Hans Drexler

Interaktion von Raum, Nutzung und Konstruktion

Explorative Entwicklung eines Holzbausystems für den Wohnungsbau

Interaktion von Raum, Nutzung und Konstruktion

Explorative Entwicklung eines Holzbausystems für den Wohnungsbau

PEP Programm
Entwurfsbasierte Promotion
TU Berlin

Erstprüfer:
Prof. Dr. Ignacio Borrego
Collaborative Design Laboratory
Technische Universität Berlin
Fak.VI Institut für Architektur
Straße des 17. Juni 152
10623 Berlin
www.colab.tu-berlin.de

PEP Peers:
Prof. Dr. Ignacio Borrego, Prof. Donatella Fioretti, Prof. Dr. Matthias Ballestrem,
Prof. Ralf Pasel, Prof. Dr. Jürgen Weidinger

Forscher, Kandidat:
Dipl. Arch. ETH Hans Drexler Arch (Dist.)
Walter-Kolb-Straße 22
D-60594 Frankfurt am Main
TEL: +49 - 69 - 96 20 6234
http://www.dgj.eu
drexler@dgj.eu

Inhaltsverzeichnis

1 **Problem // Design for the Anthropocene** 9

1.1 **Nachhaltiges Bauen?** 10
1.2 **Wachsender Bedarf** 18

2 **Ziele, Hypothesen und Forschungsfragen** 21

2.1 **Nachhaltiges Bauen mit System** 22
2.2 **Methodische Fragen des Entwerfens** 24
2.3 **Interaktion von NutzerInnen und Gebäude** 25

3 **Methodik** 29

3.1 **Aufbau der Arbeit** 30
3.2 **Methodendiskussion** 30
3.2.1 Design Research // Research by Design 31
3.2.2 Designing Hierarchies // Hierarchies of Design 34
3.2.3 Auswertung von Literatur und Referenzen 36
3.2.4 Explorative Forschung // Systementwicklung und Prototypen 36
3.2.5 Quantitative und qualitative Methoden (Mixed Methods Design) 37

4 **Kontext // Referenzen** 43

4.1 **Theoretische Referenzen // Raum und Zeit** 44
4.1.1 Raum und Architektur // Anschauungen des Raums 44
4.1.2 Architektur und Zeitlichkeit 56
4.2 **Referenzen Nutzung // Mensch und Architektur** 56
4.2.1 Autorenschaft // ‚Architecture Depends' 56
4.2.2 Gebäude als Prozess // ‚How Buildings Learn' 60
4.2.3 NutzerInnen und Architektur // Partizipatorisches Planen und Bauen 64
4.2.4 Flexibles und adaptives Wohnen 68
4.2.5 N. John Habraken // De dragers en de mensen 82
4.2.6 Open Building 86
4.2.7 Cedric Price 96
4.3 **Referenzen // Konstruktion (Bausysteme)** 110
4.3.1 Vernakuläre und autochtone Bauweisen (am Beispiel traditioneller japanischer Architektur) 110
4.3.2 Konrad Wachsmann und Walter Gropius // ‚General Panel System' 116
4.3.3 Jean Prouvé // Flug auf Höhe Null 122
4.3.4 Fritz Haller // System Maxi, Midi und Mini 136
4.3.5 Richard J. Dietrich /// ‚Metastadt', 1965 – 1987 144

5 **Entwicklung des Bausystems** 149

5.1 **Annahmen // Definition des Untersuchungsraums** 150
5.1.1 Definition der Materialität // Holzbau als Schlüsseltechnologie des nachhaltigen Bauens 151
5.1.2 Definition der Nutzung // Wohnen 153
5.2 **Geometrie, Dimensionen und Rastermaß** 155
5.2.1 Orthogonalität 155
5.2.2 Dimensionen und Rastermaße 156
5.3 **Flexibilität und Anpassungsfähigkeit des Bausystems** 158
5.3.1 Anpassungsfähigkeit des Systems 158
5.3.2 Flexibilität des Bausystems 160
5.4 **Entwicklung des Tragwerks** 170
5.4.1 Globales Tragwerk: Holz-Skelettbau vs. Holz-Massivbau 170
5.4.2 Lokales Tragwerk 174
5.5 **Hierarchie der Konstruktion** 178
5.5.1 Definition funktionaler Subsysteme 178
5.5.2 Geometrische Ordnung 179
5.5.3 Geometrische Räume 180
5.6 **Anforderungen an das Bausystem** 200
5.6.1 Treibhauspotential (GWP, Klimawandel) 200
5.6.2 Ressourcen 201
5.6.3 Vergemeinschaftung und soziale Nachhaltigkeit 205
5.6.4 Bezahlbarkeit 206

6 **Exploration // Fallstudien** 209

6.1 **Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0** 216
6.2 **Case Study 2: dgj228 Wohngruppe Gemeinsam Suffizient Leben** 238
6.3 **Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg** 256
6.4 **Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar** 280
6.5 **Case Study 5: dgj244 Greenhouse** 294
6.6 **Case Study 6: dgj205 Reichenbach** 316
6.7 **Case Study 7: dgj243 Wohncluster Merianstraße** 328
6.8 **Case Study 8: dgj229 Konstanz TYP MFH** 332
6.9 **Case Study 9: dgj229 Konstanz TYP Minihaus** 344
6.10 **Case Study 10: dgj253 Wohngruppe Mannheim** 352
6.11 **Case Study 11: dgj251 KOWO Erfurt** 366
6.12 **Case Study 12: dgj241 Prefab Max Reihenhaus** 380
6.13 **Case Study 13: dgj254 WB Seesport und Erlebniszentrum** 394

7 **Quer-Auswertung der Fallstudien** 407

7.1 **Quantitative Analysen // Quer-Auswertung** 408
7.1.1 Methodische Einordnung und Einschränkung 408
7.1.2 Gebäudekundliche Einordnung / Typologie 409
7.1.3 Effizienz 412
7.1.4 Suffizienz 420
7.1.5 Effizienz // Suffizienz 426
7.1.6 Flexibilität und Adaptabilität in den Fallstudien 428
7.1.7 Flexibilität 430
7.1.8 Adaptabilität 432
7.1.9 Partizipation und Aneignung 436
7.2 **Qualitative Analyse der Systementwicklung und der Case Studies** 438
7.2.1 Nachhaltiges Bauen mit System? 438
7.2.2 Soziale Nachhaltigkeit: Interaktion von NutzerInnen und Gebäude: Möglichkeiten und Grenzen der Partizipation im Bausystem 441
7.2.3 Methodische Fragen des Entwerfens 444

8 **Fazit, Wertung und Ausblick** 447

8.1 **Ergebnis // Definition des Bausystems** 448
8.1.1 Städtebau und Gebäudetypen 448
8.1.2 Wohnformen und Grundriss-Typologien 449
8.1.3 Tragwerk und konstruktive Hierarchien 449
8.2 **Bewertung des Standes der Forschung und Entwicklung** 450
8.2.1 Vergleich der eigenen Position zu historischen Referenzen 450
8.2.2 Umsetzungschancen: Baubarkeit und Praxistauglichkeit 451
8.2.3 Entwurfs- und Planungsprozess mit dem Bausystem 452
8.3 **Ausblick: Weiterer Forschungsbedarf** 454
8.3.1 Praxis-Forschung // Bauprojekte 454
8.3.2 Detail-Entwicklung und Bauteil-Katalog 454
8.3.3 Variantenstudien bei neuen Anwendungsfällen 454
8.3.4 Nachhaltigkeitsbewertung // Zertifizierung 454
8.3.5 Systematische Ausweitung der Exploration 455
8.3.6 Räumliche Wohnkonzepte // Dreidimensionalität 455
8.3.7 Flexibilität, Erweiterung 456
8.3.8 Rückbau, Recycling, Wiederverwendung // Kreislaufwirtschaft 456
8.3.9 Interaktion NutzerInnen und Gebäude // Post-Occupancy-Studien 457

Anhang 458

A. **Anhang: Literaturliste** 458
B. **Anhang: Abbildungsverzeichnis** 466
C. **Anhang: Tabellarische Übersicht der Kriterien und Indikatoren** 478
D. **Analyse-Methoden für die Fallstudien** 479
A.I. Genese der Projekte / Fallstudien 479
A.II. Entwurfskonzept 479
A.III. Steckbrief // Quantitative und qualitative Analysen 479
D.I.I. Städtebauliche Ebene 482
Beschreibung und Kenndaten 482
Effizienz 483
Suffizienz 483
Typologie 483
Nutzung und Adaptabilität 483
Flexibilität 483
D.I.II. Gebäude-Ebene 484
Beschreibung und Kenndaten 484
Effizienz 484
Suffizienz 485
Typologie / gebäudekundliche Einordnung 485
Nutzung und Adaptabilität 487
Flexibilität 488
D.IV.I. Konstruktion und Tragwerk-Ebene 488
Beschreibung und Kenndaten 488
Effizienz 488
Suffizienz 488
Typologie (Tragwerk und Baukonstruktion) 489
Nutzung und Adaptabilität 489
Flexibilität 489
Qualitative Ebene // Graphische Struktur - Analyse Tragwerk und Konstruktion (X-Ray) 490
D.IV.II. Wohnungs-Ebene 491
Beschreibung und Kenndaten 491
Effizienz auf Wohnungsebene 491
Suffizienz auf Wohnungsebene 491
Typologie auf Wohnungsebene 491
Nutzung und Adaptabilität auf Wohnungsebene 491
Passung der Raumgeometrie und der Raumnutzung // gebäudekundliche Analyse 492
Flexibilität auf Wohnungsebene 497
D.IV.III. Interaktion // Partizipation in Bau, Planung und Betrieb auf Wohnungsebene 497

1 Problem // Design for the Anthropocene[1]

1 Paul Crutzen hat geholfen, den Begriff des ‚Anthropozäns' zu popularisieren. Der Begriff beschreibt, dass der Einfluss der menschlichen Bevölkerung und Zivilisation auf das Ökosystem der Erde so signifikant ist, dass es eine neue geologische Epoche verursacht haben. P.J. Crutzen; E.F. Stoermer: *The ‚Anthropocene'*. In: *Global Change Newsletter, 41,* 2000, S. 17–18. http://www.igbp.net/download/18.316f1832132347017758001401/1376383088452/NL41.pdf, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Nachhaltiges Bauen?

1.1

Die Forschung beginnt mit einem Problem. Unserer Generation obliegt es, das größte Problem zu lösen, mit dem sich die Menschheit bisher konfrontiert sieht: Unsere Lebensweise und das Wirtschaftssystem führen nicht nur zur Zerstörung unserer eigenen Lebensgrundlage, sondern auch der Lebensgrundlage der anderen Lebewesen und zukünftiger Generationen, mit denen wir den Planeten teilen. Im Juni 1972 fand in Stockholm die erste Konferenz der Vereinten Nationen über die Umwelt des Menschen (UNCHE United Nations Conference on the Human Environment) statt. Diese kann als Anfang einer globalen Umweltpolitik gesehen werden. Es wurden 21 Prinzipien verabschiedetet, die alle bis heute nicht umgesetzt sind.[2] Im gleichen Jahr wurde *The limits to growth: a report for the Club of Rome's Project on the predicament of mankind* veröffentlicht.[3] Dessen AutorInnen kamen zu folgendem Ergebnis:

> *Our present situation is so complex and is so much a reflection of man's multiple activities, however, that no combination of purely technical, economic, or legal measures and devices can bring substantial improvement. Entirely new approaches are required to redirect society toward goals of equilibrium rather than growth. Such a reorganization will involve a supreme effort of understanding, imagination, and political and moral resolve. We believe that the effort is feasible and we hope that this publication will help to mobilize forces to make it possible.*[4]

Heute, im Jahr 2020, steigen die Ressourcenverbräuche weltweit genauso wie Umweltverschmutzung und Emissionen und die Zerstörung von natürlichen und naturnahen Lebensräumen.[5] Anstelle einer Verlangsamung oder gar Umkehr der Trends, ist vielmehr zu beobachten, dass sich die katastrophalen Prozesse exponentiell beschleunigen, weswegen Steffens unter anderem von der ‚großen Beschleunigung' (‚Great Acceleration') sprechen.[6] Getrieben von einem bis 2050 ungebremsten Wachstum der Weltbevölkerung und Zunahme des Konsums, lässt sich eine deutliche Zunahme und in vielen Fällen ein exponentielles Wachstum aller wichtigen sozio-ökonomischen Faktoren* erkennen.

Diese Beschleunigung führt zu verheerenden Umweltzerstörungen, weil Konsum und Produktion nicht auf geschlossenen Stoff- und Energiekreisläufen basieren, in denen Material und Energie wiederverwendet werden, sondern auf offenen, verlustreichen und ressourcenintensiven Stoff- und Energieströmen. Die Folgen dieser Entwicklung werden zunehmend auch in Mitteleuropa und Nordamerika in Form von Hitzewellen, Dürreperioden, Waldsterben und Waldbränden, Unwettern und Überschwemmungen spürbar. Eine unvoreingenommene Betrachtung muss zu dem Ergebnis kommen, dass sich die globale Entwicklung immer weiter weg bewegt von einem nachhaltigen Zustand, den Meadows, Meadows, Randers und Behrens[7] mit dem Begriff ‚Equilibrium' beschreiben. Die ‚gebaute Umwelt' (Gebäude und Infrastruktur) trägt zu dieser Katastrophe maßgeblich bei: Nach Einschätzung der Europäischen Kommission aus 2014 sind dem Gebäudesektor rund die Hälfte des Werkstoff- und Energieverbrauchs zuzuordnen.[8] Ferner entstehen ein Drittel der Abfälle durch die Herstellung von Bauprodukten, Sanierungen, Instandhaltung und Abriss. In Deutschland verursacht der Gebäudesektor den höchsten Ressourcenverbrauch.[9] Die gängige Praxis des Planens und Bauens lässt sich nicht mit einer nachhaltigen Entwicklung und einem schonenden Umgang mit der Umwelt vereinen. Vor dem Hintergrund dieser Herausforderungen und dem geringen Fortschritt der letzten Dekaden, ist es bedenklich, dass nicht mehr Forschung und Entwicklung in das nachhaltige Bauen fließen.

Siehe dazu:
Kapitel 1.2
Wachsender Bedarf

Obgleich der Begriff ‚Nachhaltigkeit' auch im Architektur-Diskurs der letzten Jahre bis zur Bedeutungslosigkeit abgenutzt wurde, bleibt die große Herausforderung an diese Generation von ArchitektInnen und IngenieurInnen weitgehend ungelöst, Bauweisen zu entwickeln, die nicht zu der Zerstörung der Lebenswelt beitragen. Die Diskrepanz zwischen der Dringlichkeit der Fragen und dem fehlenden Umsetzen möglicher Lösungen hat eine Vielzahl von Gründen, die sich auch in anderen Lebens- und Wirtschaftsbereichen wiederfinden, wie hohe Komplexität, Grad der Verflechtung und Maßstab der betroffenen Strukturen und Systeme (unter anderem Rohstoffgewinnung, Bauindustrie, Energieversorgung, Infrastruktur). Die Disziplin der Archietktur hat weitgehend versäumt, die Themen der Nachhaltigkeit so zu integrieren, dass daraus eigene Methoden und Ansätze entstehen. Energie-Effizienz wird von ArchitektInnen oft als technische Anforderungen missverstanden, die von IngenieurInnen im Nachgang an Entwurf und Planung gelöst werden. Der hier vorgestellte Forschungsansatz legt ein methodisches Defizit offen, das in Hinblick auf die Strategien identifiziert werden kann, mit denen die Anforderungen der Nachhaltigkeit in die Baupraxis eingebracht werden.

---

2 *Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment*. Stockholm: United Nations Environment Programme, 1972.

3 Donella Meadows et al.: *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books, 1972.

4 Ibid.

5 „Scenario 1 [of World3: The Dynamics of Growth in a Finite World]: A Reference Point: The world society proceeds in a traditional manner without any major deviation from the policies pursued during most of the twentieth century. Population and production increase until growth is halted by increasingly inaccessible nonrenewable resources. Ever more investment is required to maintain resource flows. Finally, lack of investment funds in the other sectors of the economy leads to declining output of both industrial goods and services. As they fall, food and health services are reduced, decreasing life expectancy and raising average death rates.", Donella Meadows, Jorgen Randers, and Dennis Meadows: *Limits to Growth: The Thirty-Year Update.* London: Earthscan, 2005, S. 168f.

6 Will Steffen et al.: *The Trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration*. In: *Anthropocene Review, January 2015*, S. 1–18.

7 Meadows et al.: *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*.

8 „Auf den Bau und die Nutzung von Gebäuden in der EU entfallen rund 50 % aller unserer geförderten Werkstoffe und unseres Energieverbrauchs sowie etwa ein Drittel unseres Wasserverbrauchs. Zudem ist der Gebäudesektor für rund ein Drittel aller Abfälle verantwortlich und mit Umweltbelastungen verbunden, die in verschiedenen Phasen des Lebenszyklus eines Gebäudes auftreten, etwa bei der Herstellung von Bauprodukten, bei Bau, Nutzung und Renovierung von Gebäuden und bei der Entsorgung von Bauschutt." Europäische Kommission: *Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen zum effizienten Ressourceneinsatz im Gebäudesektor*. Brüssel, 2014.

9 „Das Bauwesen gehört zu den ressourcenintensiven Wirtschaftszweigen. Alleine in Deutschland werden jährlich 517 Millionen Tonnen mineralischer Rohstoffe verbaut. Das entspricht 90 Prozent der gesamten inländischen Entnahme. (a) Auch der jährliche Einsatz an Baustahl (5,5 Millionen Tonnen (b)) und Zement (26,6 Millionen Tonnen (c)) ist erheblich, was in der Summe dazu führt, dass der deutsche Gebäudebestand inzwischen schätzungsweise 15 Milliarden Tonnen Material umfasst (anthropogenes Materiallager für den Hochbau). (d) An Bau- und Abbruchabfällen fließen jährlich 209 Millionen Tonnen aus dem Baubereich ab, was 52 Prozent des deutschen Abfallaufkommens entspricht. (e) Gleichzeitig beinhaltet dieser Rohstoffeinsatz große Einsparpotenziale, weshalb dem Bauwesen eine Schlüsselrolle bei der Umsetzung von Ressourceneffizienz zukommt." VDI Ressourceneffizienz Zentrum GmbH: *Ressourceneffizienz Im Bauwesen*. https://www.ressource-deutschland.de/themen/bauwesen/, Zugriff am 14. August 2019.
Einzelnachweise:
(a) Statistisches Bundesamt: *Umweltnutzung und Wirtschaft: Tabellen zu den umweltökonomischen Gesamtrechnungen: Teil 4: Rohstoffe, Wassereinsatz, Abwasser, Abfall, Umweltschutzmaßnahmen*, 2017, S. 24.
(b) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): *Deutsches Ressourcen-effizienzprogramm (ProgRess): Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen* (Berlin, 29. Februar 2012), S. 73.
(c) Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ): *Zementindustrie Im Überblick 2016 / 2017* (Berlin, 2016), S. 4.
(d) Felix Müller et al.: *Ressourcenschonung im Anthropozän* (Dessau-Roßlau, 2017), S. 32.
(e) Statistisches Bundesamt: *Umweltnutzung und Wirtschaft: Tabellen zu den umweltökonomischen Gesamtrechnungen: Teil 4: Rohstoffe, Wassereinsatz, Abwasser, Abfall, Umweltschutzmaßnahmen*.

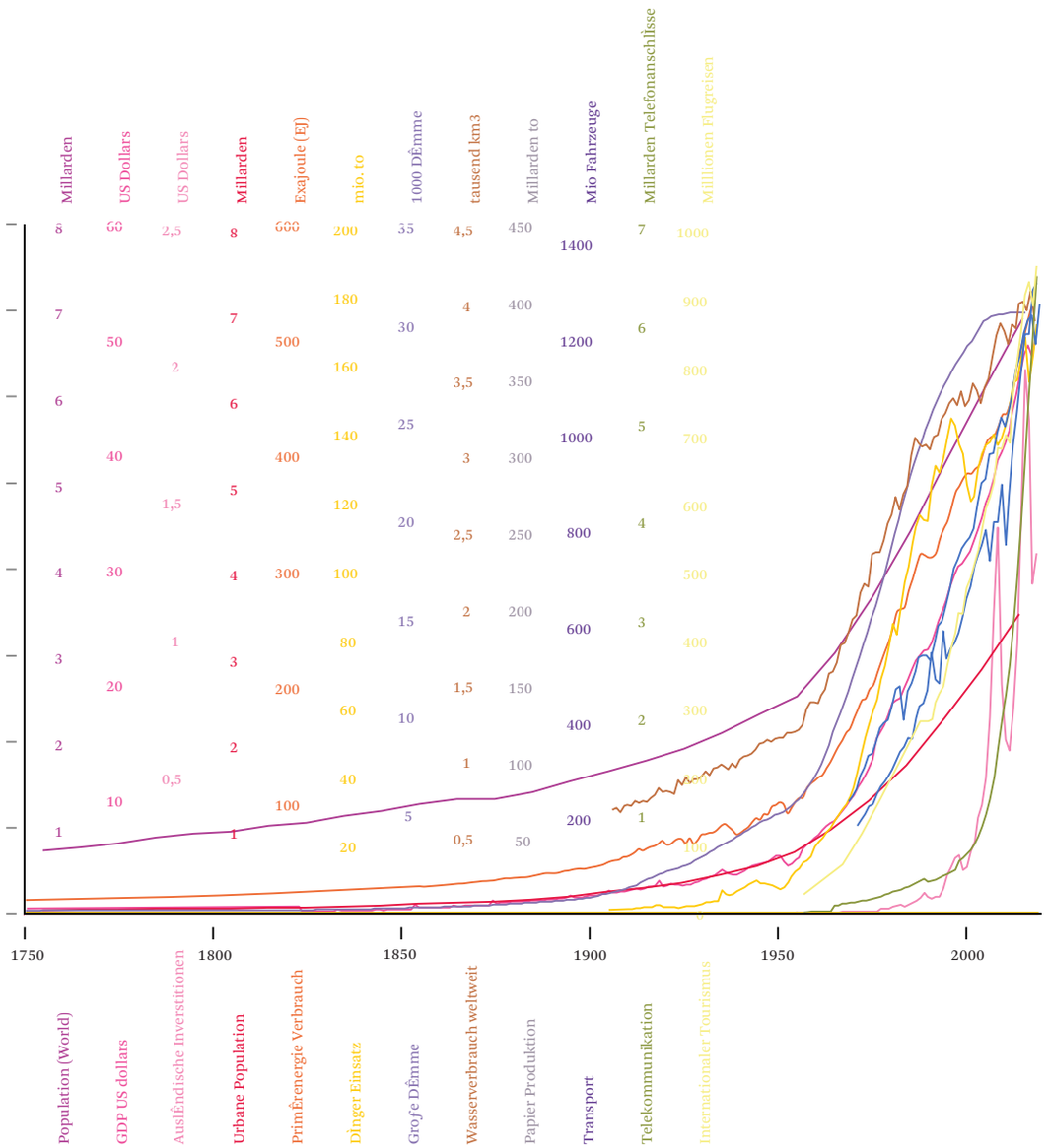


Abbildung 1:
The Trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration (Die Entwicklung des Anthropozäns: Die große Beschleunigung).
Will Steffen; Wendy Broadgate; Lisa Deutsch; Owen Gaffney; Cornelia Ludwig:
Trends von 1750 bis 2010 bei global aggregierten Indikatoren für die sozioökonomische Entwicklung.

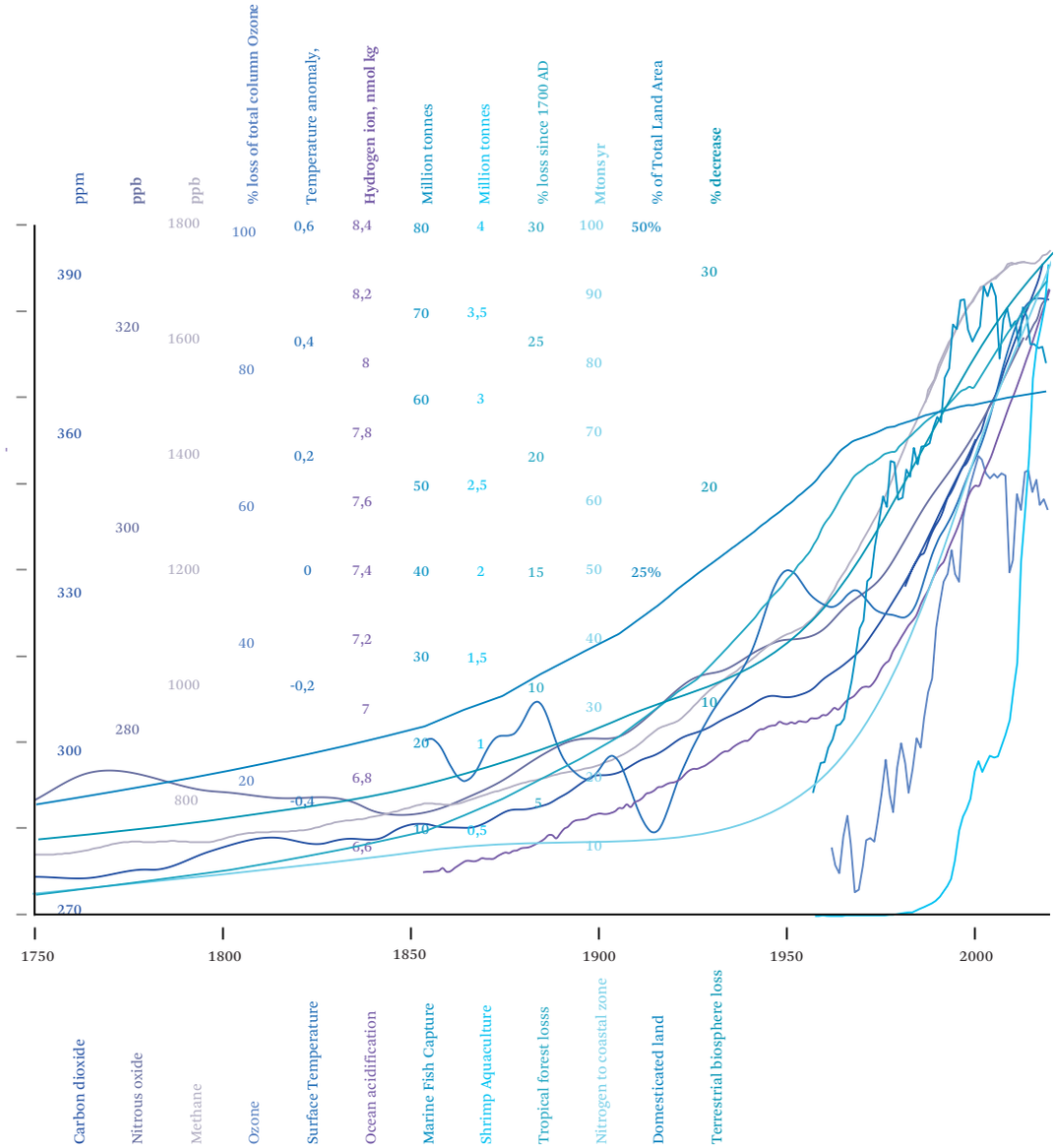


Abbildung 2:
Trends von 1750 bis 2010 bei Indikatoren für die Struktur und Funktionsweise des Erdsystems.

Die Forschung und Praxis zum nachhaltigen Bauen hat sich auf drei Ansätze und Forschungsfelder konzentriert:
Einzelprobleme: Bei diesem Forschungs- und Entwicklungsansatz werden Einzelprobleme identifiziert (u.a. Energieverbrauch, Rohstoffverbrauch) und durch spezifische Entwicklungen gelöst. Meist handelt es sich um technische Lösungen, die einen Teilaspekt des nachhaltigen Bauens adressieren. Folglich wird kein umfassendes Modell für das nachhaltige Bauen entwickelt und/oder die Zusammenhänge zwischen den Teilaspekten werden nicht adressiert (z.B. Energieversorgung und Materialverbrauch werden getrennt optimiert).

Prototypen und Modellvorhaben: Ein breiterer Ansatz zum nachhaltigen Bauen findet sich häufig bei Prototypen oder Modellvorhaben, die eine Anzahl von Nachhaltigkeitsaspekten für den jeweiligen Anwendungsfall optimieren. Meist werden die Modellvorhaben so konzipiert, dass sie einen relevanten Aspekt der Baupraxis abbilden und deswegen die Ergebnisse in Teilen übertragen werden können. Diese Projekte haben vermutlich den größten Einfluss auf die architektonische Praxis. Die Weiterentwicklung der Disziplin wird in erster Linie über Modellvorhaben oder exzeptionelle Projekte vorangetrieben, die in den Fachmedien aufgearbeitet und verbreitet werden. Problematisch bei diesem Ansatz sind die Reproduzierbarkeit und Übertragbarkeit auf andere Kontexte und Aufgaben.

Nachhaltigkeitsbewertungssysteme und Planungshilfen: In den letzten beiden Jahrzehnten wurde in vielen Regionen versucht, alle Aspekte des nachhaltigen Bauens in einen systematischen Zusammenhang zu bringen, um damit zu Instrumenten zu gelangen, mit denen sich die Nachhaltigkeit von Gebäuden oder Stadtquartieren bewerten und vergleichen lässt. Obgleich auf diesem Wege viel Wissen über Einzelaspekte und die Zusammenhänge von Kriterien des nachhaltigen Bauens entstanden ist, haben die Systeme wenig Einfluss auf die breite Planungspraxis. Hierfür sind vor allem drei Gründe zu nennen: Erstens sind die Systeme nur geeignet einen vorhandenen Stand einer Planung zu bewerten. Es handelt sich nicht um Entwurfs- oder Planungsmethoden im eigentlichen Sinne, die bei der Entwicklung der Planung genutzt werden können. Dadurch führt die Implementierung notwendigerweise zu Iterationen und Mehraufwand, wird also von den PlanerInnen eher als hinderlich statt förderlich empfunden. Hier steht auch die Vorstellung vieler ArchitektInnen im Wege, dass Entwerfen ein schöpferischer Akt sei, der nicht durch technische Probleme eingeengt werden sollte. Zweitens ist das Wissen um die Inhalte der Systeme und die Anforderungen bei ArchitektInnen und PlanerInnen meist gering. Auch heute noch werden in den wenigsten Studiengängen diese Inhalte in der gleichen Tiefe und Breite vermittelt, wie andere Inhalte (Statik, Tragwerk, Bauphysik). Drittens sind die Nachhaltigkeitsbewertungssysteme keine Abbildung einer tatsächlich nachhaltigen Baupraxis, sondern zeigen lediglich einen graduell verbesserten Stand der gängigen Praxis auf. Als Beispiel für diese These sei das Benchmarking für Emissionen und Ökobilanzierung genannt. Für die Beurteilung einer Ökobilanzierung eines Gebäudes werden die Daten mit jenen eines Referenzgebäudes gängiger Baupraxis verglichen. Die Bewertung ergibt sich daraus, wie weit die Werte des Referenzgebäudes unterschritten werden. Leider bedeutet dies jedoch nicht, dass es sich um eine Baupraxis handelt, die zu einer nachhaltigen Entwicklung im Sinne der starken Nachhaltigkeit[10] führt. Eine Ausnahme bildet der schweizerische Ansatz der ‚2000 Watt Gesellschaft'[11], der mit dem Bereich Energieverbrauch aber trotzdem nur lediglich einen Teilaspekt adressiert.

10 Konrad Ott and Ralf Döring: *Theorie und Praxis Starker Nachhaltigkeit*. Marburg: Metropolis, 2008.
11 Daniel Spreng and Marco Semadeni: *Energie, Umwelt und die 2000 Watt Gesellschaft*. In: *CEPE Working Paper, no. 11*, 2001, https://doi.org/10.3929/ethz-a-004300072, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Alle drei Ansätze münden in der gleichen Planungspraxis: Die Projekte werden individuell entwickelt und in einem konventionellen Entwurfs- und Planungsprozess optimiert. Ob die Anforderungen an das nachhaltige Bauen erfüllt werden, kann erst nach dem Vorliegen von Ergebnissen innerhalb der Prozesse beurteilt werden. Wenn die Anforderungen nicht erfüllt sind, führt dies zu Iterationen und Mehraufwand. Derartige Wiederholungen von Planungen sind für die PlanerInnen aufwendig. Häufig sind die Anpassungen aufgrund der Vielzahl der betroffenen Planungsgewerke und der Kürze der Zeit nicht umsetzbar. Im konventionellen Planungsprozess hängt die erfolgreiche Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele daher von der Erfahrung der PlanerInnen ab, im günstigsten Fall beim ersten Versuch brauchbare Lösungen zu finden.

Insbesondere für den Baubereich, der zu einem großen Teil der Umweltzerstörung beiträgt, scheint es dringend notwendig, neue Bauweisen zu entwickeln, die eine umfassende Perspektive gegen Umweltzerstörung, insbesondere gegen den Klimawandel, aufzeigen. Der hier vorliegende Ansatz erarbeitet einen Rahmen – das Bausystem – innerhalb dessen eine Planung zuverlässig die Ziele des nachhaltigen Bauens erreichen kann.

Vorherige eigene Forschung und Praxis: Die eigene Forschung und Praxis des Autors konzentriert sich darauf, die Zukunftsaufgaben des nachhaltigen Bauens zu lösen. Seit 2005 wurde bei Manfred Hegger an der TU Darmstadt begonnen in Forschung und Lehre an Gebäuden zu arbeiten, die weniger Energie verbrauchen als sie produzieren. Das damals drängendste Problem war der hohe Energieverbrauch der Gebäude, der überwiegend aus nicht-erneuerbaren Ressourcen gedeckt wurde. Mit den Beiträgen zum *Solar Decathlon* 2007 und 2009[12], von denen am letzteren der Autor beteiligt war, entwickelte das Fachgebiet *Energie-effizientes Bauen* die ersten Plusenergiehäuser Deutschlands. Die beiden *Solar Decathlon*-Gebäude hatten den Charakter eines Formel-1-Wagens, der nicht für den Straßenverkehr geeignet schien. In den folgenden Jahren wurden jedoch viel Forschung und Entwicklung betrieben, sodass die Energie-Effizienz der Gebäude bei einer Versorgung mit erneuerbaren Energien technisch gelöst ist und technische Systeme am Markt verfügbar sind, die ermöglichen, dass die meisten Gebäude genauso viel Energie erzeugen, wie sie verbrauchen. *DGJ Architektur* plant seit 2013 im Neubau meist Gebäude, die ihren eigenen Bedarf im Jahresmittel decken, so dass diese wichtige Anforderung der Nachhaltigkeit erfüllt werden kann.

Dennoch sind die Umweltfolgen des Bauens und des Betriebs der Gebäude umfassender und komplexer. Das *Minimum Impact House*-Projekt[13] entstand aus einem Prototyp-Gebäude in einer Baulücke – dem *Minihaus* – und einer Begleitforschung. Hier wurde versucht, alle Umweltfolgen des Bauens, vom Landverbrauch, über den Energie- und Materialverbrauch in Herstellung, Betrieb, Rückbau und Entsorgung sowie den standortbedingten Verkehr zu analysieren und zu optimieren. Die Lebenszyklus-Analysen oder Ökobilanzierungen, die eine Berechnung der Umweltfolgen des Gebäudes ermöglichen, dienten der Optimierung der Planung genauso wie dem Vergleich der neuen mit einer konventionellen Bauweise. Mit diesem Ansatz konnte neben dem Betrieb auch die Herstellung, der Bau, die Instandhaltung und der Rückbau in der Planung berücksichtigt werden. Die zentrale Idee war dabei, dass bei den Gebäuden, die im Betrieb weitgehend optimiert sind und wenig Energie verbrauchen, die Konstruktion und Materialität eine zentrale Rolle spielen.

12 Manfred Hegger: *Sonnige Aussichten, Das SurPLUShome des Team Germany zum Solar Decathlon 2009*. Düsseldorf: Müller + Busmann, 2010.
13 Manfred Hegger; Hans Drexler: *Minimum Impact House:Forschungsprojekt zur Entwicklung eines Prototyps für Nachhaltiges Bauen*. Düsseldorf: Müller + Busmann, 2008. Forschungsbericht: https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-24897-Band%201.pdf oder http://dgj.eu/publications/Minihaus_Forschungsbericht_2008.pdf, Zugriff am 1. Dezember 2019.

In Folge kam es zu einer intensiven Auseinandersetzung mit der Baukonstruktion (vor allem dem Holzbau) sowie mit neuen Planungsmethoden wie der Entwicklung einer Ökobilanzsoftware[14]. Der Fokus der Arbeit hatte sich vom Thema Energieverbrauch auf das gesamte Gebäude und den Lebenszyklus geweitet. Diese Methoden und Konzepte waren durchaus erfolgreich, zielten jedoch alle auf eine einseitige Optimierung des Gebäudes im Sinne der Effizienz ab. Gleichzeitig wurde deutlich, dass die rein technische Sicht der Nachhaltigkeit insbesondere beim Wohnen unzureichend ist.

Bei der Arbeit zum Buch *Nachhaltige Wohnkonzepte / Holistic Housing** [15] wurde davon ausgegangen, dass der Diskurs um Energie-Effizienz und Nachhaltigkeit dazu tendiert, die Reduktion von schädlichen Folgen des Bauens durch Effizienz, Verzicht und Beschränkung zu erreichen. Was jedoch darüber hinaus von Interesse ist, sind positive Gegenmodelle („less bad is not good“ [16]). Manfred Hegger hat an dieser Stelle oft daran erinnert, dass Effizienz „Dinge richtig tun“ bedeutet. Effektivität hingegen bedeutet „Die richtigen Dinge tun (und die falschen zu lassen)“[17]. Das Buch *Nachhaltige Wohnkonzepte* hatte das Ziel, nachhaltiges Wohnen umfassend zu beschreiben. Es besteht aus einem ersten theoretischen Teil, der sich mit Strategien, Methoden und Prozessen des nachhaltigen Bauens beschäftigt. Der zweite Teil des Buches analysiert 15 internationale Architektur-Beispiele. Nachhaltige Architektur entsteht in einem engen Dialog, nicht nur mit dem städtebaulichen, sondern auch mit den kulturellen, sozialen, klimatischen und historischen Kontexten. Um diese Beziehungen analysieren und verstehen zu können, wurden alle Projekte besucht und vor Ort dokumentiert. Im Zentrum stand die Beziehung von Architektur und Kontext und der Dialog zwischen Mensch und Umwelt, den sie ermöglicht. Der Mensch, die Gesellschaft und die Umwelt stehen in einem systemischen Zusammenhang und können nur gemeinsam gedacht und verstanden werden. Bei der Analyse dieser Beispiele wurde deutlich, dass die Menschen, die in den Gebäuden leben und an deren Produktion beteiligt waren, einen großen Einfluss auf die Nachhaltigkeit der Architektur haben. Deswegen wurden die Gebäude im bewohnten Zustand untersucht und Interviews mit den BewohnerInnen durchgeführt. Durch diese Perspektive rückten die sozialen und wohnkulturellen Fragen in den Fokus der Forschung. Die soziale Dimension der Nachhaltigkeit beschäftigt sich mit den NutzerInnen, mit ihren Wünschen, Vorstellungen und Wohnbedürfnissen. Gleichzeitig müssen diese aber mit den wirtschaftlichen und kulturellen Möglichkeiten der NutzerInnen abgeglichen werden. Die Herausforderung besteht dabei nicht darin, eine besonders nachhaltige Architektur zu planen, sondern diese zu Konditionen zu planen, die in den Kontext passen und erschwinglich sind.

Als zentrales Thema der sozialen Nachhaltigkeit begann 2012 eine intensive Auseinandersetzung mit dem Thema des erschwinglichen Wohnens. Das erste Buch *Affordable Living* [18] entstand unter dem Eindruck eines akademischen Austauschs mit dem Shenzhen-Campus des Harbin Institute of Technologies (HIT) und mehreren wechselseitigen Besuchen. Für die

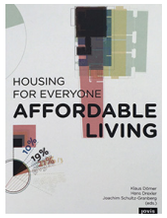
14 Manfred Hegger et al.: *EcoEasy: Entwicklung einer Methode zur Bewertung der potentiellen Umweltwirkungen von Gebäuden in frühen Planungsphasen (Abschlussbericht), Juli 2012*. Verbundforschungsprojekt Fachgebiet ‚Entwerfen und energieeffizientes Bauen‘ der Technischen Universität Darmstadt Prof. Manfred Hegger; DGJ Architektur GmbH, BEIBOB Medienfreunde Lode, Mathes, Möller GBR; gefördert vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Forschungsinitiative ‚Zukunft Bau‘, Bonn.

15 Hans Drexler; Sebastian El Khouli: *Nachhaltige Wohnkonzepte: Entwurfsmethoden und Prozesse*. München: DETAIL, 2012.

16 Vgl. dazu: „Here’s where redesign begins in earnest, where we stop trying to be less bad and we start figuring out how to be good.” William McDonough; Michael Braungart: *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things.* 1. Auflage. London: North Point Press, 2002, S. 17.

17 Manfred Hegger et al.: *Energie Atlas: Nachhaltige Architektur.* München: Detail, 2007.

18 Klaus Dömer; Hans Drexler; Joachim Schultz-Granberg: *Affordable Living: Housing for Everyone.* Berlin: Jovis, 2014.



Studierenden war das Projekt deshalb so interessant, weil sie Gelegenheit hatten, sich vor Ort mit den Menschen auszutauschen, was durch die enge Zusammenarbeit mit der chinesischen Partner-Universität möglich wurde. Das Thema, das am drängendsten erschien, war die Frage nach erschwinglichem Wohnraum für die Millionen von WanderarbeiterInnen, die jedes Jahr vom Land in die Städte drängen, um dort ein besseres Leben zu finden. Die Publikation *Affordable Living** versammelte Statements und Strategien zum erschwinglichen Wohnen in verschiedenen Kontexten. Bei der Neuauflage auf Deutsch wurde das Buch neu konzipiert, sodass *Bezahlbar.Gut.Wohnen** [19] mit einem umfangreichen Theorieteil beginnt, der eine systematische Übersicht der für erschwingliches Wohnen relevanten Themen gibt.

Auch in diesen Studien rückten die Menschen in den Mittelpunkt der Forschung. Die Menschen mit ihren Bedürfnissen, ihrer Wohnkultur und dem Konsumverhalten haben maßgeblichen Einfluss nicht nur auf die Wohnkosten, sondern auch auf den Ressourcenverbrauch. So ist aus den beschriebenen Studien das Interesse entstanden, die Wohnbedürfnisse besser zu verstehen und beschreiben zu können. Aus den folgenden architektur-soziologischen Studien zur Wohnpraxis[20] ergab sich die These, dass sich die Nachfrage nach Wohnraum und die Wohnzufriedenheit positiv beeinflussen lassen, wenn die NutzerInnen eine aktive Rolle bei der Planung und Gestaltung der Gebäude spielen. Im Zuge dessen sind bei *DGJ Architektur* mehrere partizipatorische Wohnprojekte, aus denen sich ein wichtiger Parameter der vorliegenden Systementwicklung herauskristallisierte, entstanden: Die Interaktion von Mensch und Architektur.

Die Entwicklung von Bausystemen bei *DGJ Architektur* begann nicht mit dem vorliegenden System, sondern mit dem Bausystem ‚Prefab Max‘ [21], welches auf einen möglichst hohen Vorfertigungsgrad ausgerichtet war. ‚Prefab Max‘ wurde in vier Projekten teilweise bis zur Ausführungsplanung getestet, aber nicht umgesetzt. Es kann als Vorstufe des neuen Systems betrachtet werden. Das System, das in dieser Arbeit beschrieben wird, verfolgt zwei Ziele, die bei *Prefab Max* nicht im geeigneten Umfang angelegt waren: Zum einen soll das neue System flexibel und anpassungsfähig sein und damit den NutzerInnen eine Möglichkeit der Interaktion geben. Zum anderen soll die Baukonstruktion einfach zu trennen und zu rezyklieren sein. Der ausbleibende Erfolg von ‚Prefab Max‘ zeigt wie viele historische Beispiele*, dass auch eine Systementwicklung nicht unter allen Umständen zum Erfolg führt, sondern an den Zielen und Anforderungen zu messen ist.

Siehe dazu: Kapitel 4.3 Referenzen // Konstruktion (Bausysteme)

19 Klaus Dömer et al.: *Bezahlbar. Gut. Wohnen. Strategien für Erschwinglichen Wohnraum*. Berlin: Jovis, 2016.

20 Bernd Wegener et al.: *Wohnformen: Vergleichende Untersuchung zu Gemeinschaftlichen und individuellen Wohnbedürfnissen (Abschlussbericht).* Stuttgart: Fraunhofer IRB, 2019. https://www.baufachinformation.de/wohnformen-vergleichende-untersuchung-zu-gemeinschaftlichen-und-individuellen-wohnbeduerfnissen/fb/252718, Zugriff am 1. Dezember 2019.

21 Jutta Albus; Hans Drexler: *Prefab Max: Die Potentiale vorgefertigter Konstruktionssysteme im kostengünstigen Wohnungsbau*. In: Barbara Schönig; Justin Kadi; Sebastian Schipper (Hg.): *Wohnraum für Alle?!: Perspektiven auf Planung, Politik und Architektur*. Bonn: transcript, 2017, S. 170–230.

Wachsender Bedarf

1.2

Die Treiber hinter der von Steffen et al. benannten ‚großen Beschleunigung' (‚Great Acceleration')[22] ist ein bis 2050 anhaltendes Wachstum der Weltbevölkerung und Zunahme des Konsums. Es lässt sich eine deutliche Zunahme und in vielen Fällen ein exponentielles Wachstum aller wichtigen sozio-ökonomischen Faktoren absehen. Besonders im Bereich des Wohnens führen drei Trends zu deutlich steigender Nachfrage nach Wohnraum:

- Wachstum der Weltbevölkerung
- Urbanisierung (Umzug der Landbevölkerung in die Städte)
- Zunahme der Wohnfläche pro Kopf

Allein bis 2025 ist davon auszugehen, dass weltweit 440 Millionen bezahlbare Wohnungen nachgefragt werden, weil bis dahin 1,6 Milliarden Menschen in Wohnungen wohnen, die unzureichend, unsicher oder unerschwinglich sind.[23] Die Bautätigkeit zu drosseln, ist also keine Lösung, weil dies die bereits prekären Wohnverhältnisse noch zusätzlich verschlechtern und die Verknappung zu weiteren Preisanstiegen führen würde. Es ist also notwendig zu erforschen, wie sich diese steigende Nachfrage mit einer nachhaltigen Entwicklung vereinbaren lassen. Dazu werden in dieser Arbeit zum einen technische Lösungen entwickelt (neue Bauweisen) und zum anderen neue Wohnformen diskutiert, die die Nachfrage nach Wohnraum verändern, indem sie neue Formen und Praktiken des Wohnens ermöglichen und die Passung zwischen den Wohnbedürfnissen und den Wohnformen erhöhen.

22 Steffen et al.: *The Trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration*.
23 Jonathan Woetzel et al.: *A Blueprint for Addressing the Global Affordable Housing Challenge*. Oktober 2014, S. 2.

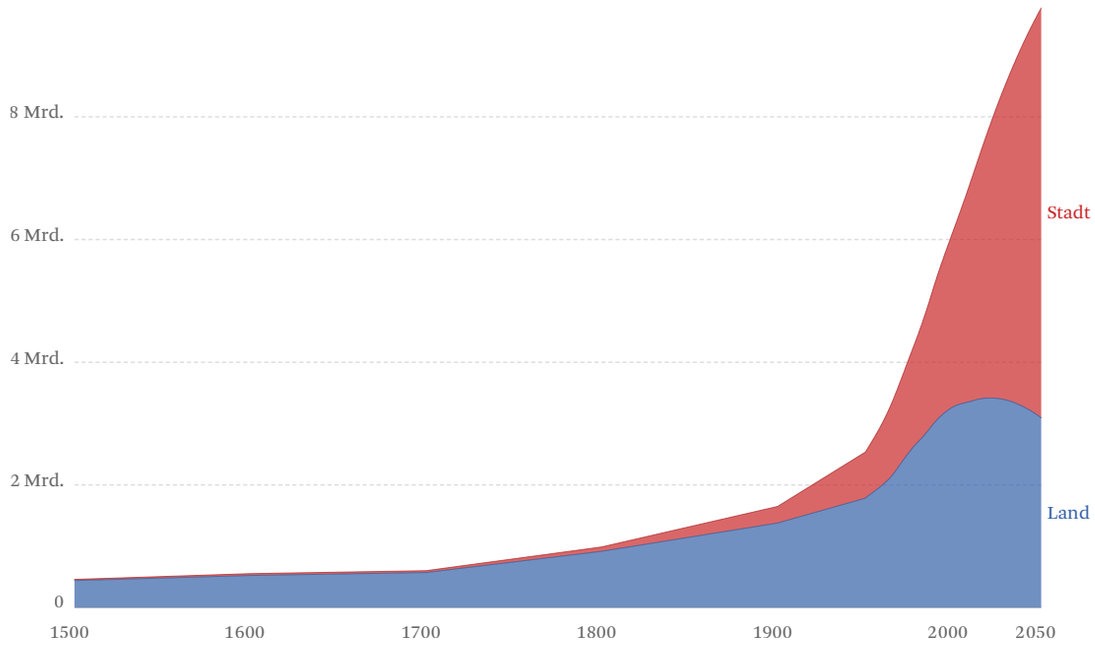


Abbildung 3:
Urbane und ländliche Weltbevölkerung mit Prognose bis 2050. Dargestellt ist die Schätzung der gesamten städtischen und ländlichen Bevölkerung für 2016 und die UN-Pro-gnosen für 2050. Diese basieren auf den UN World Urbanization Prospects und der durchschnittlichen Geburtenrate.

2 Ziele, Hypothesen und Forschungsfragen

Eine zentrale Erkenntnis aus der Arbeit an dem Buch *Nachhaltige Wohnkonzepte* war, dass die dort untersuchten, nachhaltigen Wohngebäude spezifische Antworten für den jeweiligen sozialen, kulturellen, klimatischen und städtebaulichen Kontext gefunden haben.[24] Dieser Ansatz ist als Gegenposition zu der ‚Signature-Architecture', der geschlossenen AutorInnen-Architektur, zu verstehen, in der ArchitektInnen eine eigene Handschrift oder einen Stil entwickeln und vermarkten, dabei aber weitgehend von dem soziokulturellen Umfeld absehen, in das ihre Architektur gesetzt wird. Tatsächlich ist das eine willkürliche und oberflächliche Methode. Wie kann eine bestimmte Formensprache oder Materialität unabhängig von Kontext, Ort, Zeit und Nutzung eine adäquate architektonische Antwort sein? Demgegenüber ist die kontextuelle Architektur weniger willkürlich: Für einen spezifischen Kontext wird eine passende Methode des Planens und Bauens entwickelt und dann in eine Architektur übersetzt. Gleichzeitig birgt diese individuelle, spezifische Planung für jede neue Aufgabe und jeden neuen Kontext die Gefahr, aus jedem Entwurf ein Experiment mit ungewissem Ausgang und jedes Gebäude zu einem Prototypen zu machen.[25] Aus dieser Problematik heraus, hat sich für diese Arbeit die Frage gestellt, ob es sinnvoll ist, für jedes Projekt bei null anzufangen.

In dieser Arbeit wird ein dritter Weg gesucht: Das zu entwickelnde System soll die Anforderungen an die Nachhaltigkeit so weit systematisieren, dass sie zu integralen Bestandteilen des Bausystems werden. Gleichzeitig soll das Bausystem die Möglichkeit bieten sowohl auf die spezifischen Anforderungen des Kontexts als auch auf die (veränderlichen) Bedürfnisse der BewohnerInnen zu reagieren. Daraus leiten sich ein hohes Maß an die Anpassungsfähigkeit sowie das Ermöglichen unterschiedlicher Entwürfe und Wohnformen ab.

---

24 Drexler; El Khouli: *Nachhaltige Wohnkonzepte: Entwurfsmethoden und Prozesse*.

25 Diese Diskurse auf die Oberfläche und die Gestaltung fokussieren andere Aspekte – vor allem die Benutzung der Gebäude und die Interaktion der NutzerInnen – werden unzureichend abgebildet. Schon die Publikationspraxis versucht selten, Ergebnisse kritisch zu beurteilen und untereinander zu vergleichen. Gezeigt werden meist Hochglanz-Aufnahmen oder Visualisierungen, keine belebten Gebäude oder Lebensumgebungen. Texte beschränken sich oft darauf, die entwerferische Absicht der VerfasserInnen wiederzugeben. Selten werden Daten zu Kosten, Bauweisen oder Energieverbräuchen veröffentlicht. So hangeln sich die einzelnen ArchitektInnen und die Disziplin als Ganzes an der Oberfläche der Disziplin von einem Experiment zum nächsten, was auch die Obsession der Disziplin mit Innovationen (und der Suche nach einem Alleinstellungsmerkmal) erklärt.

Nachhaltiges Bauen mit System

2.1

Ziel der Arbeit ist eine neue Entwurfsmethode für das nachhaltige Bauen:

Die vorliegende Forschung entwickelt ein Bausystem, das in der Anwendung den Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung genügen soll.

Die Möglichkeit einer solchen Systementwicklung ist die zentrale Hypothese der Arbeit. Dazu werden die Anforderungen der Nachhaltigkeit in Entwurfs- und Konstruktionsprinzipien übersetzt, die sich in der inneren Logik des Bausystems wiederfinden. Sie ist im übertragenen Sinne in die DNA des Bausystems eingeschrieben. Daraus ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- **Welchen Anforderungen muss ein Gebäude im Sinne der Nachhaltigkeit genügen?**
- **Wie kann das Bausystem in Hinblick auf diese Anforderungen optimiert werden?**

Grundsätzlich wird die Entwicklung des Bausystems nicht als Bruch mit der architektonischen Praxis verstanden, sondern als Versuch die Praxis im Sinne einer inkrementellen Methodik weiterzuentwickeln und auf die Entwicklung eines Bausystems auszuweiten. Der konventionelle Entwurfsprozess ist die Optimierung eines komplexen Systems, bei welchem Varianten über die Veränderung bestimmter Parameter erzeugt und andere Varianten ausgeschlossen werden. Dieser Prozess wird auf den unterschiedlichen Maßstabsebenen mit zunehmender Planungstiefe wiederholt.

Bei der Entwicklung eines Bausystems beschränkt sich der Entwurf nicht nur auf ein Projekt. Im Bausystem sollen möglichst viele Möglichkeiten angelegt sein. Für die Systementwicklung waren deswegen unter anderem die Arbeiten von Wachsmann, Prouvé, Haller und Price* wichtige Bezugspunkte. Obgleich die historischen Ansätze für Bausysteme oft auch technisch motiviert waren und sich auf die Fertigung der Gebäude konzentrieren, haben alle Ansätze mit Ausnahme von Cedric Price gemein, dass sie in den Entwürfen und Projekten System, Wiederholung und das Gemeinsame suchen.

Siehe dazu:
Kapitel 4
Kontext // Referenzen

Die Entwicklung eines Bausystems hat nicht die Absicht, das Entwerfen zu ersetzen. Die vorliegende Arbeit hat sich die Aufgabe gestellt, für das Entwerfen eine systematische Grundlage zu schaffen, die sicherstellt, dass die Ergebnisse des Entwurfs mit dem Bausystem den Anforderungen des nachhaltigen Bauens genügen. Die Entwicklung des Systems grenzt demnach den Bereich des Entwurfs sinnvoll ein. Gleichzeitig werden alle weiteren Anwendungen des Systems und neuen Fälle zur weiteren Optimierung des Systems beitragen. Das Bausystem ist aber in jedem Fall nur der Anfang des Entwurfsprozesses, so wie Worte und Buchstaben der Anfang von Sprache sind.

Am Ende wird die Frage zu diskutieren sein, wie die Entwicklung eines Bausystems in die Vorstellung einer kontextuellen, spezifischen Architektur passt.[26] Wenn nachhaltige Architektur als kontextuelle Architektur verstanden wird, dann werden die Möglichkeiten einer Kontextualisierung durch den Einsatz eines Bausystems notwendig eingeschränkt. Auch könnte die gestalterische und konstruktive Prägung des Entwurfs durch das Bausytsem zu einer Vereinheitlichung führen. Dieser Gefahr versucht die vorliegende Systementwicklung vorzubeugen, indem das System eben nicht als gestalterischer Kanon gedacht ist, sondern als offener Rahmen, der die unterschiedlichsten bau- und wohnkulturellen Ausformulierungen zulässt. Vor allem ist das System aber als interaktive Struktur gedacht, die im Dialog mit den NutzerInnen und damit auch spezifisch für jeden Einsatz und Kontext interpretiert wird.

---

26 Hier kann zum Vergleich die CIAM-Moderne herangezogen werden. Auch diese versuchte, das Planen und das Bauen nach bestimmten Regeln (u.a. der *Charta von Athen* und den *Fünf Punkten der Architektur* zu systematisieren, die überall Anwendung finden sollten. Wegen diesem universellen Anspruch wird die CIAM-Moderne dafür kritisiert, den undifferenzierten, seriellen Massenwohnungsbau befördert zu haben.
Charta von Athen. Vgl. dazu: Eric Paul Mumford: *The CIAM Discourse on Urbanism: 1928–1960*. Cambridge: MIT Press, 2000.
Fünf Punkte zu einer neuen Architektur. Vgl. dazu: Le Corbusier: *Vers Une Architecture*. Paris: Éditions Crès, 1923.

Methodische Fragen des Entwerfens 2.2

Die vorliegende Arbeit verfolgt kein gestalterisches Ziel, sondern ist in erster Linie Methodenforschung. Bei der Entwicklung des Bausystems geht es nicht um eine formale oder gestalterische Idee von Architektur, die am Anfang des Entwurfsprozesses steht. Im Gegenteil versucht die Arbeit, gestalterische Fragen zurückzustellen, um in einer Art ästhetischem Reinraum räumliche Experimente durchzuführen, deren Ergebnisse nicht durch gestalterische Ideen und Vorstellungen vorbestimmt sind. Das Bausystem, das am Anfang der Untersuchung steht, ist der Versuch eines solchen ästhetischen Reinraums. Dieser Versuch muss notwendig unzureichend und in gewisser Weise paradox bleiben, weil eine gestalterische Auslassung denk- und handlungsunmöglich ist. Jede Setzung innerhalb eines Entwurfs, selbst die banalste oder vielseitigste Geometrie, trägt eine gestalterische Aussage.

Die beste Analogie für die Rolle des Bausystems in der Studie ist die eines weißen Blatts Papier (‚blank page'): Das Papier wird in den meisten Fällen gegenüber dem Inhalt in der Wahrnehmung zurücktreten. Dennoch hat das weiße Papier durchaus eine gestalterische Aussage und Präsenz. Jedes Papier hat durch Qualität, Größe, Form und Materialität eine andere Aussage. Der Versuch dieser Arbeit besteht jedoch darin, die gestalterische, konstruktive und funktionale Aussage (oder Vorgabe) des Systems so weit möglich zu reduzieren.

In dem geschaffenen Reinraum werden explorative Versuche durchgeführt, um herauszufinden, welche räumliche Struktur das höchste Maß an Interaktion, Flexibilität und Adaptabilität zulässt. Dahinter steht die Überzeugung, dass Architektur nicht als Produkt verstanden werden sollte, sondern als ergebnisoffener Prozess. Diese Offenheit ist bei der ‚Signature-Architecture' nicht gegeben, weil diese sich nicht auf den Ort oder die Nutzung bezieht, sondern auf die AutorIn. Sie tendiert dazu Formen oder Strukturen zu entwickeln, die einen (subjektiven) statischen Idealzustand repräsentieren. Die hier vorgestellten Prozesse zielen hingegen auf die Entfaltung oder das Werden und nicht auf die Verfestigung eines vorgefassten Bildes ab. Der maßgebliche Unterschied liegt hier in der Aneignung der Architektur durch die NutzerInnen.

Das Bausystem ermöglicht Architektur als ein offenes System, das zum Dialog, zur Interkation und zum Weiterdenken einlädt. Auch soll das System zur Weiterentwicklung im Gebrauch und in neuen Anwendungen ermutigen.

Ausgangspunkt der Entwicklung des Bausystems war eine konstruktive Idee einer Holz-Skelett-Konstruktion, bei der alle Teile der Primärkonstruktion mit zimmermannsmäßigen Verbindungen (ohne metallische Verbindungsmittel) gefügt sind. Ausgehend von dieser konstruktiven Grundidee wurden Geometrie, Dimensionen und räumliche Strukturen entwickelt. Dieses Vorgehen dreht die traditionelle Vorgehensweise im architektonischen Entwurf um, bei welcher vom großen Maßstab (Städtebau, Gebäudeform) zum kleinen Maßstab (Konstruktion, Details, Material) vorgegangen wird*. Die Umkehrung gilt dabei nicht nur für die Entwicklung des Systems, sondern auch für die Entwürfe, die das System anwenden. Bei diesen Anwendungen wird zunächst das Raster und damit die kleinste Einheit festgelegt, die daraufhin zu dem Entwurf des gesamten Gebäudes ausgeweitet wird. Dass diese Vorgehensweise grundsätzlich zulässig ist und zu Ergebnissen führt, zeigt nicht nur die Anzahl der hier vorgelegten Anwendungsfälle dieser Methode, sondern auch das Werk von anderen ArchitektInnen, die Projekte ausgehend von einer Konstruktion oder einem Material entwickelt haben (u. a. Zumthor, Kengo Kuma, Shigeru Ban, uvm.).

Siehe dazu: Kapitel 3.2.2 Designing Hierarchies // Hierarchies of Design

Die Prämisse vom Ausgangspunkt in der kleinsten Einheit, macht die Beantwortung weiterer Fragen notwenig:

- **Wie verändert sich die Effizienz des Entwurfs- und Planungsprozesses durch die Verwendung eines Bausystems?**
- **Welche qualitativen Verbesserungen können durch die Arbeit mit einem Bausystem im Entwurfs- und Planungsprozess erreicht werden?**

Das Interesse der vorliegenden Arbeit liegt zum einen in der Entwicklung von Methoden, mit welchen die Interaktion von Mensch und Architektur im Entwurf (und nicht bei Gebäuden) berücksichtigt werden kann. Zum anderen liegt es in der Anwendung der zuvor entwickelten Methoden als Entwurfswerkzeuge. Sie ermöglichen die Arbeit mit dem System und die Implementierung bei den vorliegenden und zukünftigen Anwendungsfällen. Die Hypothese dieser Arbeit ist, dass sich Architektur aus einer Interaktion zwischen einem Raum, der Konstruktion und der Nutzung ergibt.

2.3 Interaktion von NutzerInnen und Gebäude

Eine nachhaltige Entwicklung ist kein rein technisches Problem und kann deswegen auch nicht allein mit technischen Mitteln erreicht werden. Effizientere Technologien haben allgemein betrachtet nur zu einer besseren Verfügbarkeit und damit zu einer Ausweitung des Konsums (dem sogenannten ‚Rebound-Effekt')[27] geführt. Neben technischen Lösungen müssen sich auch die Lebensweise und das Konsumverhalten der Menschen verändern. Im Bereich des Wohnens bedeutet dies vor allem, die Passung zwischen den Wohnbedürfnissen und den Wohnungen zu erhöhen. Im Idealfall sollte mit weniger Ressourcen eine höhere Wohnzufriedenheit erreicht werden.

Es lässt sich ebenfalls hinterfragen, ob die derzeitige Wohnpraxis unseren sozialen Grundbedürfnissen entspricht. Die letzten Jahrzehnte waren geprägt von zwei Trends: steigende Wohnflächen pro Kopf und sinkende Haushaltsgrößen. Seit 1994 ist die Wohnfläche in Deutschland von 36,2 m² auf 46,7 m² im Jahr 2018 gestiegen, eine Zunahme um 29 Prozent in 24 Jahren.[28] Mit den Wohnflächen steigen auch die Ressourcenverbräuche. Gleichzeitig ist die Zahl der Personen pro Haushalt im Durchschnitt von 2,8 auf ca. 2,0* gesunken.[29] Zum Beispiel waren im Jahr 2018 in Berlin 52,9 % aller Haushalte Einpersonenhaushalte.[30] Die Lebensweise der Menschen, familiäre und andere soziale Strukturen, verändern sich, die Menschen pendeln über größere Entfernungen und teilen Wohnen und Arbeiten an unterschiedlicheren Orten.

Siehe dazu: Abbildung 4

---

27 Der Begriff des ‚Rebound-Effekts' beschreibt ein mikro- und makroökonomisches Phänomen, bei dem die bessere Verfügbarkeit von Ressourcen (Effizienz) vor allem aufgrund der sinkenden Kosten ultimativ zu einer Ausweitung des Konsums führt. Vgl. dazu: J. Daniel Khazzoom: *Economic Implications of Mandated Efficiency in Standards for Household Appliances*. In: *The Energy Journal 1, no. 4*, Oktober 1980, S. 21–40.

28 Statistisches Bundesamt: *Wohnungsbestand nach Anzahl und Quadratmeter Wohnfläche*, 2019, https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Tabellen/wohnungsbestand-deutschland.html, Zugriff am 1. Dezember 2019.

29 Statistisches Bundesamt: *Privathaushalte nach Haushaltsgröße im Zeitvergleich*, 2018, https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Haushalte-Familien/Tabellen/lrbev05.html, Zugriff am 1. Dezember 2019.

30 Amt für Statistik Berlin-Brandenburg: *Anteil der Einpersonenhaushalte an allen Haushalten Im Jahr 2018 (Regionaldaten Berlin-Brandenburg*, 2018, https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/regionalstatistiken/r-gesamt_neu.asp?Ptyp=410&Sageb=12011&creg=BBB&anzwer=5, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Nach Prognosen wird sich dieser Trend in der Zukunft fortsetzen.[31] Die soziologischen Gründe dafür sind der demographische Wandel in Verbindung mit der Erosion traditioneller Familienstrukturen. Wir leben immer einsamer auf immer mehr Wohnfläche. Dieser Trend ist weder soziologisch wünschenswert noch nachhaltig.

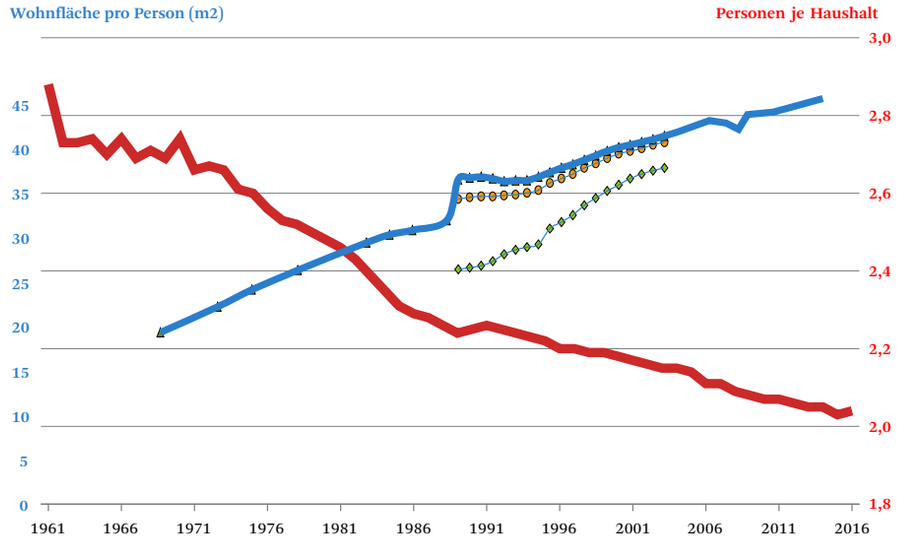


Abbildung 4: Entwicklung der Wohnpraxis und Haushaltsgrößen: Zahl der Privathaushalte und durchschnittliche Haushaltsgröße in Westdeutschland, 1961 bis 2016 (rot); Haushaltsgröße: Durchschnittliche Personenzahl je Haushalt (blau). Graphik: DGJ Architektur, 2019.

Diesen Problemen lassen sich zwei architektonische Lösungsansätze gegenüberstellen:

- **Es müssen neue gemeinschaftliche Wohnformen entwickelt und ermöglicht werden, die den Veränderungen der sozialen Strukturen und Lebensstile Rechnung tragen, um der Vereinzelung und Vereinsamung der Menschen entgegenzuwirken. Auf einem angespannten Wohnungsmarkt ermöglichen es gemeinschaftliche Wohnformen, den Flächenverbrauch zu reduzieren, ohne eine funktionale Einschränkung für die BewohnerInnen in Kauf nehmen zu müssen. Sie bieten ökologische Vorteile (Ressourceneffizienz) und fördern Wohnzufriedenheit, denn gemeinschaftliches Wohnen birgt für die Gesellschaft ein besonderes Integrationspotential (zum Beispiel für Ältere, Geflüchtete, Studierende).**

- **Es müssen anpassungsfähigere und flexiblere Wohngebäude entwickelt werden. Die demographischen Veränderungen, pluralisierte Haushaltstypen sowie eine individualisierte, multilokale Gesellschaft erhöhen den Anpassungsdruck auf dem Wohnungsmarkt. Bestandsgebäude werden diesem Wandel häufig nicht mehr gerecht und Neubauten sind mit der Unsicherheit konfrontiert, zukünftige Entwicklungen schwer vorhersagen zu können. Vieles spricht dafür, dass die statische und auf der Kleinfamilie basierende Wohnarchitektur der vergangenen Jahrzehnte diesen Anforderungen nur ungenügend gerecht werden kann. Eine nachhaltige Planung muss weniger spezifisch sein und die Anpassungsfähigkeit der Gebäude für variierende Nutzungstypen ermöglichen.**

31 Statistisches Bundesamt: *Entwicklung der Privathaushalte bis 2035: Ergebnisse der Haushaltsvorausberechnung*, 2017, https://www.destatis.de/Migration/DE/Publikationen/Thematisch/Bevoelkerung/Haushalte Mikrozensus/EntwicklungPrivathaushalte.html, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Das Bausystem sollte also das gemeinschaftliche Leben befördern und den Flächenverbrauch pro Person reduzieren. Ziel ist es, Wohnungen für den aktuellen und zukünftigen Bedarf der NutzerInnen passender zu planen.
Aus diesen Zielen ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- **Wie kann die Passung zwischen Wohnbedürfnissen und Wohngebäuden dauerhaft verbessert werden?**

- **Welchen Beitrag können die Interaktion der BewohnerIn, Anpassungsfähigkeit und Flexibilität für die Passung zwischen Wohnbedürfnissen und Wohnung sowie die Langlebigkeit der Wohnarchitektur leisten?**

- **Welche räumlichen Strukturen und Konstruktionen ermöglichen das höchste Maß an Interaktion, Flexibilität und Adaptabilität?**

- **Welche gemeinschaftlichen Wohnangebote ermöglicht das Bausystem?**

3 Methodik

Nachdem in dem ersten Kapitel zunächst die Probleme, Forschungsfragen, Ziele und Hypothesen der Arbeit eingeführt wurden, werden im Folgenden die Methoden der Forschung vorgestellt und grundsätzlich diskutiert.

Aufbau der Arbeit 3.1

Die Forschungsfragen werden in verschiedene Kontexte eingeordnet. Dabei werden die Begriffe erarbeitet, mit denen anschließend die Parameter der Arbeit und das Bausystem beschrieben werden. Die Anschauungen von Raum und Zeit werden in einem architektur-theoretischen Teil vorgestellt (Kapitel 4.1 Theoretische Referenzen // Raum und Zeit). Die Interaktion von Mensch und Architektur wird aus verschiedenen Positionen anhand von Literaturquellen diskutiert (Kapitel 4.2 Referenzen Nutzung // Mensch und Architektur). Konstruktive Referenzen sind vor allem andere Bausysteme aus der Architektur- und Bau-Geschichte (Kapitel 4.3 Referenzen // Konstruktion (Bausysteme)).

Das Kapitel 5 Entwicklung des Bausystems beginnt mit einer Reihe von Annahmen und Parametern, die den Untersuchungsraum einschränken (Kapitel 5.1 Annahmen // Definition des Untersuchungsraums). Anschließend werden verschiedene Einzelaspekte der Entwicklung des Systems diskutiert, wie Flexibilität, Partizipation, Maßlichkeit und Effizienz sowie das globale und lokale Tragwerk.

Die Arbeit ist als explorative Studie angelegt, die die Parameter und eine Anzahl von unterschiedlichen Ergebnissen (Permutationen) an Fallbeispielen untersucht. Das Herzstück der Arbeit bilden deswegen die Entwürfe, an denen die Systementwicklung betrieben und getestet wurde (Kapitel 6 Exploration // Fallstudien). Diese Test-Entwürfe werden in der Abschlusspräsentation in Plänen, Modellen, Fotos und Filmen gezeigt. Die Auswertung und Analysen der Fallstudien erfolgen in qualitativer und quantitativer Form (Kapitel 7 Quer-Auswertung der Fallstudien).

Das letzte Kapitel (Kapitel 8 Fazit, Wertung und Ausblick) fasst die Ergebnisse der Arbeit zusammen. Dabei werden die Einschränkungen des Forschungsansatzes kritisch diskutiert und der weitere Forschungsbedarf aufgezeigt.

Methodendiskussion 3.2

Die Methoden der Forschung werden im Folgenden erklärt und kritisch hinterfragt. Dabei soll auch das Verhältnis der Entwurfsforschungsarbeit zur theoretischen Forschung diskutiert werden. Da sich die Forschung nicht nur als eine angewandte Bauforschung versteht, sondern auch neue Entwurfs- und Planungsmethoden erarbeitet werden*, erklärt die Methodendiskussion auch Aspekte dieser Forschungsziele.

Siehe dazu:
Kapitel 2.2
Methodische Fragen
des Entwerfens

3.2.1 Design Research // Research by Design[32]

Die Entwicklung des Bausystems erfolgte in der Exploration einer Reihe von Case Studies (Fallstudien), die mit einer weitgehend einheitlichen Methode untersucht und verglichen wurden. Dafür wurden Methoden und Erfahrungen aus der Gebäudekunde, den Natur- und Sozialwissenschaften eingesetzt. Die hier vorgestellte Forschungs- und Entwicklungsarbeit, welche die Entwürfe und Planung der Fallstudien beeinhaltet, führt zu einem inkrementellen, aber zielgerichteten Fortschritt. Durch die kontrollierte Veränderung der Parameter innerhalb eines Systems wird dieses von Projekt zu Projekt optimiert. Idealerweise würden bei der Iteration nur die Teile in Frage gestellt, die den grundsätzlichen Anforderungen an das System oder den Anforderungen für den Anwendungsfall nicht genügen. Allerdings ergibt sich durch die spezifischen Anforderungen der einzelnen Case Studies auch eine Veränderung von zahlreichen anderen Parametern.

Das Programm *Entwurfsbasierte Promotion PEP* der TU Berlin hat zum Ziel, den architektonischen Entwurf als Methode zur Entwicklung von Wissen zu nutzen. Damit wird der architektonische Entwurf einer wissenschaftlichen Praxis gleichgestellt, welche Wissen nutzbar und übertragbar macht. Die These dabei ist, dass im Entwurf, d.h. in der Entwicklung von räumlichen Strukturen, oder einem Artefakt eine eigene Aussage liegen kann, die mit anderen wissenschaftlichen oder künstlerischen Methoden nicht zu erreichen ist.[33] Der Raum spielt also für die entwurfsbasierte Forschung eine zentrale Rolle. Das Programm ermutigt zugleich, die eigene Praxis des Entwerfens zu reflektieren. Übergeordnetes Ziel der vorliegenden Arbeit ist, neben den zu entwickelnden Anwendungsfällen, auch die Entwicklung einer Entwurfsmethodik. Die in dieser Studie daran gekoppelte Analytik wird zugleich Teil der Entwurfsmethode selbst verstanden. Der architektonische Entwurfsprozess wird nicht als kreative Einbahnstraße betrachtet, vielmehr werden Ergebnisse innerhalb festgelegter Parameter in einem rekursiven Verfahren kontinuierlich optimiert. In diesem Sinne ist nicht die jeweilige architektonische Ausprägung (Anwendungsfall) der Untersuchungsgegenstand, sondern das System, welches zu unterschiedlichen Entwürfen führt. Der Begriff des ‚Entwurfs' beinhaltet weit mehr als die gestalterische Aufgabe der Entwicklung einer spezifischen Komposition oder Gestaltungslösung. Er impliziert die Entwicklung eines Systems von Methoden und Prozessen, mit welchen sich in dem entwickelten System unterschiedliche Varianten ergeben. Die Forschung hat technische, baukonstruktive Aspekte, die im Entwurf des Tragwerks und der Details adressiert werden. Im Zentrum des Interesses steht jedoch die Untersuchung der Interaktion zwischen dem Bausystem, dem Raum und der Nutzung des Gebäudes mit entwerferischen Mitteln. Marcelo Stamm, der die PEP-Session begleitet hat, beschrieb in seinem Vortrag an der TU Berlin im Februar 2019 entwurfsbasierte Forschung sei keine Bewegung, die einen größeren Abstand von der eigenen entwerferischen Arbeit schaffe und diese mit einer quasi-externen Perspektive analysiere. Vielmehr solle das Ziel eher sein, näher an die eigene Praxis heranzutreten und aus dieser engen und intensiven Auseinandersetzung mit der eigenen Arbeit eine übergeordnete Erkenntnis zu gewinnen. Diese Operation ist also keine Objektivierung der eigenen Praxis, sondern eine extreme Subjektivierung, die das eigene Tun in das Zentrum der Betrachtung rückt.

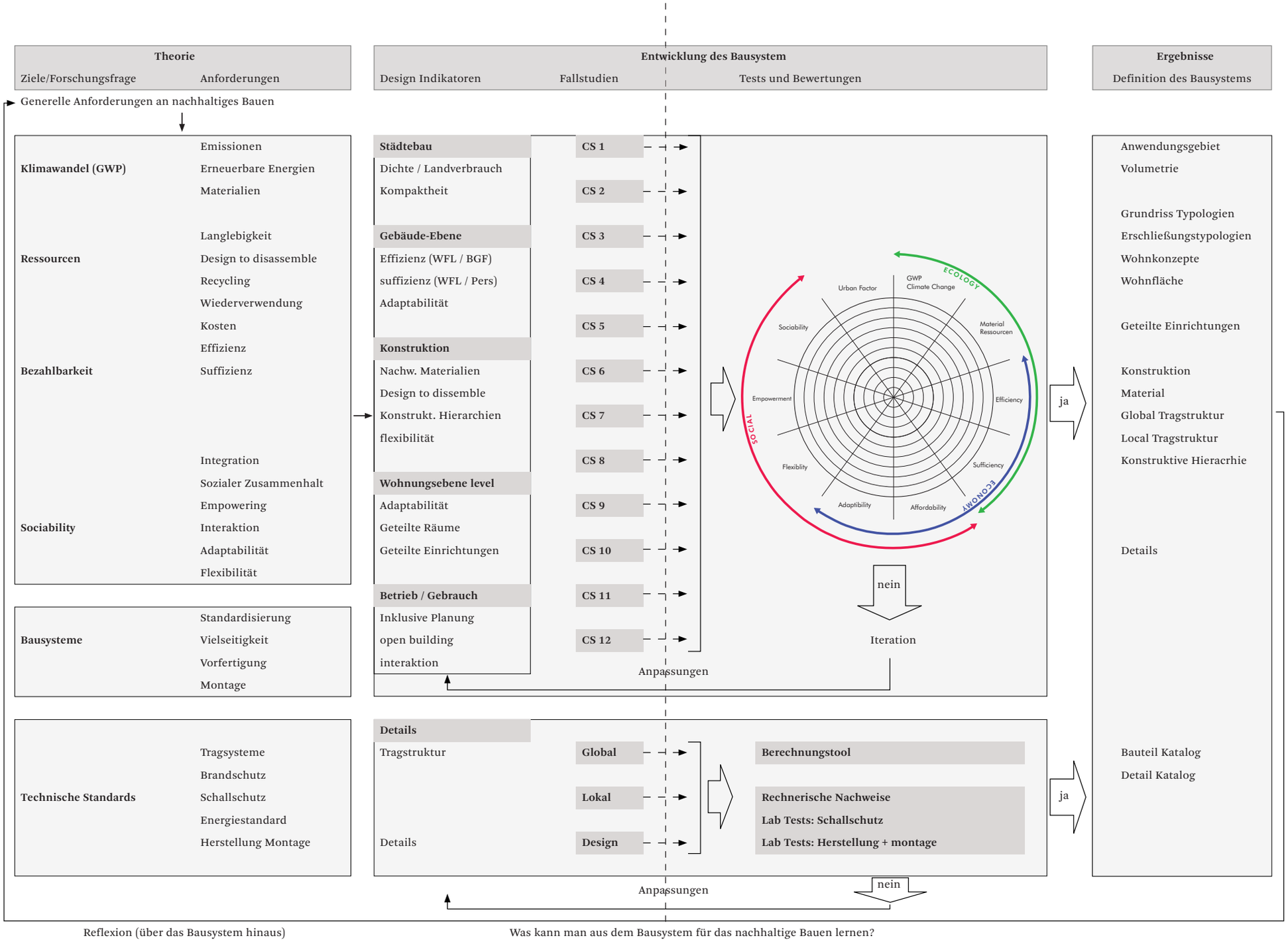
Die Entwürfe und entwerferische Praxis, die in dieser Arbeit untersucht werden, sind durch kritische Überlegungen zu der eigenen Praxis entstanden, also über ein Nachdenken über das Entwerfen. Die Idee, das Entwerfen in ein System einzubetten, war eine bewusster Entschluss. Er dient dazu, bestimmte Entscheidungen und technische Fragen im Entwurfs-

---

32 Der Begriff Design wurde wegen der breiteren Bedeutung des Wortes ‚design' gegenüber dem deutschen ‚Entwurf' in Englisch belassen.

33 Sebastian Feldhusen: *Entwurfsbasiert Forschen: Ralf Pasel und Jürgen Weidinger über Promotionsprogramm der TU Berlin*. Baunetz.de, Juli 2018.

Abbildung 5:
Research Mind Map
Graphik:
DGJ Architektur, 2019.



und Planungsprozess systematisch, d.h. für eine Vielzahl von Fällen und Anwendungen, zu lösen sowie andere Fragen vertieft betrachten zu können. Nur durch Ausweitung der hier diskutierten komplexen Fragen über einen langen Zeitraum und zahlreiche unterschiedliche Projekte kann das Bausystem so weit entwickelt werden, dass es in der Lage ist, der Anforderung der Interaktion zwischen Mensch und Architektur gerecht zu werden.

Die eigentliche Produktion der Entwürfe ist überwiegend durch Nachdenken, Skizzen und Zeichnungen entstanden. Die Entwürfe wurden zuerst im Skizzenbuch und auf Skizzenrollen entwickelt. Parallel wurden zahlreiche digitale und physische räumliche Modelle gebaut. Die Umsetzung dieser Entwürfe und Konzepte erfolgte in den Fällen, die zur Umsetzung kommen, in Zusammenarbeit mit den MitarbeiterInnen bei DGJ Architektur, IngenieurInnen und Bauherrschaft.

Designing Hierarchies // Hierarchies of Design 3.2.2

Diese Arbeit verhandelt zentrale Themen der Architektur-Produktion. Neben der Frage der Interaktion von NutzerInnen und Architektur wird auch der Entwurfs- und Planungsprozess in Hinblick auf seinen Ausgangspunkt und die Prioritäten der Planungsphasen und -themen diskutiert. Der Begriff ‚Entwurf' beinhaltet im Architektur-Diskurs eine Tätigkeit mit einem hohen gestalterischen Anteil. Außerhalb der Disziplin ist der Begriff allgemein gefasst, ähnlich wie das englische Wort ‚design'. So kann ein Entwurf sich auch auf einen Text oder eine Skizze für ein Gemälde oder eine Skulptur beziehen. Im allgemeinen deutschen Sprachgebrauch impliziert der Begriff ‚Entwurf' etwas Unfertiges (im Englischen ‚draft', was wiederum nicht durch den Begriff ‚design' gedeckt wird). Für die ArchitektIn kann er diese Bedeutung haben, gleichzeitig ist der Entwurf jedoch auch das (fertige) Ergebnis und damit die höchste Entwicklungsstufe im Prozess. ‚Design' hat dagegen im Englischen eine allgemeinere, generische Bedeutung und bezeichnet eine schier unendliche Breite von Entwicklungs- und Gestaltungsprozessen und Ergebnissen. Beatriz Colomina und Mark Wigley erklären, wie der ganze Planet inzwischen durch ‚design' der dominanten Spezies überformt und verändert wurde.[34]

‚Entwurf' und ‚Gestaltung' behaupten sich über eine ästhetische Wirkung. Für die vorliegende Arbeit soll der Begriff ‚Entwurf' jedoch (im Sinne des englischen Begriffs ‚design') von seiner gestalterischen Ambition befreit werden. Deswegen wird an vielen Stellen von einer ‚Entwicklung' gesprochen, die ähnlich dem englischen Wort ‚design' nicht notwendig eine Gestaltungsabsicht impliziert, sondern generisch eine Vielzahl von technischen, intellektuellen, wissenschaftlichen und gestalterischen Praktiken beinhaltet. Der Wert des hier entwickelten Bausystems liegt nicht darin, ein bestimmtes ‚fertiges' Ergebnis zu produzieren, sondern in den vielgestaltigen Möglichkeiten, die es für den Raum, die Interkation und für Veränderung bietet.

Der in der Praxis verbreitete Entwurfsprozess beginnt im großen, städtebaulichen Maßstab und arbeitet sich durch immer kleinere Maßstäbe vor bis hin zu der genauen Formulierung der Räume und schließlich der Konstruktion und den Details.[35] Diese Vorgehensweise findet sich nicht nur in den Entwurfsprojekten an Architektur-Schulen auf der ganzen Welt, sondern ist auch in den Prozessbeschreibungen der Berufsverbände, Honorarordnungen und vergleichbaren Satzungen und Ratgebern verankert[36], die Vorgehen und Umfang der

34 Vgl. dazu: Beatriz Colomina; Mark Wigley: *Are We Human? Notes on an Archaeology of Design*. Zürich: Lars Müller Publishers, 2019.

35 Die Nutzung ist in dieser Logik kein Teil des Entwurfsprozesses, sondern ein Eingangsparameter. Die Nutzung und die Interaktion der NutzerInnen mit dem Gebäude sind in dieser Auffassung eine externe Größe, die der Bauherrschaft zuzurechnen ist.

36 D: §34 Leistungsbild Gebäude und Innenräume. Klaus D. Siemon; Ralf Averhaus: *Verordnung über die Honorare für Architekten- Und Ingenieurleistungen*. In: *Die HOAI 2009 verstehen und richtig anwenden*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2012, S. 1–4.

architektonischen Praxis regeln. Die Progression vom großen Maßstab zum kleinen Detail ist über die Architektur hinaus das wohl verbreitetste Modell, um komplexe Arbeitsprozesse zu strukturieren. Man erhält auf diese Weise schneller einen Überblick über mögliche Lösungen und kann deren Wert und Sinnhaftigkeit abschätzen und gegebenenfalls korrigieren noch bevor der gesamte Prozess abgeschlossen sein muss. Wichtiger noch ist die bei dieser hierarchischen Vorgehensweise verbundene Möglichkeit in einer hochgradig arbeitsteiligen Gesellschaft (untergeordnete) Aufgaben zu delegieren. Dieses pragmatisch erscheinende Prozedere hat Konsequenzen für die Planungsprozesse und die Disziplin als Ganzes. In Wettbewerben entscheidet fast immer die städtebauliche Formulierung über Erfolg und Misserfolg. Allgemein werden meist die großen städtebaulichen Gesten und die Bilder der Projekte als reine Oberfläche wertgeschätzt. Diese vorgeprägte und verzerrte Wahrnehmung ist in der allgemeinen Öffentlichkeit noch stärker ausgeprägt als im Fachdiskurs. Nur in Ausnahmefällen finden Projekte Eingang in den Diskurs, die nicht über eine entsprechende Bildsprache ausschließlich diese Ebene der Architekturdebatte bedienen, sondern sich über Konstruktion, Material oder das Mitdenken sozialer Prozesse abheben.[37] Von diesen Fällen dehnen wiederum die meisten die Bildästhetik auf die nächstkleinere Maßstabsebene aus. Selten geht es um eine Kohärenz der Konstruktion, sondern darum, wie eine Konstruktion oder ein Detail aussehen. In Folge werden die Konstruktion und die Durcharbeitung geringgeschätzt, obwohl diese Planungsphasen den Großteil der Planungszeit erfordern. Im Deutschen ist diese Unterscheidung in den Sprachgebrauch übergegangen: Der ‚Entwurf' als einzige gestalterische Leistung und als ‚fertiges' Ergebnis umfasst nur die ersten Leistungsphasen vom Städtebau bis zur Grundlage für den Bauantrag. Die folgenden Planungsphasen sind keine Entwürfe mehr, sondern ‚nur' Planungen. Dabei unterscheidet sich der allgemeinere Begriff der ‚Planung', der auch für andere Prozesse (unter anderem Terminplanung, Prozessplanung, Bedarfsplanung) und technische Fragen gebräuchlich ist, eben genau hinsichtlich des gestalterischen Moments: Der Entwurf in dieser konventionellen Auffassung ist ein schöpferischer Prozess, die folgende Planung ist eine Umsetzung der übergeordneten Idee.

In dieser Studie wird eine Entwurfsmethode erprobt, die zumindest in weiten Teilen die tradierte Methode umkehrt: Das Bausystem gibt Material und Primärkonstruktion vor. Für die Geometrie, Raumgrößen und das Prinzip der Raumbildung gibt es Vorgaben und Grenzen. Die Nutzung und die Nutzbarkeit der Räume lassen sich über die Geometrie und die Dimensionierung des Systems ableiten und optimieren. Der städtebauliche Entwurf leitet sich also in weiten Teilen aus den Vorgaben der Konstruktion und der Nutzung ab. Er ist eine spezifische Ausdifferenzierung des Bausystems für eine mehr oder weniger spezifische Nutzung und einen spezifischen Ort. Dadurch wird die Hierarchie innerhalb des Planungsprozesses aufgelöst. Die Konstruktion, die Nutzbarkeit, die Gebäudestruktur und die städtebauliche Setzung werden gleichberechtigt im Planungsprozess verhandelt. Für diesen Anspruch ist die Entwicklung eines flexiblen Bausystems ideal, weil das System unabhängig von einer einzelnen architektonischen und städtebaulichen Ausprägung entwickelt wird. Gleichzeitig ist die Hypothese, dass das System somit große Spielräume für den Entwurf zulässt, um spezifische Lösungen zu ermöglichen.[38] Wichtiger noch als die Frage, ob das

CH: SIA 112, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (sia): *Modell Bauplanung: Verständigungsnorm*. Zürich, 2014. Gültig ab 01.11.2014; UK: Royal Institute of British Architects ; US: American Institute of Architects (AIA): *D200–1995 Project Checklist*. Washington, 1995.

37 Vgl. dazu *Kapitel 4.2.1 Autorenschaft // ‚Architecture Depends'* und entsprechend Jeremy Till: *Architecture Depends*. Cambridge: MIT Press, 2009.

38 Anmerkung des Autors: Bei zu starren Systemen (z.B. Raummodulen mit festen Maßvorgaben) ist das Spektrum der anwendbaren Lösungen so weit eingeschränkt, dass kaum unterschiedliche architektonische Aussagen möglich sind oder auf Kontexte geeignet reagiert werden kann.

System für einen solchen Prozess geeignet ist, ist jedoch die dahinterliegende Fragestellung: Warum wird in der Architekturproduktion die Gestaltung und der große Maßstab vorangestellt und mit dem Begriff ‚Entwurf' geadelt, während Fragen der Konstruktion, der Technik und der Nutzung untergeordnet und nachrangig sind? Zu dieser Frage soll durch die vorliegenden Projektbeispiele ein Diskussionsbeitrag geleistet werden, indem hier die tradierte Methodik umgekehrt wird.

Auswertung von Literatur und Referenzen 3.2.3

Die Arbeit verwendet andere Quellen, um sich im breiteren Diskurs zu verorten: Beispiele aus der Architektur- und Baugeschichte, Architekturtheorie, aus philosophischen Theorien zu Raum und Zeit und andere Arbeiten zur Interaktion von Gebäuden und Menschen. Diese Literaturrecherche und Ausweitung von Quellen verfolgt mehrere Ziele: Die Sichtung, Auswertung und Einordnung verwandter Konzepte, Projekte und Theorien (status quo) erlauben, eine qualifizierte und reflektierte Beschäftigung mit einem Thema, sodass nicht aus Unkenntnis Thesen, Methoden oder Konzept unbedacht wiederholt werden. Auch werden durch die Kontextualisierung soziale, kulturelle und historische Bezüge sichtbar.

Explorative Forschung // Systementwicklung und Prototypen 3.2.4

Der Begriff, der die vorliegende Forschungsmethode am besten beschreibt, ist die ‚Exploration'. Viele der Hypothesen der Forschung wurden erst durch die Arbeit an und die Untersuchung der vorliegenden Fallstudien erarbeitet. Zu Beginn der Arbeit wurden Thesen und Ziele definiert. Die Entwicklung des Systems erfolgte über zahlreiche Test-Entwürfe, Versuche und Prototypen, die sich zurückverfolgen lassen bis zu einer früheren Entwicklungslinie an dem Bausystem ‚Prefab Max'. Die vorliegenden Entwürfe und Fälle eint der Gedanke, sie im Sinne eines Systems zu beschreiben, innerhalb dessen alle Fälle auf gemeinsamen Annahmen, Zielen sowie räumlichen, konzeptionellen und technischen Umsetzungen basieren. Das System ist dabei wichtiger als der einzelne Fall und somit ein weiterer Grund dafür, dass die konkrete gestalterisches Ausprägung nicht im Interesse der Arbeit steht. Hier hat die Arbeitsweise von Cedric Price Hinweise gegeben: Die Darstellung seiner Projekte, die in dieser Studie noch ausführlicher vorgestellt werden, bleiben häufig vage oder abstrakt in Hinblick auf die konkrete Ausformulierung. Mark Wigley berichtet, dass Price die am häufigsten veröffentlichte, perspektivische Zeichnung des *Fun Palace* unpassend fand, weil diese das Projekt wie ein Gebäude wirken ließ.[39] Price arbeitet mit einfachen und abstrakten Zeichnungen, die in Teilen technisch ausgereifte Lösungen zeigen. Gleichzeitig versucht er, zu vermeiden, das Projekt im Sinne eines fertigen Produkts festzulegen oder ein Bild der äußeren Erscheinung zu produzieren. Von den Projekten, die hier als Referenz analysiert werden – *Fun Palace* und *Generator* – zeigt er keine fertige Planung, sondern Szenarien, Diagramme, abstrakte räumliche Zeichnungen und technische Details. Seine Projekte sind keine Gebäude im Sinne eines fixen Zustands, sondern sich kontinuierlich verändernde Felder von Möglichkeiten.

Die Analyse der im Rahmen der Forschung erarbeiteten Projekte ist explorativ, weil sie in ein unbekanntes Gebiet vordringen und die Zusammenhänge zwischen den Fällen aus der Analyse der Daten abgeleitet werden. Bei der Exploration werden die Entwürfe getestet und das Gebiet kartographiert.[40] Durch diese Kartographie werden die Grenzen und Chancen des

39 Mark Wigley: *AA Lectures Online: An Afternoon with Cedric Price No. 2*. In: *AA Lectures Online (Architectural Association Inc, London, February 9, 2017)*, https://www.aaschool.ac.uk/VIDEO/lecture.php?ID=3637, Zugriff am 1. Dezember 2019.

40 Vgl. dazu: „Bei unserer architektonischen Analyse beziehen wir uns auf dieses ständige Oszillieren zwischen Pendler-Mobilität und Nomaden-Mobilität. Dabei interessiert uns das Verhältnis zwischen demographischem Gleichgewicht und Mobilität als ein strukturelles Merkmal des Superorganismus, sowie das Verhältnis zwischen den Zeiten der Unterwerfung des Territoriums („das Gekerbte", Deuleuze/Guattari, 1980) und den Zeiten der Anpassung an das Territorium („das Glatte", ebd.). Während der nomadischen Phase wird die Kolonie durch empirische Futtersuche vorangetrieben. Dieses Umherschweifen im unbekannten Territorium vergleichen wir mit einer Entwurfsphase, in der die eigene Position so oft neu definiert wird, dass wir von DePositionierung sprechen. Es ist dies ein ständiger Wechsel zwischen Lesen und Schreiben architektonischer Strukturen, wobei gerade das Abschweifen vom Thema zur produktiven Strategie wird.", Hans Drexler; Daniel Jauslin: *DePositionierung: Polymorphismus und die Supereffizienz von Wanderameisen-Teamwork*, TransPosition, 1997, S. 45f.

Systems vermessen. Die Fälle erkunden und markieren also die mögliche Ausdehnung und Potenziale des Bausystems. Auch Grenzen wurden in der Arbeit spürbar, zum einen durch die Versuche, welche ihr Ziel verfehlten, zum anderen durch Projekte, an denen parallel gearbeitet wurde und die sich nicht in dem System umsetzen ließen. Diese Fälle werden jedoch in dieser Arbeit nicht dargestellt.

3.2.5 Quantitative und qualitative Methoden (Mixed Methods Design)

Bei der Analyse der Fallbeispiele kommen quantitative und qualitative Methoden zum Einsatz. In Analogie zu der Methodologie der Sozialwissenschaften könnte man also von einem ‚mixed methods design'[41] sprechen.

Für die quantitativen Analysen der Fallstudien wird ein einheitliches Forschungsdesign eingesetzt, dass numerisch-geometrische Daten erfasst, die sich meist quantitativ beschreiben lassen. Hier bestehen jedoch methodische Einschränkungen, die die Auswertung der Daten erschweren. Zunächst liegen die Fallstudien in unterschiedlichen Planungstiefen vor. Nicht nur bedeutet dies, dass nicht alle Daten für die Projekte verfügbar sind, sondern vor allem, dass sich die Entwürfe, würden sie zum Beispiel bis zur Ausführungsreife weitergeführt, im Zuge der Bearbeitung noch stark verändern würden. So werden bei den freien Projekten und Wettbewerbsbeiträgen die Aspekte von Brandschutz, Schallschutz und Wärmeschutz nur konzeptionell diskutiert, sind aber in der vorliegenden Planung nicht umgesetzt. Dadurch werden in den Fallstudien unterschiedliche Planstände berücksichtigt. Die Fälle werden nur untereinander verglichen und nicht mit anderen Projekten oder externen Benchmarks (etwa aus Nachhaltigkeits-Zertifizierungssystemen). Entsprechend beziehen sich die Aussagen zu den Quantitäten und die Interpretation der Qualitäten zunächst nur auf das Bausystem. Es könnte also sein, dass alle Fälle im Vergleich zur üblichen Baupraxis erheblich abheben, weil keine Vergleichsmessung vorliegt. Schließlich ist zu sagen, dass die Fallzahl für valide statistische Analysen zu gering ist. Die geringe Fallzahl bedingt, dass es sich um keine qualitative Analyse im engeren Sinne handelt, sondern um eine qualitative Betrachtung, die sich auf quantitative Daten und berechnete Werte stützt. Natürlich hätte bei den numerischen und qualitativen Analysen ein erheblicher Mehraufwand betrieben werden können, um die Ergebnisse dieser Fallstudien genauer zu analysieren. Zum Beispiel hätte für alle Projekte eine Bewertung der Nachhaltigkeit nach einem eingeführten System (NaWoh, Breeam, Wohnwert-Barometer) vorgenommen werden können. Von diesem Vorgehen wurde aus zwei Gründen Abstand genommen: Zum einen sind die eingeführten Systeme nicht geeignet, die für die Studie besonders relevanten Aspekte der Flexibilität, Adaptabilität und der Interaktion der NutzerInnen mit dem Gebäude zu erfassen. Zum anderen liegen für die Projekte die Planungen nicht in der für eine standardisierte Nachhaltigkeitsbewertung notwendigen Tiefe vor. Dir daraus resultierenden Fehlstellen hätten einen Vergleich der Ergebnisse der Zertifizierung unmöglich gemacht.

Die Exploration kann auch als Parameterstudie oder parametrisches Entwerfen verstanden werden. In der Architektur wurden parametrische Entwurfsmethoden in den letzten

41 John W. Creswell; J. David Creswell: *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches, 5th ed.*. Thousand Oaks: Sage, 2018, S. 14ff.

Jahrzehnten verstärkt im computergestützten Entwurf in Form von den sogenannten parametrischen Entwurfsmethoden (oder Modellen) eingesetzt. Häufig werden diese Mittel für die Formfindung genutzt. Verbreitet ist eine interaktive und iterative Modellierung bei technischen Problemen, wie der Anordnung und Dimensionierung von Elementen eines komplexeren Tragwerks. In diesem Zusammenhang ist der Eindruck entstanden, dass der Einsatz parametrischer Entwurfsmethoden an den Gebrauch bestimmter Software-Programme, an eine spezifische Formensprache und / oder robotische Fertigung geknüpft ist. Tatsächlich ist jedoch das iterative Verändern von abhängigen Variablen und Parametern bei anderen als computergestützten Produktionen von Architektur der durchgehende modus operandi: Auch in physischen Modellen und Skizzen werden die Größe und Form, Proportionen und inneren Strukturen kontinuierlich modelliert und die Ergebnisse anhand von Parametern (beispielsweise bei Städtebau, Raumgrößen, Belichtung) beurteilt. Die Auswertung fließt dann in die nächste Iteration des Entwurfs ein. Edward Liu erklärte deswegen „All design is parametric“.[42]

Das Herzstück der Auswertung der Fallstudien sind qualitative Analysen der einzelnen Fälle. Hier kann den Case Studies, den Umständen und deren Genese, geeignet Rechnung getragen werden. Dabei wurden die Fälle städtebaulichen und gebäudekundlichen Kategorien zugeordnet. Auch wurden Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Fälle nach gebäudekundlichen und konstruktiven Merkmalen beschrieben und bewertet. Dazu zählen auch die Untersuchungen zu der Partizipation der NutzerInnen und Bauherrschaft.

Übergeordnet geht es bei den numerischen und qualitativen Analysen und Vergleichen darum, die Eigenschaften des Bausystems besser zu verstehen. Durch die Vergleiche der Parameter und Ergebnisse der einzelnen Fallstudien lassen sich Rückschlüsse auf die Auslegung des Systems für einen bestimmten Einsatz ziehen. Um eine schnellere Einordnung der Fälle in Hinblick auf die Ziele der Forschung und einen Vergleich untereinander zu erleichtern, wurden die Fälle mit einem einheitlichen System analysiert, dass den jeweiligen Fall in Hinblick auf eine (theoretische) Maximalbewertung für die einzelnen Indikatoren einordnet. Die Parameter beschreiben bestimmte Eigenschaften des jeweiligen Anwednungsfalls, wie Länge, Breite, Volumen, Hohlvolumen unter anderem aus diesen Parametern lassen sich Werte für Indikatoren (Kennwerte) ableiten, die die erste Wertungsebene bilden. Die Indikatoren wurden zu Kriterien gruppiert, die die wichtigsten Ziele der Systementwicklung zusammenfassen. Eine Beschreibung der Indikatoren und der Bewertungsmethode findet sich im Anhang*. In der Bewertung der Fallstudien wurde zum Teil mit Abschätzungen, die auf den Erfahrungen des Autors im Bereich der Nachhaltigkeitsbewertung, den Kenntnissen des Bausystems und der Projekte basieren gearbeitet.

Siehe dazu:
Anhang D:
Analyse-Methoden für
die Fallstudien

42 „In a climate where parametric design and generative components are regarded as the cutting edge of architectural design, it is worth noting that all buildings are parametric, in the most literal sense of the word. Through the architectural design process, form inevitably emerges from a series of overlapping and, often, contradictory constraints – whether physical, environmental, cultural, or aesthetic.“, Edward T. H. Liu: *The Shape of Sustainability*. In: Hans Drexler; Adeline Seidel (Hg.): *Building The Future: Maßstäbe des nachhaltigen Bauens*. Berlin: Jovis, 2012.
Edward T. H. Liu: *Shapes of Sustainability (Lecture Recording 11.11.2011)*. 2011, https://www.youtube.com/watch?v=7oosbtfTnx8&feature=youtu.be, Zugriff am 1. Dezember 2020.

Abbildung 6:
Liste der Kriterien (grau unterlegt) und Indikatoren (weiß unterlegt) für die Forschungsziele und Nachhaltigkeitsanalyse der Fallstudien, DGJ Architektur 2019.

GWP / Climate Change
Material / GWP Konstruktion
Energiekonzept
Effizienz (Gebäude)
Suffizienz
Material Ressourcen
Materialwahl / Ressourcenverbrauch Konstruktion
Effizienz Tragwerk
Rückbaubarkeit
Re-Use (Potential zur Wiederverwendung)
Recycling (Wiederverwendung Material)
Effizienz
Landverbrauch / Dichte
Effizienz Grundriss
Holzmenge (Holzmenge / WLF)
Passung Geometrie
Suffizienz
BGF / Pers.
Grundstücksfläche / Pers.
Holzmenge / Pers.
Bezahlbarkeit
Baukosten
Dichte (GFZ) Geschossflächenzahl
WLF / (BGF (r) + BGF (s))
WLF / Pers.
Adaptabilität
Gebäudetypologieermöglicht... ...andere Wohnformen
Gebäudetypologie ermöglicht.....andere Nutzung
Wohntypologie: Grundriss ermöglicht unterschiedliche Wohnformen
Wohntypologie: Grundriss ermöglicht andere Nutzungen (Büro; Gewerbe...)
Belichtung und Belüftung
Barrierefreiheit Gebäude
Barrierefreiheit Wohnungen
Flexibilität
Horizontal erweiterbar
Vertikal erweiterbar
Verbinden und Trennen von Wohneinheiten
Konstruktive Hierarchie / Verflechtung der Subsysteme
Bauweise / Tragsystem
Konstruktive Merkmale
Konstruktive Merkmale: Primäre Ebene
Konstruktive Merkmale: Sekundäre Ebene
Raumreserven / Erweiterbarkeit
Empowerment (Interaktion, Partizipation)
Grad der Aneignung: Einbeziehung der NutzerInnen in der Projektierung (nicht Planung)
Einbeziehung der NutzerInnen in der Planung
Einbeziehung der NutzerInnen in Betrieb und Organisation
Anpassungen von Nutzungen und Wohnformen möglich
Anpassungen Grundriss möglich
Anpassungen Feste Einbauten (Küchen, Bäder, Einbaumöbel) möglich
Eigene Möbel
Sociability (gemeinschaftlich wohnen und leben)
Gemeinschaftliche und individuelle Wohnfläche
Anteil Wohnfläche gemeinschaftlich in der Wohnung
Anteil Wohnfläche gemeinschaftlich für gesamtes Gebäude
Wohntypologie
Städtebauliche Setzung (Urban Factor)
Urbane Typologie
Dichte (GFZ) Geschossflächenzahl
Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis

Die vorliegende Arbeit ist komplementär zu zwei technischen Forschungsprojekten zur Entwicklung des Bausystems entstanden, in denen gemeinsam von DGJ Architektur und *Pirmin Jung Ingenieure* technische Aspekte des Bausystems erforscht wurden. In dem ersten Projekt wurden das globale und lokale Tragwerk sowie ein Rechentool (Excel-basierte Software) zur Vordimensionierung und Optimierung des Tragwerks entwickelt.[43] In dem zweiten Projekt werden die anderen technischen Aspekte - Schallschutz, Brandschutz, thermische Bauphysik - im Zusammenspiel mit dem Tragwerk und im Hinblick auf die Wechselwirkungen untereinander untersucht.[44] Die vorliegende Arbeit versteht sich insofern komplementär zu der technischen Forschung, als dass hier die entwerferischen, räumlichen und nutzungsbezogenen Fragen diskutiert werden, die in der technischen Forschung nicht Gegenstand waren. Für die gebäudekundliche Analyse zur Effizienz und Nutzbarkeit in Abhängigkeit der Maßlichkeit des Bausystems wurden neue Methoden entwickelt und eingesetzt. Für bestimmte Forschungsfragen einer Rasteruntersuchung (Analyse des Flächenverbrauchs pro Kopf und die Passung von Rastergrößen und Wohnfunktionen) werden Daten nach einer einheitlichen Methode gewonnen. Sie sind insofern objektivierbar, als dass sie von Dritten auf jeden beliebigen Entwurf angewandt werden können. Diese Art numerisch-geometrischer Simulationen hat in den Natur-, Ingenieur- sowie Sozialwissenschaften Tradition.

Wichtiger als die Umsetzung in den einzelnen Fallstudien ist die Entwicklung des Bausystems, das die Möglichkeit der Interaktion von Mensch und Architektur zulässt. Das System ist darauf ausgelegt, angepasst und verändert zu werden. Dies bietet gänzlich neue Möglichkeiten der Zusammenarbeit und Partizipation: NutzerInnen ermöglicht es, auf die Planung und den Betrieb einzuwirken und diese mitzugestalten. Für die ArchitektIn, die mit dem System arbeitet, wird die Interaktion so zu einer leicht umsetzbaren Anforderung. Die tragende Struktur des Gebäudes kann ebenso definiert werden wie ein räumliches Grundraster. Innerhalb dieser Parameter haben die NutzerInnen den maximalen Freiheitsgrad, die Wohnungen umzugestalten, ohne dass der Entwurf grundsätzlich in Frage gestellt wird. In einigen der Fallstudien wurden die Gebäude so entwickelt, dass Wände, Einrichtung und Infrastruktur innerhalb der Wohnungen frei konfiguriert und im Betrieb versetzt werden können. Die Entwicklungsarbeit konzentriert sich auf die Maximierung der Anpassungsfähigkeit und nicht auf die Simulation von Szenarien einer zukünftigen Nutzung.

Ein methodisches Problem dieser Studie ist, dass das zentrale Interesse – die Interaktion von Mensch und Architektur – im Rahmen der Arbeit nicht empirisch (im Sinne einer Feldforschung) erforscht werden kann. In den Fallbeispielen werden dazu unterschiedliche Möglichkeiten und Strategien aufgezeigt und theoretisch entwickelt. In zwei Fällen (*Case Study 2: dgj228 Wohngruppe Gemeinsam Suffizient Leben* und *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*) wurde zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Arbeit geplant. Der Bau steht noch aus. Erfahrungen zur Interaktion der NutzerInnen mit der Projektentwicklung und Planung der Gebäude wurden bei beiden zuvor genannten Fällen erhoben. Die Daten werden im Rahmen der Diskussion und Auswertung der Fälle analysiert.*

Siehe dazu:
Kapitel 7

43 Hans Drexler et al.: *Holz: Form- und Kraftschlüssig – Entwicklung eines Vollholz-Bausystems mit form- und kraftschlüssigen geometrischen Verbindungen*. https://www.baufachinformation.de/mobil/literatur/holz-form-und-kraftschluessig/20039004208, Zugriff am 22. Januar 2020,

44 *Form- und Holzbau GmbH & Co. KG; gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt DBU, 34260/01-25 kraftschlüssiges Holzbau-System – Zusammenwirken von Tragwerk, Brandschutz, Schallschutz und Bauphysik*, Antragssteller: DGJ Architektur GmbH, Forschungspartner: Pirmin Jung Deutschland GmbH, Industriepartner: Brüggemann.

Im Falle leichter Veränderbarkeit der Architektur (*Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*) könnte eine Intervalluntersuchung helfen, die Veränderungen über einen längeren Zeitraum zu beobachten und langfristige Trends zu beschreiben. DGJ Architektur hat hierzu mit Partnern eine Methodik entwickelt, über Begehungen und Interviews Daten zu erheben und anschließend die räumliche Dimension einer Wohnpraxis qualitativ und quantitativ auszuwerten.[45] Diese Methodik könnte in einem anschließenden Forschungsvorhaben auf die fertiggestellten Gebäude angewandt werden.

45 Wegener et al.: *Wohnformen: Vergleichende Untersuchung zu gemeinschaftlichen und individuellen Wohnbedürfnissen (Abschlussbericht).*

4 Kontext // Referenzen

Neben konkreten architektonischen und künstlerischen Referenzen basiert die Arbeit auf einer Reihe von Theorien, Konzepten, Ideen und Begriffen. Im Folgenden werden die zentralen Begriffe der Arbeit vorgestellt und jeweils in einen theoretischen Kontext eingebettet. In diesem Kapitel werden die Literatur sowie Quellen und Beispiele als theoretische und praktische Grundlagen der Arbeit dargestellt und ausgewertet. Dabei werden drei Arten von Referenzen herangezogen:

- Theoretische Referenzen
- Architektonische und baugeschichtliche Referenzen // Architekturtheorie und Beispiele
- Technische Referenzen // Andere Bausysteme

Theoretische Referenzen // Raum und Zeit 4.1

Die theoretische Einordnung der Arbeit beginnt mit der Vorstellung unterschiedlicher Modelle von Raum und Zeit in der Philosophie, den Naturwissenschaften und der Architektur. Dieser Abschnitt dient dazu die Begriffe genauer zu benennen, an denen sich die vorliegende Forschung orientiert hat.

Raum und Architektur // Anschauungen des Raums 4.1.1

Die Diskussion von Anschauungen des Raums wird auf die für diese Arbeit relevanten Fragen fokussiert und reduziert. Deswegen sind diese Abschnitte nicht als Versuch einer Definition oder als philosophische Betrachtung zu lesen, sondern als eine Übersicht vorangegangener und gebräuchlicher Betrachtungsweisen und deren Auswirkung auf die Forschungsfragen. Die Anschauungen des Raums lassen sich in mindestens zwei Kategorien differenzieren. In ersterer finden sich jene, die den Raum absolut setzen. In der zweiten Kategorie finden sich Anschauungen, die den Raum entweder in Abhängigkeit oder im Zusammenspiel mit anderen Phänomenen sehen.

Descartes entwickelte im Jahr 1644 eine Anschauung des Raums, die davon ausgeht, dass der Raum an die körperliche Substanz gebunden ist, also die Lage und Ausdehnung der körperlichen Substanz beschreibt. Descartes benutzt den Begriff ‚Ausdehnung':

> *There is no real distinction between space, or internal place, and the corporeal substance contained in it; the only difference lies in how we are accustomed to conceive of them. For the extension in length, breadth and depth which constitutes a space is in reality exactly the same as that which constitutes a body. The difference arises as follows: in the case of a body, we regard the extension as something particular, and thus think of it as changing whenever there is a new body; but in the case of a space, we attribute to the extension only a generic unity, so that when a new body comes to occupy the space, the extension of the space is reckoned not to change but to remain one and the same, so long as it retains the same size and shape and keeps the same position relative to certain external bodies which we use to determine the space in question.*[46]

Daraus ergibt sich, dass ein leerer Raum – das Vakuum – nicht existieren kann: Wenn Raum eine Ausdehnung der körperlichen Substanz ist, dann kann es keinen leeren Raum geben, der davon abgelöst existiert. Descartes erklärt nicht explizit, was zwischen den Substanzen ist, sondern nur, dass es immer Raum und Ausdehnung gibt.[47] Jonathan Bennett stellt sich zur Erklärung von Descartes Anschauung zwischen den körperlichen Substanzen eine absolut zarte Materie („absolutely subtle matter") vor.[48] Diese Idee korrespondiert mit der Idee des Äthers als Träger der Lichtquellen, der auf Aristoteles Elementenlehre zurückgeht und sich bis in die Neuzeit hält. Für die Architektur prägender als seine philosophischen

46 René Descartes: *Principles of Philosophy: Principia Philosophiae*, 1644, 229f. Zitiert nach: Jonathan Bennett: *Space and Subtle Matter in Descartes's Metaphysics, New Essays on the Rationalists.* Oxford: Oxford University Press, 1999, S. 7f.

47 „It is a contradiction to suppose there is such a thing as a vacuum, i.e. that in which there is nothing whatsoever. The impossibility of a vacuum, in the philosophical sense of that in which there is no substance whatsoever, is clear from the fact that there is no difference between the extension of a space, or internal place, and the extension of a body. For a body's being extended in length, breadth and depth in itself warrants the conclusion that it is a substance, since it is a complete contradiction that a particular extension should belong to nothing; and the same conclusion must be drawn with respect to a space that is supposed to be a vacuum, namely that since there is extension in it, there must necessarily be substance in it as well.", Descartes: *Principles of Philosophy: Principia Philosophiae*, 229f. Zitiert nach: Bennett: *Space and Subtle Matter in Descartes's Metaphysics*, S. 7f.

48 Bennett: *Space and Subtle Matter in Descartes's Metaphysics*.

Ideen ist Descartes Entwicklung der geometrisch-mathematischen Methode und räumlichen Vorstellung. Die maßgeblich von Descartes entwickelte analytische Geometrie basiert auf dem nach ihm benannten kartesischen Koordinatensystem. Die Struktur des Koordinatensystems, der geometrischen Gesetze und Methode erscheint als eine Art Ausdehnung des Raums: Descartes füllt den Raum in Ermangelung einer Empirie mit einer abstrakten, geometrischen Substanz von Punkten und Achsen. Die Ablehnung des Vakuums war eine im Mittelalter und bis Newton vorherrschende Lehrmeinung. Gleichzeitig bereitet Descartes Geometrie auch die Vorstellung eines abstrakten und unabhängigen Raumes vor, der unabhängig von allem anderen existiert.

Isaac Newton schreibt seine Philosophiae Naturalis Principia von 1687 in Teilen als Erwiderung auf Descartes Anschauung des Raums. Newton postuliert den absoluten Raum und die absolute Zeit: Der physikalische Raum ist sowohl von der BeobachterIn als auch von den enthaltenen Objekten und Vorgängen unabhängig:

> *Absolute space, in its own nature, without regard to anything external, remains always similar and immovable. Relative space is some movable dimension or measure of the absolute spaces; which our senses determine by its position to bodies: and which is vulgarly taken for immovable space [...] Absolute motion is the translation of a body from one absolute place into another: and relative motion, the translation from one relative place into another.*[49]

Er entwickelte ein Verständnis eines leeren Raums bevor in ihm Objekte, Prozesse und Kräfte verortet sind und wirken. In der newtonschen Raumvorstellung wird der Raum von jeder Interaktion, die sich in ihm ereignet gelöst und als homogen und unbewegt angenommen. Auch Kant entwickelte ein ähnliches Verständnis, indem er den Raum a priori voraussetzt.[50] Der Raum ist bei Kant Bedingung und Voraussetzung für die Erscheinung und Wahrnehmung und muss deshalb unabhängig von Wahrnehmung und anderen Phänomenen existieren.

Der geometrische (oder geometrisierte) absolute Raum ist für die Kunstgeschichte und die Architektur insbesondere seit der Renaissance bedeutsam geworden. So basieren die perspektivischen Darstellungen auf eben dieser geometrisierten Betrachtungsweise. Gleichermaßen werden die architektonischen und städtischen Räume von dieser Geometrie struktu-

49 Isaac Newton: *Isaac Newton's Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* / Alexandre Koyré; Ierome Bernard Cohen (Hg.). 3. Auflage, Cambridge: Harvard University Press, 1972, S. 77.

50 „1) Der Raum ist kein empirischer Begriff, der von äußeren Erfahrungen abgezogen wurde. Denn damit gewisse Empfindungen auf etwas außer mich bezogen werden (d.i. auf etwas in einem andern Orte des Raumes, als darinnen ich mich befinde), imgleichen damit ich sie als außer und neben einander, mithin nicht bloß verschieden, sondern als in verschiedenen Orten vorstellen könne, dazu muß die Vorstellung des Raumes schon zum Grunde liegen. Demnach kann die Vorstellung des Raumes nicht aus den Verhältnissen der äußern Erscheinung durch Erfahrung erborgt sein, sondern diese äußere Erfahrung ist selbst nur durch gedachte Vorstellung allererst möglich.
2) Der Raum ist eine notwendige Vorstellung, a priori, die allen äußeren Anschauungen zum Grunde liegt. Man kann sich niemals eine Vorstellung davon machen, daß kein Raum sei, ob man sich gleich ganz wohl denken kann, daß keine Gegenstände darin angetroffen werden. Er wird also als die Bedingung der Möglichkeit der Erscheinungen, und nicht als eine von ihnen abhängende Bestimmung angesehen, und ist eine Vorstellung a priori, die notwendiger Weise äußeren Erscheinungen zum Grunde liegt.
3) Der Raum ist kein diskursiver, oder, wie man sagt, allgemeiner Begriff von Verhältnissen der Dinge überhaupt, sondern eine reine Anschauung. Denn erstlich kann man sich nur einen einigen Raum vorstellen, und wenn man von vielen Räumen redet, so verstehet man darunter nur Teile eines und desselben alleinigen Raumes. Diese Teile können auch nicht vor dem einigen allbefassenden Raume gleichsam als dessen Bestandteile (daraus seine Zusammensetzung möglich sei) vorhergehen, sondern nur in ihm gedacht werden. Er ist wesentlich einig, das Mannigfaltige in ihm, mithin auch der allgemeine Begriff von Räumen überhaupt, beruht lediglich auf Einschränkungen. Hieraus folgt, daß in Ansehung seiner eine Anschauung a priori (die nicht empirisch ist) allen Begriffen von demselben zum Grunde liegt.", Immanuel Kant: *Kritik der reinen Vernunft*, Jens Timmermann (Hg.). Hamburg: Franz Meiner, 1998.

riert und informiert. Erwin Panofsky arbeitet in *Die Perspektive als symbolische Form* heraus, wie stark die perspektivische Darstellung von der Wahrnehmung des menschlichen Auges abweicht: Die Perspektive fluchtet auf einen unbewegten Punkt, während die menschliche Wahrnehmung auf zwei immer bewegten Augen aufbaut. Genauso wird bei der Perspektive implizit davon ausgegangen, dass die Projektion auf eine Ebene innerhalb des Sehkegels eine adäquate Repräsentation des Sehsinns darstellt.[51] Um diese Abweichung von Wahrnehmung und Darstellung zu erklären, zeichnet er die Geschichte der räumlichen Darstellungen nach. Im Zentrum dieser Rekonstruktion steht der Schritt vom Aggregatraum zum modernen Systemraum, den er auf Descartes (aber nicht auf Newton) bezieht.

> *[...] in diesen drei Darstellungsformen drückt sich die Anschauung aus, daß die Räumlichkeit der künstlerischen Darstellung alle sie spezifizierenden Bestimmungen vom Subjekt aus empfängt, – und dennoch bezeichnen gerade sie, so paradox es klingt, den Augenblick, in dem (philosophisch durch Descartes und perspektiv-theoretisch durch Desargues) der Raum als weltanschauliche Vorstellung endgültig von allen subjektiven Beimischungen gereinigt ist. Denn indem die Kunst sich das Recht erobert hat, von sich aus zu bestimmen, was ‚Oben‘ und ‚Unten‘, ‚Vorn‘ und ‚Hinten‘, ‚Rechts‘ und ‚Links‘ sein solle, hat sie dem Subjekt im Grunde nur dasjenige gegeben, was ihm von vornherein gebührt hatte, und was die Antike nur per nefas (wenn auch kraft geistesgeschichtlicher Notwendigkeit) dem Raum als seine objektiven Eigenschaften vindiziert hatte: die Richtungs- und Entfernungs-Willkür des modernen Bildraums bezeichnet und besiegelt die Richtungs- und Entfernungs-Indifferenz des modernen Denkraums, und sie entspricht nicht nur zeitlich, sondern auch sachlich vollkommen derjenigen Entwicklungsstufe der theoretischen Perspektivlehre, auf der sich diese, unter den Händen Desargues‘, in eine allgemeine projektive Geometrie verwandelt hat, indem sie – den einsinnigen euklidischen ‚Sehkegel‘ zum ersten Male durch das allseitige ‚geometrische Strahlenbündel‘ ersetzend – auch von der Blickrichtung vollständig abstrahiert und dadurch alle Raum-Richtungen gleichmäßig erschließt.* [52]

Panofsky geht bei seiner These der Perspektive als „symbolischer Form“ des (neuen) Systemraums von einer Art „falscher Rückprojektion“ aus. Nicht der “Systemraum” war Voraus-setzung für die Perspektive, sondern umgekehrt hat die Perspektive die Voraussetzung für den neuen Begriff des „absoluten, homogenen und isotropen Raumes“ geschaffen. Diese Idee des absoluten Raumes wurde dann Grundlage des physikalischen Weltbildes von Newton. Die Idee der Perspektive (und ihre verschiedenen Methoden) machten es (in der Malerei) erst möglich, Bilder zu erzeugen, die von einer vorgebenen Wirklichkeit unabhängig waren.

Die Perspektive beinhaltet demnach zwei Operationen: Sie ersetzt den wahrgenommenen durch den abstrakten geometrischen Raum und macht das sehende Subjekt zum Mittelpunkt der Darstellung. Die Rezeption des Bildes ist damit abhängig von der BetrachterIn und bleibt notwendigerweise eine optische Simulation. Diese Subjektivierung der Wahrnehmung und Erkenntnis stellt Panofsky in die Tradition der descart’schen Philosophie.

51 Erwin Panofsky: *Die Perspektive als ‚Symbolische Form‘*. In: Hariolf Oberer / Egon Verheyen (Hrsg.): *Aufsätze zu Grundfragen der Kunstwissenschaft.* Berlin: Volker Spiess, 1980, S. 125.
52 Panofsky: *Die Perspektive als ‚Symbolische Form‘*.

4.1.1.1 Architektonischer Raum

Für diese Arbeit relevant sind die Implikationen der unterschiedlichen Theorien des Raumes für die Disziplin der Architektur. Dies ergibt sich aus der Übertragung der Anschauungen und abgeleiteter Techniken wie beispielsweise der darstellenden Geometrie (Dreitafelprojektion) auf die Architektur. Anders als in der Malerei, in der die perspektivische Form eine abstrakte Projektion einer Vorstellung von Raum bleiben muss, wird diese in der Architektur weit wirkmächtiger: Die ArchitektIn gestaltet den Raum, gibt ihm Struktur und Richtung, weswegen oft davon gesprochen wird, dass Raum geschaffen würde. So sieht man in der Architektur der Renaissance, wie die geometrisierte Anschauung des Raums in geometrische Räume umgesetzt wird. Die Zentralperspektive wandelt sich zu Achsialität und definierten Blick- und Fluchtpunkten, das heißt, die Zentralperspektive wird in die gebaute Umwelt zurückprojiziert und wird zu Architektur.

Weitergetrieben wird die Geometrisierung in der Moderne. Aus den zentralperspektivischen Räumen, die über die Nutzung (Kirche, Palast, Villa) Ausrichtung und Struktur erhielten, werden in der Moderne abstrakte Raster und gänzlich ungerichtete Räume: Der absolute Raum Newtons wird in Stadtplanung und Architektur in die Welt projiziert.[53] Die Homogenität wird in den Projekten der Moderne durch die regelmäßige Stützenstellung und die gleichmäßige Verteilung der Volumina auf einer neutralen Fläche ausgedrückt. Die drastische Reduktion des zu betrachtenden Wirklichkeitsausschnitts ersetzt den realen (Lebens-) Raum durch einen abstrakten geometrischen Raum.[54] Die Wirklichkeit wird in zwei Stufen vereinfachend subsituiert: Zunächst werden die zeitlichen Ereignisse in räumliche Strukturen übersetzt, um anschließend den realen Lebensraum, in dem jedes Ereignis stattfindet, durch einen abstrakten geometrischen Raum zu ersetzen. André Corboz legt dar, dass dieser Bezug auf den newtonschen Raumbegriff kritisch ist, weil der Zusammenhang zwischen dem absoluten Raum und der Architektur beziehungsweise dem Städtebau auf Mutmaßungen beruhe. Ferner stimme dieser Raum mit keiner ihm möglicherweise zu gebenden Form überein.[55]

Das geometrische Raster beschreibt die Konsequenzen der Übertragung abstrakter Modelle auf die Wirklichkeit: der wirkliche Raum ist weder unendlich und statisch, noch ist er homogen und in allen Richtungen gleichmäßig. Trotzdem wurde ein solcher Raum durch die Moderne erfunden und versucht, ihn in die Wirklichkeit zu transferieren. Die Vereinfachung durch die Geometrisierung und Standardisierung ist der letzte Schritt in einer langen Kette von Abstraktionen und Substitutionen, die aus der wissenschaftlichen Praxis abgeleitet sind. Die Bezeichnung ‚vereinfachen’ kennzeichnet folglich lediglich den enorm hohen Abstraktionsgrad und damit die Distanz zur Wirklichkeit. Diese wird nicht nur bei der Konstruktion derartiger Systeme problematisch: Der in der Theorie bestehende absolute Raum kann in dieser reduzierten Form nicht in der Wirklichkeit etabliert werden. Die Vorstellung des neutralen, geometrischen, homogenen, unendlichen Objektraums missachtet die zahlreichen Beziehungsfelder, Richtungen, Qualitäten und Verdichtungen, mit denen der Lebensraum aufgeladen ist. Der reale Raum kann nicht losgelöst von der Zeit oder den

53 „Der Grundstein für die Raumvorstellung der Moderne und die Ausgrenzung des Problems der Zeit bezieht sich auf Newton’s Vorstellung vom ‚absoluten Raum, der frei von jeder Bindung an eine irgendwie geartete Äusserlichkeit ist ... [und] seiner Natur nach immer gleich [d.h. homogen] und immobil.”, Newton: *Isaac Newton’s Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Zitiert nach: André Corboz: *Auf der Suche nach ‚dem‘ Raum*. In: *Werk, Bauen + Wohnen 83, no. 3*, 1996, S. 6–13.
54 „Entzeitlichung: Sie hebt das Modell der linearen Zeit durch die Suspension des Zeitbegriffs überhaupt auf. Dazu bedarf es der Einführung einer Abstraktionsebene. Was sich konkret und vordergründig als linearer Prozess darstellt, kann bei allgemeinerer Betrachtungsweise als Stillstand erscheinen. Zeit ist nicht absolut gegeben, sondern eine Frage der Perspektive. Gibt man die Perspektive der Zeitlichkeit auf, bleiben zeitlose Aspekte der Wirklichkeit zurück.”, Gerhard Schulze: *Gehen ohne Grund. Eine Skizze zur Kulturgeschichte des Denkens.* In: Andreas Kuhlmann (Hg.): *Philosophische Ansichten der Kultur der Moderne*, Frankfurt: Fischer, 1994, S. 93ff.
55 Corboz: *Auf der Suche nach ‚dem‘ Raum,* S. 6–13.

in ihm wirkenden Kräften, der menschlichen Wahrnehmung und den Objekten, die sich in ihm bewegen, als homogen und neutral gedacht werden.[56] Die von der postmodernen Architekturdiskussion häufig kritisierte mangelnde Verbindlichkeit der modernen Architektur resultiert zu einem Großteil aus dieser Bevorzugung abstrakter Gesetzmäßigkeiten gegenüber den tatsächlichen Situationen. So erscheinen die modernen Stadtvisionen aus heutiger Sicht unmenschlich, indem sie keinen Bezug zwischen den BewohnerInnen, den Gebäuden und dem Raum, der sie umgibt, etablieren.

An dieser Stelle wird der Erklärung vorgegriffen, warum in dem hier untersuchten System die Räume gerastert und orthogonal sind*. Dieser Parameter des Versuchs ergab sich aus methodischen Überlegungen. Um die untersuchten Fälle mit einer einfachen Methodik vergleichbar zu machen und zu systematisieren, wurde die orthogonale Geometrie gewählt. So wurde während der PEP02 Session die Frage diskutiert, ob nicht auch andere Geometrien untersucht werden müssten. Aus Sicht der Arbeit wurde die Möglichkeit der Entwicklung numerischer Methoden höher gewertet als eine Vielfalt von geometrischen Formen, die vermutlich keine Vergleiche zwischen so unterschiedlichen Bausystemen zulassen würde. Gleichzeitig beruht die Orthogonalität auch auf der These der vorliegenden Arbeit, dass diese Geometrie den Versuchsaufbau in einem gestalterischen Reinraum denkt*. Die Diskussion um die philosophischen und methodischen Implikationen dieses orthogonalen Raums wurde deshalb an dieser Stelle eingefügt, um den vorliegenden Versuchsaufbau kritisch zu würdigen.

Siehe dazu: Kapitel 4.1.3 Definition einer Geometrie // Orthogonalität

Siehe dazu: Kapitel 2.1 Problem // Raum, Konstruktion und Nutzung

Welche Vorstellung des architektonischen Raumes liegt also der vorliegenden Arbeit zu Grunde? Die These dieser Arbeit ist, dass der architektonische Raum nicht der absolute und ungerichtete Raum ist, den Stadtplanungen der CIAM-Moderne in Form einer ‚tabula rasa' denken. Er ist zuerst ein konstruktiver Raum. Konstruktion ist dabei, auch wenn sie gerastert ist, nie ungerichtet: Die vertikale Lastabtragung und die horizontale Lastverteilung bestimmen die Struktur des Gebäudes. Die Dimensionen und die Tiefe des Gebäudes ergeben sich aus Belichtung, Belüftung und der Nutzbarkeit der Räume. Vor allem aber kann der architektonische Raum nie unabhängig von den Menschen, die ihn denken, bauen, ihn verändern und in ihm leben, gedacht werden. Der architektonische Raum ist ein Lebensraum.

Lebensraum // Gebaute und gelebte Umwelt 4.1.1.2

Der Begriff ‚Raum' ist im allgemeinen Sprachgebrauch häufig mit einer physikalischen oder geometrischen Definition assoziiert. Franz Xaver Baier stellt dieser naturwissenschaftlichen Konzeption mit dem ‚Lebensraum' ein radikales und umfassendes Verständnis von Raum gegenüber, das versucht, dessen Gesamtheit über Wahrnehmung und Bewusstsein zu beschreiben.[57] Sein Konzept des Lebensraums entspricht einer subjektiven Betrachtungsweise. Der Lebensraum ist vielschichtig und gegliedert, ist heterogen, nicht homogen. Der eigene Körper, die Kleidung, der Bewegungsraum und der Raum der Wahrnehmung erweitern diesen subjektiven Raum mit sehr unterschiedlichen Qualitäten. Die umgebende Architektur, die Stadt und Natur, sind auf eine andere, aber nicht weniger wesentliche Art Teil des Lebensraums. Schließlich dehnt sich der Lebensraum weiter durch das Bewusstsein, durch Erinnerungen und Vorstellungen aus: So werden andere Menschen, Dinge, andere Räume Teil des Lebensraums. Baier beschreibt Situationen und Phänomene, die den Lebensraum weiten, verändern und einengen. Relevant für diese Studie ist das Konzept des Lebensraums, weil dieser sich nicht allein aus der geometrischen Verfasstheit ergibt.

56 Vgl. dazu: Greg Lynn: *Leicht und Schwer*. In: *ARCH+ 124/125, Dezember 1994*, S. 38–43.
57 Franz Xaver Baier: *Der Raum: Prolegomena zu einer Architektur des gelebten Raumes.* 2. Auflage. Köln: König, 2000.

Der Lebensraum ist ein Raum der Möglichkeiten und das Bewusstsein eine bestimmte Art in der Welt zu sein.

Architektur ist eine zentrale Dichotomie eingeschrieben: Die architektonische Praxis, darunter die Produktion von Plänen, Modellen, Baubeschreibungen und das, was auf der Baustelle errichtet wird, beschäftigt sich mit der Konstruktion, der Fügung der Bauteile und ihrem Zusammenspiel. Der Raum und die Nutzung (gelebte Wirklichkeit) hingegen, die im Zentrum des Entwurfs stehen, leiten sich als Differenz zwischen eben diesen Bauteilen ab, sind also selbst meist nur indirekt Gegenstand der Planungspraxis. Am Beispiel der Entwicklung des Bausystems wird in der vorliegenden Arbeit explorativ die Interaktion von Raum, Konstruktion und Nutzung erforscht. Jedes Gebäude, jeder Entwurf und jede Studie stellen die Frage, was Architektur eigentlich ist. Die konstruktive Struktur gibt räumliche Parameter vor und eröffnet zugleich zahlreiche Möglichkeiten, diese zentrale Frage zu beantworten und damit die unterschiedlichsten Möglichkeiten zur Raumbildung.

Methodisch kann diskutiert werden, warum die in dieser Arbeit vorgestellten Dimensionen – Raum, Konstruktion, Nutzung – nicht im Sinne einer Definition gegeneinander abgegrenzt werden. Der Arbeit liegt die Hypothese zu Grunde, dass eine solche Abgrenzung unmöglich und nicht sinnvoll ist, weil die Dimensionen fundamental verbunden sind. Der Versuchsaufbau dient dazu, die Verbindungen zwischen den Dimensionen zu finden, um die gegenseitige Beeinflussung studieren zu können. Um an die zu Beginn eingeführte Dichotomie der architektonischen Praxis zwischen der Strukturierung der Materie und der indirekten Ableitung des Raums anzuknüpfen, steht am Anfang der Arbeit zunächst eine operative Beschreibung der Dimensionen (keine Definition):

- Raum: Räumliche Strukturen
- Konstruktion: Dimension der Materie
- Nutzung: Dimension der NutzerInnen (Lebensraum; gelebte Wirklichkeit)

Auch Habraken zeigt in *The Structure of the Ordinary* die Komplexität, Vielschichtigkeit und Veränderlichkeit des Raumes. Er weitet den Begriff ‚Architektur' und den allgemeineren Begriff des ‚Raums' mit der Umschreibung ‚gebaute Umwelt' (‚built environment'), um auch den Kontext der Architektur und die mit und in ihr agierenden Menschen einbeziehen zu können:

> *Thus, the built environment comprises not only physical forms - buildings, streets, and infrastructure – but also the people acting on them. If built environment is an organism, it is so by virtue of human intervention: people imbue it with life and spirit of place. As long as they are actively involved and find a given built environment worth renewing, altering, and expanding, it endures. [...] For designers and planners, use is typically set a priori – immobilized - to allow optimized problem solving during programming and design. But in reality, use is neither static nor passive. Use marks the beginning and end of each act of transformation, forming part of the cycle of actions by which the built environment lives. To perceive how buildings' intrinsic capacity to adapt and transform represents the key to their survival, the perspective that has given rise to programmatic functionalism must be transcended. We must learn to look afresh at the intricate ongoing symbiosis between people and built matter. There are sticks and stones, and there are people living among them: the two are inseparable, though readily distinguished.*[58]

Habrakens Begrifflichkeit eröffnet einen breiteren Betrachtungsrahmen, in dem die Gebäude nur ein Teil einer vielfältigen, komplexen und wechselwirkenden Umgebung sind. Die Menschen beleben und besetzen diese Umgebung, die sich stetig verändert.

58 N. J. Habraken: *The Structure of the Ordinary: Form and Control in the Built Environment.* Jonathan Teicher (Hg.). Cambridge: MIT Press, 2000, S. 7.

Das räumliche (kartesische) Raster ist eine physische Manifestation des gebauten, vermessenen und statischen Raumes. In gewisser Weise kann man die Konstruktion nach Deleuze und Guattari (messbar, physisch) als ‚gekerbten' Raum betrachten, die aber von dem ‚glatten' Raum (Lebensraum) überlagert wird, der innerhalb der Struktur durch Veränderung, Anpassung und Aneignung entsteht.[59]

Architektur und Zeitlichkeit 4.1.2

In diesem Abschnitt wird das Verhältnis von Architektur und Zeit diskutiert. Dazu werden zunächst unterschiedliche Zeitmodelle vorgestellt und dann mit den in der Architektur der Moderne lesbaren Modellen verglichen. Ebenso wie bei der räumlichen Dimension, steht bei der Untersuchung der Verbindung von Zeitlichkeit und Architektur die Idee stetiger Veränderung im Mittelpunkt, die einer Architektur entgegensteht, die als ‚zeitlos' und unveränderlich gedacht wird:

> *Gebäude [Architektur] werden in erster Linie räumlich wahrgenommen und entwickelt, ihre zeitliche Dimension rückt oftmals in den Hintergrund. Sie werden als statische Gebilde (Immobilie) gedacht und existieren in diesem eingefrorenen Idealzustand nur in der Vorstellung der Planer. Tatsächlich ist das Gebaute jedoch Veränderungen in verschiedenen zeitlichen Maßstäben unterworfen, es ist weniger ein Zustand als vielmehr ein Prozess. Diese Betrachtung umfasst nicht nur den Entwurfs-, Planungs- oder Bauprozess. Auch während des weiteren Lebenszyklus ist Architektur steten Veränderungen unterworfen – durch Alterung und Benutzung ebenso wie durch Anbau, Umbau oder Rückbau. Architektur ist ein dynamischer Prozess und als solcher nicht unbeweglich und statisch.* [60]

Abstrakte Zeit und konkrete Zeit 4.1.2.1

Auch die Zeit wurde seit der Renaissance einer theoretischen Vereinheitlichung in abstrakten Zeitmodellen unterworfen, die dem wissenschaftlichen Fortschritt der Natur und Ingenieurswissenschaften dient, die aber konkrete Zeit und Lebenswirklichkeit nicht in Einklang bringt.

> *1. Die Wirklichkeit ist prozessual und keineswegs statisch, sie wird und ist wesentlich in der Zeit.*
> *2. Die Wirklichkeit ist diskret und heterogen, keineswegs kontinuierlich und homogen-identisch.*
> *3. Die Wirklichkeit ist lokal und keineswegs global überschaubar, sie ist jeweils nur örtlich - an den Orten möglicher Beobachtung - strukturiert.*

59 „In smooth space, the line is therefore a vector, a direction and not a dimension or metric determination. It is a space constructed by local operations involving changes in direction. These changes in direction may be due to the nature of the journey itself, as with the nomads of the archipelagoes (a case of "directed" smooth space); but it is more likely to be due to the variability of the goal or point to be attained, as with the nomads of the desert who head toward local, temporary vegetation (a "nondirected" smooth space). Directed or not, and especially in the latter case, smooth space is directional rather than dimensional or metric. Smooth space is filled by events or haecceities, far more than by formed and perceived things. It is a space of affects, more than one of properties. It is haptic rather than optical perception. Whereas in the striated forms organize a matter, in the smooth materials signal forces and serve as symptoms for them. It is an intensive rather than extensive space, one of distances, not of measures and properties. Intense Spatium instead of Extensio. A Body without Organs instead of an organism and organization. Perception in it is based on symptoms and evaluations rather than measures and properties. That is why smooth space is occupied by intensities, wind and noise, forces, and sonorous and tactile qualities, as in the desert, steppe, or ice. The creaking of ice and the song of the sands. Striated space, on the contrary, is canopied by the sky as measure and by the measurable visual qualities deriving from it." Englische Übersetzungen übernommen aus: Gilles Deleuze; Félix Guattari: *A Thousand Plateaus: Capitalism and Schizophrenia*. Minnesota: University of Minnesota Press, 1987. Original: Gilles Deleuze; Félix Guattari: *Mille Plateaux*. Paris: Éditions de minuit, 1980, S. 479.

60 Drexler; El Khouli: *Nachhaltige Wohnkonzepte: Entwurfsmethoden und Prozesse*.

> *4. Die Wirklichkeit ist Wechselwirkung, nicht an sich Seiendes, sie ist überhaupt nur, insofern sie auf einen Beobachter (der zum Beispiel auch ein Messinstrument sein kann) eine Wirkung ausübt und von diesem Beobachter eine Wirkung erleidet.* [61]

Der methodologische Transfer aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften war für die frühe moderne Architektur von zentraler Bedeutung[62], die im Zuge des Übergreifens der Industrialisierung auf das Bauwesen im 19. und 20. Jahrhundert entwickelt wurde. Anlass für die Bemühung um die Zusammenführung von Architektur und den Ingenieurwissenschaften im Speziellen war die Überzeugung, dass die Kunst mit der rasanten Entwicklung in den Wissenschaften nicht mithalten könnte.[63] Im Zuge dieser Rationalisierung wurden auch naturwissenschaftliche Modelle für Raum und Zeit übernommen. Interessanterweise waren diese Importe auch schon zu ihrer Zeit in Teilen durch damals aktuelle Theorien der Physik überholt. In erster Linie wurden die geometrischen Methoden von Descartes und die Anschauung des Raums von Newton übernommen. Nach André Corboz konnten die damals aktuellen Tendenzen in der bildenden Kunst, die sich mit dem Verhältnis von Raum und Zeit auseinandersetzten, wie De Stijl oder der Kubismus, nur mühevoll in die moderne Bewegung einbezogen werden. Das in der Moderne entwickelte Verständnis von Raum und Zeit ist bis heute für die Disziplin wirksam und prägend. Um dieses in der architektonischen Praxis vorherrschenden Verhältnis von Raum und Zeit zu analysieren, soll zunächst das Zeitmodell untersucht werden, von dem angenommen werden darf, dass es für die Architektur der frühen Moderne von entscheidender Bedeutung ist. Der Zeitbegriff der Moderne verdrängt die zeitliche Komponente der Wirklichkeit beziehungsweise abstrahiert diese ins Räumliche. So wird die Vernachlässigung der Zeit in der Architektur von Sanford Kwinter auf die Praxis dieser wissenschaftlichen Beobachtungsmethoden zurückgeführt:

> *Jedes Ding, könnte man sagen, verändert sich und erscheint in der Zeit, und doch lässt sich eine Haltung von Externalität, die präzises Maß und vollkommene Beherrschung gestattet, nur im Raum einnehmen; man muss zuerst selbst aus dem übervollen, organischen Fluss heraustreten, in dem die Dinge gegeben sind, und isoliert, diskrete Momente wie projizierte, eingefrorene Schnitte isolieren; erst dann kann man Gesetze interpolieren wie eine Art Mörtel, um diese Schnitte aus einer neuen Perspektive heraus wieder zusammenzufügen.* [64]

Die Tendenz zur Distanzierung und Substitution der zeitlichen Komponente angesichts einer komplexen Situation kennt jeder aus der eigenen Lebenserfahrung: Der menschliche Verstand neigt dazu, sich aus einer undurchsichtigen, dynamischen Situation zurückzuziehen und die Betrachtung der konkreten Wirklichkeit durch ein entzeitlichtes und dadurch kontrollierbares Modell zu ersetzen.[65] Bergson erklärt die Tendenz zur Substitution der Zeit mit der Schwierigkeit innerhalb der dynamischen Wirklichkeit ein kausales Ursache-Wirkung-Prinzip zu erkennen, das wiederum ein Handeln ermöglichen würde:

61 Peter Eisenhardt; Dan Kurth; Horst Stiehl: *Du steigst nie zweimal in denselben Fluss: Die Grenzen der wissenschaftlichen Erkenntnis*. Hamburg: Rowohlt, 1988, S. 21.

62 „Ein allgemeines Verständnis wissenschaftlicher Methoden ist für unsere heutige Kultur wichtiger als eine Allgemeinkenntnis wissenschaftlicher Einzeltatsachen. Unbewusst führt eine zunehmende Methodengleiche zu einer einheitlichen Kultur.", Sigfried Giedion: *Raum, Zeit, Architektur: Die Entstehung einer neuen Tradition*. Zürich: Artemis, 1976, S. 42.

63 Vgl. dazu: Giedion: *Raum, Zeit, Architektur: Die Entstehung einer neuen Tradition*.

64 Sanford Kwinter: *Das Komplexe und das Singuläre*. In: *ARCH+ 119/120 (December 1993)*, S. 77–90.

65 Dietrich Dörner: *Die Logik des Misslingens: Strategisches Denken in komplexen Situationen*. Hamburg: Rowohlt, 1988. Anmerkung des Autors: Dörner schildert auf anschauliche Weise die Mechanismen, die zu Fehleinschätzung und Fehlverhalten von Menschen gegenüber dynamischen, komplexen und intransparenten Systemen führen.

[...] jedenfalls, wenn man Existenzen und Ursachen betrachtet und dann wieder die Ursachen dieser Ursachen usw., fühlt man sich sofort ins Unendliche fortgerissen. Wenn man innehält, so nur um dem Schwindelgefühl zu entgehen. Immer stellt man fest oder glaubt feststellen zu müssen, dass die Schwierigkeit fortbesteht, dass das Problem sich immer wieder von neuem stellt, aber niemals zu lösen ist. In der Tat wird es niemals gelöst, aber es hätte auch nie gestellt werden dürfen. Es entsteht nur, wenn man sich vorstellt, dass ein Nichts dem Sein vorausgeht. [66]

Diese Denkoperation führt von der Dynamik der realen Zeit zu ihrer Negation in abstrakten, entzeitlichten Modellen: Um innerhalb des chaotischen Ablaufs der Wirklichkeit Voraus-sagen zu machen, das heißt Gesetzmäßigkeiten erkennen zu können, muss davon ausgegangen werden, dass sich bestimmte Aspekte dieser Wirklichkeit wiederholen oder gleichbleiben. Dieser Schritt aus der Wirklichkeit in ein vereinfachtes Gedankenmodell geht einher mit einer Verschiebung von der Zeit hin zum Raum, indem ein komplexer Vorgang gedanklich in mehrere räumliche Zustände abstrahiert wird.[67] Die gleiche Strategie wird auch von der modernen Architektur eingesetzt. Dieses Verständnis von Zeit entspricht dem abstrakten, newtonschen Zeitbegriff, der die Zeit als vierte Dimension des Raumes auffasst und den Bergson von dem der wirklichen, konkreten Zeit unterscheidet:

So ist die Dauer allem Lebendem wesentlich: Es dauert gerade deshalb, weil es unaufhörlich Neues herausarbeitet, und weil das wieder unmöglich ist ohne eine Art erforschendes Vorfühlen. Die Zeit ist diese Spannung des Zögerns und Wählens, oder sie ist nichts. Schaltet man Bewusstsein und Leben aus (man kann es nur durch die Anstrengung einer künstlichen Abstraktion, denn um es noch einmal zu sagen, die materielle Welt schliesst vielleicht eine notwendige Gegenwart des Bewusstseins und des Lebens in sich ein), so erhält man tatsächlich ein Universum, dessen aufeinanderfolgende Zustände theoretisch im Voraus zu berechnen sind, wie die Bilder, die vor ihrem Ablauf im Film alle vorhanden sind. Aber was soll denn das Ablaufen? Warum entfaltet sich die Wirklichkeit? Warum ist sie nicht schon von vorneherein entfaltet? Wozu dient die Zeit? (Ich spreche von der wirklichen, konkreten Zeit, und nicht von der abstrakten, die nur eine vierte Dimension des Raumes ist). [68]

Gerhard Schulze benennt zwei Zeitmodelle, die zyklische und die lineare Zeitvorstellung. Fasst man mit Schulze die vor der Renaissance liegenden Kulturen als solche auf, die auf zyklischen Zeitmodellen basieren, so wird deutlich, wie die große Stabilität dieser Kulturen zustande kommt. Bewegt man sich in einem zeitlichen Zyklus so ist es möglich, das Wissen auf die Empirie zu gründen und die Abläufe und Systeme so gut wie möglich an die immer wiederkehrenden Ereignisse anzupassen. Die altägyptische Kultur weist viele solcher zyklischen Merkmale auf, auch wenn ihre Religion ebenso die Vorstellung von Unendlichkeit kannte.[69] Demgegenüber steht eine neuzeitliche, teleologische Vorstellung einer linear fortschreitenden Zeit vor, innerhalb derer Schulze zwei Denktechniken im Umgang mit der realen Zeit vorstellt, mit deren Hilfe die instabile, dynamische Wirklichkeit gedanklich stabilisiert wird. Diese Stabilisierung wird als notwendige Voraussetzung angesehen, um Voraussagen über das Verhalten der Wirklichkeit zu machen und in die Abläufe planvoll einzugreifen. Die von

66 Henri Bergson: *Das Mögliche und das Wirkliche*. In: *Denken und schöpferisches Werden*, 8. Auflage, Hamburg: Europäische Verlagsanstalt, 1993, S. 116.
67 „Aber die Geste, die den Gedanken vom ‚Ereignis' weg- und zum ‚Ding' hinträgt, abstrahiert und verräumlicht die Zeit im Prozeß ihrer Instrumentalisierung [...]." Kwinter: *Das Komplexe und das Singuläre.*
68 Schulze: *Gehen ohne Grund. Eine Skizze zur Kulturgeschichte des Denkens*, S. 112.
69 Vgl. dazu: Schulze: *Gehen ohne Grund. Eine Skizze zur Kulturgeschichte des Denkens.*

Schulze bezeichnete „Vergegenwärtigung"[70] bewegt sich mit Intervallsprüngen durch die lineare Zeit. Innerhalb der einzelnen Zeitabschnitte wird die Zeit als stillstehend betrachtet. Veränderungen und Entwicklungen des betrachteten Systems werden vernachlässigt. „Entzeitlichung"[71] hingegen bezeichnet das Negieren der Zeit durch die Einführung einer Abstraktionsebene. Diese Strategie kommt vornehmlich in der Wissenschaft zur Anwendung. Die wirkliche Zeit wird durch „hochgradige Abstraktion bei gleichzeitiger Einengung der Perspektive auf einen winzigen Wirklichkeitsaspekt [...]"[72] ersetzt. Die Wissenschaft sucht nach Aussagen, die eine Gültigkeit außerhalb der Zeitlichkeit der Wirklichkeit haben. Die Perspektive, aus der man die Wirklichkeit beobachtet, kann in Richtung übergeordneter Regeln versetzt werden, sodass die tatsächliche, sich verändernde Wirklichkeit durch eine gleichbleibende Abstraktion ersetzt wird. Somit kann zum Beispiel die Veränderung in einem wirklichen Vorgang durch ein konstantes Maß für ihre Veränderung beschrieben werden, wenn man die Perspektive der Zeitlichkeit aufgibt. Diese Strategie wurde von den frühen Naturwissenschaften angewandt und von dort aus in die Architekturtheorie und die Entwurfsmethodik der Moderne übernommen. Die moderne Architektur suchte, wie die Naturwissenschaften, nach Begriffen, die der Vergänglichkeit entzogen sind. Für diese Operation ist Voraussetzung, die Zeitlichkeit der Wirklichkeit zu unterlaufen oder zu abstrahieren.

4.1.2.2 Erstarrt in Raum und Zeit // Zeitmodelle in der Moderne

Aus der ‚Entzeitlichung' in der modernen Architektur ergeben sich bis heute zwei Konsequenzen für die Disziplin: Die Limitierung der Architektur als räumliche Disziplin und die Möglichkeit der Integration zeitlicher Aspekte (Entwurfs- und Planungsmethodik) verfestigte sich und wurde weiter eingeschränkt, weil diese stets durch räumliche Begriffe ersetzt wurden. Aus dieser Haltung heraus versucht die Disziplin bis heute, die Zeitlichkeit zu negieren: Der Planungs- und Entwurfsprozess ist darauf ausgerichtet, die Entwicklungsmöglichkeiten des architektonischen Systems einzuschränken. Auch können Gebäude allgemein als drastischer Eingriff in die Veränderungspotenziale in einem Raumabschnitt betrachtet werden, weil sie die Bewegungen, Ausdehnungen und Beziehungen innerhalb dieses Raumes einengen und festlegen. Aus der ‚Entzeitlichung' heraus definiert die als adäquat angenommene Planung eine Erwartungshaltung gegenüber der Wirklichkeit. Planung in diesem Sinne führt eher zum Warten als zum Handeln, weil sie nicht darauf ausgelegt ist, auf die Wirklichkeit zu reagieren, sondern diese durch einen geplanten Zustand zu ersetzen. Die Zeit wird nicht im Sinne einer Dauer verstanden, sondern vielmehr als eine Art Diskrepanz zum geplanten Zustand. Dieser Planungsprozess ist tendenziell geschlossen und erlaubt nur in geringem Maß die Integration oder Entstehung von grundsätzlich Neuem. Er arbeitet auf ein von vornherein definiertes Ziel hin. Weiter impliziert die ‚Entzeitlichung' eine starre Raumvorstellung, die die Wirklichkeit in Zuständen zu fassen sucht. Sie steht im Widerspruch zu der Dynamik der lebendigen Prozesse. Nichts geschieht außerhalb der Zeit. Bergson zeigt, dass das Nichts oder das Fehlen der Zeitlichkeit nur konstruierte Positionen und als Ausgangspunkt zur Betrachtung der Wirklichkeit irrelevant sind.[73]

70 „Vergegenwärtigung bedeutet: innerhalb von einem Zeitintervall so zu tun, als ob die lineare Entwicklung stillstehen würde. Vergangenheit und Zukunft werden vernachlässigt, bis die Entwicklung der Welt so weit fortgeschritten ist, dass man sich zu einem Intervallsprung gezwungen sieht.", Ibid., S. 93.
71 „Entzeitlichung: Sie hebt das Modell der linearen Zeit durch die Suspension des Zeitbegriffs überhaupt auf. Dazu bedarf es der Einführung einer Abstraktionsebene. Was sich konkret und vordergründig als linearer Prozess darstellt, kann bei allgemeinerer Betrachtungsweise als Stillstand erscheinen. Zeit ist nicht absolut gegeben, sondern eine Frage der Perspektive. Gibt man die Perspektive der Zeitlichkeit auf, bleiben zeitlose Aspekte der Wirklichkeit zurück.", Ibid.
72 Ibid.
73 Bergson: *Das Mögliche Und Das Wirkliche*.

Die Übertragung der zeitlichen Phänomene in räumliche Strukturen ist als Strategie zur Aufwertung der Disziplin zu verstehen. Die mit der Industrialisierung einsetzende Beschleunigung der Lebensprozesse bedingte eine Aufwertung der zeitlichen Aspekte der Alltagswelt und eine Abwertung der räumlichen und damit eine Abwertung der Architektur als Ganzes: Die räumliche Struktur von Städten und Gebäuden ist weniger wichtig als die Prozesse und Bewegungen. Auf diese Krise der Disziplin reagierten die modernen Bewegungen durch Integration des wissenschaftlichen Zeitbegriffs in die Architektur, der die zeitlichen Aspekte der Wirklichkeit in räumliche Phänomene zu übersetzen erlaubt. Bei Le Corbusier findet sich ein widersprüchliches Verhältnis zu Bewegung (Verkehr) und Zeitlichkeit in der Architektur und im Städtebau: Auf der einen Seite ist Le Corbusier derart begeistert von Autos, Schiffen und Flugzeugen, dass seine Entwürfe als eine Übertragung von deren Ästhetik und Logik wirken. Auch für seine Stadtplanung sind die Verkehrsadern und -räume zentral und prägend. Auf der anderen Seite sind diese Systeme strikt getrennt von den architektonischen Räumen. Diese werden nicht von der Dynamik und Bewegung geprägt, sondern bilden eine stabile Struktur (oder Infrastruktur) innerhalb derer die Dynamik gefasst und kanalisiert wird. Auch Jeremy Till beobachtet das ambivalente Verhältnis der modernen Bewegung zu Zeit und Zeitlichkeit:[74]

Till identifiziert die zwei Tendenzen im Umgang mit Zeit in der Moderne: Die Überhöhung von Geschwindigkeit, Veränderung und Prozessen, und gleichzeitig die Ablehnung der Konsequenzen in Form von Unsicherheit und Unordnung. Auf der einen Seite werden Fortschritt, Veränderung und Revolution als Motor jeder Entwicklung beschrieben. Gleichzeitig wird die eigene Position (beispielsweise die CIAM-Moderne, der Kommunismus) als Endzustand betrachtet, der auf wissenschaftlichen, moralischen und ästhetischen Wahrheiten basierend außerhalb einer dialektischen Entwicklung steht.

> *The most paradoxical figures are the classical modernists. How can they have it both ways? How can they at the same time stand outside history in an appeal to the eternal and locate themselves precisely the present in an appeal to the Zeitgeist? How can Mies say in the same lecture that architecture must ‚carry and drive our age' and also be ‚founded on eternal truths of [...] order, space and proportion,' and keep a straight face? The answers are possible only when time as flux is taken out of the equation, because then the eternal and the present can coalesce and so be made available for representation as pure form. Gropius will thus describe Mies as ‚relentlessly distilling the permanent from the transitory and fashionable [...] resolutely discarding anything superfluous'.* [75]

Die Auswirkungen der Übertragung wissenschaftlicher Zeitmodelle auf die Architektur sollen am Beispiel der ‚Stadt für 3 Millionen' von Le Corbusier untersucht werden. Die ‚Stadt für 3 Millionen' kann als Manifest des Städtebaus der frühen Moderne gelten, indem sie eine programmatische Formulierung der später erschienen Charta von Athen ist, die aus der CIAM IV Konferenz hervorging. Wenige große Hochhäuser, die auf einem geometrischen Raster in einem riesigen, freien, ahistorischen Raum platziert sind, sind ein prägnantes Beispiel für den unendlichen, homogenen, geometrischen Raum, auf dem die Vorstellung der Stadt der Moderne ruht. In dem Projekt zeigen sich Bewegungssysteme noch vollständig separiert von den Gebäuden. Obwohl die Stadt als Auto- und Verkehrsstadt vorgestellt wird, ist der Verkehr auf Verkehrsachsen reduziert, in denen Fahrzeuge, Lärm- und Schmutzbelastung gebündelt werden. Der verbleibende öffentliche Raum, den Le Corbusier dennoch als Straße bezeichnet, soll von störenden Einwirkungen frei gehalten werden. Die Bewegungssysteme werden optimiert, sind von der Architektur und den Gebäuden räumlich aber streng getrennt. Der öffentliche Raum ist jener, der nach der Subtraktion der Gebäude und der Infrastruktur verbleibt. Seine Beschreibung und Entwürfe zeigen einen landschaftlichen Erholungsraum, der homogen und statisch ist.[76] Die Ausgrenzung der zeitlichen Komponente der Stadt zeigt sich im projektierten Endzustand, der jede historische oder alltagsbedingte Entwicklung der Stadt vernachlässigt. Der historisch gewachsene Kontext der Stadt wird, zum Beispiel bei Corbusiers Vorschlag für Paris, ausradiert und durch die transzendierte Idee der modernen Stadt ersetzt. Anstatt zu entstehen oder zu wachsen, wird sie in einem absoluten, zeitlosen Zustand dargestellt, der jede vergangene oder zukünftige Entwicklung ausschließt.

John Habraken weist darauf hin, dass dieser ambivalente Charakter nicht nur eine Erfindung der Moderne ist, sondern eine grundlegende Eigenschaft der gebauten Umwelt. Diese generiert gleichermaßen Veränderung, Zyklen und Bewegungen, als auch Dauerhaftigkeit und Transzendenz, so dass Habraken soweit geht, die Dauerhaftigkeit und Bedeutung der gebauten Umwelt genau mit dieser konstanten Dynamik und Veränderung zu erklären. Er schildert die gebaute Umwelt wie ein lebendiges Ökosystem mit einer Vielzahl von Akteuren, Subsystemen, Beziehungen und Prozessen.[77]

Auch die zeitgenössische Praxis der Planung ist darauf ausgerichtet, die Zeit mit ihren schädlichen Einflüssen zu eliminieren. Der Planungsprozess, hier verstanden als Bauplanung für die Errichtung von Gebäuden, muss darauf ausgerichtet sein, eine möglichst eindeutige Planung ohne Varianten zu produzieren. Die anderen an der Planung Beteiligten benötigen für ihre Arbeit eine einheitliche Grundlage. Auf der Baustelle müssen die Pläne präzise und kohärent sein, damit das Gebäude errichtet werden kann. Die Varianten und der gewisse Abstraktionsgrad in den frühen Phasen der Planung werden dazu im Verlauf systematisch verengt, so dass schließlich ein finaler Stand vorliegt. Alle Prozesse, die diesen Stand verändern oder in Frage stellen, führen zu einem Mehraufwand in der Planung und sind deswegen zunächst nicht im Interesse der ArchitektIn. Entwurf und Planung finden also unter Berücksichtigung des Faktors ‚Zeit' statt und sind prozessual angelegt. Das Ziel ist jedoch immer, einen zeitlosen Endzustand und damit die Eliminierung der Zeit zu erreichen. Dies gilt auch für die errichteten Gebäude. Die Zeit bringt Alterung, Zerfall und Verschleiß. Die Gebäude werden so entworfen und konstruiert, dass die Zeit sie möglichst wenig beeinflusst oder verändert. Es gibt sehr wenige Ausnahmen, in denen gezielt Alterungsprozesse gesucht und implementiert werden (beispielsweise das Altern von Kupferdächern oder Holzfassaden), aber selbst in diesen Fällen wird der Ausgang des

---

74 „The time of modernity is therefore typified by qualities that are the antithesis to the weight of tradition-fluidity, speed, and the instant. On the one hand this is seen as something to be celebrated and represented, as capturing the spirit of the age, but on the other hand this temporal flux brings with it uncertainty, disorder, and chaos, all of which are clearly to be avoided. This leads to a division in modernist approaches. First those who celebrate the rupture with the past and develop an aesthetic of the new temporality in terms of speed and movement (crudely put, the futurists) and then those who would escape from the flux and attempt to establish an autonomous field that overrides the presentness of the present (crudely put, the „classical" modernists such as Mies van de Rohe and Louis Kahn). Le Corbusier, as was his expedient wont, played whichever of the two games suited best, or sometimes both at the same time as in the iconic juxtaposition of pictures of motor cars with the Parthenon in Vers une architecture." Till: *Architecture Depends*, S. 81.

75 Till: *Architecture Depends*.

76 Le Corbusier: *Der ‚Plan Voisin' von Paris*, Vortrag am 18.10.29. In: Ulrich Conrads: *Le Corbusier 1929: Feststellungen*. Berlin, Frankfurt, Wien: Ullstein, 1964, S. 183ff.

77 „The antiquity of monuments and public spaces, and the meaning with which they are invested, underscores how much else perennially changes. Buildings are demolished; ancient roads are widened; new streets are insinuated into existing urban fabric. Even the fundamental qualities of public space - seemingly so permanent - are gradually altered by the transformation of buildings and streetscapes that define it. In short, the very durability and transcendence of built environment is possible only because there is continuous change. In this respect, built environment is indeed organic: continuous renewal and replacement of individual cells preserves it, giving it the ability to persist." Habraken: *The Structure of the Ordinary: Form and Control in the Built Environment.*

Prozesses geplant und auf wenige definierte Bauteile beschränkt und die Art und Richtung der Veränderung antizipiert.

Ergebnisoffene Prozesse, deren Ausgang nicht geplant werden soll, sind nur schwer in die heutige Baupraxis zu integrieren. Diese Konzepte werden im *Kapitel 4.2.4 Flexibles und adaptives Wohnen* diskutiert. Auch bei *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg* wurden Details entwickelt, die eine Veränderung der Wohnungen im Betrieb gestatten und gleichzeitig die Gebrauchstauglichkeit gewährleisten.

Referenzen Nutzung // Mensch und Architektur 4.2

Ziel der Untersuchung von Referenzen ist es, zu analysieren, welche Strategien und Technologien erfolgreich sein können, um das Bausystem interaktiv zu entwickeln. Hierzu werden auch angrenzende wissenschaftliche Disziplinen herangezogen. Bei der Auswertung der Referenz-Projekte fällt auf, dass die Mehrzahl vergleichbarer Ansätze entweder rein theoretischer Natur und nicht zur Ausführung gekommen oder auf die eine oder andere Art gescheitert sind. Dabei lassen sich die Projekte, die im Planungsprozess abgebrochen wurden (Cedric Price), von denen unterscheiden, die nach der Umsetzung rückgebaut wurden (Metastadt). Deswegen scheint eine sorgfältige Analyse der Schwächen und Stärken der Referenz-Projekte interessant.

AutorInnenschaft // ‚Architecture Depends' 4.2.1

Jeremy Till beginnt *Architecture Depends* mit zwei Feststellungen, die beide für sich nicht kontrovers sind:

- Architektur existiert auf allen Ebenen (Entwurf, Bau, Betrieb und Nutzung) in einer fundamentalen Abhängigkeit von externen Kräften (andere Akteure, Umstände, Regeln usw.)
- Architektur als Praxis und Disziplin tut alles, um diese Abhängigkeit zu überwinden.[78]

Das Problem liegt in der Diskrepanz zwischen dem Selbstverständnis der Disziplin, welches die extreme Abhängigkeit von Externalitäten negiert oder zu negieren versucht, und der tatsächlichen grundlegenden Dependenz. Die Tendenz, externe Einflüsse zurückzudrängen oder wenn möglich zu eliminieren, führt Till auf den Mythos des kreativen Genies zurück: Architektur entsteht aus einem individuellen schöpferischen Akt, der seine Inspiration, seine Energie und seine Rechtfertigung allein aus dem Genie der Architektin zieht. Der Kontext und andere Einflüsse werden zu einem Hintergrund, vor dem das selbstreferentielle Artefakt entsteht. Die Qualität einer Architektur wird in vielen Fällen mit Reinheit (‚purity') oder der Konsequenz beschrieben, mit der die ArchitektIn gegen die Unwägbarkeiten und Widrigkeiten der externen Umstände, eine Idee verfolgt und umsetzt.[79] Till beschreibt, wie diese Haltung in der Ausbildung an den Architekturschulen impliziert gelehrt wird. Die hier kultivierten, eigentümlichen Riten, Mythen, Arbeitszeiten und das Sozialverhalten, tragen dazu bei, dass sich die angehenden ArchitektInnen als Außenstehende empfinden. Dieses System der Ausbildung wurde in der École des Beaux-Arts kultiviert und seit dem 19. Jahrhundert weltweit reproduziert und weiterentwickelt.[80] Till benennt drei Arten der Abhängigkeit als eine ‚Bedrohung' für die Autonomie der Architektur:

78 Till: *Architecture Depends*, S. 1.
79 Ibid., S. 1.
80 Ibid., S. 11ff.

Erstens, der Einfluss der Anderen („Threads to architecture #1: Others"): Andere Menschen, die an den Planungsprozessen, dem Bau teilnehmen, bringen eigene Ideen, Anforderungen und Auslegungen der gestalterischen Vorgaben ein. Die NutzerInnen der Gebäude eignen sich diese an, bringen eigene Möbel, Farben und Gegenstände des täglichen Lebens mit, sie verändern die Architektur und schreiben diese fort. Wenn die Architektur in Planung und Entwurf einen Idealzustand anstrebt, dann kann diese Interaktion nur eine Abweichung von diesem Ideal bedeuten.

Zweitens, der Einfluss der Zeit („Threads to architecture #2: Terror of time")[81]: Genau wie die Einwirkung der Anderen dazu beiträgt, ein perfektes Objekt zu verändern und zu verunreinigen, ist auch die Zeit eine Bedrohung für die Architektur. Die Zeit bringt Verschmutzung, Veränderung, Verschleiß und Zerfall. Mit der Zeit geraten die Intensionen, Ideen und Konzepte der ArchitektIn verloren. Gebäude werden möbliert, renoviert, saniert, um- und angebaut und schließlich abgerissen.

Drittens, das Ergebnis ist ästhetisch unbefriedigend („Threads to architecture #3: It looks like crap")[82]: Wenn die Kernkompetenz der Architektur die Reinhaltung der ästhetischen Intension ist, dann bedeutet jede Abweichung eine Verschlechterung. Till zeigt an diversen Beispielen partizipatorischer Architektur, wie diese vom ästhetischen Kanon der Disziplin abweichen und zitiert bekannte Beispiele, in denen High-End-Architektur von den NutzerInnen angeeignet und überschrieben wird. Das bekannteste Beispiel hierfür ist die Siedlung *Pessac* von Le Corbusier, bei der eine puristisch-modernistische Wohnarchitektur von den BewohnerInnen grundlegend umgestaltet wurde. Die Beurteilung der Architektur, die Veränderungen und die Motivation der BewohnerInnen, sind von Philippe Boudon mit einem Zeithorizont von vierzig Jahren dokumentiert.[83] Ein anderes Beispiel, das Till nicht nennt, ist die Wohnsiedlung *Habitat marocain* in Casablanca (Masterplan Michel Écochard, des Service d'Urbanisme, Architektur Jean Hentsch und André M. Studer)[84]. Die skulpturale Architektur mit plastischen Vor- und Rücksprüngen wurde von den BewohnerInnen komplett überformt, indem die Freiräume zugebaut und die Öffnungen auf einen Bruchteil der ursprünglichen Planung reduziert wurden. Damit korrigierten sie die Vorstellung der Architekten, dass Balkone in Marokko eine sinnvolle Ergänzung des Wohnangebots seien. Darüber hinaus zeigte sich, dass die Belegungsdichte in der Siedlung gravierend höher war als von den europäischen PlanerInnen zuvor angenommen.

Dem Beaux-Arts-Modell[85] wohnt ein inhärenter Widerspruch inne, der die gesamte Disziplin überschattet. Gesucht und belobigt werden Innovationen oder gar seit der Moderne das radikal Neue. Die Methoden der Produktion, der Kult um die geniale, individuelle Schöpfung, die Negation von Externalitäten, sind jedoch derart dominierend, dass die Ergebnisse dieses Diskurses außerhalb der Disziplin praktisch kaum Bedeutung haben.[86] Kultiviert wird

81 Ibid., S. 77ff.
82 Jeremy Till: *Spatial Agency: Beyond Fountainhea.* New York: Studio-X Rio, Columbia GSAPP, 2014, https://dezignark.com/blog/jeremy-till-spatial-agency-beyond-fountainhead-studio-x-rio/, Zugriff am 1. Dezember 2019.
83 Philippe Boudon: *Die Siedlung Pessac: 40 Jahre Wohnen à Le Corbusier, Bauwelt-Fundamente*. Gütersloh: Bertelsmann, 1971.
84 BauNetz: *In der Wüste der Moderne: Über die Wurzeln europäischer Trabantenstädte*. In: *BauNetzWoche 89*, Heinze GmbH, 2008.
85 Der Begriff der Beaux-Arts-Tradition bezieht sich auf die Ausbildung der ArchitektInnen an Kunsthochschulen mit einem künstlerischen Schwerpunkt und Selbstverständnis. Zu Beginn der formalisierten und akademischen Ausbildung der ArchitektInnen war der Studiengang Architektur häufig an Kunsthochschulen (École des Beaux-Arts) verortet. Das Selbstverständnis von Architektur als (angewandte) Kunst ist noch immer für die Disziplin wirksam, auch wenn die Ausbildung nun meist an technische Hochschulen und Universitäten verlagert wurde.
86 Vgl. dazu: „Die Architekturdebatten der letzten Jahrzehnte haben sich zunehmend vom Menschen und seinen Bedürfnissen und Wünschen abgewandt. In der Moderne wurde der Mensch in ein normiertes Korsett von Rastermaßen und auf industriell produzierbare Bauprodukte reduziert. Die Gebäude, die den Nutzer

eine möglichst große Differenz zwischen den ArchitektInnen und den Anderen, der Architektur und der Welt. Aufgabe der ArchitektIn ist es, die Architektur vor den schädlichen Einflüssen der Welt zu schützen. Dabei ist die Reinheit nicht nur eine Reinheit der Form, sondern auch eine moralische Qualität. Im Ergebnis hat sich die Profession und Disziplin aus den eigentlich wichtigen sozialen, politischen und ökonomischen Themen bewusst zurückgezogen und führt einen rein ästhetischen Diskurs, der vor allem die ‚AutorInnenschaft' den Personenkult der AvantgardistInnen befördert. So kommt der Profession die Aufgabe zu, eine dekorative Deckschicht zu gestalten, für Strukturen deren räumliche, politische und soziale Zusammenhänge außerhalb des Architektur-Diskurses entschieden werden.[87] Verlängert man Tills Argument, so wird deutlich, dass sich die Profession der Architektur in einen selbst-referentiellen und selbst-verstärkenden ästhetischen Diskurs zurückgezogen hat, um innerhalb dessen eine (absolute) Autonomie zu sichern. Der Preis für diese Autonomie ist die Irrelevanz für die großen Fragen der Ökonomie, Politik, Ethik und auch der Ökologie. Indem die Architektur bis heute einer Idee vom ‚autonomen Kunstwerk' und der AutorInnenschaft der genialischen KünstlerIn anhängt, ignoriert sie zahlreiche Diskurse, die diese Idee auf vielfältige Weise schon früher in Frage stellten.

Till zeichnet das Bild der Profession mit hohen Kontrasten und wählt dafür extreme Beispiele der Negation der fundamentalen Abhängigkeit. Diese Haltung ist nicht prägend für den Arbeitsalltag der meisten ArchitektInnen und den allergrößten Teil der Planungsprozesse. Gültigkeit hat sie in diesem Ausmaß vor allem für die Star-ArchitektInnen und innerhalb bestimmter Architekturschulen (jene, die Star-ArchitektInnen ausbilden wollen). Seine Beschreibung findet ihre Relevanz trotz dieser Einschränkungen darin, dass sich in dieser Haltung ein weit verbreitetes Idealbild der Profession niederschlägt: Die ArchitektIn ist ein Genie (oder wenn weniger erfolgreich in jedem Fall ein verkanntes Genie), die erhaben ist über Kritik und den Einfluss von außen auf ihr Werk. Dies zeigt sich in den unzähligen Hochglanz-Publikationen: In den meisten Fotografien fertiggestellter Gebäude sind keine Menschen zu sehen. In den allerseltensten Fällen werden Gebäude im Gebrauch gezeigt, das heißt in einem Zustand, der sich nach der Übergabe an und die Aneignung durch die NutzerInnen einstellt. Das architektonische Interesse beginnt und endet mit dem Gebäude als reinem, unbeflecktem Objekt außerhalb der restlichen Welt.[88] Um diese Einschränkung zu überwinden, wurden alle Gebäude in dem Buch *Nachhaltige Wohnkonzepte* im bewohnten Zustand dokumentiert:

> *Die Auseinandersetzung mit dem Gebauten sollte nicht kurz nach der Fertigstellung abgeschlossen sein. Oftmals erleben es Architekten als ernüchternd, wenn sie nach Jahren zu ihren Gebäuden zurückkehren und mit dem baulichen Zustand der Häuser oder mit den Veränderungen und Ergänzungen, die von den Bewohnern in Eigeninitiative durchgeführt wurden, konfrontiert werden. Ein Großteil der Bilder, die in diesem Buch gezeigt werden, sind Aufnahmen von Gebäuden im bewohnten und benutzten Zustand. Die Analyse der Gebäude wurde auch durch eine Begehung, Beobachtungen vor Ort und Befragung von Nutzern und Beteiligten durchgeführt und nicht nur aufgrund von Bildern und Plänen. Sie zeigen keine erdachten, abstrakten Architekturen, sondern versuchen, die Qualitäten der Gebäude als Ganzes darzustellen. Ein Haus ohne Nutzer, ohne Bewohner ist unfertig, eine leere Hülle. Erst durch*

durch Licht und Luft zu besseren und gesünderen Menschen machen sollten, erreichten bei weitem nicht den Komfort, den Sie versprachen. Die Postmoderne, die sich als Gegenposition zur Kontext- und Bezugslosigkeit der Moderne verstand, entwickelte ein abstraktes System von Referenzen in die Geschichte und eine pseudo-symbolische Bildästhetik. Die Disziplin Architektur wurde jedoch dadurch zunehmend selbstreferenziell und für das gesellschaftliche Leben und die Bedürfnisse des Einzelnen irrelevant." Drexler; El Khouli: *Nachhaltige Wohnkonzepte: Entwurfsmethoden und Prozesse*. S. 31.

87 Till: *Spatial Agency: Beyond Fountainhead*.

88 Drexler; El Khouli: *Nachhaltige Wohnkonzepte: Entwurfsmethoden und Prozesse*. S. 34f.

> *das Aufstellen von Möbeln, das Aufhängen der Bilder, erst durch die Aneignung entsteht ein vollständiges Bild der vorhandenen Qualitäten. Und erst wenn die ersten Um- und Anbauten nötig sind und wenn das Unerwartete eintritt, zeigt sich, ob die ursprünglichen Überlegungen nur als Ideen zu überzeugen wussten oder ob sie dem Anspruch nach Ganzheitlichkeit gerecht werden können. Gebäude, die durch diese Transformationsprozesse nicht in der Mittelmäßigkeit unterzugehen drohen, sondern die sich dagegen behaupten können, sind die lebendigen Zeugen vergangener Epochen. Nicht Einzigartigkeit und Integrität des Werkes sind die Kriterien, die über den Wert eines Gebäudes entscheiden. Der gelebte Dialog, die Fähigkeit zur Adaption, die fortwährende Bestätigung der räumlichen, strukturellen und gestalterischen Qualitäten in dem langen Prozess von Unterhalt, Aneignung und Wertschätzung des Gebäudes durch seine Bewohner und Nutzer stellt einen im architektonischen Diskurs zumeist völlig vernachlässigten Maßstab für die ganzheitliche Beurteilung der Qualitäten eines architektonischen Werkes dar.*[89]

Hinter der Frage der Autonomie der Architektur liegt die Frage der AutorInnenschaft, die auch in anderen Kontexten diskutiert wird. Zentral für die vorliegende Arbeit ist eine Diskussion der AutorInnenschaft in der Architektur. Die Interaktion zwischen Konstruktion (Bausystem), Entwurf und NutzerInnen hinterfragt oder öffnet die Vorstellung der AutorInnenarchitektur:

Abbildung 7: Tabellarische Gegenüberstellung von Autorenarchitektur und interaktiver Architektur, eigene Darstellung, DGJ Architektur 2017.

	AutorInnenarchitektur (Architektur mit großem ‚A')[90]	**Interaktives Bausystem (open work)**
AutorInnenschaft	eine AutorIn	Viele AutorInnen (offenes Kunstwerk)
Dimension der Zeit	Statisch	Dynamisch, veränderlich
Räumliche Ausdehnung	Geschlossene Form, abgegrenzt	Offen[91]
Entwurfsprozess	Linear	Rekursiv, iterativ
Gestaltung	Form, Produkt	Prozess

Jenseits dieser Lesart, die vor allem auf eine Kritik an den Produktbedingungen und nicht den Produkten selbst abzielt, lassen sich auch industrielle Standard-Produkte als eine Art generische Masse des Industrie-Zeitalters interpretieren. Die Alltagsgegenstände und Werkzeuge bilden eine neutrale Masse, eine Art kulturelles oder technisches Hintergrundrauschen, das nicht als Form oder Gestaltung wahrgenommen wird. Hier könnte eine rein operative, nicht wesentliche Unterscheidung zwischen bewusst gestalteten Design-Produkten und anonymen Massenprodukten eingeführt werden, die sich mit der Alltagsarchitektur (Architektur mit kleinem ‚a')[92] in Abgrenzung zu der hochkulturellen Autoren-Architektur (Architektur mit großem ‚A') vergleichen lässt.

Architecture depends endet mit einem Plädoyer für eine neue Formen der Architekturproduktion, der ein neues Selbstverständnis der Disziplin zugrunde liegt. Wenn die funda-

89 Ibid., S. 62.

90 „A bicycle shed is a building; Lincoln Cathedral is a piece of architecture. Nearly everything that encloses space on a scale sufficient for a human being to move in is a building; the term architecture applies only to buildings designed with a view to aesthetic appeal.", Nikolaus Pevsner: *An Outline of European Architecture*. Harmondsworth; New York: Penguin Books, 1942, S. 23.

91 Umberto Eco unterscheidet beispielsweise in seiner Poetik des offenen Kunstwerks zwei Arten von Offenheit: Die Offenheit für Interpretation durch die RezipientInnen und die Teilnahme von zweiten (zum Beispiel PerformerInnen, MusikerInnen und SchauspielerInnen) und dritten (den ZuschauerInnen).
Umberto Eco: *Das Offene Kunstwerk*. Frankfurt/M.: Suhrkamp, 1977.

92 Rudolfsky eröffnet mit seinem Werk eine Diskussion um das Verhältnis der Alltagsarchitekturen und vernakulären Bauweisen und der Disziplin der Architektur, die von einer akademischen oder künstlerischen Ausbildung geprägt sind. Vgl. dazu: Bernard Rudofsky: *Architecture Without Architects: A Short Introduction to Non-Pedigreed Architecture.* Albuquerque: University of New Mexico Press, 1987.

mentale Abhängigkeit der Architektur als Chance und als Bereicherung begriffen wird, ergeben sich neue Modi und Methoden der Architekturproduktion, bei der zum einen Andere explizit einbezogen werden und zum anderen Wissen im Sinne gegenseitigen Wissens („mutual knowledge“) geteilt und ausgetauscht wird. Für eine solche Praxis gibt es zahlreiche Beispiele, die Nishat Awan, Jeremy Till und Tatjana Schneider in dem Buch *Spatial Agency* gesammelt und analysiert haben.[93] Auch eröffnen neue Inhalte und andere Produktionsmethoden die Perspektive, dass Architektur andere Ergebnisse erarbeitet, die neben der für die eigene Disziplin auch neue Bedeutungen für die Gesellschaft haben. Der neue integrative Umgang bedeutet eine potenzielle Bereicherung der Architektur. Aus dem Aufbrechen der Autorenschaft kann die Disziplin auch eine neue Haltung zu den drängenden Fragen unserer Zeit, insbesondere der nachhaltigen Entwicklung finden. An anderer Stelle hat der Autor mit Sebastian El Khouli auf die Paradigmenwechsel hingewiesen:

> *Architektur kann sich auch noch auf andere Art und Weise dem Ordnungsverlust entziehen: Indem sie den Beurteilungs- und Betrachtungsrahmen um den Aspekt der Nutzung und ihrer Nutzer erweitert; indem Veränderungen nicht per se als Verlust von Ordnung definiert werden, sondern als fester Bestandteil des Prozesses anerkannt werden; indem die dem System von außen zugeführte Energie genutzt wird, um eine höhere und komplexere Ordnung zu erreichen. Dieser Paradigmenwechsel setzt jedoch voraus, dass Architektur nicht als deterministischer Prozess gesehen wird, der mit der fotografischen Dokumentation des noch jungfräulichen und menschenleeren Gebäudes endet. Nur wenn die entwickelte Architektur in der Lage ist, die existierenden Kräfte mit einzubeziehen und zu nutzen, kann sie sich dauerhaft einem unausweichlichen und schleichenden Zerfall entziehen. Nur wenn Architektur nicht unabhängig von dem Gebauten ist, sondern vielmehr erst durch das Gebaute existiert, hat sie die Fähigkeit, diese transformatorische Kraft für sich zu nutzen.* [94]

Gebäude als Prozess // ‚How Buildings Learn‘ 4.2.2

> *All buildings are predictions. All predictions are wrong.*
>
> *Stewart Brand* [95]

Stewart Brand erklärt in seiner umfassenden Studie von Alltags-Architekturen *How Buildings Learn* [96], welche Gebäude und Strukturen zu einer hohen Lebensdauer von Gebäuden und Zufriedenheit der NutzerInnen führen, weil die Architektur nicht zu spezifisch auf die jeweilige Nutzung und die aktuellen Anforderungen ausgelegt ist. Im Gegensatz zu dem Ansatz der ‚Open Buildings‘ sucht Brand nach robusten und anpassungsfähigen Gebäudestrukturen. Diese werden nicht spezifisch im Hinblick auf möglichst viele Optionen entwickelt, sondern nehmen sich so weit zurück, dass der nachhaltigen, aber wechselnden Nutzung des Gebäudes keine spezifischen Setzungen im Wege stehen. Gebäude werden von den NutzerInnen in einer Art Mikro-Evolution über lange Zeiten angepasst und damit weiterentwickelt. Laut Brand sind Gebäude umso erfolgreicher, je mehr sie sich in einer solchen Weise anpassen lassen.

Positive Beispiele sind für Brand generische Gebäude, die allgemein nutzbare Raumstrukturen anbieten, welche sich vielseitig nutzen lassen. Eine nutzungsneutrale Typologie

93 Nishat Awan; Tatjana Schneider; and Jeremy Till: *Spatial Agency: Other Ways of Doing Architecture.* London: Routledge, 2011.
94 Drexler; El Khouli: *Nachhaltige ‚Wohnkonzepte: Entwurfsmethoden und Prozesse*. S. 55.
95 Stewart Brand: *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*. London: Penguin Books, 1995, S. 178.
96 Brand: *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*.

weist beispielsweise auch das Fabrik-Loft auf, das sich als Produktionshalle, Wohnfläche, Büro und Wohnraum nutzen lässt (wenn auch mit einer geringen Flächenausnutzung)[97]. So lassen sich durch mehrere Lebensphasen unterschiedlichste Nutzungen finden. Die besondere Eignung für eine Vielzahl von Nutzungen ergibt sich für Brand stets aus einer Priorisierung der Bedürfnisse der NutzerInnen und weniger aus anderen Aspekten der Architektur wie Gestaltung und Städtebau. Negative Beispiele sind Gebäude, die die Nutzbarkeit der Räume einer gestalterischen Absicht unterordnen. Brand glaubt an ein tradiertes, gebäudekundliches Wissen, das sich über die Nutzung der Gebäude sukzessive aufbaut und sich letztendlich auch auf andere Anwendungsfälle übertragen lässt.

Zentrales Motiv für diese Weiterentwicklung ist die differenzierte Betrachtung der Zeitlichkeit und Veränderbarkeit der unterschiedlichen Ebenen des Gebäudes. Die nachfolgende Grafik wurde von Donald Ryan im Hinblick auf die unterschiedliche Dauerhaftigkeit / Zeitlichkeit eines Gebäudes als Schichtmodell entworfen und basiert auf einer Darstellung von Stewart Brand, die Brand aus dem ersten theoretischen Ansatz von Frank Duffy ableitet. Frank Duffy sieht ein Gebäude darüber hinaus in vier Schichten:[98]

- Grundstruktur (Shell – Struktur) – Lebenserwartung 50 Jahre
- Technische Ausrüstung (Services) – Leitungen, Aufzüge usw. – Lebenserwartung 50 Jahre
- Szenerie (Einbauten)- Trennwände, abgehängte Decken usw. – Lebenserwartung 5–7 Jahre
- Ausstattung (Set) – Möbel.

Brand entwickelt (unabhängig von ‚Open Building’-Konzepten) eine Theorie über die inkrementelle Anpassung der Gebäude und Gebäudetypen an die jeweilige Nutzung und externen Anforderungen. Er erweitert Duffys vier Kategorien auf sechs, von denen jedoch eine das Grundstück ist, das unveränderlich bleibt. Aus der unterschiedlichen Dauerhaftigkeit der einzelnen Schichten lässt sich eine Hierarchie der Konstruktion ableiten, indem es möglich sein sollte, dass die kurzlebigen Teile unabhängig von den langlebigen ausgetauscht und verändert werden.

Abbildung 8: *Shearing Layers of Change*, Donald Ryan, Graphik: DGJ Architektur 2019.

97 Ibid.
98 „Our basic argument is that there isn't any such thing as a building. A building properly conceived is several layers of longevity of built components.“, Francis Duffy: *Design for Change: The Architecture of DEGW*. Basel: Birkhäuser, 1998.

Aus der differenzierten Betrachtung der funktionalen und zeitlichen Schichten des Gebäudes wird in der vorliegenden Arbeit ein neuer Ansatz zu Differenzierung und Hierarchisierung der Konstruktion entwickelt, der die Flexibilität und Lebenserwartung der Gebäude erhöht.*

Siehe dazu: Kapitel 5.5 Hierarchie der Konstruktion

Der Standort (‚Site') bezeichnet die geographische Lage und stellt, durch Brand als ‚ewig' bezeichnet, den am wenigsten veränderlichen Bereich dar. Die Struktur (‚Structure') beschreibt das eigentliche Gebäude inklusive des Fundaments und der tragenden Elemente. Änderungen hieran sind nicht vorgesehen, da sie gewöhnlich mit Aufwand und hohen Kosten einhergehen. Die Lebenszeit beläuft sich auf 30 bis 300 Jahre. Die Hülle (‚Skin') bezieht sich auf die außenliegenden Oberflächen, welche sich aufgrund von neuen Technologien, Architekturtrends, Reparaturen oder sich ändernder Umwelt-Vorgaben laut Brand alle 20 Jahre ändern. Unter dem Begriff Dienste (‚Services') werden alle innenliegenden Elemente wie Telefon- und Internetkabel, Elektrizität, Rohrsysteme, Belüftungsanlage und Fahrstühle zusammengefasst, welche alle 10 bis 20 Jahre erneuert oder verändert werden. Wenn veraltete Elemente tiefliegend im Gebäude installiert sind, kommt es nicht selten aufgrund einer Kosten-Nutzen-Abwägung früh zu einem vollständigen Abriss des Gebäudes. Der Raumplan (‚Space Plan') beinhaltet die Innenausstattung inklusive der Wände, Decken, Böden und Türen. Je nach Zweck des Gebäudes kann dies nach drei Jahren bei Gewerbeflächen oder auch nach 30 Jahre in Wohngebäuden verändert werden. In der kurzweiligsten Kategorie vereint Brand alle Möbel und Kleinteile unter dem Begriff Dinge (‚Stuff'), worin Stühle, Tische, Telefone und Bilder genauso Platz finden wie Haushaltsgeräte, Lampen, Haarbürsten oder andere Gegenstände des Alltagslebens. Die Zeitlichkeit kann hierbei zwischen wenigen Stunden bis hin zu Monaten variieren.

Die wesentliche Erkenntnis aus dieser Betrachtung ist für Brand, dass das Gebäude nicht als eine einheitliche Struktur gedacht, geplant oder gebaut werden sollte. Vielmehr sind die unterschiedlichen Schichten und Subsysteme strikt voneinander zu trennen. Es ist sorgfältig darauf zu achten, dass jene mit einer kürzeren Lebenserwartung nicht hinter oder unter den Schichten verbaut werden, die eine längere Lebenserwartung haben. Eine Revision oder Veränderung der kurzlebigen Schichten hat dann einen Eingriff oder eine Beschädigung der langlebigen Schichten zur Folge.[99]

Die Anpassung und Veränderung der Schichten oder Subsysteme folgt jedoch nicht allein der technischen Notwendigkeit. Vielmehr führen auch externe Faktoren, insbesondere NutzerInnen-Wechsel, aber auch Änderungen am Standort, Umfeld oder der wirtschaftlichen, rechtlichen oder politischen Gesamtsituation oft zu Veränderungen. Diese externen Faktoren richten sich nicht nach der inhärenten Logik der ‚shearing layer' und können die mit einer konsequenten, konstruktiven Umsetzung verbundenen Vorteile zunichtemachen.

99 Vgl. dazu auch: „Eine Planung, die Lebenszyklus, Anpassungsfähigkeit und Flexibilität berücksichtigt, muss zunächst die unterschiedliche Lebensdauer von Bauteilen hierarchisieren. Oberflächen und Ausbau nutzen schnell ab und sind vor allem dem schnellen Wechsel von Mode und Geschmack unterworfen. Dementsprechend einfach muss es sein, diese Bauteile auszubessern oder auszutauschen. Insbesondere die Haustechnik muss austauschbar und nachrüstbar sein, weil sich der Stand der Technik stetig verbessert. Deswegen werden Teile der technischen Gebäudeausrüstung häufig schon vor dem Ende ihrer Lebenserwartung gegen effizientere oder leistungsfähigere ausgetauscht. Dieser Tatsache wird insbesondere beim Wohnungsbau selten Rechnung getragen. Revisionsschächte und öffenbare Leitungstrassen kommen bei Laboren und Bürogebäuden zum Einsatz. Da eine sichtbare Leitungsführung meist aus gestalterischen Gründen nicht geplant wird, bedeutet die Anpassung der Technik in vielen Bestandsgebäuden einen erheblichen Eingriff in die Bausubstanz. Sinnvoll ist es deshalb die Baukonstruktion nach Nutzungsdauer und Lebenserwartung zu hierarchisieren, so dass dauerhaftere Bestandteile nicht rückgebaut werden müssen, um die kurzlebigeren auszutauschen. Auch eine Trennung von Funktionen, wie Ausbau und Tragkonstruktion, ist für besonders anpassungsfähige Konzepte sinnvoll, weil sie sehr grundlegende Eingriffe am Raumkonzept mit geringerem konstruktiven Aufwand erlauben.", Drexler; El Khouli, Nachhaltige Wohnkonzepte: *Entwurfsmethoden und Prozesse*. Ibid., S. 38.

Brand weist darauf hin, dass neben der technischen und räumlichen Eignung auch emotionale Faktoren für die Wertschätzung eine wichtige Rolle spielen.[100]
Brand kategorisiert drei Arten von Gebäuden:

- ‚Low Road': Einfache, generische Alltagsarchitekturen, die sich durch robuste, anpassungsfähige Strukturen langfristig nutzen lassen[101]
- ‚High Road': altehrwürdige Gebäude, deren Wert vor allem in den kulturellen und geschichtlichen Bezügen liegt[102]
- ‚Magazine Architecture: No Road': Moderne, unflexible Gebäude[103]

Brands Kritik an einem Großteil der zeitgenössischen Architektur ist, dass sie weder den technischen noch den Anforderungen der NutzerInnen gerecht wird, sondern nur auf ein Bild hin entworfen ist. Die Tendenz Architektur zu einmaligen, visuellen Objekten zu machen führt zu einem Innovationsdruck in zeitgenössischen Entwurfs- und Planungsprozessen. Wiederholung oder auch nur inkrementeller oder organischer Wandel werden geringgeschätzt. Brand bezieht sich hierbei auf Autoren-Architekturen, welche er gesondert von anonymer Alltagsarchitektur und vernakulären Bauformen betrachtet.*

Siehe dazu: Kapitel 4.3.1 Vernakuläre und autochtone Bauweisen

Zeit und Zeitlichkeit sind in Brands Analysen auf mehreren Ebenen die entscheidende Dimension für die Einordnung von Gebäuden. Der kurzfristigen Momentaufnahme, dem Pressefoto nach der Fertigstellung, stellt er die mittel- und langfristige Zufriedenheit der NutzerInnen, die Dauerhaftigkeit und Anpassungsfähigkeit gegenüber. Anstatt den Erfolg eines Gebäudes an der kurzfristigen Publikation in Fachkreisen zu bemessen, entscheidet darüber die Wertschätzung über Generationen. Für die Planung interessiert ihn nicht die optimale Abbildung eines bestimmten Zustands, sondern das Denken in Szenarien, Nutzungszyklen und die Möglichkeiten für organisches Wachstum und Veränderung.[104]

A building is not something you finish. A building is something you start. [105]

Dieses Zitat fasst das prozessuale Verständnis von Architektur zusammen, das auch der Arbeit an den Fallstudien zugrunde liegt.

100 „Age plus adaptivity is what makes a building come to be loved.", Brand, ‚How Buildings Learn: What Happens After They're Built'. 23. Einen ähnlichen Ansatz zur Berücksictigung emotionaln Bindungspotenzials und möglicher Erhöhung der Identifikationskraft mit dem Gebäude findet sich auch beim Autor an anderer Stelle: „Dabei wird diese Betrachtung nicht auf technische und konstruktive Aspekte beschränkt, sondern schließt auch die Fragen der Nutzungstauglichkeit, kulturellen und persönlichen Bedeutung (Identifikation, Aneignung) ein. Ein Gebäude, das von seinen Nutzern und von der Gemeinschaft geschätzt wird, wird auf Dauer in Nutzung bleiben, wird gepflegt und an zukünftige Anforderungen angepasst werden. So werden nicht nur wirtschaftliche, sondern auch kulturelle Werte geschaffen und erhalten." Drexler; El Khouli: *Nachhaltige Wohnkonzepte: Entwurfsmethoden und Prozesse*, S. 64.
101 „Nobody Cares What You Do In There: The Low Road", Brand: How Buildings Learn: *What Happens After They're Built*. S. 24ff.
102 „High intent, duration of purpose, duration of care, time, and a steady supply of confident dictators", Ibid. S. 34f.
103 „Art begets fashion; fashion means style; style is made of illusion; and illusion is no friend to function.", Ibid. S. 52ff.
104 Vgl. dazu: ‚Scenario-buffered Building', Ibid.
105 Ibid. S. 327.

NutzerInnen und Architektur // Partizipatorisches Planen und Bauen[106]

4.2.3

Im heutigen Diskurs hat sich der Begriff der Partizipation für im Folgenden beschriebene Modelle und Planungsprozesse durchgesetzt. John Habraken kritisiert diesen Begriff, weil die Vorstellung der Partizipation oder Teilhabe für ihn impliziere, dass die Disziplin der PlanerInnen / ArchitektInnen den NutzerInnen Zugang zu dem Gebiet gewähren, das sie beherrschen oder besitzen. Dieses proprietäre Postulat der ArchitektInnen stellt Habraken in Frage, indem er jede Planung grundsätzlich immer als Beteiligung von vielen AkteurInnen denkt, die nicht alle professionelle PlanerInnen sein müssen. Dieses Verständnis reflektiert auch sein Begriff der gebauten Umwelt (‚built environment‘), in dem die Architektur nur ein (kleiner) Teil eines größeren Systems und in dieses untrennbar eingebunden ist. In Hinblick auf den allgemeinen Sprachgebrauch und der Ermangelung eines besseren Begriffs, den auch Habraken nicht geprägt hat, soll aber das Wort ‚Partizipation‘ dennoch in dieser Studie verwendet werden.

Es lassen sich verschiedene Arten der Partizipation sowohl unterscheiden als auch kombinieren:

- Partizipation an Eigentum
- Partizipation in Planung und Projektentwicklung
- Partizipation am Bauen
- Partizipation im Betrieb (Nutzungskonzepte, Verwaltung, etc.)
- Partizipation während der Nutzung: Umbau und Umnutzung*

Siehe auch:
Kapitel 3.2.4
Flexibles Wohnen und adaptives Wohnen

Historisch und weltweit betrachtet werden bis heute die meisten Gebäude ohne die Mitwirkung von professionellen PlanerInnen und in vielen Fällen auch ohne Fachfirmen errichtet. So ist der Beruf der ArchitektIn oder der IngenieurIn mit einer entsprechend formalen Berufsausbildung eine vergleichsweise neue Erfindung. In allen Regionen der Welt gibt es nicht-professionalisierte Bautätigkeit, die von traditionellen oder autochthonen Bauformen*, über Heimwerken bis hin zum digitalen Fertigungsverfahren eine große Bandbreite abdeckt. Ob die digitalen Werkzeuge und Netzwerke einen signifikanten Beitrag zu den Möglichkeiten der Teilhabe bereithalten, wird sich in den nächsten Jahren herausstellen. Die Entwicklung kann zu einem Bewusstseinswandel führen, zu einer Wirtschaft, in der prinzipiell alle KonsumentInnen auch als ProduzentInnen agieren können.[107] Kohärenz von Produktion und Konsum führt durch die Anpassung der Produktion an die Bedürfnisse auch zu Suffizienz: Die eigenverantwortliche Produktion von Waren, Dienstleistungen oder Gebäuden wird durch persönliche Bedürfnisse motiviert und ist weniger gefährdet, Opfer externer Vermarktungsinteressen zu werden. Die Partizipation der NutzerInnen bedingt eine kritische Auseinandersetzung mit den üblichen Standards und führt dazu, Anforderungen zu hinterfragen und zu optimieren. Aus diesem eigenverantwortlichen Denken lassen sich auch ephemere und temporäre Lösungen, Wohnen im jahreszeitlichen Wechsel und zeitliche Planungsstrategien entwickeln. Diese bieten für einen definierten Zeitraum zwar weniger Raum oder Komfort, senken dafür jedoch drastisch die Gesamtkosten. Die Akzeptanz für derartige Lösungen steigt, wenn die NutzerInnen in die Prozesse einbezogen werden und ein Abwägen zwischen den Vor- und Nachteilen der einzelnen Anforderungen und Kosten selbst vornehmen können. Häufig wird bezahlbares Wohnen einseitig als technisches, planerisches oder politisches Problem gesehen. Diese Betrachtung übersieht die

Siehe auch:
Kapitel 4.3.1
Vernakuläre und autochtone Bauweisen

106 Teile dieses Kapitels wurden in der theoretischen Einleitung, die Hans Drexler für das Buch *Bezahlbar. Gut. Wohnen. Strategien für erschwinglichen Wohnraum* geschrieben hat, veröffentlicht. Dömer et al.: *Bezahlbar. Gut. Wohnen. Strategien für Erschwinglichen Wohnraum*.

107 Ansätze wie die digital gestützte ‚Sharing Economy‘ scheinen in diese Richtung zu weisen.
Vgl. Behrendt; Siegfried et al.: *Digitale Kultur des Teilens. Mit Sharing nachhaltiger Wirtschaften*. Wiesbaden: Springer, 2019.

Potenziale der sozialen Dimension des Wohnens. Die Integration aller Menschen erfordert besondere soziale, organisatorische und daraus folgend räumliche Rahmenbedingungen. Hier wird die Betrachtung des Wohnwerts wichtig: Nur in Bezug auf die Bedürfnisse der Menschen ist eine Aussage über den Gebrauchswert einer Wohnung sinnvoll. So kann Wohnen als räumlich-soziales Gefüge gedacht werden. Partizipation, Eigenverantwortung und soziale Innovation können auf verschiedenen Ebenen gedacht werden und für die Wohnform und Wohnpraxis wirksam werden:

- Soziale Strukturen innerhalb der Wohnungen,
- die Art des Zusammenlebens im Gebäude bzw. Gebäudeensemble,
- soziale Strukturen der BewohnerInnen des Gebäudes und seines Umfelds,
- Interaktion von BewohnerInnen des Gebäudes und der Gesellschaft,
- ökonomische Innovation: Finanzierung und Teilhabe.

Einige der unterschiedlichen Strategien sollen im Folgenden kurz erläutert werden, weil diese in unterschiedlichem Maße auch in den Fallstudien eingesetzt wurden.

4.2.3.1 Partizipation an der Projektentwicklung: Bottom-up statt Top-down

Die wichtigste Prägung erfahren viele partizipative Bauprojekte bereits vor Beginn der Planung durch diejenigen, die das Projekt initiieren, finanzieren, umsetzen und später tragen. So werden nicht nur Raumprogramm, Bauplatz und Budget in dieser Phase festgelegt, sondern auch die Ausrichtung und Zielsetzung: Soziale Projekte, wie der gemeinnützige Wohnungsbau, schließen die Gewinnerwartungen aus oder ordnen diese der Schaffung von günstigem Wohnraum unter. Genossenschaften schließen einen Gewinn nicht von vornherein aus, sind aber im Falle von Wohnbaugenossenschaften nur auf die Schaffung von Wohnraum für die GenossInnen ausgerichtet. Wohnen wird auch erschwinglicher, wenn auf die Kosten für die Bereitstellung des Wohnraums keine Gewinnmargen aufgeschlagen werden.

4.2.3.2 Partizipation in Projektentwicklung, Finanzierung und Eigentum

Bauherrengemeinschaften (auch als Baugruppe oder Baugemeinschaft bezeichnet) sind Gruppen von Menschen, die zusammen ein Wohngebäude errichten, in dem sie meist auch gemeinsam leben wollen. Die Gebäude werden gemeinschaftlich errichtet und gehen dann in ein Teileigentum an den Eigentumswohnungen und einem Gemeinschaftseigentum über. Neben Notwendigkeiten wie Erschließung, Fassade, Dach und Außenraum können auch gemeinsame Nutzungen (Garten, Waschküche, Sport, Dachterrasse) oder Gemeinschaftsflächen errichtet und betrieben werden. Bauherrengemeinschaften lassen theoretisch ein hohes Maß an Individualität in den Wohnungen zu, wenn die Planung partizipatorisch erfolgt. Die Abstimmung der Partikularinteressen macht die Planungsprozesse häufig langwierig und schwierig. Auch bergen diese Prozesse oft Risiken wie Verzögerungen und Kostensteigerung, die das Erreichen der Projektziele gefährden. Die Interessen der einzelnen Mitglieder der Baugruppe müssen mit den Interessen der ganzen Gruppe verhandelt werden. Die anfangs oft hoch gesteckten Ziele von großen Gemeinschaftsflächen und gemeinsam genutzten Angeboten werden im Laufe des Prozesses häufig im Angesicht der Baukosten reduziert, um die Ansprüche an die individuelle Wohnfläche zu erhalten. So bedeutet jeder Quadratmeter Gemeinschaftsfläche gleichzeitig auch den anteiligen Verzicht auf die individuelle Wohnfläche.

Partizipatorisches Planen 4.2.3.3

In jedem Projekt nimmt die Bauherrenschaft an der Planung teil. So gibt diese mit dem Budget, dem Raumprogramm und den Anforderungen an das Gebäude die Parameter vor, innerhalb derer sich die Planung bewegen soll. Für NutzerInnen von Miethäusern beschränkt sich die partizipatorische Planung meist auf Bauherrengemeinschaft und Genossenschaften, bei denen wie oben beschrieben von der Projektentwicklung bis zu planerischen Einzelentscheidungen Einfluss auf den Entwurf des Gebäudes genommen wird. Interessant ist hier im Hinblick auf die Schaffung von erschwinglichem Wohnraum der genauere Abgleich von Bedarf, Qualität und Quantitäten des Wohnens. Darüber hinaus werden Konsensbildung und gemeinschaftliche Aspekte des Wohnens durch diese Prozesse gefördert.

Partizipatorisches Bauen 4.2.3.4

Eine andere Art der Partizipation ist der Selbstbau in Form von Eigen- oder auch Fremdleistungen durch die MieterInnen oder EigentümerInnen von Wohnungen. Wie bereits von John Habraken angedacht, können diese im Extremfall bereits als Rohbau übergeben werden. Je nach Kultur und wirtschaftlichem Leistungsvermögen können sich die NutzerInnen oder BewohnerInnen am Bau der Wohnungen beteiligen. In den Niederlanden werden die Gebäude den MieterInnen oder KäuferInnen als eine Art Edelrohbau zum Mieterausbau übergeben. Oberflächen und Küchen werden selbstständig eingebaut, worüber sich die dort üblichen, wesentlich geringeren Baukosten erklären lassen. Auch steigern die selbstgewählten Oberflächen und Ausbauten die Zufriedenheit. *Grundbau und Siedler* [108] von BeL, das im Rahmen der IBA Hamburg einen weitgehenden Selbstbau der späteren EigentümerInnen untersucht hat, ist eine direkte Anwendung von Habrakens Idee der ‚supports' und ‚infills'. Neben der größeren Identifikation der NutzerInnen mit einer personalisierten Wohnung, an deren Produktion sie auf die eine oder andere Weise teilgenommen haben, führen diese Lösungen auch zu einem spezifischen Abgleich des Bedarfs und reduzieren so Ressourcenverbrauch und Kosten.

Der Selbstbau ist für viele Hobby-HeimwerkerInnen eine romantische Wunschvorstellung. Die Vorstellung, sich mit eigenen Händen ein Heim zu errichten, einen Platz in der Welt zu schaffen, hat eine große Anziehungskraft. Aber selbst ambitionierte HandwerkerInnen verfügen nicht immer über das Werkzeug, die Fachkenntnisse und die Ausrüstung, die für die Herstellung moderner Baukonstruktionen erforderlich ist. Die Ausführung muss in vielen Bereichen den technischen und gesetzlichen Anforderungen genügen, deren Einhaltung auch für professionelle Firmen eine Herausforderung darstellt. Auch stellt sich die Frage, ob und in welchem Umfang der Selbstbau aus volkswirtschaftlicher und persönlicher Sicht Sinn ergibt. So erfordert ein signifikanter Beitrag zu der Errichtung eines Gebäudes einen großen Zeitaufwand, der mit dem Alltagsleben der meisten Menschen in Beruf und Familie nicht ohne Weiteres vereinbar ist. Hier sollte im Einzelfall eine Abwägung erfolgen, wie viel Lebens- und Arbeitszeit in einen Selbstbau investiert werden kann.

Die Selbstbauprojekte sind in zweierlei Hinsicht wichtig: Zunächst entsteht, wie bei der Teilhabe an der Finanzierung, Projektentwicklung und Planung, eine größere Identifikation der NutzerInnen mit dem Gebäude. Diese resultiert wiederum in einer größeren Wohnzufriedenheit. Experimentelle Wohnformen und Kompromisse zwischen Komfort, Qualitäten, Quantitäten und Kosten werden besser angenommen, wenn diese Resultat der eigenen Entscheidung und informierter Prozesse sind. So können gerade die Imperfektion und Eigenheit der Ausführung den Charme eines Werks ausmachen und die Identifikation mit ihm und seinen emotionalen Wert erhöhen. Das eröffnet die zweite interessante

108 BeL Sozietät für Architektur: Neubau: *Über die Königsberger Straße und den Aleppoer Weg*. In: *ARCH+, Dezember 2017*, S. 20ff.

Perspektive der partizipatorischen Bauprozesse: Durch die eingeschränkten Möglichkeiten des Selbstbaus (meist durch ungelernte Laien) ist eine radikale Vereinfachung des Bauens sinnvoll. So erfordert der Selbstbau eine kritische Auseinandersetzung mit den handwerklichen und technischen Standards, die im engen Rahmen von Normen und Gesetzen nicht zu übertrieben komplizierten baulichen Lösungen und hohen Kosten führen dürfen.

Weit verbreiteter sind Eigenleistungen am Bau in wirtschaftlich schwächeren Regionen. Auch noch in den Nachkriegsjahren wurden in Deutschland viele Häuser ganz oder teilweise in Eigenleistung aufgebaut. 2010 lebten ca. 32% der Bevölkerung der sich entwickelnden Länder in informellen Siedlungen.[109] Diese werden ohne übergeordnete Planung und bis auf wenige Ausnahme ohne formelle Planungsprozesse überwiegend in Eigenleistung oder Nachbarschaftshilfe errichtet. Diese Zahlen machen deutlich, dass die Frage der Partizipation am Planen und Bauen für einen großen Teil der Weltbevölkerung eine Notwendigkeit ist. Es gibt daneben auch Mischformen der formellen Planungsmethodik und dem informellen Bauen. Bei den Siedlungen Quinta Monroy in Iquique von Elemental / Alejandro Aravena[110] oder in Temuco von Paselkünzel Architects[111] bieten die Architekturen anfangs einen gebauten Teil und definierte Außenräume, die daraufhin sukzessive von den BewohnerInnen angeeignet und ausgebaut werden können. Der Vorteil gegenüber der freien, informellen Entstehung von Wohnraum ist, dass die geplante Struktur den einzelnen Gebäuden einen zuverlässigen, konstruktiven und räumlichen Rahmen gibt. Vor allem aber können in den so geplanten Siedlungen offene Außenräume für öffentliche Plätze und gemeinschaftliche Nutzungen entstehen, die in den informellen Siedlungen fast durchgehend fehlen.

4.2.3.5 Partizipatorisches Leben // Gemeinschaftliches und geteiltes Wohnen

Die Teilung von Wohnfunktionen in Gemeinschaftsflächen der Wohnung oder des Gebäudes kann einen wichtigen Beitrag zur langfristigen Nutzbarkeit der Wohnungen und zur Reduktion der Wohnfläche leisten. So können die einzelnen Wohnungen durch ein hausgemeinschaftliches Angebot von Infrastruktur und Funktionen entlastet und damit freier, nutzungsunabhängiger und anpassungsfähiger entworfen werden. Oft tragen die ergänzenden, in der Hausgemeinschaft geteilten Nutzungen dazu bei, dass selbst bei reduzierter Wohnfläche die Wohnzufriedenheit erhalten bleibt. Hier sind insbesondere gemeinschaftlich nutzbare Außenräume und Gemeinschaftsflächen zu nennen. Geteiltes Wohnen beugt darüber hinaus auch der Vereinsamung vor. Durch das Teilen von Räumen und Infrastruktur der Wohnungen entstehen soziale Kontakte. Das gängige Model gemeinschaftlichen Wohnens ist die Wohngemeinschaft. Vergleicht man eine Wohngemeinschaft mit einer Reihe von Einzelwohnungen für ebenso viele Menschen, so führt die gemeinschaftliche Nutzung von Küchen, Bädern und Wohnbereichen zu erheblichen Einsparungen an Wohnfläche und Infrastruktur. Meist werden Wohngemeinschaften von Menschen mit beschränkten Mitteln gewählt, wie zum Beispiel von Studierenden. Durch die reduzierte Wohnfläche und derer gemeinschaftlicher Nutzung ist auch die Menge an Möbeln und Gegenständen geringer. Diese Reduktion stimmt mit dem zunehmend mobilen, nomadischen und entmaterialisierten Lebensstil vieler Menschen überein, die häufig Arbeitsplatz, Wohnung und Stadt wechseln.

109 „Over the past 10 years, the proportion of the developing countries' urban population living in slums has declined from 39% (2000) to 32% (2010)." UN-Habitat: *Habitat III Issue Papers 22: Informal Settlements*. In: *United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development*. Quito, 2015, S. 3.
110 Hans Drexler; Sebastian El Khouli: *Holistic Housing*. In: *Edition Detail – Institut für Internat. Architektur-Dokumentation*, 2012, https://doi.org/https://doi.org/10.11129/detail.9783955531461. S. 132ff.
111 Ralf Pasel: *Urban Living, Partizipative Strategien im Wohnungsbau*. Vortrag bei Konferenz *Archikon* 2016, Architektenkammer Baden-Württemberg, Stuttgart. https://www.akbw.de/fileadmin/download/Freie_Dokumente/Fortbildung_IFBau/ARCHIKON_2016/ARCHIKON_Vortraege_Positionen/Wohnformen_und_Partizipation/ARCHIKON_Prof_Ralf_Pasel_Wohnformen_und_Partizipation.pdf, Zugriff am 1. August 2020.

Flexibles und adaptives Wohnen 4.2.4

Flexibilität und Anpassungsfähigkeit sind zentrale Ideen der vorliegenden Systementwicklung. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Interaktion der NutzerInnen mit der Architektur durch die Möglichkeit der geplanten und entsprechend einfach umsetzbaren Veränderbarkeit des Bausystems möglich wird. Dadurch verbessert sich die Passung zwischen Gebäude und Wohnbedürfnissen. Auch erhöht die Anpassungsfähigkeit der Gebäude deren Lebenserwartung. Nachfolgend werden die Begriffe ‚Flexibilität' und ‚Anpassungsfähigkeit' daher in ihrem baugeschichtlichen Kontext verortet, definiert und mit Beispielen angereichert.

Baugeschichtliche Einordnung des flexiblen Wohnens // Von generisch zu spezifisch zu flexibel 4.2.4.1

Um die Entwicklung der heutigen Vorstellungen von flexiblem und adaptivem Wohnen einordnen zu können, ist es sinnvoll, diese in einen historischen Kontext zu setzen. Wohnen ist keine kulturelle oder soziale Konstante. Vielmehr ist in unterschiedlichen Kulturen und geschichtlichen Epochen eine enorme Bandbreite an Wohnformen entstanden. Obgleich diese umfangreiche Entwicklung im Rahmen der Arbeit nicht nachgezeichnet wird, soll ein Entwicklungsbogen seit der Industrialisierung bis in die Gegenwart exemplarisch herausgegriffen werden. Vernakuläre Bauweisen, welche nicht gezielt geplant wurden, sind meist Wohn- und Arbeitsgebäude. Häufig fand das gesamte Leben in einem oder zumindest in gemeinschaftlich genutzten Räumen unter einem Dach statt: Schlafen, Kochen, Essen, Spielen, Kinderbetreuung, Sex, Arbeiten und der Rest des Alltags. Viele vernakuläre Wohnungen und Gebäude bestehen nur aus einem großen Raum, in dem alle Aktivtäten stattfinden. Bis zur Zeit der industriellen Revolution waren die Nutzungen innerhalb der Gebäude auch in den Städten stark gemischt. In fast allen Gebäuden wurde gleichermaßen gelebt und gearbeitet. Teile der Gebäude waren auf bestimmte Nutzungen ausgerichtet. Diese überlagerten sich und mischten sich häufig innerhalb der Gebäude, Straßen und Quartiere. Erst mit der Industrialisierung und der Moderne fand eine stärkere Ausdifferenzierung der Gesellschaft, und der Wirtschaft statt, die auch zu einer stärkeren Zentralisierung und Bündelung von Funktionen in Gebäuden und Städten führte. Die einsetzende Urbanisierung forcierte diese Entwicklung, indem neue Stadtgebiete spezifischen Funktionen gewidmet wurden, auch um die zunehmend laute und emissionsträchtige Industrie vom Wohnen zu trennen. So beförderte die Industrialisierung und Urbanisierung die Idee der Funktionstrennung in den Städten, die sich auch auf die Architektur übertragen ließ. Die stärkere funktionale Ausdifferenzierung lief parallel zu der sozialen Ausdifferenzierung und Fragmentierung der Gesellschaft. Große Haushalte mit Familien über mehrere Generationen wurden verkleinert und Ansprüche an Privatheit und Komfort steigerten sich wo immer diese erschwinglich waren. Vor allem die Urbanisierung und Arbeitsmigration in die Städte führte in vielen Städten zu prekären Lebensverhältnis. So beschreibt Friedrich Engels in *Die Lage der arbeitenden Klasse in England*[112] 1845 ausführlich die negativen Folgen der Industrialisierung und Urbanisierung, welche nachfolgend eine wichtige Triebfeder für die Arbeiterbewegung werden. Interessant ist in unserem Zusammenhang, dass Engels nicht nur die unhygienischen Wohnverhältnisse kritisiert, sondern auch die soziale Fragmentierung. Haushalt und Familie hatten vor der Industrialisierung eine soziale und wirtschaftliche Einheit gebildet, in der die ganze Familie unter einem Dach lebt und arbeitet. Die Zentralisierung der Arbeit in den modernen Fabriken löst die soziale Struktur auf und entfremdet die ArbeiterInnen: Sie werden aus den sozialen Strukturen herausgebrochen und sind nicht mehr Herrin der eigenen Arbeiten, sondern in Engels Auffassung nur ein Rädchen in der industriellen Maschinerie.

112 Friedrich Engels: *Die Lage Der Arbeitenden Klasse in England*, 1. Auflage. Leipzig: Otto Wigand, 1845.

Von der modernen Bewegung in der Architektur wurde die unzureichende Passung zwischen den frühindustriellen Vorstellungen von Stadt, Architektur und der industrialisierten Gesellschaft und Lebensweise als Hauptproblem identifiziert. Die Idee der modernen Architektur von einer Funktionstrennung von Arbeiten, Wohnen, Erholung und Verkehr ist als Gegenposition zu der Stadt der frühen Industrialisierung zu verstehen. Die Wohnkonzepte der frühen Moderne, insbesondere der Diskurs um ‚Die Wohnung für das Existenzminimum'[113] auf dem zweiten CIAM in Frankfurt am Main 1929, wollten den damaligen sozialen, wirtschaftlichen und kulturellen Entwicklungen gerecht werden. Diese Modelle wurden mit dem gleichen Instrumentarium entwickelt, das auch zur Optimierung der Arbeitsprozesse zur Anwendung kam: Wohnen wurde als eine Reihe von Funktionen und Aktivitäten analysiert. Diesen Aktivitäten und Funktionen wurden Dimensionen, Wertigkeiten und Anforderungen zugeordnet, die wiederum genutzt werden konnten, um aus den Komponenten neue Strukturen zu entwickeln. So entstand das heute überwiegend gebräuchliche Muster von spezifischen Wohnräumen: Schlafzimmer, Kinderzimmer, Wohnzimmer, Esszimmer, Küche und Bad. Gleichzeitig bedeuten die kleinen Wohnungen des ‚Neuen Bauens' für das relativ neue Konzept der Kleinfamilie erstmals die Chance eigenständig zu wohnen und nicht eine größere Wohnung mit fremden Menschen oder Familienangehörigen zu teilen.

Seit der frühen Moderne ist die Architektur (und Architekturausbildung) geprägt von dieser funktionalistischen Grundhaltung. Die deutlichste Formulierung dieses funktionalistisch-normativen Verständnisses von Architektur im Allgemeinen und Wohnen im Besonderen findet sich bei Ernst Neufert. Er legte 1936 mit seiner Bauentwurfslehre[114] ein bis heute in vielen Ländern verbreitetes Standardwerk der funktionalistischen Gebäudeplanung vor. Abgebildet wird die normierte und standarisierte Vorstellung des Wohnens mit genauen Vorgaben für einzelne Zimmer, Nutzungen und Wohnungszuschnitte. Auch die Förderrichtlinien vieler Länder, Städte und Gemeinden machen bis heute spezifische Angaben zu Raumgrößen und Ausstattungen der Wohnungen. Die Konsequenz aus dieser funktionalistischen Herangehensweise ist, dass Zimmer, die auf eine spezielle Nutzung hin entworfen, als einzelne Räume weniger vielseitig nutzbar sind. Auch besteht die Gefahr, dass die Wohnung oder das Gebäude obsolet wird, wenn sich die Annahmen über Größe und Ausstattung der Räume wandeln. Dies ist bei Nachkriegsbauten aus den 1950er und 1960er Jahren zu beobachten, die Kinder- und Schlafzimmer anbieten, die von vielen nach heutigen Maßstäben als zu klein empfunden werden.

Das Haus selbst ist nach Auffassung der modernistisch-funktionalistischen Architektur eine technische Aufgabe, die mit den Mitteln der Ingenieurkunst und modernster Fertigungstechniken erstellt wird. Die Vorstellung des standardisierten Wohnens bringt beispielsweise Le Corbusier zur Formulierung der ‚Wohnmaschine'.[115] Die ‚Wohnmaschine' überträgt explizit die Logik einer industriellen Warenproduktion auf das Wohnen. Auch das von ihm entwickelte Proportionssystem des Modulors ist der Versuch, das Wohnen und die Menschen in ein normatives, funktionalistisches Maß zu vereinheitlichen. Dieses zielt auf eine optimale Passung zwischen einem idealtypisch normierten menschlichen Maß und der Architektur ab. Ein Beispiel ist die ‚Frankfurter Küche' von Margarete Schütte-Lihotzky aus dem Jahr 1926. Diese wurde auf ein produktionstechnisches Minimum verschlankt, um die Arbeits- und Bewegungsabläufe innerhalb der Küche zu optimieren.

113 Viktor Bourgeois et al.: *Die Wohnung für das Existenzminimum*. Frankfurt/M.: Englert & Schlosser, 1930.
114 Ernst Neufert: *Bauentwurfslehre*. 1. Auflage. Berlin: Ullstein / Bau-Welt, 1936.
115 Le Corbusier-Saugnier: *Des Yeux Qui Ne Voient Pas … Les Avions.* Paris: L'Esprit Nouveau, 1921, S. 46ff.

Tatjana Schneider und Jeremy Till argumentieren in *Flexible Housing*, dass die Reduktion der Wohnfläche in der frühen Moderne zu der Notwendigkeit einer genaueren Passung der Wohnung und der Funktionen führte. Dies wiederum ergab die Notwendigkeit von Flexibilität, weil die geringere Wohnfläche so effizient wie möglich genutzt werden sollte.[116] Neben der Überzeugung von Zuverlässigkeit und Anwendbarkeit von Maßsystemen und Wohnungsgrößen besteht somit der Wunsch nach dynamischen und flexiblen Lösungen. In den 1920er Jahren kommt es zur Entwicklung freier Grundrisse, veränderlicher Wohnungen, zu Schiebewand-Systemen und komplizierten Mechanismen für flexible Wohnungen. Auch die Metapher der Wohnmaschine enthält eine dynamische Komponente, indem sich Mensch und Maschine stetig neu konfigurieren, um die optimale Performanz zu erreichen. So wird auch die Dialektik der genauen Passung innerhalb standardisierter Funktionen und die gleichzeitige Entwicklung von flexiblen Wohnungen verständlich: Wie in einer Maschine wird das Wohnen zu einem dynamischen System, in dem alle Teile genau geplant, optimiert und in ihrer Flexibilität definiert sind.

Die Konzepte zum industriellen, vorgefertigten Bauen und einer flexiblen Architektur wurden in der Moderne parallel gedacht: Wenn ein Gebäude aus seriellen Teilen besteht, die sich schnell zusammensetzen lassen, können diese auch leicht umgebaut werden. Wenn Tragstruktur, Ausbau und Fassade getrennte konstruktive Systeme[117] sind, sind die Teilsysteme leicht zu verändern. Auch in der Industrialisierung des Bauens sahen die ProtagonistInnen der Moderne eine Chance, die Gebäude an individuelle Wünsche anzupassen. Die Studien von Walter Gropius und Adolph Meyer zum Baukastensystem aus 1924 sind frühe Beispiele, die sich später im ‚General Panel System' konkretisieren sollten.

Stark verkürzt könnte man die Entwicklung des Wohnens in den letzten dreihundert Jahren also als eine Entwicklung von generischen Wohnformen (Nutzungsmischung, geringe Ausdifferenzierung, nutzungsneutrale Gebäude und Räume) über eine spezifische, funktionalistische Wohnarchitektur (Nutzungs- und Funktionstrennung, soziale Ausdifferenzierung und Privatheit, Standardisierung) hin zu einer flexiblen, partizipatorischen Wohnarchitektur beschreiben. Bei dieser Verkürzung sollte jedoch erwähnt werden, dass die flexible Wohnarchitektur einen verschwindend geringen Teil der Wohngebäude ausmacht. Die meisten Wohngebäude, die in den letzten hundert Jahren gebaut wurden, sind mehr oder weniger nach dem funktionalistischen Modell geplant: eindeutig gewidmete Räume sind spezifischen Nutzungen zugeordnet und nicht darauf ausgelegt, angepasst oder in anderer Form genutzt zu werden. Die Moderne hat somit in gewisser Weise die Symptome und die zugehörige Therapie erfunden: Vor der Moderne gab es keine derart fest gefügte Vorstellung von einzelnen funktional passgenauen Wohnräumen. Erst nachdem diese funktionalen Einheiten eingeführt und optimiert wurden, konnte damit begonnen werden, diese dynamisch zu verstehen und zueinander in Bezug zu setzen. Gleiches lässt sich auch über die soziale Dimension des Wohnens sagen: Die Vorstellung einer kleinen Kernfamilie, die in einer Wohnung oder einem Haus allein lebt, ist eine relativ neue. Bis zum ersten Weltkrieg in Europa und noch heute in den größten Teilen der Welt leben Großfamilien mit anderen Menschen unter einem Dach mit einem wesentlich niedrigeren Grad an Privatheit als dieser bei kleineren Haushaltsgrößen gelebt werden kann.

116 Tatjana Schneider; Jeremy Till: *Flexible Housing*. London: Routledge, 2007, S. 132.
117 Fondation Le Corbusier: *Le Corbusier: Maison Dom-Ino, 1914.* http://www.fondationlecorbusier.fr/corbuweb/morpheus.aspx?sysId=13&IrisObjectId=5972&sysLanguage=en-en&itemPos=102&itemCount=215&sysParentId=65&sysParentName=home, Zugriff am 31. März 2020.

4.2.4.2 Flexibles Wohnen

Flexibilität ist ein zentrales Anliegen der Entwicklung des Bausystems, die auch die Möglichkeit der Interaktion der NutzerInnen mit dem Gebäude verbessert. Im Folgenden werden unterschiedliche gebäudekundliche und technische Strategien für flexibles Wohnen vorgestellt und diskutiert.

4.2.4.2.1 Begriffsklärung

Steven Groák unterscheidet flexibles vom adaptiven Wohnen, indem er dem flexiblen Wohnen die Möglichkeit der physischen Veränderung der Wohnumgebung zuordnet:

> *The spatial organization and internal environment may be suitable for only a limited array of uses. Here we should distinguish between ‚adaptability', taken to mean ‚capable of different social uses', and ‚flexibility', taken to mean ‚capable of different physical arrangements'.* [118]

Flexible Wohnungen sind nach Groák also so geplant, dass sie sich durch eine Veränderung des Wohnumfelds anpassen lassen. Die Veränderungen können dabei temporär oder dauerhaft (zum Beispiel Umbauten) sein. Wesentlich für das Verständnis von flexiblem Wohnen ist, dass das Gebäude nicht als statisches Produkt verstanden wird, sondern als Prozess.[119] Durch dieses Verständnis, das auch in der Betrachtung der ‚shearing layer' bei Stewart Brand* angelegt ist, wird deutlich, dass das Gebäude und die unterschiedlichen konstruktiven, räumlichen und technischen Schichten, unterschiedlichen zeitlichen Regimen unterliegen, die sich gegenseitig überlagern. Solche zeitlichen und konstruktiven Planungsstrategien werden auch bei den vorliegenden Fallstudien eingesetzt. Mithilfe von beweglichen Trennwänden und mobilen Einbauten kann eine Wohnung oder ein Gebäude auf kurz- und mittelfristige Anforderungen reagieren.

Siehe dazu: Kapitel 4.2.2 Gebäude als Prozess // ‚How Buildings Learn'

Durch eine multifunktionale Nutzung von Räumen lassen sich die Funktionen nicht nur räumlich gliedern, sondern auch zeitlich staffeln. Dabei lassen sich unterschiedliche zeitliche Rhythmen und Zyklen identifizieren, die auch für die Erarbeitung von Szenarien von Nutzungszyklen herangezogen werden können:

- Tageszeiten (Tag, Nacht; Morgen, Mittag, Abend, Nacht)
- Woche (Wochentag, Wochenende)
- Jahreszeiten (klimatische Veränderung, Nutzbarkeit von Innen- und Außenräumen)
- Lebenszyklus der BewohnerInnen (Alter, Familienkonstellationen, Beruf, Freizeit)

Durch die Überlagerung der Nutzungen kann insgesamt ein intensiverer Gebrauch der Räume erzielt, die Effizienz des Gebäudes gesteigert und der Flächenbedarf gesenkt werden. Die Wohnungen können kleiner und kompakter geplant werden. Ein positiver Nebeneffekt ist auch, dass die Wohnungen langfristig für unterschiedliche NutzerInnen und sich ändernde Anforderungen flexibel nutzbar bleiben.

Grundsätzlich lassen sich zwei Strategien für die Planung von Wohnungen für adaptives Wohnen unterscheiden:

- ‚Tight fit': Passgenaue, aber veränderliche Räume für eine spezifische Nutzung und Möblierung,
- ‚Loose fit': Entwurf von generischen, tendenziell überdimensionierten Räumen, die möglichst viele verschiedenen Nutzungen aufnehmen können.

118 Steven Groák: *The Idea of Building: Thought and Action in the Design and Production of Buildings*. London: E & FN Spon, 1992. S. 15f.
119 Vgl. dazu: Gaizka Altuna: *Housing for the Billions (By the Billions): The Relevance of Open Building in the Age of Digital Networks*. In: Almudena Ribot et al. (Hg.): *Open Building 2.0*. Berlin: TU Berlin FG Architekturdarstellung und Gestaltung, 2017, S. 77.

Beispiele für flexibles Wohnen

4.2.4.2.2

Das traditionelle japanische Wohnhaus der Edozeit (1603–1868) ist ein historisches Beispiel. Die Wohnräume werden je nach Bedarf und Tageszeit durch Schiebewände unterteilt und wechselnde Möbel aufgestellt: Ein winziger Tisch auf Bodenhöhe zum Essen, Tatami-Matten zum Schlafen. Alle Nutzungen können innerhalb eines Raumes zeitlich gestaffelt abgebildet werden. Der Vorteil dieser Wohnhäuser liegt in der Mischung von flexiblen Räumen (Schiebewände, mobile Einrichtung) mit einer geringen Determination der einzelnen Wohnfunktionen.

Ein zeitgenössisches, extremes Beispiel ist die Wohnung ‚Domestic Transformer' von Gary Chang in Hongkong.[120] Auf nur 32m² Wohnfläche wurden durch verschiebbare Einbauten insgesamt 24 verschiedene Nutzungskonstellationen oder Räume gebildet. Der Grundmechanismus ist dabei, dass die einzelnen Wohnfunktionen in Wandscheiben abgebildet werden, die wie Bibliotheksschränke auf- und zusammengeschoben werden können. Die Wohnungen sind eine Art ‚Schweizer Taschenmesser': Auf kleinstem Raum sind viele Funktionen gestapelt oder überlagert, die zuvor in zahlreiche Geräte und Objekte differenziert viel Raum und Ressourcen in Anspruch nahmen (Messer, Schraubenzieher, Säge, Lupe usw.). Diese Art von flexiblen Wohnungen gleicht einer Maschine mit präzise definierten Bewegungsabläufen, welche die Einflussnahme der NutzerInnen auf diese vordefinierten Bewegungen festlegt und einschränkt.

Entwurfsstrategien und Konstruktion flexibler Gebäude

4.2.4.2.3

Die Flexibilität der Gebäude wird durch eine Hierarchisierung der Konstruktion, die auch in der Definition der ‚shearing layer' bei Stewart Brand angelegt ist, begünstigt.* Den veränderlichen Bauteilen können dabei zeitliche Maßstäbe zugeordnet werden:

- Elemente, die sich kontinuierlich in der Nutzung verändern: Türen, Schiebetüren und -wände, Vorhänge
- Elemente, die an bestimmte Funktionen und / oder bestimmte Zeiten gekoppelt sind: Klappbetten, Rollläden
- Semi-permanente Elemente: Trennwände, Öffnungen / Türen, Zwischendecken

Hier kann so geplant werden, dass diese Elemente leicht rückbaubar und veränderlich sind. So wurde dies beim *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg* umgesetzt.

Wichtiger als die gezielte Konzeption von veränderlichen Elementen ist es jedoch, bei Entwurf und Konstruktion darauf zu achten, dass möglichst wenig einer Umgestaltung der Wohnung entgegensteht. Die Bündelung und Reduktion von tragenden Wänden und Stützen sowie den festen Installationen (Steigschächten, Bädern und Küchen) erlauben eine maximale Freiheit der verbleibenden Grundrisse. Die sekundären Wände und Ausbauten sollten so konstruiert werden, dass sie ohne die darunterliegenden Konstruktionen aus- und umgebaut werden können. Aus Sicht des Entwurfs- und Planungsprozesses unterscheidet sich die Aufgabenstellung erheblich zwischen einem Gebäude, das auf eine möglichst große Anpassungsfähigkeit innerhalb einer Nutzungsart, zum Beispiel Wohnen, hin entworfen ist, und einem Gebäude, was unterschiedliche Nutzungen aufnehmen können soll, deren Anforderungen im Einzelnen noch nicht bekannt sind.

Siehe dazu:
Kapitel 4.2.2
Gebäude als Prozess //
‚How Buildings Learn'

120 Cordula Vielhauer: *Vertikale Nischen: Miniwohnungen in Megacities von Gary Chang*. In: *DETAIL*, Juli 2013.

Siehe dazu:
Kapitel 4.2.2
Gebäude als Prozess //
‚How Buildings Learn'

Die nachfolgende Gliederung in vier Subsysteme wurde für ein Forschungsprojekt zur Analyse von vorgefertigten Wohnungsbauten und Bausystemen entwickelt:[121]

- Tragwerk
- Gebäudehülle / Fassade
- Gebäudetechnik
- Innenausbau

Diese einfache Aufteilung der Subsysteme hat den Vorteil, dass sie sich sowohl in der Planung (ArchitektIn, TragwerksingenieurIn, Gebäudetechnik, ArchitektIn) als auch im Bau (Rohbau, TGA, Fassade, Ausbau-Gewerke) verschiedenen Gewerken, Planungsbereichen und Bauabschnitten zuordnen lässt. Die Gliederung zeichnet also die Sollbruchstellen von Planung und Bau nach. Diese Schnittstellen sauber zu trennen, Kollisionen zu vermeiden und Hierarchien zu klären, trägt dazu bei, die langfristige Anpassungsfähigkeit des Gebäudes zu sichern. Darüber hinaus vereinfacht sie den Bau- und Planungsablauf.

Am SAR (Stichting Architecten Research in Eindhoven, NL) wurden Systeme für die ‚Open Buildings' entwickelt, mit denen die technische Gebäudeausstattung in Doppelböden, Kanälen und Hohlwänden zugänglich und reversibel verbaut werden kann. Es gilt, Wege zu finden, Leitungen und Geräte sichtbar zu führen oder gestalterisch so zu integrieren, dass die Räume unter ästhetischen Aspekten für die NutzerInnen noch akzeptabel sind. Hier besteht ein größerer Entwicklungsbedarf von technischen Systemen und gestalterischen Konzepten. Die allgemein verbreitete Haltung gegenüber der Gebäudetechnik ist, dass diese unsichtbar verbaut werden muss. Das führt dazu, dass die Technik mit der häufig kürzesten Lebenserwartung in den modernen Gebäuden tief in die Struktur eingeschrieben und unter den Oberflächen der anderen Konstruktionen versteckt ist.* Gerade im Wohnungsbau gibt es wenig Beispiele für eine sichtbare und gestalterisch vertretbare Integration der Technik.

Ebenso wird die Sichtbarkeit von Konstruktion und Verbindungen im Wohnungsbau vermieden. So werden in der gängigen Baupraxis selten Stöße und Fugen zwischen Bauteilen oder Verbindungsmitteln gezeigt. Eine kulturell eingeprägte, prototypische Vorstellung des Wohngebäudes scheint eine glatt verputze und gestrichene Wand zu sein. Auch die weit verbreiteten, vorgefertigten Holzgebäude werden entsprechend bekleidet, gespachtelt und gestrichen. Einfacher für Umbau und Rückbau wäre es, wenn die einzelnen Bauteile erkennbar und die Verbindungsmittel sichtbar blieben. Dies wird bei den Modellvorhaben erprobt.

Bei der Entwicklung des Bausystems wurde festgestellt, dass eine reziproke Proportionalität zwischen der Mobilität oder Flexibilität der Einbauten und dem Schallschutz und damit dem Wohnkomfort besteht. Im Allgemeinen müssen Bauteile (Wände, Decken, Türen) möglichst schwer sein, um einen besseren Schallschutz zu erreichen. Trennwände werden idealerweise auf der Rohdecke geführt, so dass die Schallnebenwege über den Bodenaufbau reduziert werden. Diese Bauweisen bedingen, dass die Bauelemente nur schwer rückbaubar sind oder versetzt werden können. So ist eine sorgfältige Abwägung zwischen den Anforderungen an die Flexibilität sowie den Nutzerkomfort und Schallschutz erforderlich.

Die Trennungen zwischen Wohnungen können theoretisch verschoben werden, so dass eine Wohnung vergrößert und eine andere verkleinert werden kann. Dies kann auch erreicht werden, indem ein Schaltzimmer der einen oder anderen Wohnung zugeschlagen wird. In der Praxis stoßen solche Konzepte oft an Grenzen: Eine Wohnung kann nur vergrößert oder verkleinert werden, wenn die angrenzende Wohnung entsprechend verändert wird. Das

121 Albus; Drexler: *Prefab Max: Die Potentiale vorgefertigter Konstruktionssysteme im kostengünstigen Wohnungsbau*, S. 322ff. Basierend auf dem Forschungsprojekt *res015 Vorgefertigter Wohnungsbau ‚Best Practice' Analyse, Vergleichende Untersuchung vorgefertigter Konstruktionssysteme* (2015 bis 2016), Team: Jutta Albus, Klaus Dömer, Hans Drexler, DGJ Architektur, http://dgj.eu/publications/Vorgefertigter%20Wohnungsbau_Vergleichende%20Untersuchung_2016.pdf, Zugriff am 1. Dezember 2019.

ist nur bei einem MieterInnen-Wechsel denkbar. So müsste der unwahrscheinliche Fall eintreten, dass die zu verändernde Wohnung zufällig in dem Moment einen Bedarf zum Wachsen oder Schrumpfen anmeldet, wenn die Nachbarwohnung unbewohnt ist. Ein weiteres Problem sind die hohen Anforderungen an Brandschutz und Schallschutz zwischen den Wohneinheiten, die sich kaum mit Wänden erfüllen lassen, die sich leicht rückbauen oder versetzen lassen.

Relevanz für die Studie 4.2.4.2.4

Die Flexibilität der Wohnungen und der Gebäude sind in den meisten Fallstudien und Test-Entwürfen ein wichtiger Bestandteil des Konzepts. Auch ist die Entwicklung des Bausystems als Skelettbau vor allem aus der Möglichkeit zu erklären, dass hierbei die raumbildenden Elemente unabhängig vom Tragwerk sind und somit eine hohe Flexibilität ermöglichen.

Adaptives Wohnen 4.2.4.3

Neben der Flexibilität erweitert auch die Anpassungsfähigkeit oder Adaptivität der Wohnungen die Nutzbarkeit und eröffnet neue Möglichkeiten für die Interaktion der NutzerInnen mit dem Gebäude.

Begriffsklärung 4.2.4.3.1

Adaptives Wohnen wird nach der Definition von Groák als eine Anpassungsfähigkeit in Hinblick auf unterschiedliche soziale Nutzungen beschrieben, ohne dass das Wohnumfeld physisch verändert wird.[122] Avi Friedman stellt in seiner Definition im Buch *Adaptable House* die NutzerIn mit ihren Bedürfnissen in den Mittelpunkt:

> *Providing occupants with forms and means that facilitate a fit between their space needs and the constraints of their homes either before or after occupancy is one interpretation.* [123]

Die Veränderung bei adaptiven Wohnungen ergibt sich also aus der Nutzung, dem Verhalten und der Wohnkultur. Wenn sich auch die Räume und die Gebäude nicht verändern, so werden doch Möbel und Ausstattung verändert, um den unterschiedlichen Nutzungen, Anforderungen und Wünschen gerecht zu werden.

Anpassungsfähige Wohnungen sind so entworfen und gebaut, dass sie auch ohne physische Veränderungen oder Umbauten an veränderliche Nutzungsbedingungen angepasst werden können. Die Veränderbarkeit ist jedoch gezielt auf bestimmte Fälle hin optimiert. Die veränderten Anforderungen können sich aus den Lebensumständen der BewohnerInnen ergeben (Alter, Pflegebedürftigkeit, eingeschränkte Mobilität). Häufig ergeben sich auch veränderte Lebensumstände, wenn beispielsweise eine neue PartnerIn einziehen möchte oder Nachwuchs erwartet wird. Auch der Auszug von MitbewohnerInnen oder erwachsenen Kindern verändert die Wohnanforderungen.

Entwurfsstrategien 4.2.4.3.2

Als eine einfache Entwurfsstrategie im adaptiven Wohnen benennen Schneider und Till den Verzicht auf die Raumbezeichnungen in den Plänen.[124] Die genaue Festlegung von Funktionen (Schlafzimmer, Esszimmer, Kinderzimmer) der einzelnen Räume führt im nächsten Schritt zu dem Entwurf einer spezifischen Möblierung für die jeweilige Nutzung und im ungünstigen Fall zu Zimmern, die weder anderweitig möbliert noch genutzt werden können. Auch wenn der Verzicht auf Raumbezeichnungen einfach und effektiv erscheint, so sind ArchitektInnen im Alltag durch die Vorgaben von Wettbewerben, Bauherren und / oder Förderrichtlinien gefordert, die Funktionstauglichkeit der Wohnungen durch Möblierung nachzuweisen. Hier wäre die Empfehlung, die Räume trotzdem so zu entwerfen, dass die einzelnen Möblierungsbeispiele untereinander austauschbar sind. Bestehen bleibt die Problematik, dass gerade im geförderten oder kostengünstigen Bauen häufig die Gesamtflächen von Wohnungen in Abhängigkeit der Zimmer und / oder die Fläche von einzelnen Funktionsräumen begrenzt sind.

Der Erschließung kommt eine besondere Bedeutung zu. Vielfältige Nutzbarkeit der Räume ist nur dann gegeben, wenn auch eine unabhängige und nach Möglichkeit sogar redundante Erschließung vorhanden ist. Mehrere Treppenhäuser, Mittelflure oder zentrale Erschließungsräume ermöglichen eine unabhängige Zugänglichkeit der Räume. Dadurch können Räume den Wohnungen unterschiedlich zugeordnet werden. Gleichzeitig sinkt durch die Zunahme der Erschließungsfläche entweder die Effizienz des Grundrisses (WFL / BGF) oder die Privatheit der Räume. Die Lage der Räume sowie die Versorgung mit Tageslicht und Belüftung sind ebenfalls wichtige Parameter. Schneider und Till plädieren bei der Erschließung für eine moderate Überdimensionierung, weil die Erschließungsräume dann auch andere Funktionen (Stauraum, Spielfläche, Garderoben) aufnehmen können.

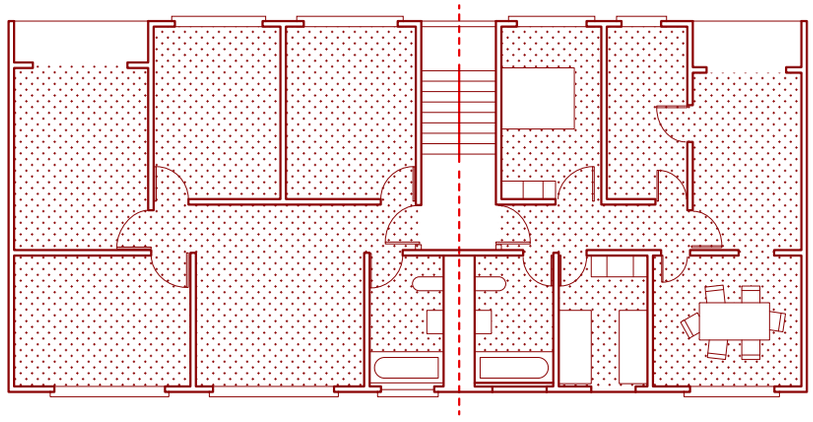


Abbildung 9: *Functionally neutral rooms. Indeterminate uses (left) versus tight-fit functionalism (right)* Graphik: DGJ Architektur 2020 nach Graphik Schneider und Till, *Flexible Housing.*

Schließlich ist die Größe der Räume für die langfristige und vielfältige Nutzbarkeit wichtig. So sind größere Räume mit rechteckigem oder quadratischem Zuschnitt gut geeignet für praktisch alle Wohnfunktionen (Schlafen, Wohnen, Kinderzimmer, Küche). Eine Strategie, um Wohnungen anpassungsfähig zu entwerfen, ist es, durchgehend ungefähr gleichgroße, nutzungsneutrale Räume anzubieten, wie dies bei den bürgerlichen Wohnungen der Gründerzeit oft der Fall ist. Die Nutzungsneutralität der Räume ist jedoch erst ab 14m² oder gar 20m² zu gewährleisten, weswegen die Räume für manche Nutzungen, wie etwa ein Kinderzimmer, überdimensioniert sind. Gleichzeitig bedeutet diese Überdimensionierung („loose fit“) aller Räume, dass die Wohnungen ineffizient sind und einen hohen Flächenverbrauch pro Kopf verursachen. Die Wohnungen werden von vornherein und damit auch dauerhaft zu groß bemessen, was sich auf Wohnkosten und Ressourcenverbrauch auswirkt. Hierzu wurden im Rahmen der eigenen komplementären Forschung verschiedene Raumgrößen in Hinblick auf die Flächeneffizienz und die Eignung für die einzelnen Wohn-

122 Groák: *The Idea of Building: Thought and Action in the Design and Production of Buildings*. S.15f.
123 Avi Friedman: *The Adaptable House: Designing Homes for Change*. New York: McGraw-Hill, 2002, S. 1.
124 Schneider; Till: *Flexible Housing*. S. 146f.

funktionen untersucht.[125] Das nachfolgende Diagramm von Schneider und Till stellt die spezifischen (rechts) und die nutzungsneutralen Räume (links) gegenüber. Es wird deutlich, dass die Wohnung mit den nutzungsneutralen Räumen wesentlich mehr Fläche benötigt.

Schneider und Till betonen die Wichtigkeit einer großzügigeren Dimensionierung der Räume. Gleichzeitig suchen sie einen Kompromiss zwischen der vielfältigen Nutzbarkeit der Räume und einer vertretbaren Größe der Wohnfläche. Laut ihren Angaben beschränkt sich die optimale Größe für die anpassungsfähigen Räume auf 4,0m × 3,6m, kann jedoch auf 3,2m × 3,8m reduziert werden.[126]
Ein Mittel zur Erhöhung der Nutzbarkeit bei gleichzeitiger Reduktion der Fläche ist die Vorgabe von Einbauschränken, wie dies in *Case Study 2: dgj228 Wohngruppe ‚Gemeinsam Suffizient Leben'* geplant wurde. Die Zimmer sind so entworfen, dass die innenliegende Wand mit einem Einbau- oder Wandschrank ausgestattet werden kann. Dieser Stauraum ist für alle Wohnräume und selbst für eine Küchenzeile nutzbar. Gleichzeitig ist damit das Möbelstück, das am meisten Platz benötigt und die Möblierbarkeit deutlich einschränken kann, sinnvoll verortet.

Relevanz für diese Studie

4.2.4.3.3

Die Anpassung der Nutzung der Wohnungen ohne bauliche Maßnahmen oder andere physische Veränderungen der Wohnumgebung sind baulich einfacher umsetzbar und den meisten Menschen aus der eigenen Wohnerfahrung vertraut.

Auch in der Systementwicklung der vorliegenden Arbeit sind Fallbeispiel entstanden, die eher generische, großzügige Räume* anbieten.Grundsätzlich eignet sich das Bausystem also auch für verschiedene adaptive Wohnarchitekturen.

Siehe dazu:
Kapitel 6.5
‚Case Study 5: dgj244 Greenhouse'

Indeterminierte Räume // Nutzungsneutralität

4.2.4.4

Neben Wohnungen, die gezielt in Hinblick auf die flexible Umwandlung oder die Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Wohnformen geplant sind, gibt es auch Gebäude, die für eine Vielzahl unterschiedlicher Nutzungen geeignet sind.

Begriffsklärung

4.2.4.4.1

Die Schnittmenge von adaptiven Wohnkonzepten und indeterminierten Räumen ist groß. Nutzungsneutrale Räume sind generischer geplant als anpassungsfähige Wohnungen und eben nicht auf die Wohnnutzung beschränkt. Während eine anpassungsfähige Wohnung verschiedene Wohnformen und -bedürfnisse aufnimmt, können nutzungsneutrale Strukturen auch andere Nutzungen aufnehmen und Mischformen von Wohnen und Arbeiten abbilden. Aus der modernen Tradition heraus werden für Wohnungen, Büros (und anderes Gewerbe) und Schulen spezifische Gebäude geplant, die nicht ohne Weiteres in eine andere Nutzung überführt werden können. Die Nutzungsneutralität von Wohnräumen ist eine Gegenposition zu der funktionalistischen Sichtweise des Wohnens in der Moderne.* Zahlreiche Beispiele für nutzungsneutrale Alltagsarchitekturen finden sich in Stewart Brands *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*[127]. Die Beispiele reichen von generischen Verwaltungsbauten bis zu loftartigen Werkhallen, die als Werkstätten sowie Großraumbüros genutzt werden. Grundsätzlich sollten auch die ‚Open Buildings'* und ‚Supports'* nutzungsneutral entworfen werden, weil sonst der HandlungsspielraumdderBewohnerInnen zum Ausbau und zur Aneignung nicht mehr gegeben wäre.

Siehe dazu:
Kapitel 3.2.4.1
Geschichtliche Einordnung des flexiblen Wohnens // Von generisch zu spezifisch zu flexibel

Siehe dazu:
Kapitel 4.2.6
Open Building

Siehe dazu:
Kapitel 4.2.5
N. John Habraken // De dragers en de mensen

125 Drexler et al.: *Holz: Form- und Kraftschlüssig – Entwicklung eines Vollholz-Bausystems mit form- und kraftschlüssigen geometrischen Verbindungen.*
126 Ibid.
127 Brand: *How Buildings Learn: What Happens After They're Built.*

Neben gesamten Gebäuden, die nutzungsneutral geplant sind, kann dies auch nur Teile von Wohnungen oder Gebäuden betreffen. Peter Barber führt den Begriff ‚slack space' bei seinem Projekt *Donnybrook* in Ost-London in 2006 ein (wörtlich: ‚Raum mit Durchhang oder Schlupf' im Sinne einer fehlenden Spannung (eines Seiles), der losen Passung (‚loose fit')), den er auf Cedric Price' Idee des ‚unprogrammed space' (Raum ohne Programm) bezieht.[128] Hier bieten die Dachterrassen Raum zur Aneignung und Interpretation durch die BewohnerInnen. Anhand der zuvor genannten Beispiele zeigt sich, dass nutzungsneutrale Gebäude aufgrund des vergleichsweise hohen Flächenverbrauchs selten in dicht bebauten Zentrumslagen umgesetzt werden. Sie sind daher eher in Randgebieten mit niedriger Bebauungsdichte und geringeren Landpreisen zu finden.

Ein großes Potential für die Reduktion der Flächenverbräuche und die Erhöhung der Langlebigkeit der Gebäude liegt in der Überlagerung und / oder zeitlichen Staffelung von Nutzungen. So können verschiedene Nutzungen im gleichen Raum zu unterschiedlichen Zeiten am Tag, in der Woche oder im Jahr stattfinden und die gleichen Räume zu anderen Zeiten anders genutzt werden. Hierfür bieten nutzungsneutrale oder indifferente Räume gute Voraussetzungen. Grundsätzlich ist aber eine solche zeitliche Staffelung unterschiedlicher Funktionen auch bei flexiblen oder adaptiven Gebäuden denkbar.*

Siehe dazu:
Kapitel 4.2.4.2
Flexibles Wohnen

Als Bild häufig bemühte, aber im Alltag seltene Beispiele für nutzungsneutrale Räume, sind Lofts, die ursprünglich als Werkstatt oder Fabriketage errichtet wurden. Diese verfügen über ergiebige, offene Räume ohne tragende Wände und häufig große Fensterflächen. Sie sind gut als Werkstatt, vor allem aber als Büro oder Wohnung nutzbar, auch wenn sie im unsanierten Zustand nicht den Anforderungen an Komfort und Energieeffizienz entsprechen.

Viele Menschen schätzen aufgrund dieser Großzügigkeit die bürgerlichen Wohnungen der Gründerzeit. Mit etwa gleichgroßen Zimmern eignen sie sich für unterschiedliche Wohnformen. Von Familienwohnung über Wohngemeinschaften eignen sie sich auch für Büros und Gewerbeflächen. Die Vorteile der wahrgenommenen Vielseitigkeit überbieten den Umstand aufwendiger Umbauten. Die ursprüngliche Ausstattung und Infrastruktur genügen heutigen Ansprüchen nicht, weshalb an allen Gebäuden jener Zeit umfangreiche Umbaumaßnahmen für Bäder, Heizung und Haustechnik erfolgen müssen. Hinsichtlich des Raumangebots bieten derartige Wohnungen einen größeren Spielraum als jene mit passgenau entworfenen Zimmern.

Ein prominentes Beispiel einer nutzungsneutralen Wohnarchitektur sind die sozialen Wohnungsbauten von Lacaton Vassall in Moulhouse. Im Gegensatz zu den flächenbezogenen Vorgaben für Wohnungs- und Zimmergrößen werden in Frankreich nur die Baukosten pro Wohnung vorgegeben. Daraus entwickelten Lacaton Vassall die Idee einer Art Edelrohbau in einfachstem Ausbaustandard. Dies senkt Baukosten und bietet die Möglichkeit, Wohnungen zu vergrößern. Das Gebäude wurde besonders kompakt entworfen, indem die Reihenhäuser eine Tiefe von 20m aufweisen. Die Baukonstruktion wurde radikal vereinfacht: Das untere Geschoss ist eine roh belassene Beton-Fertigteil-Konstruktion, auf welche industrielle Gewächshäuser gesetzt wurden. Im Ergebnis entstanden Sozialwohnungen mit 120m² Wohnfläche, die deutlich größer waren als vergleichbare Projekte. Die Häuser bieten große, weitgehend ungegliederte Räume, die von den BewohnerInnen unterteilt werden können. Der Rohbau-Charakter der Wohnungen animiert die BewohnerInnen, die Räume nach eigenen Wünschen anzueignen und zu gestalten.

128 Schneider; Till: *Flexible Housing*. S. 185.

Entwurfsstrategien

4.2.4.4.2

Je weniger spezifisch die Wohnungen entworfen werden sollen, desto weniger sinnvoll ist es, Vorgaben für den Entwurf und die Gestaltung der Räume zu machen. Aufgrund der Überschneidung zu den adaptiven Wohnungen können viele Prinzipen übertragen werden: gleiche Zimmergrößen, zentrale und möglichst redundante Erschließungssysteme, zentrale Versorgungseinrichtungen. Wichtig für die Nutzungsneutralität ist grundsätzlich eine Reduktion der Tragelemente im Inneren des Gebäudes. Schneider und Till beschreiben diese Strategie als ‚clear span'[129]. Wenn frei zwischen Außenwänden oder Wohnungstrennwänden gespannt wird, dann entstehen für den Grundriss maximale Freiheitsgrade. Diese Option hängt jedoch stark von der gewählten Konstruktion und Materialität ab. Während zum Beispiel Spannbetondielen und Holz-Beton-Verbunddecken auch Spannweiten von bis zu 12m wirtschaftlich überspannen können, liegen sinnvolle Spannweiten für schlaff bewehrten Beton und Massivholz- und Holzbalkendecken im Bereich unter 6m.

Anders als bei den adaptiven Wohnungen, bei denen eine generische, vielseitige Raumstruktur auf unterschiedliche Weisen genutzt und interpretiert wird, sollte bei nutzungsneutralen Gebäuden davon ausgegangen werden, dass im Falle einer Nutzungsänderung auch bauliche Anpassungen erforderlich werden. Wichtig für die Konstruktion ist die bereits erwähnte Hierarchisierung der Konstruktion.*

Siehe auch:
Kapitel 3.2.4.2.3
Entwurfsstrategien
und Konstruktion
flexibler Gebäude

Relevanz für die Studie

4.2.4.4.3

Das Bausystem wurde für den Wohnungsbau entwickelt. Ob sich das System auch für andere Nutzungen wie Büro, Werkstätten, Bildung usw. eignet, ist nicht Gegenstand der Studie. Es liegt aber die Vermutung nahe, dass gerade kleinere Rastergrößen für Verwaltungs-, Gewerbe- oder Bildungsbauten ungeeignet sind. Hier sind Raumgrößen für Gruppenbüros oder Klassenzimmer von größerem Rastermaßen sinnvoll.

Argumente für flexibles und adaptives Wohnen

4.2.4.5

Viele Argumente für flexibles und anpassungsfähiges Wohnen wurden in dieser Arbeit bereits zusammengetragen. Trotzdem sollen hier noch einmal die wichtigsten zusammengefasst werden. Tatjana Schneider und Jeremy Till stellen zunächst die Gegenfrage: Warum sollte man Gebäude nicht flexibel und anpassungsfähig planen und bauen?[130] Als Grund werden häufig höhere Baukosten genannt. Dieses Argument ist für viele der Prototypen flexibler Gebäude berechtigt. Dennoch zeigt die vorliegende Studie, dass es gerade bei anpassungsfähigen Wohnungen vor allem um einen intelligenteren Umgang mit vorhandenen Flächen, Baukonstruktionen und Ressourcen geht. Dieser kann sogar zu einer Reduktion der Wohnfläche pro Kopf und damit auch der Kosten für Bau und Betrieb der Wohngebäude führen. Selbst wenn man von höheren Baukosten ausgehen möchte, stehen diesen eine höhere Lebenserwartung und NutzerInnenzufriedenheit gegenüber, die in einer Betrachtung der Kosten über den gesamten Lebenszyklus etwaige Mehrkosten in der Anfangsinvestition kompensieren.

Viele ArchitektInnen kürzen die Diskussion um flexibles Wohnen mit dem Argument ab, dass es in den meisten Fällen leichter sei, umzuziehen, statt die Wohnung oder das Gebäude zu verändern oder anzupassen. Diese Argumentation geht davon aus, dass besser geeignete Wohnungen verfügbar sind. Bis zum Beginn des Jahres 2020 befanden wir uns in einer Boomphase am Immobilienmarkt, die dazu führten, dass in den meisten Großstädten der Welt die Mieten und Kaufpreise drastisch angestiegen sind. Umzug bedeutet in einem solchen Marktumfeld deutlich steigende Kosten. Auch die Kosten und Mühen, die mit

129 Ibid., S. 192.
130 Ibid., S. 35.

einem Umzug verbunden sind (Zeitaufwand, Renovierung, neue Möbel, Maklerkosten), sind in die Rechnung einzubeziehen. Schließlich bedeutet ein Umzug auch, dass Menschen aus einer gewohnten Umgebung und einem sozialen Umfeld herausgelöst werden. Dieser Wechsel kann problematisch und belastend sein.

Neben den finanziellen und praktischen Nachteilen eines Umzugs, sollte auch die Steuerungswirkung dieses Arguments für die Bauindustrie und die PlanerInnen nicht unterschätzt werden. Diese planen und bauen nach wie vor die gleichen unflexiblen Wohnungen mit dem Verweis eines möglichen Auszugs, wenn die Wohnung nicht mehr passe und darüber hinaus damit, dass die Nachfrage das Angebot rechtfertige. Tatsächlich ist der Markt von einem deutlichen Mangel an Wohnraum geprägt und die Nachfrage und die Preise sagen wenig über die Qualität der Angebote aus. Schneider und Till gehen noch einen Schritt weiter in ihrer Argumentation. Sie beschreiben die Planung und den Bau von besonders unflexiblen Wohnungen als Ausdruck des allgemeinen Trends der eingebauten, begrenzten Lebenserwartung (‚built-in obsolescence').[131] Viele Produkte werden so konzipiert, dass sie nach kurzer Zeit durch neuerer Technik ersetzt werden müssen (zum Beispiel Computer und Telefone, die mit neueren Betriebssystemen und aktuellerer Software nicht betrieben werden können). Gleichzeitig werden die VerbraucherInnen durch Marketing erzogen, nach immer neuen Produkten zu verlangen (Mode, Musik, Medien). Auch basiert das gesamte wachstumsorientierte Wirtschaftssystem darauf, dass jede einzelne ständig und andauernd mehr von allem konsumiert und die Bedürfnisse unbegrenzt ausgeweitet werden.[132] Werden Gebäude und Wohnungen nun gleichermaßen konzipiert, dass diese nicht langfristig nutzbar und an unterschiedliche Lebenssituationen anpassbar sind, so werden auch diese zu Konsumgütern mit begrenzter Lebenserwartung. So beschreiben Schneider und Till, dass es durchaus im Interesse der Wohnungswirtschaft und Bauindustrie ist, dass Wohnungen nicht unbegrenzt nutzbar oder anpassbar sind. Auf diese Weise sind die NutzerInnen gezwungen immer wieder neue Wohnungen nachzufragen, was den Markt dynamisiert und zu einer stetig steigenden Nachfrage führt. In diese Logik passen auch die Ausweitung der Wohnfläche pro Kopf sowie die zunehmend schlechte Qualität der Baumaterialien und -konstruktionen. Dies führt dazu, dass die Nachfrage stets das Angebot an vorhandenen Wohnungen übersteigt und die Preise für diese ebenso steigen wie für neue Wohnungen.

Ein wichtiges Argument für flexible und anpassungsfähige Wohnungen ist die Reduktion des Ressourcenverbrauchs. Die ‚business-as-usual'-Haltung der Wohnungswirtschaft, der PlanerInnen und Bauindustrie trägt dazu bei, dass wertvolle Ressourcen in Immobilien investiert werden, deren Lebenserwartung ungewiss ist. Das einzige, was mit Sicherheit angenommen werden darf, ist, dass sich die Gesellschaft und die Vorstellungen und Anforderungen an das Wohnen weiter und schneller verändern werden.

Die Gesellschaft im Großen und das Wohnen im Kleinen sind einem steten Wandel unterworfen: Familiäre Strukturen, die über Millennia die Grundeinheit des menschlichen Zusammenlebens gebildet haben, zerfallen zunehmend und werden ersetzt durch neue, kleinere, aber auch instabilere Strukturen. Der demographische Wandel führt dazu, dass die Menschen älter, aber im Alter auch gesünder und agiler werden. Arbeit und Freizeit vermischen sich sowohl räumlich als auch zeitlich. Diese Veränderungen scheinen einander in den letzten Jahren zu verstärken und zu beschleunigen.

Allein der demographische Wandel, die Fragmentierung der Gesellschaft, die in den sinkenden Haushaltsgrößen sichtbar wird, sind großmaßstäbliche Trends, die gegen starre Wohnkonzepte und unflexible Gebäude sprechen. Der Ressourcenverbrauch und die

131 Ibid., S. 35ff.
132 Vgl. dazu: Robert Skidelsky; Edward Skidelsky: *How Much Is Enough?: Money and the Good Life*. London: Penguin Books, 2012.

Abfallproduktion durch die Bautätigkeit sind signifikant. So entstehen 54% des gesamten deutschen Abfallaufkommens in der Bauindustrie.[133] Solange sich Gebäude oder deren Teile nicht stofflich oder direkt wiederverwenden lassen, muss es das Ziel sein, die Lebenserwartung der Gebäude und die Zufriedenheit der NutzerInnen mit den Gebäuden zu erhöhen, um einen möglichst nachhaltigen Gebäudebestand zu erreichen. In den letzten Jahren sind zahlreiche Forschungen und Ideen zu Gebäuden und Bauweisen vorgelegt worden, die sich besser rezyklieren lassen. Dennoch sind die Fortschritte in diesem Bereich überschaubar. Weit entfernt ist die Bauindustrie von Gebäuden oder auch nur Komponenten, die sich in großen Serien zu wettbewerbsfähigen Preisen aus nachwachsenden Rohstoffen herstellen und / oder am Ende des Lebenszyklus wiederverwenden lassen.

Der Wandel der Gesellschaft wird in der Praxis des Wohnungsbaus nur durch eine Zunahme von kleinen Wohnungen reflektiert: So sank die Haushaltsgröße in Deutschland von 2,74 Personen in 1970 auf 2,02 in 2011.[134] Die durchschnittliche Haushaltsgröße lag 2015 bei 1,78 [135] Personen, wobei 55,2% der Haushalte Einpersonenhaushalte sind. Es wird prognostiziert, dass die Haushaltsgröße im Durchschnitt auf 1,77 in 2030 zurückgeht [136] aufgrund der steigenden Lebenserwartung und der Erosion traditioneller Familienstrukturen (Zerfall der Großfamilien, Patchwork-Familien, Alleinerziehende, sinkende Kinderzahlen, Scheidungen). Die demographische Entwicklung wird derzeit in vermarktbare Produkte übersetzt: In Zukunft müsste der Wohnungsmarkt eine große Anzahl an kleineren Wohnungen anbieten, die für ältere Menschen geeignet sind. In Innenstadtlagen werden mit Mikro-Appartments und Service-Wohnen Angebote geschaffen und Nischen besetzt, die auf die aktuelle Nachfrage reagieren oder diese stimulieren. Es darf aber vermutet werden, dass der Bestand an unflexiblen Wohnungen dem zukünftigen Bedarf ebenso wenig gerecht wird wie der Großteil der derzeit entstehenden Wohnungen. Vor allem die Mikro-Apartments sind in dieser Hinsicht auf eine nachhaltige Nutzbarkeit und die soziale Wirkung kritisch zu bewerten, weil hier die Flexibilität minimal ist. Nicht nur die räumliche Struktur, auch rechtliche Aspekte (getrennte Nutzungseinheiten, Brandabschnitte, Eigentumsverhältnisse, Mietverträge) führen dazu, dass diese kleinen Wohneinheiten in der Praxis nicht zusammengelegt oder anders genutzt werden können. Bedenkt man die rasanten Veränderungen der Lebensweisen und sozialen Strukturen, so sind diese spezifischen Wohnungsgrundrisse weder zukunftsfähig noch nachhaltig.

Dieser Trend, Wohnen zu individualisieren, führt auch zu einer Zunahme der Wohnfläche pro Kopf und einem hohen Ressourcenverbrauch. So bewirkt die Zunahme an Wohnfläche pro Kopf, dass alle Effizienzgewinne der letzten Jahrzehnte überkompensiert wurden. Die steigende Wohnfläche pro Kopf liegt auch der Wohnungsnot in den Ballungszentren zu Grunde und trägt zu den steigenden Wohnkosten bei.

Verstärkt wird dieser Trend zur Vereinzelung des Wohnens durch die übliche Praxis im Wohnungsbau, ausdifferenzierte Grundrisse zu planen, die unflexibel sind und sich nur schwer umnutzen oder anpassen lassen. Seit der Moderne werden Wohnungen spezifischer auf ein angenommenes Nutzungsprofil hin entworfen und gebaut (Funktionalismus). Die Grundrisse der Wohnungen insgesamt und der einzelnen Räume richten sich – entgegen der allgemeinen gesellschaftlichen Entwicklungen – noch nach der Vorstellung einer traditionellen Familie. Diese Wohnungen können nur schwer an andere Nutzergruppen, veränderte Anforderungen (altersgerechte Wohnungen, Barrierefreiheit, rollstuhlgerechte

133 Statistisches Bundesamt: *Abfallaufkommen*. Umweltbundesamt, 2018.
134 Statistisches Bundesamt: *Haushalte nach Zahl der Personen*. Bundeszentrale für politische Bildung (bpb), 2012.
135 Referat für Stadtplanung und Bauordnung: *Prognose Der Münchner Privathaushalte: Haushaltsvorausberechnung 2014 bis 2030*. München, 2015.
136 Ibid.

Wohnungen, gemeinschaftliches Wohnen) angepasst werden. Die Wohnungen lassen sich nicht teilen oder verbinden. Die fehlende Anpassungsfähigkeit der Wohnungen führt auch dazu, dass die Wohnungen nicht ausreichend genutzt werden, wenn ältere Menschen nach dem Ausziehen der Kinder in zu großen, nicht teilbaren Wohnungen wohnen. Oder aber die Wohnungen müssen aufgrund dessen häufiger umgebaut, saniert oder neu gebaut werden. Dies führt wiederum zu einem hohen Ressourcenverbrauch und verteuert das Wohnen.

Die alternativen, gemeinschaftlichen Wohnformen, insbesondere die Wohngemeinschaft (WG), werden in der allgemeinen Vorstellung nur für jüngere Menschen oder bestimmte Szenen (Hippies, Aussteiger) für geeignet gehalten. So ist die Vorstellung, mit einer traditionellen Familie in einer Wohngemeinschaft zu leben, den meisten Menschen fremd. Neben den sozialen und kulturellen Implikationen hat das auch mit den Wohnungen zu tun, die meist nicht für das gemeinschaftliche Wohnen entworfen wurden, weswegen gerade die gemeinschaftlich genutzten Flächen und Einrichtungen (oder das Fehlen ebendieser) zu Konflikten führen. Vorstellbar ist jedoch, dass neue Angebote für gemeinschaftliche Wohnformen (zum Beispiel Cluster-Wohnungen) verstärkt nachgefragt werden, welche gezielt auf das konfliktarme Zusammenleben von Menschen ausgelegt sind.

Das für diese Studie zentrale Argument für flexible und anpassungsfähige Wohnungen ergibt sich aus der Möglichkeit der Interaktion der NutzerInnen mit dem Gebäude. So kann die Wohnzufriedenheit der NutzerInnen zunehmen, wenn die Wohnungen sich an die jeweiligen Wohnbedürfnisse und Wünsche anpassen lassen. Auch ließen sich solche Wohnungen zu einem späteren Zeitpunkt erneut verändern, wenn dies gewünscht oder notwendig ist. Bei unflexiblen Wohnungen sind die NutzerInnen häufig schon beim Einzug nicht mit der Wohnung zufrieden, wählen aber unter den verfügbaren Optionen das kleinste Übel. Auch hier darf die hohe Nachfrage nicht mit einer hohen NutzerInnenzufriedenheit verwechselt werden. Auch haben die meisten Menschen zumindest im westlichen Kulturraum eine überkommene Vorstellung einer anpassungsfähigen oder flexiblen Wohnung. Wohnungen altern, Möbel, Oberflächen, Ausstattungen von Bädern und Küchen sind technisch oder modisch obsolet, Wohnungen müssen aufwendig renoviert und umgebaut werden. Die Idee, dass eine Wohnung leicht bei einem MieterInnenwechsel oder einer sich wandelnden Lebenssituation verändert werden kann, liegt außerhalb der Vorstellung der meisten Menschen. Das Fehlen einer Wohnkultur des flexiblen Wohnens ergibt sich aus dem Fehlen entsprechender Angebote und Wohnerfahrungen. Verbreiterter und damit auch bekannter und beliebter sind die nutzungsneutralen oder indeterminierten Räume und Wohnungen. Diese Studie geht davon aus, dass entsprechende Angebote und die technischen Möglichkeiten des flexiblen Wohnens auch dazu führen, dass eine neue Wohnkultur entstehen kann.

N. John Habraken // De dragers en de mensen

4.2.5

Habraken legte 1961 mit *De dragers en de mensen: Het einde van de massawoningbouw* [137] eine Theorie zu Städtebau und Architektur vor, die sich als Streitschrift gegen den Massenwohnungsbau der Nachkriegszeit versteht. Habraken kritisiert zunächst die Produktions- oder Planungslogik des Massenwohnungsbaus. Er beschreibt, dass diese davon ausgehe, die Wohnbedürfnisse der Menschen könnten durch eine konkrete physische Form – ein Produkt ‚Wohnen' – befriedigt werden. Dem hält er entgegen, dass diese tatsächlich nur durch Eigeninitiative und die Möglichkeit, selbst zu bestimmen und / oder zu produzieren, befriedigt werden könnten.[138]

Abbildung 10: Bedürfnishierarchie angelehnt an Maslow, Graphik: DGJ Architektur, 2016.

Habraken differenziert nicht zwischen unterschiedlichen Arten von Wohnbedürfnissen. Seine These kann aber theoretisch gestützt werden von der Theorie mit der von Maslow bereits 1943 postulierten Einteilung menschlicher Bedürfnisse in Grundbedürfnisse (‚the basic needs' oder auch ‚the physiological needs')[139] und Wachstumsbedürfnisse (‚higher needs') einteilt setzen.[140] Darüber lässt sich differenzierter darstellen, dass der Massenwohnungsbau die Grundbedürfnisse (Schutz, Wärme usw.) erfüllt, jedoch nicht die Wachstumsbedürfnisse befriedigen kann. Die generelle Behauptung, dass der Massenwohnungsbau nicht den menschlichen Bedürfnissen entspräche, lässt sich somit relativieren. Umso deutlicher werden aber auch die Defizite benannt.

Die Grundbedürfnisse nach Maslow, welche durch einen defizitären Zustand ausgelöst werden, finden sich in der Abbildung auf den vier unteren Ebenen, Wachstumsbedürfnisse, welche sich durch das Streben nach Selbstverwirklichung und Entfaltung der Persönlichkeit auszeichnen, darüber. Maslow nimmt dabei an, dass sich diese Bedürfnisse im Laufe des Lebens entwickeln. Dabei müssen die grundlegenderen Bedürfnisse zuerst befriedigt werden bevor die nächste Ebene relevant wird. Dies erklärt, weshalb die Bedürfnisse häufig in Form einer Pyramide dargestellt werden, obgleich diese erst später zur Veran-

137 N. J. Habraken: *De Dragers En de Mensen: Het Einde van de Massawoningbouw*. Amsterdam: Scheltema & Holkema, 1961. Deutsche Übersetzung: N. J. Habraken: *Die Träger und die Menschen: Das Ende des Massenwohnungsbaus*. Den Haag: Arch-Edition, 2000.
138 Ibid.
139 Abraham H. Maslow: *A Theory of Human Motivation*. In: *Psychological Review 50 (1943)*, S. 372.
140 Abraham H. Maslow: *Motivation and Personality.* New York: Harper & Row, 1954, S. 98.

schaulichung eingeführt wurde.[141] Die Hierarchie ist nicht einer Wertigkeit, sondern vielmehr der psychologischen Entwicklung zuzuordnen. Nach Galliker lässt sich die Reihenfolge des Strebens nach Bedürfniserfüllung durchaus umkehren.[142] Wer die Erfüllung von Wachstumsbedürfnissen kennengelernt habe, werde diesen mehr Bedeutung beimessen und könne – zumindest zeitweise – auch Entbehrungen auf unteren Ebenen dulden. Für Habraken liegt der Mangel des Massenwohnungsbaus in der fehlenden Anteilnahme und Aneignung. Er definiert Wohnen als eine „Relation zwischen dem Menschen und [der] Umgebung".[143] Entsprechend beschreibt er das Wohnen als einen aktiven Prozess der Aneignung: Die Menschen richten sich ein und verändern das Wohnumfeld nach ihren Bedürfnissen. Diesem Drang nach Aneignung möchte er mit seiner Theorie einen Raum eröffnen. Ein Argument ist dabei, dass weder die Bedürfnisse noch das Verhalten der jetzigen oder von zukünftigen BewohnerInnen selbst soweit vorausgesehen werden können. Daher plädiert er für ein gewisses Maß an Offenheit und Unbestimmtheit.

Habraken beschreibt die industrielle und maschinelle Fertigung von Wohnungen als Ansatz für die Begründung eines neuen Wohnungsbaus.[144] Die Uniformität des Massenwohnungsbaus ist dabei nicht in der industriellen Fertigung begründet, sondern als eine Notmaßnahme in Krisenzeiten und großer Wohnungsnot entstanden. Seiner Vorstellung nach lassen sich auch in Großserie Bauweisen in industrieller und maschineller Fertigung entwickeln, die eine große Vielfalt von Gebäuden, Ausprägungen und Aneignungen zulassen. So seien Maschinen in anderen Industrien und Lebensbereichen dazu genutzt worden eine große Vielfalt von unterschiedlichen Produkten und dadurch eine breite Auswahl für die EndverbraucherIn zu erreichen. Diese Chancen sieht er durch den Massenwohnungsbau nicht genutzt.

Habrakens Kritik erstreckt sich vor allem auf den städtebaulichen Maßstab. So wurden nach dem zweiten Weltkrieg vielerorts großmaßstäbliche, monotone Wohnsiedlungen errichtet, die wenig Spielraum für die Aneignung des Stadtraums oder individuellen Ausdruck ließen. Hierin sieht er einen Widerspruch zu der immer stärkeren Heterogenität der Gesellschaft und Lebensweisen. Er fordert diese Makro-Strukturen des Massenwohnungsbaus durch eine feinere und flexiblere, offene Struktur zu ersetzen oder zu ergänzen. Die Rolle der Stadtplanung sieht Habraken nicht im Entwurf einer Stadt, sondern in der Definition von Spielregeln, innerhalb derer sich die Interkation von Menschen und Umgebung entfalten kann.[145] Ausgangspunkt der Wiederherstellung der „natürlichen Relation" und Ansatzpunkt dieser Bauweise ist die Selbstständigkeit der Wohnung.

Seine Idee der ‚Träger und der Menschen' beschreibt eine Wohnarchitektur, die sich in zwei Ebenen gliedert: Die erste Ebene bilden die Träger (support), eine stabile und einheitlich entworfene und industriell gefertigte Strukturen. Die zweite Ebene, die ‚Füllung' (infill), wird von den Menschen (NutzerInnen und/oder einer zweiten Gestaltungsinstanz) individuell gestaltet, interpretiert und weitergebaut. Die Träger, (‚support'), sind vor allem konstruktiv und städtebaulich gedacht, weil sie auch den Stadtraum definieren.

141 „If all the needs are unsatisfied, and the organism is then dominated by the physiological needs, all other needs may become simply non-existent or be pushed into the background." Maslow: *A Theory of Human Motivation*. Und: „But what happens to man's desires when there is plenty of bread and when his belly is chronically filled? At once other (and ‚higher') needs emerge and these, rather than physiological hungers, dominate the organism. And when these in turn are satisfied, again new (and still ‚higher') needs emerge and so on. This is what we mean by saying that the basic human needs are organized into a hierarchy of relative prepotency." Ibid., S. 375.
142 Mark Galliker: *Psychologie der Gefühle und Bedürfnisse: Theorien, Erfahrungen, Kompetenzen*. Stuttgart: Kohlhammer, 2009.
143 Habraken: *Die Träger und die Menschen: Das Ende des Massenwohnungsbaus*. S. 16.
144 Ibid., S. 34ff.
145 Ibid., S. 22f.

Ein Träger ist eine Konstruktion, in der sich eine Anzahl an Wohnungen zusammenstellen lässt, die jede für sich – unabhängig von den anderen Wohnungen darin – gebaut, verbaut, oder auch abgebrochen werden kann.[146]

Die einzelnen Wohnungen werden wie Bücher von einem Bücherregal getragen. Habraken vermeidet eine Bebilderung von ‚De dragers en de mensen' - bebilderte diese später an anderer Stelle. Er grenzt die Träger gegenüber einem nicht ausgebauten Skelettbau ab und betont, dass es sich um eine in sich fertige Infrastruktur zur Aufnahme der Wohnungen handelt. Diese Strukturen „schlängeln sich durch die Landschaft" und heben die Wohnungen über den Erdboden.[147]

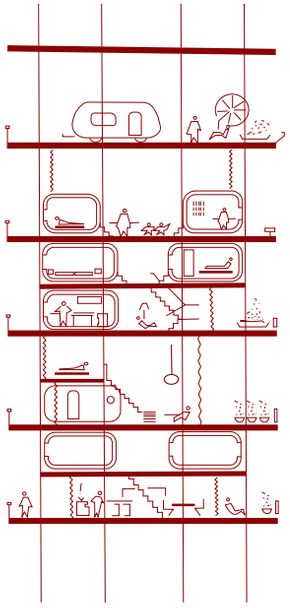


Abbildung 11:
Skizze zu Träger (‚supports') und Einfüllung (‚infill') nach Habrakens Supports' Theorie
Graphik:
DGJ Architektur 2020.

Er beschreibt auch die Implementierung und die Produktion der Wohnungen. Gegeben ist zunächst ein leerer Raumausschnitt (Option für eine Wohnung), die als Rohbau aus Beton mit einer Laubengangerschließung vorgestellt wird. Dieser Leerraum wird nach den Wünschen der NutzerInnen aus einem Katalog vorgefertigter Bauteile ausgefüllt (Baukasten-System). Es wird eine Industrie von HerstellerInnen und DienstleisterInnen erdacht, die den individuellen Ausbau der Wohnungen und spätere Anpassungen umsetzen. Habraken nimmt hier eine in den Niederlanden mittlerweile verbreitete Kultur vorweg, indem die Wohnungen in vergleichsweise kurzen Abständen von durchschnittlich sieben Jahren gewechselt und die neuen Wohnungen dann umgebaut werden. Damit führt er eine zeitliche und ökonomische Hierarchie ein: Die Träger sollen Jahrhunderte überdauern, sind kostspielig und nur langsam zu erstellen. Die Wohnungen sind kurzlebige Konsumware, die kostengünstig massenweise hergestellt wird.

Habraken führt keine eindeutige Bezeichnung für die neue Bauweise ein, sondern beschreibt diese als ‚natürliche Relation'. Benannt werden die Träger und die Wohnungen, weswegen im Diskurs meist von ‚support' und ‚infill' gesprochen wird. Arnulf Lüchinger führt 2000 in seiner deutschen Übersetzung von Habrakens Buch den Begriff der ‚2-Komponenten-

146 Ibid., S. 42.
147 Ibid.

Bauweise' ein.[148] Die Theorie der ‚Träger und der Menschen' wurde am SAR (Stichting Architecten Research in Eindhoven, NL) weiterentwickelt, deren Direktor Habraken zwischen 1965 und 1975 war. Am SAR wurde bis 1987 an Planungsmethoden und Technologien geforscht, um die ‚support'- und ‚infill'-Strukturen und die notwendigen Planungsprozesse zu verbessern. So erarbeitete SAR verschiedene Methoden für die Entwicklung der Träger auf dem Level der Gebäude (SAR 65 „Basic methods for designing residettial supports without predetermining the size of layout of dwelling") und der Siedlung (SAR 73 „A methodology for he design of urban tissue").

Habraken hat mit seiner Publikation und der folgenden Forschung viele Projekte in den Niederlanden und anderen europäischen Ländern (unter anderem Aldo van Eyck, Hermann Hertzberger, Lucien Kroll und Jacob Bakema) beeinflusst sowie die ‚Open Building'-Bewegung initiiert.* Es finden sich weltweit zahlreiche Beispiele, die sich mehr oder weniger direkt auf Habrakens Theorie beziehen. Auch im städtebaulichen Maßstab wurden die Ideen weiterentwickelt. Hier sind Kenzo Tange (Tokyo Bay Plan 1960), Candilis, Josic, Woods, Schiedhelm, 1963–73 (Freie Universität Berlin 1963–73) und Adrian Geuze, West 8, neben vielen anderen zu nennen. Grundsätzlich eignet sich die Trennung der Planung und Ausführung in die unterschiedlichen Ebenen mit unterschiedlichen Zuständigkeiten, wie diese durch die Trennung von ‚support'- und ‚infill' gegeben ist, besonders gut für größere Maßstäbe und Projekte, bei denen zwischen Trägern (Stadtstruktur, Infrastruktur) und Einfüllung (Gebäude) ohnehin meist unterschieden wird.

Siehe dazu:
Kapitel 4.2.6
Open Building

Exemplarisch wird nachfolgend ein frühes Beispiel für die Umsetzung und Weiterentwicklung von ‚support' und ‚infill' diskutiert. Lucien Kroll hat sich bereits früh mit partizipatorischer Planung auseinandergesetzt und beispielsweise seine Wohnung und sein Atelier in Brüssel 1962 in einem Gruppenprozess umgesetzt.[149] Unter dem Einfluss der StudentInnenbewegung erhielt Kroll Ende der 1960er Jahre den Auftrag für die Planung von Studentenwohnheimen in Woluwe für die belgische Universität Louvain bei Brüssel. Kroll bezog sich explizit auf Habraken und erarbeitete die Planung in einem wochenlangen Interaktionsprozess mit den Studierenden, bei dem die Planstände in Modellen und Plänen dargestellt und diskutiert wurden. Die Interaktion war jedoch nicht allein auf die Planungsphase beschränkt. So waren die Gebäude als Träger geplant und die Wände in den Wohnungen versetzbar, um den Studierenden weiterführende Einflussnahme auf ihr Wohnen zu ermöglichen.

Abbildung 12:
Centre social Université catholique de Louvain, Woluwe-Saint-Lambert, Archietkt Lucien Kroll,1970–72
Foto:
Tijl Vereenooghe.

148 Arnulf Lüchinger: *2-Komponenten-Bauweise: Struktur und Zufall*. Den Haag: Arch-Edition, 2000.
149 Ibid., S. 23f.

Open Building 4.2.6

Nachfolgend wird zunächst die ursprüngliche ‚Open Building'-Bewegung beschrieben, die auf den Konzepten Habrakens aufbaut, und deren Weiterentwicklung bis heute verfolgt.

‚Open Building' 1.0 (1980 – ca. 2000) 4.2.6.1

‚Open Building' beruft sich auf Habraken, sowie umgekehrt auch Habraken an verschiedenen Stellen auf ‚Open Building' als eine Art Umsetzung seines Konzepts verweist. Die Akteure der ‚Open Building'-Bewegung greifen Habrakens ‚support'- und ‚infill'-Konzept auf. Gleichzeitig ist ‚Open Building' zu einem Sammelbegriff unterschiedlicher Ansätze des partizipatorischen Planes und Bauens, Design-Build-Projekte (Selbstbau) sowie von ‚support'- und ‚infill'-Konzepten (nach Arnulf Lüchinger: 2-Komponenten-Bauweise)[150] geworden. Organisatorisch ist ‚Open Building' ein informelles Netzwerk von Interessierten, hauptsächlich aus unterschiedlichen akademischen Kontexten, die ein Interesse an der Theorie und Umsetzung von ‚support'- und ‚infill'-Strukturen sowie der Forschung der SAR haben, und sich über Konferenzen und Publikationen austauschen. Habraken benennt als Namensquelle die Forschungsgruppe ‚Open Building Foundation' der TU Delft der 1980er Jahre, aus der sich die Bewegung entwickelt habe.[151] Formal begründet wurde die Bewegung 1996 in Tokyo während der CIB W104 Open Building Implementation (www.open-building.org) unter der Schirmherrschaft des CIB – (International Council for Research and Innovation in Building and Construction (www.cibworld.nl)). Auf der Homepage des Netzwerks werden die Konzepte vom derzeitigen Koordinator Prof. Dr. Stephen Kendall folgendermaßen vorgestellt:

> *Open Building is an approach to the design of buildings that is recognized internationally to represent a new wave in architecture, but a new wave with roots in the way ordinary built environment grows, regenerates and achieves wholeness. Those advocating an open building approach recognize something quite unremarkable but something that nevertheless needs to be made explicit: that both stability and change are realities in contemporary built environment. Buildings - and the neighborhoods they occupy - are not static artifacts even during the most stable times, and during times of social and technical upheaval need adjustment in some measure to remain attractive, safe and useful.* [152]

Zentral zu dieser Definition von ‚Open Buildings' ist somit die Integration der Zeit oder Zeitlichkeit in den Entwurfsprozess. Ignacio Borrego erklärt, dass der Paradigmenwechsel der ‚Open Buildings' darin besteht, dass sie den Versuch unternehmen, die zeitlich begrenzte Interaktion der NutzerInnen mit dem Gebäude in Entwurf und Konstruktion umzusetzen.[153] Die Frage der Partizipation wird mit der Frage der Zeitlichkeit der Gebäude verknüpft.

John Habraken charakterisiert ‚Open Buildings' mit sechs Ideen, die sich auf der Homepage (www.open-building.org) wiederfinden:

150 Lüchinger: *2-Komponenten-Bauweise: Struktur und Zufall*.
151 Morado Nascimento: *N. J. Habraken Explains the Potential of the Open Building Approach in Architectural Practice*.
152 Stephen Kendall: *Reflections on the History and Future of the Open Building Network*. 2015, http://open-building.org/, Zugriff am 1. Dezember 2019.
153 Ignacio Borrego: *Open Building: Material vs. Information*. In: Almudena Ribot et al. (Hg.): *Open Building 2.0*. Berlin: TU Berlin FG Architekturdarstellung und Gestaltung, 2017, S. 42.

> *What is Open Building?*
> *Open Building is the term used to indicate a number of different but related ideas about the making of environment, for instance:*
> *The idea of distinct levels of intervention in the built environment, such as those represented by 'support' (or 'base building'), and 'infill' (or 'fit-out'). Urban design and architecture also represent two discrete levels of decision-making.*
> *The idea that users / inhabitants may make design decisions in their sphere of control, as well as professionals;*
> *The idea that, more generally, designing is a process with multiple participants among whom are different kinds of professionals;*
> *The idea that the interface between technical systems allows the replacement of one system with another performing the same function - as with different fit-out systems (e.g. from different suppliers) capable of being installed in a given base building;*
> *The idea that built environment is in constant transformation, and that, as a consequence, change must be recognized;*
> *The idea that built environment is the product of an ongoing, never ending design process in which environment transforms part by part.* [154]

Die Trennung von ‚support' und ‚infill' ist zentral für die Idee der ‚Open Buildings'. Nur durch die Einführung einer Hierarchie innerhalb der Konstruktion wird es möglich den unterschiedlichen Ebenen individuelle Lebenszeiten und Veränderlichkeit zuzuweisen. Diese Hierarchie wird daraufhin auch in Planungs-, Entwurfs- und Bauprozess sowie im Betrieb des Gebäudes reflektiert. So sind sich die AutorInnen einig, unterschiedliche TeilnehmerInnen an allen Prozessen zu beteiligen. Dies beinhaltet professionelle Beteiligte genauso wie die anschließenden NutzerInnen.

Der veränderliche und von der NutzerIn beeinflusste Bereich (‚infill', der später auch als ‚fit-out' bezeichnet wird) und der unveränderliche, durch die Raumstruktur und die gemeinsame Infrastruktur gebildete Teil (‚support' für den in der ‚Open Building'-Literatur auch der Begriff ‚base building' verwendet wird), formen gemeinsam ein ‚Open Building'. Kendall und Teicher zeigen, dass sich diese Aufteilung sowohl aus der Langlebigkeit der Systeme und Bauteile als auch aus der Anzahl der Betroffenen ergibt.[155] Zentral für die ‚Open Buildings' ist die Gliederung (oder Hierarchie) der gebauten Umwelt im Allgemeinen und der Gebäude im Speziellen in sogenannte Ebenen (‚level') der Entscheidungsfindung.[156] Diesen Ebenen sind physische Strukturen und Elemente zugeordnet.

154 Kendall: *Reflections on the History and Future of the Open Building Network*; Morado Nascimento: *N. J. Habraken Explains the Potential of the Open Building Approach in Architectural Practice*. http://open-building.org/archives/Reflections_on_the_History_and_Future_of_Open%20Building_and_the_OB_Network.pdf, Zugriff am 13. Mai 2020.
155 Stephen Kendall; Jonathan Teicher: *Residential Open Building (Cib)*. London: E&FN Spon, 1999. S. 28.
156 Ibid., S. 31ff.

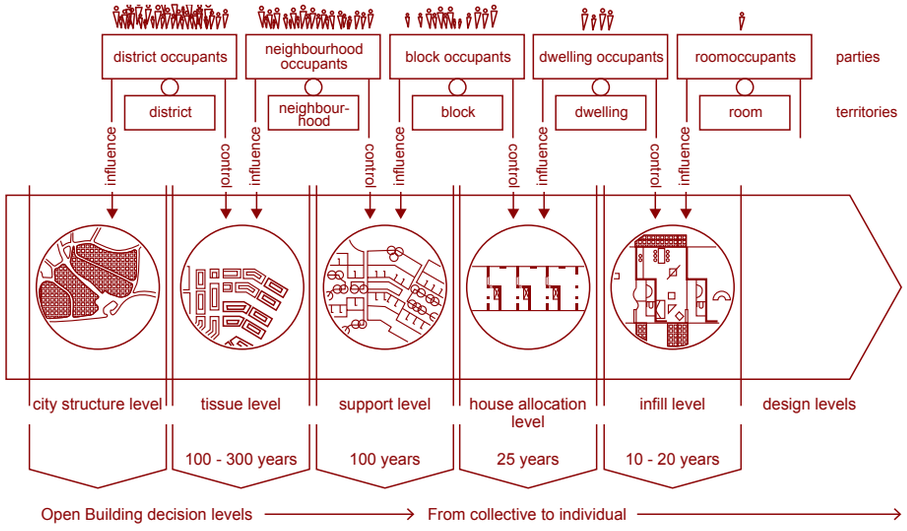


Abbildung 13: *Entscheidungen auf verschiedenen Ebenen bei Open Buildings*, Age van Randen.

Die Entscheidungen innerhalb eines Apartments sind nur für die in der Wohnung Lebenden relevant. Sie können so kurzlebig sein, dass sie mit dem Auszug der BewohnerInnen erneut geplant und geändert werden, um sich an die nächsten BewohnerInnen anzupassen. Die Entscheidungen auf der Ebene des Gebäudes betreffen alle darin lebenden Menschen, sind langfristiger wirksam und schwieriger zu verändern. Am langfristigsten sind Stadt- und Infrastruktur, die sich meist nicht unabhängig von den Gebäuden verändern lassen.

In den frühen Jahren der ‚Open Building'-Bewegung ging die Theorie überwiegend von SAR aus, das Habraken in der ersten Zeit leitete. Zahlreiche Projekte mit Aspekten von ‚Open Buildings' kamen zur Umsetzung, anfangs in Deutschland, Schweden, Schweiz und Österreich, später zunehmend in den Niederlanden.[157] Kendall und Teicher beschreiben, dass bis 1983 weltweit fünfzig ‚Open Building'-Projekte umgesetzt wurden.[158] Trotzdem bestand sowohl in Hinblick auf die technischen Fragen als auch die Planungs- und Implementierungsprozesse noch Entwicklungsbedarf. So wurden einzelne Systeme und technische Lösungen sowohl für die ‚supports' als auch die ‚infills' entwickelt. Durch die Einführung von Doppelböden und abgehängten Decken wurde im Wohnungsbau die Möglichkeit geschaffen, die Leitungen auch im Nachhinein horizontal zu verziehen oder zu verändern. Diese Techniken wurden aus dem Gewerbebau entlehnt und führen im Wohnungsbau notwendigerweise zu höheren Kosten. Auch für Trennwände und Rasterböden wurden Systeme und Produkte entwickelt. Als Beispiel sei hier das ‚Matura Infill'-Bausystem genannt, das auf eine Entwicklung an der TU Delft und Beteiligung von Habraken zurückgeht und zwischen 1986 und 1998 (Bankrott der ‚Matura Inbouw BV') entwickelt wurde. Es beinhaltete einen Systemboden, Installations- sowie Trennwände[159].

Die Bauweise und Materialität der ‚supports' als Grundkonstruktion des Gebäudes ist nicht definiert und kann somit an die lokalen, gesetzlichen, technischen, klimatischen und baukulturellen Anforderungen angepasst werden. ‚Open Building'-Konzepte nehmen meist Bezug auf lokale Bautraditionen und Materialien sowie spezifische Wohnkulturen

157 Ibid., S. 243ff.
158 Ibid., S. 271ff.
159 Stephen Kendall: *Notes Toward a History of the Matura Infill System Development*. Philadelphia, 2015, http://drstephenkendall.com/wp-content/uploads/2017/03/An-Oral-History-of-the-Matura-Infill-System-Development.pdf, Zugriff am 13. Mai 2020.

und Eigentumsmodelle.[160] ‚Supports' beinhalten zudem immer die gemeinsam genutzten Funktionen des Gebäudes: Erschließung (Treppen, Aufzüge, Korridore oder Laubengänge), Gemeinschaftsräume, Waschräume, zentrale Gebäudetechnik und andere geteilte Funktionen. Gleichzeitig sind ‚supports' kein neutrales Tragskelett, sondern ermöglichen eine Vielzahl von Ausbauten und Nutzungen.[161] Somit kann Nutzungsneutralität des ‚supports' als eine wichtige Voraussetzung, jedoch keine bedingte Notwendigkeit für ein ‚Open Building' benannt werden. Wenn die Grundstruktur des Gebäudes sowie Größe und Gestaltung des Raums möglichst geringe Vorgaben machen, entsteht ein geeigneter Spielraum für die Aneignung und die Ausgestaltung der ‚infills'. Nutzungsneutralität ist daher innerhalb einer bestimmten Ebene oder räumlichen Setzung des Systems zu verstehen. Die Ermöglichung (‚empowering of the users') wird für ‚Open Buildings' als wichtiger eingeschätzt als die Nutzungsneutralität.

Unklar bleibt an dieser Stelle, ob ‚supports' grundsätzlich für die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen sorgen sollten. In den frühen Jahren der ‚Open Buildings', in denen diese Anforderungen vor allem die Standsicherheit und den Brandschutz betroffen haben, war dies sicher denkbar. Mit dem hiesigen und heutigen Komplex von Anforderungen wären diese nur bei engen Grenzen für die Ausformulierung und Umsetzung der ‚infills' zu erfüllen, die den gewünschten Freiheitsgrad notwendig einschränkt.

Die Entwicklung der ‚infills' versucht, eine zentrale Problematik des flexiblen Bauens zu lösen: Die Grundrissgestaltung und die Struktur des Gebäudes sind seit der Einführung umfassender und gebäudezentraler Gebäudetechniksysteme für Heizung, Sanitärver- und entsorgung, Lüftung und Elektrotechnik maßgeblich durch die Lage der vertikalen und horizontalen Verteilungen festgelegt. Die Lage und die Leistungsfähigkeit dieser Systeme beschränken die meisten konventionellen Gebäude in einem Maße, dass sie in der Praxis wenig anpassungsfähig sind. Viele der ‚Open Building'-Konzepte aus den 1970er bis 1990er Jahren haben versucht, die Anpassungsfähigkeit der Gebäude dadurch herzustellen, dass die ‚infill'-Systeme in eigenen geometrischen Räumen untergebracht werden: Doppelböden, wie diese bei Bürogebäuden üblich sind, oder neu entwickelte Systemböden (Matrixböden), Kanäle, abgehängte Decken in den darunterliegenden Geschossen und Leitungstrassen und Kanäle in den Wänden. Die vertikalen Leitungen werden in Schächten, leicht zugänglichen Trennwänden und Leitungstrassen geführt, um eine nachträgliche Änderung zu erleichtern. Ziel all dieser Konzepte und Systeme ist es, eine möglichst freie Gestaltung der Grundrisse und einfache nachträgliche Veränderung der Grundrisse und Ausstattung zu gewährleisten. Um ein Mindestmaß an Integration der Systeme zu erreichen, arbeiten die ‚infill'-Systeme häufig mit einer strengen geometrischen Grundordnung, die die Lage der Bauteile definiert. Die Raster sind wiederum typischer Weise kleinteilig, um eine große Flexibilität zu erhalten. Den großen Vorteil sehen Kendall und Teicher darin, dass die Entscheidungswege und die Montage-Prozesse durch die Trennung der Ebenen (‚levels') von Konstruktion und technischem Ausbau unabhängig laufen können.

In der heutigen Praxis des Planens und des Bauens wird meist eine integrale Planung angestrebt, in der alle Bauteile aufeinander und im Sinne eines Systems optimiert sind. Diese Planungsmaxime ergibt sich aus der Erkenntnis, dass zwischen den unterschiedlichen Systemen und Anforderungen an das Gebäude eine große Vielzahl an Abhängigkeiten besteht. So hängt zum Beispiel die Dimensionierung der Heizung, Lüftung und Kühlung von der Gebäudehülle ab. Die Vorteile größerer Anlagen liegen darin, dass sie effizienter arbeiten und die innerhalb eines Gebäudes auftretenden Lastspitzen und Bedarfe mit geringer Gleichzeitigkeit günstig dimensionieren können.

160 Kendall; Teicher: *Residential Open Building (Cib)*. S. 27ff.
161 Ibid., S. 32ff.

Insgesamt lassen sich folgende Aspekte betrachten, die die Effizienz der auf diese Weise konzipierten ‚Open Buildings' im Betrieb senken und die Investitionskosten erhöhen:

- Erhöhung des umbauten Raumvolumens für die zusätzlichen geometrischen Räume für die ‚infill'-Systeme und Leitungsführung
- zusätzlicher konstruktiver Aufwand für die ‚infill'-Konstruktionen gegenüber konventionellen Konstruktionen (z. B. Matrix-Boden statt einfachem Fließestrich)
- geringere Effizienz und notwendige Redundanzen durch dezentrale Gebäudetechnik

Neben architektonischen und bautechnischen Innovationen waren die ‚Open Buildings', wie im vorherigen Beispiel aus Japan zu sehen, auch als ökonomische Innovation konzipiert: So war die Idee, die ‚Open Buildings' in einer Mischform von Vermietung der 'supports' und Eigentum an den ‚infills' zu vermarkten und zu finanzieren. Dadurch sollte die Schwelle zur Erlangung von Wohneigentum gesenkt werden, weil die Investitionssumme für ‚infills' geringer ist als für den Kauf einer Eigentumswohnung. Langfristig sollten so die Gesamtkosten für die Finanzierung für den Bau der ‚infills' und die Miete für die ‚supports' geringer sein.

Kendall und Teicher vertreten die Meinung, dass ‚Open Buildings' sowohl kurz- als auch langfristig kostengünstiger sein können. Faktoren für die Reduktion der Primär-Investition sind neben den oben angeführten (erwarteten) Kosteneinsparungen an ‚support' und ‚infill' eine Reduktion des Aufwands für die Koordination der Baustelle.[162] Die größten Vorteile sind in der höheren Lebenserwartung und in der besseren Passung zwischen den individuellen Anforderungen der BewohnerInnen und dem Ausbau (‚infill') zu sehen, was wiederum die Lebenserwartung des Ausbaus erhöht. Es liegt aber die Vermutung nahe, dass sich die erwarteten ökonomischen Vorteile nicht in dem Umfang realisieren lassen wie erwartet. Dies liegt auch an der geringen Anzahl der Umsetzungen, sodass sich die Skaleneffekte für die Systeme nicht einstellten. Ein weiterer Hinweis ist, dass die entwickelten ‚infill'-Systeme und andere Komponenten überwiegend nicht mehr auf dem Markt verfügbar sind. Kendal und Teicher listen in 2000 folgende Systemlieferanten: Matura Infill (†); Era / Hius in Eigen Hand (keine Produktion); Interlevel, NL (nicht ermittelbar); Esprit, NL (nicht ermittelbar); Bruynzeel Multipanel International BV (https://bruynzeelmultipanel.com/, noch am Markt mit Innenwand und Deckenverkleidungen); Nijhuis, NL, (https://www.nijhuisindustries.com/), Haseko, JP (https://www.haseko.co.jp/hc/english/history.html); Panekyo, JP (http://www.panekyo.or.jp/product/); Sashigamoi, JP (nicht ermittelbar); Mansion Industry System MIS, JP (nicht ermittelbar); KSI Experimental Housing Project - Pilot Project of Kodan Skeleton Infill Housing, JP (nur Prototyp).[163] Von den genannten Lieferanten sind vier weiterhin am Markt. Es findet sich jedoch kein Bezug zu ‚infills' oder vergleichbaren Systemen. Sie vertreiben vorwiegend konventionelle Bauprodukte. Es entsteht der Eindruck, dass die Produktion und der Vertrieb von ‚infill'-Systemen zumindest keine Erfolgsgeschichte ist.

‚Open Building' 2.0 (ca. 2000 – heute)

4.2.6.2

Die ursprünglichen Konzepte von Habraken und der Autorenschaft der ‚Open Buildings' (1.0) sind von Produktionsbedingungen der Nachkriegszeit ausgegangen. Zentrales Motiv aller Vorschläge war industrielle, großserielle Fertigung für die Komponenten und Systeme (‚supports' und ‚infills') zu entwickeln. Die Hoffnung war, mit der ‚Open Building'-Bewegung ein Momentum zu erzeugen. Dieses sollte die Preise für die Herstellung aufgrund von Massenproduktion (‚economy of scale') so weit reduzieren, dass die Mehrkosten für die Bauweise* kompensiert werden. Der Wohnungsnot der Nachkriegszeit geschuldet, fokussiert Habraken auf den großen Maßstab und eine breite Anwendung seines Konzepts. Dies ergibt

Siehe dazu: Kapitel 3.2.6.1 ‚Open Building' 1.0 (1980 – ca. 2000)

162 Ibid., S. 42.
163 Ibid., S. 253.

sich auch aus dem Anspruch seines ersten Manifests, mit der neuen Bauweise eine Alternative zum Massenwohnungsbau entwickeln zu wollen. Die kritische Haltung gegenüber diesem war tatsächlich eine wichtige Motivation für die Erarbeitung seiner Theorie. So entstanden durch die Bautätigkeit der 1960er und 1970er Jahre viele unwirtliche Wohnquartiere, die weder den städtebaulichen Anspruch an eine lebendige Stadt noch an eine akzeptable Wohnqualität erfüllten.[164] Dennoch scheint die Koppelung seines Konzepts der ‚supports' und ‚infills' sowie der Fortsetzung dieser durch die ‚Open Building'-Bewegung an eine großmaßstäbliche, industrielle und technologiegestützte Umsetzung rückblickend nicht schlüssig. Gerade eine auf individuelle Lösungen, kontextuelles Bauen und häufige Umgestaltung ausgelegte Konstruktion ist nur schwer als ein vermarktbares und allgemein einsetzbares Bauprodukt zu entwickeln. So waren die eingeführten ‚infill'-Systeme damit belastet, zu versuchen alle Varianten und Ausbaumöglichkeiten technisch vorwegzunehmen und zu integrieren. Die Erkenntnis aus den ersten Dekaden der ‚Open Buildings' ist aus Sicht der vorliegenden Arbeit, dass es sich bei den umgesetzten ‚Open Buildings' um ambitionierte Einzelfälle und Prototypen handelt, die untereinander wenig Wiederholungen und Skaleneffekte aufweisen. Eine solche inkrementelle Entwicklung ist für das Bauwesen durchaus üblich und sinnvoll. Sowohl die Anforderungen des städtebaulichen und technischen Kontexts als auch die Anforderungen der NutzerInnen im Allgemeinen führen dazu, dass Bauprojekte individuelle Prototypen und keine Massenprodukte sind. Unumstritten liegen in der Standardisierung und Vorfertigung Potentiale. Für die ‚Open Building'-Konzepte und -Strategien sind jedoch neue Konzepte notwendig, die die veränderten Anforderungen an Wohngebäude und die technischen Möglichkeiten reflektieren. Diese werden auch weiterhin im akademischen Rahmen und durch gebaute oder projektierte Beiträge diskutiert und weiterentwickelt.

Die Forschung, Entwicklung und Umsetzung von ‚Open Buildings' der neueren Generation entwickelt sich an folgenden Strängen:

- Weiterentwicklung von ‚support'- und ‚infill'-Konzepten[165]
- Informationstechnologie und Herstellungsmethoden für neue Planungs- und Beteiligungsprozesse:
  - ‚Open Source'-Systeme, zugehörig dazu: ‚Mass Customization'*
  - Implementierung von ‚Open Building'-Konzepten mittels konventioneller Baukon struktion
  - Nutzungsneutralität / ‚Loose-fit'

Siehe dazu: Kapitel 4.2.6.4 ‚Open Source'-Architektur // ‚WikiHouse'

Bei einer Anwendung des Konzepts ‚Open Buildings' auf zeitgenössische Gebäude und den europäischen, technischen und klimatischen Rahmen würde die individuelle Ausgestaltung von Fassaden und Gebäudetechnik aus technischer Sicht zum erheblichen Problem. Es bräuchte für jeden individuellen Ausbau von ‚infills' Nachweise für Wärmeschutz, Schallschutz und eine Baugenehmigung. Hilfreich scheint es daher, die Grenze zwischen ‚support' und ‚infill' so zu definieren, dass die Ausbauten unabhängig von den genehmi-

164 Um von zahlreichen Quellen nur zwei wichtige zu nennen: Jane Jacobs: *The Death and Life of Great American Cities.* New York: Random House, 1961. Alexander Mitscherlich: *Die Unwirtlichkeit unserer Städte: Anstiftung zum Unfrieden*. Frankfurt/M.: Suhrkamp, 1965.
165 Es gibt diverse Veröffentlichungen und wissenschaftliche Diskurse zu der Weiterentwicklung von ‚Open Buildings'. Unter vielen anderen seien hier erwähnt:
Kendall; Teicher: *Residential Open Building (Cib).*
ETH Zürich: *The Future of Open Building Conference*, 2015, http://www.openbuilding2015.arch.ethz.ch/
Stephen Kendall: *Open Building: An Approach to Sustainable Architecture*. In: *Journal of Urban Technology*, 1999.
18th International Conference ‚Gradual Changes', Beijing, China, 2012
17th International Conference ‚Architecture in the Fourth Dimension', Boston, USA, 2011
16th International Conference ‚Open and Sustainable Building', Bilbao, Spain, 2010; http://site.cibworld.nl/dl/publications/w104_16th.pdf, Zugriff am 1. Dezember 2019.

gungstechnisch relevanten Fragen nach Brandschutz, Schallschutz und Wärmeschutz (EnEV-Nachweis) geändert werden können. Dies schränkt jedoch den Freiheitsgrad der ‚infills' erheblich ein, indem zumindest Fassade, Gebäudetechnik und Deckenaufbauten nicht ohne Weiteres verändert werden könnten. Auch Garcia-Germán argumentiert, dass die ursprüngliche Zuordnung unter den aktuellen Anforderungen an Energie-Effizienz und Klimaschutz kritisch zu beurteilen ist.[166] Er setzt sich für eine Definition des ‚supports' als Trag- und Infrastruktur sowie einer spezifischen Atmosphäre ein.

Die ursprüngliche Überzeugung der Notwendigkeit und Wirksamkeit neuer Bautechniken und Fertigungsmethoden und damit die Koppelung von ‚Open Buildings' an die Verfügbarkeit bestimmter BautechnikerInnen war ein Hemmnis für die Bewegung. Tatsächlich wurden zahlreiche erfolgreiche ‚Open Buildings' mit konventionellen Bauweisen umgesetzt. Hierfür dienen die Projekte von Lacaton Vassal als Beispiel. ‚Open Buildings' werden über konventionelle und in vielen Fällen industrielle Massenprodukte aus anderen Baubereichen, z.B. Bausysteme für Fabrikhallen oder Gewächshäuser, errichtet. Die basale Baukonstruktion kann anschließend von den NutzerInnen ausgebaut und eingerichtet werden.*

Siehe dazu: Kapitel 3.2.4.4 Indeterminierte Räume // Nutzungsneutralität

Der verbesserte Informationsaustausch führt dazu, dass für die Organisation und Kommunikation von ‚Open Building'-Projekten heute erweiterte Möglichkeiten bestehen. Schließlich gibt es auch in der Finanzierung von ungewöhnlichen Wohnprojekten durch Crowd-Funding bessere Chancen. Als Beispiel kann hier das Mietshäuser-Syndikat genannt werden, welches finanzielle Sicherheit über den Zugang zu meist kleinvolumigen Direktkrediten bietet, wobei diese nicht vom Mietshäuser-Syndikat eingeworben werden.[167] Derartige Crowd-Funding-Konzepte sind durch die Möglichkeiten des Internets und der sozialen Medien erheblich einfacher geworden.

Wichtig für die Entwicklung neuer Konzepte von ‚Open Buildings' sind die Möglichkeiten der Informationstechnologie, die neue Optionen der Teilnahme von vielen AkteurInnen auf unterschiedlichen Ebenen der Planung, des Betriebs und der Entwicklung von Wohngebäuden ermöglichen. So wird auch die Möglichkeit eröffnet, dass die Abgrenzung zwischen KonsumentInnen und ProduzentInnen zunehmend verwischt.* Gleichzeitig wird bei der Betrachtung der im Internet veröffentlichten Inhalte deutlich, dass trotz der enormen Zunahme der technischen Möglichkeiten, die Bandbreite an Inhalten und Formen im Großen und Ganzen begrenzt ist.

Siehe dazu: Kapitel 3.2.6.3 ‚Open Source'-Architektur // ‚Wiki-House', sowie Kapitel 3.2.3.5 Partizipatorisches Leben // Gemeinschaftliches und geteiltes Wohnen

‚Open Buildings' in Japan

4.2.6.3

In Japan ist das Konzept von ‚Open Buildings' aus verschiedenen Gründen auf fruchtbaren Boden gefallen. Zunächst ist die Nutzungsdauer von Wohngebäuden in Japan generell geringer als in Europa. Traditionelle Holzhäuser werden oft nach 30 Jahren erneuert. Der große Schrein der Tempelanlage in Ise, eines der wichtigsten Heiligtümer in Japan, wird alle 20 Jahre durch einen baugleichen neuen Tempelbau ersetzt. Aus dieser Tradition heraus werden Gebäude, anders als in der europäischen Tradition, nicht als dauerhaft und zeitlos, sondern als veränderlich und vergänglich gesehen. Im traditionellen japanischen Handwerk war eine zweistufige Bauweise üblich. Sie bestand aus den Zimmereigewerken, die den Rohbau erstellen, und den Ausbaugewerken für Böden und Trennwände. Diese Aufteilung lässt sich auf die Logik von ‚support' und ‚infill' übertragen,[168] weshalb auch der Begriff ‚Two-Step-Housing' (wörtlich übersetzt ‚Zwei-Schritte-Wohnen') für diese Bauweise üblich

166 Vgl. dazu: Javier García-Germán: *On the Potential of Open-Building to Unfold a More Intense Interaction with the Environment: Towards an Inclusive View*. In: Almudena Ribot et al. (Hg.): *‚Open Building 2.0'*. Berlin: TU Berlin FG Architekturdarstellung und Gestaltung, 2017, S. 62f.
167 Mietshäuser Syndikat: Mietshäuser Syndikat: Finanzierung' https://www.syndikat.org/de/finanzierung/, Zugriff am 19. August 2020.
168 Kendall; Teicher: *Residential Open Building (Cib)*. S. 23ff.

ist. Gleichzeitig bestand in Japan nach dem zweiten Weltkrieg bis in die 1960er und 1970er hinein ein hoher Bedarf an Wohnungen. Traditionelle Bauweisen beliefen sich überwiegend auf dicht bebaute, ein- und zweigeschossige Wohngebäude aus Holz. Somit paarte sich große Innovationsfreude mit der Notwendigkeit neue Bautechniken für mehrgeschossige Wohngebäude zu entwickeln. Neue Wohnkonzepte und industrialisierte Bauweisen wurden gefördert. Auch in Japan wurde in den 1960er und 1970er Jahren Massenwohnungsbau in großem Umfang umgesetzt. Dabei stellte sich schnell die kurze Lebenserwartung der Gebäude als Problem dar. Gegen Ende der 1970er und in den 1980er Jahren kam es daher zur Erforschung und Umsetzung von ‚Open Building'-Konzepten. Hier wurde die Bewegung auch vom Ministerium für Internationalen Handel und Industrie (MITI) gefördert, das sich auf die Entwicklung von ‚infill'-Systemen konzentrierte.[169] Darüber hinaus wurden experimentelle und innovative ‚Open Building'-Projekte umgesetzt, bei welchen neue Maß- und Konstruktionssysteme für ‚support'-Strukturen entwickelt wurden. So wurden beispielsweise Rippendecken mit den Rippen nach oben eingebaut, um einen Installationsraum zu schaffen, innerhalb dessen die Leitungen verzogen und später auch verändert werden konnten. Wichtig für den Erfolg der ‚Open Building'-Projekte in Japan waren auch die sozialen und ökonomischen Strategien zur Implementierung. So wurden die ‚Two-Step'-Projekte auch in Hinblick auf die Finanzierung in zwei Bereiche unterteilt. Die ‚supports' waren öffentlich oder gemeinschaftlich errichtete, langlebige Strukturen, an deren Errichtung und Instandhaltung sich die BewohnerInnen über eine Miete beteiligten. Diese Systeme sollten ganz im Sinne der Theorie von Habraken von überregionalen Unternehmen in Großserien gefertigt werden. Die vergänglicheren und individuellen ‚infills' sollten im Eigentum entstehen und an die reiche Handwerkstradition Japans anknüpfen.

169 Ibid., S. 248f.

‚Open Source'-Architektur // ‚WikiHouse' 4.2.6.4

Die ‚Open Source'-Bewegung entstand in den späten 1990er Jahren innerhalb der Informationstechnik und geht auf die ‚Freie-Software-Bewegung' zurück, die von Richard Stallman 1983 gegründet wurde.[170] Ziel der Bewegung ist ein freier Zugang zum Netz, zu Software und ein ungestörter Austausch von Daten und NutzerInnen. Die Quellcodes werden offengelegt um von anderen verändert, weiterentwickelt oder als Plattform für eigene Entwicklungen genutzt zu werden.

Die Idee von ‚Open Source' wurde auf andere Wissensgebiete und Industrien übertragen: Alle Arten von Inhalten werden geteilt und weitergeschrieben. Ein wichtiges Beispiel ist das Online-Nachschlagewerk Wikipedia, dem die Idee einer freiwilligen Selbstkontrolle der Einträge durch die NutzerInnen (fernab von kommerziellen Interessen) zu Grunde liegt. Neben der Vernetzung und dem dadurch ermöglichten Austausch von Daten, ist die Idee der ‚Community' zentral für ein ‚Open Source'-System. Die ‚Community' bildet einen geschützten Raum, in dem sich die NutzerInnen gegenseitig und das Projekt respektieren und weiterentwickeln. Der Austausch basiert auf der Annahme, dass die Individuen durch die kollektive Entwicklung von dem gemeinsam erarbeiteten Ergebnis profitieren („do ut des" (lt.), wörtlich: „Ich gebe, damit du gebest"). Die Community funktioniert (wie jede andere soziale Gruppe) darüber hinaus, indem die Einzelnen Anerkennung und Wertschätzung für ihren Beitrag zum gemeinsamen Projekt erfahren.

Grundsätzlich ist die Idee eines gemeinsamen Korpus von Wissen, der innerhalb einer Gruppe geteilt und weitergegeben wird, nicht auf digitale, zeitgenössische Technologien beschränkt. Traditionelle Handwerkszünfte haben ihr Wissen in ähnlicher Weise entwickelt, konserviert und verbreitet. Sie gaben das Wissen jedoch nur innerhalb der Gruppe mit klaren Hierarchien und Strukturen innerhalb der Zünfte weiter. Auch die Wissenschaften haben von Beginn an das Wissen mit allen zur Verfügung stehenden Medien (mündlich, Publikationen, Korrespondenz, Ausbildung) ausgetauscht und so weiterentwickelt. Neu ist die technologische Grundlage durch Computer und das Internet, welche zumindest allen ComputernutzerInnen Zugang zu dem ‚Open Source'-Material gewährt. Dadurch wird die Personengruppe, die an dem Austausch teilnehmen kann, erheblich erweitert. Die Möglichkeit eines weltweiten Datenaustausches hat damit auch eine Offenheit der Systeme befördert.

Wie viele andere Industrien bietet auch die Bauindustrie in der digitalen Planungs- und Produktionskette ‚mass customization' (individuelle Produktion im großen Maßstab) an. Hier haben die KundInnen die Möglichkeit, direkt auf die Produkte Einfluss zu nehmen. Neben der Konfiguration von technischen Geräten gibt es auch die Option, Farben, Designs oder Inhaltsstoffe zu wählen. Hier liegt sicher das größte Potential für die Zukunft: es entschärft den Zielkonflikt zwischen dem Wunsch und der Notwendigkeit zur Anpassung von Gebäuden an die lokalen Gegebenheiten und den Effizienzvorteilen der industriellen Produktion. Diese Angebote der ‚mass customization' sollten sowohl ideologisch als auch technisch von der ‚Open Source' unterschieden werden. ‚Mass customization' ist eine Adaption eines Produkts innerhalb der von der HerstellerIn definierten Grenzen, das proprietär jedoch bei der HerstellerIn bleibt. ‚Open Source' bedeutet eine Öffnung der Nutzungsrechte und explizite Einladung Dritter zu Veränderung und Weiterentwicklung. So wird der Spielraum zur Mitgestaltung durch die SystemgeberIn definiert und das Ergebnis von eben dieser proprietär vereinnahmt und verwaltet.

Ein Beispiel für ein ‚Open Source'-System ist ‚WikiHouse', das den Ansatz einer ‚Open Source'-Technologie auf den Baubereich überträgt. Die britische WikiHouse Foundation'[171] hat ein Bausystem entwickelt, das auf einer einfachen Fertigungstechnologie basiert: Holzwerkstoffplatten oder Sperrholzplatten werden computergesteuert mit einer 2D-CNC-Fräse ausgeschnitten und anschließend gesteckt und / oder verschraubt.

Für den Baubereich besonders relevant ist dabei die Perspektive, dass die Schwelle für die Teilnahme an der Planung oder dem Bauprozess innerhalb eines ‚Open Source'-Bausystems erheblich gesenkt werden kann. Beim beschriebenen ‚WikiHouse' kann grundsätzlich jede Person alle Phasen des Bauens selbst durchführen oder bestimmen. Darin liegt vor allem für das Bauen ein großer Vorteil, weil dieses aufgrund der hohen technischen und öffentlich-rechtlichen Anforderungen unter konventionellen Bedingungen ein stark professionalisierter und unzugänglicher Lebensbereich ist. Denkbar ist zum Beispiel, dass ein ‚Open Source'-Bausystem so entwickelt ist, dass die Entscheidungen der NutzerInnen in eine tragfähige Konstruktion übersetzt werden. In Teilen ist dieser Gedanke in dem hier entwickelten Bausystem bereits angelegt, weil das Planungswerkzeug entsprechende Hinweise auf die Dimensionierung und Optimierung des Systems gibt. Dennoch ist Architektur stark vom Kontext abhängig (oder sollte es zumindest sein). Daher sollte wenigstens für Entwurf und Planung der für die Allgemeinheit relevanten Aspekte (‚support', städtebauliche Setzung, Einbindung in den Kontext, Außenraum) eine spezifische Lösung von ausgebildeten ArchitektInnen entwickelt werden. Im Gegensatz zu einer Software-Anwendung sind Gebäude und Städte langlebig und betreffen eine große Anzahl von Menschen direkt und aufgrund gewichtiger Umweltfolgen und hohen Ressourcenverbrauchs praktisch alle Menschen. Die Komplexität und Bandbreite der Entscheidungen zu überblicken und richtig abzuwägen, gelingt selbst gut ausgebildeten und erfahrenen StadtplanerInnen und ArchitektInnen nicht immer. In Hinblick auf diese Verantwortung sollten die Entscheidungen innerhalb eines ‚Open Source'- oder ‚Open Building'-Projekts auf die individuellen Bereiche klar begrenzt werden. Auch innerhalb dieser Bereiche sollte durch die Möglichkeiten des Systems versucht werden, die Wünsche und Vorstellungen der NutzerInnen so zu steuern, dass die entstehenden Lösungen auch für andere relevant sein können. Die Vorstellung, dass die ‚infills' eine Konsumware sind, die nach 20 Jahren Nutzung beim nächsten Wechsel der BewohnerInnen ausgetauscht wird, lässt sich mit der Vorstellung nachhaltigen Bauens schwer vereinbaren.

---

170 Free Software Foundation: *Freie Software: Was Ist Das?*. https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html., Zugriff am 22. März 2020.
171 Wikihouse: *WikiHouse*. https://www.wikihouse.cc/, Zugriff am 19. August 2020.

Cedric Price 4.2.7

Cedric Price (1934 – 2003) ist einer der Vordenker einer interaktiven und nutzerorientierten Architektur. Seine Arbeiten sind von dem Anliegen einer demokratischen Architektur geprägt, die einen Zugang für alle ermöglichen soll. Dabei beschränkt sich dieses Verständnis, wie im Folgenden gezeigt wird, nicht auf den eigentlichen Entwurf, sondern betrifft auch die Nutzung, Veränderung und Interaktion sowie die Zugänglichkeit der Gebäude und Räume.

Zentral für Price ist eine Vorstellung von Architektur als einem veränderlichen System, das intelligent auf die Umwelt und die Nutzungen reagieren kann. Damit arbeitet Price an ähnlichen Zielen wie die anderen ProtagonistInnen der Avantgarde dieser Zeit (unter anderem Archigram, Metabolisten, Yona Friedman). Im Gegensatz zu seinen ZeitgenossInnen ist Price nicht daran interessiert, aus diesen Ansätzen eine neue Sprache der Architektur oder Gestaltungsansätze zu entwickeln. Während Archigram aus der lustvollen und farbenfrohen Gestaltung der Entwürfe eine futuristische Zukunftsvision entwickelt, die vor allem auch auf die neuen Gestaltungsmöglichkeiten der Technologien Bezug und Einfluss nimmt, gestaltet Price seine Projekte mittels vorhandener Technologien (Werften, Container, Zelte, Kräne, Gerüste, Treppen) und Bauelemente (Fachwerk-Träger, Fenster, Wellblech, Stützen). Er vermeidet geradezu die gestalterische Interpretation oder Überhöhung von einzelnen Teilen oder dem Gebäude als Ganzem. Sein Interesse gilt der Entwicklung von Systemen, Prozessen und den sozialen Implikationen von Architektur und Stadt. Price arbeitet an dem Design von System und nicht an Systemen des Designs.

Cedric Price beschäftigt sich auch mit Wohnungsbau und entwickelt Baukästen für Wohnhäuser. Bekannte Beispiele sind die Projekte *Housing Research* (1971) und *Steel House* (1967). Für *Steel House* entwickelt er ein Konzept des Wohnhauses als ein ‚24-Hour Living Toy'[172], das sich über unterschiedliche zeitliche Zyklen und räumliche Konfigurationen verändern lässt.

In der vorliegenden Studie sollen zwei weniger prominente Beispiele von Cedric Price aufgeführt werden, die aber in Hinblick auf den Maßstab und die physischen Anteile der Architektur gut übertragbar auf die vorliegende Untersuchung scheinen.

Cedric Price // ‚Camden Town Project / Fun Palace Pilot Project North London 1964' 4.2.7.1

1960 bis 1966 arbeitet Cedric Price zusammen mit der Theaterregisseurin Joan Littlewood an *Fun Palace*, einem Kultur- und Erlebniszentrum für eine neue Art Idee von partizipativem Kulturschaffen und -erleben. Das Projekt lässt sich am besten beschreiben als Zusammenspiel von Hardware (Tragwerk, Wände (Screens), Decken, Infrastruktur, Technik) und Software (Programm, Events, kybernetische Steuerung des Gebäudes). Die Hardware besteht unter anderem aus einer offenen und veränderlichen Trag- und Infrastruktur, die einen frei interpretierbaren und nutzbaren Raum, aber in weiten Teilen keinen Witterungsschutz bietet. In diesem Raum können durch die Infrastruktur (Kräne, Treppen, Stege, Brücken, Elektronik, Licht) und sekundäre Elemente Ausstellungen, Konzerte, Performances und andere Veranstaltungen stattfinden. Price versteht *Fun Palace* als Baukastensystem (‚Kit of parts'), in dem die Konstruktion es erlaubt, den funktionalen und räumlichen Rahmen in Hinblick auf die Interaktion mit den BesucherInnen und AkteurInnen stetig zu verändern.

Das eigentliche *Fun Palace*-Projekt wird 1966 eingestellt, allerdings sind die darin entwickelten Ideen prägend für Price spätere Projekte. Auch Piano und Rogers beziehen sich in der Konzeption des *Centre Pompidou* (Centre national d'art et de culture Georges-Pompidou, Renzo Piano, Richard Rogers und Gianfranco Franchini, Paris, 1969–1977) auf das Kultur- und Erlebniszentrum. So sind Decken und Wände in dem Wettbewerbsbeitrag

172 Cedric Price: *24-Hour Living Toy*. Zitiert nach: Samantha Hardingham: *Cedric Price Works 1952–2003: A Forward-Minded Retrospective*. Band 2, London: Architectural Association Publications, 2016, S. 80ff.

von 1973 als bewegliche Elemente geplant, mit denen sich die Räume dynamisch verändern lassen. Auch die exponierte Tragstruktur ist dem Entwurf für *Fun Palace* entlehnt.

Gegen Ende des *Fun Palace* arbeitet Price an sogenannten Piloten, die im Hinblick auf die kulturelle und soziale Absicht dem großen ‚Fun Palace' ähneln. Sie weisen jedoch einen viel kleineren Maßstab auf und basieren auf einem grundlegend anderen konstruktiven und architektonischen Konzept. Unter anderem erarbeitet er 1964 das *Camden Town Pilot Project* oder auch *Fun Palace Pilot Project North London* für ein freies Grundstück, das Littlewood in der Nähe des Theaters angemietet hat.[173]

Fun Palace wird als Großstruktur entwickelt, die Reyner Banham später als ‚Megastruktur'[174] bezeichnen soll. Sie besteht aus riesigen Türmen, weitspannenden Fachwerkträgern und Kränen, die, wenn auch keinen geschlossenen Raum, dennoch einen klaren, räumlichen Rahmen vorgeben und die Ereignisse in diesem Raum technisch ermöglichen. Für das *Camden Town Pilot Project* entwirft Price eine kleinteilige Struktur aus Raummodulen, die sich mithilfe eines Krans auf dem Grundstück versetzen lassen. Die Kuben bestehen aus einem offenen, hölzernen Rahmen, der sich mit unterschiedlichen Böden sowie Wand- und Deckenpanelen schließen lässt. Die Kuben lassen sich bis zu drei Geschosse stapeln und zu unterschiedlichen Clustern zusammenstellen. Sie wurden durch sekundäre Elemente wie Laufstege und Dächer ergänzt.

Das Bausystem wird dabei als ‚Kit of parts', einem Set aus Bauteilen, entwickelt. Alle Bauteile lassen sich gegeneinander austauschen. Voraussetzung für eine maximale Freiheit in der Konfigurierbarkeit ist dabei die Einfachheit der Bauteile und der Geometrie. Durch den Verzicht auf den konstruktiven Rahmen, der beim *Fun Palace* durchaus raumprägend wirkt, entfernt sich Price noch weiter von der konventionellen Vorstellung eines Gebäudes.

Neben den Ausbauten für die Kuben werden große Innen- und Außenräume durch textile Architekturen definiert. Ein Turmdrehkran erlaubt das Versetzen der Module und der anderen Elemente des Bausystems.

Die Komplexität der Architektur entsteht also in der Benutzung, den unterschiedlichen räumlichen Konfigurationen und der Interaktion der Menschen mit dem System. Die modulare Struktur des Aufbaus und die einfache Anpassung stellen eine niederschwellige Einladung zur Anpassung des Gebäudes an die Anforderungen der Umgebung und die Nutzung dar. Zwei Personen sollen die Kuben mittels eines Gabelstaplers versetzen können.[175] Wie bereits bei ‚Fun Palace' entwickelt Price die Modelle und Prozesse zur Anpassung und Veränderung des Gebäudes mit Hilfe der Kybernetik und Theorie der Selbstorganisation, die er in der Zusammenarbeit mit Gordon Pasks kennengelernt hat.[176] Um die Entwicklung des Systems steuern zu können, nutzt er die ‚Critical Path Method', in der die unterschiedlichen Entwicklungswege des Projekts in einem Flussdiagramm dargestellt werden. Diese Visualisierung reduziert bewusst die Komplexität der räumlichen und funktionalen Zusammenhänge im System, um einen Ereignispfad in Hinblick auf einen gewünschten Ausgang identifizieren zu können. In den späteren Projekten von Price werden die technischen, sozialen und kulturellen Methoden zur Entwicklung und Steuerung solcher Systeme eine zentrale Stellung einnehmen.

173 Tanja Herdt: *The City and the Architecture of Change: The Work and Radical Visions of Cedric Price*. Zürich: Lars Müller Publishers, 2016, S. 92f.
174 Reyner Banham: Megastructure: *Urban Futures of the Recent Past.* London: Harper and Row, 1976, S. 86ff.
175 Herdt: *The City and the Architecture of Change: The Work and Radical Visions of Cedric Price*, S. 92
176 Ibid., S. 93

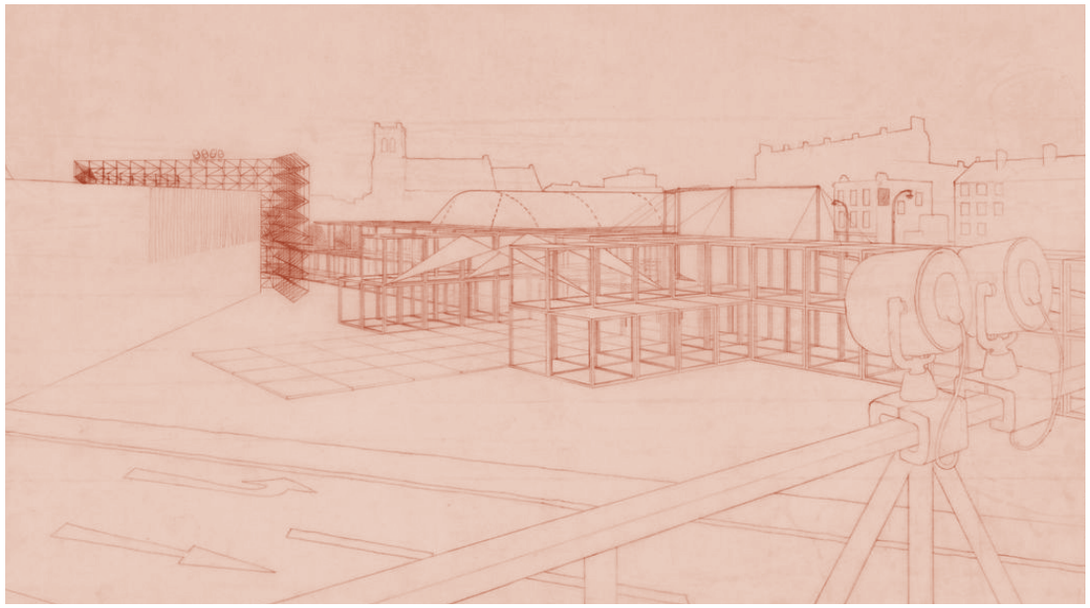


Abbildung 14:
Zeichnung *Fun Palace*,
Cedric Price: Perspektive des Pilotprojektes,
Camden Town, 1964.

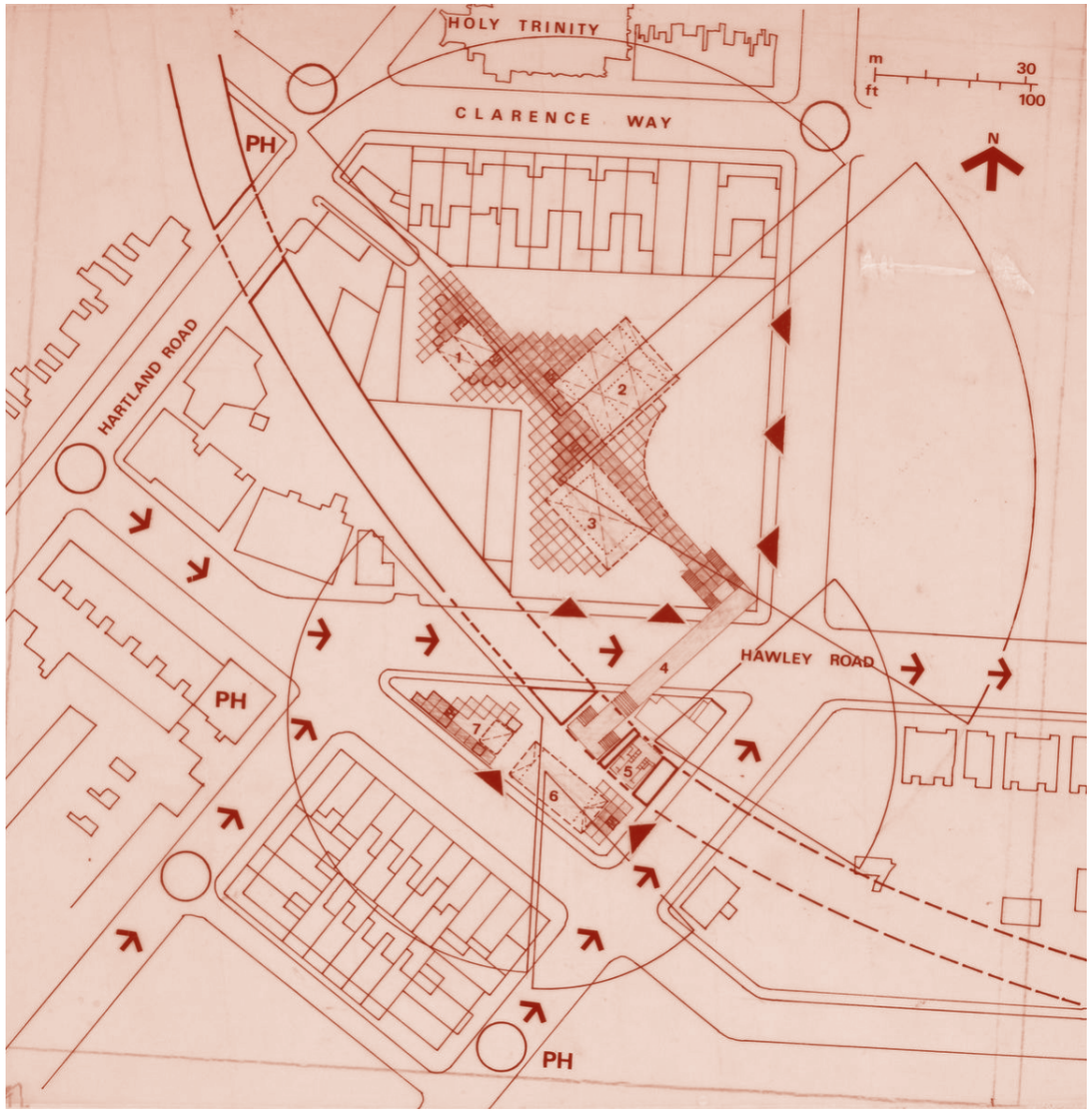


Abbildung 15:
Zeichnung *Fun Palace*,
Cedric Price: Lageplan des Pilotprojektes in Hamley Road,
Camden Town, 1964.

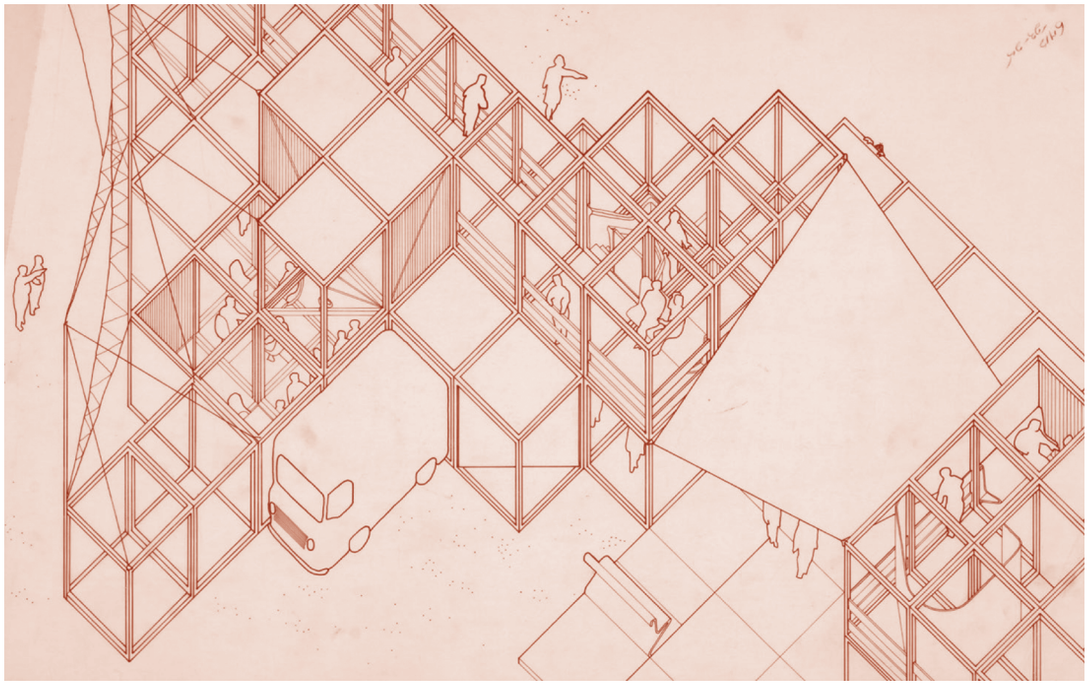


Abbildung 16:
Zeichnung Pilotprojekt *Fun Palace*,
Cedric Price: Skizze von *Kit of parts*, 1964.

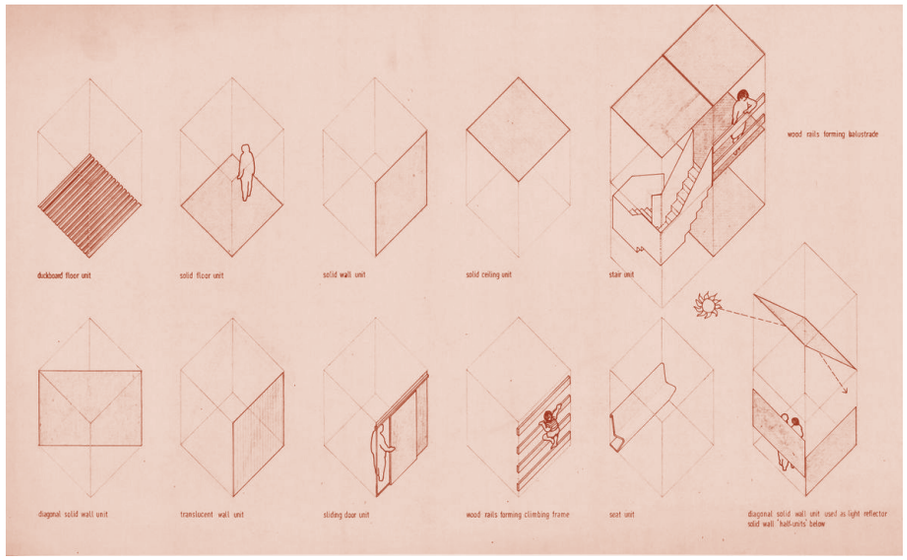


Abbildung 17:
Zeichnung Pilotprojekt *Fun Palace*,
Cedric Price:
Axonometrie zeigt
Grundflächen der
Standardkuben,
Camden Town, 1964.

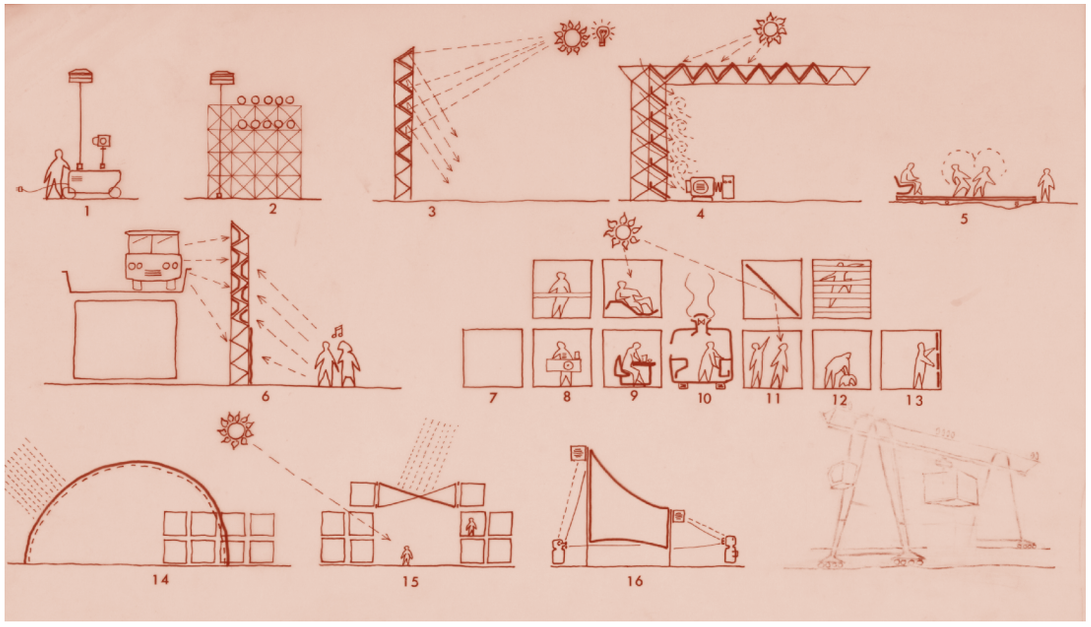


Abbildung 18:
Zeichnung Pilotprojekt *Fun Palace*,
Cedric Price:
Schematische Skizzen
von Basiseinheiten
und Kontroll-
systemen, 1964.

Cedric Price // ‚The Generator Project‘ 4.2.7.2

Als eine direkte Weiterentwicklung des *Camden Town Pilot Projects* kann *The Generator Project* (im Folgenden *Generator*) betrachtet werden, an dem Price von 1976 bis 1980 arbeitet. Howard Gilman, ein Plantagenbesitzer und Papierhersteller (Gilman Paper Company), beauftragt Price in der White Oaks Plantage in Florida eine Art Katalysator für die Angestellten und BesucherInnen zu planen.[177] In beiden in dieser Arbeit vorgestellten Beispielen beschäftigt sich Price mit kulturellen Nutzungen. Sein Interesse an diesen Funktionen erklärt sich aus dem erhöhten Interesse der NutzerInnen an Interaktion und Partizipation im kulturellen Bereich. Genauso trägt die allgemeine Aufbruchstimmung der 1960er, 1970er und frühen 1980er Jahre dazu bei, in denen offene, partizipatorische und nicht-hierarchische Konzepte der Kulturproduktion entwickelt und umgesetzt werden.

Für das Projekt wählte Cedric Price eine Lichtung von 120m × 80m.[178] Der physische Teil der Architektur besteht aus 150 Kuben aus Holzrahmen mit einer Kantenlänge von 4m und höhenverstellbaren Füßen, die auf einem Raster von Betonfundamenten aufgestellt werden. Die Wände der Kuben können mit unterschiedlichen Wandpanelen gefüllt werden. Holzstege und Plattformen dienen der Bewegung der BesucherInnen unabhängig vom unbefestigten Untergrund. Ferner werden Schienen für die Versorgung (‚service-tracks‘), Treppen, bewegliche Wände, Wandtafeln (‚screens‘) und Stützen (‚posts‘) geplant.[179] Die Kuben dienen darüber hinaus als Auflage um weitere Spannweiten mit Fachwerk-Konstruktionen oder textilen Elementen zu überspannen. Die Architektur besteht ausschließlich aus versetzbaren, flexiblen Elementen, die durch Kräne versetzt und neu konfiguriert werden. Die Architektur hat keine feste Form, sondern verändert sich fortlaufend.

Der programmatischen Arbeit stellt Price eine ausgiebige Recherche zu den Interessen und Erwartungen der zukünftigen NutzerInnen voran, für welche er mit Fragebögen und einer Art Steckbrett (ein Holzbrett, bei dem verschiedene Möglichkeiten durch Holzstifte markiert und durch Schnüre Verbindungen markiert werden konnten), Daten erhebt. Der Antreiber für die Veränderung ist wiederum die Nutzung. Price stellt sich vor, dass *Generator* das Verhalten der NutzerInnen beobachten, eine Software dieses und die Nutzung auswerten, beurteilen und dann die Umstrukturierung des Raumes steuern. In gewisser Weise ergibt sich aus dieser Hierarchie, dass die Software die Architektur ist und die jeweilige Konfiguration nur eine Ableitung.

Aus diesen Daten entwickelt er die Software für *Generator*. Hier greift er auf die damals neue Computertechnologie zurück und involviert die ArchitektInnen und CAD-EntwicklerInnen John und Julia Frazer, die die Interaktion zwischen den NutzerInnen, der Nutzung und dem Gebäude moderieren. Der Computer soll unterschiedliche Varianten simulieren und so bei der Auswahl unterstützen.

Insgesamt vier Programme steuern *Generator*: Programm 1 arbeitet als unaufhörlicher Architekt der sich ändernden Planung, der räumlichen Konfigurationen und strukturellen Komponenten inklusive der Schatten, die zu jeder Tageszeit von den Elementen geworfen werden. Programm 2 beobachtet die Elemente und das Inventar und wertet die Daten im Hinblick auf die Intensität der Nutzung der Komponenten aus. Programm 3 ist die Schnittstelle der NutzerInnen und erlaubt diesen, aktiv in die Organisation auf dem Grundstück einzugreifen. Programm 4 gibt dem System eine Art Eigenleben, indem es nicht nur auf die externen Stimuli der Nutzung und der Eingaben reagiert, sondern von sich aus neue Konfigurationen ausprobiert, wenn zu lange nichts verändert wurde (‚concept of boredom‘).[180]

177 Hardingham: *Cedric Price Works 1952–2003: A Forward-Minded Retrospective*. S. 447.
178 Herdt: *The City and the Architecture of Change: The Work and Radical Visions of Cedric Price*. S. 136.
179 Hardingham: *Cedric Price Works 1952–2003: A Forward-Minded Retrospective.* S. 448.
180 Ibid., S. 449.

Neben den Software-Komponenten, die man heute Agenten nennen würde, gibt es auch zwei menschliche AkteurInnen, die die Nutzung beobachten, in den Aktivitäten unterstützen und moderieren (‚Polariser‘) sowie die Umsetzung koordinieren und befördern sollen (‚Factor‘). Das System beschränkt sich auf die Planung und Auswertung der unterschiedlichen Konstellationen. Die fortlaufende Umsetzung und Umstrukturierung, auch die Operation der Kräne, sollen von Menschen durchgeführt werden. Form- und raumgebend in diesem System wirken aber die vier Programme, denen die Art und der Umfang der Reaktion sowie bestimmte Ausführungsmuster vorgegeben sind. Somit ist die Architektur von *Generator* gleichermaßen durch Hardware (Bauteile, Raster, Geometrie) und Software geprägt. Sie entsteht im Dialog dieser Systeme mit den NutzerInnen immer wieder neu.

Neben einer reinen Darstellung sieht Price in dem Einsatz der Computersimulation bei *Generator* noch zwei weitere wichtige Aspekte. Er erhofft sich, sich einer dynamischen Wahrnehmung von Raum und Ereignis innerhalb der Konstellationen anzunähern, die die BesucherInnen auf dem Grundstück haben würden, und für diese Planungsinstrumente zu entwickeln.[181] Darüber hinaus unternimmt er durch den Einsatz des Computers und der menschlichen ModeratorIn (‚Polariser‘) den Versuch, die „Paradoxie des individuellen Handelns“ zu überkommen. Die Simulation mithilfe der Spieltheorie soll erlauben, die Konfiguration mit dem größtmöglichen gemeinschaftlichen Nutzen zu identifizieren.[182] Dies soll durch die Simulation der Summe der individuellen Handlungen und Interessen in der Überlagerung sichtbar werden. Darüber erkennt er, ob diese von den individuellen Intensionen abweichen. Dieser Perspektivwechsel und die Einbeziehung der Interessen der Gemeinschaft sind ein wichtiges Mittel für die Umsetzung der Vision der sozialen Agenda des *Generators*. Perspektivisch denken Price und Frazer darüber nach, die Software so weit zu entwickeln, dass sie selbstlernend und selbstorganisierend neue Entwurfsvarianten in einer Art evolutionären Prozess entwickeln könnte.

Die Arbeit an *Generator* erschöpft sich für Price jedoch nicht in der reinen Entwicklung und technischen Umsetzung des Systems. Vielmehr entwirft er Komponenten und Szenarien, die sich in bestimmte räumliche und funktionale Kompositionen von Teilen des Systems erstrecken. Diese reagieren wiederum auf die klimatischen und topographischen Gegebenheiten des Ortes. Daraus entwickelt Price sogenannte ‚Menus‘, mit deren Hilfe bestimmte räumliche Konstellationen und deren Veränderungen in der Zeit festgelegt werden können. Die Metapher des ‚Menus‘ hält Tanja Herdt für bezeichnend für das Verhältnis von ArchitektIn und NutzerInnen.[183] So bietet die ArchitektIn eine Reihe von sorgfältig durchgearbeiteten Menüs an, die den NutzerInnen in der gleichen Weise vorgeschlagen werden, wie dem Gast die Speisen in einem Restaurant. Damit wird deutlich, dass die reine Entwicklung eines Bausystems nicht die Notwendigkeit der gestalterischen und technischen Umsetzung ersetzt. Dies wird auch dadurch unterstrichen, dass Betrieb und Instandhaltung der Anlage nicht den NutzerInnen und der Technik allein überlassen, sondern durch ausgebildetes Personal aufrecht erhalten wird. Insgesamt erarbeitet Price über Jahre hinweg 25 Menüs. Dabei arbeitet er iterativ, indem er zunächst einzelne Lösungsvarianten (‚Candidates‘) entwirft, um aus diesen Entwurfskriterien abzuleiten. Diese nutzt er in einer zweiten Phase, um neue Varianten zu entwickeln.[184] Die größeren Räume für Tanz oder Theater werden zu Clustern zusammengefasst, an welche kleinere Raumgruppen und Nebenräume angelagert werden. Es gibt auch entfernt positionierte Cluster für individuelle Schlafräume, Sanitäranlagen und Sondernutzungen mit speziellen Anforderungen (zum Beispiel Tonstudios). Auch der

181 Herdt: *The City and the Architecture of Change: The Work and Radical Visions of Cedric Price*. S. 157.
182 Ibid., S. 155
183 Ibid., S. 141.
184 Ibid., S. 144ff.

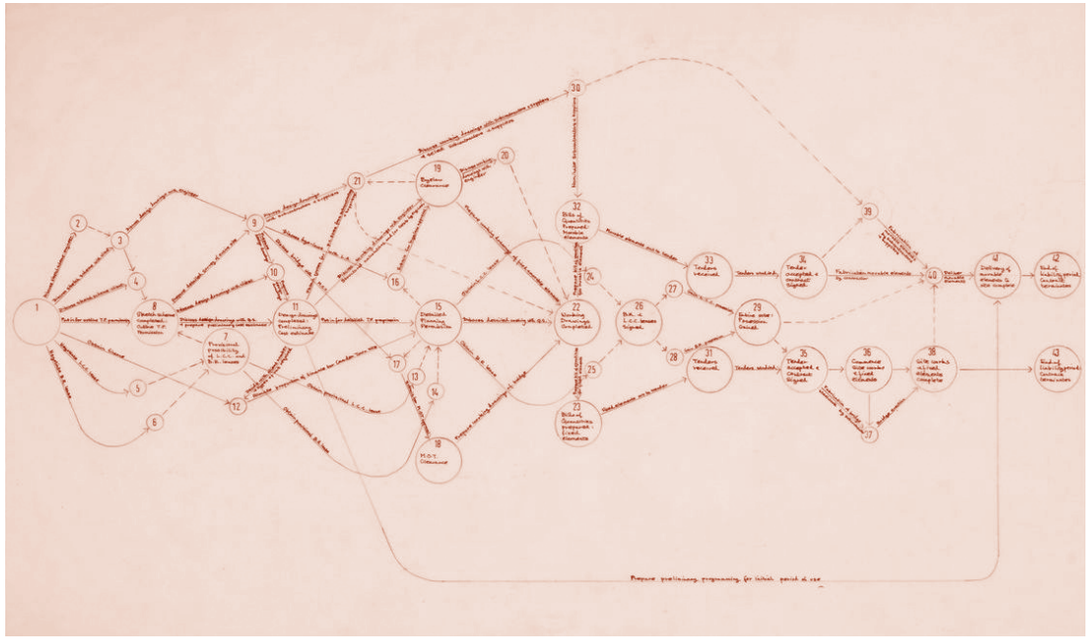


Abbildung 19:
Netzwerkanalyse *Fun Palace*, Cedric Price, 1964/65.

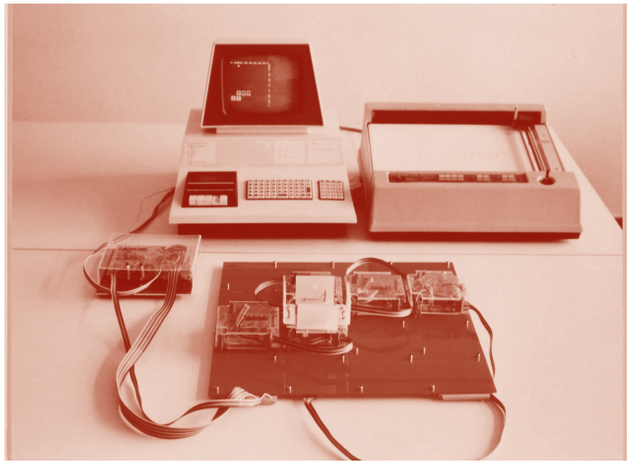


Abbildung 20:
Foto von Computersimulation für *The Generator Projekt*, John und Julia Frazer für Cedric Price, 1976–1979.

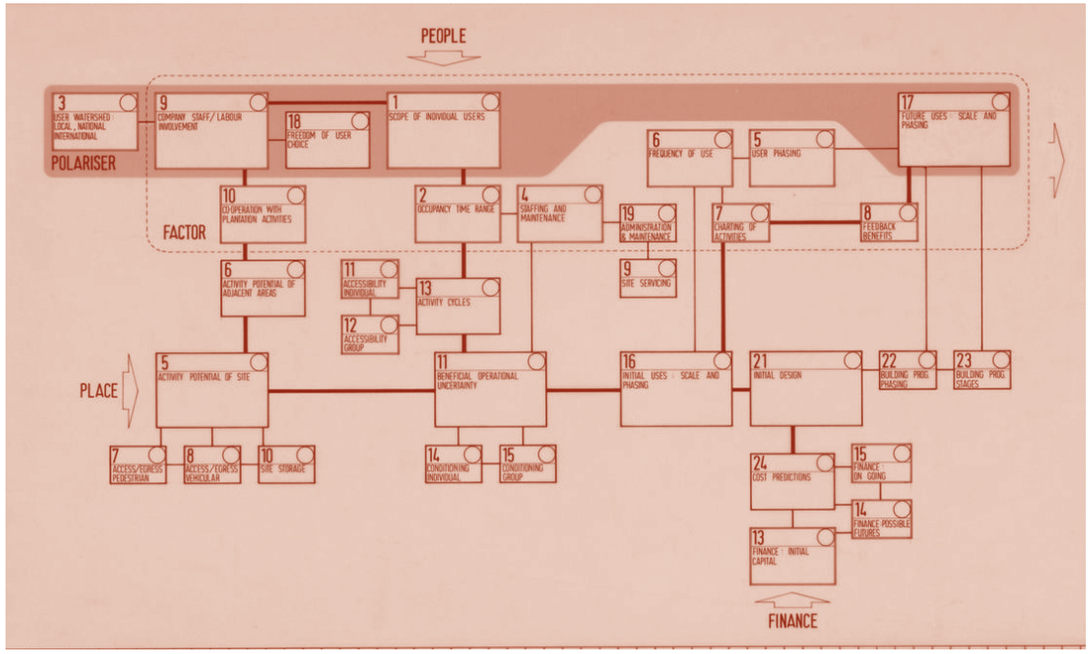


Abbildung 21:
The Generator Project, Cedric Price, White Oak Plantation, Yulee Florida, 1976–1979: Diagrammatische Übersicht über das Zusammenwirken der vier Software-Programm-Module, die den Umbau der räumlichen Struktur steuern.

Außenraum spielt eine wichtige Rolle für den Entwurf der ‚Menüs'. Je nach Nutzung und technischer Anforderung weisen die Bereiche unterschiedliche Eigenschaften und Anpassungsfähigkeit auf. Price spricht hier von ‚toughness' (Robustheit) für diese Räume, die im heißen und feuchten Klima Floridas für unterschiedliche Aktivitäten nutzbar sein sollten, indem Witterungsschutz durch Wandtafeln und Sonnendächern geschaffen wird. Diese Elemente lassen sich ebenfalls direkt von den NutzerInnen verändern.

Generator ist von flachen räumlichen und konstruktiven Hierarchien und schier unbegrenzten Möglichkeiten der Konfiguration der Elemente und Räume geprägt. Dennoch entwirft Price in diesem grundsätzlich offenen System spezifische Räume, Konfigurationen und Szenarien, die durch die Interaktion der NutzerInnen mit dem System abgerufen und rekonfiguriert werden. Um die räumliche Wirkung und den Maßstab der Elemente und Kompositionen zu prüfen und zu optimieren, arbeitet er mit unterschiedlichen Mitteln: physischen Modellen in verschiedenen Maßstäben, diagrammatischen und maßstäblichen Zeichnungen sowie dem Computermodell. Bei letzterem handelt es sich um ein dreidimensionales Modell, in dem die Kuben als physische Modelle mit einem Mikrochip ausgestattet sind, auf einem Rasterfeld bewegt und dann Abbildungen dieser Konstellationen gespeichert werden können. Schließlich werden Vorführmodelle im Maßstab von vier Kuben und Screens gebaut, mit denen unterschiedliche Konstellationen und die Blickbeziehungen zwischen den Kuben auf dem Grundstück getestet werden.[185]

Die Interaktion der NutzerInnen bei *Generator* wird nicht als partizipatorischer Entwurf verstanden. Im Gegenteil ist Price Haltung gegenüber partizipatorischen Gestaltungsprozessen ablehnend, weil durch die Vielzahl der eingebrachten Meinungen Beliebigkeit und schlechte Gestaltung entstehe. „I don't want to hear what forty-five people who have been asked to ring up the radio station think about this or that! [...] [I]t's almost as if everything is justified because the audience can participate. And therefore you get bad theatre, bad films, bad radio, bad television [...]."[186] Price geht es aber darum, den NutzerInnen Zugang und unterschiedliche Nutzungsmöglichkeiten im Sinne einer Interpretation und einer „architecture of enabling" zu ermöglichen. Dies bedeutet eine Öffnung der Architektur für alle NutzerInnen und Nutzungen, weswegen Tanja Herdt in diesem Zusammenhang von Inklusion spricht.

Price versucht bewusst, eine einfache Konstruktion und Handhabung der Elemente zu entwickeln. Auf diese Weise möchte er die NutzerInnen ermutigen, sich aktiv „with a minimum of difficulty & maximum delight" an der Veränderung zu beteiligen[187]. Die Einfachheit der Konstruktion und der selbsterklärende Charakter der Grundgeometrie des Rasters sind also Voraussetzungen für die Möglichkeit der Interaktion der NutzerInnen. Gleichzeitig ist das Ziel nicht eine partizipatorischer Gestaltungsprozess, der nach seinem Verständnis zu mittelmäßigen Entwürfen führen würde.[188] Die Atmosphäre in den Kuben und die Beziehung des Innenraums zum Außenraum und den anderen Kuben wird durch technische Systeme (Klimaanlage, Sound, TV, Computer und Telefon) sowie durch veränderbare Bauelemente von den NutzerInnen gesteuert.[189] So sind die Kuben mit veränderlichen Wand- und Dachelementen, Verschattung und Verglasungen ausgestattet. Zu diesem Zweck verfügen sie über schlichte aber multifunktional einsetzbare Ösen (‚multi-use fixing'), die

185 Ibid., S. 150f.
186 Cedric Price; Hans Ulrich Obrist: *The Conversation Series: Hans Ulrich Obrist & Cedric Price*. Köln: Walther König, 2009. Zitiert nach: Herdt: *The City and the Architecture of Change: The Work and Radical Visions of Cedric Price*. S. 155.
187 Cedric Price: *General Design Notes*, Memorandum 10. Februar 1977. Montreal: Cedric Price Archiv, Canadian Centre for Architecture Dokumentenordner: DR: 1995:0280:651:5/5. Zitiert nach: Herdt: *The City and the Architecture of Change: The Work and Radical Visions of Cedric Price*.
188 Ibid., S. 149ff.
189 Ibid.

Price sowohl für das Anheben, die Lagesicherung aber auch als Anschlagpunkte für Leitern, Dächer und Sonnenschutz einsetzen will.

Price sieht in dem *Generator*-Projekt in Oakland Florida einen Prototyp. Er stellt sich vor, dass das System auch an anderen Stellen eingesetzt werden könne. Dabei setzt er auf die rapide Entwicklung im Bereich der Computertechnik, Automation (Robotik) und Kybernetik.[190] ‚Generator' gibt einen klaren gestalterischen und technischen Rahmen vor, innerhalb dessen sich aber unbegrenzt viele unterschiedliche räumliche und soziale Konfigurationen realisieren lassen. Die Technik und die Computersimulationen sind für Cedric Price dabei Stimuli, die physische und mentale Möglichkeitsräume eröffnen. Den immanenten Widerspruch zwischen der Autorenschaft der ArchitektIn und dem Wunsch der möglichst umfassenden Inklusion der NutzerInnen sowie Selbstorganisation des Systems versucht Price mittels Computertechnologie, Spieltheorie und Kybernetik aufzulösen. Die AutorIn/ArchitektIn wird zur KonstrukteurIn einer veränderlichen Umgebung, deren Spielregeln sie vorgibt, der Verlauf und der Ausgang des Spiels wird aber von den SpielerInnen bestimmt.

Für das Scheitern des Projekts werden in der Literatur verschiedene Gründe angeführt. Sarah Hardingham geht von einem internen Führungsstreit in der Firmengruppe aus.[191] Tanja Herdt argumentiert mit dem MoMA Kurator Pierre Apraxin, dass es nicht gelungen sei, die ArbeiterInnen und das Management in geeigneter Weise in den Prozess einzubeziehen. Damit sei es dem Projekt im Gegensatz zu erfolgreichen und vergleichbaren Ansätzen wie dem *MacAppy* (1973–1976) oder dem *Interaction Centre* (1970–1981) nicht möglich gewesen, den Realitätsbezug herzustellen.[192] Gerade für ein derart ambitioniertes architektonisches und soziales Experiment wäre ein enger und kontinuierlicher Kontakt mit den zu Beteiligenden wichtig gewesen. Vorstellbar ist auch, dass die räumliche Entfernung und Zeitverschiebung zwischen London und Florida die Kommunikation erschwerten. Auch scheinen zumindest Teile des Raumprogramms (Theater, Tanz-Workshops) für einer Plantage in Oakland, Orange County, Florida ambitioniert, wenngleich Gilmann ab 1990 mit dem *White Oak Dance Project* unter der Leitung von Mikhail Baryshnikov ein anerkanntes Tanzensemble etablierte und unterstütze.

190 Herdt: *The City and the Architecture of Change: The Work and Radical Visions of Cedric Price*.
191 Hardingham: *Cedric Price Works 1952–2003: A Forward-Minded Retrospective*.
192 Herdt: *The City and the Architecture of Change: The Work and Radical Visions of Cedric Price.*

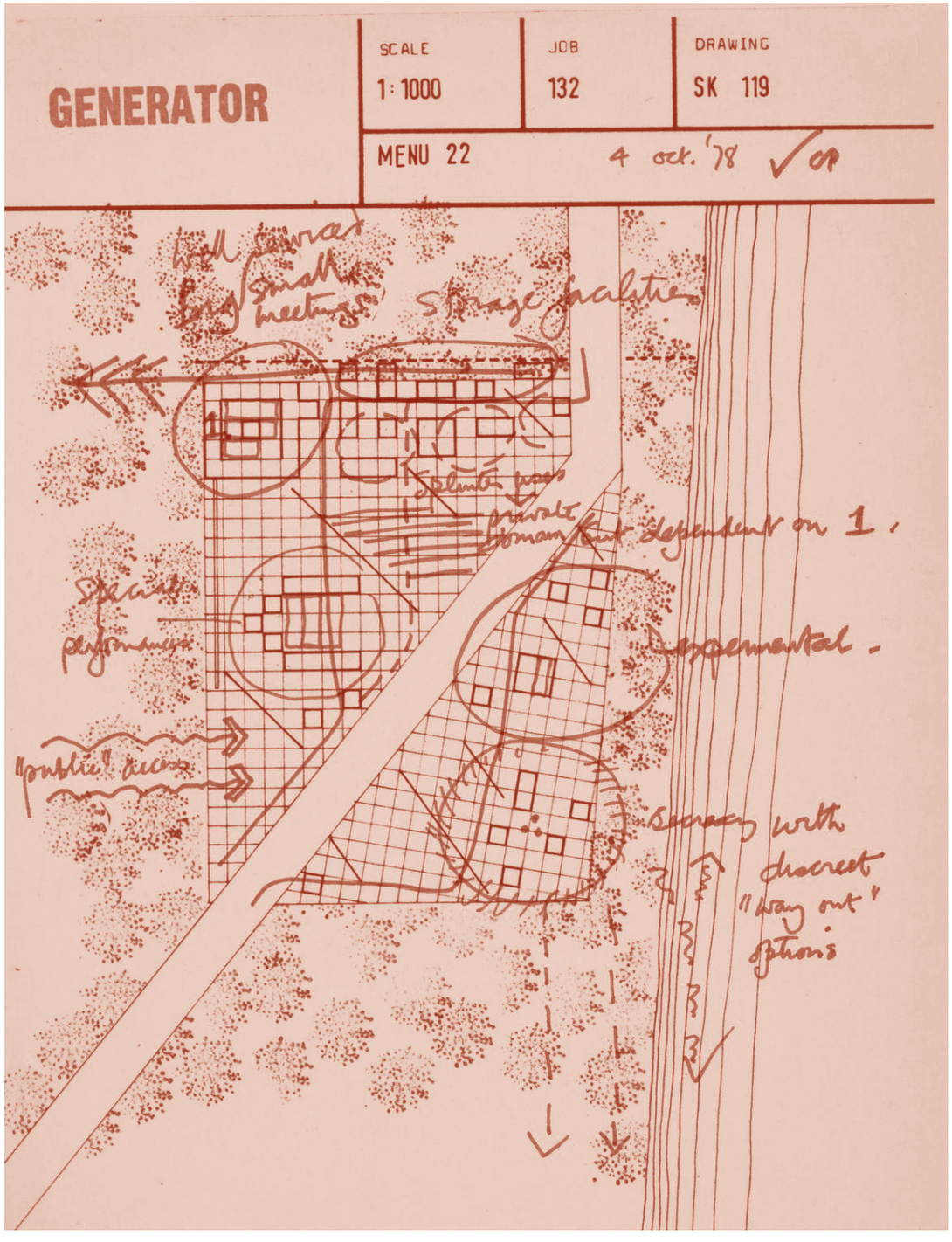


Abbildung 22:
Konzeptskizzen zur internen Verwendung im Büro, *The Generator Project*, Cedric Price, 1977–1978: Axonometrische Skizze, die die Gesamtstruktur, die verschiedenen Sonderausbau-elemente und die Kräne zeigt.

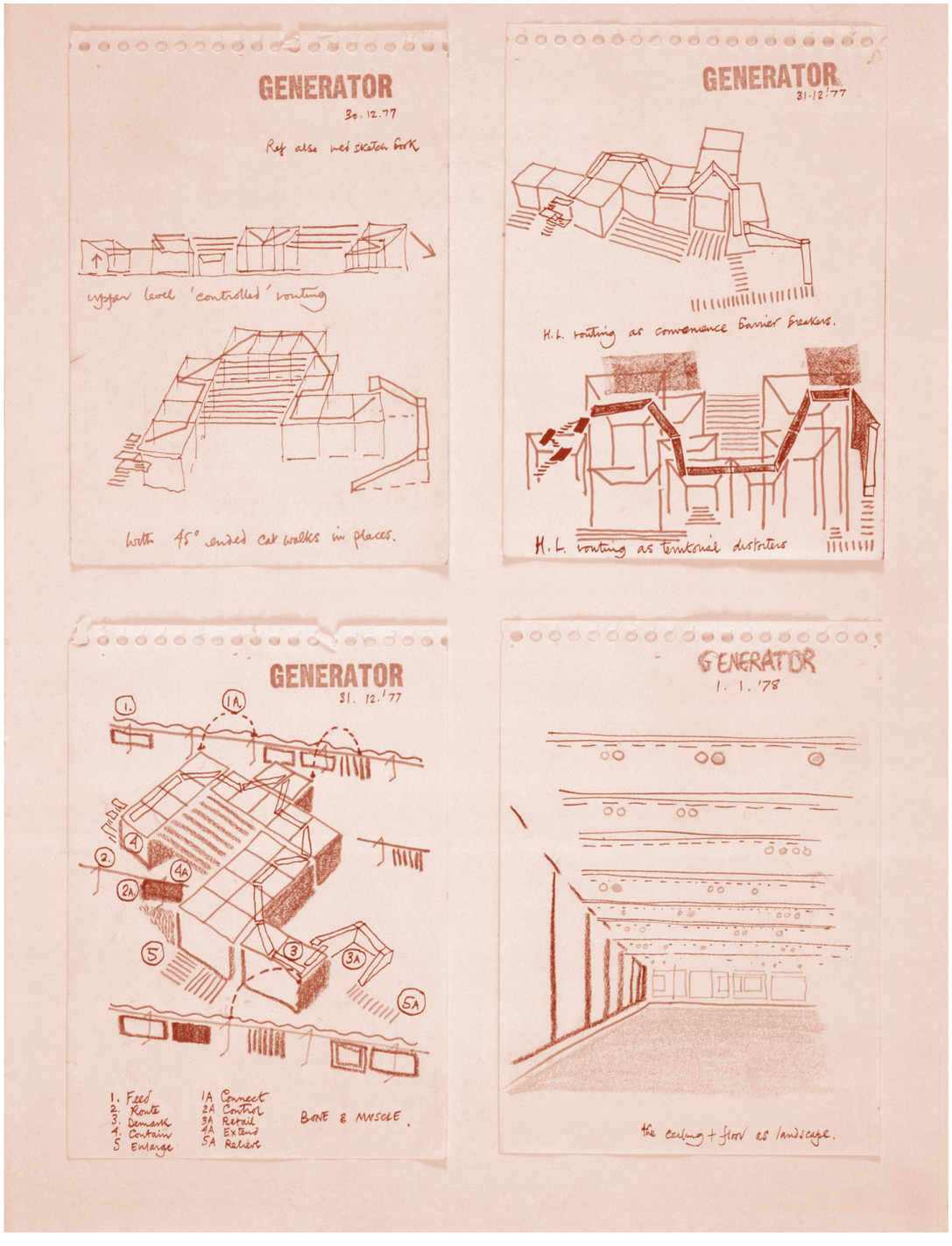


Abbildung 23:
Zeichnung *The Generator Project*, Cedric Price, White Oak Plantation, Yulee Florida, 1978: Lageplan.

Referenzen // Konstruktion und Bausysteme 4.3

Es gibt einen reichen Fundus an historischen Bausystemen für den Wohnungsbau. Je nach Definitionen lassen sich auch die traditionellen Bauweisen wie der Fachwerkbau, die amerikanischen Bauweisen ‚Balloon frame' oder ‚Plattform', aber auch japanische, chinesische oder koreanische Bauweisen als Systembauweisen mit festen Regeln zu Material, Fügung und Anschlüssen betrachten.[193] Im Allgemeinen wird von Bausystemen heutzutage vor allem dann gesprochen, wenn die systematische Planung mit normierten Details und Konstruktionen mit einem hohen Vorfertigungsgrad gepaart ist. In diesem Abschnitt werden historische Bausysteme vorgestellt, die in Hinblick auf die technischen oder architektonischen Prinzipien in Teilen vergleichbar sind. Sie illustrieren einzelne Aspekte in Hinblick auf das zu entwickelnde Bausystem.

Vernakuläre und autochtone[194] Bauweisen (am Beispiel traditioneller japanischer Architektur) 4.3.1

Ein Beispiel für die Entstehung von Bauweisen, Alltagsgegenständen und kulturellen Artefakten bietet das traditionelle Handwerk. Im Handwerk werden Formen, Techniken und Gestaltungen über Generationen weitergegeben und inkrementell weiterentwickelt. Die Gebrauchstauglichkeit und gestalterische Qualität werden hier mehr als Übereinstimmung mit den tradierten Formen erzielt und (re)produziert, denn als Innovation und Weiterentwicklung. Interessant für diese Studie ist die Selbstverständlichkeit, mit der die Formen und Techniken ausgeführt und tradiert werden. Gleichzeitig besteht durch die Omnipräsenz solcher Formen im Alltag ein großes Potential zur Identitätsstiftung für die japanische Kultur. Über diese Identifikation werden auch archetypische Vorstellungen dessen geprägt, was ein Haus ist. Der Bezug zu autochthonen, häufig regional unterschiedlichen Bauformen und deren Identitätsstiftung ist dabei auch wirksam, wenn diese durch den Lauf der Geschichte in der Lebenswirklichkeit der Menschen nicht mehr präsent sind. Laut marxistischer Theorie führt die Ablösung handwerklicher Traditionen und Formen durch industrielle Formensprache zur Entfremdung in Hinblick auf die Produktionsbedingungen als auch auf die Bildung einer kulturellen Identität.[195] Dies ist in Japan so (noch) nicht zu beobachten. Der Erhalt alter Handwerkstechnik wird hier noch relativ wertgeschätzt. Viele dieser Bauweisen sind das Ergebnis eines langen Optimierungsprozesses unter Einbezug des lokalen Klimas und der verfügbaren Baumaterialien. Einen guten Überblick bietet der Katalog zur Ausstellung *Learning from Vernacular*[196], welcher die Ergebnisse eines Projekts von Prof. Frey Pierre an der EPFL Lausanne mit anschaulichen Modellen und Analysen weiterführend darstellt.

Wichtiger Bezug für diese Arbeit ist die traditionelle Wohnarchitektur der Edo- oder Tokugawa-Zeit Japans (1603–1868). Sie ist ein Beispiel für eine handwerkliche Bautradition, die eine starke Wirkung auf die kulturelle Identität des Landes hatte. Die Wohnarchitektur entstand nach strikten handwerklichen Maßgaben, die sowohl die Konstruktion als auch die Größe und Nutzung der Räume in einem engen System definierten. Die Bauweise stellte

193 Gerald Staib; Andreas Dörrhöfer; Markus Rosenthal: *Elemente + Systeme: Modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien*. München: DETAIL, 2008, S. 14ff.
194 Den Begriff ‚autochthones Bauen' hat Günter Pfeifer geprägt: *Sustainable by Design* auf dem *Symposium: Klima und Raum. Autochthone und kybernetische Strukturen*, Münster School of Architecuture, 2011.
Günther Pfeifer: *Kybernetische Gebäudestrukturen*. In: Hans Drexler; Adeline Seidel (Hg.): *Building the Future: Maßstäbe des nachhaltigen Bauens*. Berlin: Jovis, 2012, S. 203ff.
195 Vgl. dazu: Umberto Eco: *Form a Social Commitment*. In: *The Open Work*. Cambridge: Harvard University Press, 1964, S. 123ff.
196 Pierre Alain Frey; Patrick Bouchain: *Learning from Vernacular: Pour Une Nouvelle Architecture Vernaculaire*. Arles: Actes Sud, 2013.

gleichermaßen die Nutzbarkeit der Räume sowie die Gebrauchstauglichkeit und technische Eignung sicher. Durch diese homogenisierende Bautradition und das staatliche Verbot von Auslandskontakten wurde das traditionelle Bausystem in Hinblick auf Technik (vor allem den Holzbau) und die Raumwirkung (Architektur) in einem inkrementellen, iterativen Prozess weiterentwickelt. Epochale Neuerungen blieben aus. Noch heute ist das prototypische Bild von japanischer Architektur durch diese Bauten geprägt. Eine umfassende Darstellung und Analyse der architektonischen, technischen und kulturellen Implikationen finden sich bei Heino Engel.[197] Im Gegensatz zu Repräsentationsbauten (Tempel, Schlösser) zielte diese Tradition nicht auf individuelle Architekturen, sondern auf eine Art Alltagsverstand des handwerklichen Bauens ab. Jared Diamond erklärt in *Collapse – How societies choose to fail or succeed*, wie verschiedene traditionelle Gesellschaften an der Herausforderung einer nachhaltigen Wirtschaft scheitern oder sich an diesen weiterentwickelt haben. Als ein positives Beispiel nennt er die Holzbau-Tradition der Tokugawa-Zeit: eine drohende Entwaldung der Insel aufgrund der Bautätigkeit und Herstellung von Feuerholz wurde durch eine strikte Limitierung des Verbrauchs und der Bewirtschaftung der Wälder vermieden.[198] Auch wurde der Holzverbrauch durch die inkrementelle Weiterentwicklung der Konstruktionen gesenkt.

Holzverbindungen, die ohne metallische Verbindungsmittel hergestellt wurden, waren bis zur vorindustriellen Zeit die verbreitete Holzbautechnik. Traditionelle Zimmermanns-Bauweisen aus vorindustrieller Zeit besitzen ein hohes Maß an Integrität: Material, Handwerk und Baukultur vereinen sich in einer Architektur von hohem Identifikationswert, Dauerhaftigkeit und Atmosphäre.

Wohnformen und flexible Nutzung der Räume traditioneller japanischer Architektur 4.3.1.1

Neben der Kohärenz zwischen der Konstruktion und dem Entwurf der traditionellen Bauformen sind die Wohnform und die flexible Nutzung des Raums für diese Arbeit von Interesse.

In traditionellen japanischen Wohnhäusern werden die Räume flexibel für unterschiedliche Wohnfunktionen (Schlafen, Essen, Besuch empfangen) genutzt. Diese Flexibilität wird erreicht, indem die Räume keine schwere oder fest installierte Möblierung aufweisen. Vielmehr werden die für die jeweilige Funktion notwendigen Möbel und Accessoires, wie Futons, kleine Tische oder Geschirr, bei Bedarf aus einem zugeordneten Schrank hervorgeholt und nach der Nutzung wieder in den Schränken verstaut. Ein Grund für das Fehlen von Möbeln ist auch in der Beschaffenheit des Bodenbelags zu sehen. So sind die traditionell üblichen Tatami-Matten empfindlich gegen hartes Schuhwerk oder schwere Möbel. Die Räume bleiben nutzungsneutral, multifunktional und überwiegend frei von Möbeln und Einbauten. Dennoch ergibt sich aus der Anordnung und dem Zuschnitt der Räume innerhalb der Wohnungen und der Orientierung nach außen (Straße, Garten, Himmelsrichtungen) eine Hierarchie und Präferenz der Nutzung. Diese wird umso differenzierter, je größer die Häuser und Haushalte sind. Der weitgehende Verzicht auf feste Wände und der Einsatz von Schiebewänden begünstigt die flexible Nutzung der Räume, die sich nach außen aber auch zu anderen Räumen hin abtrennen lassen. Vor allem im asiatischen Raum (China, Japan, Korea) gibt es eine lange Tradition für Skelettbauten aus Holz. Auch auf die Gefahr hin Jahrtausende von Baugeschichte zu generalisieren, lässt sich annehmen, dass alle Skelettbauten bis zur industriellen Zeit und der Einführung von Gusseisen, Stahl und Stahlbeton aus Holz konstruiert waren. In der Togukawa-Zeit (1603–1868) wurden die Wohngebäude als reine Skelettbauten konstruiert, die durch vergleichsweise leichte Trennwände und vor allem Schiebewände (‚shoji') separiert und verbunden werden konnten.

197 Heino Engel: *The Japanese House: A Tradition for Contemporary Architecture*. North Clarendon: Charles E. Tuttle, 1964.
198 Jared Diamond: *How Societies Choose to Fail or Succeed*. New York: Viking Penguin, 2005, S. 298ff.

Abbildung 24:
Residenz in Shosei-en Garden aka.
Kikoku-tie, Kyoto, 1657, Ishikawa Jozan
(1583–1672),
Foto: Hans Drexler, 2016.

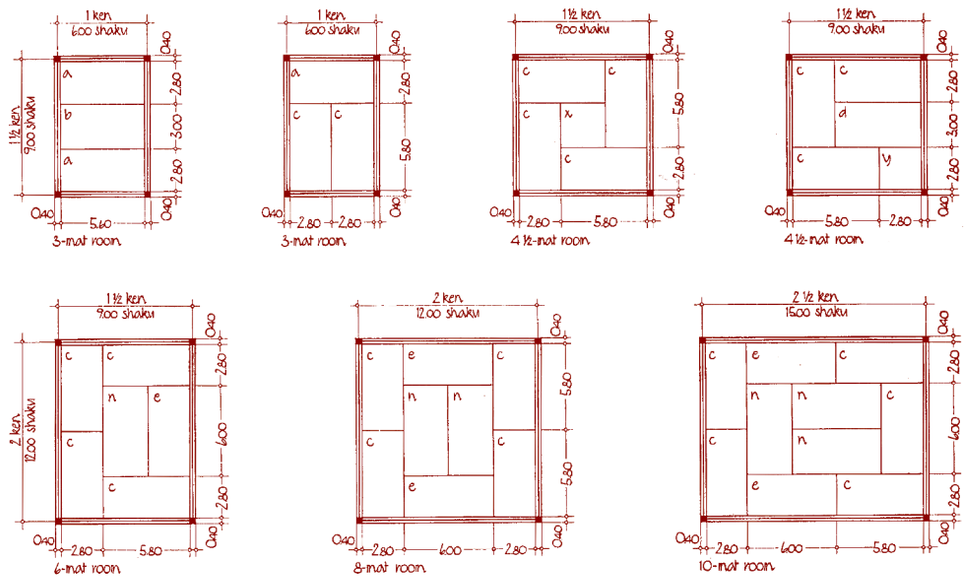
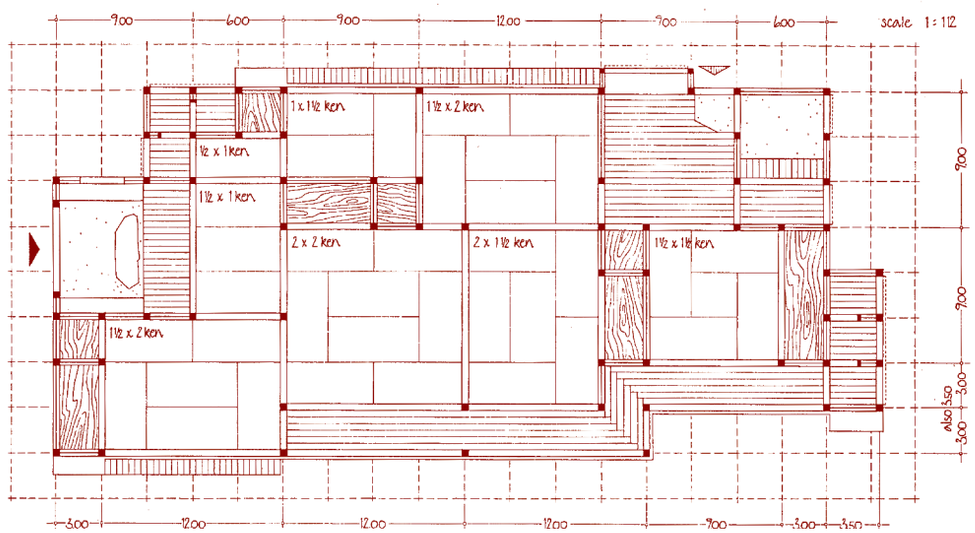
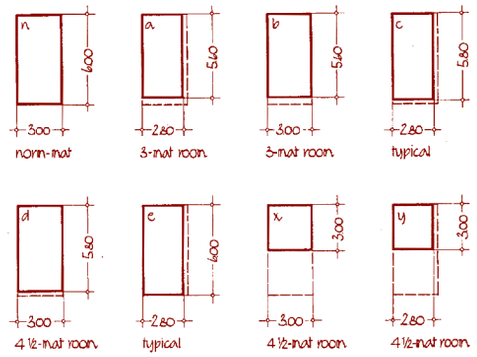
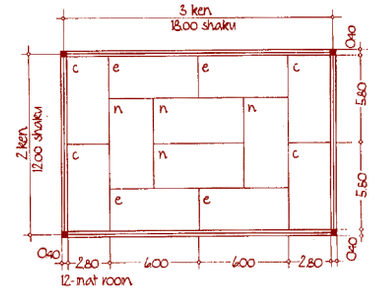


Abbildung 25:
Heino Engel: Rastermaße und typische Grundrisse in traditioneller japanischer Wohnarchitektur.

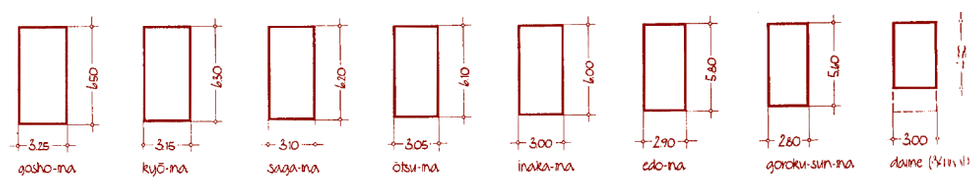






column spacing and mat dimensioning in 'inakana'-method scale 1:117
measure unit = 1 shaku = 303 mm = 1 ft. (11.93 in.)

difference of norm mat size as determined by building type or locality scale 1:100



Konrad Wachsmann und Walter Gropius // ‚General Panel System‘ 4.3.2

[Eine] neue Interpretation der Architektur, die nicht aus unseren Wünschen, sondern aus unseren Möglichkeiten [entsteht] [199]

Konrad Wachsmann, 1956

Für die Entwicklung des *General Panel System* sind verschiedene Konzepte zentral, die von anderen Bausystemen aufgegriffen wurden. Daher gilt das *General Panel System* heute noch als eine wichtige Referenz, auch wenn es sich nicht hat durchsetzen können.

Konrad Wachsmann (1901 – 1980) arbeitet ab 1926 als Chef-Architekt für die Christoph & Unmack AG, einem 1822 gegründeten Unternehmen, das sich neben Waggon-, Stahl- und Motorenbau vor allem auf die Produktion von vorgefertigten Holzhäusern spezialisiert.[200] Wachsmann ist jüdischer Abstammung, emigriert 1938 nach Paris und meldet sich als Freiwilliger in der französischen Armee. 1941 wandert er in die USA aus und arbeitet mit Walter Gropius (1883 – 1969) an einem Bausystem für ein- und zweigeschossige Wohnbauten. Das erste *Packaged House System* wird bis 1942/43 zum *General Panel System* weiterentwickelt.[201] Das System besteht aus vergleichsweise kleinen Tafeln von einer Größe von circa 2,44m (96 Zoll = 2,4384m) × 1m (40 Zoll = 1,016m). Das Planungsmodul von 40 Zoll bezieht sich auf das im amerikanischen Holzbau übliche Grundmaß von 4 Zoll.[202] Das System wird als Holzbau entwickelt, weil in den Vereinigten Staaten zu jener Zeit der Holzbau (‚2×4‘, ‚Ballon frame‘ und ‚Plattform‘) boomt. Auch ist in den Kriegszeiten die Verfügbarkeit von Metallen stark eingeschränkt. Konrad Wachsmann sammelte in seiner Zeit bei Christoph & Unmack AG Erfahrung mit vorgefertigten Holzhäusern. Der Zielmarkt für das System sind kleine ein- und zweigeschossige Häuser im unteren Preissegment, die bis heute einen Großteil des amerikanischen Wohnungsbaus ausmachen. Solche Gebäude sollen weitestgehend vorgefertigt und innerhalb weniger Stunden von ungelernten ArbeiterInnen aufzubauen sein.

Das System basiert auf einer strengen Grundgeometrie, die sowohl die Größe als auch die Lage der Elemente im Raum festlegt. Wachsmann definiert ein dreidimensionales Bandraster, aus dem sich die Maße und Geometrie der Knoten und Anschlüsse ergeben, die sich bei allen Paneelen wiederholen. So basieren alle Elemente auf dem gleichen Grundprofil, auch wenn sich die Maße der einzelnen Elemente unterscheiden sollen, um größere Flexibilität in der Planung zu erhalten.[203] Die Bauelemente bestehen aus Holzrahmen mit Fenstern, Türen und elektrischen Installationen, die ebenfalls in die Paneele eingebaut werden. Die einzelnen Rahmen haben tragende Funktion, sodass keine weiteren Tragelemente (Stützen, Unterzüge) erforderlich sind. Gleichzeitig erhöhen sich die Anforderungen an die Paneele, weil diese unterschiedliche Lasten tragen und die Kräfte auf die angrenzenden Bauteile übertragen müssen. Wachsmann und Gropius führen auch hier eine Reihe von unterschiedlichen Profilen und Ausführungen der Paneele ein, sodass schließlich nur die Lage und Geometrie der Anschlusspunkte fixiert werden.

199 Konrad Wachsmann: *Zur Industrialisierung des Bauens*, Vortragsmanuskript zum Vortrag an der Technischen Hochschule Stuttgart 28. Juni 1956, Konrad-Wachsmann-Archiv, Akademie der Künste Berlin. Zitiert nach: Georg Vrachliotis: *Geregelte Verhältnisse*. Wien: Ambra Verlag, 2011, S. 87.
200 Dietmar Strauch; Bärbel Högner: *Konrad Wachsmann: Stationen eines Architekten*. Berlin: Progris, 2013.
201 Staib; Dörrhöfer; Rosenthal: *Elemente + Systeme: Modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien*. S. 27f.
202 Konrad Wachsmann: *Wendepunkt im Bauen*. Wiesbaden: Krausskopf, 1959, S. 140f.
203 Ibid., S. 141.

Die Grundgeometrie muss in bestimmten Abständen gebrochen werden, um die notwendigen Toleranzen aufnehmen zu können, die mit Toleranzfugen kompensiert werden.[204]

Das Herzstück des Bausystems ist der Verbindungsknoten, den Wachsmann „hakenartigen Metallverschluss“ nennt, der in der Axonometrie isoliert und in Verbindung mit den Holzprofilen dargestellt ist.[205] Diese punktförmigen Verbinder werden dreimal entlang der langen Achsen und je einmal an den kurzen Achsen in die Holzprofile eingelassen. Bei der Montage kann das angrenzende Paneel von oben eingehakt und durch die Verschränkung gesichert werden. Das Verbindungsstück besteht aus vier Stahlteilen und ermöglicht die Montage der Holzpaneele in vertikaler und horizontaler Richtung. Die Komplexität der Knoten wird dadurch erhöht, dass die Bauteile nicht nur zweidimensional gefügt werden müssen, sondern meist auch in der orthogonal dazu stehenden Ebene. Dies führt auch dazu, dass die Randprofile im 45-Grad Winkel angeschrägt werden müssen und gemäß der Lage in der Ebene mit einer zusätzlichen Nut ausgestattet sind, die darüber hinaus die Luftdichtheit der Fuge erhöht. Auf der Baustelle werden sie mittels eines eigens für das System konstruierten Verbindungselementes miteinander verbunden. Für den Innenausbau entwickelt Wachsmann ein Trennwandsystem, das ohne mechanische Verbindungen funktioniert.[206] Auch vorgefertigte Installationswände werden entwickelt, die die Leitungen und Unterputz-Installationen enthalten. Das System integriert alle Anschlüsse, Oberflächen und Installationen, sodass die Häuser nach der Errichtung der Fundamente aus Mauerwerk innerhalb von ein bis zwei Tagen von fünf ungelernten Kräften montiert werden können. Aufgrund der kleinen Dimensionen und Gewichte der Elemente kann weitgehend auf Hebegeräte verzichtet werden.

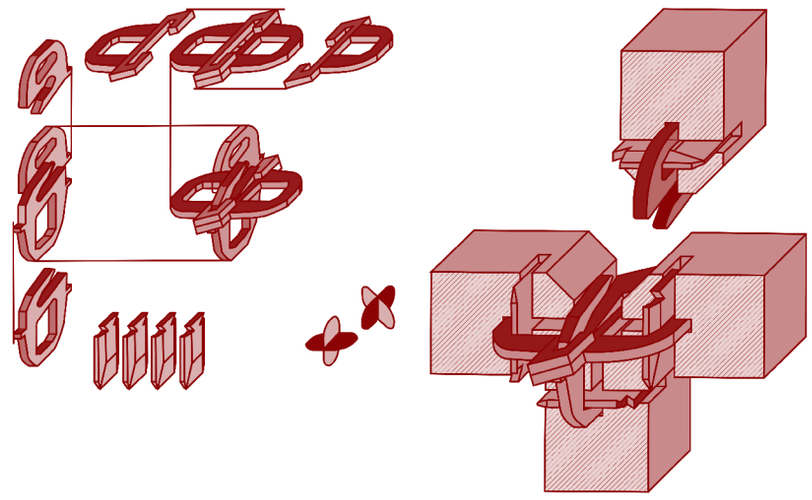


Abbildung 26: Zeichnung nach *General Panel System*, Konrad Wachsmann: Axonometrie des Verbindungsstücks (endgültige Fassung), 1946–1947. Zeichnung DGJ Architektur 2020.

204 Wachsmann: *Wendepunkt im Bauen*. S. 141.
205 Ibid., S. 142.
206 *General Panel System*. http://www.axxio.net/waxman/content/General_Panel/General-Panel.htm, Zugriff am 19. August 2019.

Das Systems wird in seinen Maßen, den Anschlüssen und der Geometrie integral aus der Überlagerung der Möglichkeiten der Fertigung am Fließband, den Gewichten und Dimensionen für Transport und Montage, den Eigenschaften und der Tragfähigkeit des Materials sowie schließlich den üblichen Anforderungen an die Größe und Möblierung der Zimmer entwickelt. Wachsmann hat nicht nur die Baukonstruktion sorgfältig analysiert und optimiert, sondern eine komplette Fertigung der Paneele und anderer Bauteile in großer Stückzahl geplant. So werden neben dem System selbst auch die Maschinen und Logistik entwickelt, auf denen die komplexen Teile und Profile gefertigt werden.[207] Insgesamt werden drei Jahre in die Entwicklung und den Aufbau der Produktion investiert, sodass die Anlage 1947 zu produzieren beginnt. Die Literatur geht von 150 bis 200 Umsetzungen des Systems aus[208] bis die Firma *General Panel Corporation* 1950 aufgelöst wird.

Bahnbrechend ist der integrale Ansatz Wachsmanns und Gropius, der den Herstellungs- und Bauprozess als ein System betrachtet und durchgehend entwickelt. Für den ausbleibenden Erfolg des Systems auf dem Markt lassen sich verschiedene Gründe benennen: Der hohe Anspruch an die vielfältige Einsetzbarkeit der Profile führte zu einer hohen Komplexität der Bauteile, vor allem der Profile und Knotenpunkte. Die Herstellung in der weitgehend automatisierten Fertigung erforderte manuelle Arbeit. Sowohl die Herstellung der Profile und Knoten, der Zuschnitt der Platten, die Befestigung der Werkstoffplatten auf den Profilen und das Wenden der Profile wurden maschinell ausgeführt. Jedoch war die Entwicklungszeit des Systems mit mehreren Jahren so lang, dass dies in Verbindung mit der Größe der Fabrik sowie Entwicklung und Bau der Maschinen auf hohe Investitionskosten schließen lässt. Im Vergleich zu den verbreiteten Bauweisen ‚Balloon frame' und ‚Plattform' war das *General Panel System* teurer und konnte sich trotz der geringen Montagezeit der Gebäude nicht durchsetzen.[209] Die ökonomischen Vorteile der automatisierten Großserie ließen sich bei kleinen Stückzahlen nicht realisieren, auch weil die Lohnkosten für den konventionellen Holzbau in Amerika gering waren. So wurden auch auf den Baustellen überwiegend ungelernte Kräfte eingesetzt. Das Handwerk war zudem weder durch Zünfte noch Handwerksinnung reguliert.

Konrad Wachsmann arbeitet nach der Auflösung der *General Panel Corporation* nicht weiter an Wohnungsbausystemen. Vielmehr konzentriert er seine Arbeit danach auf die Entwicklung von weitgespannten Tragwerken und Hallen. 1944–45 arbeitet er an kleineren Hallen (‚Mobilar Structure') für die *Atlas Aircraft Corporation*. 1951 erhält er von der U.S. Air Force den Auftrag zur Entwicklung eines Bausystems für große Flugzeughangars.

Ab 1949 unterrichtet und forscht Wachsmann am *Institute of Design* in Chicago und leitet ab 1956 die Architekturklasse der Internationalen Sommerakademie für Bildende Kunst in Salzburg. Im Rahmen dieser Lehre und Forschung entstehen in Zusammenarbeit mit Studierenden und international bekannten ArchitektInnen eine Reihe von Studien zu elementierten Bausystemen, die in Teilen dem *General Panel System* ähneln. Die Randprofile werden hier jedoch aus gekanteten Blechen und die Füllung aus Papp-Waben-Platten konstruiert. 1958 wird von Wachsmann in Salzburg eine Art Gerüstkonstruktion entwickelt, die sich mit leichten Wandpaneelen füllen lässt. Sie vereint damit die beiden konstruktiven Ansätze Wachsmanns: leichte, modulare Stab-Tragwerke und elementierte Bauplatten.

—

207 Wachsmann: *Wendepunkt im Bauen*. S. 148ff.
208 Staib; Dörrhöfer; Rosenthal: *Elemente + Systeme: Modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, neue Technologien*. S. 28.
209 Ibid.

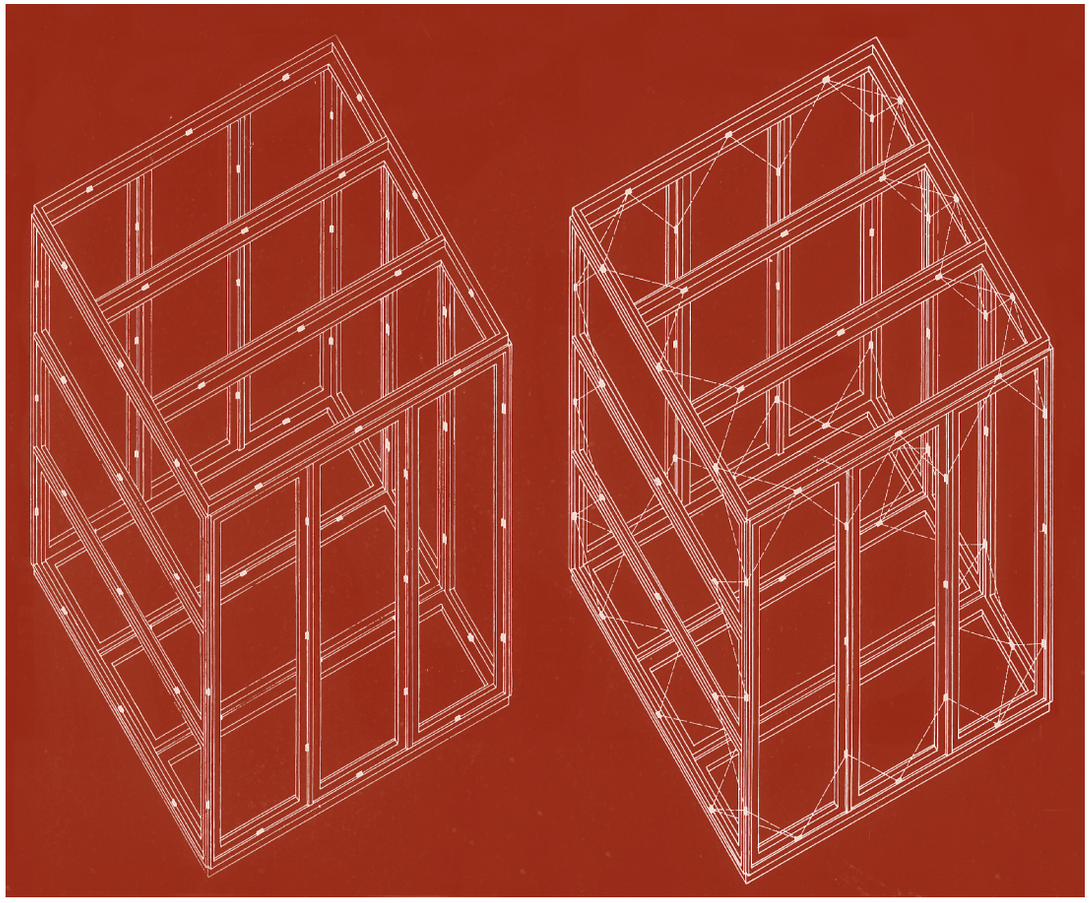
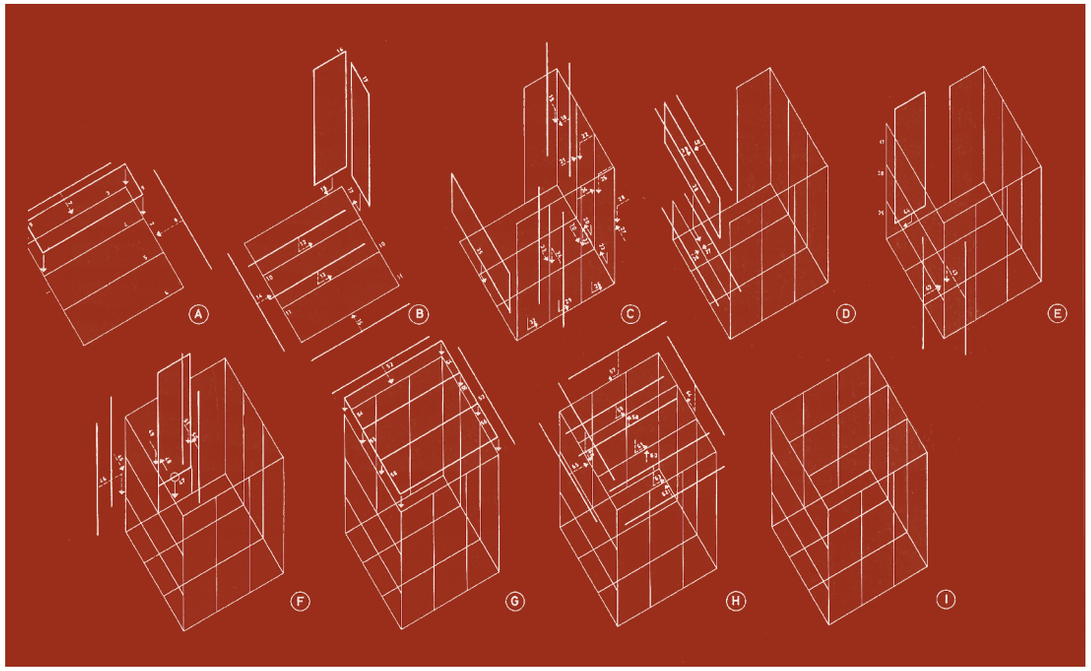
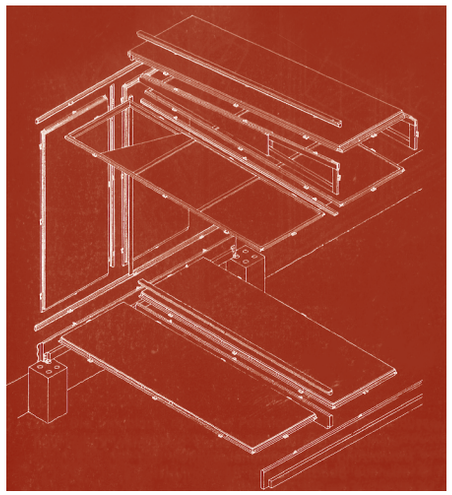
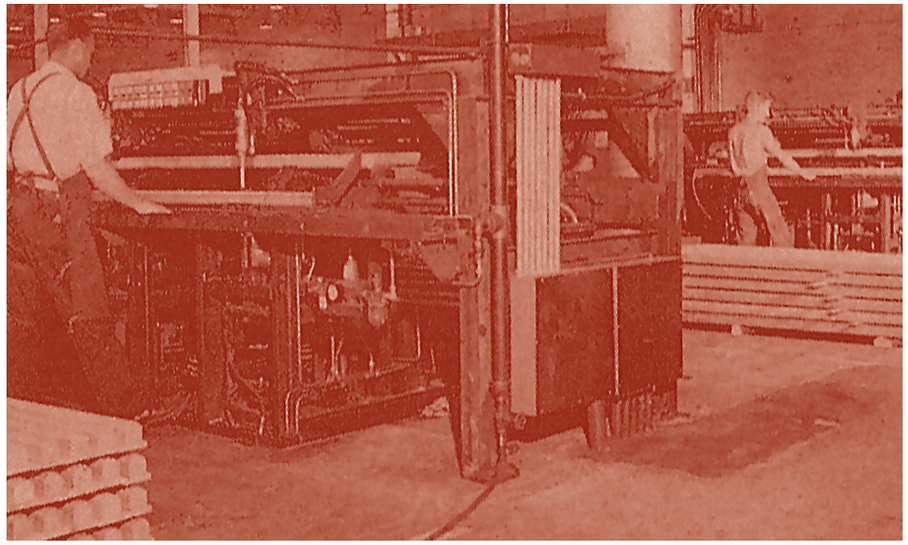
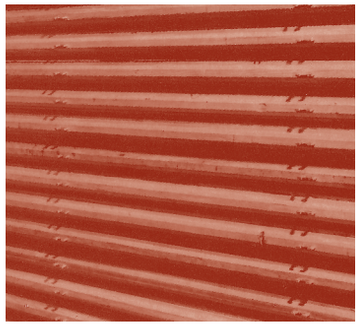


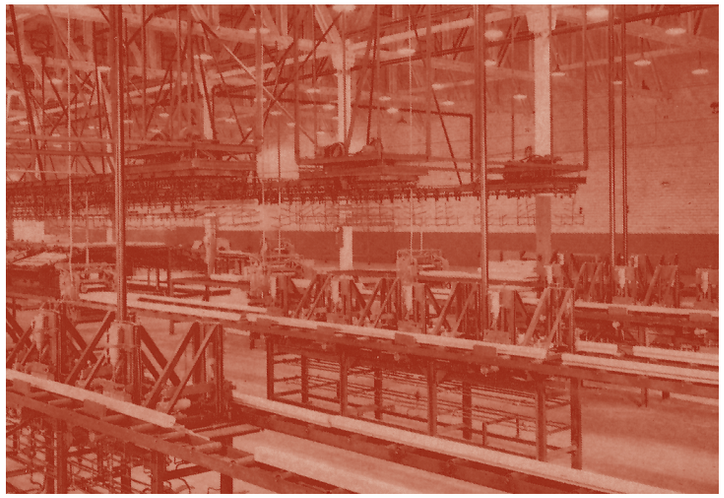
Abbildung 27:
(diese Seite und folgende)
Das General Panel System wurde von Konrad Wachsmann mit Walter Gropius entwickelt und unter dem Namen ‚Packaged House System' vertrieben. Die Grundgeometrie der Paneele und der Knoten ermöglicht, die gleichen Elemente als Decken, Boden und Wand einzusetzen. Die Bilder rechts zeigen die eigene Fertigung der ‚General Panel Corporation' in Lincoln, Mass. Bildquelle: Konrad Wachsmann, *Wendepunkt im Bauen*, Krausskopf, Wiesbaden, 1959 mit freundlicher Genehmigung von Ray Wachsmann.


A
B
C
D
E
F
G
H
I









Jean Prouvé // Flug auf Höhe Null 4.3.3

Never design anything that cannot be made.

Jean Prouvé

Learning by Doing 4.3.3.1

Jean Prouvé (1901–1984) arbeitet sein ganzes Leben an der Entwicklung seiner vorfabrizierten Häuser, auch wenn er darüber hinaus andere Projekte realisiert und zahlreiche Möbel entwirft. Dabei ist er bemüht, Entwurf, Konstruktion und Fertigung der Häuser stetig zu verbessern. Diese inkrementelle Evolution der Systeme lässt sich über den Zeitraum von 1939 (demontierbare Barracken für die französische Armee)[210] bis 1964 (*Habitat Tropical* 1958–1964)[211] bzw. sogar bis 1969 (*Station Service Total*) nachzeichnen. Anders als Wachsmann und Gropius, die eine spezifische Produktionsanlage für ein Bausystem entwickeln, geht Prouvé von bereits bestehenden Technologien und handwerklichen Verfahren aus.

Wichtig für die Innovationshöhe seiner Arbeiten ist dabei, dass er nicht von traditionellen Bauweisen und Materialien ausgeht, sondern die Gebäude überwiegend aus Metallblechen konstruiert. Prouvé wurde als Stahlbauer (Schlosser und Spengler) ausgebildet. Sein Selbstverständnis als Konstrukteur ist von der Suche nach einfachen, technischen Lösungen für die Herausforderungen des Wohnungsbaus in den Kriegs- und Nachkriegszeiten geprägt. Er konzentriert sich daher auf leichte, effiziente und erschwingliche Konstruktionen. Gerade seine Arbeiten im Bereich des Wohnungsbaus zeigen die Suche nach einer kostengünstigen und derart mobilen Bauweise, dass sie über Kontinente hinweg transportiert und in wenigen Stunden aufgebaut werden kann. Seine Konzepte eignen sich zudem für Frankreich in der Zeit nach dem zweiten Weltkrieg. Die im Krieg aufgebauten und danach nicht mehr benötigten Produktionskapazitäten für Flugzeuge und Militärfahrzeuge kommen Prouvés Bauweisen zugute. Auch Buckminster Fuller nutzt beispielsweise in den Vereinigten Staaten 1946 die unausgelasteten Fabriken der Flugzeugindustrie für das *Dymaxion House* (Weiterentwicklung des 1928 vorgestellten *Dymaxion House*). Darüber hinaus besteht nach dem Krieg große Wohnungsnot und damit die Notwendigkeit erschwinglicher und schnell produzierbarer Häuser. Prouvé sucht über Jahrzehnten hinweg nach einer optimalen Lösung für dieses eine spezifische Problem: Wie kann man die modernen Technologien und Fertigungsmethoden einsetzen, um erschwinglichen und komfortablen Wohnraum zu schaffen? Getragen wird dieses Interesse von einer sozialistischen Überzeugung und seinem Selbstverständnis als Arbeiter und Handwerker, dem diese Bauaufgaben und die Bedürfnisse der breiten Bevölkerung nah stehen.[212] Prouvés Praxis bildet damit einen Gegenpol zu der von Autoren-ArchitektInnen, die Projekte und Entwurfsaufgaben als Anlass und Rahmenhandlung für die Entwicklung der eigenen Position nehmen. Er versucht, ein drängendes Problem seiner Zeit mit Erfindungsreichtum und Technik zu lösen.

210 Alexander von Vegesack; Jean Prouvé: *Die Poetik des technischen Objekts*, Alexander von Vegesack; Bruno Reichlin (Hg.), 1. Auflage. Basel: Vitra Design Museum, 2006, S. 186.
211 Nils Peters: *Jean Prouvé, 1901–1984: Die Dynamik der Schöpfung*. Köln: Taschen, 2013, S. 46ff.
212 „Always seeing himself first as a worker, socialist ambitions infuse every dimension of Prouve's life and work, guiding work, literally shaping it [La Maison du Peuple de Clichy].“, Mark Wigley: *The Low-Flying Architecture of Jean Prouvé*. In: *Architect for Better Days.* Berlin: Phaidon, 2017, S. 149.

Abbildung 28: Fotografie, Mobile Barracken für Kriegsopfer, Jean Prouvé, 1939.

Die Entwürfe folgen mehrheitlich einem einfachen Grundriss-Prinzip und beschränken sich in den meisten Fällen auf einfache rechteckige Boxen. Die Innovationen liegen im technischen Detail und der Konstruktion. Prouvé denkt Architektur als technisches Problem und ist daran interessiert, das technische Produkt und die Prozesse der Produktion zu optimieren: Wie kann man eine Konstruktion bauen?[213] Die Entwicklung einer eigenen Fabrik ist dafür gleichermaßen Voraussetzung wie Konsequenz. Durch die Möglichkeiten seiner eigenen Fertigung und Maschinen ist Prouvé in der Lage, eigene Konstruktionen in einem Maße zu entwickeln, zu testen und zu produzieren, wie es den wenigsten reinen PlanerInnen möglich ist: So ist der modus operandi der planenden ArchitektIn normalerweise von einem theoretischen Spekulieren über die Möglichkeiten der Konstruktion im Gegensatz zum Bauen und Ausprobieren geprägt. Die Baustelle zeigt in vielen Fällen die Grenzen der theoretischen Planung, indem Planung und Möglichkeiten der Herstellung konvergieren. Die erfahrene ArchitektIn und BauleiterIn erwirbt in langen Jahren auf der Baustelle und im Austausch mit den ArbeiterInnen und Bauleuten ein Wissen über diese Möglichkeiten, welches schließlich das erlernte Wissen über Normen und Vorschriften ergänzt. Dieses Vorgehen ist dazu geeignet Bekanntes und Bewehrtes zu reproduzieren. Nur erschwert lassen sich in diesen Prozessen Innovationen und Experimente einbringen. Berechnungen, Simulationen und Tests im kleinen Maßstab erlauben im Rahmen der anerkannten Regeln der Technik das bekannte Wissen auf neue Konstruktionen zu übertragen. Prouvés Vorgehen ist ein radikal anderes: Er experimentiert im Maßstab 1:1, entwickelt grundlegend neue Bauweisen und Konstruktionen. Mark Wigley erklärt, wie sich Prouvé selbst von dem Beruf des Architekten distanziert, indem er die Entfremdung vom tatsächlichen Bauen ebenso ablehnt wie die fehlende Innovationsbereitschaft.[214] Gleichzeitig zeigen die Kollaborationen mit Architekten wie Le Corbusier, Tony Garnier und Oscar Niemayer, wie wichtig sein Beitrag im Architekturdiskurs seiner Zeit war. Noch heute wirken seine Arbeiten auf die Disziplin der Architektur und die bauliche Praxis mit ungeschmälerter, transformatorischer Kraft. Wigley argumentiert, dass sich an den über einhundert Gebäuden unabhängig von den jeweiligen KooperationspartnerInnen durchgehend nachvollziehen lässt, dass Prouvé die Projekte zur Entwicklung seiner eigenen Ideen und Konzepte nutze. Dies führt er auf die gestalterische und technische Sprache sowie die Homogenität von Prouvés Oeuvre zurück.[215] Indiz für diesen

213 „One doesn't sit in front of a drawing board and say: ‚I'm going to build a house like this or like that.' Never has such an idea crossed my mind. Quite the converse. I have always come to architecture asking myself the question ‚how could I build this construction?' The religion that architects follow isn't keen on this builder's reasoning.“ Jean Prouvé, zitiert nach: Benedikt Huber; Jean-Claude Steinegger: *Jean Prouvé: Prefabrication: Structures and Elements*. London: Praeger, 1971, S. 32.
214 Wigley: *The Low-Flying Architecture of Jean Prouvé*. S. 138.
215 Ibid., S. 139.

weitgehenden Anspruch ist auch das breite Spektrum seines Schaffens. So entwirft und baut Prouvé nicht nur Gebäude, Brücken und Türme, sondern auch Design-Objekte und Möbel. Seine Praxis entspricht der im Jugendstil zuerst formulierten und im Bauhaus kultivierten Zusammenführung der Lebenswelt und der Kunstwelt in einem ganzheitlichen Konzept, welche wie im Bauhaus durch die technischen Möglichkeiten und Formen geprägt ist.

Leichte Tragwerke und industrielle Fertigung

4.3.3.2

Die moderne Avantgarde war beseelt von der Idee einer industriell hergestellten Architektur. Alle ProtagonistInnen von Le Corbusier bis Mies van der Rohe schreiben nicht nur über die neuen Möglichkeiten des Maschinenzeitalters, sondern entwerfen Gebäude, die wie Maschinen, Produktionsanlagen oder Industrieprodukte aussehen sollen. Prouvé und Le Corbusier teilen eine Begeisterung für Flugzeuge und die Technologien des Flugzeugbaus. Mark Wigley zeigt auf, dass Prouvé in der Lage ist, seine Gebäude tatsächlich so leicht und integral zu konstruieren wie Flugzeuge.[216] So konnte das *Maison Tropicale* in zwei relativ kleine Transportflugzeuge verladen werden, die ungefähr die Größe eines 40 Fuß-Containers hatten.

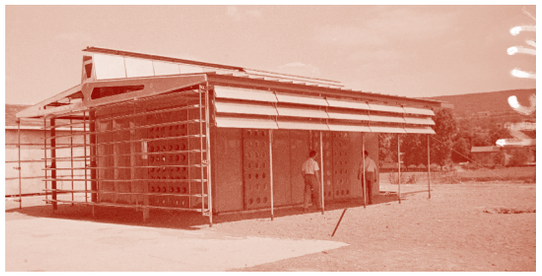


Abbildung 29 re.: Fotografie, *Maison Tropique à Niamey*, Jean Prouvé, 1949: Transport der Bauteile per Flugzeug.

Abbildung 30 li.: Fotografie, *La maison tropicale montyée à Maxéville*, Jean Prouvé, 1951.

Bei Le Corbusier bleibt die Anlehnung an anderen Technologien (Flugzeuge, Schiffe, Autos) eine reine Metapher: Die Gebäude sehen aus als würden sie schwerelos fliegen oder wie Ozeandampfer in See stechen. Tatsächlich sind sie schwer aus Beton konstruiert und können nicht bewegt werden. Während die Industrialisierung des Bauens für die meisten modernen ArchitektInnen eine ästhetische Dimension bleibt, führt Prouvé vor, wie Gebäude aus einer industriellen Logik neu gedacht, konstruiert und gebaut werden und geht damit weiter als die meisten seiner ZeitgenossInnen. Prouvé betreibt in den ersten Jahrzehnten eine integrierte, industrielle Fertigung, in der er einen Prototyp nach dem anderen umsetzt. Diese Erfahrungen sind für seine Entwicklung prägend.
Dabei entstehen drei grundlegende Innovationen oder werden zumindest erheblich befördert:

- tragende Aluminium-Konstruktionen
- gefaltete (oder gekantete) Konstruktionen aus Blechen
- vorfertigte Wand- und Fassadenelemente

Diese Techniken waren im Grunde genommen nach bekannt und wurden vor allem bei der Konstruktion im Fahrzeug- oder Flugzeugbau eingesetzt. Dennoch geht Prouvé in der Anwendung der Techniken auf den Baubereich weiter als es ein reines Zitat zuließe.

216 Ibid., S. 143f.

4.3.3.2.1 Materialität

Aluminium wird Prouvés bevorzugtes Material, das er neben Verkleidungen und nichttragenden Bauteilen auch als tragende Strukturen einsetzt. Für Prouvé sind die positiven Eigenschaften des Materials wie das geringe Eigengewicht, hohe Korrosionsbeständigkeit und die einfache Verarbeitbarkeit zentral. Dabei kommen sowohl Profile als auch gefaltete beziehungsweise gekantete Konstruktionen zum Einsatz. Aluminium war und ist aufgrund des geringen Eigengewichts das bevorzugte Material im Flugzeugbau. Ab 1949 steigt Aluminium Français zunächst als Teilhaberin (17%) ein, weswegen vertraglich vereinbart wird, dass in den Gebäuden verstärkt Aluminium eingesetzt werden muss. 1952 wird Aluminium Français Mehrheitseignerin bei den Ateliers Jean Prouvés.[217] Das größte Bauwerk Prouvés aus Aluminium war der *Pavillon du centenaire de l'aluminium* in Paris 1954. Der Pavillon war 152m lang und 15m breit. Das Tragwerk bestand aus dreidimensional gefalteten Aluminium-Trägern, die aus drei Teilen zusammengesetzt wurden und gleichzeitig die Entwässerung bildeten. Die Bilder zeigen den Aufbau der Dachkonstruktion der Aluminiumschalen und Stützen.[218]

Aluminium wird auch das Hauptmaterial für die *Maison Tropical*. Ein Grund dafür waren neben der Firmenbeteiligung von ‚Aluminium Français' die Bauauflagen in den Kolonien, die vorschrieben Aluminium, Backstein und Beton anstelle von Stahl einzusetzen.[219]

Abbildung 31: Fotografien, *Pavillon du centenaire de l'aluminium*, Jean Prouvé, Paris, 1954.

Für seine vorgefertigten Wohngebäude, die er aus Stahl und Aluminium konstruiert, sind die gefalteten Konstruktionen von zentraler Wichtigkeit. Anders als die meisten ArchitektInnen entwickelt Prouvé für viele Bauteile eigene Geometrien und Details. Bauteile, die auf den ersten Blick wie Standard-Walz-Profile aussehen, sind meist individuell gekantete Blechprofile oder später strang-gepresstes Aluminium. Die individuelle Verarbeitung erlaubt es, die Querschnitte und Geometrie der Bauteile präzise auf die Belastung anzupassen: In der Feldmitte weisen die Träger die höchsten Querschnitte auf, um gegen die auskragenden Spitzen auf das konstruktive Minimum verschlankt zu werden. Stützen und Träger werden durch Lochungen erleichtert, sodass nur das statisch wirksamste Material eingebaut wird. Gleichzeitig entsteht durch diese Ausformung die Chance weitere Funktionalität in die Bauteile zu integrieren: Dachträger werden zu Regenrinnen, Stützen zu regelbaren Lüftungselementen.

217 Patrick Seguin: *Jean Prouvé Architecture: Available Houses*, Paris: Galerie Patrick Seguin, https://www.patrickseguin.com/en/designers/architect-jean-prouve/available-houses-jean-prouve/, Zugriff am 19. August 2019.
218 Andrea Deplazes: *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures*. Basel: Birkhäuser, 2005.
219 Andrea Quinn et al.: *Construction: Maison Tropicale and The Assembly Line*. http://maison-tropicale.blogspot.com/p/construction.html, Zugriff am 19. August 2020.

Elementierte Fassaden- und Wand-Paneele 4.3.3.3

Eine zentrale Technologie, die Prouvé einsetzt und weiterentwickelt, sind elementierte Wandtafeln. Diese kommen sowohl bei den vorgefertigten Wohngebäuden als auch bei anderen Projekten zum Einsatz. Prouvé entwickelt Fassaden-Systeme aus Glas, Aluminium und Holz. Diese Paneele oder Elemente ermöglichen auch die schnelle und leichte Montage seiner vorgefertigten Gebäude.

Die Wohnhäuser sind extrem leicht konstruiert. Die Bauteile sind darauf ausgelegt von zwei Personen ohne Hebegeräte (Kran) montiert zu werden. Vorteilhaft ist dabei die hohe Präzision der metallischen Bauteile und geschraubten Verbindungen.

Prouvé sieht die dringende Notwendigkeit, die traditionellen Bauformen zu überwinden. Wie viele ArchitektInnen seiner (und der heutigen) Zeit, beklagt er, dass die Häuser wie vor einhundert Jahren gebaut werden und vergleicht seine Bauweise mit dem Leichtbau der Flugzeuge.[220]

Innenliegende Aussteifungssysteme 4.3.3.4

Eine zentrale Innovation und Alleinstellungsmerkmal seiner fabrikfertigen Häuser sind die innenliegenden Aussteifungssysteme. Es handelt sich um Portalrahmen, die Prouvé ab 1938 bei den meisten Typen einsetzt. Bei den ersten Baracken 1939 wird die Aussteifung durch biegesteif eingespannte, außenliegende Stützen erreicht. Ab 1940 finden sich bei den meisten Wohngebäuden in der Mitte des Gebäudes liegende Portalrahmen, die die Querausteifung in der am meisten belasteten Richtung übernehmen. Der große Vorteil dieser Konstruktion liegt im Montagevorgang. So werden nach der Bodenkonstruktion zuerst die Portalrahmen errichtet und der Längsträger biegesteif angeschlossen. Damit ist das Gebäude vom ersten Moment an stabil, sodass auf eine temporäre Aussteifung verzichtet werden kann. Die Verlagerung der Aussteifung nach innen hat auch den Vorteil, dass die Fassade völlig frei gestaltet werden kann. Bei späteren Konstruktionen, wie dem *Les Jours Meilleurs*, wird die Querausteifung durch einen runden Gebäudekern übernommen. Dieser enthält Küchenzeile, Bad und die Haustechnik und dient gleichzeitig als Mittelstütze und Aussteifung. Für die Schulgebäude (siehe Abbildung 32) hätte der in der Mitte liegende Portalrahmen eine ungeeignete Einschränkung des Grundrisses bedeutet. Deswegen entwickelt Prouvé bei diesen Typologien eine Aussteifung über ein T-förmiges, innenliegendes Element, bei dem ein auf beiden Seiten auskragender Träger auf einer Stütze aufliegt und biegesteif an diese angeschlossen wird. Diese Konstruktion setzt er beispielsweise bei der temporären Schule in Villejuif 1957 ein. Dem inneren System liegen auf der Außenseite leicht geneigte Stützen in der Fassade gegenüber. Diese sind aus Blechen gekantet und mit kreisförmigen Lüftungsöffnungen versehen. So kann die natürliche Belüftung gewährleistet werden, obwohl die Scheiben zwischen den Stützen als Festverglasung ausgeführt sind.

Klimagerechtes Bauen 4.3.3.5

Prouvé interessiert sich für die technische Leistungsfähigkeit (‚performance') seiner Häuser. Dazu zählt für ihn neben dem Tragwerk, der Transportierbarkeit und der einfachen Montage, De- und Remontage, auch die Eignung für das Klima und die Behaglichkeit. Anders als zu dieser Zeit üblich, verlässt sich Prouvé dabei nicht allein auf die Haustechnik und die Illusion unerschöpflicher Energieversorgung. Er entwickelt spezifische, passive Techniken, mit denen die Gebäude an das jeweilige Klima angepasst sind, um ein angenehmes Raumklima zu bieten. Im Ergebnis sind seine Häuser bis heute in Nutzung und werden von den BewohnerInnen geschätzt. Im Gegensatz dazu ist Mies van der Rohes *House Farnsworth* in Plan, Illinois, das von der Größe und Bauart durchaus mit den kleinen vorgefertigten Gebäuden Prouvés vergleichbar ist, praktisch unbewohnbar. Im Sommer wird es ohne geeigneten (außenliegenden) Sonnenschutz und wirksame Querlüftung so heiß, dass selbst eine Klimaanlage die Situation nicht verbessern kann.[221] Prouvé entwickelt eine ganze Reihe von einfachen und integralen Strategien, mit denen der Wohnkomfort gesteigert und der Energieverbrauch gesenkt werden kann. Auch wenn seine Gebäude wie Provisorien anmuten, die in Hinblick auf den thermischen Komfort nicht mit konventionellen Massivbauten mithalten können, so hat sich Prouvé schon 1946 intensiv mit der Isolierung seiner Gebäude beschäftigt. Interessant ist dabei, dass er bereits eine vergleichende Lebenszyklusbetrachtung seiner Leichtbauten mit den Massivbauten anstellt, indem er berechnet, wie viel Kohle für die Herstellung und den Betrieb erforderlich ist. Den Schallschutz der dünnen Außenwände vergleicht er mit der Schallisolierung der Außenhülle eines Flugzeugs gegen den Lärm der Turbinen und Motoren.[222] Um den thermischen Komfort und den Schallschutz für den europäischen Einsatz zu gewährleisten, ist eine weitgehend luftdichte Gebäudehülle wichtig. Die Frage der Abdichtung ist besonders relevant für Gebäude, die mit vergleichsweise kleinen Grundelementen zusammengesetzt werden und deswegen eine höhere Anzahl Fugen aufweisen. Prouvé führt an dieser Stelle Neoprendichtungen ein, die zum einen dauerelastisch bleiben, zum anderen rückbaubar sind und damit der Grundidee einer zerlegbaren und schnell aufzubauenden Konstruktion folgen. Prouvé setzt neben den Neoprendichtungen häufig Deckleisten ein, die durch eine geometrische Verschränkung mit den angrenzenden Bauteilen mehrere Dichtungsebenen abdecken. Diese Technik wird auch bei den Elementfassaden eingesetzt. Hierbei erfahren höhere Gebäude eine stärkere Belastung durch den höheren Winddruck. Die Verschränkung wird auch am Dach zwischen den einzelnen Dachpaneelen ausgebildet und schon bei frühen Gebäuden eingesetzt, um die Dichtheit der Fugen und die Scheibenwirkung des Daches sicherzustellen.

Abbildung 32: Fotografie, Temporäre Schule in Villejuif, Jean Prouvé, 1957.

220 Jean Prouvé: *Wir brauchen vorgefertigte Häuser*, Vortrag am 16. November 1946 in Nancy. Zitiert nach: von Vegesack: *Jean Prouvé: Die Poetik Des technischen Objekts*. S. 176f.

221 „Exactly how uncomfortable was inadvertently demonstrated by the ‚Less Is More' architectural autocrat Mies van der Rohe, when-at precisely the time the Case Study project was taking off-an Illinois client asked him to design a weekend retreat. He produced the Farnsworth House, a visually arresting structure whose roof was flat, whose every wall was glass, and that seemed to float above its rural setting. Architectural critics were bowled over. Art lovers made pilgrimages to see it. Unfortunately, however, the day-to-day experience of actually living in the Farnsworth House presented a problem. Although it stood ‚in the cooling shadow' of a maple tree, daytime sunlight baked the structure unmercifully, and the owner discovered that the (single) door couldn't be opened for air in the evening because the smallest light bulb instantly transformed the house into ‚one huge mosquito and moth lantern.' The word ‚unliveable' appeared, and in print, to describe the place. The owner became disgusted and wound up installing screens for insect control. Mies in turn became disgusted with the owner, to some extent because of the screens. The whole argument ended in recriminations, lawsuits, and a surprising amount of negative publicity.", Salvatore Basile: Cool: *How Air Conditioning Changed Everything*. New York: Fordham University Press, 2014, S. 190.
Im Rahmen eines Workshops zum klimagerechten Bauen mit Studierenden wurden im Jahr 2013 verschiedene thermische Simulationen zum *House Farnsworth* erarbeitet, die ebenfalls aufzeigen, dass sowohl die Überhitzung im Sommer als auch der Heizwärmebedarf im Winter einen dauerhaften Aufenthalt in dem Haus praktisch unmöglich machen.

222 Jean Prouvé: *Wir brauchen vorgefertigte Häuser*, Vortrag am 16. November 1946 in Nancy. Zitiert nach: von Vegesack: *Jean Prouvé: Die Poetik Des technischen Objekts*. S. 290ff.

Die natürliche Belüftung der Gebäude ist sowohl bei Wohngebäuden als auch bei den Schulen eine wichtige Anforderung. Prouvé integriert Lüftungsöffnungen in die Wandpaneele und Stützen, die eine von den Fenstern unabhängige Durchlüftung sicherstellen. Bei den Häusern für die Tropen (*La Maison Tropicale*) und Wüstenregionen (*La Maison du Sahara*) wird das Dach von dem eigentlichen Haus abgelöst, um eine Durchlüftung unterhalb der durch die Sonne aufgeheizten Dachfläche zu erreichen. Die Gebäude arbeiten zudem mit weit auskragenden Dächern und vorgelagerten Veranden, die die Innenbereiche vor der hoch stehenden Sonne schützen. Die Fassaden sind mit Klappen großflächig zu öffnen, sodass der Wind die Häuser durchqueren kann. Bei *La Maison Tropicale* wird zusätzlich ein beweglicher Sonnenschutz am äußeren Rand der Veranda vorgelagert. So entsteht ein nutzbarer Außenraum und zugleich ein Schutz vor starker Sonne und Monsunregen.

Abbildung 33 re.: Fotografie, *La Maison Tropicale*, Niamey Haus, Niger, Jean Prouvé, 1948–49.

Abbildung 34 li.: Fotografie, *La Maison Tropicale*, Niamey Haus, Niger, Jean Prouvé, 1948–49.

Geschossigkeit

4.3.3.6

Auffällig ist, dass Prouvé sich auf eingeschossige, fabrikfertige Häuser konzentriert. Zwar werden, wie zum Beispiel bei *Maison Métropole*, zweigeschossige Varianten ausgeführt, allerdings werden die unteren Geschosse meist gemauert. In Einzelfällen werden die Wohnhäuser auch zweigeschossig im System konstruiert. Prouvé beschränkt seine Entwicklung jedoch auf eine bestimmte Gebäudegröße und Typologie. Dadurch gelingt es ihm, diese eine spezifische Problemstellung immer genauer zu verstehen und bessere konstruktive Antworten zu finden.

Abbildung 35: Fotografie, *Maison Métropole* 8 × 12, Meudon, Cité Sans Souci, Jean Prouvé, 1950–1952: acht vorgefertigte Häuser *Métropole*; Route des Gardes an der Grenze zwischen Meudon und Sèvres.

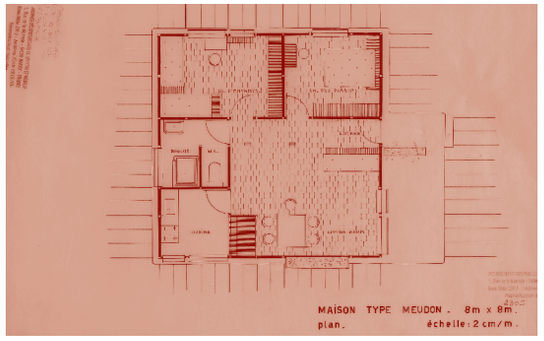
Gleichzeitig ist in der typologischen Enge der Entwicklung auch ein Grund für die abnehmende Nachfrage infolge des wirtschaftlichen Aufschwungs zu sehen. Während in den Nachkriegsjahren in Europa dringend Wohnraum gesucht wird, finden seine eingeschossigen Typologien auf günstig verfügbarem Grund ihren Absatz. Mit der zunehmenden Erholung der Wirtschaft steigen jedoch nicht nur die Bodenpreise. Auch städtebauliche Planungen, die die geringe Bebauungsdichte nur noch in ländlichen Regionen empfehlen, werden wieder erarbeitet. Für Prouvé findet sich eine Anwendung in den französischen Gebieten in Afrika, in denen die geringe Bebauungsdichte unkritisch ist und die Effizienzvorteile der Vorfabrikation, Transportierbarkeit und einfachen Montage überwiegen.

Für die Herausforderungen des Wohnens in der Stadt sind die Typologien nicht einsetzbar. Wohl aber lassen sich die Erkenntnisse über die Konstruktion und die Herstellungsprozesse übertragen.

4.3.3.7 Flexibles Bausystem

Die in den fabrikfertigen Häusern formulierte Vorstellung des Wohnens ist nicht primär auf eine flexible Umgestaltung oder vielfältige Nutzung ausgelegt, sondern auf eine einfachen Transport und schnelle Montage. Dennoch gestattet die Konstruktion eine vielfältige Grundrissgestaltung. Die Räume lassen sich als unterdeterminiert oder offen beschreiben, da kaum Vorgaben zu der Position der Innenwände oder der Nutzung der Räume vorliegen. Wenn innenliegende Tragelemente zum Einsatz kommen, stehen diese frei im Raum und können (müssen aber nicht) als Anschlag für eine Raumtrennung dienen. Die Häuser machen nur die notwendigsten Vorgaben und sind bis auf wenige tragende Wandpaneele im Prinzip in der Aufteilung der Räume sowie der Anordnung von Fenstern und Türen in den Fassaden völlig frei.

Abbildung 36: Zeichnung *Maison de Meudon*, Cité Sans Souci, 1946–1952, Jean Prouvé: Plan; Route des Gardes, Meudon.



Von 1935 bis 1939 arbeitet Prouvé mit den Architekten Eugène Beaudouin und Marcel Lods sowie dem Ingenieur Vladimir Bodiansky an *La Maison du Peuple de Clichy* in Clichy-la-Garenne. Um eine möglichst vielfältige Nutzung des Gebäudes zu ermöglichen, wurde eine radikale Wandelbarkeit des Raumes konzipiert: Der Innenraum kann durch eine umlaufende Schiebewand vollständig als Vortragssaal umschlossen oder nach allen Seiten geöffnet werden. Auch die Türen lassen sich über weite Teile der Fassade öffnen, sodass ein fließendes Kontinuum von Innen- und Außenraum entsteht, dem auch die heutige Nutzung als Markthalle entspricht. Auf der Bodenebene des ersten Obergeschosses lassen sich die Deckenplatten verschieben, womit sich der Raum vielfältig umfunktionieren lässt. Auch das Dach über dem Saal lässt sich öffnen. Das Gebäude besteht aus einer Glasbox, für die Prouvé die erste Glas-Vorhang-Fassade Frankreichs konstruiert hat. Das System besteht aus vollständig mobilen und flexiblen Wänden sowie Deckenelementen, die von einer inneren, geschlossenen Box bis hin zu einem offenen Raum alle Zwischenstufen zulassen.

Die Vorstellung einer leichten, wandelbaren und veränderlichen Architektur entspricht den Möglichkeiten von Prouvés Leichtbauten genauso wie seinen ästhetischen und ideologischen Vorstellungen: Gebäude sind offene, performative Strukturen, die Prozesse für die Menschen ermöglichen und nicht einschränken.

Mark Wigley zeichnet eine Linie von Jean Prouvé über Cedric Price bis hin zu Renzo Piano, Richard Rogers und Gianfranco Franchini.[223] Diese radikale Umsetzung eines flexiblen und anpassungsfähigen Gebäudes wird prägend für Price Entwicklung des *Fun Palace*, das nur noch aus Gerüsten, Kränen und beweglichen Ebenen und Wandpaneelen besteht. Auch der Wettbewerbsbeitrag für das *Centre Pompidou* (Paris) sah bewegliche Wände und Decken vor, die vom *Fun Palace* inspiriert waren. Jean Prouvé saß schließlich der Jury für den Wettbewerb vor, die das Wettbewerbsprojekt des Centre Pompidou von Piano, Rogers und Franchini zur Umsetzung auswählte.

Abbildung 37:
Fotografie, *Maison du Peuple de Clichy*, Eugène Beaudouin, Marcel Lods, Ingenieur Vladimir Bodiansky und Jean Prouvé, Clichy-la-Garenne, 1935–1939: Außenansicht.

223 Wigley: *The Low-Flying Architecture of Jean Prouvé*.

Abbildung 38:
Fotografie, *Maison du Peuple de Clichy*, Eugène Beaudouin, Marcel Lods, Ingenieur Vladimir Bodiansky und Jean Prouvé, Clichy-la-Garenne, 1935–1939: Innenaufnahme mit Schiebewandsystem in Bewegung und geöffnet.

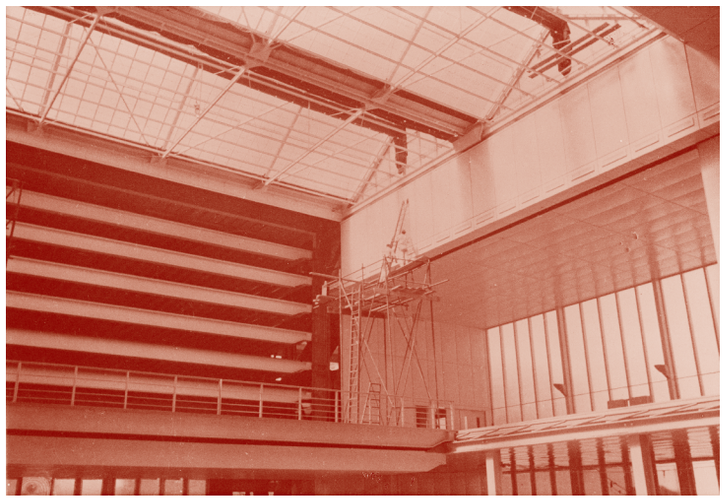
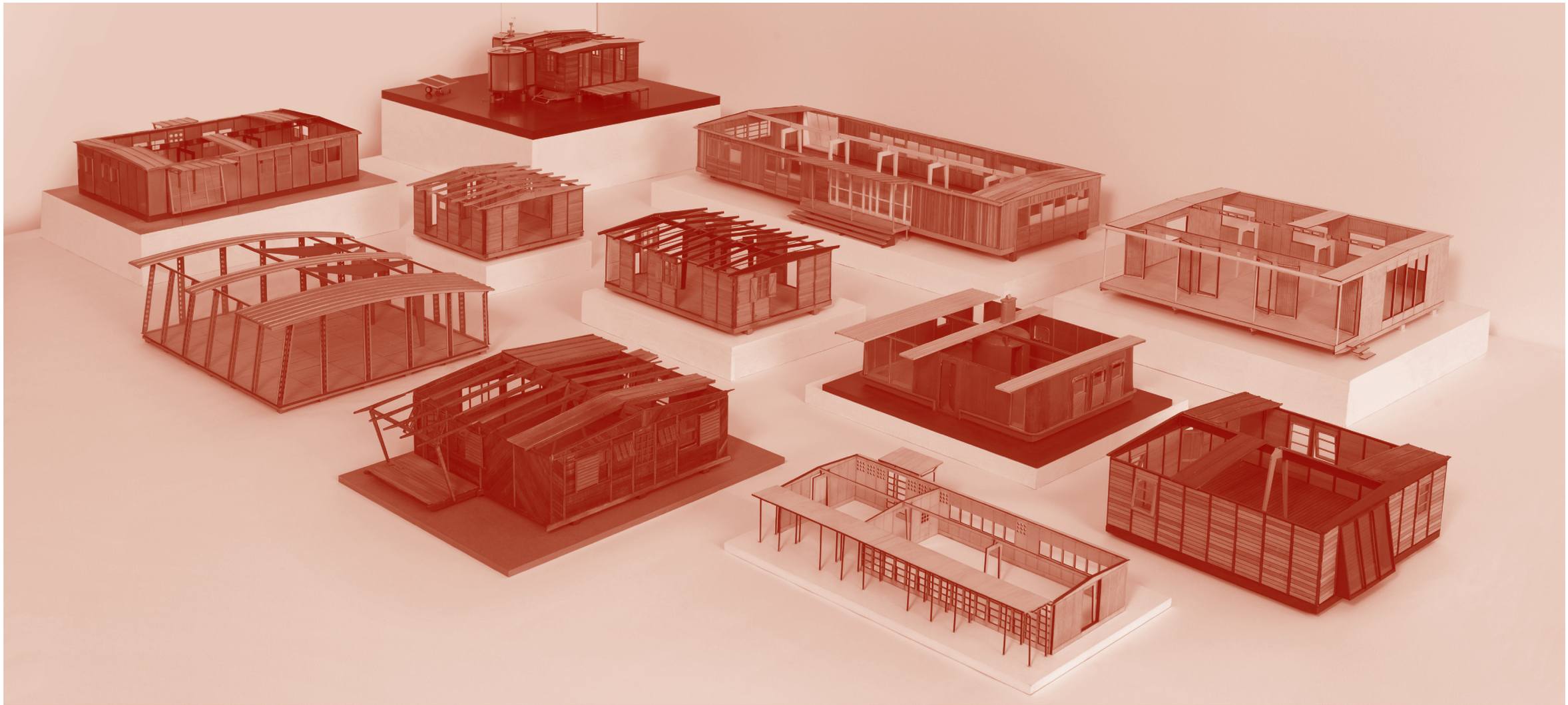


Abbildung 39:
Fotografie, *Maison du Peuple de Clichy*, Eugène Beaudouin, Marcel Lods, Ingenieur Vladimir Bodiansky und Jean Prouvé, Clichy-la-Garenne, 1935–1939: Innenansicht.



Katalog und Chronologie von Prouvés vorgefertigten Häusern

4.3.3.8

Im Rahmen dieser Studie wird nur ein kleiner Teil des Schaffens Prouvés diskutiert, der einen Überblick über seine Arbeiten zu vorgefertigten Wohngebäuden und vergleichbaren Bausystemen gibt, die besonders relevant für den vorliegenden Ansatz sind. Insgesamt arbeitet Prouvé ab 1937 über mehrere Dekaden an den gleichen Fragestellungen. In dieser Zeit entstehen über 200 Entwürfe zu derartigen Systemen. Es werden ungefähr 30 unterscheidbare Prototypen gebaut.[224]

Relevanz Prouvés für die Studie

4.3.3.9

Für diese Untersuchung ist Jean Prouvés Arbeit an den vorgefertigten Wohngebäuden relevant, die sich über den Zeitraum 1939–69 erstrecken. Prouvé verfolgt ein übergeordnetes Ziel – die Schaffung von günstigem und bedarfsgerechtem Wohnraum – und entwickelt dafür technische Lösung, die eine architektonische Bedeutung erlangen. Auch die Entwicklung des hier vorgestellten Bausystems begann mit einer konstruktiven Idee, die auf den architektonischen Maßstab ausgedehnt wurde. Dementsprechend tritt das einzelne Projekt, der jeweilige Anwendungsfall, in seiner Bedeutung hinter der Weiterentwicklung des Systems zurück. Prouvés Arbeiten zeigen dabei auch, dass die Entwicklungsarbeit inkrementell über eine lange Zeit fortgesetzt werden kann. Auch experimentiert er mit unterschiedlichen Materialien (vor allem Holz und Aluminium) und entwickelt Gebäude für unterschiedliche Nutzungen und klimatische Kontexte. Die große Innovationshöhe, die Prouvés Atelier und Werkstatt erreicht, war vor allem deshalb möglich, weil er direkten Zugriff auf die Produktion hatte und seine Ideen kontinuierlich in Hinblick auf die Fertigung und die Gebrauchstauglichkeit prüfen konnte.

Abbildung 40: 12 Modellbauten demontierbarer Architektur von Jean Prouvé: *l'École de Bouqueval* (1949), la Maison Ferembal, les Maisons 6×6 et 6×9 créées pour les sinistrés de Lorraine (1944), la Maison 6×6 (1944), la Maison 8×8 (1945), la Maison F 8×8 BCC „tout bois" conçue avec Pierre Jeanneret (1942), l'Ecole provisoire de Villejuif (1957), la Maison des Jours Meilleurs commandée par l'abbé Pierre (1956), la Maison Aluminium Métropole (1949), la Station Service Total (1969), Galerie Patrick Seguin, Paris.

224 Ibid.

Abbildung 41:
Vorgefertigte Bauten,
Jean Prouvé,
1939–1969.

Fritz Haller // System Maxi, Midi und Mini

4.3.4

> *Vielleicht sollten wir die unförmigen Verkleidungen von unseren Maschinen entfernen (auch die, die mit der »guten Form« beehrt werden) und versuchen, mit den Dingen, die dahinter sind, zu leben. Diese Dinge sind die, welche aus tausend und aber tausend Einfällen entstanden sind und mit ebenso vielen Anstrengungen verfeinert wurden; letztendlich um Spuren verfeinert, um ihre Wirkungskraft zu steigern. Es sind auch die Dinge, durch die sich unsere Zeit so sehr von den vergangenen Zeiten unterscheidet.* [225]
>
> Fritz Haller, 1964

Haller (1924 – 2012) arbeitet ab Beginn der 1960er Jahre an der Entwicklung von Bausystemen. 1966 bis 1971 ist er Gastprofessor am Institute for Building Research der University of Southern California, welches Konrad Wachsmann leitet. Haller beschäftigt sich mit Grundlagenforschung zu geometrischen Zusammenhängen in Systemen, die sich aus seinen Bausystemen und Bauten ableiten und erforscht.[226]

Bereits 1962 formuliert er eine Haltung zu „Allgemeine[n] Lösungen in der Bautechnik".[227] Haller beginnt mit autochtonen Bauteilen wie Wänden aus Mauerwerk, Ziegeldächern, Fenstern und Türen und erklärt die inkrementelle Optimierung im Laufe der Jahrtausende. Diese Formen und Techniken ergeben sich in Hallers Wahrnehmung aus einem technologischen Umfeld, das ihm durch die Industrialisierung grundlegend verändert erscheint.

> *Die industrielle Revolution der letzten fünfzig Jahre hat aber unsere Umwelt so tiefgehend verändert, daß die alten Überlieferungen kaum mehr zu erkennen sind. So wird der Einfluß der Maschine auch beim Bauen immer sichtbarer. Die scheinbar unübersehbaren Möglichkeiten, die uns die moderne Technik bietet, werfen nun die Frage auf, ob auch unsere Epoche zu allgemeinen Lösungen ihrer Probleme gelangt oder ob es ein Merkmal unserer Zeit ist, daß jedes Problem eine unendliche Zahl von Lösungen findet. Indes geben uns der Maschinenbau und die Elektrotechnik – Faktoren also, die unsere Zeit entscheidend mitprägen – Hinweise, daß sich doch allgemeine Lösungen bilden, die längere Zeit Bestand haben. Man kennt auf einzelnen Teilgebieten Elemente, die offenbar am Ende ihrer Entwicklung angelangt sind und nur noch in unwesentlichen Details verbessert werden können.* [228]
>
> Fritz Haller, 1962

In dem Artikel beschreibt er zeitgenössische (moderne) Technik wie Turbinen, Motoren und Elektrotechnik nach den traditionellen Bauformen, um daraufhin seine eigenen Bauten vorzustellen. Als persönliche Beispiele für ein neues Bauen dienen ihm das Quartier-Schulhaus in Solothurn (1958-59) und das Schulhaus in Bellach bei Solothurn (1959–60), deren Schönheit sich aus der Rationalität der Prozesse und der Konstruktionen ergebe.[229] Die ersten Bauten sind noch nicht als Teil der späteren Entwicklung von Bausystemen gedacht. Vielmehr ergibt sich die Entwicklung von Systemen bei Haller aus der Technik und dem Bestreben die allgemeinen Fragen des Bauens so weit zu systematisieren, dass für diese allgemein übertragbare Antworten gefunden werden können.

225 Fritz Haller: *Gedanken zum Bauen*. In: *Bauen + Wohnen 10 (1964)*, S. 381–412.
226 Fritz Haller: *Von Eigenschaften ausgezeichneter Punkte in regulären geometrischen Systemen*. In: *Bauen + Wohnen 21 (1967)*, S. 425ff. Erster Arbeitsbericht über Studien an der ‚Division of Building Research' der University of Southern California, Direktor Professor Konrad Wachsmann.
227 Fritz Haller: *Allgemeine Lösungen in der Bautechnik*. In: *Bauen + Wohnen 11 (1962)*, S. 456.
228 Ibid., S. 456.
229 Ibid.

Haller teilt mit Wachsmann und Prouvé das Interesse an Fertigungsprozessen und deren Implikationen für die Architektur, insbesondere für die Konstruktion von Gebäuden. Zwar baut er keine eigene Fertigung auf, arbeitet aber bei der Entwicklung und Umsetzung seiner Systeme *Maxi*, *Midi* und *Mini* sowie des Möbelsystems USM-Haller mit Ulrich und Paul Schärer (USM, Münsingen (CH)) zusammen. So war auch der Auftrag von Paul Schärer für die Planung einer neuen Fabrikation in Münsingen 1960 der Beginn der Entwicklung des Systems *Maxi*.[230]

Alle von Haller entwickelten Bausysteme sind in sich komplett, werden aber von ihm insofern als offen beschrieben, als dass auch systemfremde Bauteile integriert werden können. Dies gilt vor allem für die ersten beiden Systeme *Maxi* und *Mini*, die auf die Integration von Haustechnik und Fremdkomponenten hin ausgerichtet sind. Das Herzstück der Systeme ist das Tragwerk, das aus Stahl-Halbzeugen – Standard-Profilen und gekanteten Blechen – konstruiert wird. Die Verbindungen im Werk werden überwiegend geschweißt. Die Montage auf der Baustelle erfolgt ausschließlich über Schraub- und Steckverbindungen, was die Montagezeit verkürzt und der Korrosion vorbeugt. Angeboten werden Systemfassaden, die überwiegend aus Glas bestehen, die den Gebäuden ein filigranes, mies'sches Aussehen verleihen. Weitere Systemkomponenten sind die Dachhaut und die Innenwand.[231] *Midi* wurde explizit dafür entwickelt, die gesamten Gebäude inklusive Haustechnikkomponenten innerhalb des Systems anzubieten. Den Systemen gemein ist das Grundraster von 120cm, welches das Grundmodul für alle drei Systeme darstellt. Dieses Raster wird in der Vertikalen und Horizontalen eingesetzt. Vorteil dieser Vereinheitlichung ist, dass die Systeme untereinander kombiniert und erweitert werden können.

Maxi ist für Hallen und weitgespannte Tragwerke bis zu einer Spannweite von 14,40m entwickelt. Es beschränkt sich auf eingeschossige Hallen und zielt auf den Bereich der Industriehallen ab. Zum Einsatz kommen deswegen Fachwerkträger mit einer Höhe von 120cm. Die Stützen werden in Höhen von 480cm, 560cm und 600cm angeboten. Sie sind aus vier Stahlwinkeln zusammengesetzt, an deren Flanschen oder Schenkeln Träger, Fassaden und Innenwände angeschlossen werden können. Ein offener Hohlraum zwischen den Winkeln innerhalb der Stütze dient der Leitungsführung. Das erste Gebäude, das im *Maxi*-System 1964 fertiggestellt wird, ist die Fabrikationsgebäude von Ulrich Schärer in Münsingen.[232]

Bereits drei Jahre später, 1967, überträgt Haller seine Ideen auf das System *Mini*, welches für ein- und zweigeschossige Gebäude mit Spannweiten bis 840cm konzipiert ist und für praktisch alle Nutzungsarten eingesetzt werden soll.[233] Hierfür werden gekantete Stahlbleche als Haupt- und Nebenträger eingesetzt, die mit kreisförmigen Öffnungen für die horizontale Leitungsführung geliefert werden. Aus ihnen werden 40cm hohe Kastenträger gebildet.

230 Laurent Stalder; Georg Vrachliotis: *Fritz Haller: Architekt und Forscher*. Zürich: gta, 2015, S. 282.
231 Fritz Haller; Hans Wichmann: *System-Design Fritz Haller: Bauten, Möbel, Forschung*. Basel: Birkhäuser, 1989, S. 70.
232 Stalder; Vrachliotis: *Fritz Haller: Architekt und Forscher.* S. 268.
233 „Ateliers, Büros und Verwaltungen, Laboratorien und Schulpavillons, Showräume und Verkaufslokale, Wartehallen für Tram- und Busbetriebe, Kioske, Informationspavillons usw. und selbstverständlich auch Einfamilienwohnhäuser", U. Scherer Söhne AG: *USM Mini Dokumentation*, Münsingen, 1975, abgebildet in Ibid.

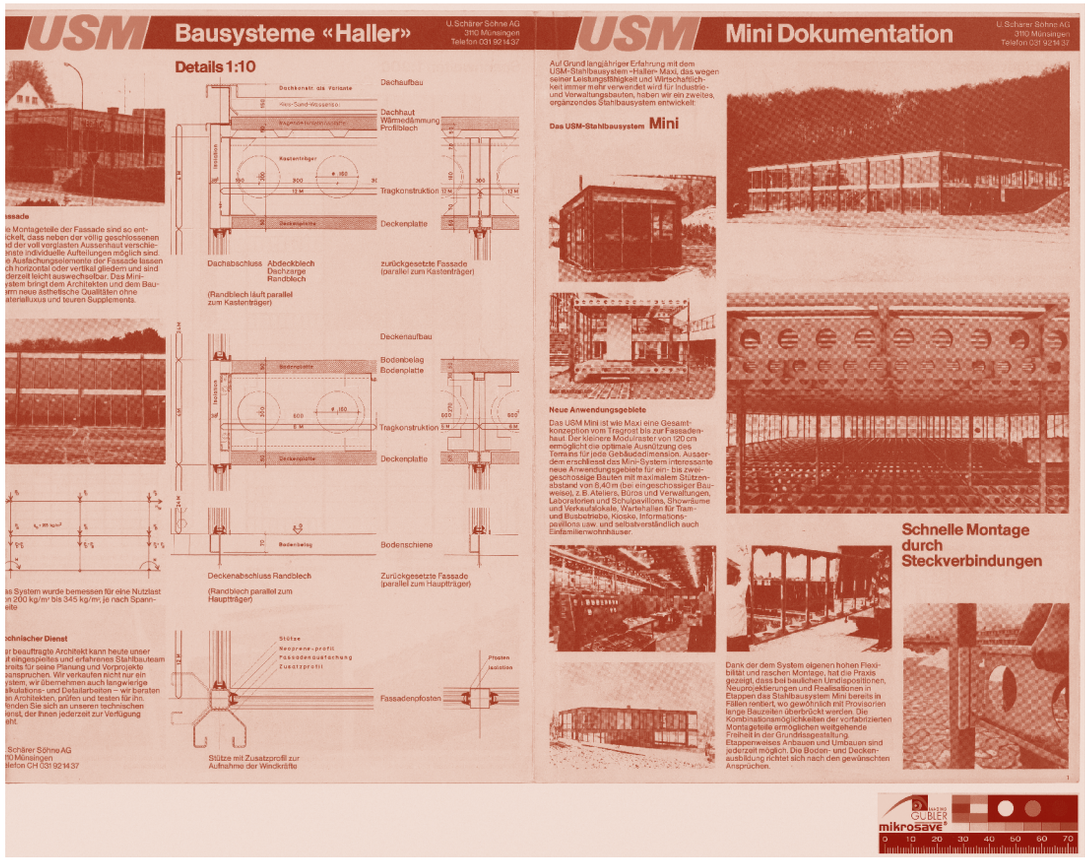


Abbildung 42: Prospekt Stahlbausystem *Mini*, USM Haller und Fritz Haller.

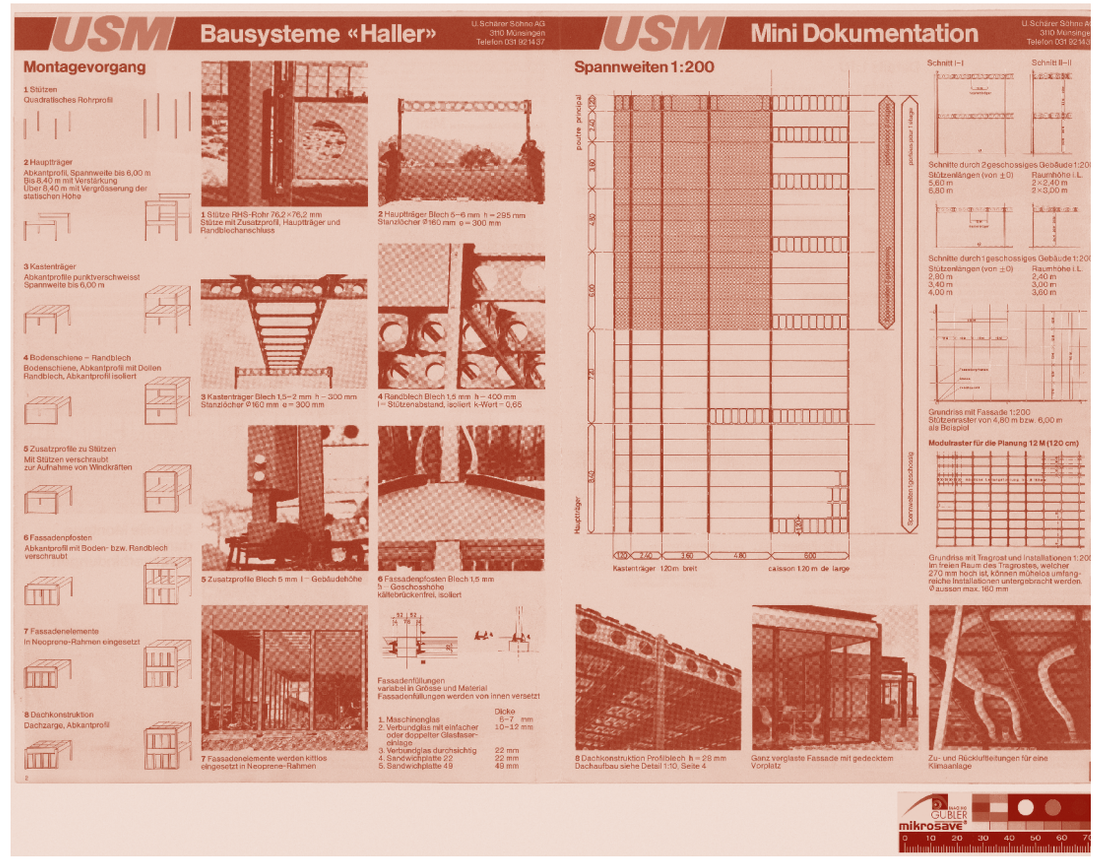


Abbildung 43: Prospekt Stahlbausystem *Mini*, USM Haller und Fritz Haller.

In dem System werden die Haupt- und Nebenträger nur durch die Materialstärke und nicht durch die Geometrie (statische Höhe) unterschieden. Auch die Randträger werden genauso konstruiert, um so die Erweiterbarkeit zu ermöglichen.[234] Fassaden, Innenwände und Flachdächer werden ebenfalls im System entwickelt. Haller entwickelt Steckverbindungen für den Anschluss der Träger an die Stützen. Das System ist auf eine kurze Montage und maximale Flexibilität ausgerichtet. Die Entwicklung zielt auf temporäre Gebäude ab und betont zugleich die Möglichkeit des flexiblen Umbaus und der Erweiterung der Gebäude.

Das System *Midi* ist für mehrgeschossige Gebäude entwickelt. Um Nutzungen wie Schulen und Verwaltungen mit hohen technischen Anforderungen zu realisieren, wird die Haustechnik modularisiert und als Teil des Systems entwickelt. Die Rahmen im Tragwerk werden von runden Stahlstützen mit doppelten Fachwerkträgern gebildet und lassen eine Spannweite von bis zu 14,40m zu.[235]

> *Aufgrund dieser Einsicht erarbeiteten wir Anfang der siebziger Jahre ein allgemeines, objektunabhängiges, geometrisches Konzept für modular organisierte, mehrgeschossige und hochinstallierte Gebäude, in dem jedes Teilsystem als Baukasten konzipiert ist und selbst wieder Teil eines umfassenden Baukastens ist. Dieses Modell – wir nannten es Midi-System – diente uns zum ersten Mal beim Bau des Ausbildungszentrums der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) in Murten, Schweiz, als Planungsgrundlage.*[236]

234 Steeve Sabatto: *Zur Frage von Massstab und Ökonomie: Totipotenz und Automation bei Konrad Wachsmann und Fritz Haller*. In: *Fritz Haller: Architekt und Forscher*. Zürich: gta, 2015, S. 140ff.
235 Ibid., S. 141.
236 Fritz Haller: *Über die Notwendigkeit wandelbarer Gebäude*. In: *Werk, Bauen + Wohnen 79 (1992)*, S. 11.

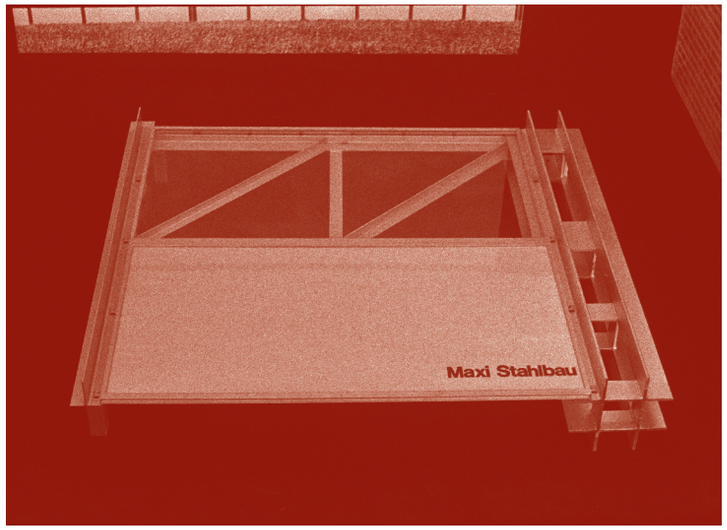


Abbildung 44:
Stahlbausystem *Maxi*, Fritz Haller: Ausschnitt Modell 1:1., Foto: Therese Beyerle, ETH Zürich, Archiv GTA.

Abbildung 45:
Stahlbausystem *Mini*, Fritz Haller: Testaufbau 1:1., Foto: Therese Beyerle, ETH Zürich, Archiv GTA.

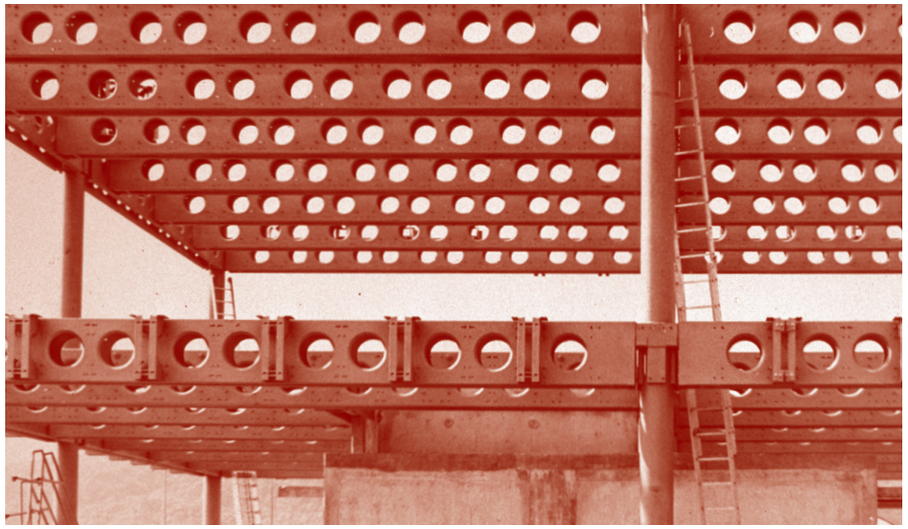


Abbildung 46: Stahlbausysteme *Mini*, *Midi*, *Maxi*, Montagezustand Primärkonstruktion, Fritz Haller.

Innerhalb des Systems sind Tragwerk, Fassade, Decken, Innenwände und Gebäudetechnik so modularisiert, dass alle Teilsysteme beliebig kombiniert werden können. Somit liegen innerhalb des Systems keine Hierarchien zwischen den Elementgruppen vor. Im Entwurf und der Entwicklung des Systems erfolgt die Integration in beide Richtungen: So ist die Ausbildung der Träger und Stützen ebenso durch die Notwendigkeiten der Leitungsführung bestimmt wie umgekehrt. Dem System liegt demnach eine geometrische, konstruktive und organisatorische Struktur zugrunde, aus der sich eine große Anzahl von Abhängigkeiten ableiteten. Haller nimmt dies zum Anlass mit dem Installationsmodell *Armilla* eine Softwareumgebung zu entwickeln, die die Planung der technischen Installationen so weit wie möglich automatisieren soll.[237] Haller entwickelt und optimiert das System *Midi* anhand zweier Projekte: der Höheren Technischen Lehranstalt (HTL) in Brugg-Windisch (CH, 1961–1983), die er einen Prototyp nannte, und dem SBB Ausbildungszentrum Löwenberg in Murten (CH, 1980–1983). Die ersten Entwürfe mit *Midi* unter Einsatz von *Armilla* entstehen im Wettbewerb um die Werksanlage Braun Melsungen AG (1985–1986) und Kantonsschule Solothurn (1991–1993), bei denen es ebenfalls umgesetzt wird.[238]

4.3.4.1 Relevanz Hallers für die Studie

Haller ist weniger an der Entwicklung einer spezifischen Lösung interessiert als an dem System selbst und darüber hinaus an dem Verständnis der Ordnungsprinzipien, die hinter dem jeweiligen System liegen. So erklärt sich die Richtung seiner Forschung ausgehend von den einfachen Systemen *Maxi* und *Mini*, die sich auf Tragwerk und Hülle konzentrieren und eher für einfache Nutzungstypologien eingesetzt werden, hin zu *Midi*, welches eine umfassende Integration aller Teile der Baukonstruktion und der Gebäudetechnik zulässt. Den anderen Entwicklungslinien folgend, wird dieser Anspruch noch deutlicher. Haller überträgt sein Systemdenken auf andere Maßstabsebenen. Sein bekanntestes Werk ist das Möbelsystem *USM-Haller,* das er zusammen mit Ulrich und Paul Schärer 1964 entwickelt. Es überträgt die Logik eines modularen, flexiblen und erweiterbaren Systems auf den kleinen Maßstab. Seine Überlegungen für die *Totale Stadt*[239] konzipieren ein globales Netzwerk von Knoten, die er geometrisch um Dichten, Anordnung und Muster organisiert. Die Struktur von Verkehr und Medien ähnelt dem Layout einer Platine oder eines Mikrochips. Seine Arbeit an einer Weltraumkolonie am Massachusetts Institute of Technology (MIT) lässt sich als eine utopische Ausdehnung seines Denkens auf einen extraterrestrischen Maßstab lesen. Zudem legen diese Utopien auch die Basis Hallers Denkens offen: Die Systeme, die er als offen im Sinne einer Erweiterbarkeit bezeichnet, sind in sich geschlossen und inkompatibel. Sie können weder auf einen spezifischen Ort reagieren noch Verbindungen mit anderen Strukturen eingehen. Sie existieren in einem geschaffenen Reinraum, in dem sich alles der Struktur unterordnet.

---

237 „Alle Bauteile sind über einer allgemeinen Modulordnung als elementierte Subsysteme gegenseitig koordiniert. Das betrifft auch alle Installationssysteme. Die Anordnung der Leitungsnetze in dreidimensionalen Modulgittern bestimmt viele Teile der übrigen Bauelemente. Es dürfte das erste Mal sein, dass die Medieninstallation auf der Maßordnung der Trag- und Ausbauelemente modular aufgebaut und in das Gesamtsystem integriert ist.“ Fritz Haller: *Ein offenes System für mehrgeschossige Bauten mit integrierter Medieninstallation.* In: *Werk, Bauen + Wohnen 11 (1975)*, S. 431.

238 Stalder; Vrachliotis: *Fritz Haller Architekt und Forscher.* S. 293f.

239 Fritz Haller: *Totale Stadt: Ein Modell.* Olten: Walter, 1968. Fritz Haller: Totale Stadt: *Ein globales Modell, Zweite Studie.* Olten: Walter, 1975.

Richard J. Dietrich /// ‚Metastadt', 1965 – 1987

4.3.5

Ab 1965 beginnt der Ingenieur und Architekt Richard Dietrich (geb. 1938–2019) ein Bausystem zu entwickeln, das er in verschiedenen theoretischen Entwürfen ausarbeitet und einmal in der *Metastadt Wulfen* umsetzen wird. Das Projekt ist als universelles Bausystem aus Stahl konzipiert und von den Stadtvisionen Yona Friedmans inspiriert.[240]

Abbildung 47: Fotografie, *Metastadt*, Richard Dietrich in Kooperation mit OKAL – BAU Salzhemmendorf, München, Wulfen, 1969–1976: Modell in Seitenansicht, Wohn – und Geschäftshäuser.

Die *Metastadt* ist als neue städtebauliche Typologie gedacht, die vielerorts die gewachsenen Städte ergänzen soll. Entwürfe und Ideen entstehen für Berlin-Rehberge, Hannover Linden Süd, Hamburg Sankt Pauli Landungsbrücken und Bremen Vegesack.[241] Die Entwürfe zeigen, dass die *Metastadt* als generisches Bausystem entwickelt wird, welches durch seine Anpassungsfähigkeit auf die jeweiligen Orte eingehen kann. So versteht Dietrich die ‚Metastadt' als Alternative zum „falsch programmierten Städtebau" [242] der Nachkriegszeit. Im Gegensatz zum CIAM-Städtebau ist die *Metastadt* auf Nutzungsmischung ausgelegt und bildet eine gewachsene Stadtstruktur nach. Dietrich versteht seine *Metastadt* damit als Gegenposition zum funktionalistischen Städtebau der Moderne. Er betont, dass er sie als Ergänzung zu bestehenden Stadtstrukturen versteht,[243] welche er als Basis oder Nährboden der ‚Überstadt von Morgen' sieht. Diese Vorstellung einer Schichtung und Verflechtung der

240 „Metastadt Ur-Projekt 1965: Anfang der 1960er Jahre wurde eine Vision des französischen Architekten Yona Friedman bekannt, von neuen Stadtstrukturen im Raum über den alten, von einer ‚ville spatiale' einer ‚Raumstadt', von schwebenden Raumgittern mit variablen Ausbauten über bestehenden Städten. Allerdings gab es von Friedman dazu nur sehr grobe Skizzen, die ein kontinuierliches Raumgitter mit einigen Einbauten zeigen. Das Raumgitter war außerdem mit diagonalen Verstrebungen versteift, was den Einbau frei nutzbarer Räume eigentlich unmöglich machte. Inspiriert von Friedmans Vision entstand 1965 das Projekt ‚Metapolis' später ‚Metastadt' genannt. Das aus Rahmen zusammengesetzte Tragwerksystem wurde 1969 patentiert.", Richard J. Dietrich: *Metastadt und erstes Metastadt-Bausystem, 1965 bis 1975*. http://www.dietrich-ingenieur-architektur.de/AS-1-start.htm, Zugriff am 31. März 2020.
241 Ibid.
242 Ibid.
243 Ibid.

Utopie mit den bestehenden Stadtstrukturen teilt er mit Yona Friedman. Hier unterscheiden sich beide von dem tabula rasa-Städtebau der CIAM-Protogonisten. Dietrich beschreibt die *Metastadt* als „Verdichtung und Dynamisierung, durch Überlagerung mit multifunktionalen variablen, regenerativen Raumstrukturen"[244] und führt damit eine wichtige These seiner Konzeption ein: Die *Metastadt* ist ein veränderliches, hoch verdichtetes, räumliches System von Stadt.

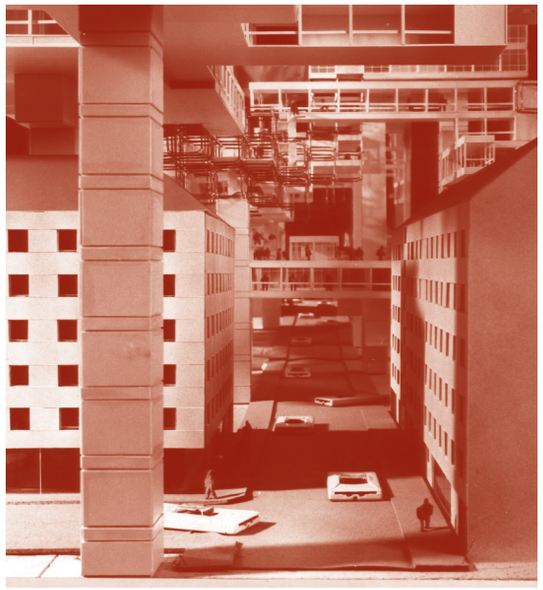


Abbildung 48: Fotografie, *Metastadt*, Richard Dietrich in Kooperation mit OKAL – BAU Salzhemmendorf, München, Wulfen, 1969–1976: Konzeptmodell (Durchsicht), Überlagerung der konventionellen Stadt mit der neuen *Metastadt*.

Zentral für die Idee der *Metastadt* ist die Anpassungsfähigkeit und Wandelbarkeit:

> *[...] [Die Metastadt] sah im Gegensatz zu Friedman ein diskontinuierlich frei im Raum arrangierbares, multifunktionales und variabel anpassungsfähiges Raumgitter vor, ohne Diagonalen mit steifen Knoten zu kubischen Einheiten zusammengesetzt. Alle Teile des Tragwerks und des Ausbausystems waren als montabel, demontabel, bzw. remontabel vorgesehen.* [245]

Der andere Schwerpunkt der Entwicklung sind die Bautechnologie und Prozesse. Dietrich sieht die Notwendigkeit, ein neues Bausystem für die *Metastadt* zu entwickeln, welches industriell und seriell hergestellt wird. Hier nähert sich sein Konzept den anderen AkteurInnen dieser Zeit an: Sowohl Habrakens ‚support' und ‚infills', die Stadtstrukturen und Gebäude der Metabolisten als auch andere Visionen wie ‚Plug-In Cities' und andere ‚Megastructures'[246] versuchen, ihre Ambitionen in Hinblick auf Maßstab, Kosten und Ressourcenverbrauch mit dem Verweis auf eine industrielle und automatische Fertigung zu plausibilisieren. Durch drastische Kosten- und Zeitersparnisse sollen die Großstrukturen und perspektivisch der Umbau der gebauten Umwelt ermöglicht werden.

244 Ibid.
245 Dietrich, ‚Metastadt und erstes Metastadt-Bausystem, 1965 bis 1975'.
246 Banham, ‚Megastructure: Urban Futures of the Recent Past'.

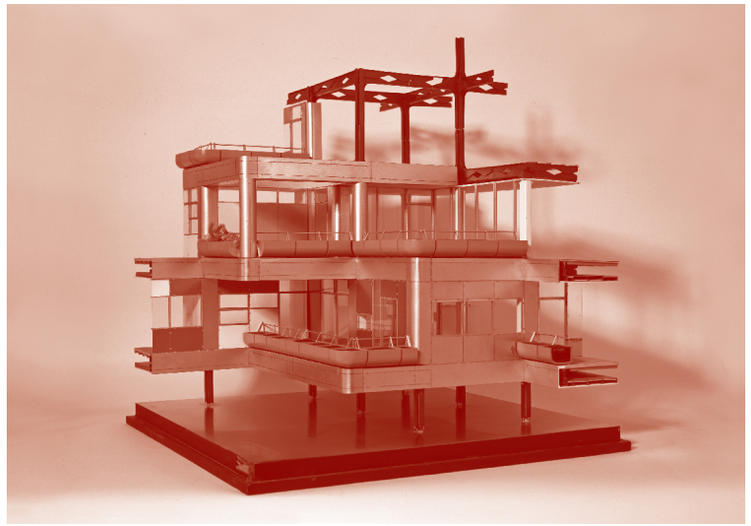


Abbildung 49: Fotografie, *Metastadt*, Richard Dietrich in Kooperation mit OKAL

Ab 1970 finanziert der Fertighaus-Hersteller Okal die Entwicklungsarbeit. Dietrich plant vermutlich auch deshalb anfangs mit einer Holzkonstruktion, da Okal als Hersteller von Holzwerkstoffen in Holzständerbauweise arbeitet.[247] Da die mehrgeschossige *Metastadt* in dieser Zeit wegen des Brandschutzes in Holz nicht genehmigungsfähig ist, wird die Konstruktion auf Stahl umgestellt und eine Zusammenarbeit mit dem Stahlbaukonzern Thyssen entwickelt. Das Tragwerk besteht aus zwei Tischen aus aufgetrennten Stahlprofilen mit biegesteifen Ecken, die zusammen einen Kubus und damit die Grundeinheit der *Metastadt* bilden und 1969 patentiert wird. Erste Prototypen werden 1970 in München gebaut. Der Grundriss beträgt 4,2m × 4,2m bei einer Höhe von 3,6m. Die Fertigung übernimmt die Werft Blohm + Voss des Konzerns Thyssen.[248]

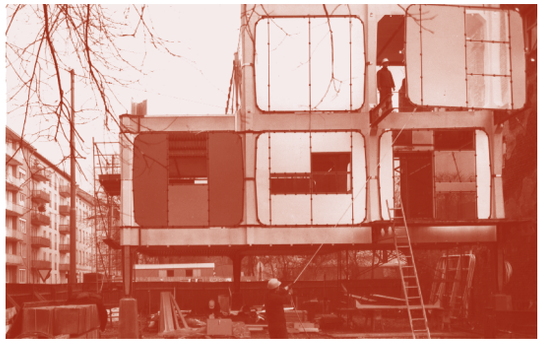


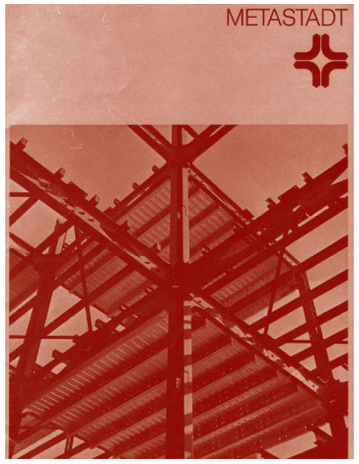
Abbildung 50: Fotografie, *Metastadt*, Richard Dietrich in Kooperation mit OKAL – BAU Salzhemmendorf, München, Wulfen, 1969–1976: Testbau M 1:1 in München, 1970.

Umgesetzt wird die erste *Metastadt* in die ‚Neue Stadt Wulfen' (Barkenberg), heute ein Stadtteil von Dorsten. Die ‚Neue Stadt Wulfen', deren Teil die *Metastadt* war, wird 1958 als Siedlung für den Steinkohlebergbau und für ursprünglich 50.000 EinwohnerInnen geplant. Der erste Anwendungsfall für die *Metastadt* ist damit keine Ergänzung einer städtischen Struktur, sondern eine Neugründung. Die Planung und Errichtung der ersten *Metastadt* ist

247 Okal bietet seit 1951 mit Fertighäusern in Holzständerbauweise im Bereich von Einfamilienhäusern an. OKAL Haus GmbH: *OKAL: Unternehmensgeschichte*. https://www.okal.de/unternehmen/geschichte/, Zugriff am 28. Februar 2020.
248 Dietrich: *Metastadt und erstes Metastadt-Bausystem, 1965 bis 1975*.

Abbildung 51: Fotografie, *Metastadt*, Richard Dietrich in Kooperation mit OKAL – BAU Salzhemmendorf, München, Wulfen, 1969–1976: Metastadt Bauprojekt Wulfen (Ansicht), 1972–1974XXX.

Abbildung 52: Broschüre, *Metastadt – Ein Stadtbausystem*, Richard Dietrich in Kooperation mit OKAL – BAU Salzhemmendorf, München, Wulfen, 1969–1976: Realisationsstand 1974.



überlagert von Problemen der Stadt-Neugründung. 1970 wird das Planungsziel für die ‚Neue Stadt Wulfen' auf 30.000 EinwohnerInnen reduziert.[249] Bis Ende der 1980er Jahre erreicht die Siedlungeine Größe von nur 10.000 EinwohnerInnen und hat sich bis heute bei 8.500 EinwohnerInnen stabilisiert. Grund ist der ausbleibende Erfolg der Zeche und die damit einhergehenden rückläufigen Einwohnerzahlen. Als die Anlage 1973 eröffnet wird, sind von den ursprünglich 400 Wohneinheiten nur 102 gebaut. Vor allem bauliche Mängel führen zu größerem Leerstand der Wohnungen. So werden undichte Flachdächer sowie unzureichender Wärmeschutz von Wänden und Fenstern als schwere Baumängel genannt, die auch die Heizkosten in die Höhe treiben.[250] Auch die Fassade zeigt schon in den ersten zehn Jahren Risse.

4.3.5.1 Relevanz der ‚Metastadt' für die Studie

Interessant für diese Studie ist, dass die ‚Metastadt' ebenfalls von einer technischen Innovation ausgeht (in diesem Falle Stahl-Modul-Bauweise) und 1974 in Wulfen tatsächlich umgesetzt wird. Sie wird jedoch laut Bericht aufgrund der zuvor genannten technischen Mängel nach nur 12 Jahren abgerissen.[251] An diesem Beispiel kann man erkennen, dass Erfolg und Misserfolg eines Bausystems an wenigen Faktoren hängen kann. Im Falle der ‚Metastadt Wulfen' entsprach die erste Implementierung nicht dem ursprünglichen Konzept der Überlagerung einer neuen Mega-Struktur mit einem bestehenden Kontext. Auch wenn damit ein wesentlicher Bestandteil des Konzepts nicht ausgedrückt werden konnte, so ist vorstellbar, dass die Planung und Umsetzung des Konzepts auf einem unbebauten Grundstück erheblich einfacher ist als über oder neben einer gewachsenen Stadtstruktur. Ob die technischen Probleme des Projekts bei weiteren Anwendungsfällen hätten gelöst werden können, lässt sich nicht beantworten. Auch eine Nachrüstung oder Sanierung der ersten *Metastadt* wäre eventuell denkbar gewesen, wenn diesem Aufwand eine entsprechende Nachfrage nach dem Wohnraum gegenübergestanden hätte. Der Rückgang dieser Nachfrage und das Schrumpfen des Ortsteils sind externe Faktoren, die wesentlichen Anteil an dem Scheitern des Experiments hatten.

249 Ibid.
250 Thomas Gesterkamp: *Der schiefe Turm von Wulfen: Am Rande des Ruhrgebiets wird zum erstenmal ein heruntergekommenes Wohnsilo abgerissen*. In: *Zeit*, 1986.
251 Dietrich: *Metastadt und erstes Metastadt-Bausystem, 1965 bis 1975*.

5 Entwicklung des Bausystems

Im Folgenden wird die Entwicklung des Bausystems erläutert. Dazu wird zuerst auf den Untersuchungsraum Bezug genommen. Danach werden einzelne Aspekte des Entwurfs, der Konstruktion und der Eigenschaften des Bausystems entwickelt. Schließlich werden die Anforderungen an das Bausystem im Sinne der übergeordneten Ziele genauer beschrieben, die daraufhin die Grundlage für die Analyse und den Vergleich der Fallstudien ergeben.

Annahmen // Definition des Untersuchungsraums

5.1

Die Definition des Untersuchungsraums beeinflusst die Forschung und das Bausystem maßgeblich. Jede wissenschaftliche Studie und jeder architektonische Entwurf hat Annahmen und Voraussetzungen, vor allem aber Grenzen, innerhalb derer nach Lösungen und Ansätzen gesucht wird. In diesem Abschnitt geht es auch darum, diese Grenzen der vorliegenden Arbeit explizit und transparent zu machen und damit zur Diskussion zu stellen. Im Sinne der methodologischen Absicht der Arbeit liegt ein Wert darin, die Annahmen des architektonischen Entwerfens zum Teil des Diskurses werden zu lassen. Die Setzungen und Definitionen des Bausystems sind zudem notwendig, um den Untersuchungsraum operativ einzugrenzen, das heißt um arbeitsfähig zu bleiben. Dabei können nicht alle Entwurfsvarianten gezeichnet, nicht alle Analysen durchgeführt werden. Literatur- und Quellensichtung im Rahmen einer wissenschaftlichen Arbeit kann immer nur einen Ausschnitt der Gesamtheit abbilden. Grundsätzlich ließen sich an die Untersuchung weitere Explorationen zu anderen Materialien, konstruktiven und statischen Systemen oder Geometrien anschließen, die dann zu anderen Ergebnissen führen würden. Einige der denkbaren Varianten werden im Folgenden diskutiert. Dabei soll in der Studie ein klar erkennbarer Untersuchungsraum erarbeitet werden, oder nicht durch eine zu große Bandbreite der Parameter verunklärt wird. Die Untersuchung wird wie folgt eingeschränkt:

- Das System wird in Hinblick auf eine Wohnnutzung untersucht.
- Das System wird aus Holz entwickelt.
- Es werden orthogonale Systeme untersucht.

Der vorgeschlagene Versuchsaufbau entwickelt und testet eine Architektur, in der die drei Dimensionen - Konstruktion, Raum und Nutzung (Mensch) - weitgehend gleichberechtigt nebeneinanderstehen. Dies erlaubt, die Beziehungen und Wechselwirkungen kontinuierlich neu auszuhandeln und die Ergebnisse zu beobachten. Das zu entwickelnde Bausystem eignet sich zu einer Untersuchung der Wechselwirkung von Entwurf, Konstruktion und Nutzung (Mensch), weil es eine geringe Hierarchie zwischen den Ebenen vorgibt. Die meisten Architekturen sind konstruktiv und räumlich so stark determiniert, dass entweder der Entwurf die Konstruktion prägt oder umgekehrt. Vor allem sind die meisten Gebäude und Architekturen statisch und lassen sich im Betrieb kaum anpassen oder verändern. Das Skelett-Bausystem, das in der Arbeit erforscht wird, eröffnet größere Möglichkeiten für eine spätere Anpassung während der Nutzungsphase: Die nicht-tragenden Innenwände können unabhängig von der Tragstruktur verändert und verschoben werden. Die homogene Struktur des Gebäudes ermöglicht gleichgroße Räume und erlaubt, unterschiedliche Wohnfunktionen zu vertauschen sowie Wohnungen zusammenzuschließen oder zu trennen.

5.1.1 Definition der Materialität // Holzbau als Schlüsseltechnologie des nachhaltigen Bauens

Die Baukonstruktion wird als Faktor für die Nachhaltigkeit eines Gebäudes weitgehend unterschätzt. Der Energieverbrauch ergibt sich bei älteren Gebäuden überwiegend aus dem Betrieb und hat deshalb die öffentliche Debatte der letzten Jahre stark dominiert. Auch haben sich gesetzliche Vorgaben und planerische Verfahren darauf konzentriert. Baukonstruktion ist das Zukunftsthema des nachhaltigen Bauens. Schon heute ist in der Baukonstruktion der meisten Passivhäuser mehr Energie enthalten, als deren Betrieb über den Lebenszyklus verbraucht. Spätestens mit der Einführung der EU-Gebäuderichtlinie 2020 verschiebt sich das Optimierungspotenzial in den Bereich der Baukonstruktion, da die Gebäude im Betrieb keine Energie mehr verbrauchen. Für die Konstruktion ergeben sich folgende ökologische Anforderungen:

- Erhöhung des Anteils an nachwachsenden Rohstoffen (vor allem Holz)
- Rückbaufähigkeit und Wiederverwendbarkeit der Bauteile

Holz ist als einheimischer, nachwachsender Rohstoff der zukunftsfähigste Baustoff, da es der einzige ist, der in großen Mengen für alle Bauaufgaben eingesetzt werden kann und nicht auf limitierten Ressourcen, wie fossilen Energien, Sand, Metall-Erzen, basiert. Durch die in Deutschland etablierte, nachhaltige Forstwirtschaft kann Holz als nachwachsender Rohstoff auf Dauer genutzt werden. Modellrechnungen gehen davon aus, dass mit nur einem Drittel des jährlich produzierten Holzvolumens die gesamte Bautätigkeit in Deutschland gedeckt werden kann.[252] Holz belastet die Ressourcen und die Umwelt in Bezug auf Emissions- und Abfallaufkommen weniger als nicht-nachwachsende Baustoffe. Für die Herstellung und Verarbeitung ist deutlich weniger Primär-Energie erforderlich.[253] Die Produktion von Holz ist nicht nur kohlendioxidneutral, sondern wirkt aktiv dem Treibhauseffekt entgegen, weil das atmosphärische Kohlendioxid im Holz gebunden und damit zwischengelagert wird.

Siehe dazu:
Kapitel 1.2
Wachsender Bedarf

Churkina et al. schlagen vor, den absehbar anhaltend hohen Bedarf an neuen Gebäuden* als eine anthropogene Kohlenstoff-Senke für das Erreichen der Klima-Ziele zu nutzen, die je zu einer erheblichen Reduktion der baubedingten CO_2-Emmissionen führen können.[254] Die AutorInnen erklären so, dass der Vergleich von konventionellen mineralischen Bauweisen (Stahl, Beton, Mauerwerk) und Bauweisen, die auf nachwachsenden Rohstoffen wie Holz und Bambus basieren, nicht zu validen Szenarien führt, sondern dass der Aufwand für diese Transformation zukünftiger Bautätigkeit auch mit anderen anthropogenen CO_2-Senken, wie etwa Carbon capture and storage (CCS), zusammen betrachtet werden muss.

In der systematischen Untersuchung *Energieaufwand für Gebäudekonzepte im gesamten Lebenszyklus Sechs – Ein- und Mehrfamiliengebäude*[255] für das Umweltbundesamt (UBA) hat das Ingenieurbüro *EGS Plan* insgesamt 400 Variantenkombinationen der Parameter Baukonstruktion (Material), energetischer Standard, Haustechnik und Energieträger berechnet. Ziel der Studie war es, zu untersuchen, welche der genannten Variantenkombinationen Gebäudekonzepte ergeben, um die Klimaziele der Bundesregierung für das Jahr 2050, also einen klimaneutralen Gebäudebestand, zu erreichen. Das Ergebnis zeigt, dass die wenigstens Varianten überhaupt den Zielkorridor erreichen und die Varianten, die auf einer überwieg-

---

252 Hermann Kaufmann; Stefan Krötsch; Stefan Winter: *Atlas: Mehrgeschossiger Holzbau*. München: DETAIL, 2017, S. 26f.
253 James Edward Gordon: Structures: *Or Why Things Don't Fall Down*. Cambridge: Da Capo Press, 2003.
254 Galina Churkina et al.: *Buildings as a Global Carbon Sink*, Nature Sustainability, 2020, https://doi.org/10.1038/s41893-019-0462-4.
255 Studie *Energieaufwand für Gebäudekonzepte im gesamten Lebenszyklus 6 Ein- und Mehrfamiliengebäude Neubau und Sanierung 400 Variantenkombinationen*, Steinbeis-Transferzentrum Energie-, Gebäude- und Solartechnik, EGS Plan, STZ-EGS. www.stz-egs.de, Vortrag Dr. Boris Mahler am Stand des BBSRs auf der bautec am 23. Februar 2018.

enden Holzkonstruktion basieren, deutlich im Vorteil im Hinblick auf die Erreichung der Klimaziele sind (siehe Abb. 46).

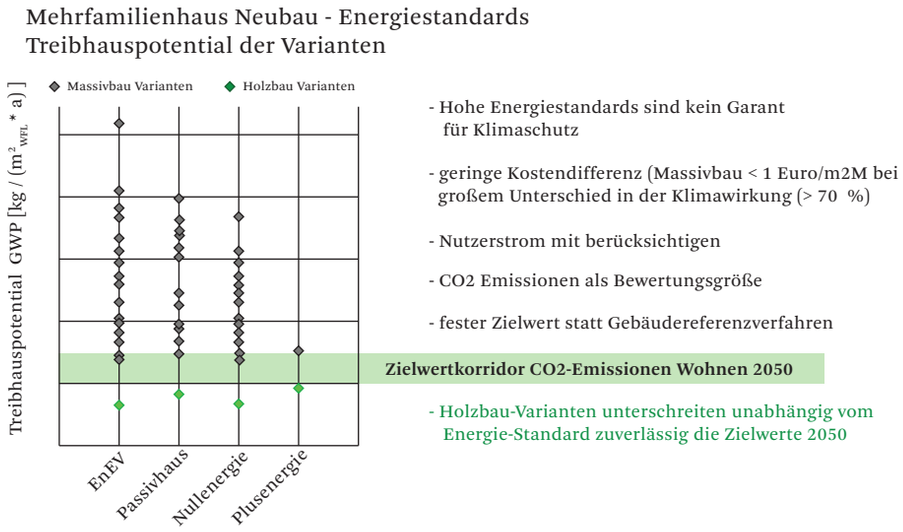


Abbildung 53: Die Variantenstudie vergleicht CO_2-Emissionen und Energieaufwand für Gebäudekonzepte im gesamten Lebenszyklus Sechs Ein- und Mehrfamiliengebäude Neubau und Sanierung 400 Variantenkombinationen.

Verglichen mit den konventionellen Holzbauten wurden eine deutliche Reduktion der Anteile von Stahlbauteilen und Verbindungsmitteln erreicht. Im heutigen Holzbau werden zunehmend auch Kleber, Stahl und Beton verwendet, um Tragfähigkeit, Feuerwiderstand und Dauerhaftigkeit zu verbessern. Auch wenn die Hybridisierung zu neuen Einsatzmöglichkeiten führt, gehen positive Eigenschaften des Holzbaus verloren. Bei der Hybrid-Bauweise wird Reduktion der CO_2-Emissionen durch die Verwendung von Holz durch die hohen Emissionen der Sekundärstoffe (Beton, Stahl, Kunststoffe) in Teilen aufgehoben. Gerade die Produktion metallischer Verbindungsmittel macht einen großen Anteil an den Gesamtemissionen bei der Herstellung von Holzgebäuden aus. In Hinblick auf eine sortenreine Trennung, Rückbaubarkeit und die Wiederverwendung von Bauteilen ist das Bausystem den konventionellen Massivbauweisen aus Mauerwerk und/oder Stahlbeton überlegen. Eine Extraktion von Verbundstoffen und anderen Fraktionen als Holz (Beton, Metall) ist so aufwendig, dass sie in der Praxis nicht stattfindet. Holzbauteile und reine Holz-Konstruktionen lassen sich sortenrein trennen und rezyklieren (Recycling, stoffliche Wiederverwendung, Verarbeitung zu Holzwerkstoffen).

Für Skelettbauten eignet sich Holz in besonderer Weise: Holz hat von allen gängigen Baumaterialien das günstigste Verhältnis von Eigengewicht zu Tragfähigkeit. Deswegen lassen sich aus Holz besonders effiziente Tragsysteme konstruieren. Ein weiterer Vorteil ist die geringe Wärmeleitfähigkeit mit der sich die Probleme anderer Skelettbauten (Durchdringungen, Kältebrücken) einfacher vermeiden lassen.

Bauphysikalisch sind metallische Verbindungsmittel beim Holzbau nachteilig, weil der erhöhte Wärmedurchgang zu Kondensat führen kann, das gerade im Holzbau zu Bauschäden führt. In einer Nur-Holz-Konstruktion werden die Wärmebrücken vermieden. Die Planung wird darüber hinaus vereinfacht, weil die Betrachtung von Wärmebrücken und thermischen Schwachstellen entfällt.

Vorteile der Holzbauweise:

- geringer Primär-Energieinhalt und geringe CO_2-Emmissionen
- nachwachsender Rohstoff
- einfache Verarbeitung
- geringes Gewicht, weswegen sich Holz besonders für Anpassungen im Betrieb eignet

Gleichzeitig hat Holz als Baustoff auch Nachteile: Der Schallschutz ist im Holzbau problematisch, weil dem Material die notwendige Masse fehlt, um mit dem Primär-Baustoff einen effektiven Schallschutz zu erreichen, wie dieser bei Stahlbeton und schwerem Mauerwerk vorliegt. Zur Umsetzung von Schallschutzmaßnahmen im Bausystem wurden im angrenzenden Forschungsprojekt[256] untersucht und in praktikable, baubare Details übersetzt, so dass die Funktionstauglichkeit der Teststände messtechnisch nachgewiesen werden konnte.

Grundsätzlich ist Holz als brennbares Material feuergefährdet. Im Bausystem basiert der konstruktive Brandschutz auf der Verkohlung der oberen Holzschichten im Brandfall, die den Durchbrand verlangsamen, bis die Menschen gerettet und wirksame Löscharbeiten eingeleitet werden. Bei Massivholz wird durch die sich bildende Kohleschicht der Abbrand verlangsamt, so dass ohne Verkleidung und Beschichtung hohe Brandwiderstandklassen erreicht werden können.

5.1.2 Definition der Nutzung // Wohnen

Das Bausystem wird ausschließlich in Hinblick auf die Eignung für den Wohnungsbau untersucht. Diese Einschränkung des Untersuchungsraums dient dazu die Methodik für die Prüfung der Funktionstauglichkeit zu vereinheitlichen, indem ähnliche und klar beschreibbare Funktionen untersucht werden. Gleichzeitig wird die Beschreibung der Wohnfunktionen durch neue Wohnformen erschwert. Hier spiegelt sich eine steigende Diversifizierung der Gesellschaft wider: Auflösung und schnellere Neubildung traditioneller Familienstrukturen, Vermischung von Arbeiten und Wohnen, Entwicklung von neuen, gemeinschaftlichen Wohnformen. In dem parallel verlaufenden Forschungsprojekt zu Wohnbedürfnissen werden neue gemeinschaftliche Wohnformen untersucht.[257]

Wohngebäude machen den Großteil der Gebäude aus. In Deutschland waren im Jahr 2018 73,2% des Gebäudebestands Wohngebäude.[258] Auch liegt der Lebenszyklus der Wohngebäude in Deutschland bei ca. 50 Jahren[259] und ist damit länger als der der Nicht-Wohngebäude. Entsprechend spielt die Frage der Anpassungsfähigkeit und langfristigen Nutzbarkeit gerade im Wohnbereich eine besonders große Rolle. Wenn das Bausystem also eine möglichst große ökologische Wirkung entfalten soll, dann ist der Wohnungsbau der geeignete Ansatzpunkt.

Um Anpassungsfähigkeit zu erreichen, stellen die Anforderungen, die an zeitgenössische Gebäude in Europa gestellt werden, ein Hemmnis dar. Die in den anerkannten Regeln der Technik verfestigte Vorstellung eines Gebäudes zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen, ist die eines Gebäudevolumens, das klar zwischen Innen und Außen trennt. Würde

256 Hans Drexler et al.: *Form- und Kraftschlüssiges Holzbau-System*. DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt), 2020, https://www.dbu.de/123artikel37808_2430.html, Zugriff am 1. Dezember 2019.

257 Wegener et al.: *Wohnformen: Vergleichende Untersuchung zu Gemeinschaftlichen und individuellen Wohnbedürfnissen (Abschlussbericht)*.

258 3,2 Mio. Mehrfamilienhäuser (MFH) mit 1,5 Mrd. m2 und 15,6 Mio. Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH) Wohnfläche mit 2,2 Mrd. m² Wohnfläche ergibt eine Wohnfläche von 3,7 Mrd. m² in Wohngebäuden (73,2%). Nichtwohngebäude beheizte Nettogrundfläche 1,35 Mrd. m2 (26,7%). Insgesamt Nettogrundfläche 5,05 Mrd. m² (100%). Nicht erfasst ist die Industrie. Abb 6: Gebäudebestand in Deutschland, Deutsche Energie-Agentur (dena), *Dena-Gebäudereport Kompakt 2018: Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand* (Berlin, 2018), S. 17.

259 *50 Jahre beträgt das Durchschnittsalter eines deutschen Wohngebäudes*. Zentralverband Deutsches Baugewerbe, 2014, https://www.zdb.de/zdb-cms.nsf/id/50-jahre-durchschnittsalter-eines-deutschen-wohngebaudes-de, Zugriff am 1. Dezember 2019.

man Witterungs-, Schall-, Brand- und Wärmeschutz einschränken oder gar ganz darauf verzichten, ließen sich offenere Strukturen bilden.

Deutlich wird an den Beispielen von Cedric Price, die an die Nutzung eines Gebäudes im kulturellen Bereich andere klimatische Anforderungen stellen, da sich die Menschen nicht dauerhaft darin aufhalten. Werden diese Konzepte auf Wohngebäude der heutigen Zeit übertragen, sind die Anforderungen an die Gebäudehülle derart hoch, dass eine flexible Umgestaltung des Gebäudes nicht mit vertretbarem Aufwand umgesetzt werden kann. In der vorliegenden Studie werden sowohl reale Bauprojekte (*Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*) als auch theoretische und freie Ansätze für das Bausystem untersucht (*Case Study 4: dgj243 WMF Wohncluster Merianstraße Frankfurt*).

In dem parallel laufenden Forschungsprojekt zu gemeinschaftlichen Wohnformen werden Wohnfunktionen und Nutzungsintensität beschrieben.[260] Die dort entwickelte Methode,die sich zum einen auf die Befragung der BewohnerInnen zur Wohnpraxis (Befragung im Feld und online) sowie die Begehung und Kartierung der Wohnumgebung stützt, wird in der vorliegenden Arbeit indirekt einbezogen. Wenn die Gebäude der ersten beiden Fallstudien fertig gestellt sein werden, dann wäre es sinnvoll, Untersuchungen zu der Wohnpraxis durchzuführen, wobei auch deren Veränderung abgebildet und analysiert werden könnte.*

Siehe dazu:
Kapitel 8.3.9
Interaktion NutzerInnen und Gebäude //
Post-Occupancy-Studien

260 Wegener et al.: *Wohnformen: Vergleichende Untersuchung zu gemeinschaftlichen und individuellen Wohnbedürfnissen (Abschlussbericht).*

5.2 Geometrie, Dimensionen und Rastermaß

Die Entwicklung eines Bausystems führt schnell zur Frage einer geometrischen Definition des Bausystems. Dabei lässt sich zum einen die Frage einer geometrischen Grundordnung, wie im vorliegenden Fall die Orthogonaliität, zum anderen die Frage der Maßlichkeit stellen. Außerdem ist wichtig, ob das Bausystem mit festen Maßen oder Modulgrößen arbeitet und wenn ja, wie diese sich ableiten.

5.2.1 Orthogonalität

Die zweite wichtige Einschränkung des Untersuchungsraums betrifft die Geometrie der Strukturen. Peter Eisenmann beschreibt in seinem Essay *Weak Form*[261], dass komplexe Geometrien einen geringeren Grad der Identifikation und Determination haben als „starke Formen“ und orthogonale Geometrie. Er folgert, dass in diesen starken Formen eine eindeutige Wechselbeziehung „zwischen Bedeutung und Funktion, Struktur und Form“ entsteht. Er plädiert in seinem Essay und in seinen Projekten für „schwache Formen“, denen er das Potential zuschreibt, diese eindeutigen Beziehungen auflösen zu können. Die vorliegende Studie argumentiertjedoch in eine andere Richtung. Die Annahme ist, dass orthogonale Strukturen weniger determiniert sind als andere Geometrien. Weshalb der Untersuchungsraum in der Studie auf die orthogonale Geometrie beschränkt ist, wird im Folgenden anhand funktionaler, konstruktiver und methodischer Argumente näher ausgeführt. Es sei an dieser Stelle nochmals betont, dass die Arbeit keine ästhetische Diskussion beinhaltet. Die Frage ist vielmehr, welches die adäquate Definition des Untersuchungsraums ist.

Gebäude und Räume mit einer rechtwinkeligen Geometrie machen den mit Abstand größten Anteil der Alltags- und Wohngebäude aus. Auch im städtebaulichen Maßstab sind rechtwinkelige Strukturen der Regelfall. Das sich von der Norm Abhebende ist anders, es sticht heraus aus der homogenen Masse. In Analogie wird ein buntes Blatt Papier als Besonderheit wahrgenommen, wohingegen ein weißes Papier im Vergleich dazu so gewöhnlich ist, dass es selbst kaum wahrgenommen wird. Im gleichen Maße sind rechtwinkelige Geometrien eines Wohnraums der gewohnte Regelfall, der so häufig und gebräuchlich ist, dass seine Grundgeometrie nicht hinterfragt wird. Gleiches ließe sich auch über seine Funktion sagen: Die meisten Möbel, Einbauten und Nutzungen sind auf rechtwinkelige Räume ausgelegt. Weicht ein Raum von dieser Grundgeometrie ab, so wird seine Nutzbarkeit eingeschränkt. Wenn die Studie also auch andere Geometrien untersuchte, wäre das Ergebnis vorhersehbar, dass diese für die gängige Möblierung nicht geeignet ist. Wie eine Wohnpraxis in solchen Wohnungen aussähe, wäre Spekulation.

Ein ähnliches Argument lässt sich auch für die Konstruktion finden. Die Festlegung orthogonaler Raster, Bauteile und Anschlüsse folgt der gängigen Praxis am Bau, dass Materialien und Bauteile rechtwinkelig geliefert werden. Natürlich werden auch Gebäude mit dreieckigen oder vieleckigen Grundrastern geplant und gebaut. Derartige Konstruktionen führen jedoch zu erheblichem Verschnitt und damit ineffizienten Konstruktionen und Grundrissen, weil die Geometrie der orthogonalen Materialien an die Geometrie des Gebäudes angepasst werden muss.

Schließlich kann auch ein methodisches Argument diskutiert werden, den Untersuchungsraum auf die orthogonale Geometrie zu beschränken: Das wissenschaftliche Arbeiten muss sich stets Grenzen setzen, um zu verwertbaren Ergebnissen zu kommen. Würden in der Studie Gebäude unterschiedlicher Geometrien (nicht-rechtwinkelig, ungleichmäßig) verglichen, könnte nicht ausgeschlossen werden, dass die Ergebnisse auf die Unterschiedlichkeit

261 Peter Eisenmann: *Weak form*. In: *Architektur im Aufbruch: Neun Positionen zum Dekonstruktivismus.* München: Prestel, 1991.

der Geometrien anstatt auf die Wechselwirkung von Entwurf, Konstruktion und Nutzung zurückzuführen sind. Um vergleichbare Ergebnisse zu erarbeiten, ist es daher notwendig Versuchsaufbau und Untersuchungsraum möglichst genau zu definieren.

Die Beschränkung des Untersuchungsraums auf eine dreidimensionale, orthogonale Geometrie gibt eine geometrische Struktur vor. Zugleich ist die Struktur so generisch und vielseitig, dass sie für die räumliche Interpretation wenig Vorgaben macht. Auch die dreidimensionale Ausdehnung der Konstruktion als räumliches Raster kann als zusätzlicher Freiheitsgrad gesehen werden. Sie ermöglicht einen Ausbau und eine Nutzung, die im offenen Raum nicht möglich sind. Die Annahme im Rahmen dieses Versuchsaufbaus ist, dass die dreidimensionale Struktur wie das in Analogie weiße Papier wirkt: Das Bausystem hat eine materielle Präsenz und ist strukturelle Grundlage, wird aber zum Träger einer Nutzung und tritt gegenüber dieser in den Hintergrund.

Dimensionen und Rastermaße 5.2.2

Dem Bausystem liegt die Annahme eines räumlichen Rasters zugrunde. Dieses Raster wird nicht auf Fertigungs- oder Transportmaße zurückgeführt, sondern ist als geometrisches und konstruktives Ordnungssystem zu verstehen. Dementsprechend ist die Entwicklung von Rastern (Planungsmodulen) eine zentrale Aufgabe der Systementwicklung.

Im Wohnungsbau gibt es wenig Anhaltspunkte für sinnvolle Rastergrößen, selbst wenn historische Versuche für derartige Maßsysteme bekannt sind. Aus den Eigenschaften bestimmter Baustoffe lassen sich bestimmte Maße ableiten, die zu wenig Verschnitt führen oder sich aus der Leistungsfähigkeit des Materials ergeben. Im Holzbau liegen die gebräuchlichen Liefermaße für Platten und Plattenwerkstoffe von 2,5m × 1,25m vor, aus denen sich ein Rastermaß von 0,625cm ergibt, das im Holzbau häufig Anwendung findet. Die Platten haben entsprechend Spannweiten, die auf diese Abstände abgestimmt sind. Vollholz-Balken werden üblicherweise bis zu einer Höhe von 24cm geliefert. Aus diesem Maß ergibt sich eine Deckenspannweite von ca. 5,0m, die im Holzbau oft zu finden ist. Dieses Maß ist gleichzeitig auch eine für Wohnräume gebräuchliche und sinnvolle Raumtiefe, die bei durchschnittlichem Fensterflächenanteil eine adäquate Belichtung und Belüftung der Räume gewährleistet.

Selbst wenn es aus den oben genannten Aspekten des Materials, der Fertigung, Belüftung und Belichtung der Räume leicht wäre, Standardmaße anzunehmen, werden in dieser Forschung Raster- und Raumgrößen in Hinblick auf die Eignung für Wohnzwecke systematisch untersucht. Häufig werden im Wohnungsbau relativ große Raster und Räume angenommen (zum Beispiel 4,0m × 4,0m), weil diese für die meisten Wohnfunktionen (zum Beispiel Schlafen, Wohnzimmer, Esszimmer, Küche) gut geeignet sind und daher eine vielfältige Nutzbarkeit und damit einhergehende Flexibilität gewährleisten. Auch wenn die langfristige Nutzbarkeit und Großzügigkeit der Räume für diesen Ansatz sprechen, so führt dieser ‚loose fit'-Ansatz auch dazu, dass viele Räume für ihre Nutzung systematisch überdimensioniert sind.*

Ziel dieser Untersuchung ist es zudem, kleinere und unübliche Raster auf ihre Leistungsfähigkeit zu testen. Die Fragestellung ist, ob sich mit solchen Rastern effizientere Grundrisse entwickeln lassen. Diese könnten insgesamt zu einer Reduktion der Wohnfläche pro Kopf führen und dennoch den Anforderungen des Wohnens gerecht werden (Suffizienz-Strategie). Untersucht wurde, wie sich die Auswahl eines bestimmten Rastermaßes auf die Effizienz der Grundrisse insgesamt und die Ausnutzung der geschaffenen Wohnfläche auswirkt. Dabei wurde zunächst die Passung zwischen den einzelnen Wohnfunktionen (Küche, Essen, Schlafen, Bad) und dem Raster analysiert.

Siehe dazu:
Kapitel 4.2.1
Anpassungsfähigkeit
des Systems

Aus einer systematischen Betrachtung aller notwendigen Funktionen ergibt sich daraufhin eine Gesamtbewertung für eine Wohnung in dem jeweiligen Raster.

In den vorliegenden Fallstudien werden Rastergrößen von 2,65m bis 6,00m Achsraster untersucht. Die Rastergrößen ergeben sinnvolle Raumgrößen in Hinblick auf die Nutzbarkeit, Möblierbarkeit, Belichtung und Belüftung der Räume. Um Hinweise auf die sinnvollen Rastergrößen zu erarbeiten, werden in der Querauswertung unterschiedliche Rastergrößen in Hinblick auf die Flächeneffizienz oder Suffizienz und Passung von Raumgrößen und Wohnfunktionen untersucht. Mit dieser Methodik werden diese beiden Aspekte für insgesamt 46 gerichtete und ungerichtete Raster untersucht.

Da es sich bei dem Bausystem um ein offenes System handelt, welches in seinen Maßen nicht modularisiert ist, können grundsätzlich alle Rastermaße in bestimmten statisch sinnvollen Grenzen geplant werden. Dieses Vorgehen basiert auf der Erfahrung, dass sich die Maße des Gebäudes nicht immer aus der inneren Logik des Gebäudes (Raumgrößen, Rastergrößen) ableiten. Häufig ergeben sie sich stattdessen durch äußere Faktoren, wie die Größe und Geometrie des Grundstücks, Abstandsflächen oder städtebauliche Aspekte (Nachbarbebauung).

Flexibilität und Anpassungsfähigkeit des Bausystems 5.3

Das vorangegangene Unterkapitel beschäftigt sich mit der Theorie und Praxis des anpassungsfähigen Wohnens. Im Folgenden soll nun die Umsetzung im Bausystem betrachtet und erklärt werden. Eine Betrachtung der Adaptabilität und Flexibilität der Fallstudien folgt in der Exploration.

Anpassungsfähigkeit des Systems 5.3.1

Grundsätzlich wurden in *4.2.4 Flexibles und adaptives Wohnen* zwei Strategien vorgestellt:

- ‚Tight fit': Passgenaue, aber veränderliche Räume und Möblierung
- ‚Loose fit': Entwurf von nutzungsneutrale, überdimensionierten Räumen

Das Bausystem schlägt eine Kombination der beiden Strategien vor. Im Bausystem sind alle Raumraster gleichgroß und schaltbar, so dass idealerweise alle Wohnfunktionen in den gleichen Raumzellen nachgewiesen werden (‚loose fit'). Zugleich werden die Räume in der Untersuchung und in den meisten der Fallstudien für die jeweilige Nutzung minimiert (‚tight fit'), um den Verbrauch an Wohnfläche insgesamt zu minimieren.

Die Auswertung lässt in Hinblick auf die Anpassungsfähigkeit jedoch auch eine andere Deutung zu: Eine genaue Passung zwischen der (‚tight fit') normierten Wohnfunktion und dem Raum führt zu einer geringeren Anpassungsfähigkeit des Gebäudes. Gegenüber der spezifischen Optimierung, die mit der geometrisch-numerischen Methode gemessen werden kann, könnte also auch eine adaptive Grundrissgestaltung durch die Nutzungsneutralität der einzelnen Räume für eine langfristige Nutzbarkeit zuträglich sein. Bei dieser Strategie geht es nicht darum, bestimmte Szenarien oder spätere Nutzungen zu antizipieren, sondern optimale Bedingungen für eine möglichst vielfältige Nutzung und Nachnutzung der Gebäude zu schaffen. Dabei geht die Robustheit[262] häufig über die Grenzen einer Nutzungsart wie Wohnen oder Gewerbe hinaus, indem die Gebäude für unterschiedliche Nutzungen gleichermaßen geeignet sind. Tatjana Schneider und Jeremy Till beschreiben in *Flexible Housing*, dass funktionsneutrale Räume eine Mindestgröße von 3,2m × 3,8m oder gar 3,6m × 4,0m haben sollten.[263]

Die generische Dimensionierung aller Räume der Wohnungen trägt also dazu bei, dass sich die Wohnungen insgesamt vielseitiger und länger nutzen lassen. Die genannten Raumgrößen bieten eine vielseitige Nutzbarkeit der Räume, bedeuten aber auch höhere Flächenverbräuche pro Person.* So liegen die kleinen Raster in dem Bausystem bei 23m²/p.P. bis 26m²/p.P. gegenüber 33m²/p.P. für das Raster 3,5m × 4,0m, welches ungefähr den Angaben von Schneider und Till entspricht. Damit liegt die Ausweitung der Wohnfläche zwischen 26,9% und 43,4%. Die Wohnungen werden also dauerhaft zu groß bemessen, was sich auf die Wohnkosten und den Ressourcenverbrauch auswirkt. Deswegen ist zu diskutieren, in welchen Fällen ein solches ‚loose fit'-Konzept angestrebt werden sollte.

Siehe dazu:
Kapitel 3.2.4.3.3
Entwurfsstrategien

Die Untersuchung der Anpassungsfähigkeit einer Wohnung ist eine methodische Herausforderung. Einerseits existieren viele unterschiedliche Wohnpraktiken und Wohnkulturen (Einzelapartments, Familien-Wohnungen, WGs, Kommunen u.v.m.), andererseits beinhaltet die Beschreibung der Eignung für eine bestimmte Nutzung viele einzelne Aspekte (Größe sowie Zuschnitt der Zimmer, Erschließung, Belichtung, Belüftung, Ein- und Ausblicke, Privatsphäre nach innen und außen u.v.m.). Es gibt Methoden, wie zum Beispiel das Bewertungssystem ‚Wohnwertbarometer', das 2009 an der TU Darmstadt bei Prof. Hegger

262 Thomas Auer; Laura Franke: *Lowtech im Gebäudebereich. In: Robuste Architektur*. Bonn: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), 2019, S. 46.
263 Schneider; Till: *Flexible Housing*.

entwickelt wurde, um die Qualität von Wohngebäuden im Kontext der Nachhaltigkeit zu bewerten und zu vergleichen.[264] Um dieses vollständig anzuwenden, muss auch der konkrete Kontext der Gebäude bekannt sein, weil viele der Aspekte Aussagen nur im Verhältnis des Gebäudes zur Umgebung zulassen. Mit der entwickelten geometrisch-numerischen Methode lässt sich die Möblierbarkeit der Zimmer und des Grundrasters, das heißt die Passung der Raumnutzung und der Raumgeometrie prüfen. Die Ausnutzung der einzelnen Raster (Rasterfelder) berechnet, wie gut sich alle Wohnfunktionen (Küche, Essen, Wohnen, Schlafen, Kinderzimmer, Gästezimmer) in das jeweilige Grundraster einfügen. Wenn die Passung hoch ist, dann bleiben weniger Restflächen in dem einzelnen Rasterfeld, was durch den Anteil der Fläche ausgedrückt wird, die für die jeweilige Nutzung verbraucht wird. Im Sinne einer optimalen Flächeneffizienz sind demnach hohe Prozentangaben günstig.

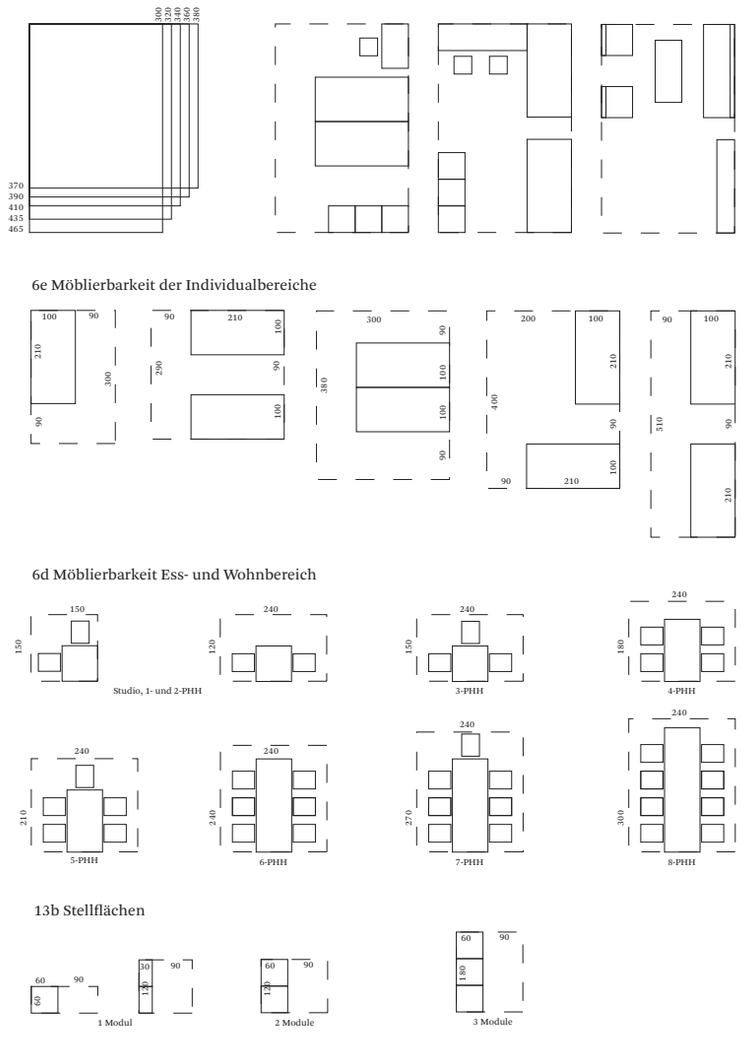


Abbildung 54: Möblierungsschablone Wohnfunktionen aus Bewertungshandbuch *Wohnwertbarometer*.

264 *Manfred Hegger et al.: Wohnwertbarometer: Erfassungs- und Bewertungssystem nachhaltiger Wohnqualität*. Stuttgart: Fraunhofer IRB, 2010.

Eine Aussage in Hinblick auf die Anpassungsfähigkeit ergibt sich, wenn die horizontalen Zeilen der Passung der einzelnen untersuchten Raster in Bezug auf die verschiedenen Haushaltsgrößen (PHH) betrachtet werden. Durchgehend hohe Werte zeigen an, dass die Passung bei großen wie kleinen Wohnungsgrößen hoch ist. Eine solche Interpretation der Berechnungen führt zu folgenden Ergebnissen:

- Die kleineren Raster haben in vielen Fällen eine höhere Flächenausnutzung, sowohl bei kleinen als auch bei größeren Wohnungen.
- Bei kleineren Wohnungen zeigen sich grundsätzlich schlechtere Ausnutzungen als bei größeren Wohnungen.
- Die großen Raster zeigen vor allem bei kleinen Wohnungsgrößen eine geringere Effizienz.

Diese Ergebnisse lassen sich aufgrund der häufigen Überdimensionierung der Räume für die Wohnnutzung bei größeren Grundrastern erklären. Eine Verzerrung in der Auswertung ergibt sich dadurch, dass das Fehlen der inneren Verkehrsflächen (zum Beispiel Flure, Treppen) in Kauf genommen wird. Man könnte aber auch interpretieren, dass die Raster in diesen Fällen zu klein sind.

Das Bausystem lässt sich grundsätzlich mit einem hohen Grad an Anpassungsfähigkeit umsetzen. Dabei sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Je höher die Anpassungsfähigkeit der einzelnen Räume, desto höher ist der Flächenverbrauch pro Kopf.
- Die Anforderung an die Anpassungsfähigkeit sollte an der Langfristigkeit der geplanten Nutzung entschieden werden: Je eher mit einer späteren Änderung der Nutzung zu rechnen ist, desto anpassungsfähiger sollte geplant werden. Wenn die Nutzung auf Sicht beibehalten wird, können flächeneffiziente Grundrisse entwickelt werden.
- In jedem Fall sollten Mindeststandards an die Anpassungsfähigkeit der Wohnungen in Hinblick auf die Barrierefreiheit (demographischer Wandel, Inklusion; siehe *5.3.2.7 Altersgerechtes und barrierefreies Wohnen*) erfüllt werden.

Parameter für anpassungsfähige Grundrisse und Wohnformen sind:

- Raumgrößen, Raumgeometrie
- Erschließung innerhalb der Wohnungen
- Schaltbarkeit und Abtrennung von Wohnungen und Wohnungsteilen
- Anordnung von dienenden Räumen (Küchen und Bäder)

Flexibilität des Bausystems 5.3.2

Die Idee des Bausystems ist, dass die Konstruktion eine flexible Veränderung des Gebäudes ermöglicht und erleichtert. Dabei werden die nachfolgend näher beschriebenen, verschiedenen Ebenen untersucht und in der Entwicklung des Systems adressiert.

- Flexible Gebäudestrukturen: Gebäudegeometrie (insbesondere Gebäudetiefe), Anordnung der Erschließungskerne, Grundstruktur des Gebäudes, trennende Bauteile
- Hierarchie: Trennung der konstruktiven Ebenen, Fassaden, Konstruktion von anpassungsfähigen Bauteilen (Trennwänden)
- Flexibles Tragwerk: Anordnung tragender und aussteifender Bauteile
- Flexible Grundrisse: Veränderbarkeit der Räume: Raumgrößen, flexible Teile
- Baukonstruktiver und technischer Gebäudeausbau: Lage und Anordnung von vertikalen Schächten und horizontalen Leitungen, Nachrüstbarkeit von Technik, dezentrale und modulare Konzepte für die Haustechnik
- Flexible Möblierung

Abbildung 55: DGJ Architektur: Forschungsprojekt *Holz – form- und kraftschlüssig*, Tabelle zur Passung von Geometrie und Wohnnutzung mit Durchschnittswerten, DGJ Architektur, 2019. Erläuterung: PHH = Personenhaushalt; rot = Passung unter 58%, blau = Passung über 58%, je extremer von diesem Wert abweichend, desto stärker der Farbton.

PASSUNG GEOMETRIE UND WOHNNUTZUNG

Raster	1 PHH	2 PHH	3 PHH	4 PHH	5 PHH	6 PHH	7 PHH
2,65 m x 2,65 m	62%	74%	72%	79%	71%	-	-
2,85 m x 2,85 m	53%	64%	66%	69%	51%	73%	69%
3,00 m x 3,00 m	57%	68%	59%	62%	55%	66%	69%
3,50 m x 3,50 m	51%	49%	55%	55%	59%	62%	63%
4,00 m x 4,00 m	39%	46%	58%	54%	65%	72%	82%
4,50 m x 4,50 m	40%	48%	56%	49%	51%	56%	66%
2,65 m x 2,85 m	57%	69%	74%	74%	66%	78%	78%
2,65 m x 3,00 m	57%	71%	67%	70%	62%	75%	74%
2,65 m x 3,50 m	49%	60%	59%	66%	58%	64%	64%
2,65 m x 4,00 m	60%	58%	64%	69%	73%	71%	68%
2,65 m x 4,50 m	53%	51%	56%	65%	62%	66%	70%
2,65 m x 5,00 m	47%	46%	51%	58%	56%	64%	74%
2,65 m x 5,30 m	59%	54%	48%	51%	58%	60%	62%
2,85 m x 3,00 m	60%	72%	52%	55%	52%	69%	69%
2,85 m x 3,50 m	64%	61%	68%	57%	60%	66%	68%
2,85 m x 4,00 m	55%	53%	59%	55%	58%	66%	64%
2,85 m x 4,50 m	65%	59%	61%	60%	58%	61%	65%
2,85 m x 5,00 m	58%	53%	65%	54%	57%	59%	61%
2,85 m x 5,30 m	55%	50%	62%	51%	54%	56%	57%
2,85 m x 5,70 m	51%	46%	57%	47%	50%	52%	53%
3,00 m x 3,50 m	60%	58%	64%	63%	68%	62%	65%
3,00 m x 4,00 m	52%	50%	56%	62%	65%	63%	61%
3,00 m x 4,50 m	62%	56%	58%	57%	55%	57%	58%
3,00 m x 5,00 m	55%	50%	62%	51%	49%	56%	57%
3,00 m x 5,30 m	52%	47%	58%	48%	51%	53%	54%
3,00 m x 5,70 m	48%	44%	54%	45%	47%	49%	50%
3,00 m x 6,00 m	46%	41%	51%	48%	45%	46%	47%
3,50 m x 4,00 m	44%	43%	48%	54%	57%	63%	64%
3,50 m x 4,50 m	39%	47%	49%	55%	51%	58%	63%
3,50 m x 5,00 m	47%	56%	66%	49%	54%	52%	62%
3,50 m x 5,30 m	44%	53%	62%	54%	59%	70%	61%
3,50 m x 5,70 m	41%	49%	58%	50%	60%	65%	64%
3,50 m x 6,00 m	39%	47%	55%	57%	57%	62%	60%
4,00 m x 4,50 m	45%	55%	73%	56%	57%	63%	67%
4,00 m x 5,00 m	41%	49%	57%	62%	72%	65%	63%
4,00 m x 5,30 m	38%	46%	54%	58%	68%	61%	68%
4,00 m x 5,70 m	36%	43%	50%	54%	63%	66%	63%
4,00 m x 6,00 m	34%	41%	47%	62%	60%	63%	60%
4,50 m x 5,00 m	36%	43%	51%	53%	64%	67%	56%
4,50 m x 5,30 m	51%	61%	48%	50%	60%	63%	60%
4,50 m x 5,70 m	47%	57%	44%	46%	56%	58%	56%
4,50 m x 6,00 m	45%	54%	56%	55%	53%	55%	62%

Mittelwert	57%	Median	57%	Modualwert	49%

Flexible Gebäudestrukturen (gebäudekundliche Aspekte des Bausystems)

5.3.2.1

Die Gebäudegeometrie, insbesondere die Gebäudetiefe, spielt für die flexible Umgestaltung eine wesentliche Rolle. Bei tiefen Grundrissen ergeben sich verschiedene Raumschichten, die in Hinblick auf Belichtung und Belüftung voneinander abhängig sind. Bezüglich der Gebäudeform und Größe macht das Bausystem keine Vorgaben. Um eine möglichst flexible Nutzung zu erreichen, sollten möglichst wenig unveränderliche Elemente eingeplant werden. Dazu ist eine klare Hierarchie in der Baukonstruktion entscheidend.* In der Studie werden unterschiedliche Ausprägungen des Bausystems vorgestellt und verglichen.

Siehe dazu:
Kapitel 5.3.2.2
Hierarchie innerhalb der Baukonstruktion

Das Bausystem lässt eine Vielzahl von Gebäudetypologien zu. Dies zeigt sich bereits an den unterschiedlichen Erschließungstypen in den Fallstudien: Zweispänner, Vierspänner, Laubengang und offenes Wohnen (indirekte Erschließung über Wohnräume). Auch Mittelflure sind denkbar. Die Anordnung der Erschließungskerne und horizontalen Erschließungselemente bestimmt die Zugänglichkeit der Zimmer und Bereiche einer Wohnung. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, Räume flexibel zu trennen.

Das Bausystem macht keine Vorgaben für die Erschließung und die Grundstruktur. Vielmehr können diese individuell für jedes Projekt entworfen werden. Die Grundstruktur des Gebäudes wird von verschiedenen Elementen beeinflusst, die sich nicht verändern lassen:

- tragende und aussteifenden Bauteile*
- Erschließung (Treppenkerne, Lift, horizontale Erschließung)
- trennende Bauteile (Wohnungstrennwände und -decken)

Siehe dazu:
Kapitel 5.3.2.2
Hierarchie innerhalb der Baukonstruktion
und
Kapitel 5.3.2.3
Flexibles Tragwerk

Hierarchie innerhalb der Baukonstruktion

5.3.2.2

Für die Trennung der konstruktiven Ebenen wurden in dem Bausystem unterschiedliche Strategien entwickelt, die in den Fallstudien entwerferisch und baukonstruktiv untersucht werden. Es werden folgende konstruktive Ebenen unterschieden, die sich in Teilen auf die ‚shearing layer' von Stewart Brand beziehen*: nicht-flexible, flexible sowie flüchtige Elemente.

Siehe dazu:
Kapitel 4.2.2
Gebäude als Prozess //
‚How Buildings Learn'

Nicht-flexible Elemente (Lebenszyklus > 50 Jahre):

- Tragwerk: Skelettbau ermöglicht die Trennung von tragenden, aussteifenden und raumbildenden Elementen
- Erschließungskerne
- meist auch horizontale Erschließung (z.B. Laubengänge)
- Wohnungstrennwände und Decken zwischen Wohneinheiten
- technische Gebäudeausrüstung: Schächte und zentrale horizontale Verteilung
- Lage der Bäder und anderer sanitäre Einrichtungen

Flexible Elemente (Lebenszyklus 1–10 Jahre):

- Fassade: Kann flexibel ausgetauscht werden, wenn ohne aussteifende Funktion
- Wände innerhalb der Wohnungen
- Wohn-Kuben*

Siehe dazu:
Kapitel 6.5
Case Study 5: dgj244
Greenhouse

Bei einer konsequenten Trennung von tragenden, aussteifenden und raumbildenden Bauteilen wird eine Veränderung der Grundrisses begünstigt. Die Konstruktion von anpassungsfähigen Bauteilen* hat bei der technischen Entwicklung viel Raum eingenommen. Hier galt es, die technischen Anforderungen, insbesondere den Schallschutz, mit einer alltagstauglichen, leicht rückbaubaren Konstruktion der flexiblen Bauteile zu verbinden.

Siehe dazu:
Kapitel 4.2.2.4
Flexible Grundrisse

In einzelnen Fällen (*Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0*, *Case Study 2: dgj228 Wohngruppe ‚Gemeinsam Suffizient Leben'*, *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*, *Case Study 5: dgj244 Greenhouse*) sind darüber hinaus weitere Elemente flexibel, zum Beispiel die Fassaden, Decken, Wohn-Kuben.

Flüchtige Elemente, die von den NutzerInnen eingebracht und kurzfristig verändert werden (Lebenszyklus 1–10 Jahre):

- Möbel
- Ausstattung

Flexibles Tragwerk

5.3.2.3

Der große Vorteil des Skelettbaus ist in der Trennung von Raumbildung und Tragwerk zu sehen. So ermöglicht die Tragstruktur, dass sowohl Innen- als auch Außenwände versetzt und verändert werden können. Für die Abtragung der horizontalen Lasten werden bei den untersuchten Systemen auch Wände als aussteifende Wandscheiben herangezogen. Dadurch sind einige der Wände nicht mehr flexibel. Dennoch entstehen in Hinblick auf die Nutzung und die Anpassungsfähigkeit des Gebäudes enorme Freiheitsgrade, die sich in einem Massivbau mit tragenden Wänden nicht erreichen lassen. Vor allem ist ein großer Vorteil darin zu sehen, dass das Tragsystem robust und selbsterklärend ist, so dass es von den NutzerInnen ohne Planungsaufwand selbst verändert werden kann.

Flexible Grundrisse

5.3.2.4

Die Hinweise für die flexible Gestaltung der Grundrisse decken sich in Teilen mit denen für anpassungsfähige Grundrisse.* Diese Hinweise betreffen die Raumgrößen und die Wahl des Grundrasters. Innerhalb der Wohnung ist die Möglichkeit, den Grundriss zu verändern, gegeben durch:

Siehe dazu:
Kapitel 5.3.1
Anpassungsfähigkeit des Systems

- versetzbare Wände
- Schiebewände
- Schiebetüren

Damit sich die Wände innerhalb der Wohneinheiten leicht versetzen lassen, werden diese in dem Bausystem wie folgt konstruiert:

- Wände innerhalb der Wohneinheiten stehen immer auf dem Estrich, nicht auf der Rohdecke, so dass der Bodenaufbau nicht repariert werden muss, wenn die Wände zurückgebaut werden.
- Es wurden Holz-Ständerwände entwickelt, die die empfohlenen Schallschutz-Anforderungen erfüllen.
- Ferner wurden doppelte Schiebewände entwickelt, die auch die empfohlenen Schallschutz-Anforderungen erfüllen. Diese Schiebewände bestehen aus vier Platten (den Schiebetüren) und vier Rahmenprofilen. Entsprechend einfach können diese Schiebewände zurückgebaut und versetzt werden.

Bei der Entwicklung des Bausystems wurden verschiedene Arten von flexiblen Trenn- und Schiebewänden entwickelt. Die Innenwandaufbauten wurden im Teststand eingebaut und messtechnisch untersucht:

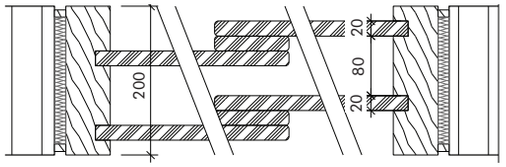


Abbildung 56:
Trennwand TW01.1

TW01/TW01.1 Schiebewandkonstruktion

5.3.2.4.1

Die TW01/TW01.1 beschreibt eine Schiebewandkonstruktion, in der Plattenelemente – in diesem Fall Dreischichtplatten – in einen Rahmen mit vorgefrästen Nuten eingesetzt werden und in diesem als Öffnungselemente verschoben werden können.

Flexibilität

- geringer Ein- und Ausbauaufwand
- einfache Ertüchtigung (lediglich Einsetzen der zweiten Wandschicht)
- praktikabler Umbau
- einfaches Konstruktionsprinzip ohne komplexen Schichtaufbau
- Bearbeitung und Montage der einzelnen Elemente vor Ort möglich

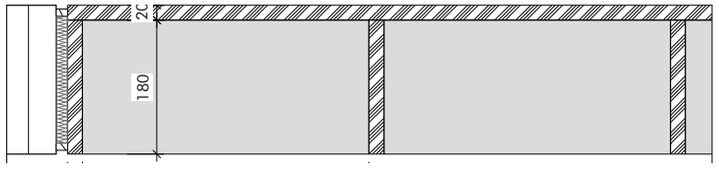


Abbildung 57:
Trennwand TW02

TW02 Regalkonstruktion Regalwand

5.3.2.4.2

Die TW02 entspricht einer aus Dreischichtplatten-Elementen zusammengesteckten Regalkonstruktion, die einseitig ebenfalls mit einer Dreischichtplatte verschlossen wird. Ohne weitere Ertüchtigung ist die Trennwand als offenes Regal nutzbar.

Flexibilität

- schneller Ein- und Ausbau
- in einem Stück versetzbar
- einfache Ertüchtigungen zu TW02.1/02.2
- einfache, größtenteils selbsterklärende Herstellung der Grundkonstruktion aus nur einem Plattenmaterial

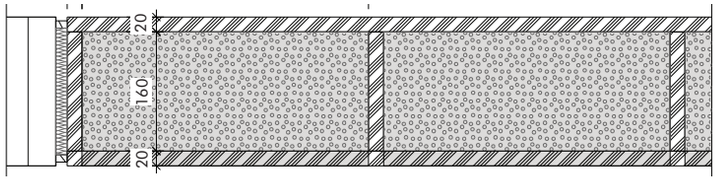


Abbildung 58:
Trennwand TW02.1

TW02.1 Geschlossene Regalwand mit Sandfüllung

5.3.2.4.3

In der Ertüchtigungsstufe TW02.1 wird die Regalwand mit Sandsäcken gefüllt und die zweite Seite der Wand mit Dreischichtplatten verschlossen. Dadurch wird die Eigenschwingung der Wand durch das erhöhte Gewicht minimiert und der Schallschutz verbessert.

Flexibilität

- erhöhtes Gewicht schränkt die Flexibilität ein
- Sandsäcke müssen herausgenommen und wiedereingesetzt werden
- Ertüchtigung durch Befüllen der Fächer mit Sandsäcken vollständig in Eigenleistung

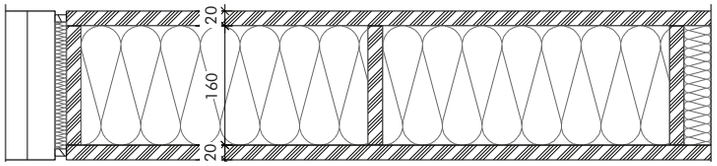


Abbildung 59:
Trennwand TW02.2

TW02.2 Geschlossene Regalwand mit Mineralwolle-Dämmung

5.3.2.4.4

Die Ertüchtigung TW02.2 sieht die Füllung der Hohlräume der Regalkonstruktion mit Mineralwolle zur Verbesserung des Schallschutzes vor.

Flexibilität

- einfacher Ein- und Ausbau
- zugeschnittener Dämmstoff lässt sich schnell einsetzen und entnehmen und hat ein geringes Eigengewicht
- in einem Stück versetzbar
- Ertüchtigung durch Ausfüllen der Fächer mit Dämmstoffplatten vollständig in Eigenleistung

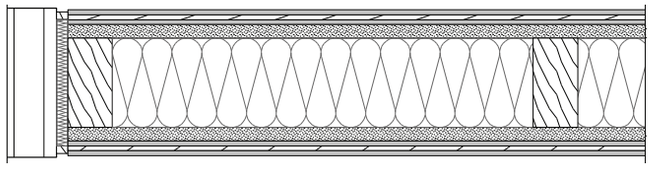


Abbildung 60:
Trennwand TW03

TW03 Holzständerwand

5.3.2.4.5

Die TW03 ist eine konventionelle, einfache Holzständerwand und ebenso wie die TW05 beidseitig mit einer je 18mm Gipskarton-Feuerplatte und einer je 19mm Dreischichtplatte beplankt. Alternativ werden auch schwerere Plattenwerkstoffe wie Gipsfaserplatten oder spezielle, sandgefüllte Schallschutzplatten verwendet.

Flexibilität

- eingeschränkte Flexibilität, da großer Rückbau- und erneuter Aufbauaufwand notwendig ist
- Option für dauerhaftere Wandkonstruktion
- Ein- und Ausbau im Selbstbau möglich

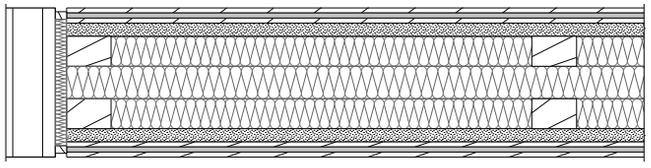


Abbildung 61:
Trennwand TW05

TW05 Konventionelle Holzständerwand

5.3.2.4.6

Die TW05 ist eine konventionelle Holzständerwand mit getrenntem Ständerwerk, Hohlraumdämmung aus Mineralwolle und beidseitiger Beplankung mit je 18mm Gipskarton-Feuerschutzplatte und 19mm Dreischichtplatte.

Flexibilität

- als dauerhafte Zimmertrennwand geplant und bereits vor der Selbstbauphase eingebaut (die Möglichkeit des Selbstbaus wurde trotzdem erprobt)
- nicht als flexible Trennwand geplant

Die entwickelte Trennwand wurden im Selbstversuch der Bauherren aufgebaut, um die Praktikabilität des Selbstbausystems zu prüfen.* Bei dem Versuchsaufbau wurden auch Schallmessungen zum Luftschall- und Trittschallschutz der Trennwände und Trenndecken durchgeführt.[265]

Siehe dazu:
Kapitel 4.3.2
Partizipation im Bau
(Selbstbau)

265 Drexler et al.: *Form- und Kraftschlüssiges Holzbau-System.*

Entwerferische Integration des technischen Gebäudeausbaus 5.3.2.5

Im technischen Gebäudeausbau (unter anderem Heizung, Lüftung, Sanitär, Elektro, Gas) kommt der Integration (oder baulichen Trennung) der Gebäudetechnik besondere Bedeutung zu. Die Gebäudetechnik hat eine geringere Lebenserwartung. Der technische Fortschritt und geänderte Rahmenbedingungen, wie steigende Energiekosten und verbesserter Umweltschutz, führen zu kurzen Nutzungsdauern. Dies betrifft nicht nur die zentralen Anlagen, sondern häufig auch die Leitungssysteme und Endgeräte. Deren Austausch führt in den meisten Fällen zu einer Zerstörung der angrenzenden Bauteile und Oberflächen. Sinnvoll wäre es daher, die Gebäudetechnik so zu verbauen, dass diese einfach gewartet sowie mit geringem Aufwand und Begleitschäden ganz oder teilweise ausgetauscht werden kann.

Da die technischen und energetischen Anforderungen an die Gebäude im Hinblick auf die aktuelle Gesetzeslage und zukünftige Entwicklung (Energieeinsparverordnung), Lebenszykluskosten und die Verantwortung des Bausektors für die Umwelt nicht in Frage gestellt werden sollen, muss nach baulichen Wegen gesucht werden, wie die Kosten im Bereich der Technikgewerke gesenkt werden können. Hierfür sehen wir folgende Potentiale:

- bessere bauliche Integration (Erhöhung des Vorfertigungsgrades, integrale Planung)
- Standardisierung und Modularisierung
- Verbesserung der Wartung und Instandhaltung durch bessere Zugänglichkeit und Austausch von Komponenten
- Nachrüstbarkeit von Technik

Die wichtigsten Fragen sind entsprechend Lage und Anordnung von vertikalen Schächten sowie die Führung der horizontalen Leitungen.

Auch hier lassen sich drei Strategien unterscheiden:

- Sichtbare Verlegung von Leitungen und Anlagen (und deren Bündelung)
- Anordnung von zentralen Schächten, Installationsräumen und hochinstallierten Räumen (zentrale Anordnung)
- Bündelung der Technik in Fassaden-Elementen (dezentrale Anordnung)

Sichtbare Verlegung von Leitungen und Anlagen (und deren Bündelung) 5.3.2.5.1

Wenn die Leitungen sichtbar verlegt werden, sind optimale Möglichkeiten der Wartung und späteren Veränderung gegeben. Im europäischen Wohnungsbau hat sich in den letzten Jahrzehnten die unsichtbare Verlegung (meist ‚Unterputz') und Montage von Leitungen und Geräten als Standard durchgesetzt. Lediglich in den sogenannten Altbau-Wohnungen, in denen die Heizsysteme oft nachträglich installiert wurden, sind die Leitungen oft sichtbar verlegt, was von den BewohnerInnen im Allgemeinen akzeptiert wird. Die gängige Praxis jedoch, Leitungen und Geräte zu verbergen, hat eine Reihe von Nachteilen für die Flexibilität, die Wartung und Instandhaltung der Gebäude. So müssen die Wände (Mauerwerk und Putz oder Trockenbau) zum Erreichen geöffnet und anschließend wieder geschlossen werden. Durchbrüche an Böden und Decken sind meist mit aufwendigen Reparaturen verbunden.

Eine Alternative ist die sichtbare Installation von Leitungen und Geräten. Hierfür gibt es auch in der Baugeschichte interessante Beispiele. Für den Wohnungsbau relevantere Ansätze hat der Brutalismus entwickelt. Hier wurde versucht, die Konstruktion und in manchen Fällen auch die Installation des Gebäudes zu zeigen und gestalterisch wirksam zu machen. Beispiele hierfür finden sich bei Sigrud Lewerentz (*Flower Shop*, Malmö, 1969 oder *St. Petri Church*, Klippan 1962–66) oder Alison und Peter Smithson (*Hunstanton School*, Norfolk, 1954).

Abbildung 62: *Skåne Blommor AB – Flower Shop*, Sigurd Lewerentz, Malmö, Sweden, 1969.

Die sichtbare Installation von Leitungen und Geräten kann bei einer entwerferischen Durcharbeitung ästhetisch in die Gesamtkonzeption eingebunden werden. In dem Bausystem, das mit unbekleideten Holzoberflächen arbeitet, kann auch eine sichtbare Installation in die Architektursprache eingebunden werden.

Der Vorteil für die Flexibilität ist, dass sich die sichtbaren Leitungen leichter finden und verändern lassen. Die Verlegung der Leitungen auf der Geschossdecke stellt hier noch ein Hemmnis dar, weil die Leitungen einen definierten und nicht veränderbaren Austrittspunkt vorgeben. Hier wäre zu prüfen, ob nicht mit Bodenkanälen, die zum Beispiel entlang der Trennwände zwischen den Wohneinheiten angeordnet sind, eine ausreichende Versorgung erreicht werden kann. Auch können immer die Wände und Elemente, die unveränderlich sind (Bäder, Schachtwände, aussteifende Wände) genutzt werden, um eine Grundversorgung sicher zu stellen. In jedem Fall erfordert der Anspruch, die Wände flexibel versetzen zu können, eine sorgfältige Konzeption und Planung der Technik.

Zentrale und konzentrierte Installationsräume 5.3.2.5.2

Eine andere konventionelle Strategie ist es, die Technik in Installationsräumen zu bündeln, zu verbergen, aber die Installationsräume (meist Schächte) wartungsfreundlich zu konstruieren. In den meisten Fallstudien wurde die Lage der Schächte in zentraler Anordnung geplant, die damit auch die Lage der Sanitärräume vorgibt. Die Bäder wurden meist als unbelichtete, innenliegende Räume geplant, um die Bereiche der Grundrisse zu nutzen, die schwierig zu belichten sind. Wichtig bei dieser Anordnung ist, dass die Schächte so konstruiert sind, dass sich die Leitungen trotzdem warten und austauschen lassen.

Gebündelte und modular vorgefertigte technische Gebäudeausrüstung 5.3.2.5.3

Ein anderer Ansatz für das Bausystem ist der Einsatz von modular vorgefertigter Haustechnik. In der Praxis bedeutet die Vor-Ort-Montage der Leitungen aufwendige Anpassungen der Baukonstruktion, wie das noch immer verbreitete Schlitzen von Wänden und Herstellen von Durchbrüchen. Die Arbeitsbedingungen auf der Baustelle, insbesondere in engen Installationsräumen wie Schächten, abgehängten Decken und Vorwänden, sind besonders aufwendig, anstrengend und fehleranfällig. Auch sind die Anlagen aufgrund der geringen Standardisierung in vielen Fällen nicht optimal dimensioniert, Komponenten nicht aufeinander abgestimmt. Eine solche Vorfertigung wurde bei *Prefab Max* weitergedacht, indem alle Technikgewerke in das Bausystem integriert wurden. Bei *Prefab Max* übernehmen modulare Register in der Fassade alle Ver- und Entsorgungsaufgaben im Gebäude: Heizung, Wasser, Abwasser, Lüftung, Elektro, gegebenenfalls Gebäudekühlung.

Elektroversorgung 5.3.2.5.4

Der Bedarf an Steckdosen, Anschlüssen für Netzwerke und Geräte ist in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich gestiegen. Die BewohnerInnen erwarten eine Verfügbarkeit der Elektrotechnik in allen Teilen der Wohnung. Diese Verteilung eines Leitungsnetzwerks in allen Wänden und Decken steht einer klaren Hierarchie der Konstruktion und der Technik diametral entgegen und verhindert in Teilen einen höheren Vorfertigungsgrad der Wohngebäude.

Für das Bausystem wurden zwei Strategien im Umgang mit der Elektrotechnik entwickelt, die eine klare Hierarchie umsetzen und eine spätere Veränderung begünstigen:

- Bündelung und sichtbare Verlegung von Leitungen
- Installationsräume: Leitungen auf möglichst wenige Bauteile beschränkt

Für *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg* wurde ein Konzept für die Verteilung der Elektroleitungen entwickelt, das das Verlegen innerhalb der Wände vollständig vermeidet. Dazu werden alle Steigleitungen in einem Elektroschacht geführt, der auch die Sicherungskästen, Verteiler und Kleingeräte enthält. Von diesem Schacht aus werden alle Leitungen horizontal auf der Decke verteilt. Die kabelgebundenen Schalter werden durch Funkschalter ersetzt. Diese funktionieren batterielos, weil die notwendige Schalt- und Funkenergie über ein Piezoelement aus der Bewegungsenergie des Drückens des Schalters gewonnen wird. Die Schalter können überall aufgeklebt werden. Leitungen in den Wänden sind nicht mehr erforderlich. Dieses Konzept passt auch zu der Flexibilität der Wände. So können die Schalter bei einem Umbau der Wände entweder mitwandern, umgeklebt oder umprogrammiert werden. Außer Schaltern werden auch Dosen zur Strom- und Medienversorgung eingesetzt. Hier werden Aufputz-Steckdosen eingesetzt, die direkt über der Fußleiste montiert werden. Die Zuleitung muss so nicht in die Wand eingeführt werden, sondern kann hinter dem Stellstreifen (Randdämmstreifen) des Estrichs direkt in die Aufputz-Steckdose eingeführt werden. Allein die Fußleiste muss dem Kabel entsprechend ausgespart werden.

Flexible Möblierung 5.3.2.6

Möbel sind quasi per Definition veränderbar. Sie spielen für die Entwicklung des Bausystems nur insofern eine Rolle, als dass die grundsätzliche Nutzbarkeit der entwickelten Raster mit einer Standard-Möblierung nachgewiesen wurde.

Altersgerechtes und barrierefreies Wohnen 5.3.2.7

Wichtige Anforderungen einer nachhaltigen Wohn-Architektur ist der Einbezug des demographischen Wandels und damit der Eignung der Gebäude für eine älter werdende Bevölkerung. Hier ist die Herausforderung, dass der Großteil des Bestands an Wohnungen nicht oder nur sehr schlecht für ältere Menschen und / oder Menschen mit körperlichen Einschränkungen (unter anderem in der Bewegung, Wahrnehmung) geeignet ist. Die Sanierungsraten sind so gering, dass der Gebäudebestand nicht schnell genug an die gesellschaftlichen Veränderungen angepasst wird. Daher sollte vor allem bei Neubauten darauf geachtet werden, dass die Gebäude im Sinne der ‚Lebenslang-Grundrisse' an den Fall angepasst werden können, dass sich die Anforderungen der BewohnerInnen verändern. Auch hier wäre die konsequenteste Lösung, alle Neubauten barrierefrei und rollstuhlgerecht zu errichten. Eine solche Vorgabe würde jedoch dazu führen, dass die Wohnungen erheblich größer (in Hinblick auf Bewegungsradien, Abstände) würden und auch eine andere Ausstattung erhalten müssten. Vor dem Hintergrund der allgemein steigenden Wohnflächen pro Kopf, steigenden Bau- und Wohnkosten und dem erheblichen Ressourcenverbrauch des Bauens verbietet sich aber die Umsetzung einer solchen Maximal-Lösung. Sinnvoll ist hingegen einen Teil der Wohnungen schon jetzt barrierefrei und rollstuhlgerecht zu bauen und den Rest so zu planen, dass er mit einem vertretbaren Aufwand und ohne eine extreme Ausweitung der Wohnfläche

zu einem späteren Zeitpunkt an die Anforderungen von älteren und körperlich eingeschränkten Menschen nachgerüstet werden kann. Beispiel für eine adäquate Anpassung des Wohnungsbaus an den demographischen Wandel ist die Studie *ready*[266] der TU Stuttgart im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung. Hier werden verschiedene Maßnahmen entwickelt, mit denen sich Wohnungen altersgerecht planen und später anpassen lassen, ohne dass die Wohnfläche und die Baukosten dabei im gleichen Maße steigen, wie dies bei einer DIN-gerechten Planung (Barrierefreies Bauen DIN 18040 Teil 1 oder Teil 2) der Fall ist.

Wichtige Aspekte für altersgerechtes Wohnen sind:

- ‚ready'-Standards
- Erschließung (Barrierefreiheit, Durchgangsbreiten)
- Lage, Dimensionierung und Ausstattung von Bädern und Küchen
- Dimensionierung von Räumen
- Dimensionierung und Anordnung von Möblierung in den Räumen
- Auffindbarkeit und Anordnung von Schaltern und Bedienelementen

Die Anforderungen bedeuten insbesondere bei den barrierefreien und rollstuhlgerechten Wohnungen einen höheren Wohnflächenbedarf. Die Anforderungen wurden in den Fallstudien meist nur bis zum von der Bauordnung geforderten Mindestmaß umgesetzt, weil die Bauherren die höheren Flächenverbräuche vermeiden wollten. Dennoch sind einzelne Wohnungen in allen Projekten barrierefrei und rollstuhlgerecht ausgeführt. Auch bei den kleinen Rastermaßen von 2,65m × 2,65m lassen sich die Anforderungen im System nachweisen.

266 Thomas Jocher; Erika Mühlthaler; Pia Gerhards: *Ready: Vorbereitet für altengerechtes Wohnen. Neue Standards und Maßnahmensets für die Stufenweise, Altengerechte Wohnungsanpassung im Neubau*. In: *Forschung für die Praxis, vol. 1*. Bonn, 2016.

Entwicklung des Tragwerks[267] 5.4

Bei der Entwicklung des Tragwerks für das Bausystem wurde deutlich, dass das Bausystem als Skelettbau, Hybridkonstruktion oder Massivbau interpretiert werden kann. Wesentlicher Teil der Entwicklungsarbeit bestand darin, die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Bauweisen zu beschreiben und zu evaluieren. Ein wichtiger Parameter ist dabei die Holzmenge, die für die globalen Tragsysteme verglichen wird. Diese wird im Folgenden exemplarisch für eine Wohneinheit von 84m² verglichen. Zusätzlich werden Parameter wie die Nutzbarkeit und Flexibilität des Gebäudes, Brandschutz, Schallschutz und thermische Bauphysik in der Forschung untersucht.

Globales Tragwerk: Holz-Skelettbau vs. Holz-Massivbau 5.4.1

Die Entwicklung des Bausystems ging von einem Skelettbau aus. Durch die Planung der ersten Anwendungsfälle wurde deutlich, dass die Aussteifung der Gebäude effizient durch die Ausfachung von Teilen des Skeletts mit Massivholzwänden geplant werden kann. Da diese Wände die angrenzenden Stützen hinsichtlich des vertikalen Lastabtrags auch ersetzen können, wurde deutlich, dass das Bausystem als ein Kontinuum von Skelettbau zum Massivbau gedacht werden kann. Die unterschiedlichen Ausprägungen werden im Folgenden diskutiert.

267 Dieser Abschnitt wurde in Teilen veröffentlicht in: Hans Drexler: *Press-Fit Timber Building Systems for Flexible Housing*. In: Markus Hudert; Sven Pfeiffer (Hg.): *Rethinking Wood: Future Dimensions of Timber Assembly*. Berlin: De Gruyter, 2019.

5.4.1.1 Skelettbau

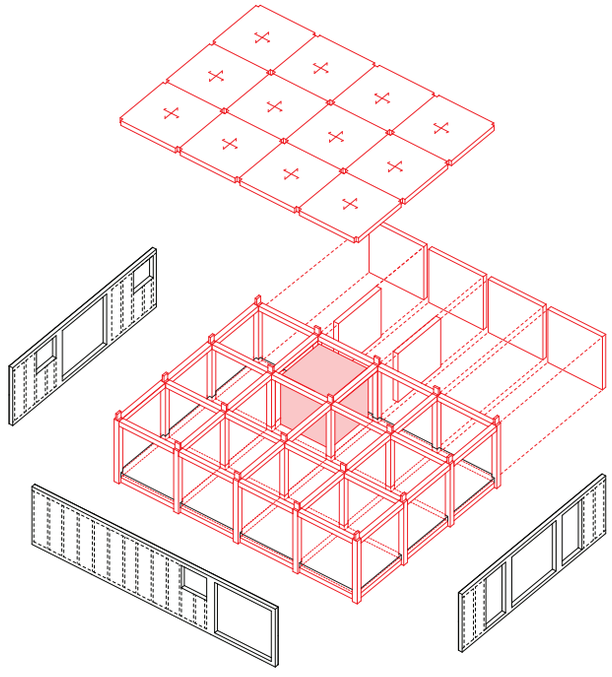


Abbildung 63: Diagramm eines globalen Tragwerks im Skelettbau, DGJ Architektur.

Holz ist – aus Baumstämmen gewonnen – zunächst ein linearer, stabförmiger Baustoff, der die Konstruktion von Skelettbauten nahelegt.[268] Skelettbauten sind im Bereich des Wohnungsbaus unüblich. Meist werden tragende Innen- und Außenwände ausgebildet, deren gleichmäßiger Lastabtrag zu einem effizienten Tragwerk führt. Die Bündelung der Lasten in Stützen bedeutet für das Tragwerk, dass neben den Decken für den horizontalen Lastabtrag meist auch Träger ausgebildet werden müssen, um die Lasten der Decken in die Stützen einzuleiten. Auch in Hinblick auf den Schallschutz ist der Skelettbau nicht ideal. Die Ausführung von tragenden Wänden, die beim Massivbau notwendigerweise hohes Eigengewicht haben, sind für den Schallschutz zwischen angrenzenden Räumen besser geeignet als die leichten, nicht-tragenden Trennwände im Skelettbau. In Hinblick auf den Schallschutz ergeben sich schwerere und aufwendigere Konstruktionen mit beispielsweise mehreren Schalen, die akustisch entkoppelt sind. Das Tragwerk bildet eine akustische Schwachstelle. So führt das Tragskelett sowohl in horizontaler Richtung (Träger), als auch in vertikaler Richtung (Stützen) zu durchgehenden Bauteilen, die Luft- und Körperschall übertragen können und deswegen akustisch entkoppelt oder ertüchtigt werden müssen.

Die horizontale Aussteifung wird durch Wandscheiben aus Massivholz (Brettsperrholz) erreicht, die mittels Zapfen an die Stützen kraftschlüssig angeschlossen werden. Eine durchgehende Scheibenwirkung der vertikalen Wandelemente als Aussteifung setzt einen leistungsfähigen Zugverband der Stützen über alle Geschosse hinweg voraus. Dieser wird erreicht, indem die Stützen mit einem Zapfen über die Geschosse gekoppelt werden, sodass sowohl Druck- als auch Zugkräfte übertragen werden. Der Zapfen überträgt die Druckkräfte zwischen den Geschossen in Faser-Längsrichtung und verhindert eine Pressung auf Decken oder Unterzügen quer zur Faser.

268 Vgl. dazu: Konrad Merz: *Konstruieren: Vom Stab zur Platte*. In: *ARCH+ 193 (September 2009)*, S. 16–17.

Hybridkonstruktionen: Kombination von Skelett- und Massivbau

5.4.1.1.1

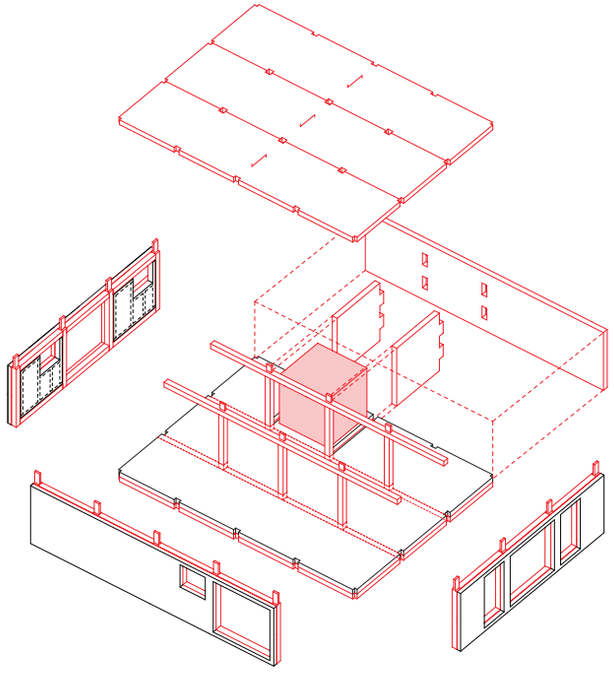


Abbildung 64:
Diagramm eines globalen Tragwerks als Hybrid, DGJ Architektur.

Mitte der 1990er Jahre kam mit dem Brettsperrholz eine Holz-Massiv-Konstruktion auf den Markt, die besonders für höhere Gebäude entscheidende Vorteile hat, weil die massiven Wandtafeln für die vertikale Lastabtragung und die Queraussteifung des globalen Tragwerks leistungsfähiger sind. Auch bei der Entwicklung des vorliegenden Bausystems können die Vorteile der beiden Bauweisen kombiniert werden: Teile der Skelett-Struktur werden durch tragende und aussteifende Brettsperrholz-Platten ersetzt, was eine leistungsfähige Abtragung der horizontalen Lasten ermöglicht. So werden jeweils ein Teil der Wände um die in allen Geschossen übereinander angeordneten Bäder und ein Stück der Wohnungstrennwand so geplant, dass die Stützen durch tragende Wandstücke ersetzt werden.

5.4.1.1.2

Holz-Massivbau

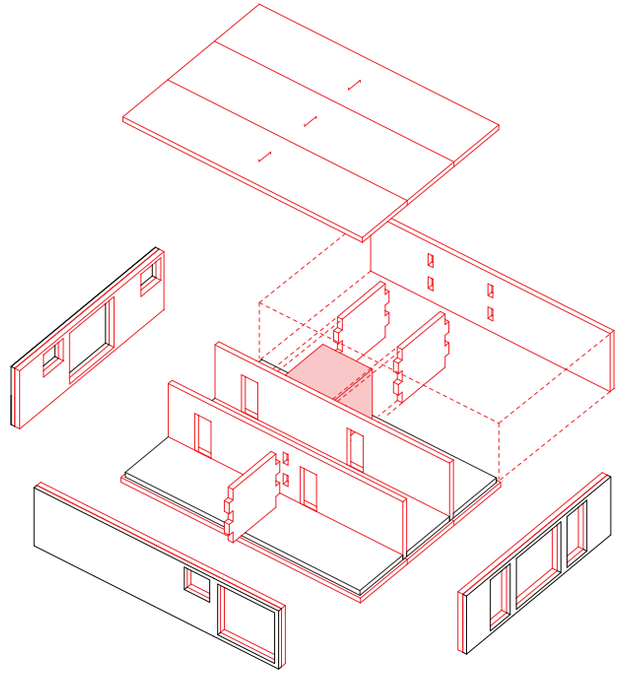


Abbildung 65:
Diagramm eines globalen Tragwerks in Massiv-Holzbau, DGJ Architektur.

Im Zuge der Entwicklungsarbeit hat sich herausgestellt, dass durch die Einführung der Brettsperrholz-Elemente eine Konstruktion entsteht, die Aspekte eines reinen Skelettbaus (nur stabförmige Tragelemente) mit Aspekten einer Massivkonstruktion für Decken und aussteifende Wände kombiniert. Dies führt dazu, dass an den Schnittstellen, an denen zum Beispiel eine tragende Stütze neben einer aussteifende Wandscheibe anschließt, eine Redundanz in dem System entsteht. Die Wandscheibe könnte vertikal alle Lasten aufnehmen und somit nicht nur die Stütze, sondern auch den Träger ersetzen. Auch wenn im Hinblick auf eine größtmögliche Flexibilität eine Ausführung des reinen Skelettbaus mit flexiblen Wänden und Decken wünschenswert wäre, führen die Redundanzen zu Kosten. Auch lassen sich die Wände in Brettsperrholz in einem Stück herstellen, so dass eine konstruktive Integration der Stützen und Träger entfällt.

Denkbar wäre es also, dass das System basierend auf dem Raster auch als Massiv-Holzbau umgesetzt wird. Nachteil an einer solchen Ausbildung ist die geringe Anpassungsfähigkeit.

Die Massivkonstruktion für Decken und aussteifende Wände ist materialintensiver, auch wenn sich die einzelnen Wände durch den gleichmäßigen Lastabtrag in der Wandstärke reduzieren lassen. Für die *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg* ergibt sich eine Holzmenge von 31,9m³ pro Wohneinheit.

Varianten-Vergleich

5.4.1.1.3

Im Vergleich der Tragsysteme für das globale Tragwerk zeigt sich, dass die massiveren Bauweisen erheblich mehr Material verbrauchen. Da das Brettsperrholz in der Herstellung vergleichsweise aufwendig ist, sind die Kosten entsprechend hoch. Die reine Skelettbau-Variante, deren Ausbau über eine kostengünstige und materialsparende Holztafel-Konstruktion gelöst ist, stellt deswegen die günstigste Lösung dar, die gleichzeitig auch die höchste Flexibilität bietet.

Globales Tragwerk	Holzmenge pro Wohneinheit (m^3)	Holzmenge pro Wohnfläche (m^3/m^2 WFL)	Vergleich
Skelettbau (mit Massivholzdecken)	24,25	0,288	100% (Basiswert)
Hybrid (Skelett mit Massivholzdecken und teilweise Massivholzwänden)	28,23	0,33	114%
Massivholz-Bauweise	31,9	0,38	124%

Abbildung 66: Tabellarischer Vergleich der Effizienz des Tragwerks (Holzmengen pro Flächeneinheit), DGJ Architektur, 2018.

Lokales Tragwerk

5.4.2

Ausgehend von der großen Vielfalt bewährter Holz-Knoten-Verbindungen wie Zapfen, Kämme, Schwalbenschwänze, Versätze usw. wurde untersucht, welche Verbindungen sich im modernen Bauwesen einfach und praxistauglich umsetzen lassen. Dabei werden zwei unterschiedliche Ansätze untersucht und verglichen:

- Die integrierten Anschlüsse verschneiden die geometrischen Räume der zu verbindenden Bauteile und gewährleisten den Kraftschluss durch eine geometrische Verschränkung der Bauteile (form- und kraftschlüssige Verbindungen).
- Differenzierte Konstruktionen trennen die geometrischen Räume der Bauteile, die daraufhin über sekundäre Elemente verbunden werden.

Integrierte Anschlüsse

5.4.2.1

Grundidee der Konstruktion war zunächst form- und kraftschlüssige Verbindungen beim Zuschnitt und Abbund der Bauelemente herzustellen, die eine Verwendung von Verbindungsmitteln überflüssig machen (‚press-fit' (oder ‚friction-fit') ‚joints'). Im ersten Schritt wurde ein japanischer Knoten (‚Yatoi hozo sashi'), der die Hauptträger aus vier Richtungen in einem geometrischen Raum an die Stütze anschließt- Gleichzeitig wird aber auch Längsverbindung der Träger untereinander mittels Längszapfens dargestellt, die durch Keile oder Querzapfen in der Lage gesichert wurde. Die Auflagerlast wird dabei über die Längszapfen sowie insbesondere über eine Brüstung vom Träger auf die Stütze übertragen, mit welcher der Träger passgenau in die Stütze eingreift. Das Prinzip dieser Knoten ist, dass die geometrischen Räume überlagert und die Bauteile in der Schnittmenge mit vergleichsweise komplexen Geometrien verschnitten werden.

Im ersten Schritt der Entwicklungsarbeit wurde der ‚Yatoi hozo sashi' in die moderne Produktionslogik und einen eigenen Knoten übersetzt. Der Zapfen ist aus Baubuche (Hartholz) geplant, um den erhöhten Scherkräften Rechnung zu tragen. Bei der Neuentwicklung liegen beide Träger auf den Zapfen auf.

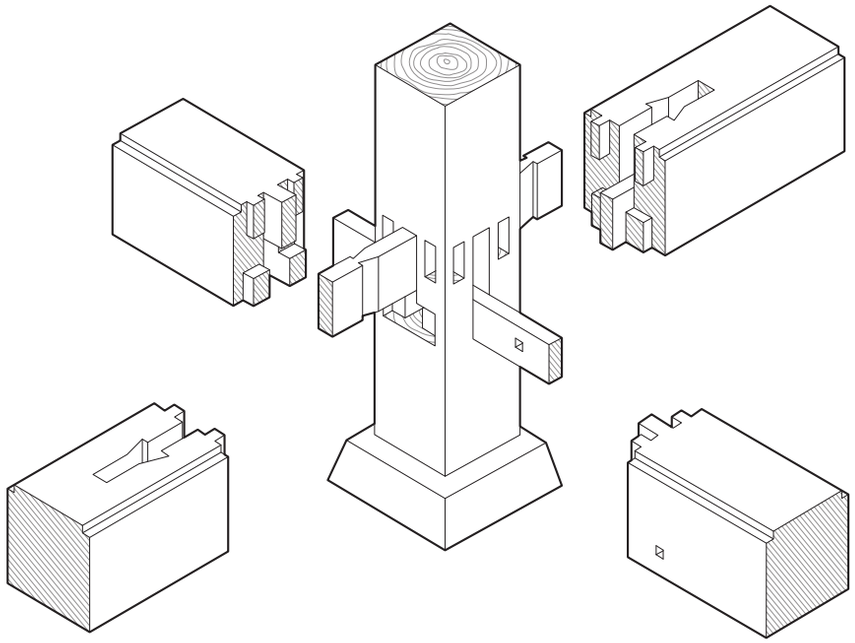


Abbildung 67: *Yatoi hozo sashi:* dreidimensionaler Knotenpunkt des Ashikatame Träger (Hauptträger) , Grafik: DGJ Architektur.

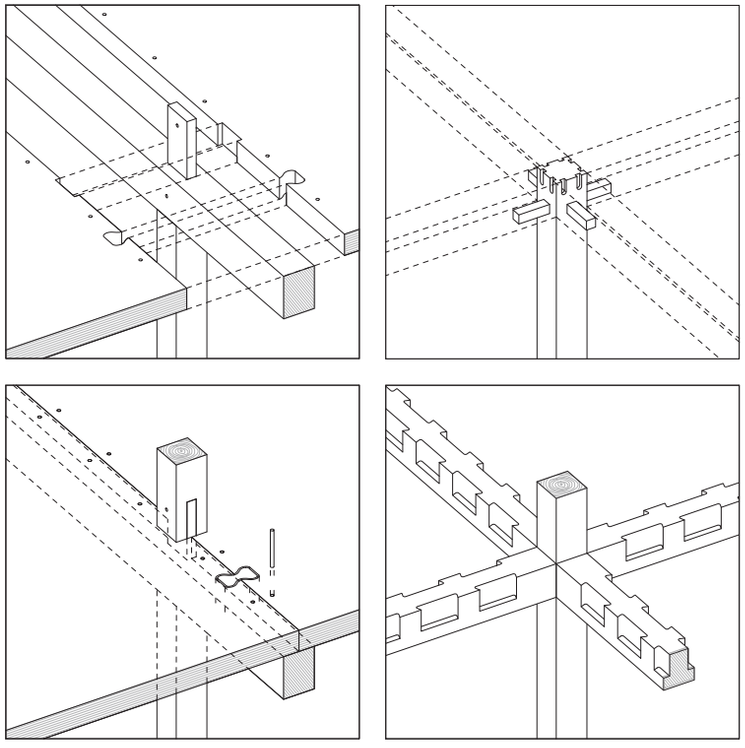


Abbildung 68:
3D-Modell des Bausystems: Integrierter Anschluss Träger an Stützen, DGJ Architektur, 2016.

Der Anschluss der massiven Deckenelemente an die Träger erfolgt mit Schwalbenschwanzverbindungen. Diese Verbindung ist aufwendig in der Herstellung, aber erlaubt die Übertragung von Scher-, Druck und Zugkräften. Durch diese form- und kraftschlüssigen Anschlüsse wird die Montage der Bauteile maximal beschleunigt. Indem direkt beim Versetzen der Verbund im Tragwerk entsteht, müssen keine sekundären Elemente wie Holzdübel oder Schwalbenschwanzverbinder eingebaut werden. Entsprechend einfach ist auch die spätere Demontage des Systems. Nachteil ist, dass die Fügung und Montage ein ungewöhnlich hohes Maß an Genauigkeit erfordert und die Konstruktion bei zu großen Maßabweichungen nicht mehr zusammengesetzt werden kann.

Interessant ist an dieser Stelle die Diskussion zu der Schwächung der tragenden Querschnitte durch die geometrischen Anschlüsse. Hier wurde in der Entwicklung des Systems eine Synergie zwischen Brandschutz und Tragwerk gesucht. So wird bei der Heiß-Bemessung des Querschnitts nicht das ganze Holzvolumen für den Lastabtrag angesetzt. Stattdessen wird eine Schicht angenommen, die im Brandfall langsam abbrennt und somit die Standsicherheit des Restquerschnitts für die geforderte Zeitdauer gewährleistet. Diese Schicht berechnet sich nach der Feuerwiderstandklasse, indem für Konstruktionsvollholz ein Abbrand von 0,7mm/min angesetzt wird. Für *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg* muss das Tragwerk ein Brandwiderstand von F60-B aufweisen, der einen umlaufenden Zuwachs von 42mm bedeutet (60min × 0,7mm/min = 42mm). Diese Bereiche des Holzquerschnitts sind als Brandschutz für den Restquerschnitt zu betrachten. Die Schwächungen des Querschnitts in diesem Bereich führen nicht zu einer größeren Dimensionierung der Bauteile. In Hinblick auf das Brandverhalten können die Anschlüsse mit form- und kraftschlüssigen Details wie ein homogener Querschnitt betrachtet werden, da das Feuer nicht in die Fugen der Anschlüsse eindringen kann.

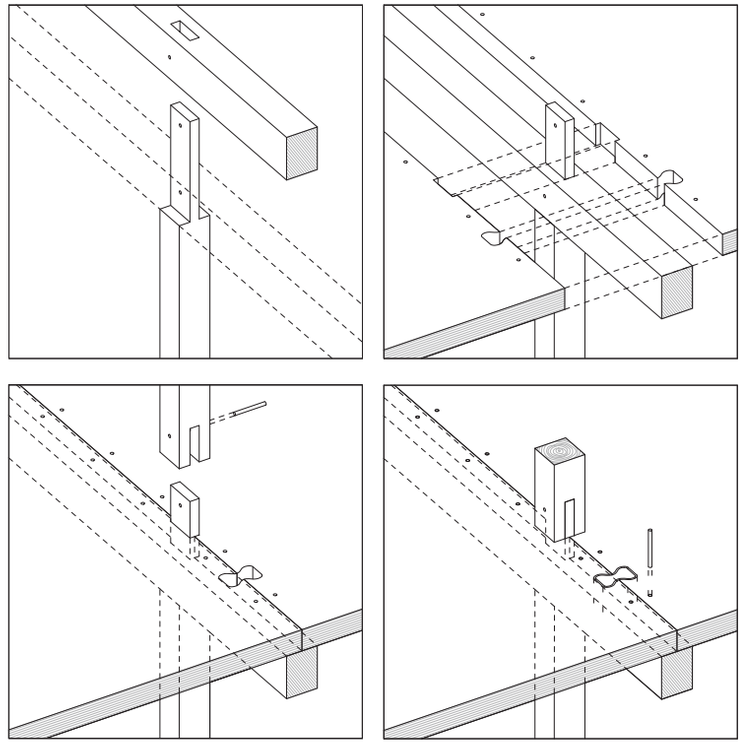


Abbildung 69:
3D-Modell des Bausystems: Differenzierter Anschluss Träger an Stützen, DGJ Architektur, 2016.

Anders sind die form- und kraftschlüssigen Anschlüsse zu beurteilen, wenn der Brandschutz statt durch eine Heiß-Bemessung durch eine Brandschutzverkleidung umgesetzt wird. In diesem Falle muss die Schwächung der Querschnitte berücksichtigt werden, weil der gesamte Querschnitt eine tragende Funktion hat. Die Einschnitte führen dann zu größeren Dimensionen der Bauteile.

5.4.2.2 Differenzierte Anschlüsse

Im Modellvorhaben *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg* wurden die Verbindungen zwischen Stütze und Träger sowie Träger und Decke im Verlauf der Planung zunehmend ausdifferenziert, das heißt in eigene geometrische Räume getrennt. In vertikaler Richtung werden die Kräfte durch das Auflegen der Elemente erreicht, die mit Buchendübeln in der Lage gesichert sind. Die Scheibenwirkung der Deckenelementen wird erzielt, indem die Deckenelemente untereinander mit Schwalbenschwanzverbindern angeschlossen werden.

Die geometrische Trennung hat zwei Vorteile: Zum einen wird der Abbund für die einzelnen Bauteile wesentlich einfacher, indem die Bauteile über und nebeneinander liegen. Der Abbund ist aufgrund der einfacheren Geometrie der Bauteile weniger kompliziert. Zum anderen erlaubt die Trennung der Bauteile, die Maßgenauigkeiten zwischen den einzelnen Teilen des Tragwerks individuell auszugleichen, indem die horizontale Passgenauigkeit zunächst nicht für den Kraftschluss entscheidend ist. Die vertikale Genauigkeit kann mittels Zulagen egalisiert werden.

Nachteil der Fügung ist, dass die Verbindung mit Buchendübeln nur gelöst werden kann, indem die Buchendübel ausgebohrt werden. Dies erhöht den Demontageaufwand deutlich.

Hierarchie der Konstruktion 5.5

Das Tragwerk, die primäre Konstruktion, bestimmt die Grundstruktur des Gebäudes zu einem hohen Maße. Im heutigen Bauen, wo eine ganze Reihe von Anforderungen auch an die Technik erfüllt werden müssen, kommen zu dieser Primärkonstruktion eine Vielzahl von weiteren Bauteilen und Schichten hinzu. Die Frage, wie diese strukturiert und untereinander verbunden sind, wurde von der Forschung wenig beachtet. So fehlen um Beispiel eingeführte Begriffe und Definitionen für die unterschiedlichen Hierarchien, mit denen sich unterschiedlichen Bauweise unterscheiden lassen. Im Folgenden werden solche Begriffe entwickelt, um die unterschiedlichen Bauweisen kategorisieren zu können.

Definition funktionaler Subsysteme 5.5.1

Innerhalb der Konstruktion lassen sich Subsysteme identifizieren, die analog zu den ‚Shearing Layers of Change'[269] gesehen werden können.

- Tragwerk, Primärkonstruktion
- Fassade, Gebäudehülle
- Technischer Ausbau, Haustechnik
- Konstruktiver Innenausbau

Die Definition der Subsysteme wurde in dem Projekt zur Analyse vorgefertigter Wohnungsbausysteme entwickelt.[270]

Tragwerk

In das Subsystem des Tragwerks fallen alle primär tragenden und aussteifenden Bauteile der Skelettstruktur. Dazu zählen neben Stützen und Unterzügen auch gemeinsam als Platte wirkende Deckenelemente sowie massiv ausgeführte tragende Wandscheiben aus BSP.

Gebäudehülle

Das Subsystem der Gebäudehülle umfasst alle konstruktiven Elemente, die den primären äußeren Raumabschluss bilden. Die entsprechenden Bauteile erfüllen grundlegende Funktionen des Brandschutzes, des Wärme- und Witterungsschutzes.

Ausbau

Dem Subsystem des Innenausbaus lassen sich sowohl gesamte Bauteile als auch einzelne Bauteilschichten zuordnen, die zur Erfüllung der Anforderungen an innenliegende Raumabschlüsse notwendig sind. Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen (zum Beispiel für Wohnungstrennwände, Bodenaufbauten) ist auch von unterschiedlichen Lebensdauern beziehungsweise einem niedrigeren oder höheren Grad der Flexibilität auszugehen, die eine Unterteilung des Subsystems in primären und sekundären Ausbau nahelegt.

Technische Gebäudeausrüstung (TGA)

Die TGA dient ebenso der Erfüllung der Nutzungsfunktionen und lässt sich demnach in die dritte Hierarchieebene einordnen. Dabei bildet sie ein gesondertes Subsystem, da die Austauschbarkeit und Flexibilität in besonderem Maße gewährleistet sein sollte. Innerhalb des Systems kann zusätzlich zwischen Leitungsführung und Installationen unterschieden werden.

---

269 Duffy: *Design for Change: The Architecture of DEGW*.
270 Albus; Drexler: *Prefab Max: Die Potentiale vorgefertigter Konstruktionssysteme im kostengünstigen Wohnungsbau*.

Die zunächst theoretische Logik der Hierarchieebenen findet im Bausystem eine konkrete Entsprechung in der Unterteilung funktionaler Subsysteme der Gesamtkonstruktion, das heißt die Zuordnung der Bauteile und Komponenten zu den jeweiligen Subsystemen erfolgt anhand ihrer primären Funktion innerhalb des Gesamtsystems.

Die vier Subsysteme lassen sich auf drei Hierarchieebenen betrachten, weil die Subsysteme Ausbau und TGA auf der gleichen Hierarchieebene angeordnet sind:

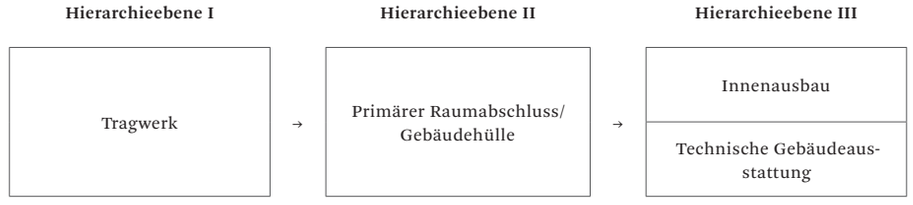


Abbildung 70: 3D-Definition und Hierarchie konstruktiver Subsysteme, DGJ Architektur, 2019.

Insbesondere in Hinblick auf die Trennbarkeit von Materialien, eine effiziente Montage und den Rückbau von Bauteilen soll eine Strategie zur Strukturierung des Systems gewählt werden, die eine klare hierarchische Gliederung in konstruktiv-funktionaler und zeitlicher Dimension sowie im Hinblick auf die Flexibilität der Bauteile vorsieht.

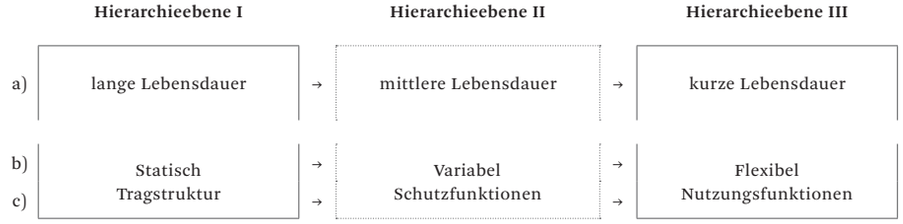


Abbildung 71: Drei Hierarchieebenen von Subsystemen, DGJ Architektur, 2019.

Die Definition der Hierarchieebenen ist in erster Linie an die zu erwartende Lebensdauer der einzelnen Materialien und Bauteile gekoppelt. Dadurch soll einerseits Flexibilität im Montageprozess gewährleistet werden, da die Bauteile sowohl als größere Module gemeinsam vorgefertigt als auch sukzessive vor Ort eingebaut werden können. Das System soll somit auch für projektspezifische Gegebenheiten und Einschränkungen anpassungsfähig sein (Transport, Zugänglichkeit des Grundstücks, Möglichkeit der Vorfertigung, etc.). Andererseits ist die Lebensdauer insbesondere bezüglich der Revisionierbarkeit, des Austauschs, Um- und Rückbaus sowie des Recyclings der Bauteile entscheidend. Die klare Trennung der Hierarchieebenen soll sich daher auch physisch, das heißt konkret in der konstruktiven Fügung und geometrischen Anordnung der Bauteile, widerspiegeln, um eine sortenreine Trennbarkeit sicherzustellen. Für die Bewertung werden die einzelnen Subsysteme in Hinblick auf die Zugänglichkeit und die Möglichkeit einer Anpassung getrennt bewertet.

5.5.2 Geometrische Ordnung

Jeder Hierarchieebene und den Subsystemen kann ein geometrischer Raum zugewiesen werden, in dem die entsprechenden Bauteile mit allen zur Erfüllung funktionaler Anforderungen notwendigen Schichten angeordnet werden. Dabei ist zunächst nicht bestimmt, ob sich diese geometrischen Räume überschneiden beziehungsweise überlagern oder vollständig voneinander getrennt sind. Daraus ergeben sich für die Entwicklung des Bausystems unterschiedliche Strategien zur Definition einer geometrischen Ordnung. Die verschiedenen untersuchten Strategien stellen dabei Abstufungen innerhalb eines Spektrums an Möglichkeiten dar. Für die Übertragung auf das angewandte Bausystem lassen sich einzelne

Aspekte verschiedener Strategien kombinieren. Außerdem lassen sich im Hinblick auf den tatsächlichen Aufbau eines Bauteils und seiner Montagelogik unterschiedliche Einordnungen vornehmen. Damit wird der Ansatz der ‚Assembly Hierarchies' nach Habraken[271], die eine konstruktive Logik und Bauabfolge bestimmen, auf einzelne Montageprozesse erweitert.

Zusätzlich wird eine ‚monomaterielle' (monolithische) Bauweise als weitere Option vorgestellt, bei der als Steigerung der integrierten Bauweise eine Reduktion auf möglichst wenige oder nur ein einzelnes Baumaterial angestrebt wird, das alle Funktionen eines Bauteils aufnimmt. Anhand dieses extremen Konstruktionsansatzes lassen sich die Auswirkungen der gewählten geometrischen Strategie auf deren tatsächliche konstruktive Umsetzung gut veranschaulichen. Für die Anwendung im Bausystem ist dieser Ansatz jedoch nicht geeignet, da er zum einen nicht auf die Skelettbauweise übertragbar ist und somit die gewünschte Flexibilität einschränkt, und zum anderen einen erheblich höheren Aufwand in der Produktion erfordert, der hinsichtlich des Anspruchs der Nachhaltigkeit und niedriger Kosten nicht umsetzbar ist.

Geometrische Räume

5.5.3

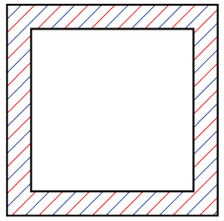
Für die Hierarchie innerhalb des Tragwerks werden die bereits eingeführten Strategien unterschieden, mit denen sich das Verhältnis zwischen den unterschiedlichen Subsystemen der Konstruktion unterscheiden lassen:

100% integriert			↔					100% differenziert
monolithisch	→ ←	Gemeinsamer geometrische Raum	→ ←	Hybrid/ Ausfachung	→ ←	Parallele geometrische Räume	→ ←	Getrennte geometrische Räume

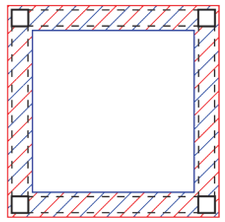
Abbildung 72: Abstufung konstruktiver Hierarchien innerhalb eines Spektrums von integriert zu differenziert, DGJ Architektur, 2019.

271 Habraken: *The Structure of the Ordinary: Form and Control in the Built Environment*.

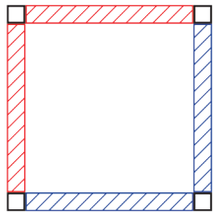
Abbildung 73: Fünf Kategorien konstruktiver Hierarchien, DGJ Architektur, 2019.



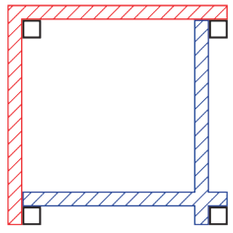
Differenzierte Bauweise
Die differenzierte Strategie geht von einer größtmöglichen räumlichen und konstruktiven Trennung der verschiedenen Subsysteme aus. Das heißt, dass die Anschlusspunkte zwischen den Bauteilen unterschiedlicher Hierarchien auf ein Minimum reduziert werden.



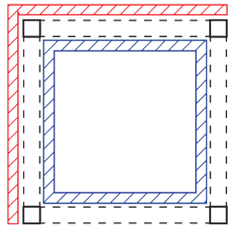
Geschichtet/Parallele geometrische Räume
Die räumliche Trennung bleibt insofern bestehen, als dass die einzelnen Subsysteme in Schichten vor- bzw. nebeneinander angeordnet sind. Es ergeben sich sowohl minimale Berührungsflächen als auch ‚Schichtungen' entlang gesamter Bauteile. Dabei soll ein Materialverbund zwischen den Schichten vermieden und somit ihre Trennbarkeit erhalten werden.



Ausfachung
Die untergeordneten Systeme werden in den Zwischenräumen der Tragelemente angeordnet – das Tragwerk wird ausgefacht. Auch hier soll nach Möglichkeit die Trennbarkeit der Bauteile bzw. funktionalen Schichten erhalten bleiben.



Integrierte Bauweise
Die klare räumliche Trennung wird weitestgehend aufgehoben, indem Bauteile bzw. größere Montageeinheiten die Funktionen der verschiedenen Subsysteme in sich vereinen. Einzelne Komponenten und Schichten lassen sich aber noch eindeutigen Funktionen zuordnen.



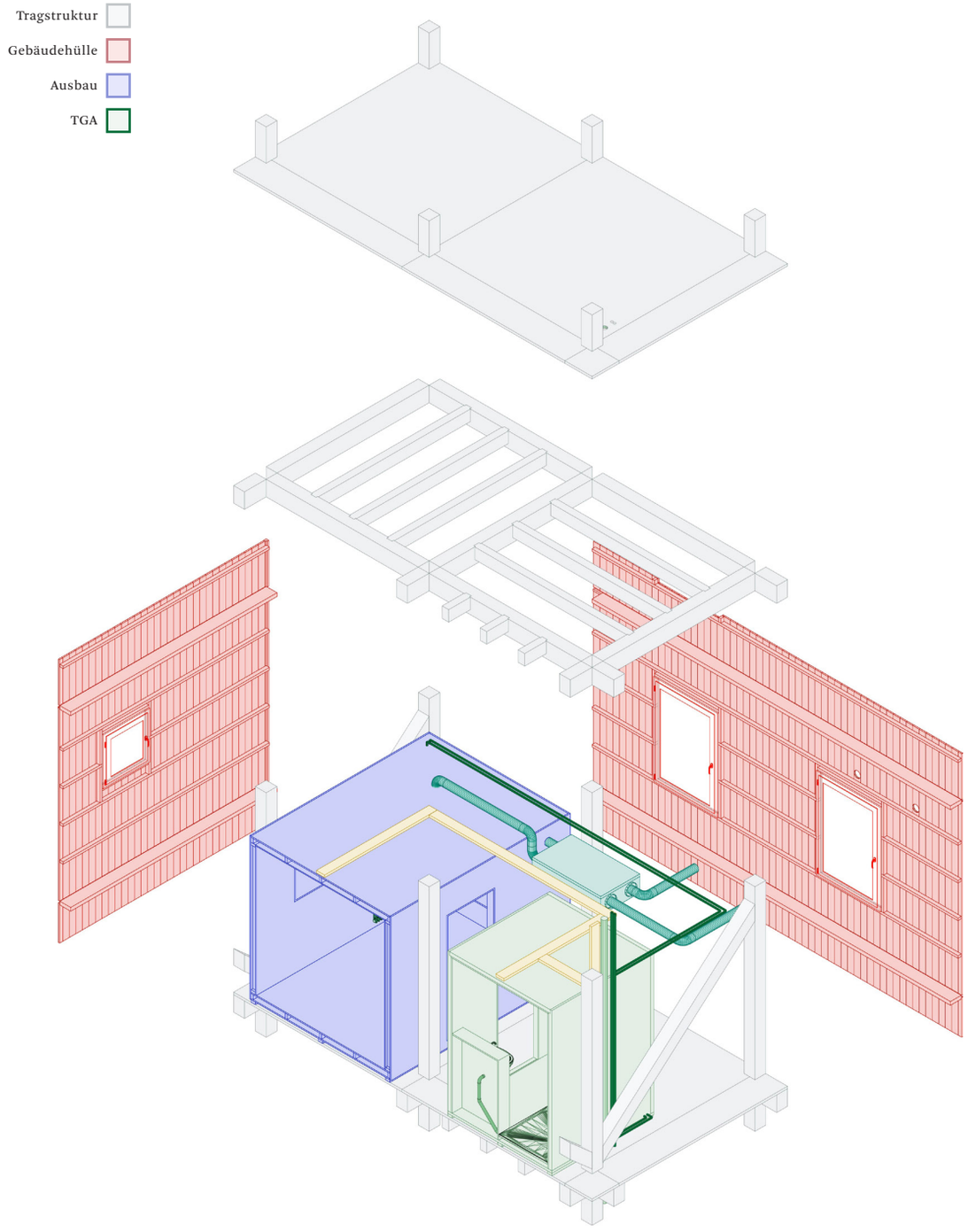
Monolithische Bauweise
Mit dem Ziel der größtmöglichen Integration, sollen auf wenige Materialien reduzierte Bauteilaufbauten alle Funktionen in sich vereinen.

Differenzierte Ausführungsvariante

5.5.3.1

Die größtmögliche Trennung der Subsysteme hat zur Folge, dass sich jeweils eigenständige Montagemodule ausbilden lassen, die prinzipiell im ‚Baukastensystem' vor Ort zusammengefügt werden können. Die Tragstruktur tritt dabei effektiv als im Rohbau belassenes Grundgerüst in Erscheinung, an dem Fassadenelemente angebracht und in dem vorgefertigte Raummodule im Ausbau platziert werden können. Diese lassen sich während der Nutzung eines Gebäudes neu positionieren und ermöglichen somit vielfältige Wohnungskonfigurationen. Allerdings sind die Module in sich selbst nur begrenzt flexibel, beispielsweise durch die Kopplung von zwei oder mehr Räumen, und bedingen durch die Dopplung von Konstruktionen (für Tragwerk und Ausbau) und notwendige Abstandsflächen größere Flächenverluste. Zudem stellen die Installationsführung, Fassadenöffnungen sowie die Gewährleistung von Brand-, Schall- und Wärmeschutzanforderungen schwer lösbare Herausforderungen dar, die bei fachgerechter Ausführung eine weitere Einschränkung der Flexibilität nach sich ziehen würden.

Abbildung 74: Explosionsaxonometrie, Variante 1 Differenzierte Ausführung

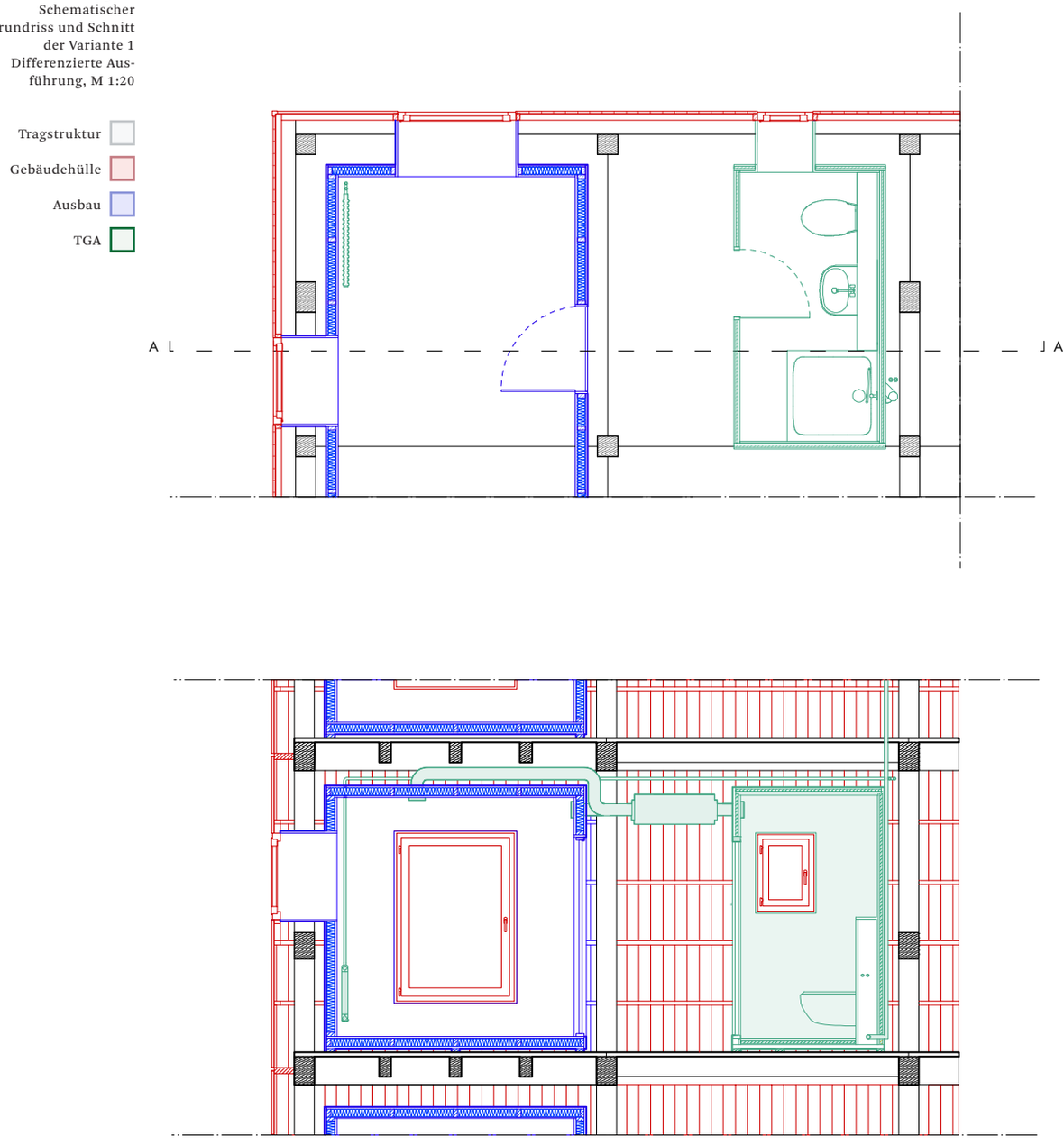


Beschreibung und Bewertung der differenzierten Ausführungsvarianten

5.5.3.1.1

Tragwerk	Die Tragstruktur wird als ‚reiner' Skelettbau fast ausschließlich aus stabförmigen Einzelelementen gebildet. Die horizontale Aussteifung wird durch Auskreuzungen mit Holzbalken als Druckstäbe und die Plattenwirkung einer einfachen Holzschalung auf Holzbalkendecken erreicht. Das Tragwerk bleibt als Rohbau vollständig freiliegend und wirkt funktional nicht mit Bauteilen anderer Subsysteme zusammen.
Brandschutz	Eine Abtrennung verschiedener Brandabschnitte innerhalb eines Gebäudes ist in einer vollständig differenzierten Konstruktionslogik kaum umsetzbar. Raumabschließende Elemente stellen allein die Fassaden oder vorgefertigte Raummodule dar. Die freiliegenden Tragelemente können direkt am Brandgeschehen teilnehmen und stehen somit unter besonderer Beanspruchung, die durch eine entsprechende Heißbemessung in der Statik zu berücksichtigen ist.
Schallschutz	Die Erfüllung von Schallschutzanforderungen können maximal innerhalb der abgeschlossenen Raummodule angenommen werden. Analog zu Brandabschnitten kann keine schalltechnische Trennung von Räumen bzw. Nutzungseinheiten hergestellt werden. Eine Schallübertragung durch tragende Bauteile, insbesondere Trittschall wird nicht eingedämmt, sofern keine zusätzlichen Bauteilschichten im Ausbau hinzugefügt werden.
Thermische Bauphysik	Für die der Tragstruktur vorgelagerten Fassade kommen vielfältige Ausführungsmöglichkeiten mit entsprechenden Qualitäten hinsichtlich des Witterungs- und Wärmeschutzes oder des Wärmeeintrags in Frage. Unabhängig davon wird weitestgehend verhindert, dass Tragelemente Wärmebrücken bilden.
Flexibilität	Raummodule können zunächst weitestgehend frei im Grundriss angeordet werden, lassen sich später verschieben und können auch zu größeren Einheiten verbunden werden. Die Flexibilität wird allerdings durch die Installationsfürhung oder die Anordnung von Fassadenöffnungen eingeschränkt. Zudem ist die Größe der Module durch das Rastermaß begrenzt.
Austausch und Rückbau	Durch die minimalen Verbindungen untereinander lassen sich die Bauteile der verschiedenen Subsysteme größtenteils unabhängig voneinander Austauschen und weitestgehend zerstörungsfrei zurückbauen.
Trennbarkeit und Recycling	Alle Bauteile und Module sind nach dem zerstörungsfreien Rückbau vollständig wiederverwendbar. Das mono-materielle Tragwerk, die konstruktiv möglichst einfachen Fassaden sowie Installations-elemente sind weitestgehend sortenrein trennbar und recyclebar. Die Raummodule sind ggf. schwieriger zu trennen, aber im ganzen wiederverwendbar.
Vorfertigung	Die Tragelemente werden ‚montagefertig' abgebunden. Raummodule werden als vollständig vorgefertigte Montageeinheiten hergestellt. Selbsttragende Fassadenkonstruktionen können ggf. vorgefertigt werden; ansonsten werden sie wie die Installationen aus Einzelkomponenten vor Ort montiert.
Standardisierung	Die vorgefertigten Raummodule erfordern ein weitestgehend einheitliches Rastermaß. Damit geht eine Reduzierung auf wenige standardisierte Anschlussdetails einher. Für Fassadenkonstruktionen und Installationen bietet sich die Verwendung von verfügbaren industriellen Standardelementen an.
Montage	Die verschiedenen Subsysteme bzw. ihre Bauteile werden getrennt voneinander und größtenteils aus Einzelkomponenten vor Ort montiert. Die Skelettstruktur des Tragwerks kann als vollständiges Grundgerüst hergestellt werden. Raummodule des Ausbaus und Installationen werden ggf. vor der Montage der Fassade eingebracht.

Abbildung 75: Schematischer Grundriss und Schnitt der Variante 1 Differenzierte Ausführung, M 1:20



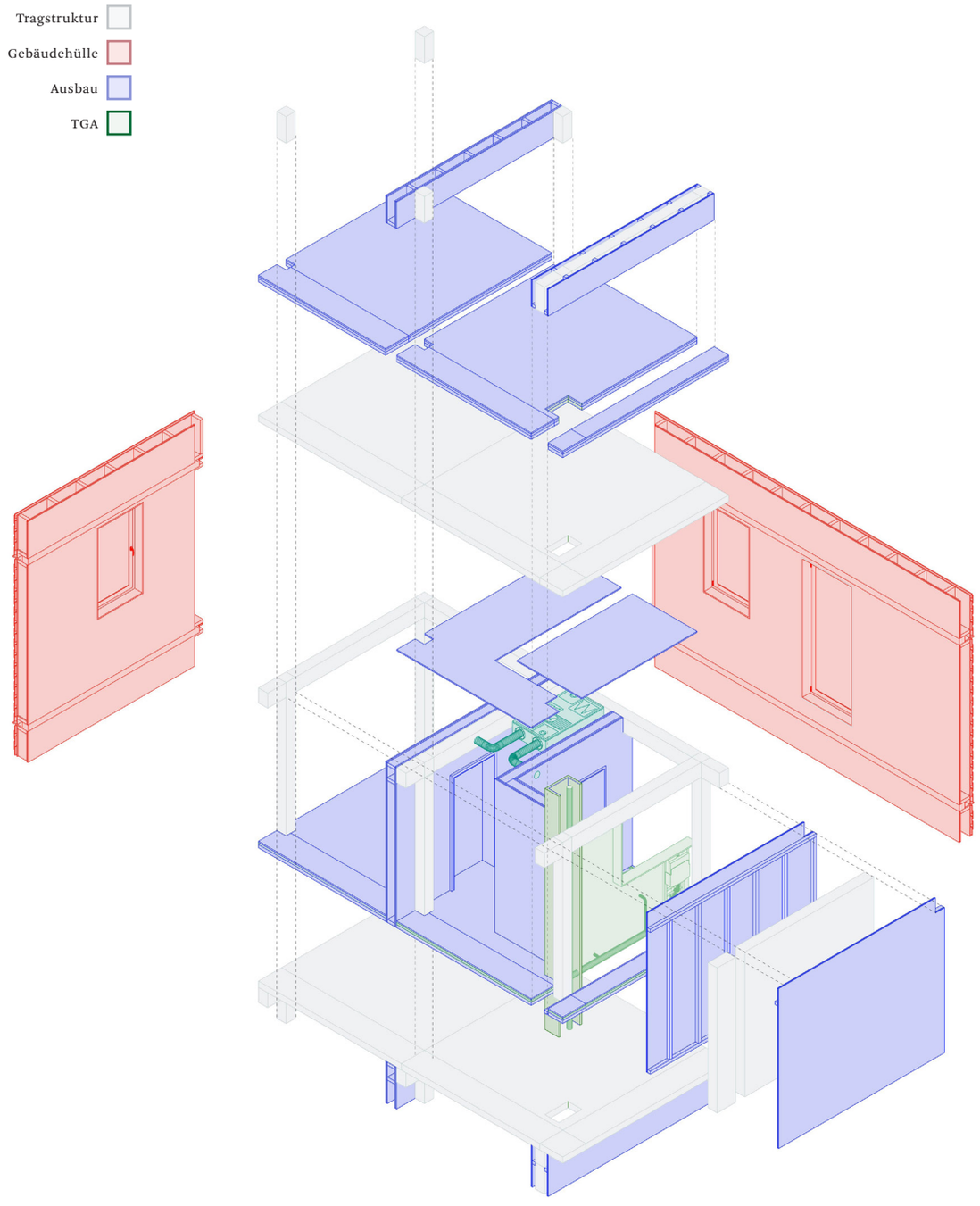
Parallele Räume / Schichtung der Subsysteme

5.5.3.2

Die einzelnen Schichten werden als eigenständige, weitestgehend mono-funktionale Bauteile betrachtet und können somit weiterhin eindeutig den einzelnen Subsystemen zugeordnet werden. So sind beispielsweise Tragelemente und Installationsebenen nicht effektive Bestandteile des Raumabschlusses, das heißt die Funktionen der angrenzenden Bauteile bleiben unabhängig von ihnen bestehen. In der praktischen Umsetzung ist dieses Prinzip allerdings bei einigen Bauteilaufbauten nur begrenzt umsetzbar. Ausnahmen bilden daher Wohnungstrennwände oder Fußbodenaufbauten, da einzelne Schichten, die unterschiedlichen Subsystemen zugeordnet werden können, nur im Bauteilverbund alle Anforderungen erfüllen bzw. als Ertüchtigung flächiger Tragelemente notwendig sind.

Hinsichtlich der Flexibilität bietet die Strategie vor allem Vorteile durch den vergleichsweise einfachen Aus- und Umbau aufgrund weniger komplexer Bauteilanschlüsse. Die Positionierung der raumbildenden Bauteile ist dabei enger an die Tragstruktur gebunden.

Abbildung 76: Explosionsaxonometrie, Variante 2 Schichtung



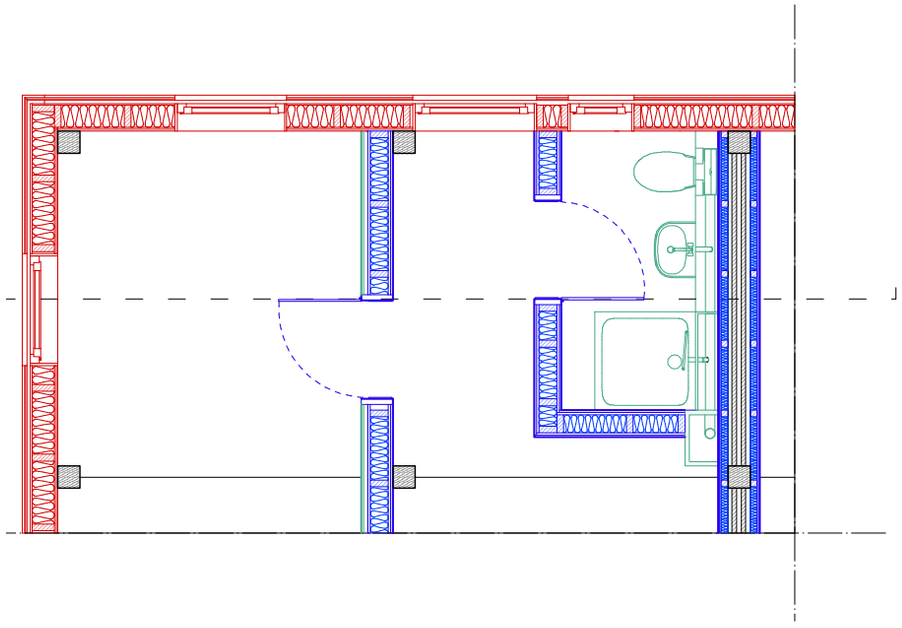
Beschreibung und Bewertung der parallelen Räume / Schichtung der Subsysteme

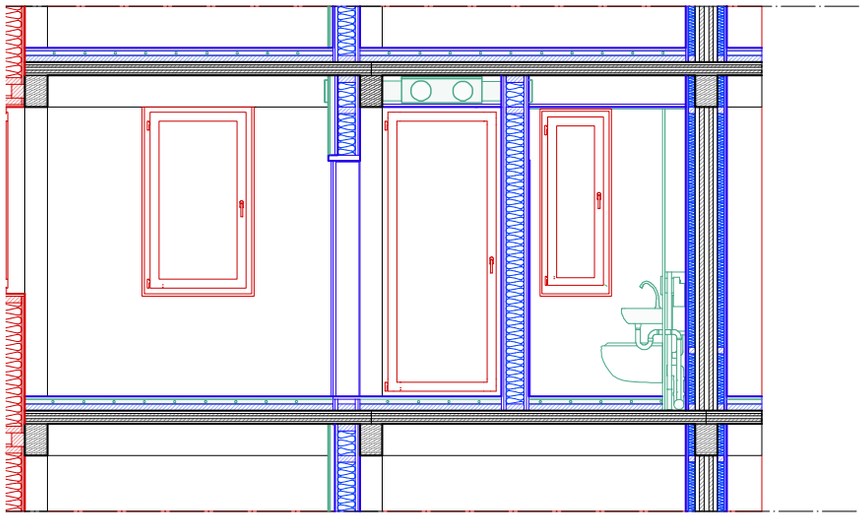
Tragwerk	Es bietet sich an, auch die ‚Schicht' des Tragwerks zum Teil als flächige Elemente auszubilden und somit eine hybride Struktur aus Skelett- und Massivbau herzustellen. Deckenscheiben und zum Teil Trennwandelemente aus BSP sorgen für die horizontale Aussteifung. Aufgrund der weitestgehend freiliegenden Tragelemente besteht nur bei Decken und Trennwänden ein funktionales Zusammenwirken mit anderen Subsystemen.
Brandschutz	Die Trennung in Brandabschnitte erfolgt durch die massiven BSP-Trennwände mit zusätzlichen feuerhemmenden Schichten bzw. durch zweischalige entkoppelte Wandaufbauten. Der Raumabschluss kann nach gängiger Praxis an Beplankungsstößen durch Fugenversatz bzw. Stufenfalz gewährleistet werden. Anschlüsse an Tragelemente – abgesehen von Decken – sind hinsichtlich des Raumabschlusses nicht relevant. Allerdings ist das weitestgehend freiliegende Tragwerk im Brandfall besonders beansprucht und entsprechend zu bemessen.
Schallschutz	Mehrschichtige Wand- und Deckenbauteile können entsprechend zugelassener Bauteilaufbauten ausgeführt werden und die Schallschutzanforderungen erfüllen. Eine direkte Übertragung durch tragende Bauteile kann teilweise eingedämmt werden, da diese nicht teil des Raumabschlusses sind.
Thermische Bauphysik	Durch die vor der Tragstruktur liegende Fassadenebene lässt sich eine ununterbrochene Dämmschicht und Dichtebene gut herstellen. Die Innenliegenden Tragelemente stellen dabei keine Wärmebrücken dar.
Flexibilität	Innenwände können flexibel im Grundriss angeordnet werden, sind aber weitestgehend an das Tragwerksraster gebunden. Da keine vertikale Trennung der Tragstruktur vorgesehen ist, können auch Wohnungstrennwände freier positioniert werden, wodurch eine flexiblere Wohnungsaufteilung möglich ist.
Austausch und Rückbau	Die Bauteile des Ausbaus, der Fassaden und Installationsebenen lassen sich weitestgehend unabhängig voneinander austauschen und zerstörungsfrei zurückbauen. Einschränkung bestehen dabei durch die Schichtung von Ausbau- und Installationsschichten.
Trennbarkeit und Recycling	Die Bauteile der einzelnen Subsysteme sind einfach voneinander trennbar. Bauteilschichten lassen sich weitestgehend sortenrein trennen und wiederverwerten. Die Bauteile von Tragwerk und Fassade ggf. im Ganzen wiederverwendbar.
Vorfertigung	Bis auf Bodenaufbauten kann ein Großteil der Bauteile vorgefertigt werden. Die Tragelemente werden ‚montagefertig' abgebunden. Selbsttragende Fassaden- und Wandbauteile können als Montageeinheiten vorgefertigt werden.
Standardisierung	Die weitestgehend standardisierten Systemdetails kommen zur Anwendung, während flexible Rastermaße und Bauteildimensionen gewählt werden können.
Montage	Die Montageabläufe entsprechen der funktionalen und konstruktiven Hierarchie der Subsysteme. Die ‚Schichten' werden dementsprechend sukzessive eingebaut. Bei einem höheren Vorfertigungsgrad werden tragende Bauteile und Montageeinheiten der Fassade und des Ausbaus geschossweise montiert.

5.5.3.2.1

Abbildung 77: Schematischer Grundriss und Schnitt der Variante 2 Schichtung, M 1:20

Tragstruktur
Gebäudehülle
Ausbau
TGA





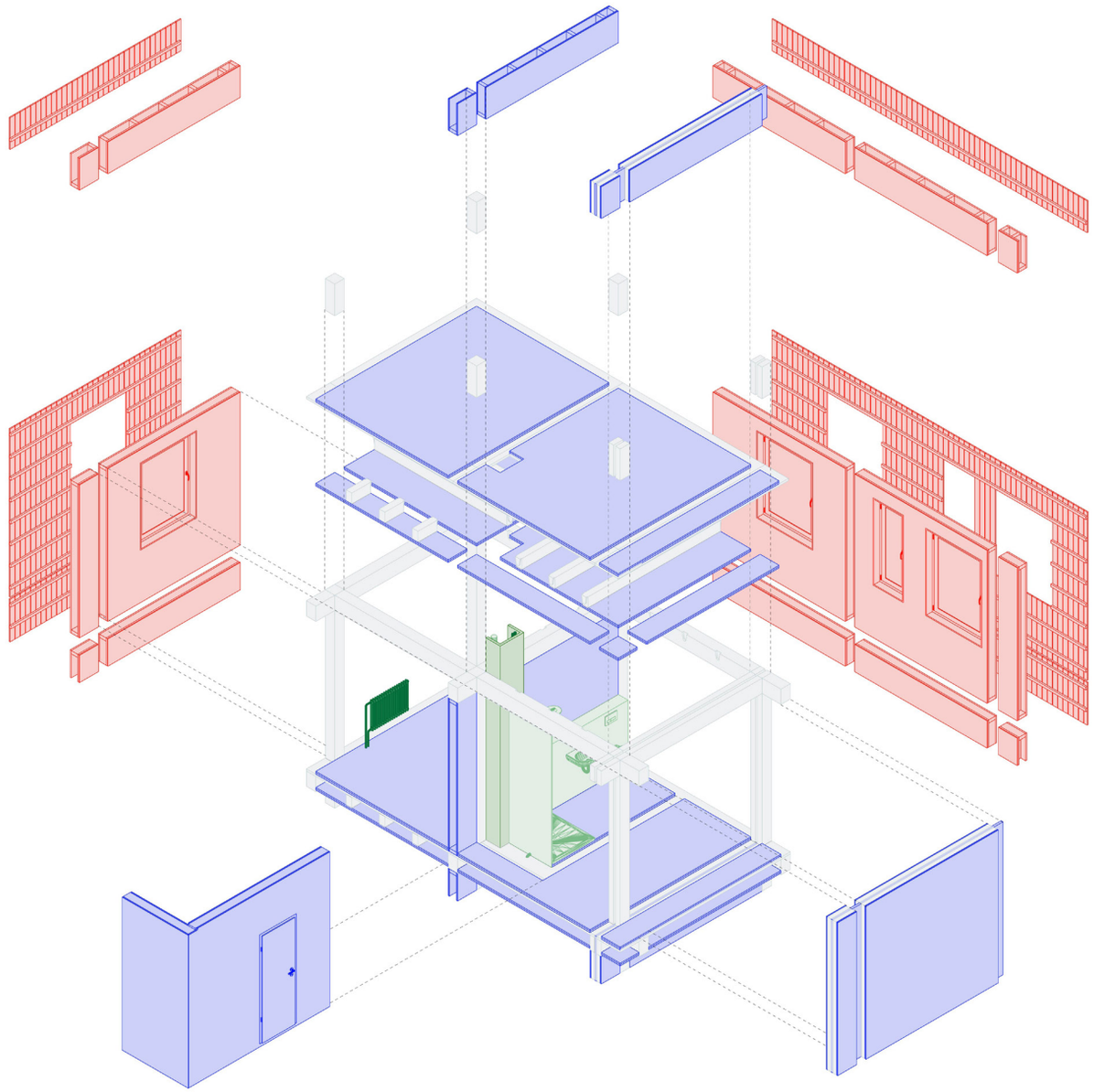
Ausfachung

5.5.3.3

Die Bauteile der verschiedenen Subsysteme teilen sich die gleichen räumlichen Ebenen entlang des Konstruktionsrasters. Dadurch kommt es auch zu funktionalen Überlagerungen, da die Tragelemente als Teil des Raumabschlusses in Fassade und Ausbau eingebunden sind. Entscheidend ist daher die Ausführung der Anschlussdetails zwischen Tragwerk und Ausbau. Dabei bleiben die Bauteile verschiedener Subsysteme unabhängige Montagemodule, die möglichst leicht voneinander getrennt ein- und ausgebaut werden können und somit eine flexible Grundrissgestaltung und spätere Anpassungen zulassen.

Bei Wohnungstrennwänden und Geschossdecken ergibt sich erneut ein mehrschichtiger Aufbau, um die verschiedenen funktionalen Anforderungen erfüllen zu können.

Abbildung 78: Explosionsaxonometrie, Variante 3 Ausfachung



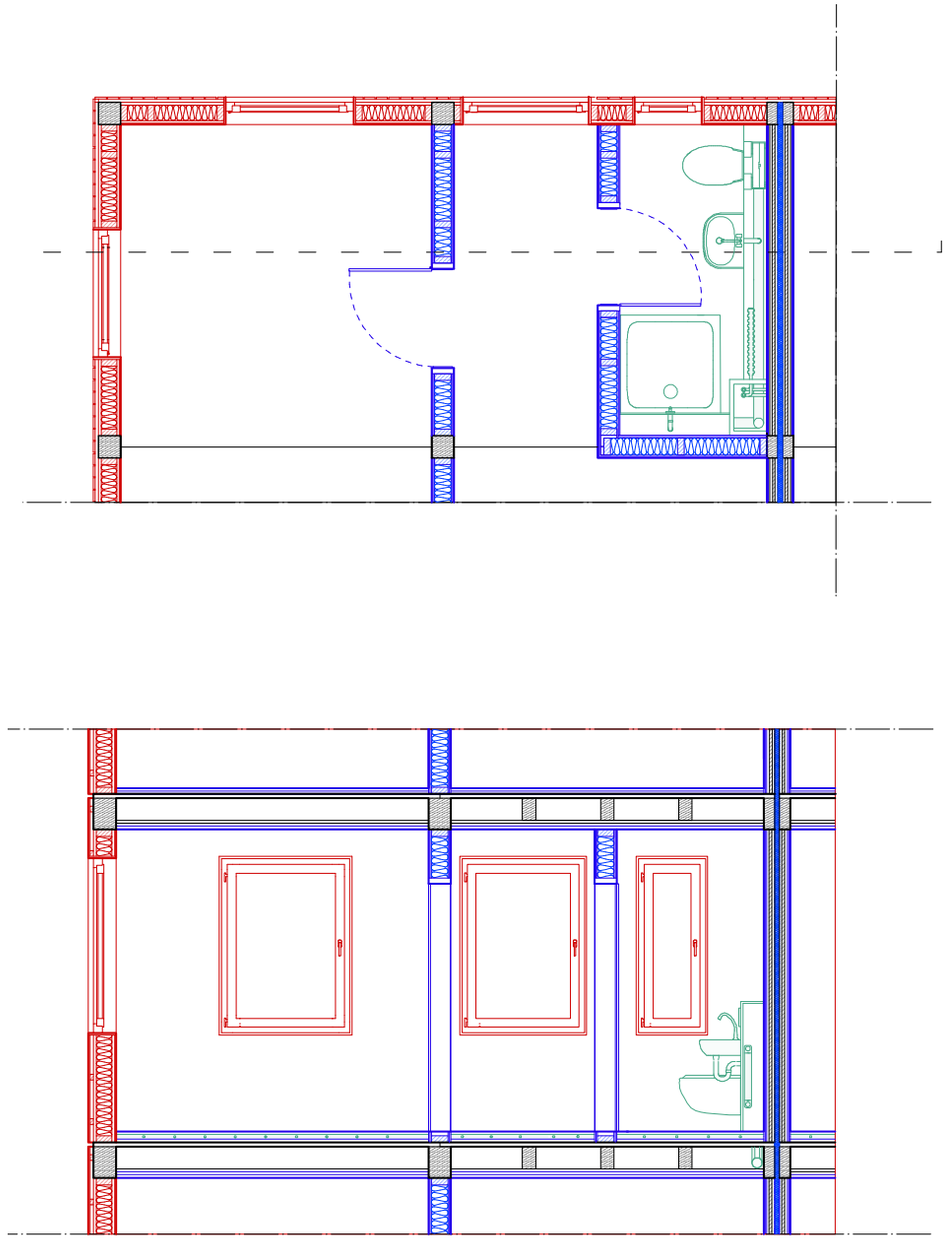
Beschreibung und Bewertung der Ausfachung

5.5.3.3.1

Tragwerk	Die Tragstruktur wird vorrangig als Skelett aus stabförmigen Elementen gebildet. Zur Aussteifung werden einzelne Wandfelder mit massiven BSP-Elementen ausgefacht. Zudem werden Decken als Balken- oder Kastendecken ausgeführt und erzeugen über ihre Beplankungslagen eine Scheibenwirkung. In den geometrischen Ebenen der Wände und Decken sollen Funktionen der anderen Subsysteme integriert werden, weshalb sich Tafelbauweise und Balkendecken anbieten. Daraus ergibt sich auch automatisch eine Doppelfunktion der Tragelemente.
Brandschutz	Die Trennung von Brandabschnitten erfolgt über zweischalige entkoppelte Wandaufbauten und eine durchgängige Trennung der Tragstrukturmit zusätzlichen feuerhemmenden Schichten. Die teilweise freiliegende Tragstruktur muss auf Abbrand bemessen werden. Da Tragelemente einen Teil des Raumabschlusses bilden, stellt die Ausführung der Tragwerksdetails sowie Anschlussverbindungen zwischen Ausbau und Tragwerk eine größere Herausforderung dar. Durch die form- und kraftschlüssigen Verbindungen können die Tragelemente als homogene und somit raumabschließende Bauteile betrachtet werden. Die Anschlüsse des Ausbaus müssen mit nichtbrennbaren Dämmstoffen abgedichtet werden.
Schallschutz	Die form- und kraftschlüssigen Verbindungen gestalten sich hinsichtlich des Schallschutzes zunächst nachteilig, da sie als direkte Schallbrücken zwischen Geschossen wirken. Dieser Effekt wird durch die Ausbildung möglichst steifer Verbindungen und somit einer größeren anzuregenden Masse reduziert. Zwischen Nutzungseinheiten wirkt die Entkopplung der Wandschalen und der Tragstruktur horizontaler Schallübertragung entgegen.
Thermische Bauphysik	Die Tragelemente sind in die Gebäudehülle integriert und können Wärmebrücken bilden. Eine außen vorgelagerte, ununterbrochene Dämmschicht ist zusätzlich erforderlich, um Energiestandards einzuhalten. Ebenso gilt besonderes Augenmerk der Ausführung der wasserführenden Schichten und Dampfbremsen, um Feuchteeintrag durch Witterung oder Kondensatbildung in der Tragstruktur zu vermeiden.
Flexibilität	Innenwände können flexibel im Grundriss angeordnet werden, sind aber weitestgehend an das Tragwerksraster gebunden. Da keine vertikale Trennung der Tragstruktur vorgesehen ist, können auch Wohnungstrennwände freier positioniert werden, wodurch eine flexiblere Wohnungsaufteilung möglich ist.
Austausch und Rückbau	Die Bauteile des Ausbaus, der Fassaden und Installationsebenen lassen sich weitestgehend unabhängig voneinander austauschen und zerstörungsfrei zurückbauen. Einschränkung bestehen dabei durch die Schichtung von Ausbau- und Installationsschichten.
Trennbarkeit und Recycling	Die Bauteile der einzelnen Subsysteme sind einfach voneinander Trennbar. Bauteilschichten lassen sich weitestgehend sortenrein trennen und wiederverwerten. Die Bauteile von Tragwerk und Fassade ggf. im Ganzen wiederverwendbar.
Vorfertigung	Bis auf Bodenaufbauten kann ein Großteil der Bauteile vorgefertigt werden. Die Tragelemente werden „montagefertig“ abgebunden. Selbsttragende Fassaden- und Wandbauteile können als Montageeinheiten vorgefertigt werden.
Standardisierung	Die weitestgehend standardisierten Systemdetails kommen zur Anwendung, während flexible Rastermaße und Bauteildimensionen gewählt werden können.
Montage	Die Montageabläufe entsprechen der funktionalen und konstruktiven Hierarchie der Subsysteme. Die „Schichten“ werden dementsprechend sukzessive eingebaut. Bei einem höheren Vorfertigungsgrad werden tragende Bauteile und Montageeinheiten der Fassade und des Ausbaus geschossweise montiert.

Abbildung 79: Schematischer Grundriss und Schnitt der Variante 3 Ausfachung, M 1:20

Tragstruktur
Gebäudehülle
Ausbau
TGA



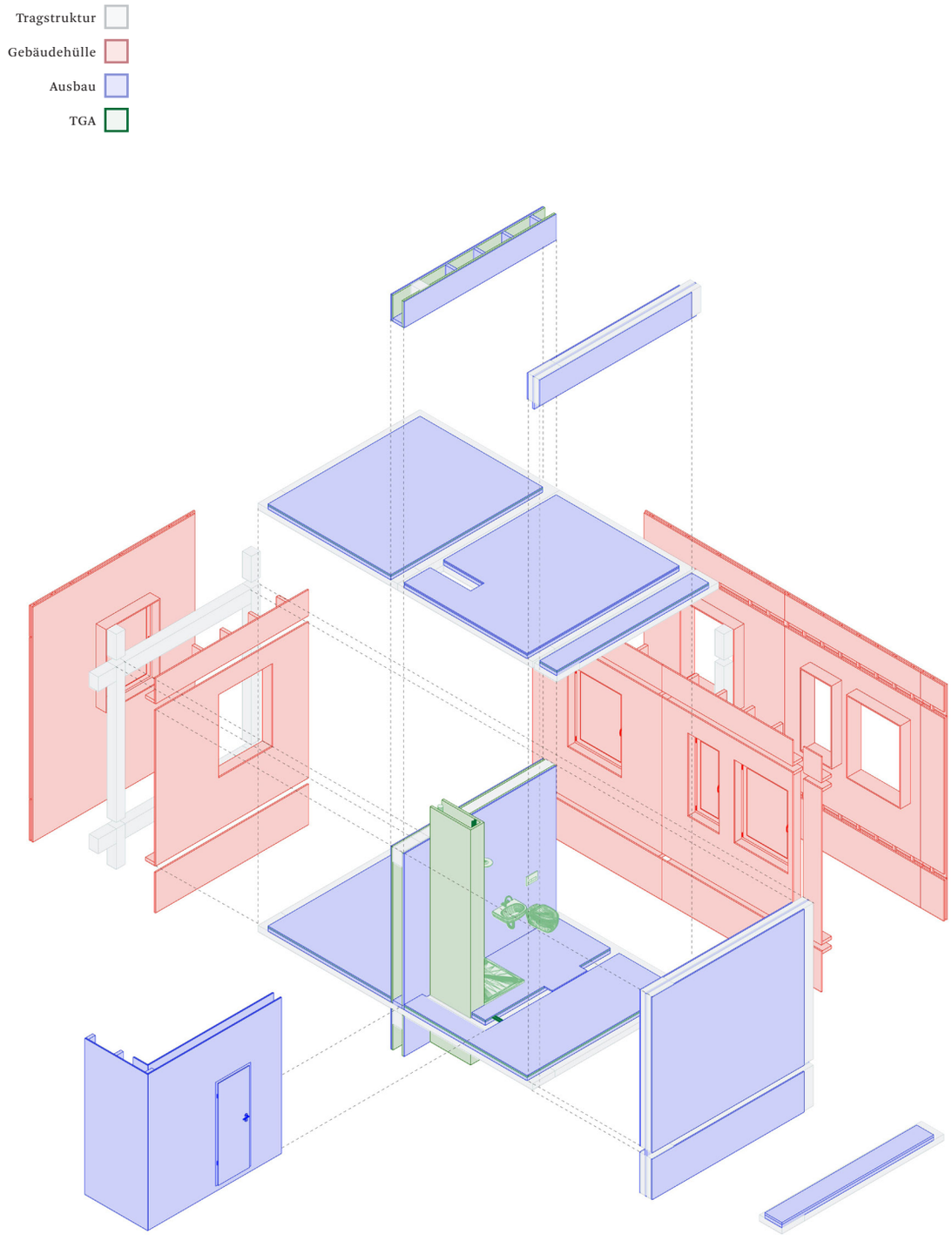
Räumliche Überlagerung der Subsysteme

5.5.3.4

Die Bauteile verschiedener Subsysteme werden in Montagemodulen zusammengefasst, die mehrere funktionale Anforderungen im Verbund erfüllen. Die Herstellung der Bauteilanschlüsse wird dadurch gegebenenfalls komplexer, was sich aber vor allem hinsichtlich der Brand- und Schallschutzanforderungen positiv auswirkt. Aufgrund des hohen Grades der Integration innerhalb der Konstruktion wird die Flexibilität entscheidend eingeschränkt, da eine einfache Trennbarkeit der Bauteilschichten nicht mehr in gleichem Maß möglich ist.

Das Konstruktionsprinzip entspricht am ehesten einer gängigen und flächendeckend bauordnungsrechtlich zulässigen Ausführung im mehrgeschossigen Holzbau, da sich sichtbare Holzoberflächen weitestgehend vermeiden lassen und Anforderungen an Kapselung und Anschlussausführungen mit entsprechenden Beplankungsschichten erfüllt werden können.

Abbildung 80: Explosionsaxonometrie, Variante 4 Räumliche Überlagerung



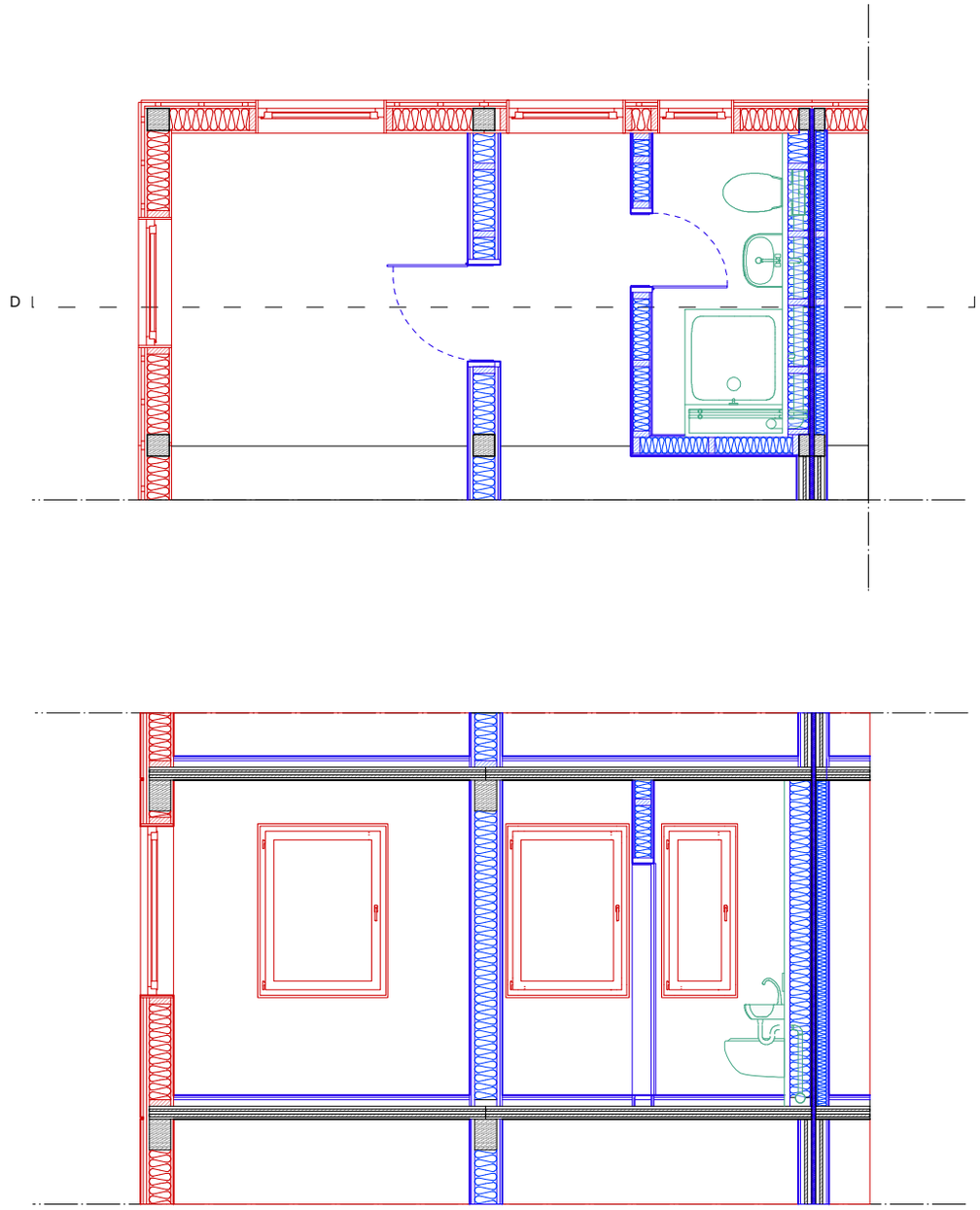
Beschreibung und Bewertung der räumlichen Überlagerung der Subsysteme

Tragwerk	Das Tragwerk wird als hybride Struktur aus stabförmigen Elementen für Stützen und Unterzüge und massive BSP-Decken und aussteifende Wandelementen gebildet. Tragende und aussteifende Funktionen können in Bauteilen zusammengeführt werden, indem beispielsweise massive Wandelemente angrenzende Stützen und Unterzüge ersetzen.
Brandschutz	Auch wenn die Tragkonstruktion nur teilweise oder gar nicht sichtbar ausgeführt ist, wird sie bei erhöhten Anforderungen (hochfeuerhemmend) auf Abbrand bemessen. Die Trennung von Brandabschnitten erfolgt über zweischalige entkoppelte Wandaufbauten und eine durchgängige Trennung der Tragstrukturmit zusätzlichen feuerhemmenden Schichten. Die Tragelemente sind Teil des Raumabschlusses, stellen aber entweder als massive Bauteile keine Problemstellen dar oder sind durch die zusätzlichen mit Fugenversatz bzw. Stufenfalz ausgeführten Verkleidungen und deren Anschlüsse abgedichtet. Allgemein können alle mehrschichtige Wand- und Deckenbauteile entsprechend zugelassener Bauteilaufbauten ausgeführt werden und somit die Brandschutzanforderungen erfüllen.
Schallschutz	Die Entkopplung der Trennwände zwischen Nutzungseinheiten ist auch schallschutztechnisch wirksam. Durch die zusätzliche Verkleidung wird eine direkte Schallübertragung durch tragende Bauteile reduziert; Flankenschallübertragung ist v.a. bei der Ausführung freiliegender Deckenuntersichten zu berücksichtigen. Allgemein können alle mehrschichtige Wand- und Deckenbauteile entsprechend zugelassener Bauteilaufbauten ausgeführt werden und somit die Schallschutzanforderungen erfüllen.
Thermische Bauphysik	Die Tragelemente sind in die Gebäudehülle integriert und können Wärmebrücken bilden. Eine außen vorgelagerte, ununterbrochene Dämmschicht ist zusätzlich erforderlich, um Energiestandards einzuhalten. Ebenso gilt besonderes Augenmerk der Ausführung der wasserführenden Schichten und Dampfbremsen, um Feuchteeintrag durch Witterung oder Kondensatbildung in der Tragstruktur zu vermeiden.Allgemein können alle Außenwandbauteile entsprechend zugelassener Bauteilaufbauten ausgeführt werden und somit die bauphysikalischen Anforderungen erfüllen.
Flexibilität	Der Ausbau ist weitestgehend an das Tragwerksraster gebunden. Innenwände können darin zunächst frei angeordnet werden, lassen sich später aber nur mit größerem Aufwand versetzen. Durch die Entkopplung des Tragwerks im Bereich der zweischaligen Wohnungstrennwände sind diese nicht verschiebbar und die Flexiblität der Wohnungsaufteilung eingeschränkt.
Austausch und Rückbau	Ein unabhängiger Ausbau und Austausch von Bauteilen einzelner Subsysteme ist durch die funktionalen Überlagerungen nur eingeschränkt oder nicht möglich. Einzelne Schichten oder Komponenten, beispielsweise Installationen, lassen sich ggf. unabhängig austauschen.
Trennbarkeit und Recycling	Die Bauteile bzw. Montageeinheiten umfassen Komponenten, die verschiedenen funktionalen Systemen zugewiesen werden und sind nicht in kleinere Elemente teilbar. Ggf. sind die Montageeinheiten im ganzen wiederverwendbar. Einzelne Schichten lassen sich weitestgehend sortenrein trennen und wiederverwerten.
Vorfertigung	Bis auf Bodenaufbauten kann ein Großteil der Bauteile zu größtmöglichen Transport- und Montageeinheiten zusammengefasst und vorgefertigt werden.
Standardisierung	Die weitestgehend standardisierten Systemdetails kommen zur Anwendung, während flexible Rastermaße und Bauteildimensionen gewählt werden können. Aufgrund des hohen Vorfertigungsgrad bietet sich einheitlichere Dimensionen an.
Montage	Die weitestgehend vorgefertigten und integrierten Montageinheiten werden vor Ort geschossweise zusammengesetzt. Zusätzliche Ausbauten und Installationsführungen folgen in abschließenden Montageschritten.

5.5.3.4.1

Abbildung 81: Schematischer Grundriss und Schnitt der Variante 4 räumliche Überlagerung, M 1:20

Tragstruktur
Gebäudehülle
Ausbau
TGA



Beurteilung des Variantenvergleichs 5.5.3.5

Die vorgestellten Varianten stellen lediglich jeweils spezifische Ausführungsmöglichkeiten mit starken Beschränkungen dar, die zwar in der konstruktiven Logik des Bausystems in Frage kommen, aber für sich genommen nicht oder nur teilweise als umfassende und abgeschlossene Lösungen angesehen werden können. In der Umsetzung ist in Abhängigkeit von der Bauaufgabe und ihren Anforderungen immer eine eigene Kombination unterschiedlicher konstruktiver und gestalterischer Parameter abzuwägen und keine dogmatische Anwendung einer klar definierten Strategie gefragt.

In der Betrachtung der Varianten wurde deutlich, dass eine solche ‚Reinform' der jeweiligen Strategie weder sinnvoll noch ohne Abweichungen umsetzbar ist. Besonders eine differenzierte Konstruktionsweise kommt nicht für die angestrebte Anwendung im mehrgeschossigen Wohnungsbau in Frage, da entsprechende Anforderungen in Gebäudeklasse 4 und 5 an Brand- und Schallschutz nicht erfüllt werden können. (für Gebäudeklassen 1 bis 3 wäre die Konstruktion gegebenenfalls denkbar.)

Abwägungen in der Planung werden voraussichtlich immer zu einer Mischung verschiedener konstruktiver und geometrischer Strategien führen, da innerhalb eines Gebäudes in verschiedenen Bereichen unterschiedliche Anforderungen priorisiert werden. Beispielsweise ist die funktionale Trennung von Bauteilen bzw. innerhalb eines Bauteils eher bei einem erhöhten Anspruch an Flexibilität relevant, während sie Abläufe der Vorfertigung möglicherweise erschwert.

Anhand der in Kapitel 6 dargestellten Fallstudien werden diese projektbezogenen Planungsentscheidungen und eine Variabilität des Bausystems im Gesamtentwurf und im Detail verdeutlicht.

Anforderungen an das Bausystem 5.6

Aus den übergeordneten Zielen der Arbeit ergeben sich eine Reihe von Anforderungen an das Bausystem. Eine These der Arbeit ist, dass sich diese Ziele sinnvoll ergänzen und gegenseitig befördern.[272] Im Folgenden werden Kriterien und Indikatoren zusammengefasst, deren Ziele durch Einsatz des Bausystems erreicht werden sollen. In Bezug auf das nachhaltige Bauen bestünde die Möglichkeit, auf eines der eingeführten Bewertungssysteme zurückzugreifen.

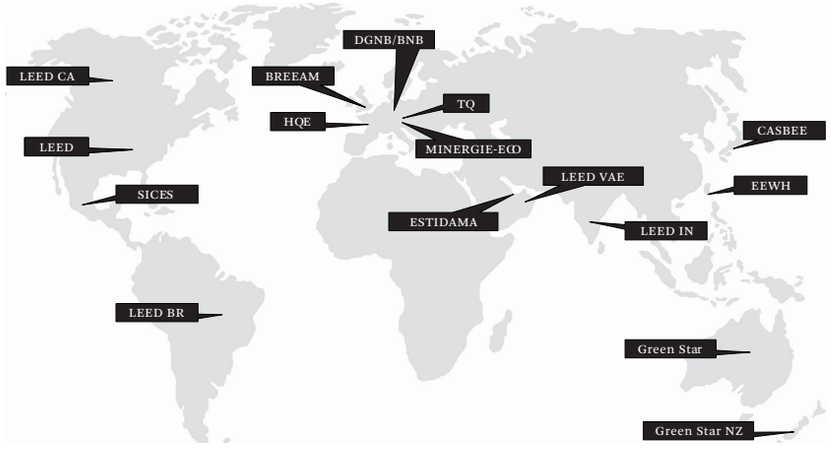


Abbildung 82: Verbreitung internationaler Nachhaltigkeitsbewertungssystemen (Auswahl)

Von der Anwendung eines bestehenden Systems wurde aus zwei Gründen abgesehen: Die Systeme führen nur dann zu zuverlässigen Bewertungen, wenn die Objekte bereits fertiggestellt sind oder zumindest eine abgeschlossene Planung vorliegt. Bei den Fallstudien ist die Planungstiefe oft nicht ausreichend, um eine vollständige Bewertung mit einem der für Gebäude eingesetzten Bewertungssysteme vorzunehmen. Die eingeführten Systeme adressieren die hier diskutierten Forschungsfragen unzureichend. So werden insbesondere die Fragen der Anpassungsfähigkeit, Flexibilität und die Interaktion der NutzerInnen mit dem Gebäude nicht ausreichend berücksichtigt.

Aus den Forschungsfragen wurden folgende Anforderungen für das Bausystem abgeleitet, die anschließend für die Fallstudien untersucht werden. Eine tabellarische Übersicht der Kriterien und Indikatoren der Bewertung, die für die Fallstudien eingesetzt wurde, findet sich im Anhang D.

Treibhauspotential (GWP[273], Klimawandel) 5.6.1

Wichtiges ökologische Ziel des Bausystem ist den CO_2-Ausstoß der Gebäude über den gesamten Lebenszyklus zu senken oder weitestgehend zu neutralisieren. Für den Baubereich ist die Entwicklung von klimaneutralen Konstruktionen und Gebäude eine große Herausforderung.

272 Die Zusammenhänge zwischen den Variablen mit einer systemischen Untersuchung (Sensitivitätsmodell) anzugehen, wie dies für alle Nachhaltigkeitsindikatoren bei der Arbeit an dem Buch *Nachhaltige Wohnkonzepte* durchgeführt wurde, ist ein Forschungsdisederat. Drexler; El Khouli: *Nachhaltige Wohnkonzepte: Entwurfsmethoden Und Prozesse*.
273 Englisch: Greenhouse Warming Potential

5.6.1.1 Betrieb: Erneuerbare Energien

Der Betrieb über den gesamten Lebenszyklus verursacht bei den meisten Gebäuden mit durchschnittlichen oder älteren Energiestandards noch immer den Großteil der CO_2-Emissionen. Um eine Abschätzung der zu erwartenden CO_2-Emissionen im Betrieb vorzunehmen, lassen sich folgende Indikatoren betrachten:

- Kubatur und A/V-Verhältnis
- Qualität der Gebäudehülle
- Technische Gebäudeausrüstung
- Anteil an erneuerbaren Energien (inklusive passive Wärmegewinne aus Solarstrahlung und Nutzung)

Das Zusammenhangsmaß zwischen Bausystem und Energie-Verbrauch der Gebäude im Betrieb ist gering, weil die gleichen Entwürfe in unterschiedlichen energetischen Standards geplant und ausgeführt werden können. Die Case-Studies, die bis zur Ausführungsreife entwickelt wurden, weisen einen hohen Energie-Standard (Plus-Energie-Haus) auf, was belegt, dass mit dem Bausystem Gebäude planbar sind, die im Betrieb klimaneutral sind.

5.6.1.2 Konstruktion: Emissionen durch Herstellung, Instandhaltung und Rückbau (graue Energie)

Bei den Gebäuden, bei denen der Energie-Verbrauch im Betrieb weitgehend optimiert und reduziert ist (Passivhäuser, Plus-Energie-Häuser), entstehen die meisten Emissionen durch die Herstellung und im geringeren Umfang die Instandhaltung und den Rückbau.

Die untersuchten Fälle haben alle eine Primärkonstruktion aus Holz, die in der aktuell gebräuchlichen Methode der Ökobilanzierung eine negative CO_2-Bilanz aufweist.[274] Zum einen wird mehr atmosphärisches CO_2 eingelagert als durch die Herstellung und den Bau freigesetzt wird, zum anderen wird davon ausgegangen, dass am Ende des Lebenszyklus die bei der Verbrennung (thermische Nutzung) erzeugte Energie zur Substitution von fossilen Energieträgern eingesetzt werden kann. Letzte Annahme ist in Hinblick auf den angesetzte Bilanzzeitraum von 50 Jahren und die laufende Energiewende nur bedingt valide. Aufgrund des hohen Anteils von Holz in der Primärkonstruktion ergeben sich die Unterschiede bei den Case-Studies vor allem in der Gründung und Unterkellerung sowie in Beton-Anteilen für ebendiese.

5.6.2 Ressourcen

Neben den Emissionen ist auch der Verbrauch an Ressourcen ein entscheidender Faktor für die Umweltverträglichkeit eines Gebäudes. Ressourcen sind die stoffliche und energetische oder auch räumliche Grundlage des Lebens und Wirtschaftens. Unterschieden werden abiotische und biotische Rohstoffe sowie Wasser, Boden, Luft, die biologische Vielfalt, Flächen und Energieströme (Sonne, Wind, Wasser). Auch das Potential für den Abbau von Emissionen und die Aufnahme von Abfällen (sogenannte Senken) sind wichtige Ressourcen in den biologischen und wirtschaftlichen Prozessen. Die Nutzung der Ressourcen verändert die Ökosysteme, oft dauerhaft.

5.6.2.1 Konsistenz: Materialstrategien für das Bausystem

Die Gewinnung und Verarbeitung nicht-regenerativer Rohstoffe sind häufig energieintensiv, und/oder mit Eingriffen in den Natur- und Wasserhaushalt verbunden. Dies führt wiederum zu Emissionen von Schadstoffen in Wasser, Boden und Luft. Auch Nutzung und Herstellung

274 Vgl. dazu den Datensatz der Ökobaudat für Konstruktionsvollholz: Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat: *ÖKOBAUDAT: Ökobilanzierung im Bauwesen*.https://www.oekobaudat.de/, Zugriff am 13. Januar 2020.

von erneuerbaren Rohstoffen sind häufig mit hohem Energie-, Material- und Chemikalieneinsatz verbunden, teilweise wasserintensiv, und gehen mit Emissionen von Schadstoffen einher. Um neue erneuerbare Rohstoffe zu gewinnen, werden Flächen umgewandelt und Ökosysteme verändert oder zerstört.

In der aktuellen Version des *Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB)*[275] wird der abiotische Ressourcenabbau nicht bewertet. Das Kriterium ‚Nachhaltige Materialgewinnung / Biodiversität' beschäftigt sich überwiegend mit der Herkunft der Hölzer und der nachhaltigen Bewirtschaftung der Herkunftswälder.[276] Im Bewertungssystem der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden wird mit dem ‚Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP elements / ADP (abiotic depletion potential)' der Verbrauch und die Verknappung von nicht erneuerbaren (abiotischen) Ressourcen bewertet, die nicht aus der Biosphäre kommen.[277]

Auch in dem Bausystem soll der Schwerpunkt auf dem Einsatz von erneuerbaren, nachwachsenden Rohstoffen aus nachhaltiger Bewirtschaftung liegen. Neben Holz aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern kommen auch landwirtschaftliche Produkte in Frage. Bei der Auswahl geeigneter Baumaterialien geht es jedoch neben der Erneuerbarkeit und geringen Emissionen darum, eine für das jeweilige Bauteil angemessene Materialisierung zu finden. Sie soll der Belastung und den Anforderungen gerecht werden, weswegen den folgenden Kriterien eine besondere Bedeutung zukommt.

Übergeordnetes Ziel der Materialstrategien ist die Konsistenz, das heißt die eingesetzten Materialien und Ressourcen möglichst lange zu erhalten und zu nutzen. Geführt in geschlossenen Stoffkreisläufen, können die Materialien bei Instandhaltung und am Ende des Lebenszyklus eines Bauteils einer neuen Nutzung zugeführt werden. In *Cradle to Cradle* zeichnen Braungart und McDonough die Vision eines Wirtschaftens, das natürliche Stoffkreisläufe zum Vorbild nimmt und durch das Schließen der Stoff- und Energiekreisläufe den Ressourcenverbrauch eliminiert und folglich nachhaltig ist.[278] Es bestehen Zweifel hinsichtlich der Anwendbarkeit der *Cradle to Cradle*-Konzepte auf komplexe Systeme wie Gebäude, weil die Herkunft und auch die Rückführung aller im Gebäude verwendeten Bauteile über einen Zeitraum von mindestens 50 Jahren kaum zu planen oder zu regulieren sein wird.

Der Einsatz erneuerbarer Ressourcen, die Substitution von abiotischen (nicht-erneuerbaren) Ressourcen durch nachwachsende oder erneuerbare Stoffe, Wiederverwendung (Re-Use) und Rezyklieren (Recycling) sind die wichtigsten Bausteine der Konsistenzstrategie. Voraussetzung hierfür ist in den meisten Fällen die Trennbarkeit der Sub-Systeme, Bauteile und Materialien.

Langlebigkeit

5.6.2.2

Die Lebensdauer der Gebäude bei einer Ökobilanzierung wird mit 50 Jahren angesetzt, was in etwa dem statischen Mittelwert im Bundesgebiet entspricht. Tatsächlich können Gebäude, wenn sie entsprechend geplant sind und für den Standard eine sinnvolle Nutzung und städtebauliche Setzung aufweisen, wesentlich älter werden. Gerade bei Holzgebäuden, bei denen das Primärmaterial organisch abbaubar ist, setzt dies voraus, dass ein konsequenter konstruktiver Holzschutz umgesetzt wird. Das bedeutet vor allem, dass die Holzbauteile möglichst trocken bleiben oder im Falle von Fassaden oder anderen Außenbauteilen

275 Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI): *Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)*. S. 32, https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/, Zugriff am 25. März 2020.
276 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: *Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB): Kriterium Nachhaltige Materialgewinnung / Biodiversität*. 2015.
277 DGNB GmbH: *Ökobilanz des Gebäudes*. In: *Kriterienkatalog Gebäude Neubau (DGNB GmbH, 2018)*.
278 McDonough; Braungart: *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*.

schnellstmöglich abtrocknen. Auch die Auswahl von Oberflächen und ob sie Verschmutzung, Abrieb oder anderem Verschleiß ausgesetzt sind, muss sorgfältig geplant werden.

Wichtig ist, die Bauteile, die eine höhere Lebenserwartung haben, von denen zu trennen, die einem höheren Verschleiß ausgesetzt sind und sicherzustellen, dass diese Bauteile unabhängig gewartet und ausgetauscht werden können.*

Siehe dazu: Kapitel 5.5 Hierarchien der Konstruktion

Wiederverwendung von Bauteilen

5.6.2.3

Eine Idealvorstellung für jedes Bausystem wäre, dass ganze Bauteile wie Wandmodule, Balken oder Stützen ausgebaut und an anderer Stelle eingesetzt werden können. Würde ein solches System konsequent eingesetzt, dann könnten Gebäude ephemere Strukturen werden, die sich flexibel errichten, verändern und abbauen lassen. Die vorgestellten Arbeiten von Cedric Price schildern eine solche Vorstellung.*

Siehe dazu: Kapitel 4.2.7 Cedric Price

Tatsächlich sind kaum Systeme bekannt, die einen derartigen Ansatz erfolgreich umgesetzt haben. Dafür gibt es zahlreiche Gründe. Ein Bausystem müsste einen hohen Verbreitungsgrad erreichen, um genügend Nachfrage für die Bauteile zu generieren, die an anderer Stelle ausgebaut werden und / oder um eine Lagerhaltung von solchen Bauteilen rentabel zu machen. Selbst mit vorhandener Nachfrage, stellte sich die Frage ob die verfügbaren Elemente die richtige Konfiguration, technische Eignung und einen vertretbaren Zustand nach dem vorherigen Gebrauch aufweisen beziehungsweise mit geringem Aufwand aufgearbeitet und ertüchtigt werden können. Hier ergibt sich das Problem, dass die Nutzungsdauer der meisten Gebäude so lang ist, dass die Elemente, die nach Jahren oder Jahrzehnten ausgebaut würden, mit großer Wahrscheinlichkeit nicht mehr den dann gebräuchlichen Standards oder Techniken entsprächen.

Eine erfolgreiche Wiederverwendung von Gebäudeteilen gibt es deswegen vor allem im Bereich von Raummodulen, die für temporäre Gebäude (Provisorien, Übergangsbauten, Baustelleneinrichtung) aufgebaut und später wieder abgebaut werden. Dies gibt Hinweis auf einen weiteren wichtigen Faktor, der die Möglichkeiten der Wiederverwendung einschränkt: Der Arbeitsaufwand für Montage und Wiederaufbau muss sehr gering sein. Wir leben in einer Zeit, in der Material und Ressourcen in den meisten Ländern erschreckend billig und Arbeitszeit teuer ist. Das führt dazu, dass es in den meisten Fällen günstiger ist, Dinge zu entsorgen und Neues, industriell Hergestelltes anzuschaffen. Das gilt für den Rückbau und die Wiederverwendung von Gebäudeteilen im besonderen Maß, weil hier der Arbeitsaufwand schnell den materiellen Wert der Bauteile übersteigt.

Das größte Hemmnis scheint aber die Geometrie und Größe der Bauteile zu sein. So müssten die ausgebauten Bauelemente für den zukünftigen Einsatz passen. Dies ist nur innerhalb eines geschlossenen Bausystems mit festen Maßvorgaben möglich oder indem die Planung der neuen Gebäude schon gezielt mit den Größen der verfügbaren Bauelemente arbeitet, die wiederverwendet werden sollen. Für dieses Vorgehen liefern die Arbeiten des Architekturbüros In Situ aus Basel interessante Ansätze, die ganze Gebäude oder zumindest große Teile von neuen Gebäuden aus Bauteilen errichten, die zuvor anderenorts ausgebaut wurden.

In Hinblick auf ein neues Bausystem bleibt jedoch fraglich, ob sich ein sinnvolles System für die Wiederverwertung von Bauteilen etablieren lässt. Voraussetzung wäre eine starke Modularisierung und Standardisierung der Bauteile und Maße. Davon wurde aufgrund der unterschiedlichen Wohnformen und der Anpassungen an ein jeweiliges Grundstück abgesehen. Das Bausystem arbeitet nicht mit festen Maßvorgaben oder Standard-Maßen. Es ist zu prüfen, ob eine Standardisierung auf einer untergeordneten Bauteil-Ebene (Türen, Fenster, Ausbauelemente) umzusetzen ist. Ein Beispiel dafür sind die flexiblen Wände in der *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*, die im Grundriss umgesetzt werden können.

Die Wiederverwendung von Bauteilen ist vor allem dann notwendig und sinnvoll, wenn die Bauteile aus nicht nachwachsenden Rohstoffen und / oder mit viel Energieaufwand hergestellt wurden. Im Bausystem wurde deshalb darauf verzichtet, die Wiederverwendbarkeit weiter zu optimieren, zumal die Bauteile keine Standard-Größen aufweisen, die eine Wiederverwendung in anderen Gebäuden begünstigen würde.

Rückbau und Trennbarkeit (design to disassemble) 5.6.2.4

Eine zentrale Idee des Bausystems ist die einfache Fügung und Montage. Die form- und kraftschlüssigen Holzverbindungen der Primärkonstruktion lassen sich vergleichsweise leicht zusammenfügen.

Im nächsten Schritt sollte nun versucht werden, die Konstruktion so zu entwickeln, dass sich die Bauteile auch leicht und zerstörungsfrei trennen lassen. Bei den traditionellen Fachwerkhäusern ist dies der Fall. So werden auch heute noch regelmäßig alte Fachwerkhäuser oder Scheunen in die Einzelteile zerlegt und an einem anderen Ort wiederaufgebaut. Der Aufwand steigt jedoch schnell, wenn die Gebäude ausgebaut sind und zuerst viele Schichten und Einzelteile ausgebaut werden müssen. Bei modernen Gebäuden führt auch die Vielzahl an Anforderungen (unter anderem Brandschutz, Schallschutz, Wärmeschutz, Technik) dazu, dass die Konstruktionen komplex werden. Auf die Primärkonstruktion werden zahlreiche Schichten aufgebracht, es gibt viele Überschneidungen und Verschränkungen, die einen Rückbau erschweren. Hinzu kommt, dass die entwickelten form- und kraftschlüssigen Verbindungen wesentlich fester und schwieriger rückbaubar sind als traditionelle Fachwerkverbindungen. Zum Beispiel werden Buchendübel technisch getrocknet eingeschlagen, die nach dem Einbringen aufquellen und dadurch einen besonders innigen Verbund eingehen. Diese Dübel lassen sich im Gegensatz zu den Holzdübeln in einem alten Fachwerkhaus, nicht mehr heraustreiben, sondern müssen ausgebohrt und dann ersetzt werden.

Auch wenn aus Sicht der Nachhaltigkeit die Rückbaubarkeit einen zentralen Aspekt darstellt, kann dieser in der vorliegenden Studie nur indirekt untersucht werden. Für eine weitere Optimierung des Bausystems sind Analysen von Rückbauprozessen und Versuche zur Widerverwendung von Bauteilen in neuen Konstruktionen sinnvoll, die für diese Fälle nicht vorliegen. Deshalb wird als Indikator zur Nachhaltigkeit allen voran die Hierarchisierung der Konstruktion (Trennung der Schichten und geometrischen Räume) gewählt.

Recycling 5.6.2.5

Während sich die Wiederverwendung auf Bauteile bezieht, bedeutet Recycling oder Rezyklieren, dass die Materialien wieder in die Produktionskreisläufe zurückgeführt werden. Downcycling heißt, dass Material mit einer geringeren Wertigkeit und Funktionalität wiederverwendet wird (zum Beispiel aus Beton wird Schotter). Upcycling hingegen bedeutet, dass die Materialien rezykliert mit einer höheren Wertigkeit eingesetzt werden können.

Im Bausystem sollte versucht werden, Materialien einzusetzen, die sich gut rezyklieren lassen. Für den Primär-Baustoff Vollholz (KVH), Brettschichtholz (BSH) oder Brettsperrholz (BSP) lassen sich nur in Einzelfällen gleichwertige Einsatzmöglichkeiten finden, weil die Dimensionen der Bauteile für zukünftige Baumaße passen müssen. Daher werden aus Altholz überwiegend Holzwerkstoffe (zum Beispiel OSB-Platten, Spanplatten) hergestellt. Das Recycling-Potential ist hoch, weil den Holzbauteilen keine Fremdstoffe beigemischt sind. Wenn die Trennung und die Trennbarkeit der konstruktiven Subsysteme und Schichten konsequent umgesetzt werden, besteht gute Aussicht für ein Recycling der Hauptkomponenten des Gebäudes im Sinne einer Kaskadennutzung. Ziel muss es sein, die Materialien in möglichst flachen Kaskaden mehrfach zu nutzen, bevor diese einer energetischen Endnutzung zugeführt werden.

Entsprechende Überlegungen sind auf die weiteren Subsysteme zu übertragen: Fassade, Ausbau und Gebäudetechnik. Es sollten Materialien zum Einsatz kommen, für die schon jetzt wirtschaftlich sinnvolle Recyclingmöglichkeiten bestehen, wie Holz, Holzwerkstoffe, Glas, Stahl, Aluminium und sortenreine rezyklierbare Kunststoffe.

5.6.3 Vergemeinschaftung und soziale Nachhaltigkeit

Bereits bei der Frage der Suffizienz wird deutlich, wie wichtig das Verhalten der NutzerInnen für die Nachhaltigkeit der Gebäude ist. Andersherum kann auch gefragt werden, welche Wirkung das Bausystem und die damit geplanten Wohnungen bei den NutzerInnen entfaltet. Hier sollen und können nicht die Behaglichkeit der Wohnungen (zum Beispiel thermischer Komfort, Schallschutz, Belichtung) untersucht werden, weil die Datenlage bei den meisten Fallstudien aufgrund der geringen Planungstiefe keine fundierten Aussagen zulässt. Vielmehr soll die soziale Wirkung der Gebäude auf die BewohnerInnen, die Gemeinschaft der in dem Gebäude Wohnenden sowie auf die Umgebung – den sozialen Kontext – diskutiert werden.

5.6.3.1 Integration und Inklusion

Um Gebäude für möglichst vielen Menschen zugänglich und nutzbar zu machen, ist es sinnvoll, barrierefreie Erschließungen und Wohnungen zu planen. Gerade in Hinblick auf den demographischen Wandel sind immer mehr Menschen auf eine barrierefreie Wohnung und einen entsprechenden Zugang angewiesen. Leider ist eine solche Ausführung mit Mehrkosten verbunden. Im mehrgeschossigen Wohnungsbau müssen die oberen Geschosse mit Aufzügen erschlossen werden. Die barrierefreie Ausführung bedeutet Mindestgrößen für Bewegungsflächen innerhalb und außerhalb der Wohnungen und größere Sanitärräume.

5.6.3.2 Sozialer Zusammenhalt und gemeinschaftliches Wohnen

In Hinblick auf die soziale Wirkung wird betrachtet, wieviel Gemeinschaft die Wohngebäude ermöglichen oder sogar befördern. Größere und gemeinschaftliche Wohnungen begünstigen den sozialen Austausch. Innerhalb der Wohnungen können dafür gemeinschaftliche Flächen vorgehalten werden. Auch auf der Ebene der Hausgemeinschaft können gemeinsame Infrastruktur (unter anderem Waschküche, Car-Sharing) sowie hausgemeinschaftliche Außenbereiche und Räume die soziale Interaktion befördern.

In einer parallel zu dieser Forschung durchgeführten Studie zu gemeinschaftlichen und individuellen Wohnbedürfnissen wurde jedoch festgestellt, dass die Architektur nur im Zusammenspiel mit anderen Faktoren, insbesondere der Organisation des Wohnens, der Wohnkultur und der Neigung der BewohnerInnen zum gemeinschaftlichen Wohnen eine positive Wirkung entfalten kann.[279]

5.6.3.3 Interaktion, Empowerment – emanzipatorisches Potential

Ein Ziel des Bausystems ist es, die NutzerInnen stärker in die Planung einzubeziehen und Möglichkeiten zu eröffnen, die Wohnung oder das Gebäude an die eigenen, sich ändernden Anforderungen anzupassen.

Zwei unterschiedliche Ansätze können den NutzerInnen Möglichkeiten eröffnen, um mit den Gebäuden zu interagieren und das Gebäude an zukünftige Nutzungen und Wohnbedürfnisse anzupassen: Adaptabilität und Flexibilität. Grundsätzlich lassen sich beide Strategien auch kombinieren. Im Hinblick auf den notwendigen Aufwand der Implementierung der Strategien scheint es aber praktikabler, entweder den einen oder den anderen Ansatz zu verfolgen.

——

279 Wegener et al.: *Wohnformen: Vergleichende Untersuchung zu gemeinschaftlichen und individuellen Wohnbedürfnissen (Abschlussbericht).*

Adaptabilität 5.6.3.4

Um Räume anzubieten, die möglichst vielseitig nutzbar sind, ohne diese baulich verändern zu müssen, sind verschiedene Aspekte relevant: Die Größe der Räume muss so beschaffen sein, dass die meisten gängigen Wohnnutzungen (unter anderem Schlafzimmer, Wohnzimmer, Kinderzimmer) in möglichst vielen Räumen untergebracht werden können. Erforderlich sind ausreichende Belichtung und Belüftung. Die Erschließung innerhalb der Wohnung sollte möglichst unterschiedliche Wohnformen ermöglichen. Flurtypen können eine unabhängigere Nutzung der einzelnen Zimmer begünstigen, wenn etwa eine Familienwohnung in eine Wohngemeinschaft umgewandelt werden soll.

Die vielseitige Nutzbarkeit erfordert Raumreserven, die einer optimalen Dimensionierung der einzelnen Räume und der gesamten Wohnung im Sinne einer Suffizienz-Strategie entgegenstehen. Hier ist in den einzelnen Projekten zu entscheiden, ob die Möglichkeit der zukünftigen Anpassungsfähigkeit oder die Reduktion der Wohnflächen zu priorisieren ist.

Bei einigen Fallstudien wurde die Anpassungsfähigkeit des Bausystems im Entwurfs- und Planungsprozess genutzt, um die Projekte an unterschiedliche Anforderungen der NutzerInnen (Raumgrößen, Raumprogramm, Wohnungsorganisation) anzupassen. Adaptabilität kann also auch als Mittel einer partizipatorischen Planung betrachtet werden, indem sie erleichtert, die Entwürfe neuen Anforderungen anzupassen.

Flexibilität 5.6.3.5

Die bauliche Umgestaltung der Wohnungen kann von beweglichen und veränderlichen Möbeln und Einbauten bis zur Umgestaltung des Wohnungsgrundrissen und dem Zusammenlegen der Wohnungen reichen.

Die Option, die Räume verändern zu können, macht eine passgenaue Planung der Räume auf die jeweilige Nutzung insofern attraktiv, weil die Räume an zukünftige Anforderungen durch bauliche Veränderungen angepasst werden können.

Das Bausystem wurde gezielt entwickelt, um die Möglichkeiten der baulichen Anpassungen der Wohnungen zu verbessern. Die Fallstudien tendieren deswegen dazu, die Wohnfläche zu reduzieren und die Wohnungen flexibel veränderbar zu denken.

Bezahlbarkeit 5.6.4

Die Bezahlbarkeit der Wohngebäude ist ein wichtiger Aspekt der sozialen Nachhaltigkeit im Sinne der Inklusion breiter Bevölkerungsschichten. Im Sinne der Entwicklung einer ökologisch hochwertigeren Systemlösung für den Wohnungsbau ist die Wirtschaftlichkeit aber auch ein wichtiger Aspekt für die Wettbewerbsfähigkeit des Bausystems. So scheint es unwahrscheinlich, dass das Bausystem nur aufgrund der geringeren Umweltfolgen oder der längeren und besseren Nutzbarkeit stärker nachgefragt werden würde, wenn die Kosten wesentlich höher lägen, als bei konventionellen Bauten.

Kosten 5.6.4.1

Mit dem Begriff der Kosten werden die Lebenszykluskosten für die Errichtung, Instandhaltung, Wartung, Betrieb und den Rückbau beschrieben. Eine genauere Erfassung externer Kosten, zum Beispiel für Umweltfolgen oder die Kosten für die Infrastruktur, die von der Allgemeinheit getragen werden, ist derzeit methodisch noch nicht möglich, weil sich vor allem die Umweltfolgen noch nicht umfassend beschreiben oder monetär erfassen lassen.

Für die Fallstudien wurde festgestellt, dass die Projekte meist unter einem hohen wirtschaftlichen Zwängen entstanden sind, sodass die Bauherren signifikante Mehrkosten gegenüber konventionellen Bauweisen nicht geduldet hätten.

Im vorliegenden Ansatz sollen die Kosten für die Projekte nicht genauer aufgeschlüsselt werden. Zum einen sind die Projekte in Hinblick auf Raumprogramm und Ausstattung, Kubatur und technische Randbedingungen (unter anderem Unterkellerung, Haustechnik, Energie-Standards) so unterschiedlich, dass Vergleiche zwischen den Projekten nicht sinnvoll erscheinen. Zum anderen ist die Planungstiefe der Projekte so unterschiedlich, dass nicht für alle Projekte Kostenberechnungen vorliegen oder erarbeitet werden können.

Effizienz 5.6.4.2

Die verbreitete Strategie zur Senkung von Kosten ist die Effizienz-Strategie. Effizienz bedeutet einen höheren Ertrag bei gleichem Material-, Energie- und Arbeitsaufwand. Dadurch lassen sich die Kosten senken oder die Qualität erhöhen. Der Einsatz von leistungsfähigeren Materialien, optimierten Konstruktionen und Tragstrukturen und industrielle Massenproduktion können zu Effizienzsteigerungen führen. Auch ein hoher Vorfertigungsgrad – also eine Verlagerung von Bauprozessen von der Baustelle in die Fabrik oder Werkstatt – trägt zu einer Kostenreduktion und einer Steigerung der Qualität bei.

Suffizienz 5.6.4.3

Die Diskussion um bezahlbares Wohnen wird oft auf Effizienzfragen reduziert. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung schließen aber Effizienz (und Konsistenz) allein nicht die Schere zwischen steigendem Bedarf und abnehmenden Ressourcen. Die steigenden Kosten für das Wohnen sind auch auf die steigende Nachfrage nach Wohnraum zurückzuführen, weil die Wohnfläche pro Kopf seit Jahren zunimmt. Diese steigende Nachfrage ist durch demographische Faktoren (ältere Menschen, sinkende Haushaltsgrößen), soziale Faktoren (Erosion von Familienstrukturen) und den ungebrochenen Trend zu mehr Konsum und Wohlstand zu erklären. Dieser ist in unser Wirtschaftssystem eingeschrieben und VerbraucherInnen werden durch Marketing und Werbung stetig konditioniert, mehr zu konsumieren. Eine erste wichtige Gegenposition eines Wirtschaftslebens jenseits des Wachstums formuliert E.F. Schumacher in *Small is Beautiful. A Study of Economics as if People Mattered*.[280] Schumachers Ansatz ist für das Wohnen besonders relevant. Neben der grundsätzlichen Kritik an Wachstum und Konsum, beschreibt er eine besondere Qualität von kleinmaßstäblichen Strukturen, denen er einen höheren Identifikationswert zuspricht als den unpersönlichen Großstrukturen der Industrialisierung. Auch wenn sich seine Theorie vor allem auf Wirtschaftsstrukturen und Arbeitsverhältnisse bezieht, so liegt eine Anwendung auf die Architektur nahe. Großsiedlungen zeigen das von Schumacher für die moderne Arbeitswelt beschriebene Problem der unpassenden Maßstäblichkeit industrieller Strukturen für die menschliche Lebenswelt.

Auch mit dem Bausystem wird versucht, den Wohnbedürfnissen der Menschen einen geringeren Verbrauch von Ressourcen gegenüberzustellen. Deswegen versuchen die meisten Fallstudien gezielt, die Wohnfläche pro Kopf zu reduzieren. Aber auch die abgeleiteten Aspekte wie der Verbrauch von Gebäudefläche (BGF) oder die Holzmenge pro Kopf, werden betrachtet.

---

280 Ernst Friedrich Schumacher: *Small Is Beautiful: A Study of Economics as If People Mattered*. London: Blond & Briggs, 1973.

6 Exploration // Fallstudien

Im folgenden Kapitel werden die Case Studies vorgestellt und analysiert, an denen das Bausystem entwickelt wurde.

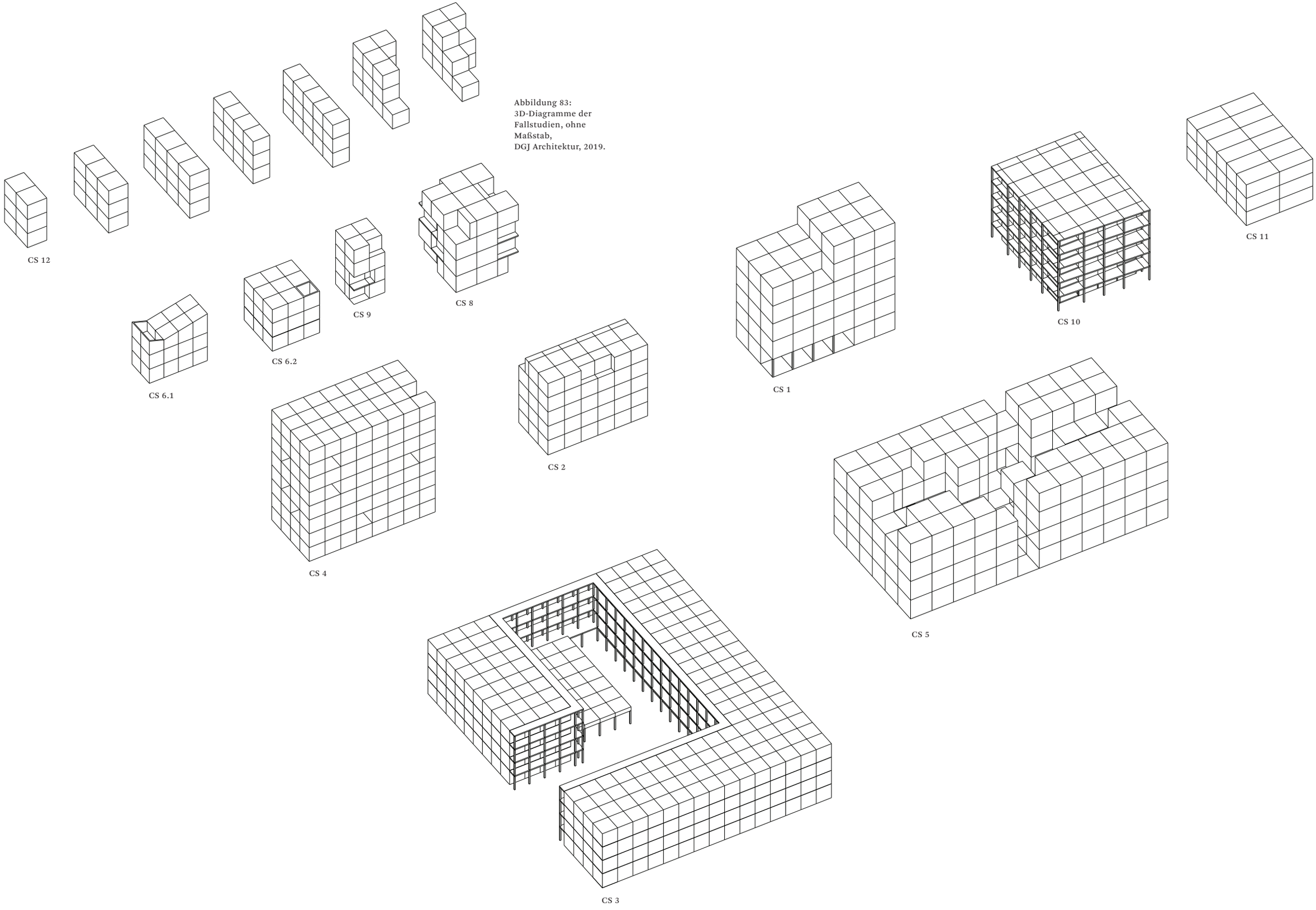


Abbildung 83:
3D-Diagramme der
Fallstudien, ohne
Maßstab,
DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 84: Analyse der Fallstudien // Research Map, DGJ Architektur, 2020.

ANALYSEN DER FALLSTUDIEN // RESEARCH MAP

EBENE	QUANTITATIVE ANALYSE // NUMERISCH GEOMETRISCH			QUALITATIVE ANALYSE // KATEGORIE			
	KENNDATEN	EFFIZIENZ	SUFFIZIENZ	TYPOLOGIE	ENTWURF	ADAPTABILITÄT	FLEXIBLITÄT
STÄDTEBAU	Urbane Typologie	Dichte, GFZ		Urbane Typologie			Erweiterbarkeit Volumen
	Baumasse BGF		BGF / Pers.	EFH, DHH, RH Minihaus / Teppichsiedl. Blockrand Solitär / Hochhaus			Vertikal erweiterbar
	Bruttorauminhalt BRI						Horizontal erweiterbar
	Landverbrauch	WFL / Grundstücksfläche	Grundstücksfläche / Pers.	Solitär / Großform			Versetzen Baukörper
GEBÄUDE	BGF	WFL / BGF	BGF / Pers.	Erschließungstypologie:	Gebäudetiefe	Umbau / Umnutzung	Einheiten verbinden
	Wohnfläche WFL		WFL / Pers.	Flur Laubengang Treppenkerne (1,2,3 ...) Direkte Erschließung	Belichtung Belüftung	Andere Nutzung	Einheiten trennen
	Nutzfläche NF						Erschließung Einheiten
	Verkehrsfl. VF						Grundriss Organisation
	Konstrukt.fl. KF			Barrierfreiheit			
	A/V						
KONSTRUKTION	Holzmenge insg.	Holzmenge / BGF		Skelettbau	Differenziert		Konstruktive Hierarchie
TRAGWERK	Holz Stützen	Holzmenge / WFL		Hybrid	Geschichtet		Trennung Ebene (Layer)
	Holz (trag.) Wände			Massiv	Integriert		
	Holz Decken				Monomaterial		
	Holz Aussteifung						
WOHNUNG		Effizienz Appartment		Raumbildung Zellenstruktur Open Plan (Division) Haus-im-Haus (Boxen)	Passung	Erschließung Räume	Raumbildung Räume Flexible Türen Flexible Wände Flexible Decken Zuschnitt Zimmer versch. Grundrisse
		WFL (Appartment)			Größe und Nutzung Geometrie Proportionen	Versch. Wohnformen	
		Pers. (Appartment)				Andere Nutzungen	
		WFL/Pers. (Appartment)				Barrierefreih. / Rollstuhl	
							Sekundäre Ebene
							Veränderbare Einbauten Flexible Decken

Das Herzstück der Forschung ist die Exploration, bei der das Bausystem in insgesamt 12 Fallstudien entwickelt wird. Davon sind vier Entwürfe, die sich derzeit in der Ausführungsplanung oder Umsetzung befinden:

- *Case Study 3:* *dgj223 IBA Heidelberg*
- *Case Study 2:* *dgj228 Wohngruppe Gemeinsam Suffizient Leben*
- *Case Study 6.1:* *dgj205 Reichenbach RH*
- *Case Study 6.2:* *dgj205 Reichenbach EFH*,

um theoretische, freie Arbeiten:

- *Case Study 1:* *dgj219 Arrival City 4.0*
- *Case Study 5:* *dgj244 Greenhouse*
- *Case Study 7:* *dgj243 Wohncluster Merianstraße*,

und um Wettbewerbsbeiträge

- *Case Study 4:* *dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar*
- *Case Study 8:* *dgj229 Konstanz TYP MFH*
- *Case Study 9:* *dgj229 Konstanz TYP Minihaus*
- *Case Study 10.1 und 10.2:* *dgj253 Wohngruppe Mannheim*
- *Case Study 11:* *dgj251 KOWO Erfurt*
- *Case Study 12.1 – 12.3:* *dgj241 Prefab Max Reihenhaus*.

Der explorative Charakter ist Vorraussetzung dafür, dass die eigenen Arbeiten Vehikel und Untersuchungsgegenstand zugleich sind. Methodisch liegt in der Koppelung von Entwicklung (Entwurfsmethodik) und Analyse (Bewertung) eine Herausforderung. Dadurch wird eine wesentliche Eigenart des Entwerfens sichtbar: Der Entwurf hat sowohl kreative (schöpferische) als auch analytische Anteile, die in Iteration und Rekursionen aufeinander wirken. In Ergänzung zu der alltäglichen Entwurfsarbeit, werden die analytischen Anteile in dieser Untersuchung explizit gemacht. Die analytischen Methoden des Entwerfens sollen in Wirkung und Kriterien beschrieben werden. Aus diesen Methoden werden wiederum Werkzeuge entwickelt, mit denen der Einsatz des Bausystems (oder anderer Bausysteme) an anderen Stellen oder mit unterschiedlichen Funktionen entworfen werden kann. Die forschungsgegenständliche Entwurfsmethodik bis hin zu einer Übertragbarkeit explizit und operativ zu machen, ist als Diskussionsbeitrag zur Methodologie des Entwerfens zu verstehen. In allen Entwurfsprozessen werden forschungsgegenständliche Ebenen und Parameter abgewogen und optimiert.[281] Diese Iterationen und Prozesse sind jedoch selten explizit und bleiben damit intransparent. Sie finden in zahlreichen Skizzen, Dateien, Modellen und Diskussionen statt. Zu selten werden die Parameter, Kriterien und Entscheidungswege explizit. Wenn in dieser Studie von Übertragbarkeit gesprochen wird, so ist dies nicht auf eine allgemeine Anwendung des Bausystems hingedacht. Vielmehr wird diskutiert, ob die zu erarbeiteten Entwurfs- und Analysewerkzeuge in angepasster Form auf andere Entwurfsprozesse übertragen werden können.

Das Bausystem wird im Rahmen des Entwurfs zweier Modellvorhaben entwickelt, für die gerade die Planung beginnt und die bis 2022 umgesetzt werden. Der klare Anwendungsbezug des Bausystems erlaubt, die theoretischen Überlegungen mit Erkenntnissen aus der Praxis zu validieren.

—

281 „In a climate where parametric design and generative components are regarded as the cutting edge of architectural design, it is worth noting that all buildings are parametric, in the most literal sense of the word. Through the architectural design process, form inevitably emerges from a series of overlapping and, often, contradictory constraints – whether physical, environmental, cultural, or aesthetic.“, Liu: *The Shape of Sustainability*.

Im Folgenden werden zunächst die Fallstudien einzeln vorgestellt und analysiert. Eine ausführliche Darstellung der Analysemethode, die der Diskussion der Fälle zugrunde liegt, findet sich im Anhang. In *Kapitel 7 Quer-Auswertung der Fallstudien* werden die Fälle verglichen.

Die Methodik für die quantitative und qualitative Analyse der Projekte sowie die Indikatoren und Kriterien sind im Anhang D dargestellt und erklärt.

Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0

Genese des Projekts 6.1.1

Das Projekt ist Ende 2015 als Beitrag im Zuge der Migrationsbewegung entstanden. Mit dem Projekt sollte untersucht und aufgezeigt werden, welche räumlichen und sozialen Strukturen zu einer Integration beitragen können. Die Aufgabe war es, geeignete Unterkünfte für die Menschen zu denken und zu entwerfen, die ihnen nicht nur eine kurzfristige Unterkunft, sondern auch eine langfristige Perspektive bieten. Wohnen ist nicht nur eine Frage der Unterbringung (‚shelter'), sondern ein Grundrecht, das eng verknüpft ist mit der Frage der sozialen Teilhabe an der Gesellschaft. Ein großer Teil der Menschen, die als Geflüchtete zu uns kommen, wird langfristig in Deutschland bleiben. Für die Gesellschaft ist diese Zuwanderung eine Chance, die politisch und ökonomisch ergriffen und sozial und kulturell als solche gedacht, gestaltet und gefühlt werden muss. Was im Moment fehlt, sind positive Visionen und Modelle, wie diese Integration geschehen kann.

Entwurfskonzept 6.1.2

Die Migration der Geflüchteten nach Europa stellt eine ähnliche Herausforderung dar, wie die der weltweiten Migrationsbewegung vom Land in die Stadt im Zuge der immer schnelleren Urbanisierung. Doug Saunders erklärt in seinem bekannten Buch *Arrival City* wie sich diese Neuankömmlinge in einem selbstorganisierten Prozess in die Stadtgesellschaft integrieren. Ohne staatliche Unterstützung bauen sie Unterkünfte, qualifizieren sich beruflich und sprachlich und erarbeiten sich eine wirtschaftliche Grundlage. Dennoch kann davon gelernt werden, wie Neuankömmlinge aktiv an dem Prozess der Integration teilnehmen können. Einen solchen partizipatorischen und ‚self-enabling'-Ansatz verfolgt *Arrival City 4.0*, indem die Geflüchteten an der Errichtung ihrer Wohngebäude teilnehmen können. Für den europäischen Kontext muss die selbstorganisierte Urbanisierung von *Arrival City* in einen formalisierten Prozess der Selbstorganisation übersetzt werden, der den technischen, städtebaulichen und baukulturellen Maßstäben der europäischen Städte genügt. Das Konzept gibt einen klaren strukturellen und gestalterischen Rahmen vor. So ist es auch für den Integrationserfolg von entscheidender Bedeutung, dass die neuen Wohngebäude keine erkennbaren ‚Flüchtlingshäuser' darstellen, sondern als gleichwertige Bausteine der Stadt wahrgenommen werden.

Der Ausbau kann durch eine Zusammenarbeit der Geflüchteten und Freiwilligen erstellt werden. In der gemeinsamen Arbeit entstehen Kontakte und nachbarschaftliche Beziehungen zwischen dem neuen Nachbarn und der lokalen Gemeinschaft. Die Bereitschaft zur Hilfe und Unterstützung für die Menschen ist in Europa so groß, dass mit langen Wartezeiten für Hilfseinsätze zu rechnen ist. Bei *Arrival City 4.0* können diese Kapazitäten genutzt werden.

Der Ausbau wie Innenwände und Möbel für die Wohnungen entsteht in dem ‚Fab-Lab', das in dem Gebäude untergebracht ist. Über ein ‚Open Source'-Prinzip wird das Projekt Teil des ‚WikiHouse'-Netzwerks, welches Entwurfsmuster für Gebäude und Möbel sammelt, austauscht und zur Verfügung stellt.* Im Erdgeschoss ist eine einfache CNC-Fräsmaschine installiert, die auch von ungelernten Laien mit einem Minimum an Training genutzt werden kann, um Möbel, Innenwände oder andere Gebäudeteile herzustellen. Das ‚WikiHouse'-System bietet eine Fräs- und Bauanleitung für die Herstellung des Grundgerüst einer CNC-Fräsmaschine, sodass sich nach der Installation des ersten ‚Fab-Lab House' das ganze System zu sehr geringeren Kosten selbst reproduzieren kann.

Anders als Maschinen und Werkzeuge bei einer Tischlerei, ist die Bedienung der CNC-Fräse nicht gefährlich, weil Material und Maschine nicht direkt gehandhabt werden. Sie werden über einen Computer bedient und gesteuert. Designs, Konstruktionen und Fräs-Pfade sind in dem Rechner vorinstalliert oder können aus dem Internet bezogen werden. Neue Entwürfe werden entwickelt und im ‚Open Source'-System ausgetauscht. Neben

Siehe dazu: Kapitel 3.2.6.3 ‚Open Source'-Architektur // ‚WikiHouse'

Abbildung 85: (vorherige Seite) *Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0*: Modell des Bausystems im Maßstab 1/50, DGJ Architektur. Foto: Hans Drexler, 2016.

Abbildung 86: (folgende Seite) *Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0*

dem Eigenbedarf für die Wohnungen können in dem ‚Fab Lab' und der Werkstatt im Gebäude andere kleine Gebäude und Möbel produziert werden, für die ‚WikiHouse' viele Entwurfsmuster bietet.

‚Fab Lab'-Designer-Möbel können von den Neuankömmlingen gefertigt und verkauft werden. Die Menschen, die an den ersten *Arrival City 4.0*-Projekten teilnehmen, können mit ihrem Wissen zu ExpertInnen und KleinunternehmerInnen werden. So trägt *Arrival City 4.0* nicht nur zur Schaffung von Wohnraum, sondern auch aktiv zur Integration der Menschen in die Gesellschaft bei.

‚Self-enabling' ermöglicht den Neuankömmlingen einen Beitrag zu leisten und sich weiterzubilden. Die aktive Teilnahme an einem Selbstbau-Projekt ist rechtlich nicht kritisch, weil es keine reguläre Beschäftigung bedeutet. Der Zustrom von jungen und arbeitswilligen MigrantInnen kann dem dramatischen Mangel an Arbeitskräften und Nachwuchs entgegenwirken, von dem insbesondere die Bauindustrie betroffen ist. Die schnelle Integration kann nicht nur die Kosten für Transferleistungen senken, sondern insbesondere die Selbstachtung der Geflüchteten verbessern, die mit einer sinnvollen Tätigkeit den Neubeginn ihres Lebens in unserer Gesellschaft gestalten. *Arrival City 4.0* ist damit nicht nur eine Strategie für die schnelle und kostengünstige Erstellung von Gebäuden, sondern darüber hinaus ein Ausbildungsprogramm und soziales Integrationskonzept, das die Identifikation mit dem Gebäude und der neuen Heimat erhöht.

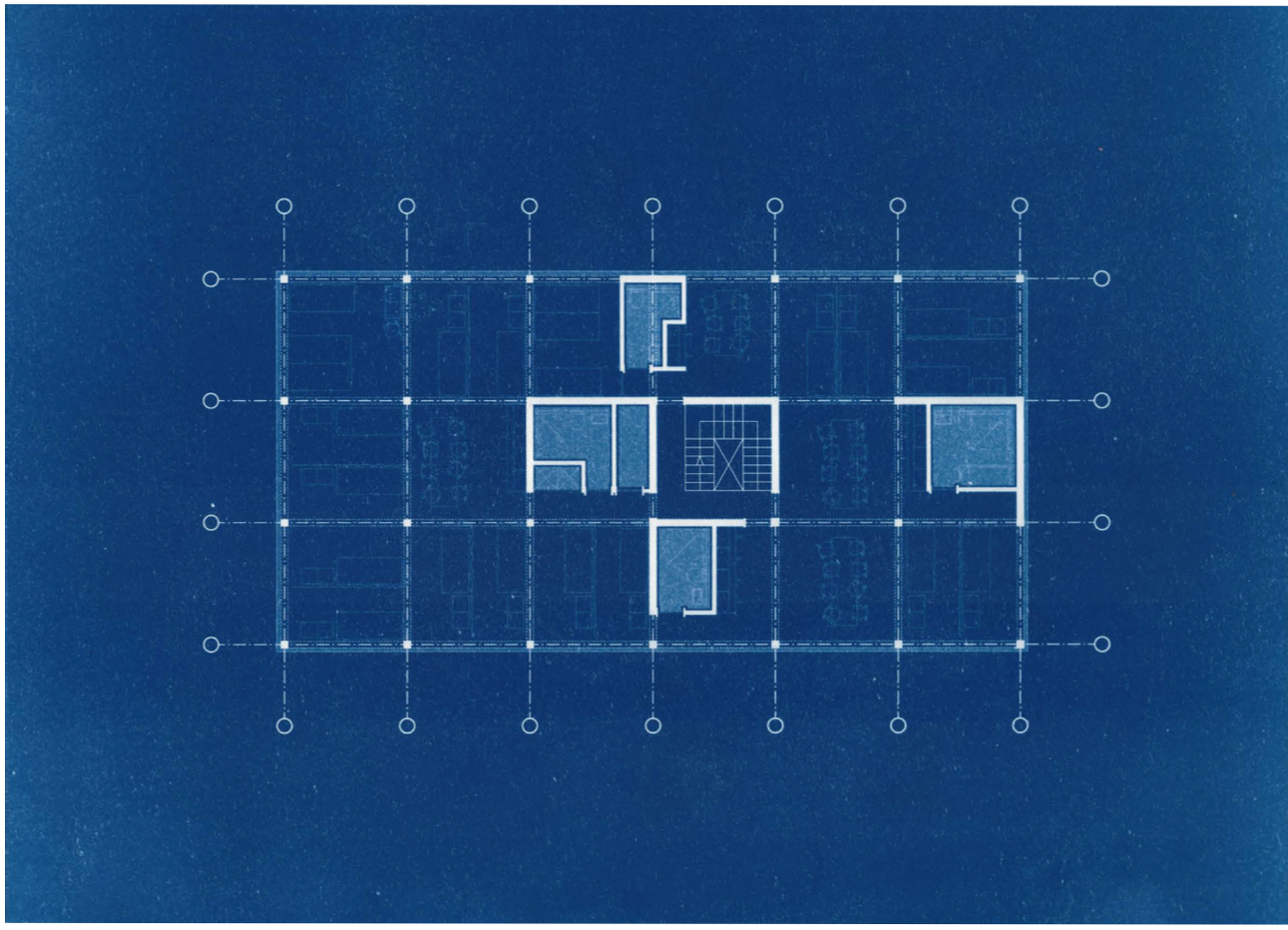
Die Teilnahme am Selbstbau ist jedoch nicht für jeden möglich und sinnvoll, stellt beim Projekt jedoch auch keine Notwenigkeit dar. Jenen mit Vorkenntnissen im Handwerk und basalen Computerkenntnisse, um die CNC-Maschine zu bedienen, eröffnet *Arrival City 4.0* die Verbesserung der beruflichen Qualifikation und ein ‚Bottom up'-Geschäftsmodell. Es wird lediglich eine kleine Anzahl von Freiwilligen benötigt, die sich aktiv am Bauen beteiligen. So lässt sich *Arrival City 4.0* mit 15 Freiwilligen in vier Monaten voll ausbauen. Die anderen BewohnerInnen können in dem Gebäude leben oder das Projekt auf andere Weise unterstützen: kochen, Baumaterial im Gebäude transportieren, die Organisation von Arbeiten und Materialien oder den Verkauf der Produkte aus dem ‚Fab Lab' übernehmen. In dem Gebäude können ab dem ersten Monat bis zu 80 Personen in besseren Verhältnissen untergebracht werden als das in den meisten Not-Unterkünften der Fall ist.

6.1.3 Tragwerk und Konstruktion

Das Gebäude war als Skelettbau mit aussteifendem Treppenkern geplant. Die Grundidee dabei war, dass alle Tragelemente wie Balken, Träger und Stützen die gleiche Dimension haben und mit gleichen Anschlussdetails verbaut werden sollten.

Aufgrund des experimentellen Charakters des Projekts wurde das Tragwerk nicht ausgearbeitet. Die Dimensionen der Tragelemente und Aussteifung wurden nicht rechnerisch geprüft, sondern nur konstruktiv abgeschätzt. Es ist davon auszugehen, dass vor allem für die Aussteifung zusätzlicher Konstruktionen, wie aussteifende Wände oder Diagonalen und Auskreuzungen, erforderlich wären.

Abbildung 87: *Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0*: X-Ray-Analysis des Tragwerks, Cyanotypie auf Papier, DGJ Architektur 2019.



Flexibilität, Adaptabilität und Partizipation 6.1.4

Das statische System von *Arrival City 4.0* ist einfach und modular aufgebaut. Je nach örtlichen, verfügbaren Ressourcen können die Stützen und Balken aus Massivholz (Konstruktionsvollholz) hergestellt werden (Querschnitt 200mm / 200mm) oder durch die Schichtung von Sperrholz- oder Großspanplatten (8 Schichten von 25mm Dicke) zusammengesetzt werden. Vorteil der kleinteiligen Ausführung ist, dass sie auf der CNC-Fräsmaschine in der eigenen Werkstatt hergestellt werden kann. Die Elemente sind handhabbar (3,6m) und können von zwei Personen ohne Hebezeug montiert werden. Alle Tragelemente – Stützen und Balken – haben dieselbe Größe und Dimension. Daher können sie kostengünstig in großen Stückzahlen (Massenfertigung, ‚economy of scale') hergestellt werden. Sie sind durch Stahlverbinder und Muttern schnell zu montieren und zu verbinden. Die Struktur kann ebenfalls durch ungelernte ArbeiterInnen und freiwillige HelferInnen gebaut werden. Da *Arrival City 4.0* keinen Keller benötigt, kann billiger und schneller gebaut werden.

Je nach Brandschutz-Anforderungen kann der Treppenkern in der Standard-Ausführung als feuerbeständiges Holzelement oder bei erhöhten Anforderungen und mehr als fünf Wohngeschossen als vorgefertigter Betonkern ausgeführt werden, welcher in die Holzkonstruktion eingestellt wird. Der Treppenkern bildet zudem die horizontale Aussteifung des Gebäudes. Weitere Querverstrebung kann in Abhängigkeit von der Höhe und Größe der Struktur mithilfe aussteifender Wandelemente erreicht werden.

Der wichtigste Vorteil des Systems ist, dass eine komplette Gebäude- und Tragwerksplanung für das System nur für den ersten Anwendungsfall durchgeführt werden muss. In den weiteren Anwendungen können die erarbeitete Typenplanung und Statik mit minimalem Aufwand angepasst werden. Einige Parameter, innerhalb derer das System ohne weitere Berechnung und Nachweise eingesetzt werden kann, sind bereits definiert: maximale Höhe: 6 Geschosse, maximale Länge: 57m, maximale Tiefe: 15,2m bei einem Treppenkern und ohne Brandabschnitte. Mit dem Gebäude wird ein einfaches, mehrsprachiges und bebildertes Handbuch (ähnlich einer ‚IKEA'-Bauanleitung) für das System übergeben, das die technischen Details definiert und die Montage des Gebäudes erklärt.

Im ersten Bauabschnitt wird das Gebäude mit einer kostengünstigen, aber effizienten Polycarbonat-Hülle ausgestattet. Dieser mehrschichtige, lichtdurchlässige Kunststoff kann leicht mit einer Tisch- oder Handkreissäge auf Maß geschnitten werden. Die Fassaden-Platten sind unter Verwendung von Aluminium-Montageschienen einfach zu montieren. Da die Platten leicht und handhabbar sind (380cm × 90cm), können sie ohne Hebezeug von zwei Personen eingesetzt werden.

Die erste Polycarbonat-Hülle macht das Gebäude wasserdicht, schützt vor Wind und Wetter und bietet für ein einschichtiges Bauteil eine vergleichsweise gute Isolierung. Gleichzeitig ermöglicht sie natürliche Belichtung des Innenraums. Der größte Vorteil ist jedoch, dass die Hülle später leicht angepasst, weitergebaut und verbessert werden kann. Die BewohnerInnen können durch Ausschneiden und Einfügen von Glasfenstern und Öffnungsflügeln weitere Öffnungen in die Hülle einsetzen. Um den winterlichen und sommerlichen Wärmeschutz zu verbessern, können auf der Innenseite der Polycarbonat-Hülle in einigen Teilen des Gebäudes isolierte Wandpaneele eingesetzt werden. Dies erhöht den thermischen Komfort und verringert die Heizkosten.

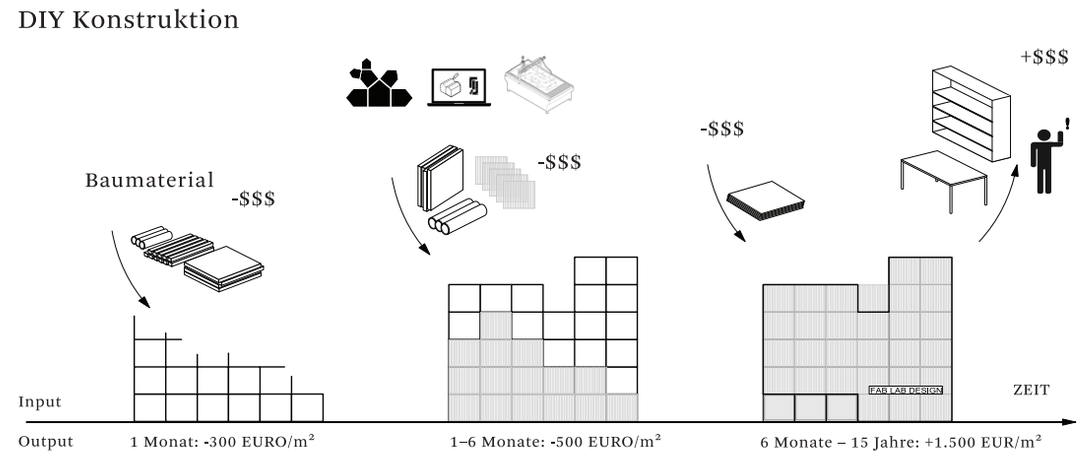
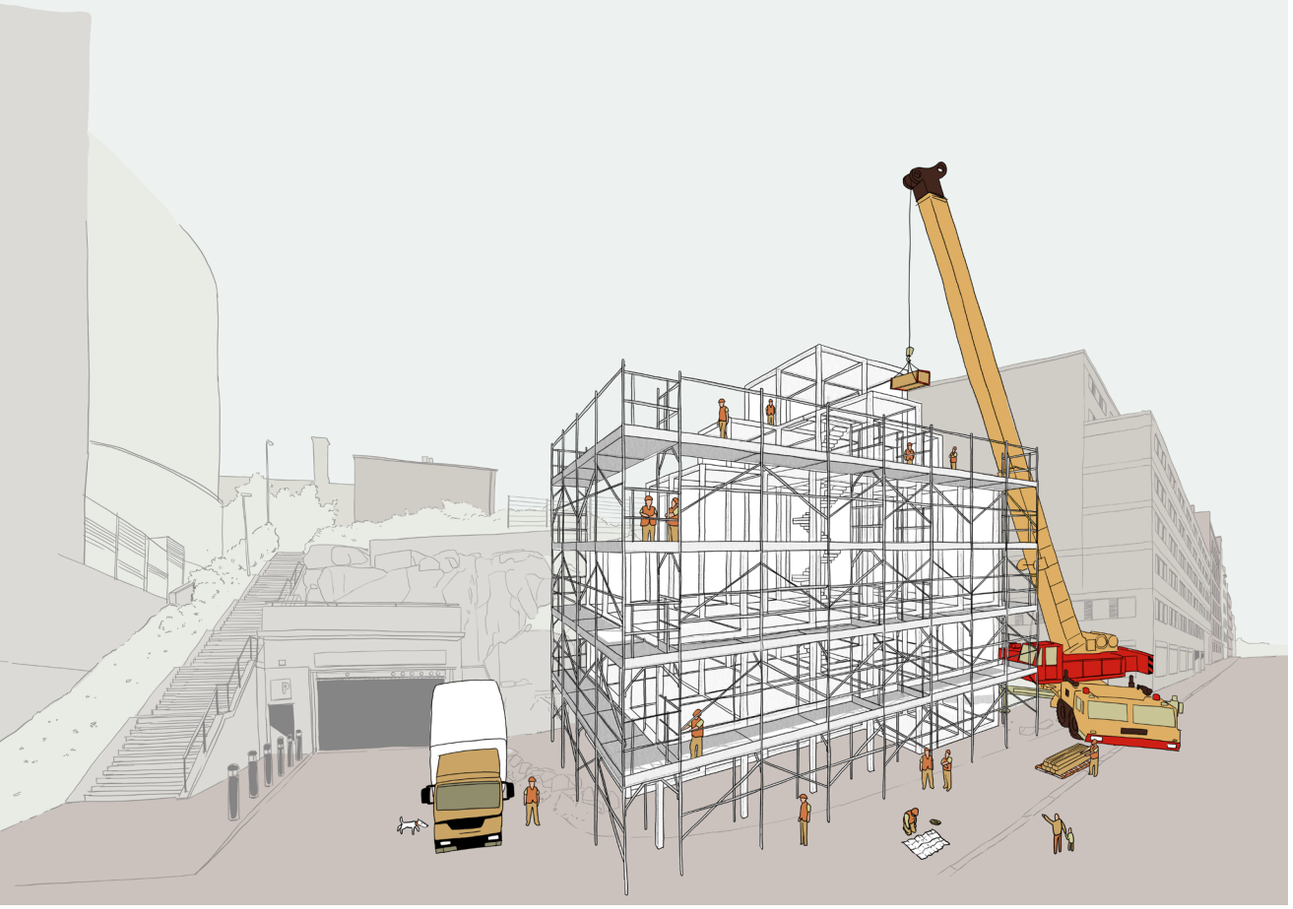


Abbildung 88:
Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0:
DIY Konstruktion,
DGJ Architektur 2019.

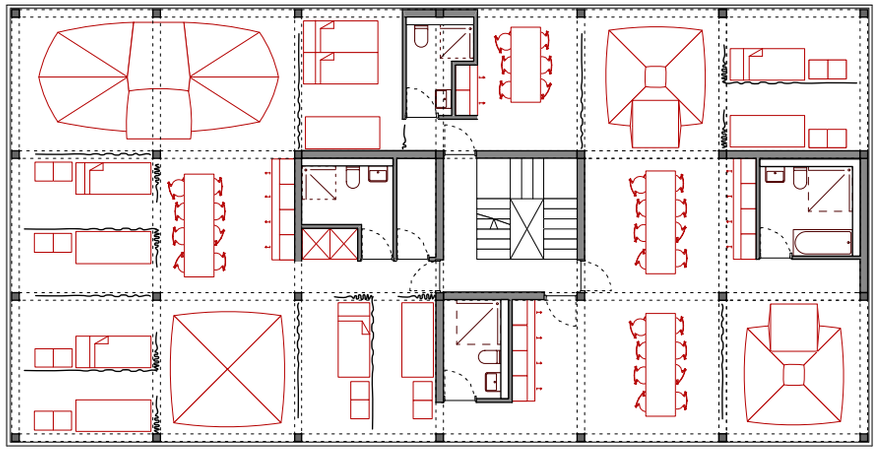
Hier geht es zum Video:

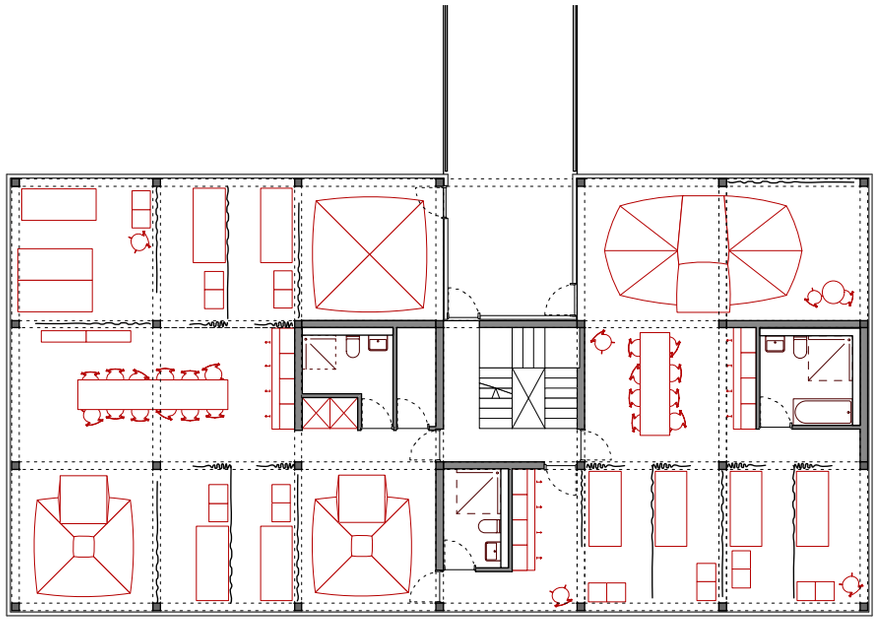


Bauphase 1 (Zeitrahmen 1 Monat)
Das Basissystem für *Arrival City 4.0* kann innerhalb von vier Wochen von ungelernten ArbeiterInnen realisiert werden. Nach diesem ersten Monat besteht das Gebäude aus der Tragstruktur (Stützen, Träger und Bodenplatten), dem Erschließungskern und der Polycarbonat-Hülle. Je Etage werden ein Bad und eine Küche eingebaut, die eine Grundversorgung garantieren. Diese Konfiguration liefert eine bewohnbare Unterkunft für die Geflüchteten, innerhalb derer sie sich mit temporären Maßnahmen (kleine Wohn-Module, Zelte, Vorhänge, mobile Wände) ein grundlegendes Maß an Privatsphäre schaffen können.

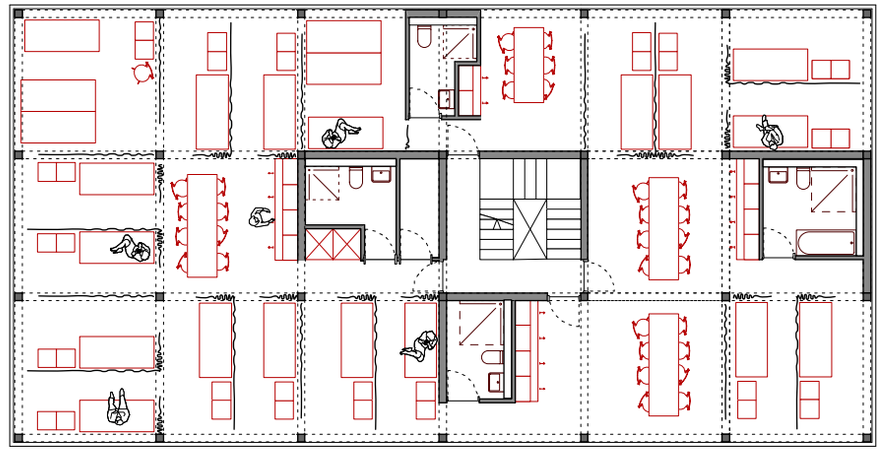
Diese erste Bauphase findet im Frühjahr oder Sommer statt, sodass die Polycarbonat-Hülle einen hinreichenden thermischen Komfort bietet. Bis zu Beginn der kalten Jahreszeit wird die Gebäudehülle weiter ertüchtigt.

Grundrisse Baustufe 1
M 1:200

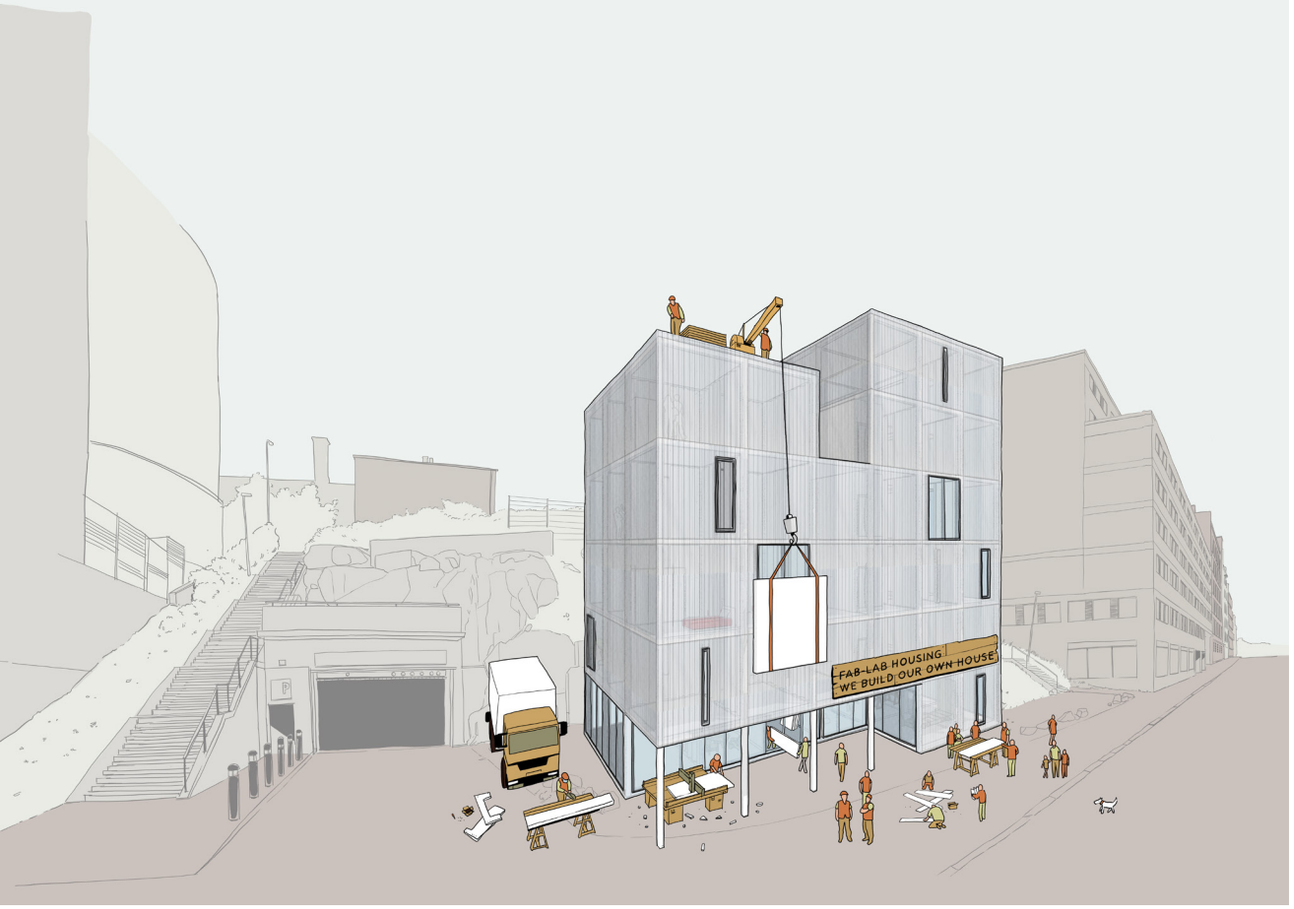




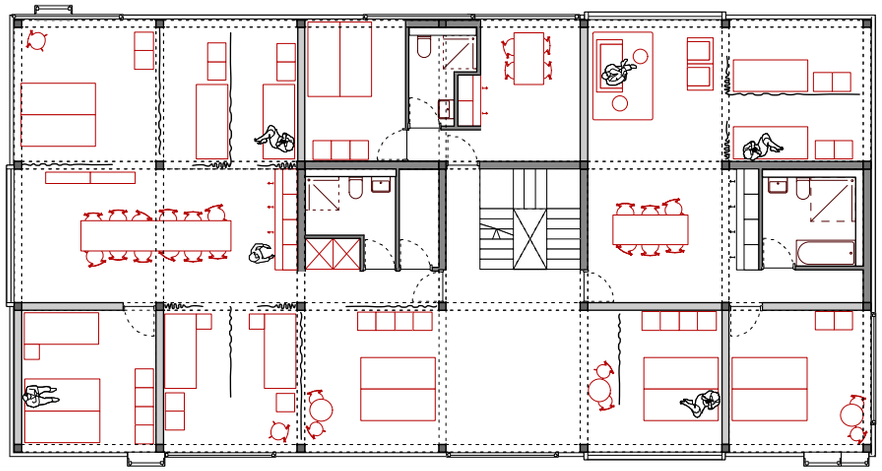
Grundrisse Baustufe 2
M 1:200

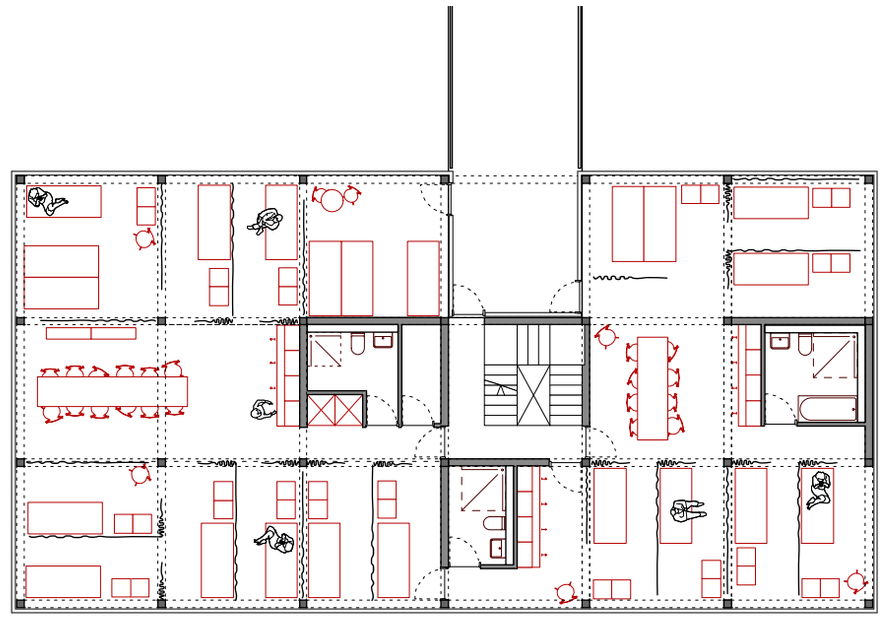


Bauphase 2 (Zeitrahmen 1–6 Monate) // Loft-Typologie
In der zweiten Bauphase kann das Gebäude wie ein Loft genutzt werden. In dieser Phase wird die Hülle kontinuierlich mittels Wand-Paneelen und Fenstern so weit verbessert, dass sie durchgehend eine komfortable Innenraum-Temperatur im Winter und Sommer bieten kann. Um den verfügbaren Platz maximal zu nutzen, werden Zimmer nur halb-permanent mit Paravents, Vorhängen und temporären Möbeln unterteilt. Die Vorteile sind die sehr geringen Baukosten und dass der verfügbare Raum in dieser begrenzten Zeit mit einer höheren Anzahl BewohnerInnen genutzt werden kann.



Grundrisse Baustufe 3
M 1:200

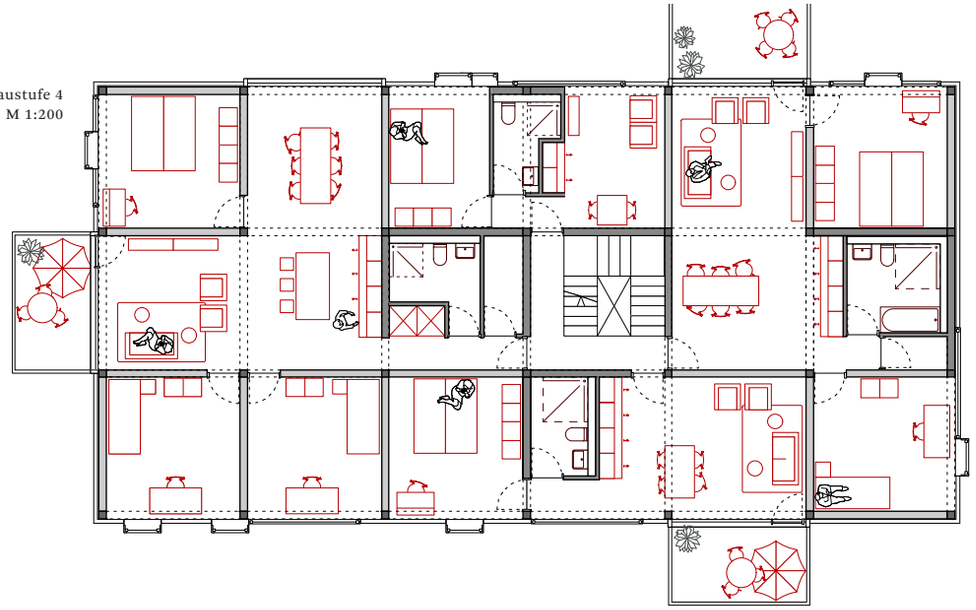


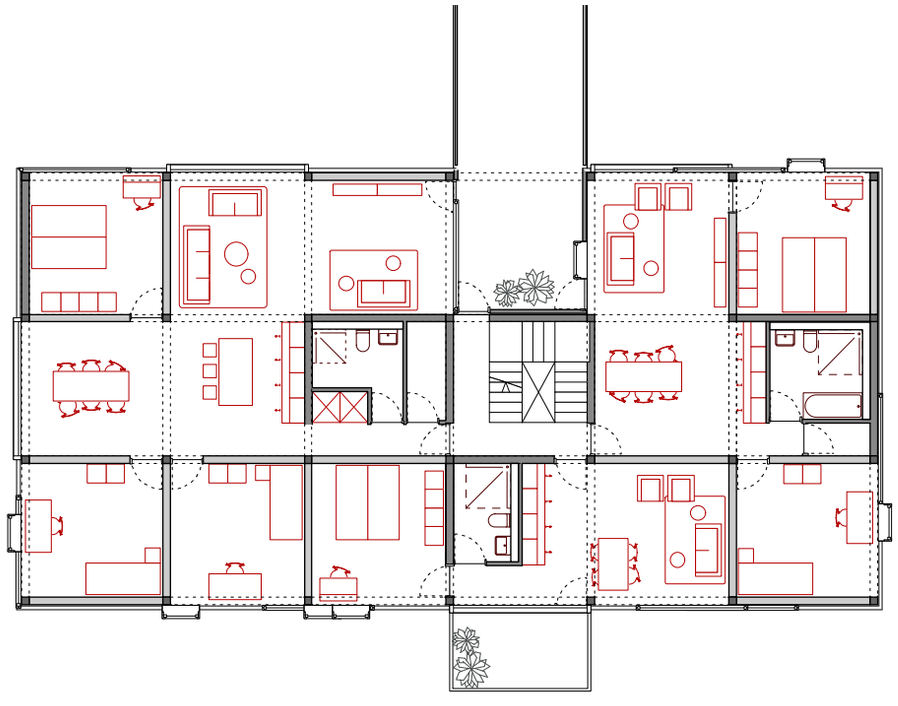


Bauphase 3 (Zeitrahmen 6–12 Monate) // Ausbau
In den folgenden Wochen kann in einer Kooperation zwischen den neuen NachbarInnen und Freiwilligen der Innenausbau der Wohnungen vorangetrieben werden. Räume werden mit Wänden eingeteilt, weitere Bäder und Möbel eingebaut. Alle Elemente und Möbel können in der hauseigenen Werkstatt mithilfe einfacher Maschinen und mit der CNC-Fräsmaschine im Erdgeschoss hergestellt werden. Innerhalb von nur 6 bis 12 Monate (je nach Arbeitseinsatz) wird die basale Unterkunft in ein vollwertiges Wohngebäude verwandelt, das den hohen europäischen Energiestandards genügt.

Die hohen Baukosten für zeitgenössische Wohngebäude werden auch durch die hohen technischen und energetischen Standards verursacht. Diese hohen Ziele, insbesondere für den Klimaschutz, sind wichtige Zukunftsinvestitionen in eine nachhaltige Entwicklung. Dennoch können diese Standards über eine reine Schwarz-Weiß-Logik hinaus als ein Prozess betrachtet werden, der in den ‚Fab Lab'-Gebäuden nicht an Tag 1, jedoch spätestens an Tag 365 erreicht wird. Das Energiekonzept basiert auf einer inkrementellen Strategie, in der sich die verschiedenen Stadien einem definierten Effizienz-Ziel nähern. In den ersten Monaten erreicht die durchlässige Polycarbonat-Hülle einen vertretbaren Wärmeschutz und große solare Gewinne. Es kann davon ausgegangen werden, dass durch die Hülle eine stabile Temperatur erzielt wird, die höher als die Außentemperatur ist. Dennoch kann es sinnvoll sein, sekundäre Einbauten (Zelte, Boxen) von kleinem Volumen einzusetzen, die separat beheizt werden können.

Grundrisse Baustufe 4
M 1:200

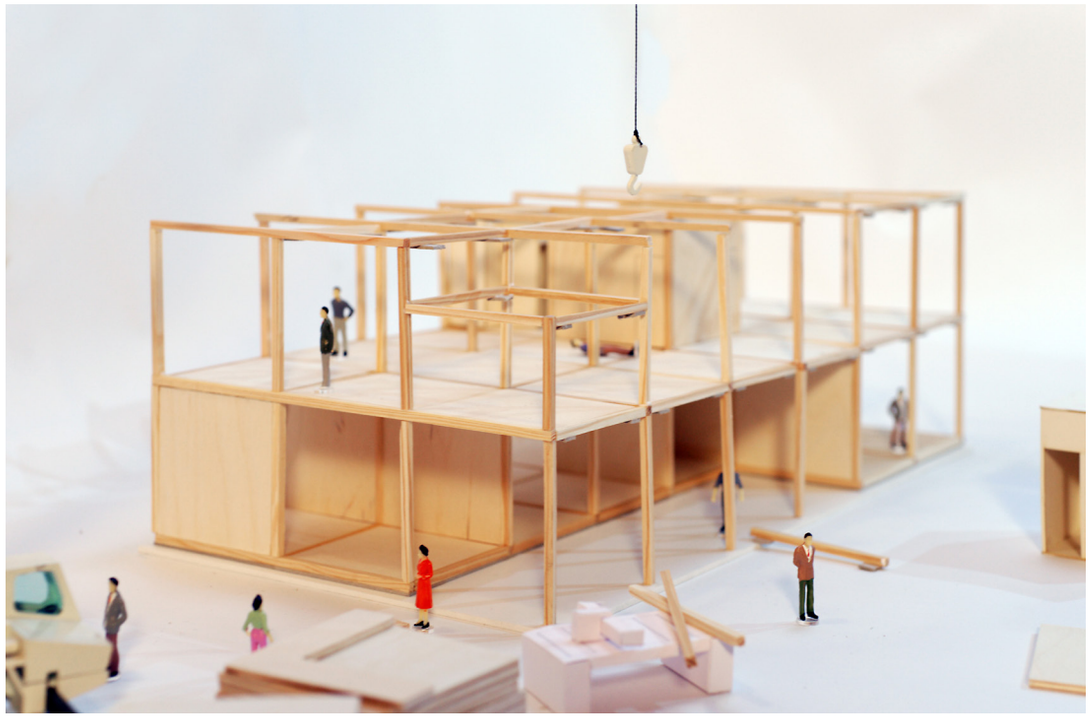


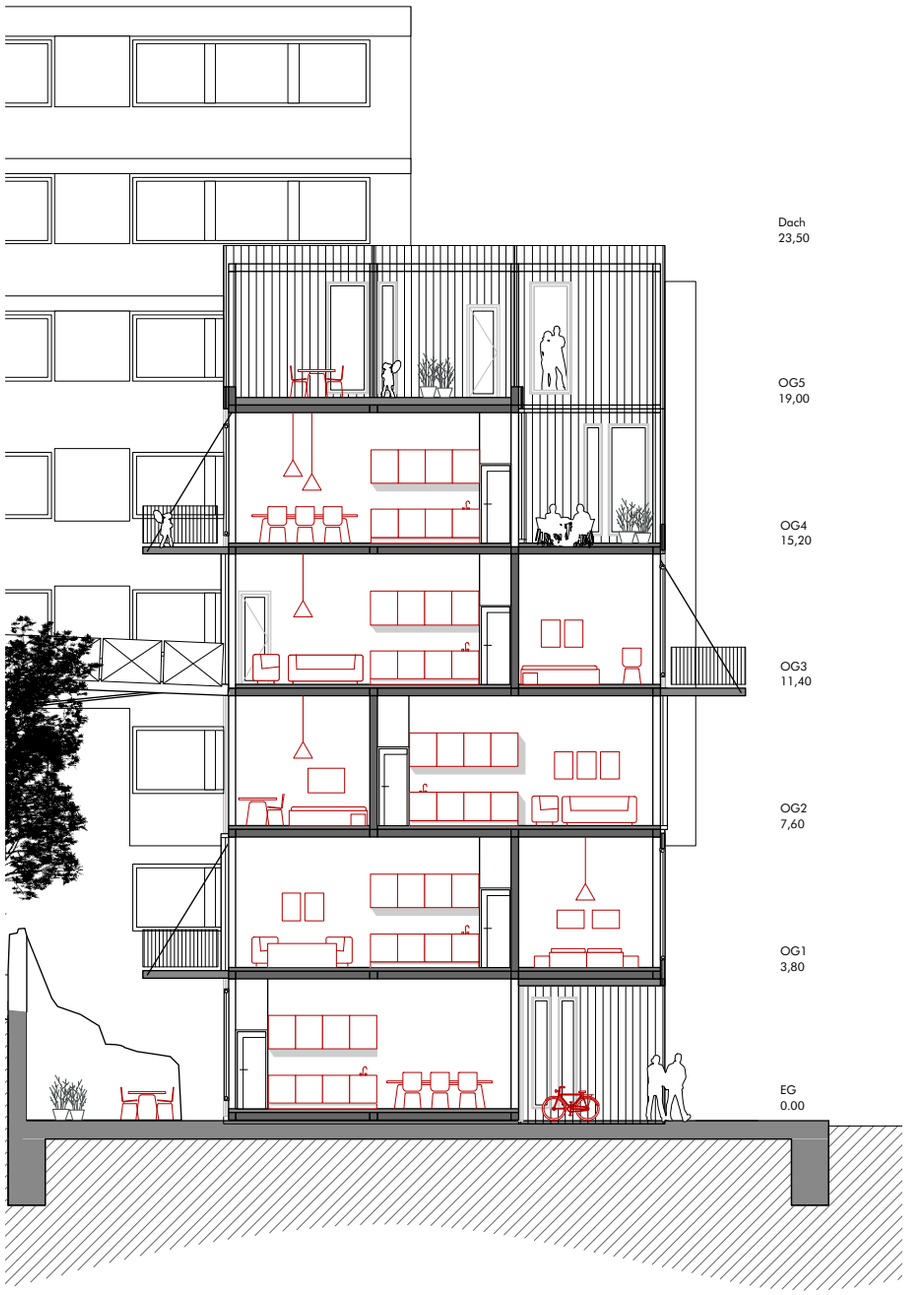


Bauphase 4 (Zeitrahmen von 1–30 Jahre) // Permanentes Gebäude
Das Gebäude kann als permanentes Wohngebäude genutzt werden. Die flexible Grundstruktur erlaubt weitere Anpassungen an neue Anforderungen und individuelle Wünsche der BewohnerInnen.

Arrival City 4.0 ist ein anpassungsfähiges System. Es ist für den Einsatz in städtischen Kontext entworfen, weil hier die höheren Anforderungen erfüllt werden müssen. Durch Anpassungen der Breite der Modul-Reihen kann es in jede städtische Situation eingepasst werden. Das System lässt sich auch für Typologien mit zwei oder drei Geschossen verwenden, wie sie in suburbanen Wohngebieten anzutreffen sind. Hier ist der Vorteil, dass sich die Gebäude später weiterbauen und die Grundstücke nachverdichten lassen. Für die Fallstudie wurde das Gebäude in einem innerstädtischen Randbereich zwischen einem Gewerbegebiet und einer Wohngegend implementiert. Die gewerbliche Nutzung im Erdgeschoss macht *Arrival City 4.0* für Gewerbegebiete und Wohngebiete einsetzbar. In reinen Wohngebieten würden das ‚Fab Lab' und die Werkstatt im Erdgeschoss nur für die Bauphase eingesetzt und danach abgebaut, um anderenorts eingesetzt zu werden. Das Erdgeschoss könnte dann für Einzelhandel oder Wohnen genutzt werden.

Abbildung 89:
Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0: Stills aus dem Video *Arrival City 4.0*
DGJ Architektur, 2016
URL: https://vimeo.com/329668924

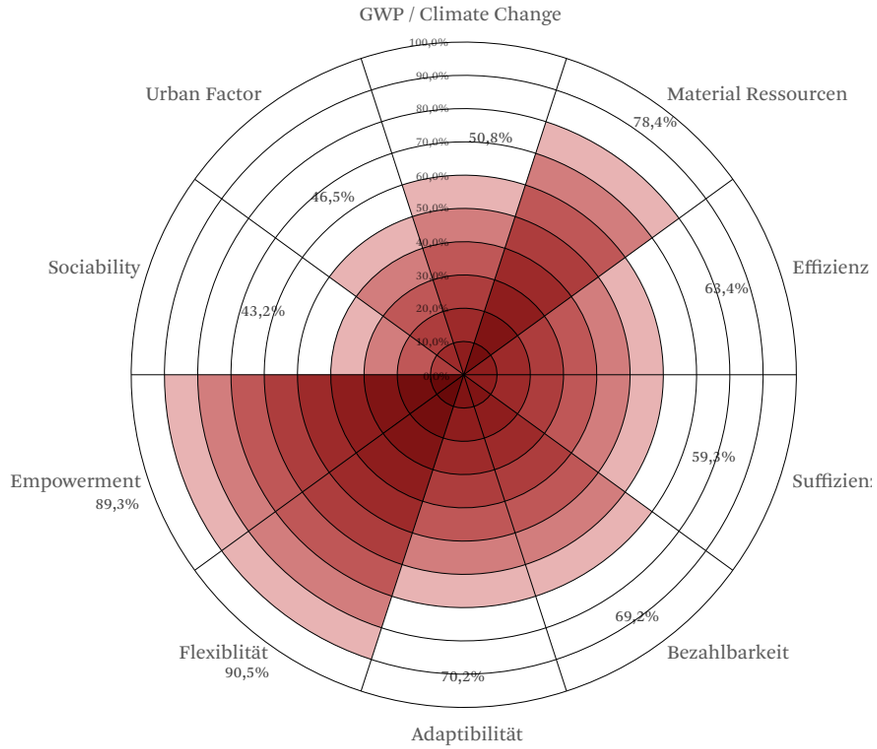




Schnitt
M 1:200

6.1.5 Steckbrief // Quantitative und qualitative Analysen

Abbildung 90:
Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0:
Radar-Diagramm Nachhaltigkeits-bewertung,
DGJ Architektur 2019.



Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0 – Quantitative Analyse // Numerisch Geometrisch

	KENNDATEN		EFFIZIENZ		SUFFIZIENZ	
STÄDTEBAU	Bruttogeschossfläche (BGF (r))	1377,56 m2	Dichte (GFZ)	2,29	BGF / Pers.	39,53 m2
	Bruttogeschossfläche (BGF (s))	45,40 m2	Grundflächenzahl (GRZ)	0,46	Grundstücksfläche / Pers.	16,72 m2
	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	1422,96 m2	Baumassenzahl (BMZ)	0,11 m3/m2		
	Bruttorauminhalt (BRI (r))	5339,43 m3				
	Grundstücksfläche (GF)	602,00 m2				
	Grundfläche eines Gebäudes (BF)	275,51 m2				
GEBÄUDE	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	1422,96 m2	WLF / (BGF (r) + BGF (s))	77%	BGF (r) / Pers.	38,27 m2
	Wohn- und Nutzfläche WLF + HNF	1092,00 m2	WLF / (BGF (r))	79%	BGF (s) / Pers.	1,26 m2
	Nutzfläche (NF)	13,73 m2			(BGF (r) + BGF (s)) / Pers.	39,53 m2
	Verkehrsfl. (VF)	39,65 m2	VF / (BGF (r) + BGF (s))	2,79%	WLF / Pers.	30,33 m2
	Konstruktionsfläche (KF)	69,13 m2	KF / (BGF (r) + BGF (s))	4,86%		
	Hüllfläche (gegen Außen)	1884,83 m2	A/V	0,35 m2/m3		
	Raster x	4,00 m	**Baukosten**	4		
	Raster y	4,00 m	0% - 25%	4		
	Gebäudelänge x	23,25 m	**Energie-Standard**	2		
	Gebäudelänge y	11,85 m	EnEV	2		
	Geschosse	5				
KONSTRUKTION	Holzmenge insg.	246,54 m3	Holzmenge / BGF	0,17 m3/m2	Holzmenge / Pers	6,85 m3/Pers.
	Holz Stützen	35,94 m3	Holzmenge / WLF	0,23 m3/m2		
	l in m	3,90 m				
	b in mm	320,00 mm				
	h in mm	320,00 mm				
	Anzahl	90 Stk.				
	Holz (trag.) Unterzüge	46,66 m3				
	l in m	4,00 m				
	b in mm	240,00 mm				
	h in mm	360,00 mm				
	Anzahl	135 Stk.				
	Holz Decken	128,00 m3				
	l in m	4,00 m				
	h in mm	160,00 mm				
	Anzahl	50 Stk.				
	Holz Aussteifung/Wände	35,94 m3				
	GWP (Treibhauspotential)	13				
	Rückbaubarkeit	12				
	Re-Use (Potential zur Wiederverwend.)	10				
	Recycling (Wiederverwendung Material)	9				
	Material / nachwachsende Ressourcen	9				
WOHNUNG	**Wohnungsschlüssel**		**Effizienz Appartment**		**Anzahl der Personen insg.**	**36 Pers.**
	Gesamtzahl Wohnungen	14 WE	Passung Geometrie / Nutzung	49%	Pers. Appartment (Durchschnitt)	2,6 Pers.
			Rasterberechn. WFL pro Person	34,0 m2	HNF+NF/Pers. (Gebäude)	30,3 m2/Pers.
	Anzahl der Wohnungen	**14 WE**	**Wohnfläche pro WE Durchschnitt**	**67,2 m2**	**WFL pro Person in Whng.**	**28,7 m2/Pers.**
			Summe Wohnfläche	952,8 m2	Anzahl der Personen	36 Pers.
WOHNFORMEN	**Gemeinschaftliche und individuelle Wohnfläche**					
	Wohnfläche individuell	770,00 m2				
	Anteil Wohnfläche individuell	71%				
	Wohnfläche gemeinschaftl. in Whng.	200,00 m2				
	Anteil Wohnfläche gem. in Whng.	18%				
	Wohnfläche gemeinschaftl. Gebäude	122,00 m2				
	Anteil Wohnfl. gemeinschaftl. Gebäude	11%				
PARTIZIPATION						

Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0 – Qualitative Analyse // Kategorie

	TYPOLOGIE		ADAPTABILITÄT (ERGEBNIS)	79%					FLEXIBLITÄT (ERGEBNIS)	75%				
STÄDTEBAU	**Urbane Typologie**		**Bewertung**	**15**					**Erweiterbarkeit Gebäudevolumen**	**2**				
	Solitär / Hochhaus	1							Horizontal erweiterbar	1				1
									Vertikal erweiterbar	1				1
GEBÄUDE	**Erschließungstypologie:**		**Gebäudetypologie ermöglicht...**	20	4	3	2	1	**Verbinden / Trennen WEs**	**14**				
	Flur		...andere Wohnformen	4	4				Einheiten verbinden	3		3		
	Laubengang		...andere Nutzung	3		3			Einheiten trennen	3		3		
	Vertikale Erschließung / Treppenkerne	1	**Belichtung und Belüftung**						Erschließung Einheiten	4	4			
									Grundriss Organisation	4	4			
			Tiefe der Räume bis 6m (=2)	2					Raumreserven im Gebäude	3		3		
			Barriere Erschließung Gebäude	10%										
			Anteil Wohnungen	10%										
KONSTRUKTION	**Bauweise / Tragsystem**								**Bauweise / Tragsystem**	**4**				
	Skelettbau	4							Skelettbau (=4)	4				
									Hybrid (=3)					
									Schotten-bauweise (=2)					
									Massivbau/tragende Wände (=1)					
									Indikatoren Konstruktion	**10**				
	Konstruktive Hierarchie								Große Spannweiten	2			2	
	Differenziert	4							Nicht-tragende Innenwände	4	4			
									Position Leitungen	2			2	
									Horizontale Leitungen	2			2	
									Umbaubarkeit der Subsysteme	**14**				
									Tragwerk	2			2	
									Fassade	4	4			
									Konstruktiver Ausbau	4	4			
									Technischer Ausbau	4	4			
WOHNUNG	**Raumbildung**		**Raumreserven in den Räumen**						**Konstruktive Merkmale**	13				
	Zellenstruktur	1	51%						**Primäre Ebene**	**10**				
	Erschließungstypologie (in WE)		**Barrierefreie Erschließ. Wohnungen**						**Sekundäre Ebene**	**3**				
			Anteil Wohnungen	15%										
			Barrierefreie Ausstattung											
			Anteil Wohnungen	15%										
WOHNFORMEN	**Wohntypolgie**		**Wohntypolgie**	20	4	3	2	1						
	Einzelappartment		Unterschiedliche Wohnformen	3		3								
	Flurgemeinschaft		Andere Nutzungen	3		3								
	Wohngemeinschaft	3												
	Familienwohnung													
	Cluster-Wohnung	5												
PARTIZIPATION			**Grad der Aneignung**	20	4	3	2	1						
			Partizipation Projektierung	1				1						
			Partizipation Planung	4	4									
			Partizipation Betrieb	4	4									
									Veränderung Gebäude	**16**	4	3	2	1
									Anpassung Nutzung/Wohnform	4	4			
									Anpassungen Grundriss möglich	4	4			
									Anpassungen Feste Einbauten	4	4			
									Eigene Möbel	4	4			

Case Study 2: dgj228 Wohngruppe Gemeinsam Suffizient Leben

Genese des Projekts 6.2.1

Das Projekt ist als eine Bewerbung um ein innerstädtisches Grundstück entwickelt worden, welches von der Stadt Frankfurt in einem Konzeptverfahren an die Gruppe mit der vielversprechendsten Gesamtkonzeption für erschwinglichen Wohnraum vergeben wurde.

Entwurfskonzept 6.2.2

Der Ansatz zur Senkung der Wohnkosten ist die Verminderung der Wohnfläche pro Person, ohne dabei die Wohnqualität zu reduzieren (Suffizienz). Bei der Schaffung von Wohnraum geht es nicht um abstrakte Zahlen, sondern darum, die Lebenswirklichkeit der BewohnerInnen zu gestalten. Der Entwurf *Gemeinsam Suffizient Leben* bietet kleinere Wohnungen mit einem höheren Wohnkomfort. Die Diskussion um erschwinglichen Wohnraum und nachhaltiges Bauen hat sich in den letzten Jahren auf das Thema Effizienz konzentriert. Die durch Effizienz-Gewinne erreichten Einsparungen für den Bau und Betrieb für Wohnraum werden aber durch die steigende Nachfrage von Wohnfläche pro Person überkompensiert. Deshalb müssen Wachstum und Lebensstandard von Ressourcen-Verbräuchen entkoppelt und qualitatives durch numerisches Wachstum ersetzt werden. Die kleinen Wohnungen müssen besonders sorgfältig geplant und gestaltet werden. Dies reduziert auch den Ressourcen- und Materialverbrauch in der Herstellung des Gebäudes. Die geringen Flächen werden durch hohe räumliche Qualitäten kompensiert. Kleine Wohnungen profitieren in besonderer Weise von großzügigen Ausblicken in die Stadt, die den Wohnraum optisch erweitern und großzügig erscheinen lassen. Durch zahlreiche Einbaumöbel, ausreichende Stauräume im Keller und die Reduktion der Verkehrsflächen wird eine Nutzbarkeit der Wohnungen gewährleistet.

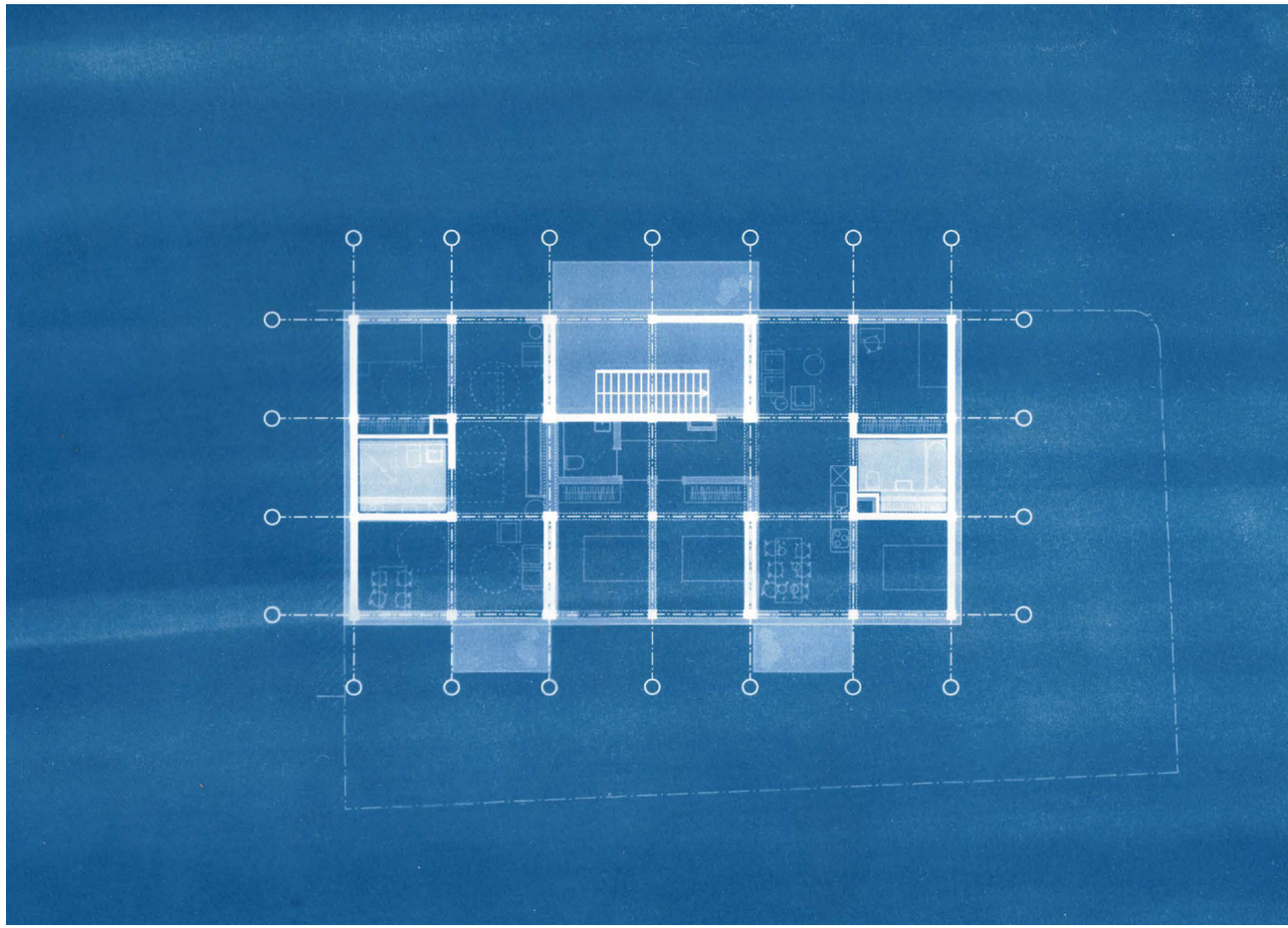
Das Haus ermöglicht gemeinschaftliches Leben in einer familienfreundlichen und generationenübergreifenden Umgebung. In dem Projekt haben sich Menschen mit dem Wunsch zusammengefunden, gemeinsam zu wohnen und einen Teil ihres Alltags zu verbringen. Diese Gemeinschaft braucht geeignete Räume, in denen sie sich entfalten und spontan entwickeln kann. Viele Wohnfunktionen werden im Gebäude geteilt. Dies macht das Vorhalten von Raumreserven in den einzelnen Wohnungen überflüssig. Herzstück des Hauses ist die gemeinschaftliche Wohnküche, die dem Eingangsbereich zugeordnet ist. Die Wohnküche steht allen BewohnerInnen zu jeder Zeit offen. Die Gemeinschaftsküche ist ein informeller Treffpunkt, an dem sich die Hausgemeinschaft entfaltet. Sie kann für große Gesellschaften oder Familienfeste genutzt werden. Darüber hinaus kann die Gemeinschaftsküche nachmittags und abends als Co-Working-Space für die BewohnerInnen genutzt werden, wenn es in den Familienwohnungen zu lebhaft für konzentriertes Arbeiten ist. Die Wohnungen benötigen weder Waschmaschinen, Trockner noch Wäscheleinen, sondern teilen eine Waschküche. Ein von allen BewohnerInnen nutzbares ‚Joker-Zimmer' im Haus ersetzt die Notwendigkeit für Gästezimmer in den Wohnungen.

Abbildung 91: (vorherige Seite) *Case Study 2: dgj228 Wohngruppe Gemeinsam Suffizient Leben*: Modell im Maßstab 1/50, Frankfurt am Main, 2017–2019. Foto: Hans Drexler, 2016.

Tragwerk und Konstruktion 6.2.3

Das Tragwerk in der umgesetzten Planung ist ein Hybrid aus einem tragenden Skelett mit aussteifenden Wandscheiben und einem aussteifenden Treppenhaus-Kern. Die Auflagen der Bauordnung bedingen, dass die Treppenläufe aus nicht-brennbarem Material (F60-A) konstruiert werden müssen. Deswegen wurden diese aus Stahlbeton geplant. Die angrenzenden Wände hätten auch aus Holz konstruiert werden können. Es wurde aus Kostengründen jedoch auch hier eine Ausführung der Treppenhauswände aus Stahlbeton gewählt.

Abbildung 92: *Case Study 2: dgj228 Wohngruppe Gemeinsam Suffizient Leben:* X-Ray-Analysis des Tragwerks, Cyanotypie auf Papier, DGJ Architektur 2019.



Nutzung und Adaptabilität 6.2.4.3

Gebäude-Ebene 6.2.4.3.1

Das Gebäude bietet für seine Größe eine beträchtliche Bandbreite an unterschiedlichen Wohnungen, die für Familien, SeniorInnen, Paare und Einzelpersonen geeignet sind. Aufgrund des Grundkonzepts (‚Gemeinsam Suffizient Leben') sind jedoch die einzelnen Zimmer für die jeweilige Nutzung eher klein und bieten daher geringe Spielräume für andere Nutzungen. Ein Vorteil für eine dauerhafte Nutzbarkeit und die Anpassungsfähigkeit des Gebäudes bieten die Gemeinschaftsflächen und zentralen Einrichtungen. So ist damit zu rechnen, dass auch für zukünftige NutzerInnen diese Ergänzungen und Ausweichmöglichkeiten den Nutzwert der kleinen Wohnungen erhöhen.

Flexibilität 6.2.4.4

Gebäude-Ebene 6.2.4.4.1

Es können verschiedene Aufteilung und Wohnungen der Geschosse realisiert werden, vom kleinen Zweizimmer-Studio bis hin zu einer Fünfzimmer-Familienwohnung. Gerade für die Zusammenarbeit mit der Baugruppe hat sich das flexible aber deutlich strukturierte System als geeignetes Mittel der Planung erwiesen. Die Struktur lässt individuelle Wünsche und langfristige Anpassungsmöglichkeit zu, ohne dabei die Integrität des Gesamtsystems in Frage zu stellen.

Konstruktion und Tragwerk 6.2.4.4.2

Das Gebäude ist als Skelettbau mit aussteifendem Kern geplant. Die Konzentration der Aussteifung um die Erschließung ergibt einen hohen Freiheitsgrad für die Gestaltung der Grundrisse.

Betrachtung von Entwurfsvarianten 6.2.4.5

Für den Dialog mit der Wohngruppe wurden mehrere Typen-Wohnungen für unterschiedliche Wohnbedürfnisse entwickelt, von denen letztendlich keine Variante genauso umgesetzt wird. Die große 4-Zimmer-Wohnung wurde in eine 5-Zimmer-Wohnung umgeplant, die zusammen mit der kleineren 3-Zimmer-Wohnung in fast allen Geschossen gewählt wurde.

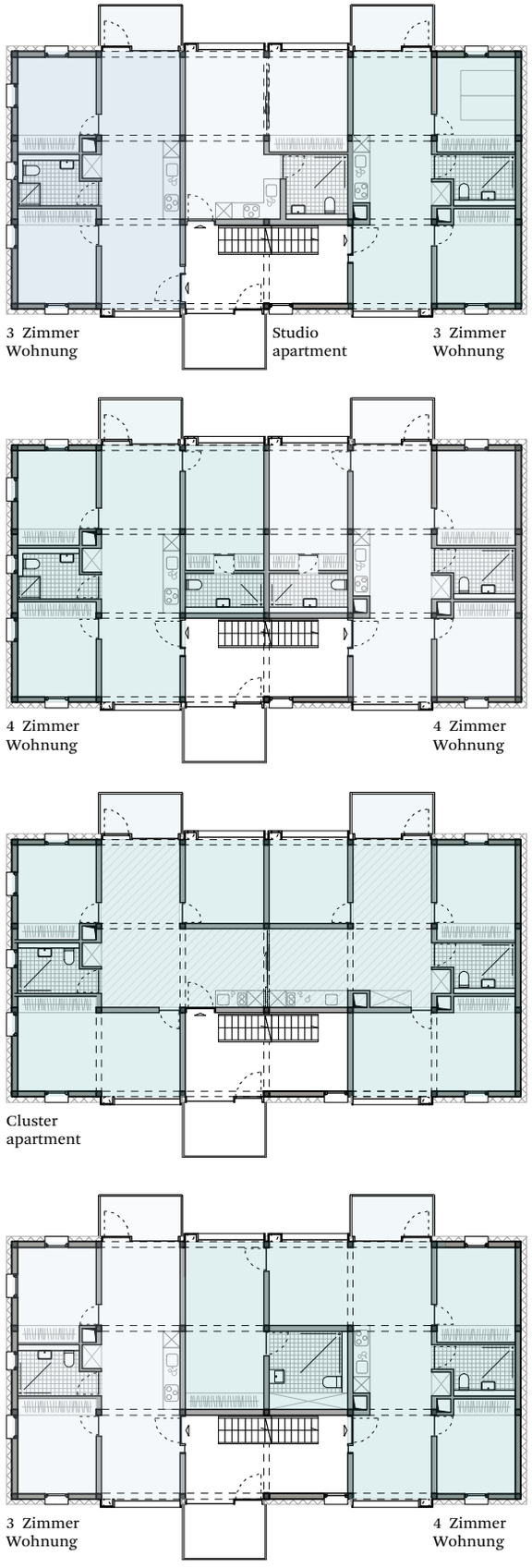
Partizipation // Wohngruppe ‚Gemeinsam Suffizient Leben' Frankfurt 6.2.5

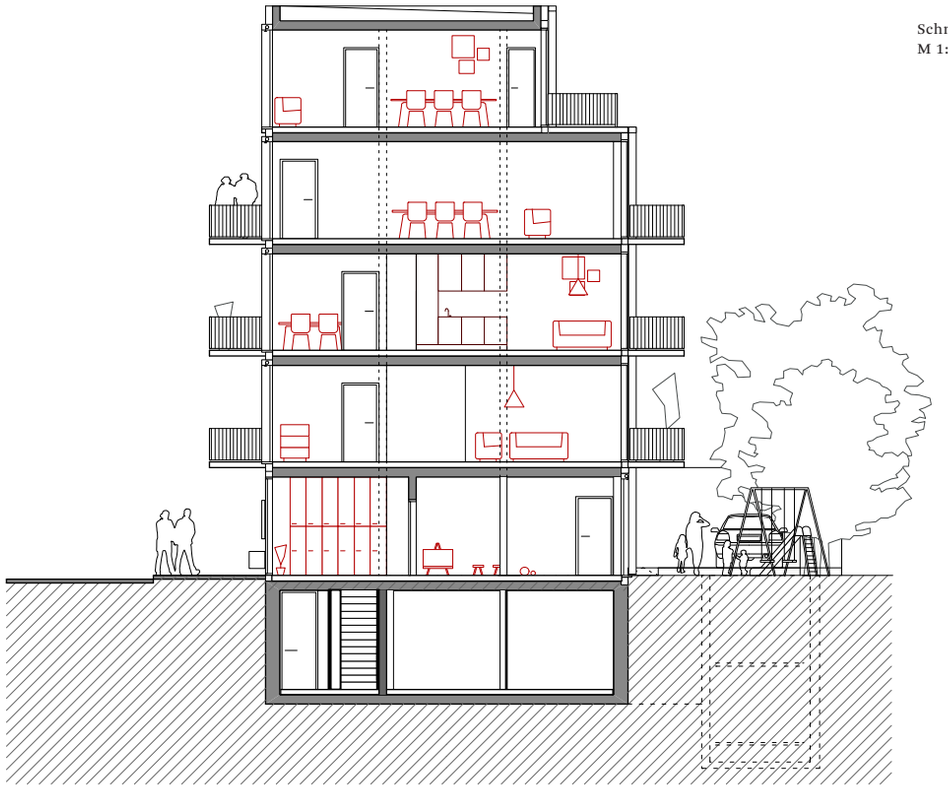
Bei der Wohngruppe in Frankfurt sind die NutzerInnen an der Entwicklung des Konzepts und der Planung beteiligt. So wurde das Projekt in einem Konzeptverfahren erarbeitet, bei dem das Grundkonzept sowie die Planung und dabei insbesondere die Grundrisse im Dialog mit den BewohnerInnen entworfen wurden.

Im Planungsprozess manifestiert sich die Partizipation vor allem in der Möglichkeit, unterschiedliche Varianten zu entwickeln und durch die Diskussion über diese Varianten einen Konsens in der Gruppe und Zustimmung der Mitglieder zu erreichen.

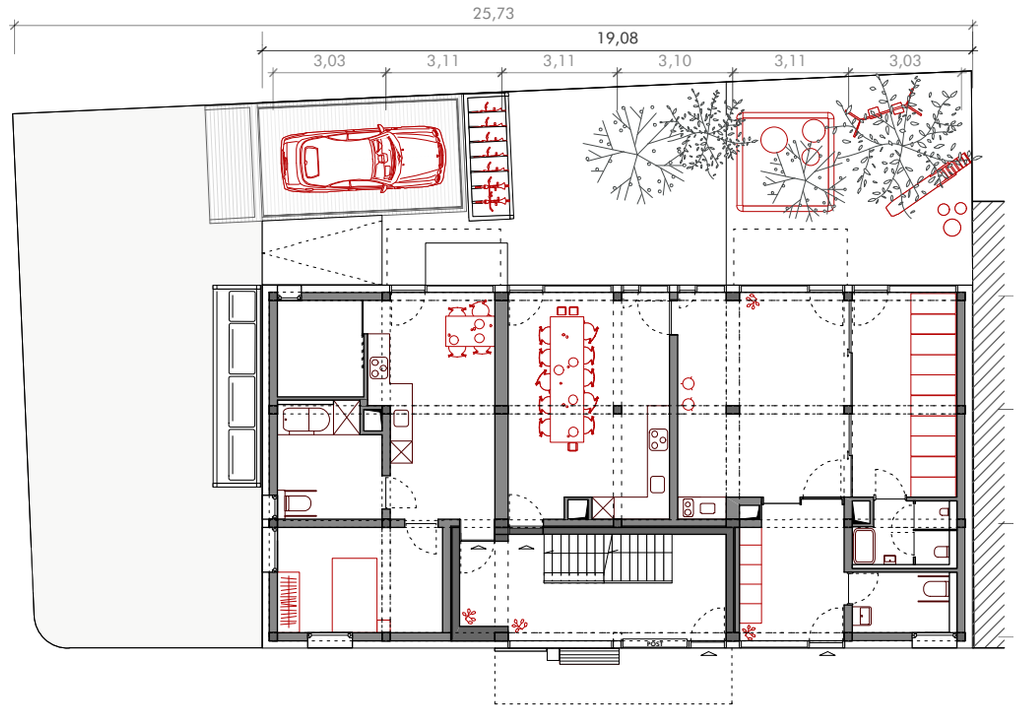
Abbildung 93: Grundrisse Wohnungstypen M 1:200

Abbildung 94: (folgende Seite) *Case Study 2: dgj228 Wohngruppe Gemeinsam Suffizient Leben*: Modell im Maßstab 1/50, Frankfurt am Main, 2017–2019. Foto: Hans Drexler, 2016.

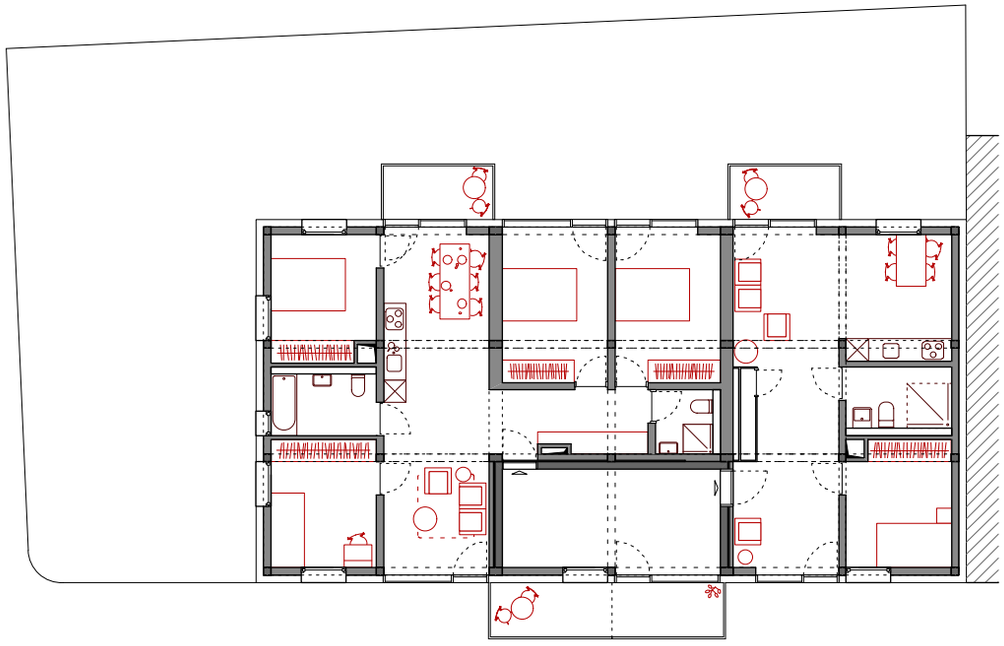




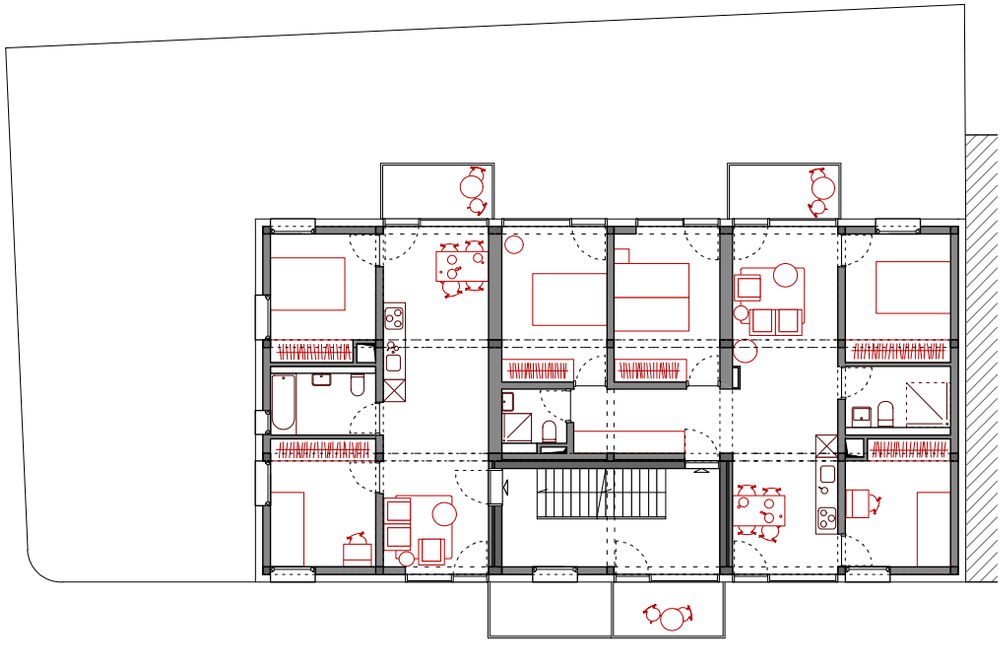
Schnitt
M 1:200



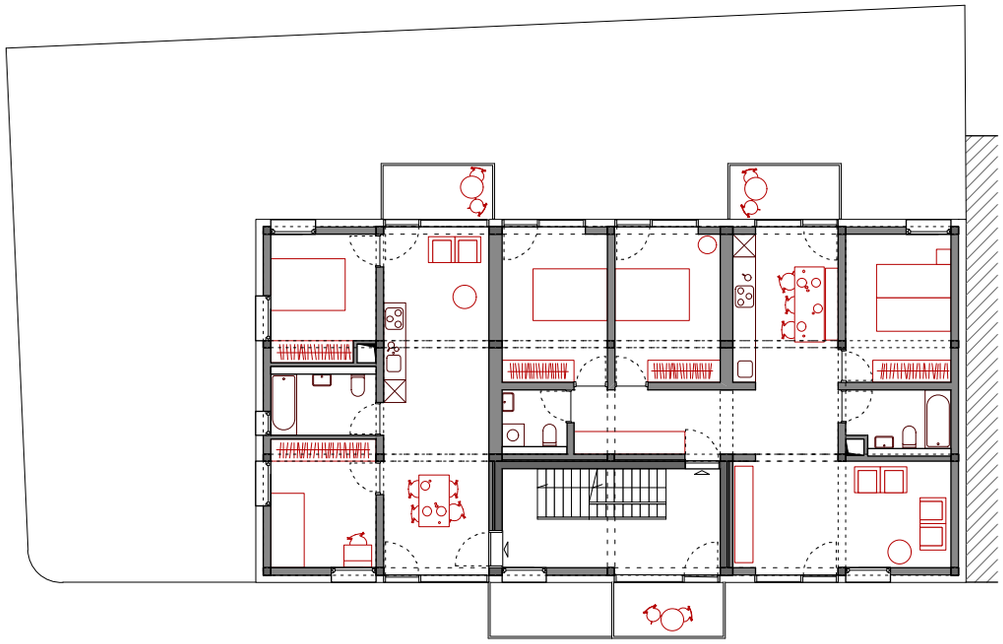
Grundriss
EG
M 1:200



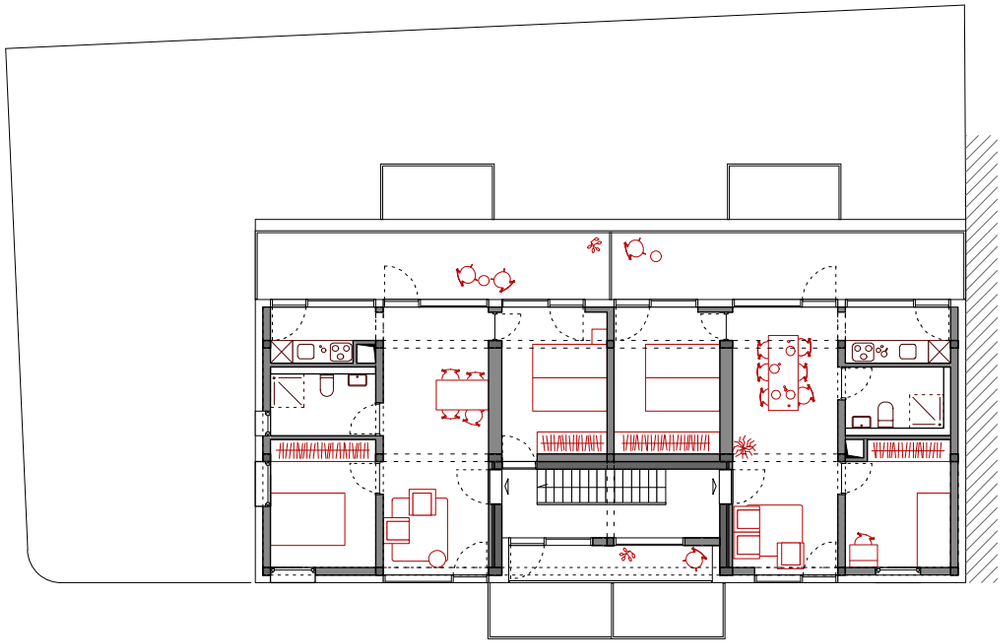
Grundriss
1. OG
M 1:200



Grundriss
2. OG
M 1:200



Grundriss
3. OG
M 1:200



Grundriss
4. OG
M 1:200

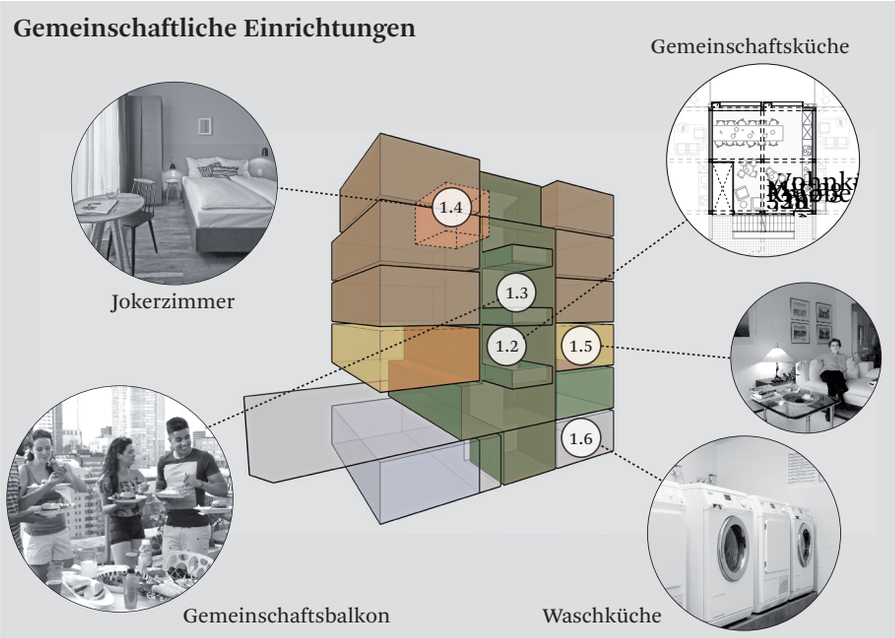
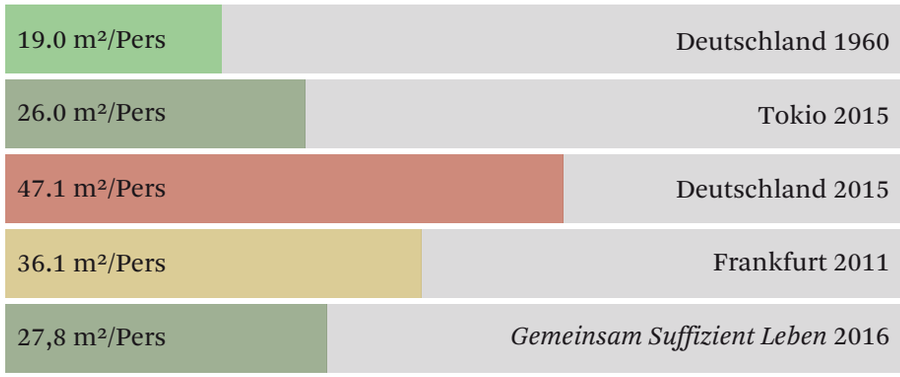
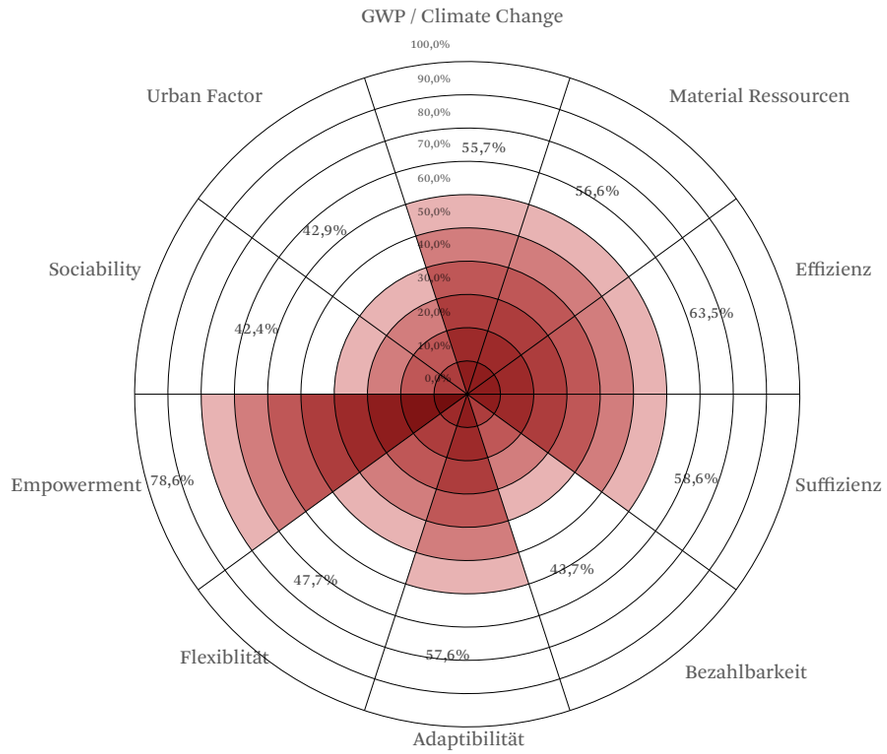


Abbildung 95:
Case Study 2: dgj228 Wohngruppe Gemeinsam Suffizient Leben.
DGJ Architektur 2019.



6.2.6 Steckbrief // Quantitative und qualitative Analysen

Abbildung 96:
Case Study 2: dgj228 Wohngruppe Gemeinsam Suffizient Leben: Radar-Diagramm Nachhaltigkeitsbewertung, DGJ Architektur 2019.



Case Study 2: dgj228 Wohngruppe Gemeinsam Suffizient Leben– Quantitative Analyse // Numerisch Geometrisch

	KENNDATEN		EFFIZIENZ		SUFFIZIENZ	
STÄDTEBAU						
	Bruttogeschossfläche (BGF (r))	1221,00 m2	Dichte (GFZ) Geschossflächenzahl	2,57	BGF / Pers.	62,98 m2
	Bruttogeschossfläche (BGF (s))	101,60 m2				
	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	1322,60 m2				
	Bruttorauminhalt (BRI (r))	3635,00 m3	Grundflächenzahl (GRZ)	0,49		
	Grundstücksfläche (GF)	380,94 m2	Baumassenzahl (BMZ)	0,10 m3/m2	Grundstücksfläche / Pers.	18,14 m2
	Grundfläche eines Gebäudes (BF)	187,20 m2				
GEBÄUDE	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	1322,60 m2	WLF / (BGF (r) + BGF (s))	49%	BGF (r) / Pers.	58,14 m2
	Wohn- und Nutzfläche WLF + HNF	654,33 m2	WLF / (BGF (r))	54%	BGF (s) / Pers.	4,84 m2
	Nutzfläche (NF)	149,46 m2			(BGF (r) + BGF (s)) / Pers.	62,98 m2
	Verkehrsfl. (VF)	108,91 m2	VF / (BGF (r) + BGF (s))	16,64%	WLF / Pers.	31,16 m2
	Konstruktionsfläche (KF)	48,86 m2	KF / (BGF (r) + BGF (s))	3,69%		
	Hüllfläche (gegen Außen)	942,75 m2	A/V	0,26 m2/m3		
	Raster x	3,10 m	**Baukosten**	**1**		
	Raster y	3,05 m	**Energie-Standard**	**4**		
	Gebäudelänge x	19,08 m				
	Gebäudelänge y	9,75 m				
	Geschosse	5				
KONSTRUKTION	Holzmenge insg.	207,52 m3	Holzmenge / BGF	0,16 m3/m2	Holzmenge / Pers	9,88 m3/Pers.
	Holz Stützen	23,39 m3	Holzmenge / WLF	0,32 m3/m2		
	l in m	2,90 m				
	b in mm	240,00 mm				
	h in mm	240,00 mm				
	Anzahl	140 Stk.				
	Holz (trag.) Unterzüge	38,88 m3				
	l in m	3,00 m				
	b in mm	240,00 mm				
	h in mm	240,00 mm				
	Anzahl	225 Stk.				
	Holz Decken	97,20 m3				
	l in m	3,00 m				
	h in mm	120,00 mm				
	Anzahl	90 Stk.				
	Holz Aussteifung/Wände	48,06 m3				
	GWP (Treibhauspotential)	**11**				
	Rückbaubarkeit	**0**				
	Re-Use (Potential zur	**7**				
	Recycling (Wiederverwendung	**10**				
	Materialwahl / Nachwachsende	**9**				
WOHNUNG UND ZIMMER	**Wohnungsschlüssel**		**Effizienz Appartment**		**Anzahl der Personen insg.**	**21 Pers.**
	Gesamtzahl Wohnungen	9 WE	Passung Geometrie / Nutzung	62%	Pers. Appartment (Durchschnitt)	2,3 Pers.
			Rasterberechn. WFL pro Person	26,5 m2	HNF+NF/Pers. (Gebäude)	31,2 m2/Pers.
	Anzahl der Wohnungen	**9 WE**	**Wohnfläche pro WE Durchschnitt**	**71,0 m2**	**WFL pro Person in Whng.**	**32,7** m2/Pers.
	1-PHH-Wohnung	2 WE	1-PHH-Wohnung	51,1 m2	1-PHH-Wohnung	51,1 m2/Pers.
	2-PHH-Wohnung	4 WE	2-PHH-Wohnung	55,9 m2	2-PHH-Wohnung	28,0 m2/Pers.
	3-PHH-Wohnung	1 WE	3-PHH-Wohnung	88,0 m2	3-PHH-Wohnung	29,3 m2/Pers.
	4-PHH-Wohnung	2 WE	4-PHH-Wohnung	88,8 m2	4-PHH-Wohnung	22,2 m2/Pers.
			Summe Wohnfläche	591,6 m2	Anzahl der Personen	21 Pers.
WOHNFORMEN	**Gemeinschaftliche und individuelle Wohnfläche**					
	Wohnfläche individuell	345,33 m2				
	Anteil Wohnfläche individuell	53%				
	Wohnfläche gemeinschaftl. in Whng.	200,00 m2				
	Anteil Wohnfläche gem. in Whng.	31%				
	Wohnfläche gemeinschaftl. Gebäude	109,00 m2				
	Wohnfläche gemeinschaftl. Gebäude	17%				
PARTIZIPATION						

Case Study 2: dgj228 Wohngruppe Gemeinsam Suffizient Leben– Qualitative Analyse // Kategorie

	TYPOLOGIE		ADAPTABILITÄT (ERGEBNIS)	63%					FLEXIBLITÄT (ERGEBNIS)	72%				
STÄDTEBAU	**Urbane Typologie**		**Bewertung**	**12**					**Erweiterbarkeit Gebäudevolumen**					
	Blockrand	1							Horizontal erweiterbar	1				1
									Vertikal erweiterbar	1				1
GEBÄUDE	**Erschließungstypologie:**		**Gebäudetypologie ermöglicht...**	4					**Verbinden / Trennen WEs**	**14**				
			...andere Wohnformen	2					Einheiten verbinden	3		3		
			...andere Nutzung	2					Einheiten trennen	3		3		
	Vertikale Erschließung / Treppenkerne	1	**Belichtung und Belüftung**	2					Erschließung Einheiten	4	4			
			Tiefe der Räume bis 5m (=3)						Grundriss Organisation	4	4			
			Tiefe der Räume bis 6m (=2)	2					Raumreserven	1				1
			Tiefe der Räume bis 7m (=1)											
			Barriere Erschließung Gebäude	10										
			Anteil Wohnungen	10%										
KONSTRUKTION	**Bauweise / Tragsystem**								**Bauweise / Tragsystem**	**3**				
	Hybrid	1							Skelettbau (=4)					
									Hybrid (=3)	3				
									Schotten-bauweise (=2)					
									Massivbau/tragende Wände (=1)					
									Konstruktive Merkmale	**11**				
	Konstruktive Hierarchie								Große Spannweiten	1				1
	Integriert	1							Nicht-tragende Innenwände	3		3		
									Position Leitungen	4	4			
									Horizontale Leitungen	3		3		
									Umbaubarkeit der Subsysteme	**13**				
									Tragwerk	2			2	
									Fassade	3		3		
									Konstruktiver Ausbau	4	4			
									Technischer Ausbau	4	4			
WOHNUNG	**Raumbildung**		**Raumreserven**						**Konstruktive Merkmale**					
	Zellenstruktur	1	38%						**Primäre Ebene**	**11**				
									Flexible Wände, Schiebetüren	3		3		
									Flexible versetzbare Wände	4	4			
									Flexible Decken, Durchbrüche	4	4			
	Erschließungstypologie (in WE)													
	Verteiler Raum (über Wohnraum)	1							**Sekundäre Ebene**	**3**				
									Flexible Einbauten	3		3		
			Barrierefreie Erschließ. Wohnungen											
			Anteil Wohnungen	10%										
			Barrierefreie Ausstattung											
			Anteil Wohnungen	10%										
WOHNFORMEN	**Wohntypolgie**		**Wohntypolgie**	9										
	Einzelappartment		Unterschiedliche Wohnformen	3										
	Flurgemeinschaft		Andere Nutzungen	3										
	Wohngemeinschaft	3												
	Familienwohnung	4												
	Cluster-Wohnung													
PARTIZIPATION			**Grad der Aneignung**	8										
			Partizipation Projektierung	4										
			Partizipation Planung	4										
			Partizipation Betrieb	3										
									Veränderung Gebäude	**12**	4	3	2	1
									Anpassung Nutzung/Wohnform	2			2	
									Anpassungen Grundriss möglich	2			2	
									Anpassungen Feste Einbauten	4	4			
									Eigene Möbel	4	4			

Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg – Collegium Academicum

Genese des Projekts

6.3.1

Die Projektgruppe des *Collegium Academicum* plant seit mehreren Jahren die Gründung einer selbstverwalteten Bildungs- und Kultureinrichtung und eines selbstverwalteten Studierendenwohnheims in Heidelberg. Die Collegium Academicum GmbH ist aus dem Förderverein Collegium Academicum Heidelberg e.V. und einer studentischen Initiative entstanden, die den Aufbau eines selbstverwalteten Studierendenwohnheims in Heidelberg umsetzt. Im Rahmen der Internationalen Bauausstellung (IBA) Heidelberg entwickelte *DGJ Architektur* für und mit dem *Collegium Academicum* die nachfolgend vorgestellte interaktive Wohnform. Der Neubau des *Collegium Academicum* bietet 176 Wohnheimplätze.

Ergänzt wird das Wohnen durch die geplante Gemeinschaftsfläche, die den BewohnerInnen sowie anderen StadtbewohnerInnen Raum gibt, sich zu begegnen, Ideen auszutauschen und Initiativen zu starten. Diese Art von Projektlernen wird durch die bauliche Struktur aufgrund eines durchgängigen und von außen einsehbaren Erdgeschosses sowie der Verquickung von Wohn-, Freizeit- und Arbeitsbereichen in besonderem Maße begünstigt. Nicht zuletzt kann auch die Selbstverwaltungsstruktur als Bildungsprozess verstanden werden.

Entwurfskonzept

6.3.2

Der Entwurf ist maßgeblich von der Absicht geprägt, eine Vielzahl von unterschiedlichen Wohnformen und Lebensmodellen innerhalb des Gebäudes umsetzen zu können. Als Teil des Programms des Modellvorhabens ‚Variowohnungen' war es die Absicht der Fördermittelgeberin und der Bauherren, ein Gebäude zu planen, was heute als studentisches Wohnen genutzt werden kann, perspektivisch zu einem späteren Zeitpunkt aber auch als altersgerechtes Wohnen genutzt oder umgebaut werden kann. Beide Anforderungen führten dazu, dass das Gebäude mit flexiblen Grundrissen entwickelt wurden, die sich im laufenden Betrieb umbauen lassen.

Betrachtung von Entwurfsvarianten

6.3.3

Zu Beginn des Entwurfs wurden auch radikalere Ansätze für die räumliche Umsetzung des *Collegium Academicum* untersucht, die auf dem gleichen Bausystem basierten. So wurde zum Beispiel eine offene Struktur von Wohnkuben (Raum-in-Raum) und Plattformen entworfen. In der Fortschreibung der Planung wurde das jetzige Konzept entwickelt. In früheren Entwürfen wurden sowohl die Wohnungen als auch die zentralen Gemeinschaftsflächen großzügiger geplant. Dies ließ sich jedoch aus Kostengründen nicht umsetzen.

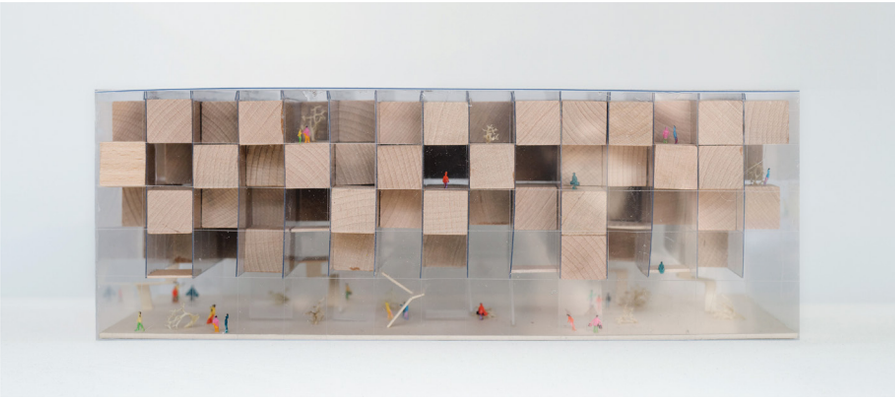


Abbildung 97: *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*, 2015–2020, Modell frühe Entwurfsphase 2016, Modell DGJ Architektur, Foto: Hans Drexler 2017.

Abbildung 98: (vorherige Seite) *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*, 2015–2020, Modell 1/50, DGJ Architektur, 2017. Foto: Hans Drexler, 2018.

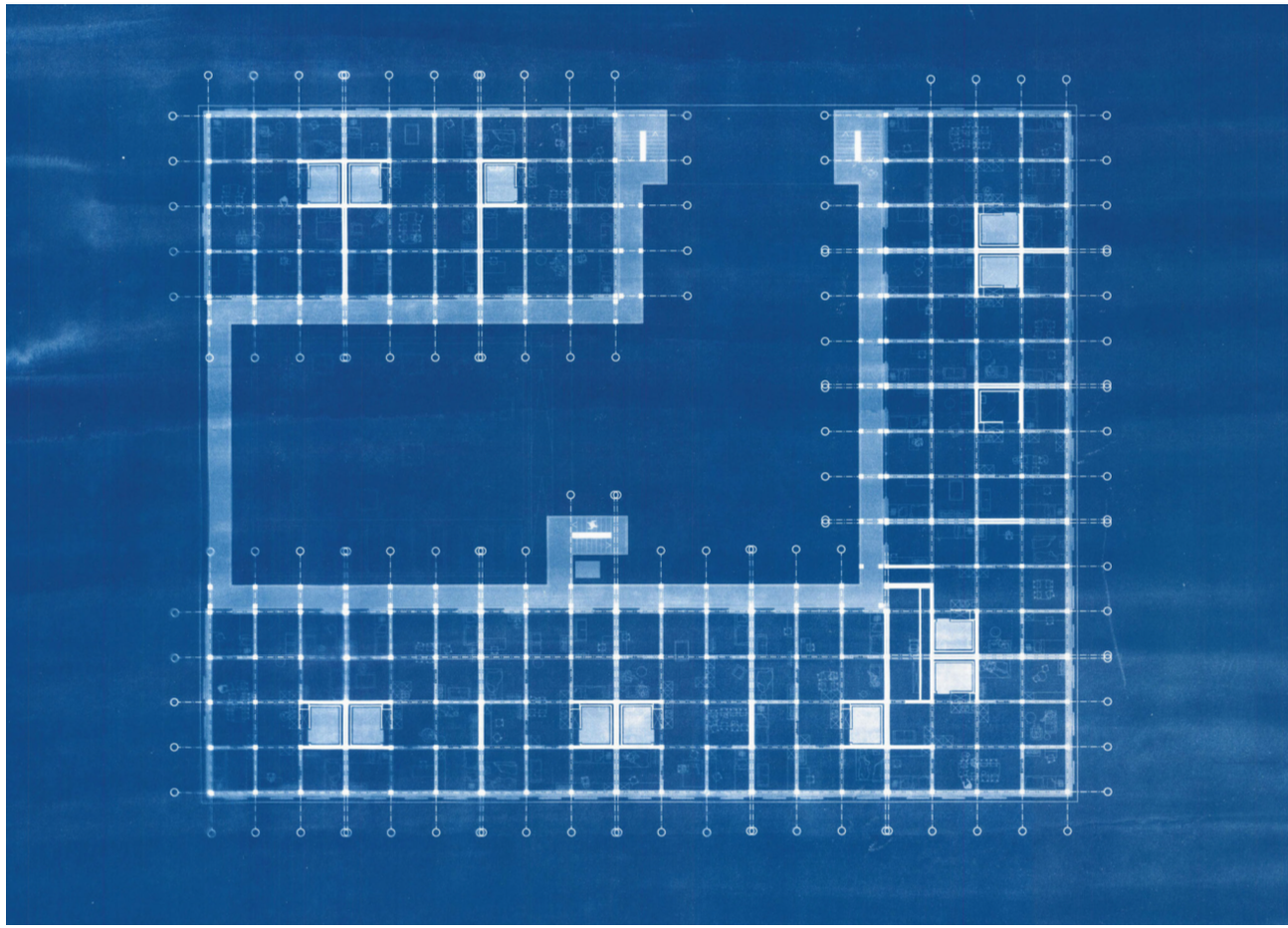
Tragwerk und Konstruktion

6.3.4

Das Tragwerk ist eine Hybrid-Konstruktion aus einem Skelettbau mit aussteifenden Wandscheiben um die Sanitärkerne. Auch Teile der Außenwände und ein Teil der Wohnungstrennwand haben aussteifende Funktion. Die Wohnungen sollen später verbunden werden können, weswegen die Wohnungstrennwände nur in Teilen für das Tragwerk angesetzt wurden und in anderen Teilen ausgebaut werden können.

Der Laubengang und die außenliegenden Treppen sind aufgrund des Brandschutzkonzepts aus nicht-brennbarem Material in Stahlbeton konstruiert. Diese Bauteile sind jedoch konstruktiv nicht mit dem Holzbau gekoppelt.

Abbildung 99: *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*, 2015–2020, X-Ray-Analysis des Tragwerks, Cyanotypie auf Papier, DGJ Architektur 2019.



IBA
SCHÜCO
nora
COLLEGIUM ACADEMICUM
Stadt für alle
GEIST

Nutzung und Adaptabilität 6.3.5.1

Städtebauliche Ebene 6.3.5.1.1

Eine Erweiterung des Neubaus ist aufgrund der hohen Bebauungsdichte und der städtebaulichen Vorgaben nicht möglich. Eine Erweiterung des Nutzungskonzepts wurde für die umliegenden Bestandsgebäude geplant. Die Gebäude gehörten zur Militärverwaltung der Amerikaner. Das größere Gebäude auf dem Grundstück soll als Propädeutikum des *Collegium Academicum* genutzt werden, in dem sich bis zu 50 junge Menschen im Verlauf eines Studiums generalis auf ein Fachstudium vorbereiten.

Gebäude-Ebene 6.3.5.1.2

Die engen finanziellen Vorgaben des Projekts, das zum Ziel hat, die Wohnheimplätze deutlich günstiger anzubieten als im Heidelberger Wohnungsmarkt derzeit üblich, hat zur Folge, dass die Wohn- und Nutzflächen auf ein Minimum reduziert wurden, was sich in dem Innenmaß von ca. 265cm × 265cm der kleinen Wohnräume zeigt. Gegenüber der Möglichkeit einer vielfältigen Nutzbarkeit großzügiger dimensionierter Räume, wurde eine flexible Konstruktion entwickelt, die es erlaubt, die Größe der Räume bei Bedarf zu verändern.

Flexibilität 6.3.5.2

Gebäude-Ebene 6.3.5.2.1

Die Grundform der Wohnung besteht aus einer Gemeinschaftsfläche in der Mitte, um die vier Individualräume und einzelne Minibäder angeordnet sind. Die Individualräume bestehen jeweils aus zwei Teilen mit je 7,3m² Fläche: einer räumlich geschlossenen Kernzone und einer flexiblen Zone, die räumlich nicht vom Gemeinschaftsbereich der Wohnung abgetrennt werden kann. Die Kernzone kann ein Bett, einen Schrank und einen kleinen Schreibtisch und damit alle wesentlichen Funktionen des Individualbereichs aufnehmen. Die flexible Zone kann nach den individuellen Wünschen und Lebensgewohnheiten der einzelnen BewohnerIn entweder komplett offen verbleiben, durch Raumteiler (Tisch, Regal) teilweise abgetrennt werden oder auch (durch das Versetzen der Wand der Kernzone oder den Einsatz einer zweiten Wand) komplett separat genutzt werden. Die Konstruktion ermöglicht es, dass die Innenwände im Selbstbau mit einfachen Mitteln hergestellt und versetzt werden können. So wird das Gebäude zu einem Labor, in dem die einzelnen BewohnerInnen und Wohngemeinschaften den Raumbedarf, die Nutzung und die räumliche Konfiguration der Wohnung zwischen Individual- und Gemeinschaftsflächen rekonfigurieren und verhandeln können. Dazu sind die flexiblen Zwischenwände mit einfachen Möbelverbindern (drehbaren Exzenter-Verbindern) zusammengehalten und können innerhalb weniger Minuten versetzt werden. Durch eingelegte Gummidichtungen kann eine hohe Luft- und Schalldichte erreicht werden.

Die Wohnungen sind alle als Seniorenwohnungen nutzbar. Die Individualräume werden in dieser Nutzung in den meisten Fällen 15,2m² Fläche aufweisen und die Gemeinschaftsfläche wird durch den Abzug der flexiblen Zonen geringer ausfallen. Durch die flexible Schaltbarkeit der 4er-WGs zu größeren Wohneinheiten lassen sich auch andere Wohnformen wie Groß-WGs oder betreutes Wohnen mit geringem Aufwand realisieren.

Moderne Wohnheime sollten unterschiedliche Lebensmodelle ermöglichen und befördern. Auch das Studieren mit Kind für Alleinstehende und junge Familien ist im gemeinschaftlichen Wohnen (zum Beispiel junges Paar mit Baby und zwei MitbewohnerInnen oder junges Paar mit Kleinkind und einer MitbewohnerIn) möglich. Der Vorteil der variablen Größe der abgetrennten Individualbereiche besteht darin, dass Zimmer von 15,2m² (Schlafzimmer) und kleinere Zimmer, die als Einzelzimmer oder Kinderzimmer dienen,

gebildet werden können. Gerade die Möglichkeit, auch mehrere WGs zusammenzuschalten und die Zimmergröße mit minimalem Aufwand zu verändern, eröffnet die Chance, auch unkonventionelle Wohnformen zu realisieren, wie eine Kombination aus Familien- und Seniorenwohnen innerhalb einer Groß-WG.

6.3.5.3 Konstruktion und Tragwerk

Das Tragwerk ist hybrid mit tragenden und aussteifenden Wandscheiben aus Massivholz, die als Wohnungstrennwände dienen sowie um die Sanitärkerne angeordnet sind. Innerhalb der Wohnungen sind darüber hinaus nur Stützen und Träger vorgegeben, sodass der Grundriss verändert werden kann.

Ziel des Entwurfs der Baukonstruktion und des Tragwerks ist, dass die Studierenden durch Selbstbau an dem Bau des Gebäudes beteiligt werden. Dies wird erreicht, indem nur folgende Anteile der Baukonstruktion, die für Tragwerk, Brandschutz, Wärmeschutz und Feuchteschutz relevant sind, von qualifizierten HandwerkerInnen hergestellt werden:

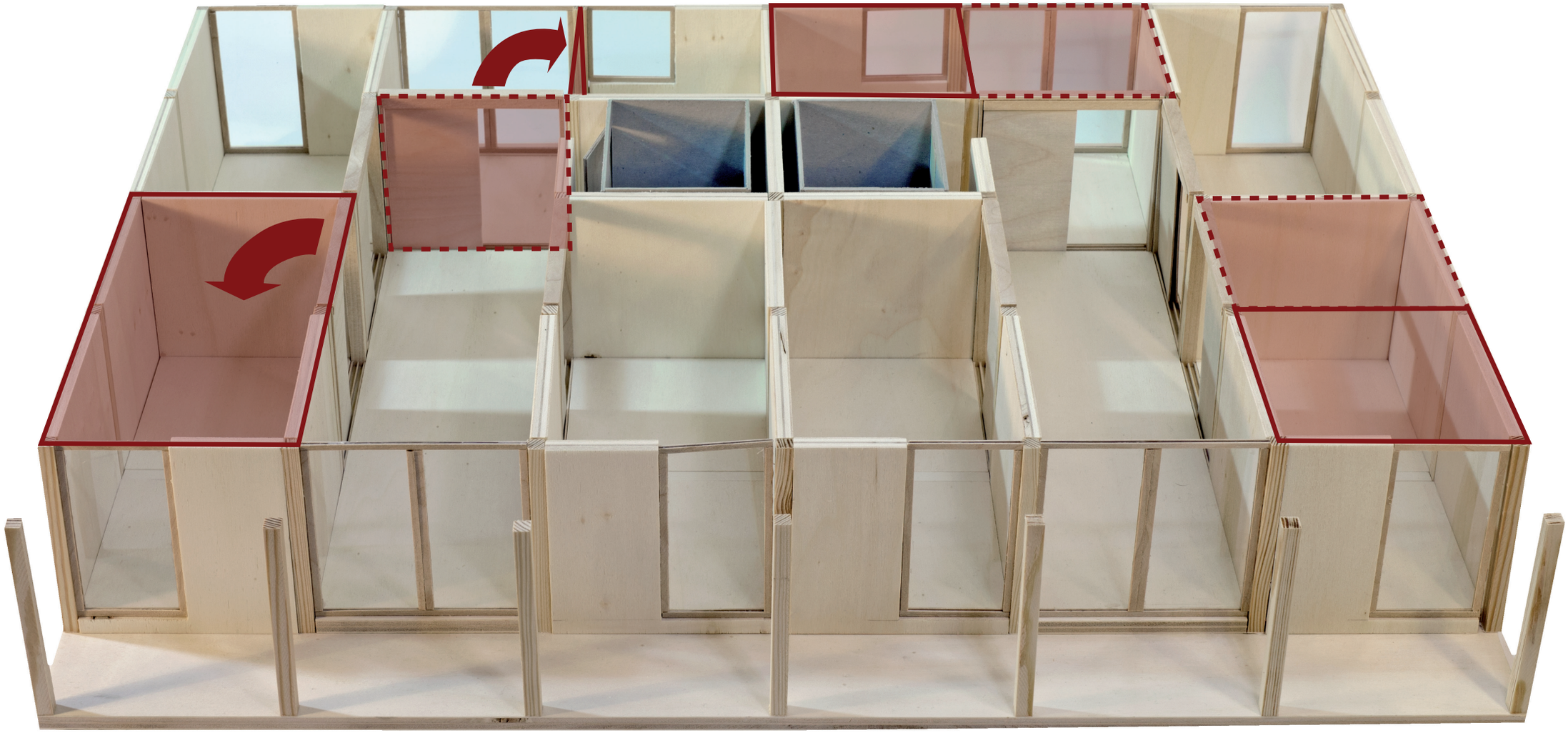
- Rohbau / Tragwerk
- Gebäude / Fassade / Dach
- Brandschutz-relevante Bauteile (Verkleidungen, Türen, Fluchtwege)
- Haustechnik

Der Ausbau der Wohnungen und die Herstellung der Möbel kann durch die Studierenden und Freiwilligen im Selbstbau hergestellt werden.

Dazu wird im Erdgeschoss des Gebäudes eine Werkstatt mit CNC-Fräse installiert. Der Bau der Trennwände, anderer Ausbauelemente und Möbel ist als Bausatz in der Fräse programmiert und kann aus einfacher Plattenware ausgefräst und durch Steckverbindungen leicht gefügt werden. So wird die Werkstatt für die Herstellung von Gebäudeteilen genutzt.

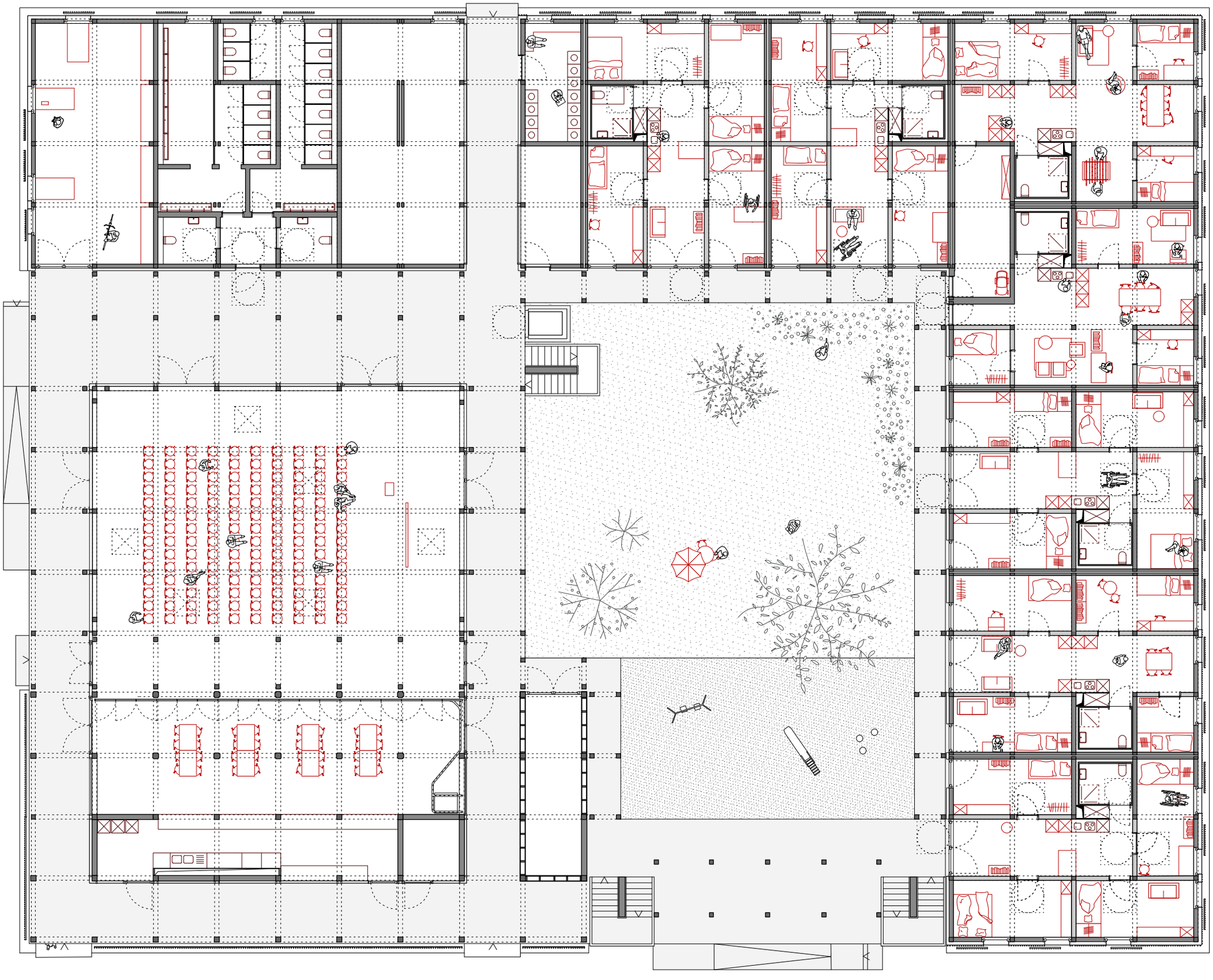
Abbildung 100:
(vorherige Seite)
Case Study 3:
dgj223 IBA Heidelberg,
Demonstrator
Aufbau:, DGJ Architektur, 2015–2020.

Abbildung 101:
Case Study 3:
dgj223 IBA Heidelberg,
2015–2020, Video-Still
aus dem Video
Interactive Housing,
DGJ Architektur 2018
URL:
https://vimeo.
com/459124025

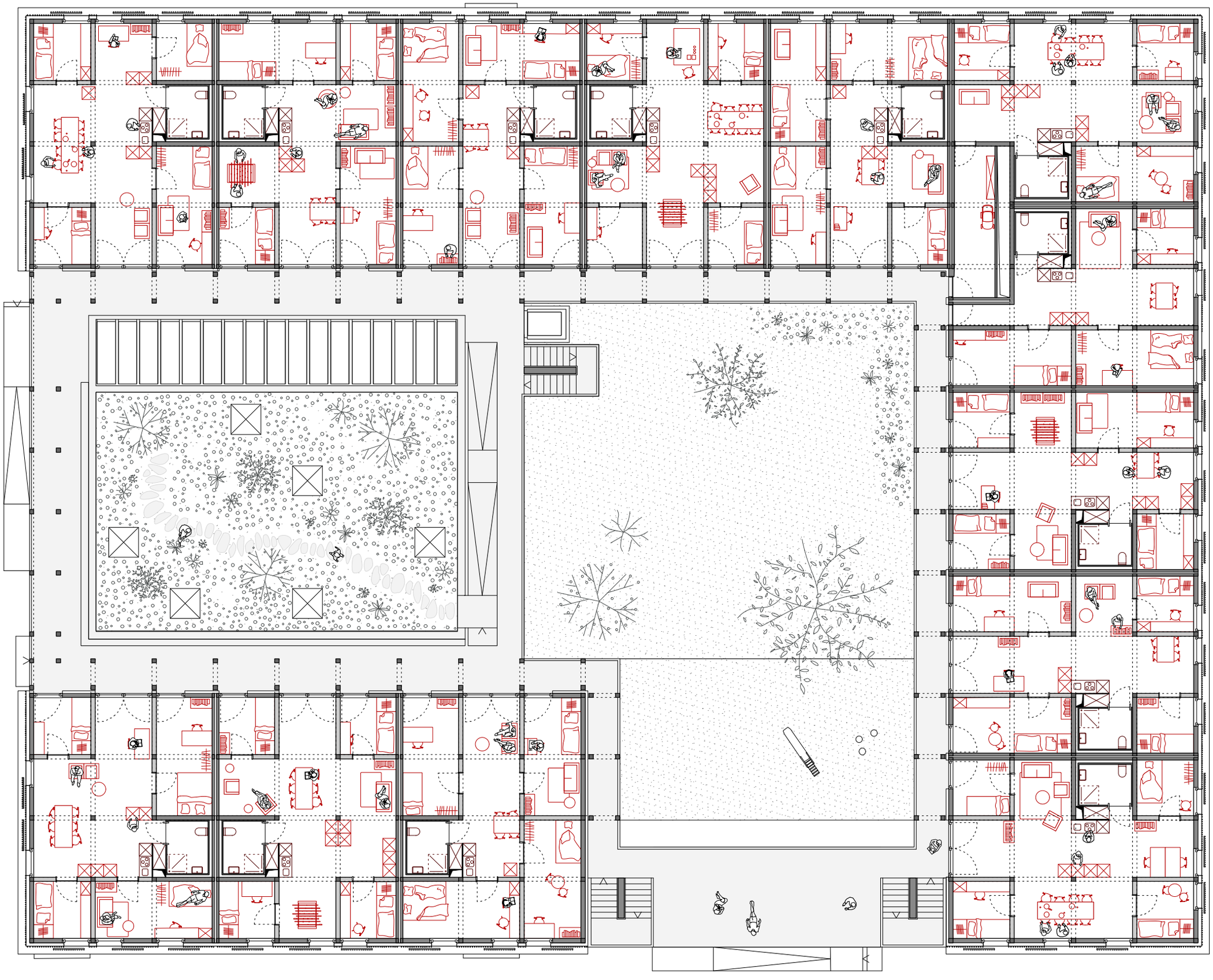


Hier geht es zum Video:

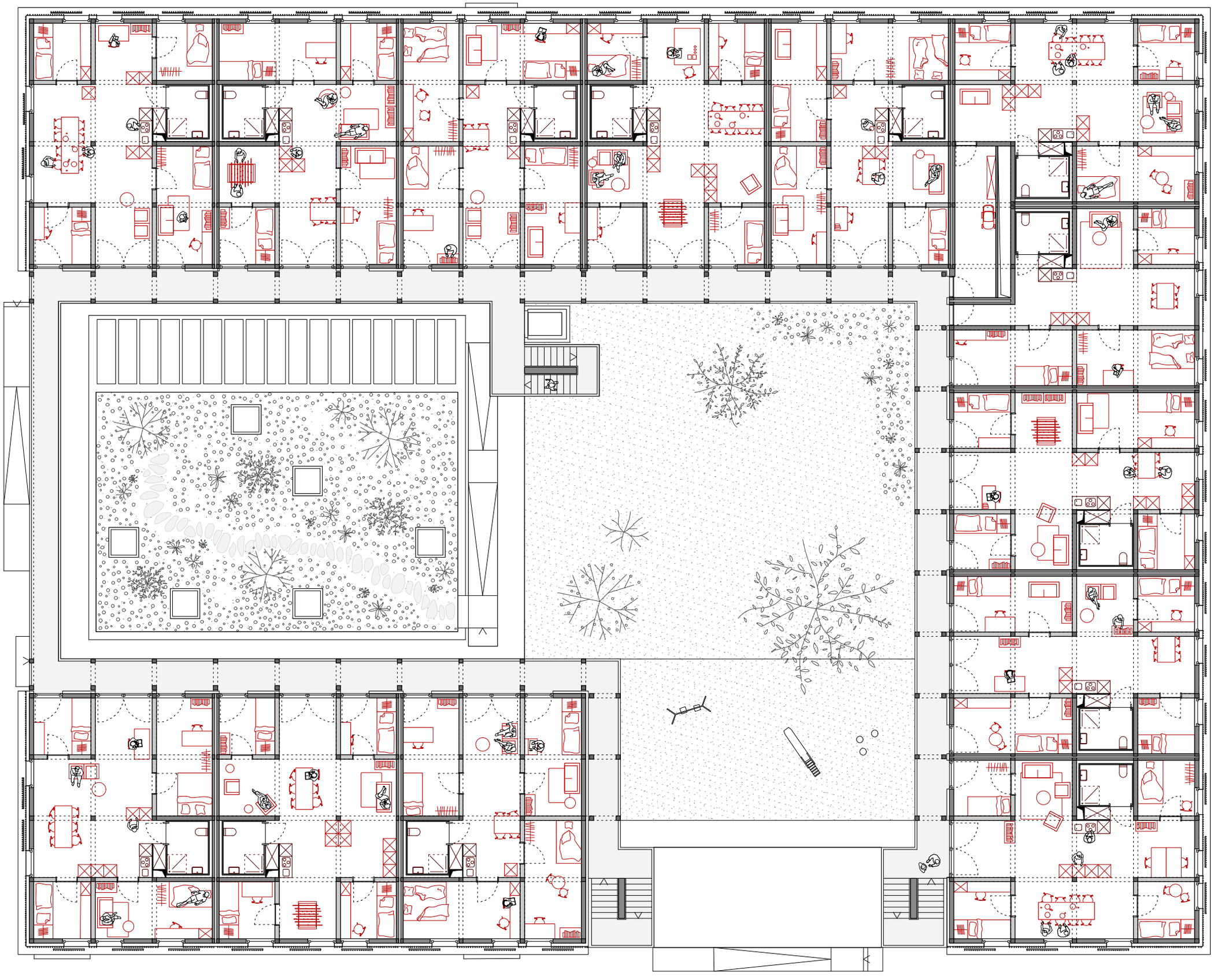
Grundriss
EG
M 1:200



Grundriss
1. OG
M 1:200

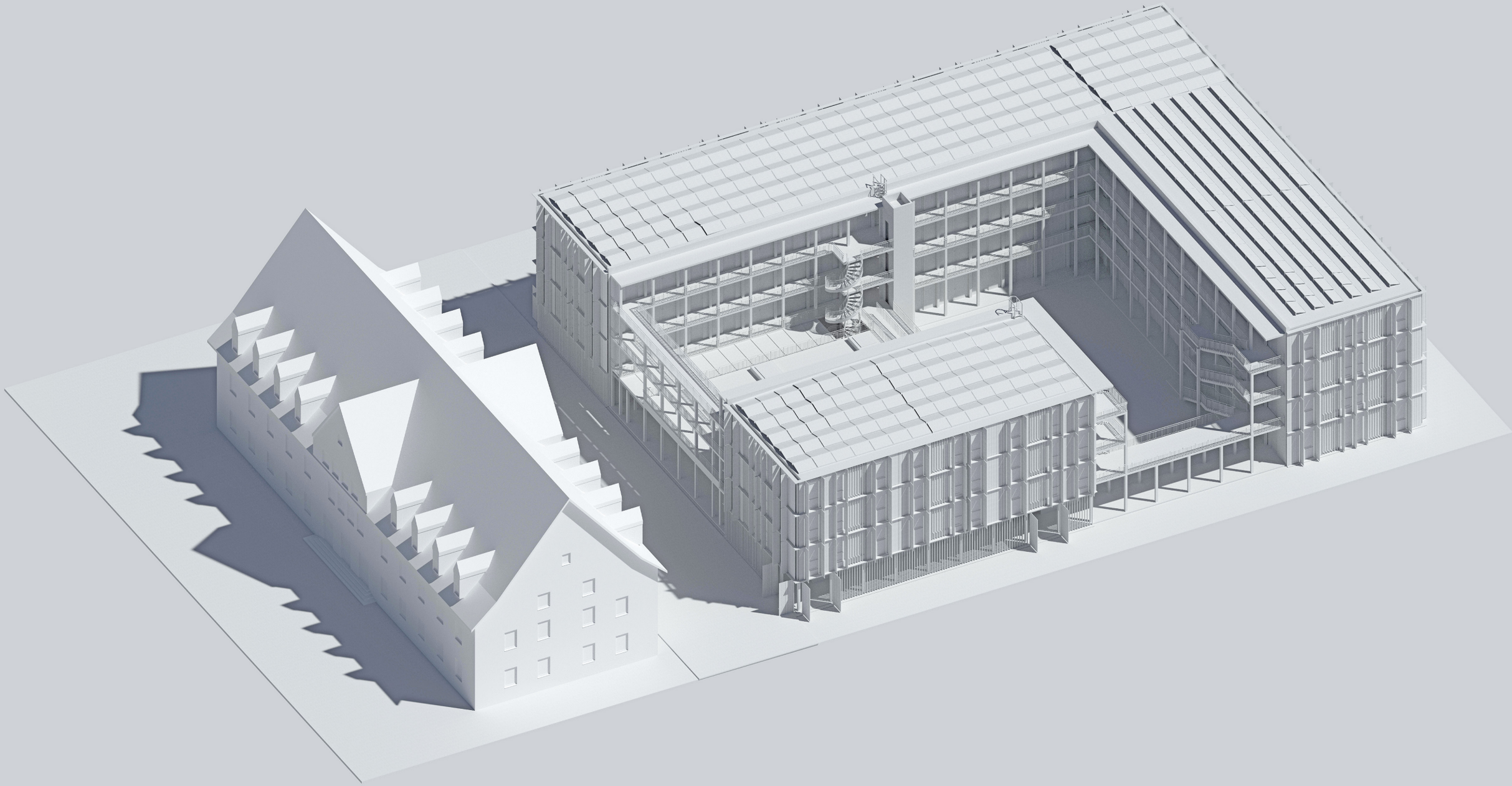


Grundriss
2. OG
M 1:200



Schnitt
M 1:200

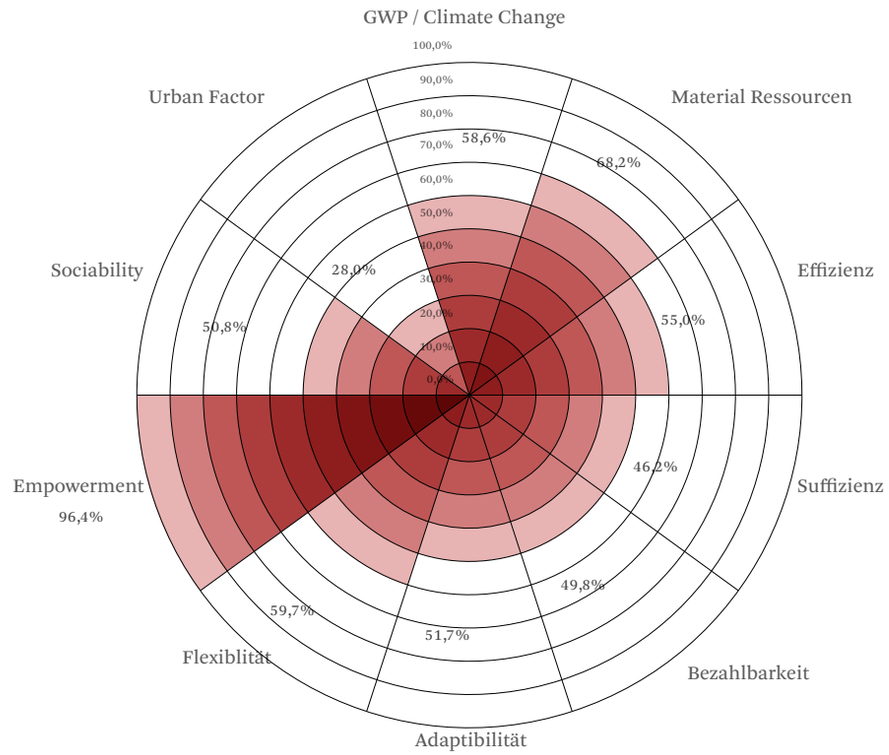
Anschnitt
M :1200



6.3.5.4 Steckbrief // Quantitative und qualitative Analysen

Abbildung 102:
Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg, 2015–2020, X Radar-Diagramm Nachhaltigkeits-bewertung, DGJ Architektur 2019.

Abbildung 103:
(vorherige Seite)
Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg, 3D BIM-Model, DGJ Architektur, 2015–2020.



	Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg – Quantitative Analyse // Numerisch Geometrisch					
	KENNDATEN		**EFFIZIENZ**		**SUFFIZIENZ**	
STÄDTEBAU	Urbane Typologie					
	Bruttogeschossfläche (BGF (r))	7753,78 m2	Dichte (GFZ) Geschossflächenzahl	1,54	BGF / Pers.	52,76 m2
	Bruttogeschossfläche (BGF (s))	1532,65 m2				
	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	9286,43 m2				
	Bruttorauminhalt (BRI (r))	23757,50 m3	Grundflächenzahl (GRZ)	0,46		
	Grundstücksfläche (GF)	6027,86 m2	Baumassenzahl (BMZ)	0,25 m3/m2	Grundstücksfläche / Pers.	34,25 m2
	Grundfläche eines Gebäudes (BF)	2774,67 m2				
GEBÄUDE	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	9286,43 m2	WLF / (BGF (r) + BGF (s))	50%	BGF (r) / Pers.	44,06 m2
	Wohn- und Nutzfläche WLF + HNF (ober	4632,75 m2	WLF / (BGF (r))	60%	BGF (s) / Pers.	8,71 m2
	Nutzfläche (NF)	1338,10 m2			(BGF (r) + BGF (s)) / Pers.	52,76 m2
	Verkehrsfl. (VF)	816,98 m2	VF / (BGF (r) + BGF (s))	8,80%	WLF / Pers.	26,32 m2
	Konstruktionsfläche (KF)	965,95 m2	KF / (BGF (r) + BGF (s))	10,40%		
	Hüllfläche (Brandwände nicht mitgerech	4492,04 m2	A/V	0,19 m2/m3		
	Raster x	2,85 m	**Baukosten**	3		
	Raster y	2,85 m	25 - 50	3		
	Gebäudelänge x	86,70 m				
	Gebäudelänge y	12,00 m				
	Geschosse	4				
			Energie-Standard	4		
			Plus-Energie-Haus	4		
KONSTRUKTION	Holzmenge insg.	893,11 m3	Holzmenge / BGF	0,10 m3/m2	Holzmenge / Pers	07 m3/Pers.
	Holz Stützen	99,99 m3	Holzmenge / WLF	0,19 m3/m2		
	l in m	2,80 m				
	b in mm	240,00 mm				
	h in mm	240,00 mm				
	Anzahl	620 Stk.				
	Holz (trag.) Unterzüge	179,92 m3				
	l in m	2,85 m				
	b in mm	240,00 mm				
	h in mm	240,00 mm				
	Anzahl	1096 Stk.				
	Holz Decken	467,86 m3				
	l in m	2,85 m				
	h in mm	120,00 mm				
	Anzahl	480 Stk.				
	Holz Aussteifung/Wände	145,34 m3				
	GWP (Treibhauspotential)	**16**				
	Rückbaubarkeit	**0**				
	Re-Use (Potential zur	**8**				
	Recycling (Wiederverwendung	**12**				
	Materialwahl / Nachwachsende	**12**				
WOHNUNG UND ZIMMER	**Wohnungsschlüssel**		**Effizienz Appartment**		**Anzahl der Personen insg.**	**176 Pers.**
	Gesamtzahl Wohnungen	46 WE	Passung Geometrie und Wohnnutzu	67%	Pers. Appartment (Durchschnitt)	3,8 Pers.
			Rasterabschätzung Wohnfläche pro	21,1 m2	HNF+NF/Pers. (Gebäude)	26,3 m2/Pers.
	Anzahl der Wohnungen	**46 WE**	**Wohnfläche pro WE Durchschnitt**	**83,8 m2**	**Wohnfläche in WE / Pers.**	**24,2 m2/Pers.**
	3-PHH-Wohnung	8 WE	3-PHH-Wohnung	78,7 m2	3-PHH-Wohnung	26,2 m2/Pers.
	4-PHH-Wohnung	38 WE	4-PHH-Wohnung	88,9 m2	4-PHH-Wohnung	22,2 m2/Pers.
			Summe Wohnfläche	4006,8 m2	Anzahl der Personen	176 Pers.
WOHNFORMEN	**Gemeinschaftliche und individuelle Wohnfläche**					
	Wohnfläche individuell	2210,17 m2				
	Anteil Wohnfläche individuell	48%				
	Wohnfläche gemeinschaftlich in der Wo	1755,68 m2				
	Anteil Wohnfläche gemeinschaftlich in d	38%				
	Wohnfläche gemeinschaftlich für gesam	666,90 m2				
	Wohnfläche gemeinschaftlich für gesam	14%				
PARTIZIPATION						

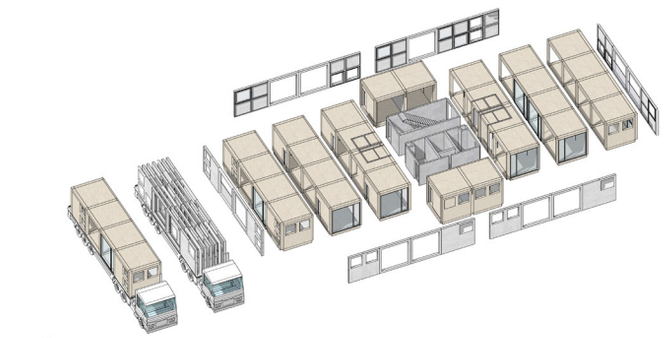
	Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg – Qualitative Analyse // Kategorie														
	TYPOLOGIE		**ADAPTABILITÄT (ERGEBNIS)**	**58%**					**FLEXIBLITÄT (ERGEBNIS)**	**75%**					
STÄDTEBAU	**Urbane Typologie**		**Bewertung**	**11**					**Erweiterbarkeit Gebäudevolumen**						
	Blockrand	1							Horizontal erweiterbar	2			2		
									Vertikal erweiterbar	1				1	
GEBÄUDE	**Erschließungstypologie:**		**Gebäudetypologie ermöglicht...**						**Verbinden und Trennen Wohneinh**	**14**					
	Laubengang	1	...andere Wohnformen	3					Einheiten verbinden	3		3			
			...andere Nutzung	2					Einheiten trennen	3		3			
			Belichtung und Belüftung						Erschließung Einheiten	4	4				
			Tiefe der Räume bis 6m (=2)	2					Grundriss Organisation	4	4				
									Raumreserven	1				1	
			Barriere Erschließung Gebäude												
			Anteil Wohnungen	10%											
KONSTRUKTION	**Bauweise / Tragsystem**								**Bauweise / Tragsystem**	**3**					
	Skelettbau	1							Skelettbau (=4)						
									Hybrid (=3)	3					
									Schotten-bauweise (=2)						
									Massivbau/tragende Wände (=1)						
									Konstruktive Merkmale	**12**					
	Konstruktive Hierarchie / Verplfechtu								Große Spannweiten	1				1	
	Differenziert	1							Nicht-tragende Innenwände	4	4				
									Position Leitungen	3		3			
									Horizontale Leitungen	4	4				
									Umbaubarkeit der Subsysteme	**14**					
									Tragwerk	2			2		
									Fassade	4	4				
									Konstruktiver Ausbau	4	4				
									Technischer Ausbau	4	4				
WOHNUNG	**Raumbildung**		**Raumreserven**						**Konstruktive Merkmale**						
	Zellenstruktur	1	33%						**Primäre Ebene**	**11**					
									Flexible Wände, Schiebetüren	3		3			
									Flexible versetzbare Wände	4	4				
									Flexible Decken, Durchbrüche	4	4				
	Erschließungstypologie in WE														
	Verteiler Raum (über Wohnraum)	1							**Sekundäre Ebene**	**3**					
									Flexible Einbauten	3		3			
			Barrierefreie Erschließung in den Wohnungen (Flure u												
			Anteil Wohnungen	10%											
			Barrierefreie Ausstattung												
			Anteil Wohnungen	10%											
WOHNFORMEN	**Wohntypolgie**		**Wohntypolgie**												
	Einzelappartment		unterschiedliche Wohnformen	2											
	Flurgemeinschaft		andere Nutzungen	2											
	Wohngemeinschaft	3													
	Familienwohnung														
	Cluster-Wohnung	5													
PARTIZIPATION			**Grad der Aneignung / Partizipation**												
			Projektierung (nicht Planung)	4											
			Planung	4											
			Betrieb und Organisation	3											
									Veränderung Gebäude	**16**	4	3	2	1	
									Nutzungen und Wohnformen	4	4				
									Anpassungen Grundriss möglich	4	4				
									Anpassungen Feste Einbauten	4	4				
									Eigene Möbel	4	4				

Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar

Genese des Projekts

6.4.1

Parallel zu der Arbeit an *Collegium Academicum* wurde ein Wettbewerb der IBA Thüringen ausgelobt, um in dem gleichen Förderprogramm ‚Variowohnungen' ein Wohnheim für Studierende in Weimar zu errichten. Dieser Wettbewerb bot die Gelegenheit, die Leistungsfähigkeit des Bausystems für eine andere Bautypologie zu testen: Die Ausschreibung galt für ein Hochhaus, das für ein sehr kleines Grundstück bestimmt ist.



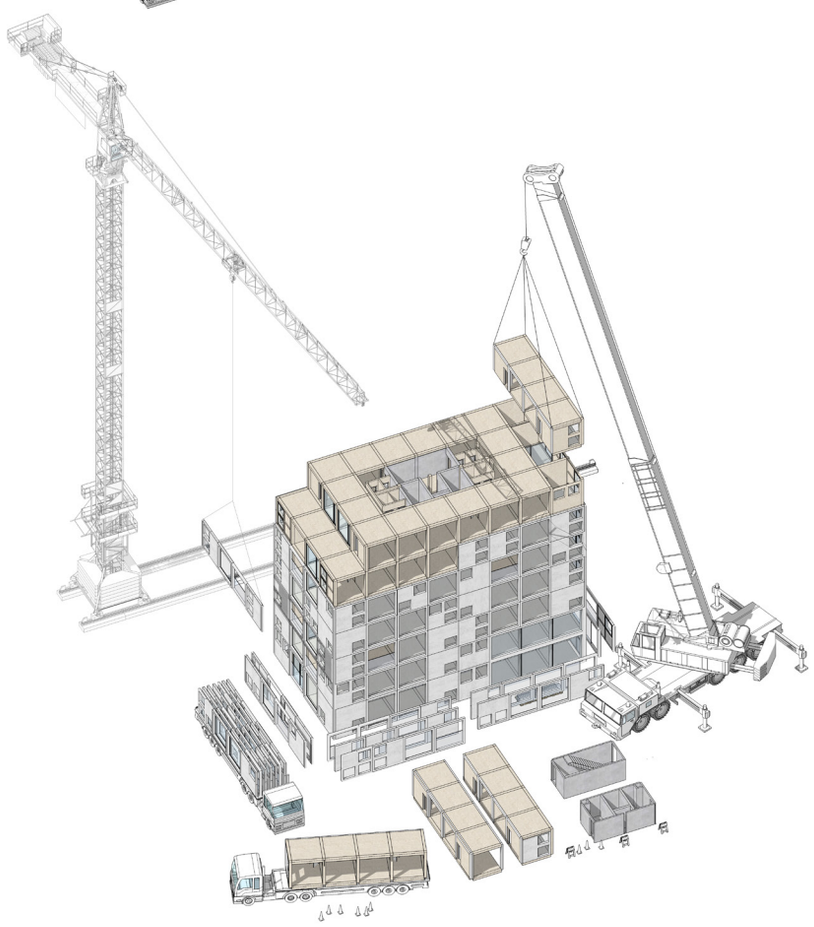


Abbildung 104:
Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar: Ansicht, IBA Thüringen, DGJ Architektur, 2017.

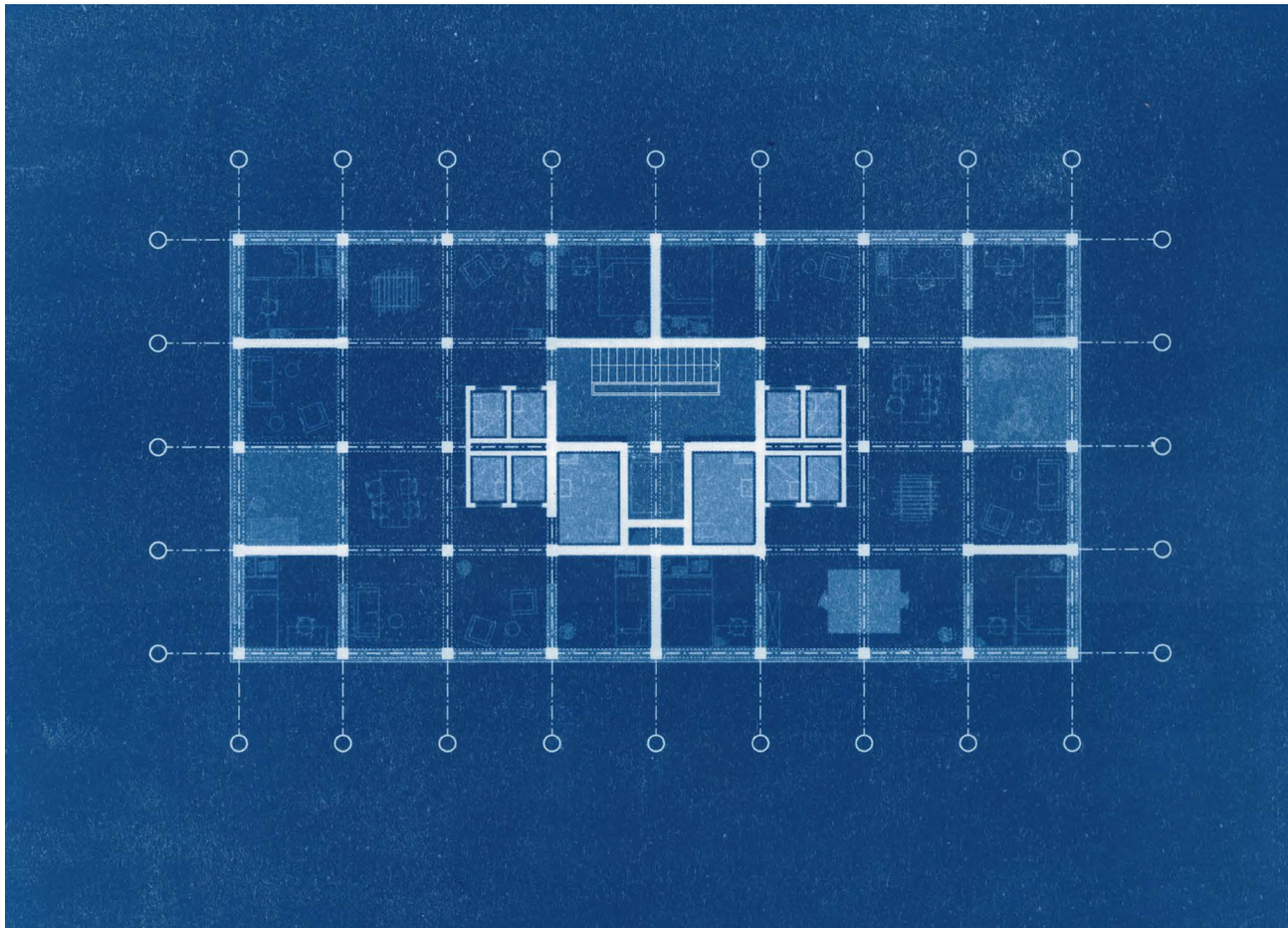
Abbildung 105:
(vorherige Seite)
Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar: Modell M 1:200, DGJ Architektur. Foto: Hans Drexler, 2018.

Tragwerk und Konstruktion

6.4.2

Vorfertigung und Standardisierung werden auf alle Gewerke, insbesondere die Technik- und nachfolgenden Ausbaugewerke übertragen, um diese als ein Gesamtsystem zu planen und zu fertigen. Die Erhöhung des Integrationsgrades der Gebäudetechnik in die Präfabrikation ist auch die wesentliche Voraussetzung für die Erhöhung des gesamten Vorfertigungsgrades eines Bausystems. Es wurde ein modulares Bausystem entworfen, in das die gesamte Gebäudetechnik inklusive der erforderlichen Leitungsführung integriert ist. Die vertikalen Leitungen werden in einem Leitungsregister zusammengefasst, das im Kern geführt wird. Die horizontalen Leitungen für Küchen und Bäder sind an der Rückwand der Sanitärmodule eingebaut und können betriebsbereit angeliefert werden. Dadurch wird eine Maximierung des Vorfertigungsgrades erreicht. Die Sanitärbereiche werden als komplett ausgestattete Module angeliefert, in denen Oberflächen und Objekte bereits funktionsbereit eingebaut sind. Insgesamt kann ein hoher Vorfertigungsgrad erreicht werden, indem die Fassade komplett vorgefertigt und nur die Kaltfassade (Beton-Fertigteile) auf der Baustelle montiert werden.

Abbildung 106:
Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar: X-Ray-Analysis des Tragwerks, Cyanotypie auf Papier, DGJ Architektur 2019.



Nutzung und Adaptabilität 6.4.3.1

Der Entwurf basiert auf einem ähnlich minimalen Grundraster von 2,94m × 2,94m, sodass die Räume und Wohnungen wenig Raumreserven für andere Nutzungen bieten. Die langfristige Nutzbarkeit wird über die Flexibilität (Umbau der Innenwände) sichergestellt.

Flexibilität 6.4.3.2

Gebäude- und Wohnungs-Ebene 6.4.3.2.1

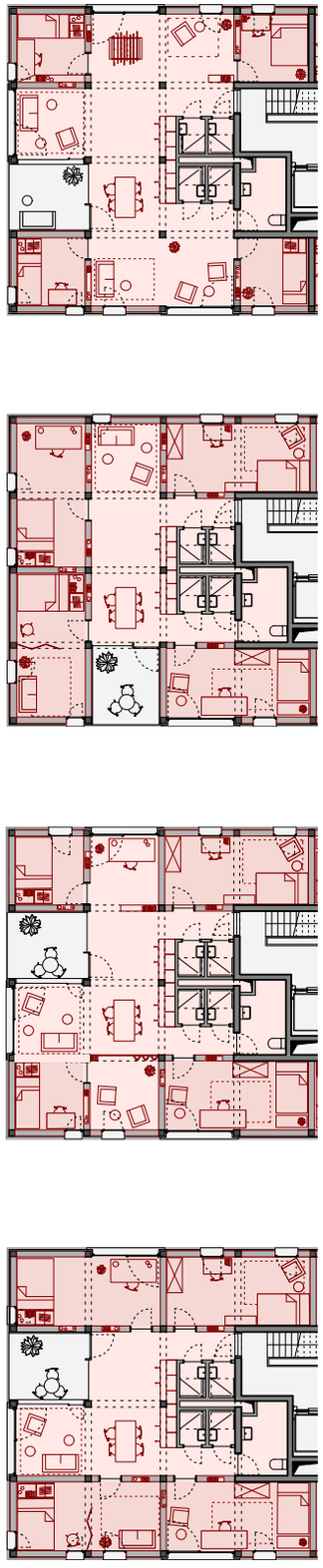
In dem Wettbewerbsbeitrag für die IBA Thüringen wurde das Bausystem für ein Gebäude mit acht Geschossen weiterentwickelt. Dabei wurde vor allem an der Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Grundrisse gearbeitet, die eine Vielzahl von Varianten zulassen.

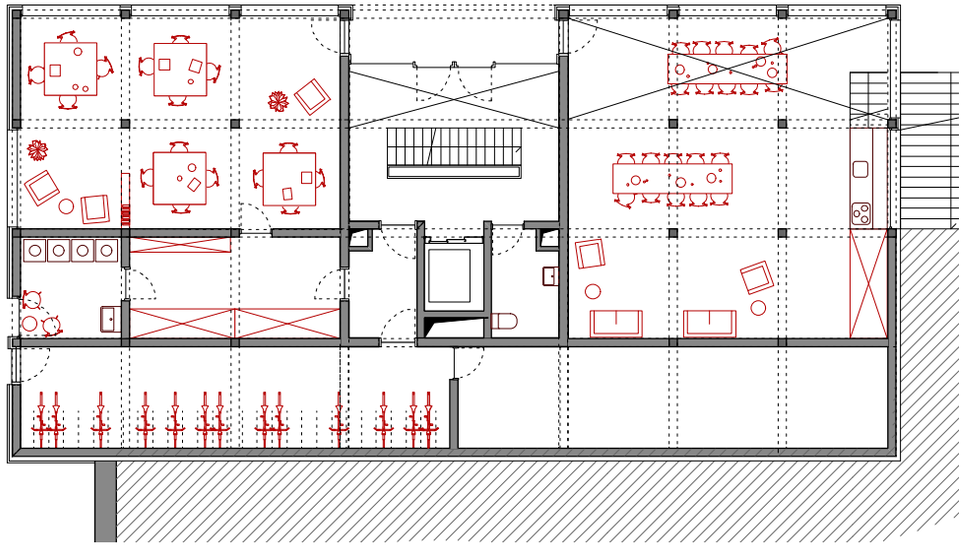
Konstruktion und Tragwerk 6.4.3.2.2

Auch das Gebäude in Weimar ist als Hybrid-Konstruktion entworfen, in der offene Bereiche mit Stützen mit tragenden und aussteifenden Innenwänden kombiniert werden. Letztere sind vor allem an den Sanitär- und Erschließungskernen angeordnet. Aufgrund der Gebäudehöhe sind mehr aussteifende Wände erforderlich als bei einem niedrigeren Gebäude.

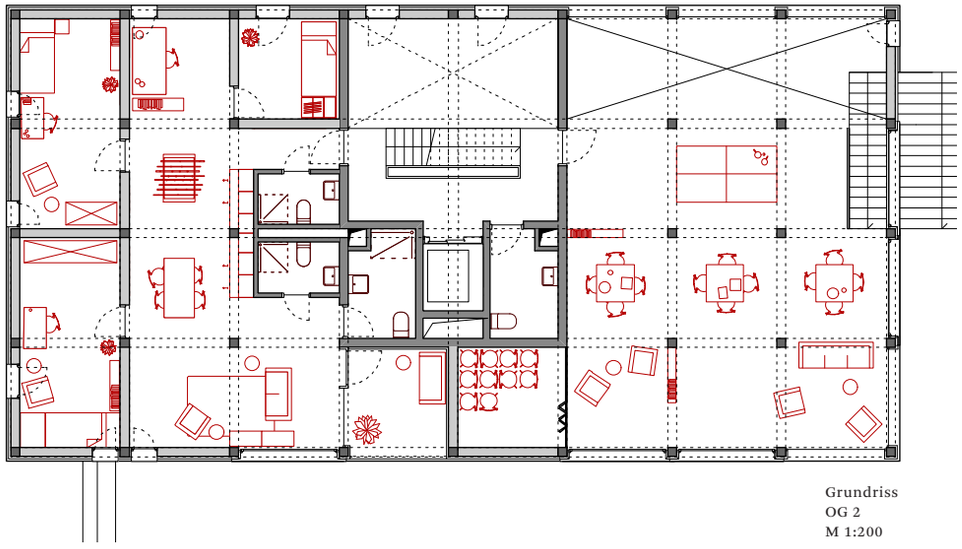
Durch die Bauweise in Raummodulen sind die Subsysteme der Konstruktion als konstruktive Einheiten konzipiert und lassen sich entsprechend schlechter trennen. Die Sanitärräume und Leistungsträger sind entlang des Erschließungskerns gebündelt.

Abbildung 107:
Case Study 4: dgj236
Studierenden-Wohnheim Weimar:
Grundriss-Varianten mit verschiedenen Nutzerausbauten: Grundriss mit minimalen Individual-bereichen und maximalem Gemeinschaftsbereich, Grundriss mit halboffenen, flexiblen Zonen, Grundriss mit minimalen Gemeinschaftsbereichen und maximalen Individual-Zimmern und Grundriss mit rollstuhlgerechtem Ausbau, IBA Thüringen, DGJ Architektur.

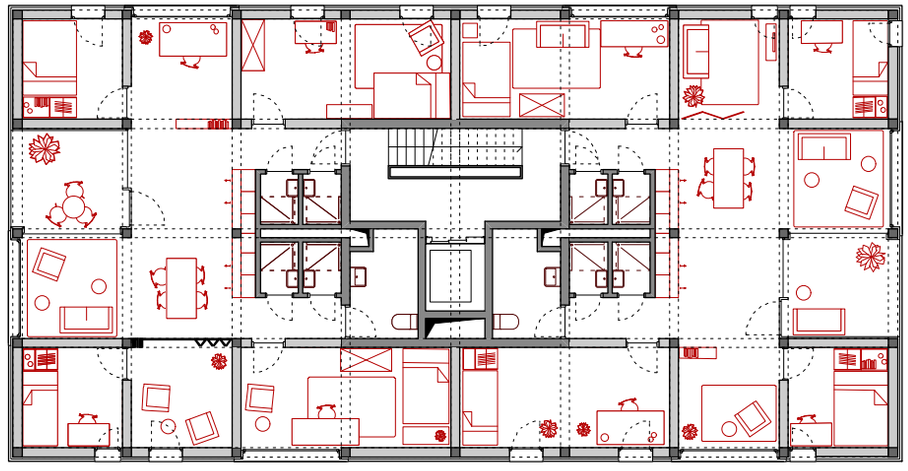




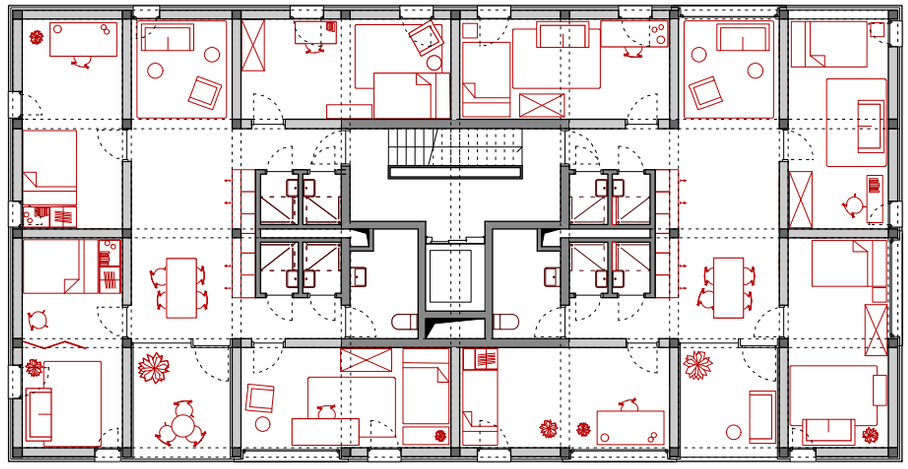
Grundriss
OG 1
M 1:200



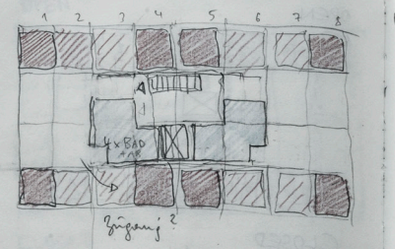
Grundriss
OG 2
M 1:200

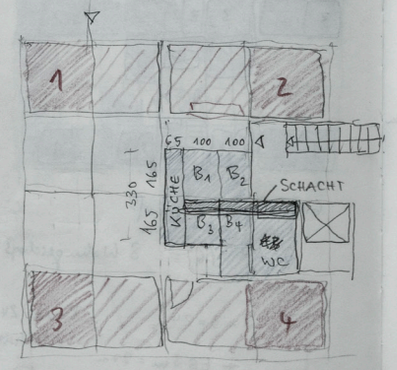


Grundriss
OG 4
M 1:200

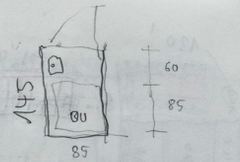


Grundriss
OG 6
M 1:200

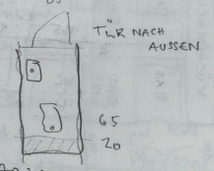




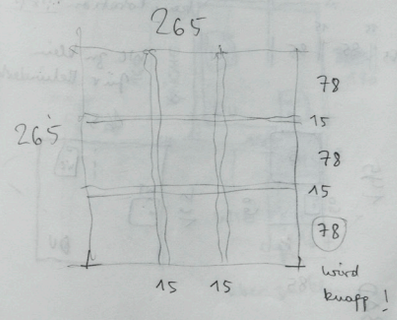
MINI-BAD

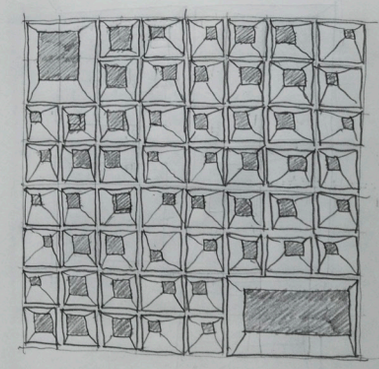


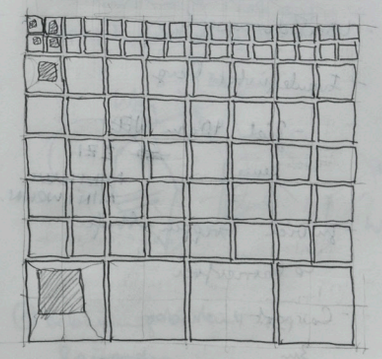
WC - GETRENNT



INNEN 265x265 = 702 qm

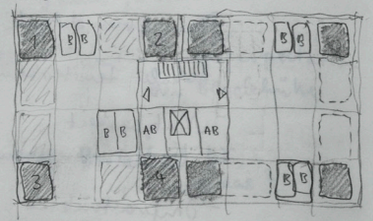




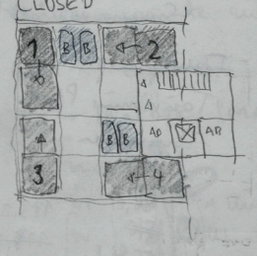


26-27 qm²/Pers

OPEN

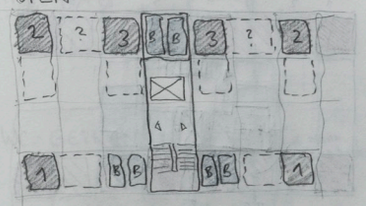


CLOSED

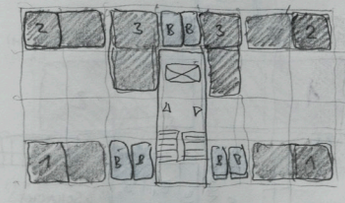


29-30 qm / Pers

OPEN

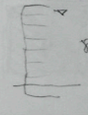


CLOSED



6 Pers pro Geschoß

45/6 = 8 Wohngeschoß

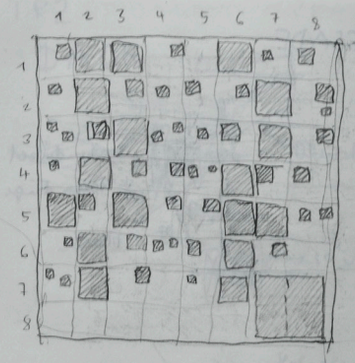


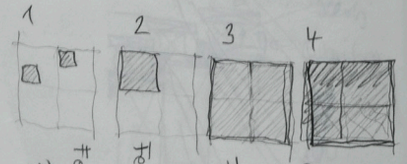
8 x 3 = 24 m

+ EG 3 m = 27 m

Boden 24 m

= HOCHHAUS



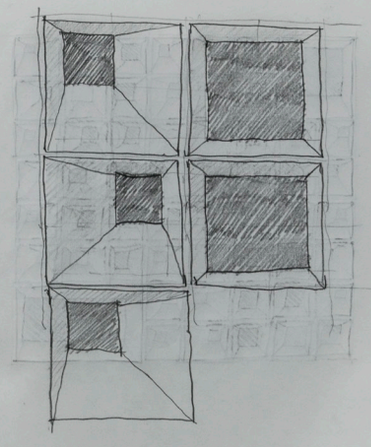


2/8 Fenster

Fenster 1/4

Fenster 1/1

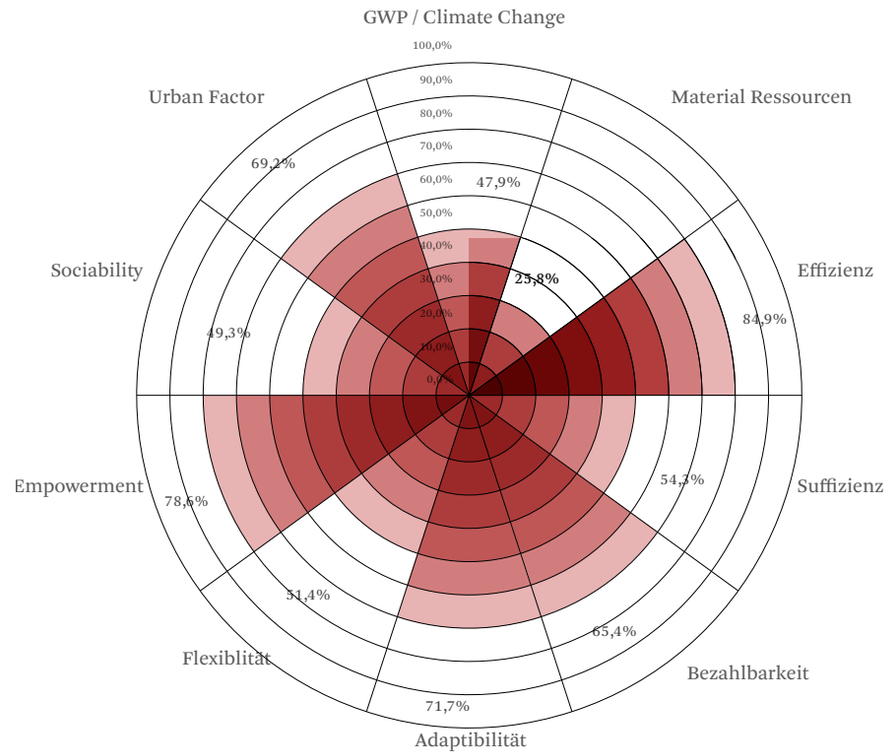
Loggia 1/1



WBS 2017

6.4.3.3 Steckbrief // Quantitative und qualitative Analysen

Abbildung 108:
Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar:
Radar-Diagramm Nachhaltigkeits-bewertung,
DGJ Architektur, 2019.



Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar – Quantitative Analyse // Numerisch Geometrisch

	KENNDATEN		EFFIZIENZ		SUFFIZIENZ	
STÄDTEBAU	Urbane Typologie					
	Bruttogeschossfläche (BGF (r))	2056,32 m2	Dichte (GFZ) Geschossflächenzahl	5,04	BGF / Pers.	35,97 m2
	Bruttogeschossfläche (BGF (s))	101,60 m2				
	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	2157,92 m2				
	Bruttorauminhalt (BRI (r))	6174,00 m3	Grundflächenzahl (GRZ)	0,72		
	Grundstücksfläche (GF)	408,00 m2	Baumassenzahl (BMZ)	0,07 m3/m2	Grundstücksfläche / Pers.	6,80 m2
	Grundfläche eines Gebäudes (BF)	294,00 m2				
GEBÄUDE	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	2157,92 m2	WLF / (BGF (r) + BGF (s))	67%	BGF (r) / Pers.	34,27 m2
	Wohn- und Nutzfläche WLF + HNF	1445,96 m2	WLF / (BGF (r))	70%	BGF (s) / Pers.	1,69 m2
	Nutzfläche (NF)	16,10 m2			(BGF (r) + BGF (s)) / Pers.	35,97 m2
	Verkehrsfl. (VF)	105,56 m2	VF / (BGF (r) + BGF (s))	4,89%	WLF / Pers.	24,10 m2
	Konstruktionsfläche (KF)	309,34 m2	KF / (BGF (r) + BGF (s))	14,34%		
	Hüllfläche (gegen Außen)	1760,81 m2	A/V	0,29 m2/m3		
	Raster x	2,94 m	**Baukosten**	2		
	Raster y	2,94 m	50 - 75	2		
	Gebäudelänge x	24,00 m				
	Gebäudelänge y	12,25 m				
	Geschosse	7				
			Energie-Standard	2		
			EnEV	2		
KONSTRUKTION	Holzmenge insg.	573,57 m3	Holzmenge / BGF	0,27 m3/m2	Holzmenge / Pers	9,56 m3/Pers.
	Holz Stützen	99,99 m3	Holzmenge / WLF	0,40 m3/m2		
	Holz (trag.) Unterzüge	107,25 m3				
	Holz Decken	282,24 m3				
	l in m	3,00 m				
	h in mm	140,00 mm				
	Anzahl	224 Stk.				
	Holz Aussteifung/Wände	84,08 m3				
	Keller, Gründung, Bodenplatte	**4**				
	Rückbaubarkeit (Mittelwert)	**5**				
	Keller, Gründung, Bodenplatte	**1**				
	Keller, Gründung, Bodenplatte	**3**				
	Materialwahl / Nachwachsende	**28**				
WOHNUNG UND ZIMMER	**Wohnungsschlüssel**		**Effizienz Appartment**		**Anzahl der Personen insg.**	**60 Pers.**
	Gesamtzahl Wohnungen	14 WE	Passung Geometrie / Nutzung	62%	Pers. Appartment (Durchschnitt)	4,3 Pers.
			Rasterberechn. WFL pro Person	23,5 m2	HNF+NF/Pers. (Gebäude)	24,1 m2/Pers.
	Anzahl der Wohnungen	**14 WE**	**Wohnfläche pro WE Durchschnitt**	**164,4 m2**	**WFL pro Person in Whng.**	**27,3 m2/Pers.**
	4-PHH-Wohnung	13 WE	4-PHH-Wohnung	108,5 m2	4-PHH-Wohnung	27,1 m2/Pers.
	8-PHH-Wohnung	1 WE	8-PHH-Wohnung	220,3 m2	8-PHH-Wohnung	27,5 m2/Pers.
			Summe Wohnfläche	1630,6 m2	Anzahl der Personen	60 Pers.
WOHNFORMEN	**Gemeinschaftliche und individuelle Wohnfläche**					
	Wohnfläche individuell	752,71 m2				
	Anteil Wohnfläche individuell	52%				
	Wohnfläche gemeinschaftl. in Whng.	438,46 m2				
	Anteil Wohnfläche gem. in Whng.	30%				
	Wohnfläche gemeinschaftl. Gebäude	254,79 m2				
	Wohnfläche gemeinschaftl. Gebäude	18%				
PARTIZIPATION						

Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar – Qualitative Analyse // Kategorie

	TYPOLOGIE		ADAPTABILITÄT (ERGEBNIS)	58%	FLEXIBLITÄT (ERGEBNIS)	75%
STÄDTEBAU	**Urbane Typologie**		**Bewertung**	**11**	**Erweiterbarkeit Gebäudevolumen**	
	Solitär / Hochhaus	1			Horizontal erweiterbar	1
					Vertikal erweiterbar	1
GEBÄUDE	**Erschließungstypologie:**		**Gebäudetypologie ermöglicht...**		**Verbinden / Trennen WEs**	**14**
	Vertikale Erschließung / Treppenkerne	1	...andere Wohnformen	3	Einheiten verbinden	3
			...andere Nutzung	2	Einheiten trennen	3
			Belichtung und Belüftung		Erschließung Einheiten	4
			Tiefe der Räume bis 5m (=3)		Grundriss Organisation	4
			Tiefe der Räume bis 6m (=2)	2	Raumreserven	1
			Tiefe der Räume bis 7m (=1)			
			Barriere Erschließung Gebäude			
			Anteil Wohnungen	100%		
KONSTRUKTION	**Bauweise / Tragsystem**				**Bauweise / Tragsystem**	**3**
	Skelettbau	1			Skelettbau (=4)	
	Konstruktive Hierarchie				Große Spannweiten	1
					Umbaubarkeit der Subsysteme	**14**
					Tragwerk	2
					Fassade	4
					Konstruktiver Ausbau	4
					Technischer Ausbau	4
WOHNUNG	**Raumbildung**		**Raumreserven**		**Konstruktive Merkmale**	
	Zellenstruktur	1	38%		**Primäre Ebene**	**11**
					Flexible Wände, Schiebetüren	3
					Flexible versetzbare Wände	4
					Flexible Decken, Durchbrüche	4
	Erschließungstypologie (in WE)					
	Verteiler Raum (über Wohnraum)	1			**Sekundäre Ebene**	**3**
					Flexible Einbauten	3
			Barrierefreie Erschließ. Wohnungen			
			Anteil Wohnungen	100%		
			Barrierefreie Ausstattung			
			Anteil Wohnungen	20%		
WOHNFORMEN	**Wohntypolgie**		**Wohntypolgie**			
	Einzelappartment		Unterschiedliche Wohnformen	2		
	Flurgemeinschaft		Andere Nutzungen	2		
	Wohngemeinschaft	3				
	Familienwohnung					
	Cluster-Wohnung	5				
PARTIZIPATION			**Grad der Aneignung**			
			Partizipation Projektierung	1		
			Partizipation Planung	2		
			Partizipation Betrieb	3		
					Veränderung Gebäude	**16**
					Anpassung Nutzung/Wohnform	4

Case Study 5: dgj244 Greenhouse

Genese des Projekts 6.5.1

Greenhouse ist als freie Studienarbeit im Rahmen des PEP-Programms entstanden, um die räumlichen Möglichkeiten des Bausystem in Hinblick auf neue, flexible Wohnformen zu erforschen.

Entwurfskonzept 6.5.2

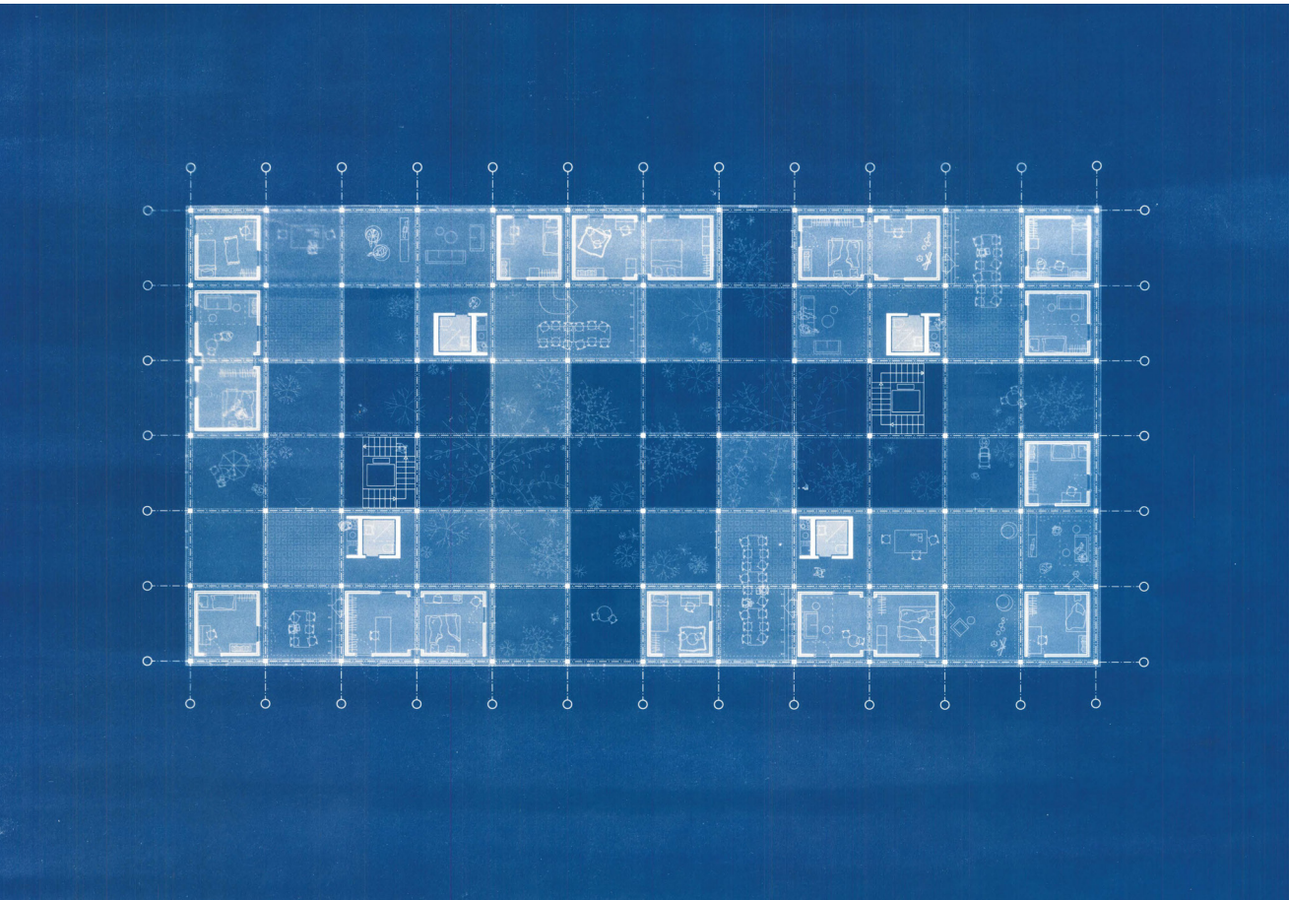
Die räumliche Grundidee ist die eines bewohnbaren Gewächshauses. So wird zunächst durch die Gebäudehülle ein offener, weiter Raum gebildet, der nach außen durch Glas und Polycarbonat klimatisch gefasst ist. Innerhalb des Raums bildet das Bausystem eine offene, terrassenartige, mehrgeschossige Struktur, die sich um ein begrüntes Atrium bewegt. Auch die Plattformen bilden zunächst nur horizontale Ebenen und keine geschlossenen Räume.

Im Gegensatz zu den anderen untersuchten Fallstudien entsteht das *Greenhouse* durch eingestellte Boxen, die nicht direkt mit der Struktur verbunden sind, sondern mit Rollen auf die Plattformen platziert werden. Die Boxen sind kleiner als die Struktur, sodass sie innerhalb der Struktur bewegt werden können. Die Anzahl und die Position der Boxen kann durch die BewohnerInnen angepasst und verändert werden.

Greenhouse ist nicht als Bauprojekt, sondern als eine theoretische Untersuchung zu neuen Wohnformen zu verstehen. Somit können die Anforderungen an Brandschutz, Schallschutz und Wärmeschutz mit dem aktuellen Entwurf nicht nachgewiesen werden.

Tragwerk und Konstruktion 6.5.3

Bei dem Entwurf von *Greenhouse* ging es vor allem um eine räumliche Idee. Das Tragwerk wurde nicht im Sinne dieser räumlichen Idee nur in Teilen entwickelt, sodass zum Beispiel die Aussteifung fehlt.



6.5.4.1 Flexibilität, Adaptabilität und Partizipation

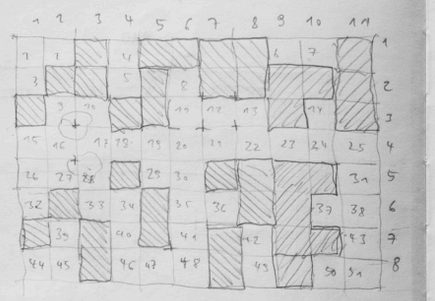
Die eingestellten Boxen sind auf Rädern gelagert, die ein einfaches Umsetzen auf den Ebenen ermöglichen. Ein besonderer Aufwand entsteht nur, wenn die Boxen mit Fenstern angeschlossen werden sollen. Dann muss das Fassadenpanel mi einem weiteren Fenster nachgerüstet werden. Grundsätzlich ist es aber auch denkbar, die Boxen über den Wohnraum zu belichten und zu belüften. Die Boxen lassen sich verschieben, entfernen oder durch neu eingebaute Boxen erweitern. Dadurch kann die Anzahl von BewohnerInnen des Gebäudes variieren. Auch Büronutzungen mit kleinen Zellenbüros in den Boxen und Großraumbüros auf den offenen Flächen sind denkbar.

Abbildung 109: (Seite 294) *Case Study 5: dgj244 Greenhouse*: Modell des Bausystems im Maßstab 1/100, DGJ Architektur 2018–2019. Foto: Robert Zolles im Auftrag von DGJ Architektur, 2019.

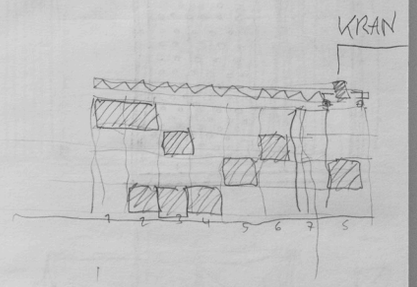
Abbildung 110: (vorherige Seite) *Case Study 5: dgj244 Greenhouse*. X-Ray-Analysis des Tragwerks, Cyanotypie auf Papier, DGJ Architektur 2019.

Abbildung 111: (Seite 300) Raumstudien zu eingestellten Boxen, Maßstab 1/20, DGJ Architektur. Foto: Hans Drexler, 2016.

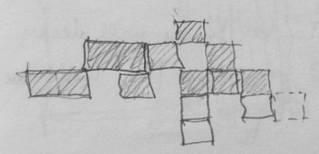
88 MODULES



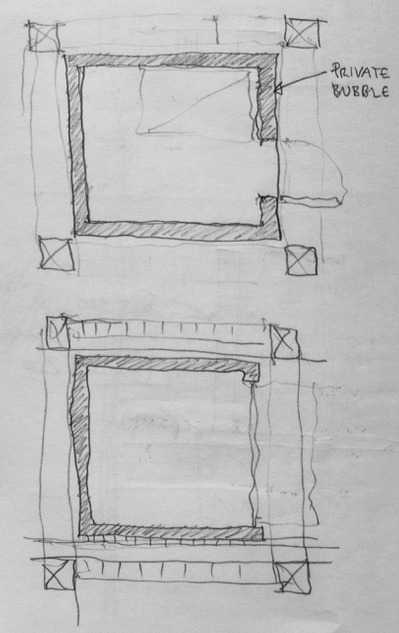
~ 50 % FILL

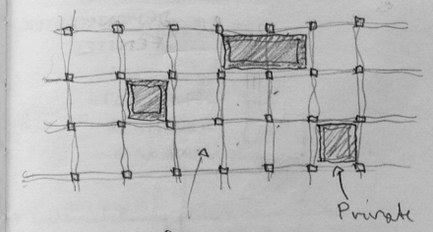


MOVING PARTS ?



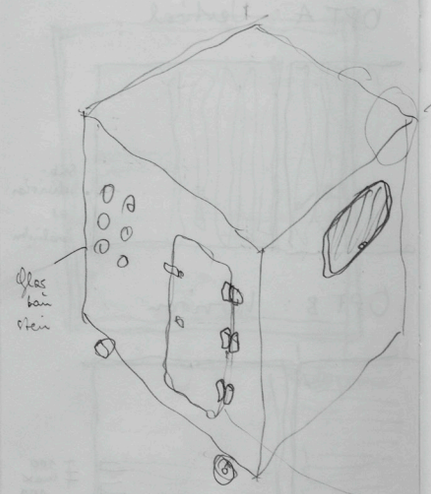
WMF SOUNDPROOFING

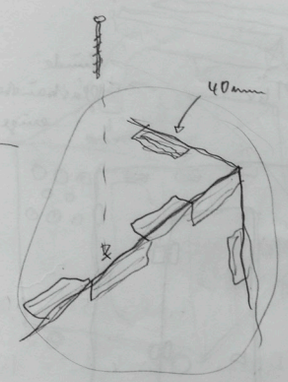




Common Space
Gemeinschaftsraum

- Die privaten Räume mit hohen Schallschutz-Anforder. werden als separate Box in das Skelett eingebaut



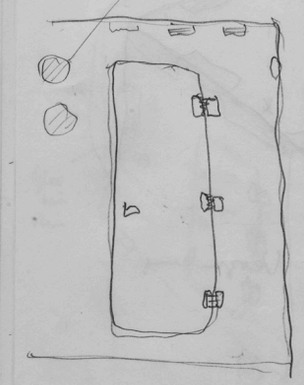


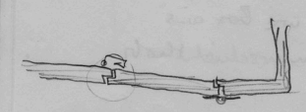
Verzinkung

Tür wie Box aus Furnierschichtholz

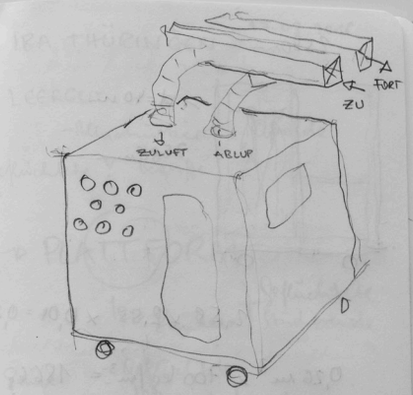
Tür

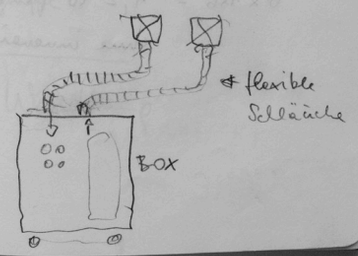
Runde Glasbausteine eingeklebt

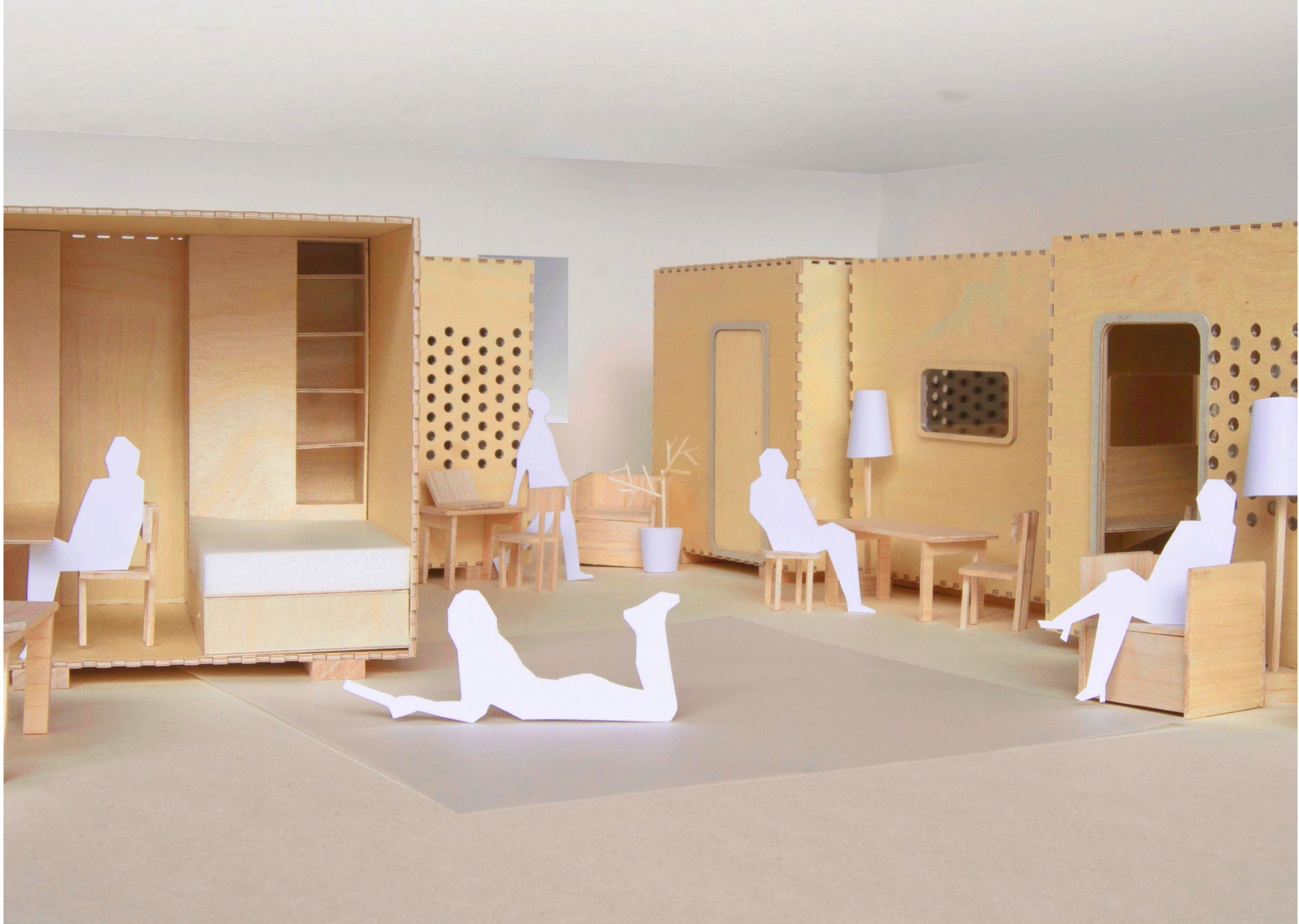


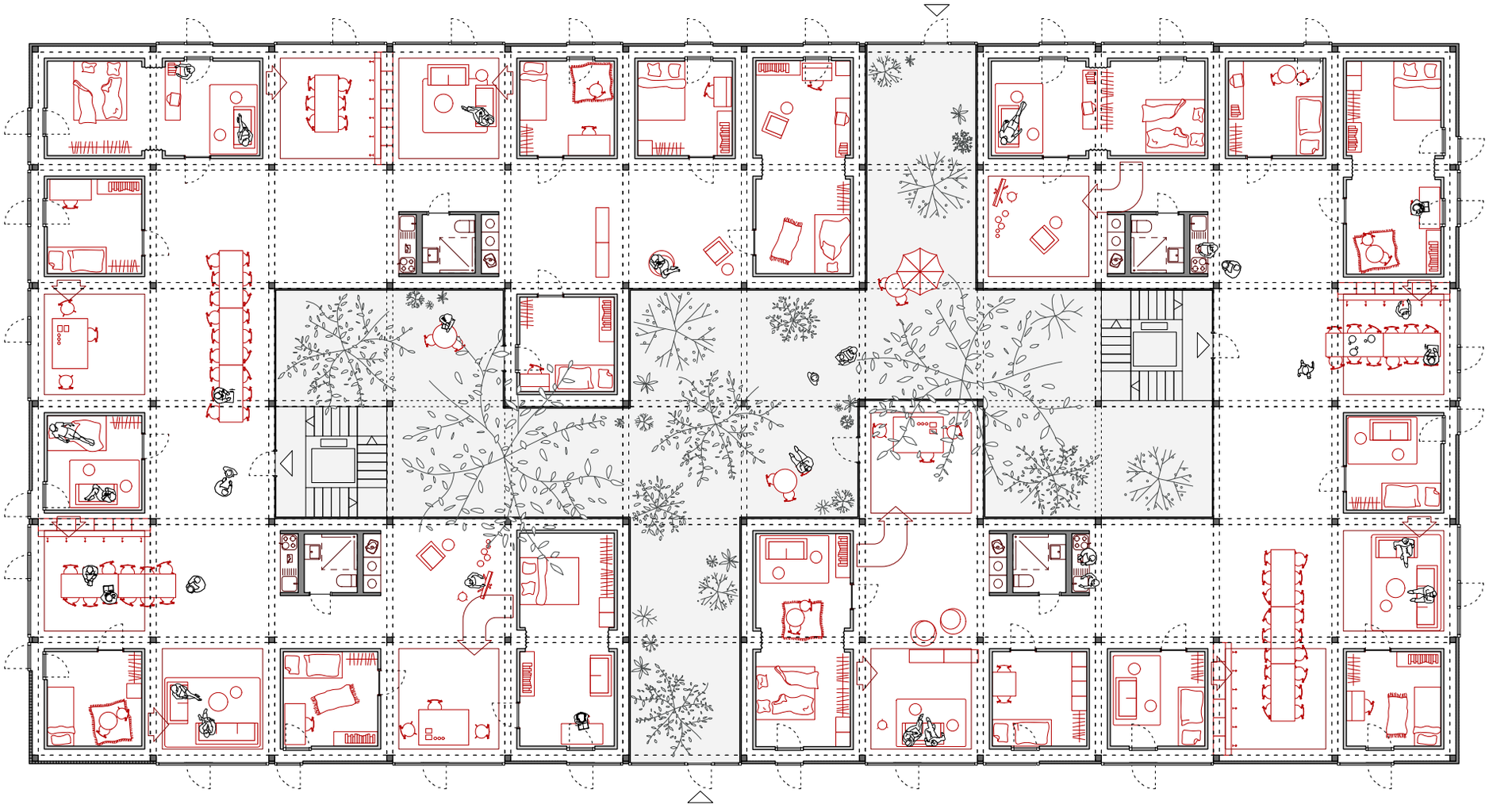


Ausgefräst auf CNC

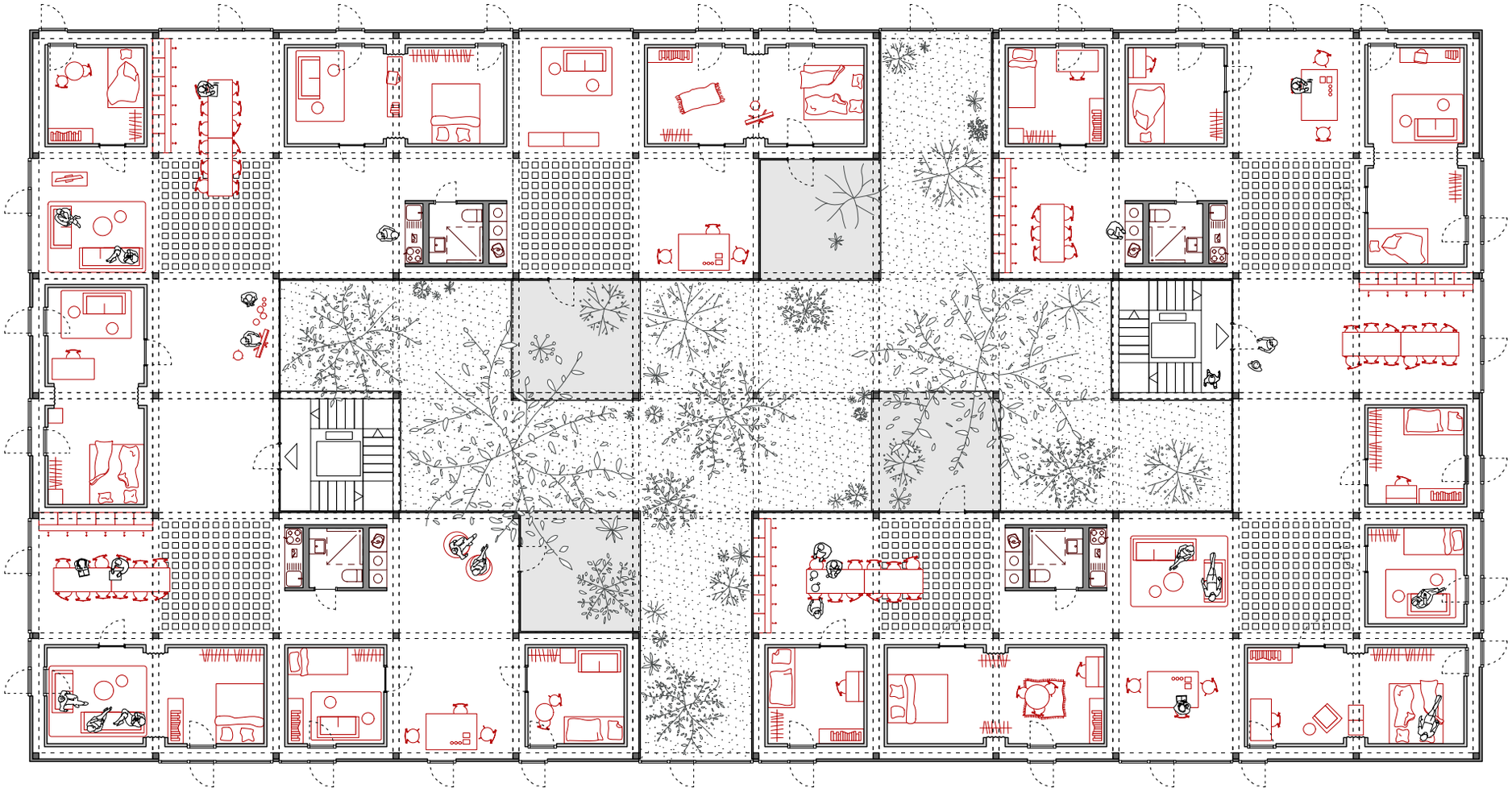




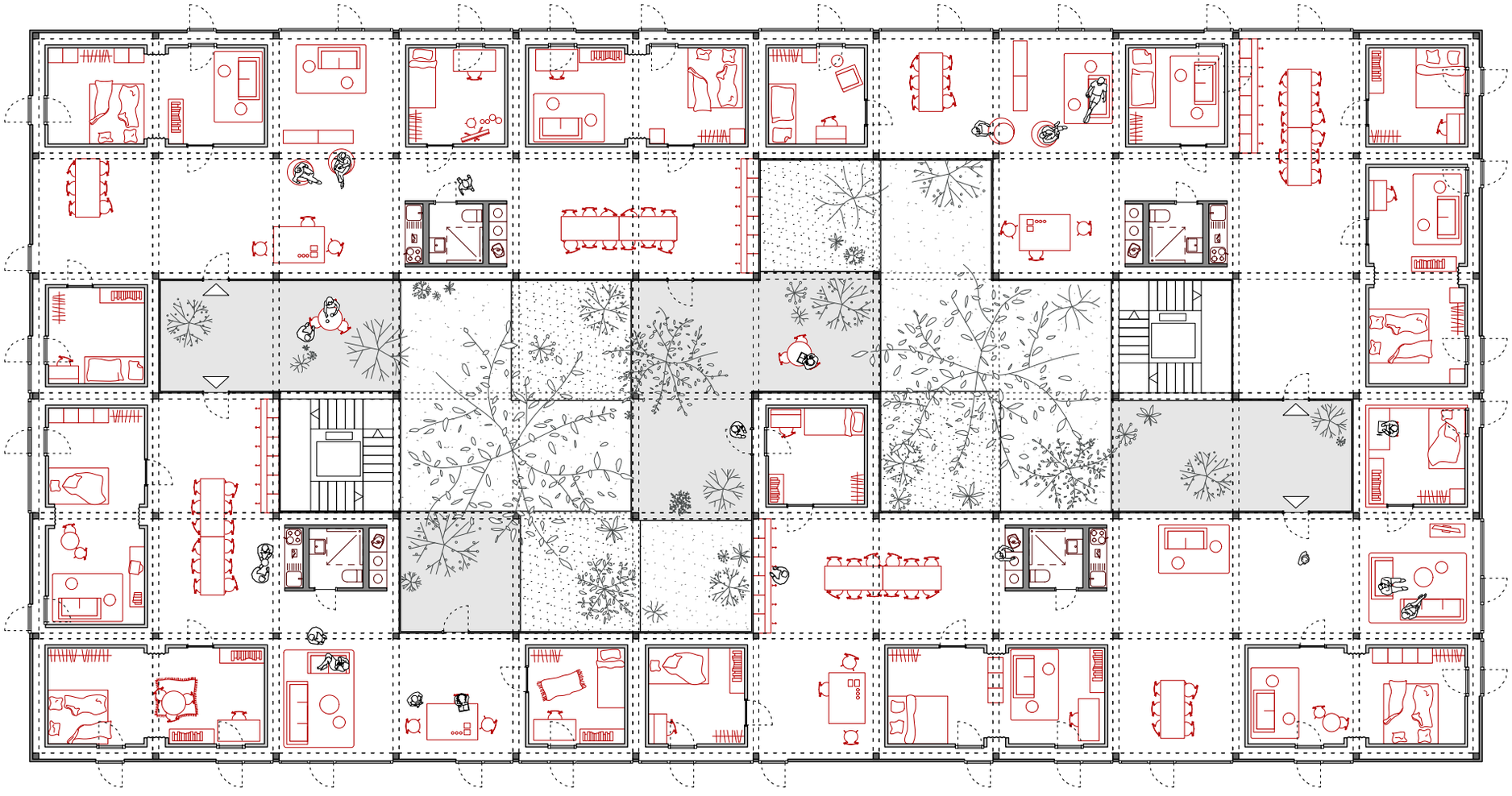




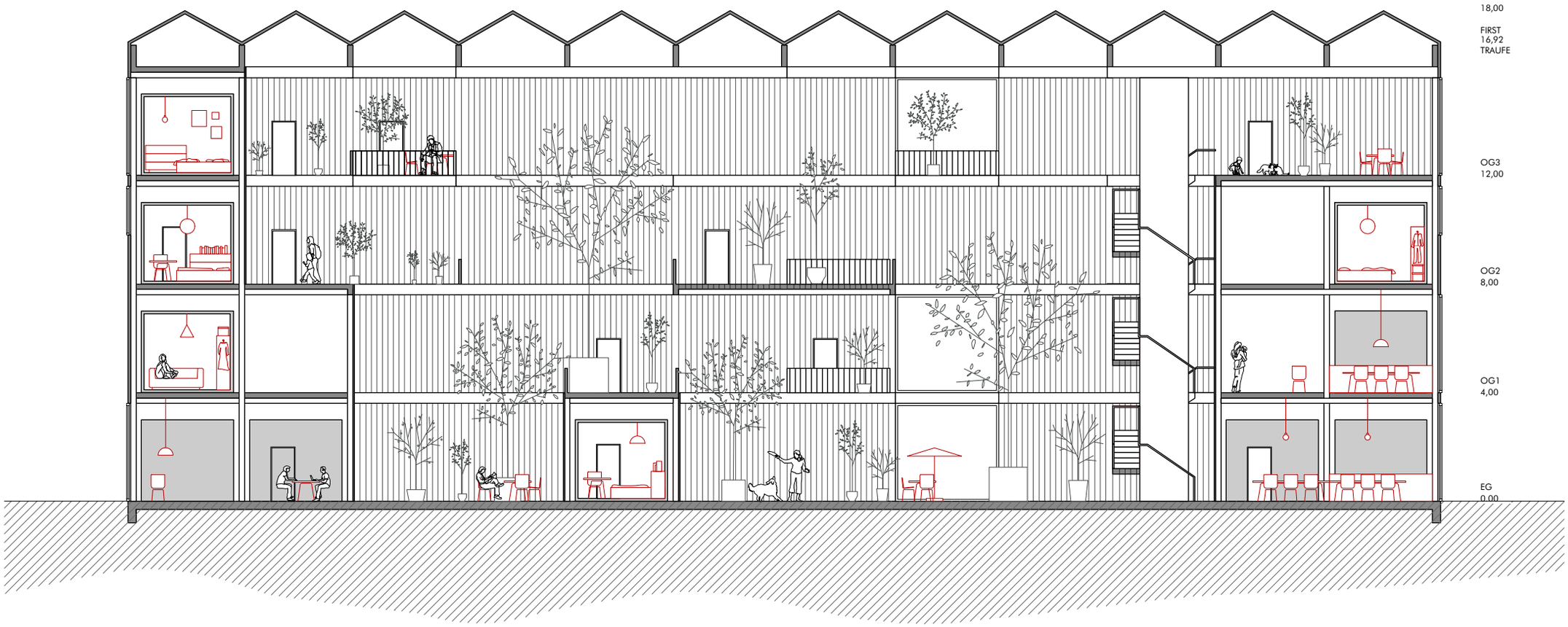
Grundriss
EG
M 1:200



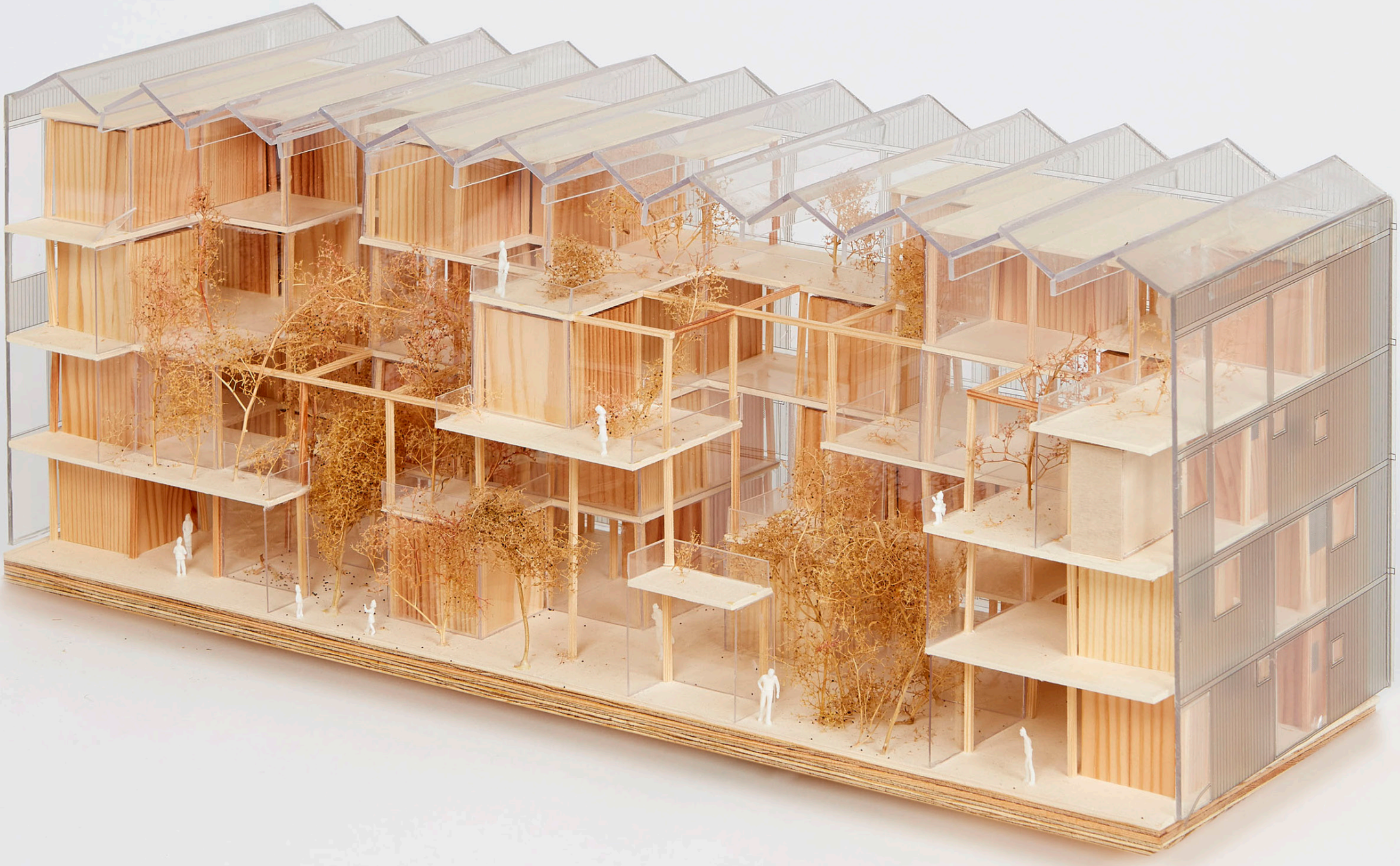
Grundriss
1. OG
M 1:200



Grundriss
2. OG
M 1:200



Schnitt
M 1:200



6.5.4.2 Steckbrief // Quantitative und qualitative Analysen

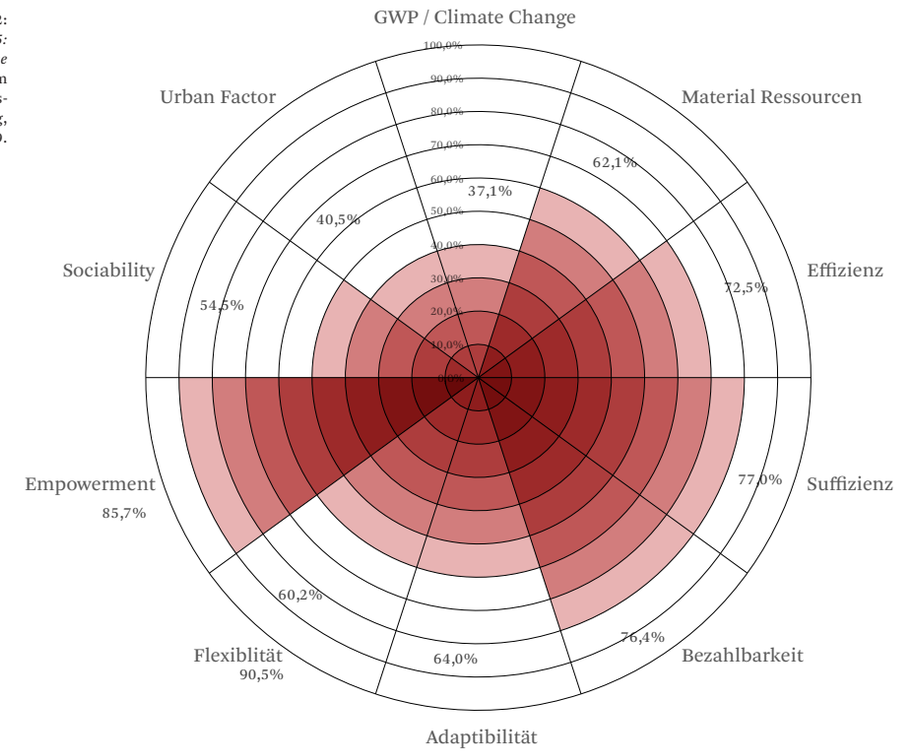


Abbildung 112:
Case Study 5: dgj244 Greenhouse
Radar-Diagramm Nachhaltigkeits-bewertung, DGJ Architektur 2019.

Case Study 5: dgj244 Greenhouse – Quantitative Analyse // Numerisch Geometrisch

	KENNDATEN		EFFIZIENZ		SUFFIZIENZ	
STÄDTEBAU	Urbane Typologie					
	Bruttogeschossfläche (BGF (r))	3949,12 m2	Dichte (GFZ) Geschossflächenzahl	2,54	BGF / Pers.	71,16 m2
	Bruttogeschossfläche (BGF (s))	391,75 m2				
	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	4340,87 m2				
	Bruttorauminhalt (BRI (r))	14055,36 m3	Grundflächenzahl (GRZ)	0,75		
	Grundstücksfläche (GF)	1553,44 m2	Baumassenzahl (BMZ)	0,11 m3/m2	Grundstücks-fläche / Pers.	12,54 m2
	Grundfläche eines Gebäudes (BF)	1171,28 m2				
GEBÄUDE	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	4340,87 m2	WLF / (BGF (r) + BGF (s))	74%	BGF (r) / Pers.	64,74 m2
	Wohn- und Nutzfläche WLF + HNF	3208,64 m2	WLF / (BGF (r))	81%	BGF (s) / Pers.	6,42 m2
	Nutzfläche (NF)	242,07 m2			(BGF (r) + BGF (s)) / Pers.	71,16 m2
	Verkehrsfl. (VF)	113,55 m2	VF / (BGF (r) + BGF (s))	2,62%	WLF / Pers.	52,60 m2
	Konstruktionsfläche (KF)	371,98 m2	KF / (BGF (r) + BGF (s))	8,57%		
	Hüllfläche (gegen Außen)	3194,72 m2	A/V	0,23 m2/m3		
	Raster x	4,00 m	**Baukosten**	**4**		
	Raster y	4,00 m	0% - 25%	4		
	Gebäudelänge x	48,40 m				
	Gebäudelänge y	24,20 m				
	Geschosse	4				
			Energie-Standard	**1**		
			unter EnEV	1		
KONSTRUKTION	Holzmenge insg.	1187,04 m3	Holzmenge / BGF	0,27 m3/m2	Holzmenge / Pers	19,46 m3/Pers.
	Holz Stützen	117,00 m3	Holzmenge / WLF	0,37 m3/m2		
	l in m	4,10 m				
	b in mm	280,00 mm				
	h in mm	280,00 mm				
	Anzahl	364 Stk.				
	Holz (trag.) Unterzüge	248,83 m3				
	l in m	4,00 m				
	b in mm	240,00 mm				
	h in mm	400,00 mm				
	Anzahl	648 Stk.				
	Holz Decken	737,28 m3				
	l in m	4,00 m				
	h in mm	160,00 mm				
	Anzahl	288 Stk.				
	Holz Aussteifung/Wände	83,93 m3				
	GWP (Treibhauspotential)	**13**				
	Rückbaubarkeit	**6**				
	Re-Use (Potential zur	**10**				
	Recycling (Wiederverwendung	**9**				
	Materialwahl / Nachwachsende	**26**				
WOHNUNG UND ZIMMER	**Wohnungsschlüssel**		**Effizienz Appartment**		**Anzahl der Personen insg.**	**61 Pers.**
	Gesamtzahl Wohnungen	13 WE	Passung Geometrie / Nutzung	59%	Pers. Appartment (Durchschnitt)	4,7 Pers.
			Rasterberechn. WFL pro Person	29,3 m2	HNF+NF/Pers. (Gebäude)	52,6 m2/Pers.
	Anzahl der Wohnungen	**13 WE**	**Wohnfläche pro WE Durchschnitt**	**250,2 m2**	**WFL pro Person in Whng.**	**52,2 m2/Pers.**
	1-PHH-Wohnung	1 WE	1-PHH-Wohnung	22,0 m2	1-PHH-Wohnung	-
	2-PHH-Wohnung	1 WE	2-PHH-Wohnung	110,1 m2	2-PHH-Wohnung	55,1 m2/Pers.
	3-PHH-Wohnung	2 WE	3-PHH-Wohnung	156,1 m2	3-PHH-Wohnung	52,0 m2/Pers.
	4-PHH-Wohnung	4 WE	4-PHH-Wohnung	195,8 m2	4-PHH-Wohnung	49,0 m2/Pers.
	5-PHH-Wohnung	1 WE	5-PHH-Wohnung	248,5 m2	5-PHH-Wohnung	49,7 m2/Pers.
	7-PHH-Wohnung	2 WE	7-PHH-Wohnung	403,0 m2	7-PHH-Wohnung	57,6 m2/Pers.
	8-PHH-Wohnung	1 WE	8-PHH-Wohnung	400,9 m2	8-PHH-Wohnung	50,1 m2/Pers.
	9-PHH-Wohnung	1 WE	9-PHH-Wohnung	465,3 m2	9-PHH-Wohnung	51,7 m2/Pers.
			Summe Wohnfläche	3148,3 m2	Anzahl der Personen	61 Pers.
WOHNFORMEN	**Gemeinschaftliche und individuelle Wohnfläche**					
	Wohnfläche individuell	533,75 m2				
	Anteil Wohnfläche individuell	17%				
	Wohnfläche gemeinschaftlich in der	2614,57 m2				
	Anteil Wohnfläche gemeinschaftlich in	81%				
	Wohnfläche gemeinschaftlich für	60,32 m2				
	Wohnfläche gemeinschaftlich für	2%				
PARTIZIPATION						

Case Study 5: dgj244 Greenhouse – Qualitative Analyse // Kategorie

	TYPOLOGIE		ADAPTABILITÄT (ERGEBNIS)	68%					FLEXIBLITÄT (ERGEBNIS)	78%				
STÄDTEBAU	**Urbane Typologie**		**Bewertung**	**13**					**Erweiterbarkeit Gebäudevolumen**					
	EFH, freistehend								Horizontal erweiterbar	1				1
	DH, RH								Vertikal erweiterbar	1				1
	Minihaus / Teppichsiedlung													
	Blockrand													
	Solitär / Hochhaus													
	Solitär / Großform	1												
GEBÄUDE	**Erschließungstypologie:**		**Gebäudetypologie ermöglicht...**							**16**				
	Flur		...andere Wohnformen	3					Einheiten verbinden	4	4			
	Laubengang		...andere Nutzung	3					Einheiten trennen	4	4			
	Vertikale Erschließung / Treppenkerne	1	**Belichtung und Belüftung**						Erschließung Einheiten	4	4			
	Direkte Erschließung der Wohneinheiten		Tiefe der Räume bis 5m (=3)						Grundriss Organisation	4	4			
	Vertikale Erschließung / Treppenkerne		Tiefe der Räume bis 6m (=2)						Raumreserven	4	4			
	Direkte Erschließung und internes Treppenhaus		Tiefe der Räume bis 7m (=1)	1										
			Barriere Erschließung Gebäude											
			Anteil Wohnungen	20%										
KONSTRUKTION	**Bauweise / Tragsystem**								**Bauweise / Tragsystem**	**4**				
	Skelettbau	1							Skelettbau (=4)	4				
	Hybrid								Hybrid (=3)					
	Schottenbauweise								Schotten-bauweise (=2)					
	Massivbau / tragende Wände								Massivbau/tragende Wände (=1)					
									Konstruktive Merkmale	**11**				
	Konstruktive Hierarchie								Große Spannweiten	3		3		
	Differenziert								Nicht-tragende Innenwände	4	4			
	Geschichtet								Position Leitungen	2			2	
	Integriert	1							Horizontale Leitungen	2			2	
	Monomaterial													
									Umbaubarkeit der Subsysteme	**13**				
									Tragwerk	3		3		
									Fassade	2			2	
									Konstruktiver Ausbau	4	4			
									Technischer Ausbau	4	4			
WOHNUNG	**Raumbildung**		**Raumreserven**						**Konstruktive Merkmale**					
	Zellenstruktur		41%						**Primäre Ebene**	**12**				
	Open Plan (Divsion)								Flexible Wände, Schiebetüren	4	4			
	Raum-im-Raum (eingestellt Boxen)	1							Flexible versetzbare Wände	4	4			
									Flexible Decken, Durchbrüche	4	4			
	Erschließungstypologie (in WE)													
	Flur oder internes Treppenhaus								**Sekundäre Ebene**	**3**				
	Verteiler Raum (über Wohnraum)	1							Flexible Einbauten	3		3		
			Barrierefreie Erschließ. Wohnungen											
			Anteil Wohnungen	20%										
			Barrierefreie Ausstattung											
			Anteil Wohnungen	20%										
WOHNFORMEN	**Wohntypolgie**		**Wohntypolgie**											
	Einzelappartment		Unterschiedliche Wohnformen	3										
	Flurgemeinschaft		Andere Nutzungen	3										
	Wohngemeinschaft	3												
	Familienwohnung	4												
	Cluster-Wohnung													
PARTIZIPATION			**Grad der Aneignung**											
			Partizipation Projektierung	2										
			Partizipation Planung	2										
			Partizipation Betrieb	4										
									Veränderung Gebäude	**16**	**4**	**3**	**2**	**1**
									Anpassung Nutzung/Wohnform	4	4			
									Anpassungen Grundriss möglich	4	4			
									Anpassungen Feste Einbauten	4	4			
									Eigene Möbel	4	4			

Case Study 6.1: dgj205 Reichenbach RH
Case Study 6.2 dgj 205 Reichenbach EFH

Genese des Projekts 6.6.1

Für dieses Wohngebiet wurden zwischen 2014 und 2015 ein Einfamilienhaus (EFH) sowie Reihen- und Doppelhaustypen (RH, DH) entworfen. Die Raumstrukturen beruhen auf einem quadratischen Raster, das fließende Räume, aber auch eine flexible Nutzung und Raumanpassung ermöglicht und somit große Variabilität der Grundrisse zulässt. Die Grundidee des Rasters des Einfamilienhauses beruht auf den Raumaufteilungen von Jugendstilvillen, wurde jedoch mit Bezug zur Moderne zeitgemäß umgesetzt.

Entwurfskonzept 6.6.2

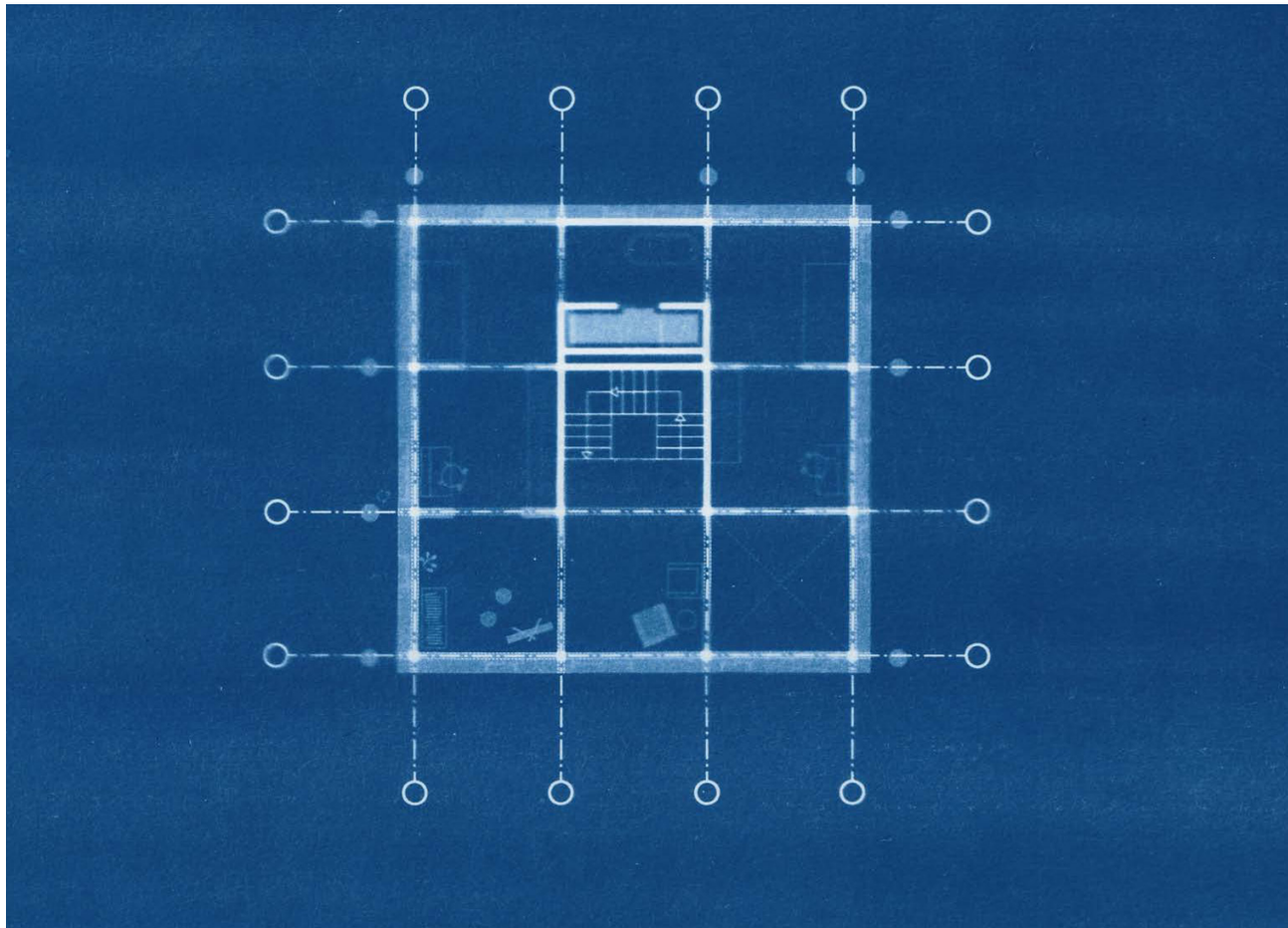
Die Entwürfe sind so aufgebaut, dass alle Gebäudetypologien, trotz der unterschiedlichen Gebäudegeometrien, Dachformen und Gebäudegrößen mit einem einheitlichen Gestaltungskonzept umgesetzt werden können. So basieren alle drei Gebäudetypen auf einem quadratischen Grundraster, dass sich sowohl im Grundriss als auch im Schnitt und in den Ansichten fortsetzt. Bei dem EFH sind drei mal drei Raster geplant. Bei DH und RH sind zwei mal vier Raster geplant. Dadurch kann auf die unterschiedlichen Anforderungen des Raumprogramms reagiert werden. Die Dachform von DH und RH ist durch eine Erhöhung der Außenwand zu einer Brüstung angepasst und bildet die Absturzsicherung. Die Dachfläche selbst ist ein Pultdach, das wie im vorliegenden Bebauungsplan vorgeschrieben, 15 Grad Neigung aufweist.

Abbildung 113:
(vorherige Seite)
Case Study 6: dgj205 Reichenbach Modell Einfamilienhaus Maßstab 1/100, DGJ Architektur 2015. Foto: Hans Drexler.

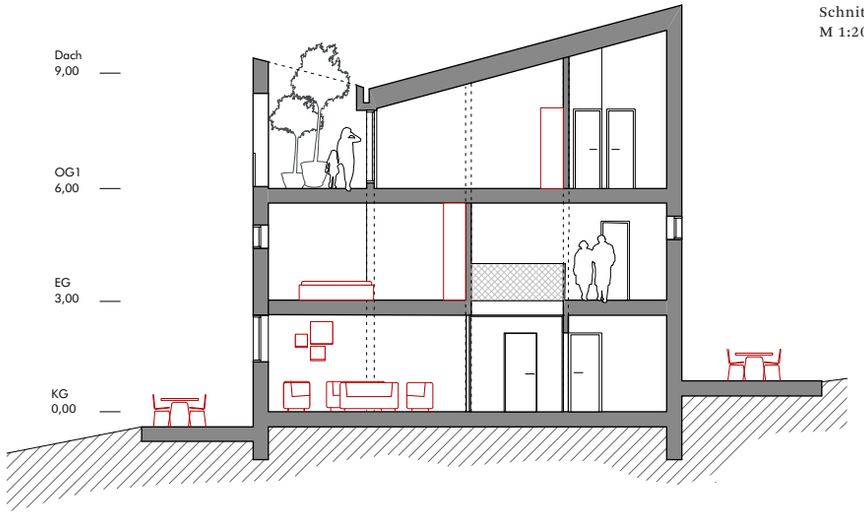
6.6.3 Tragwerk und Konstruktion

Das Tragwerk wurde als Massivkonstruktion entwickelt, weil diese Ausführung gegenüber einer Skelettbauweise kostengünstiger ist. Die Vermarktung konzentrierte sich auf Kleinfamilien, weswegen die Flexiblität und andere Nutzungskonzepte bei der Umsetzung der Gebäude nicht berücksichtigt wurden.

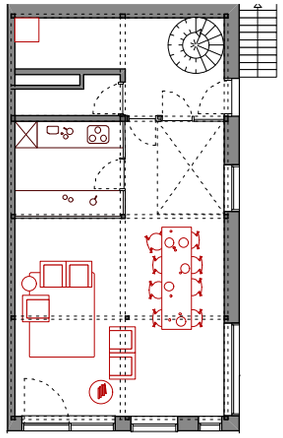
Abbildung 114:
Case Study 6: dgj205 Reichenbach, TYP Einfamilienhaus (EFH). X-Ray-Analysis des Tragwerks, Cyanotypie auf Papier, DGJ Architektur 2019.



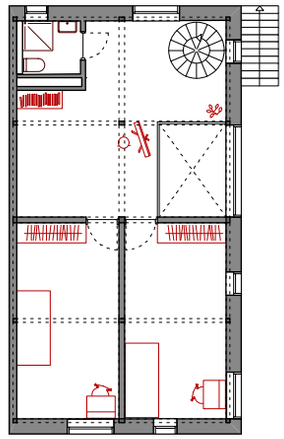
Case Study 6.1: dgj205 Reichenbach RH



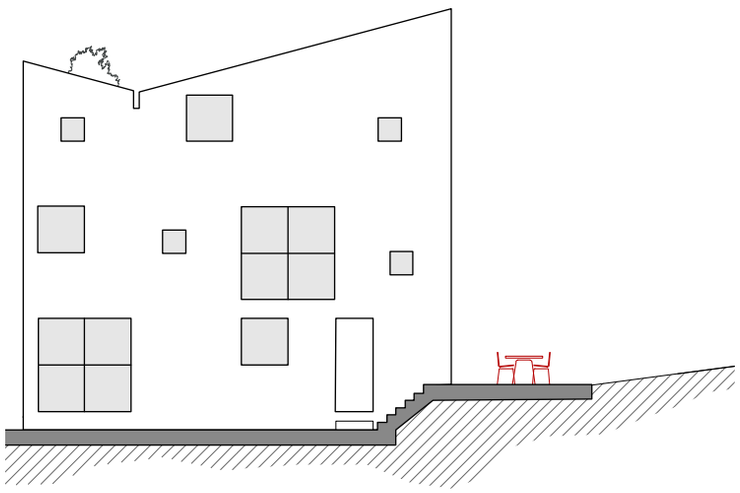
Schnitt
M 1:200

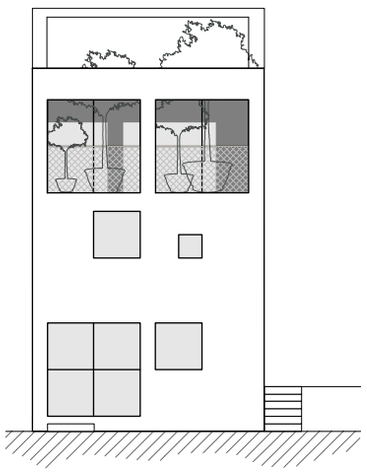


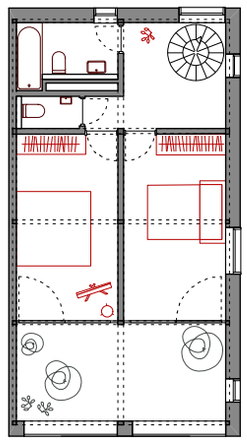
Grundriss
EG
M 1:200



Grundriss
1. OG
M 1:200

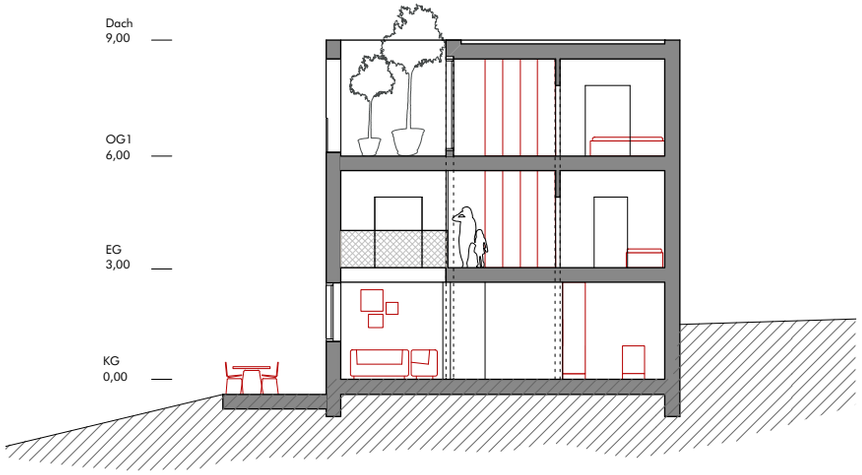






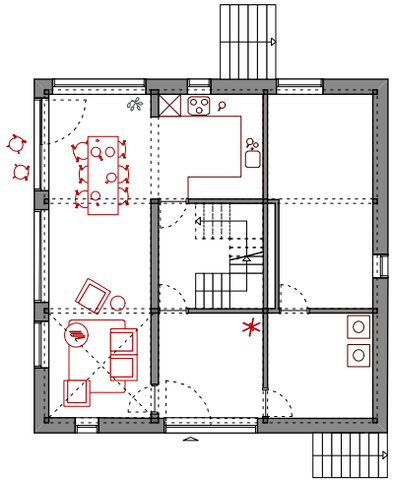
Grundriss
2. OG
M 1:200

Case Study 6.2: dgj205 Reichenbach EFH

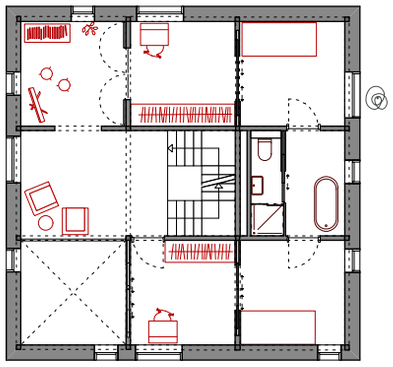


Schnitt
M 1:200

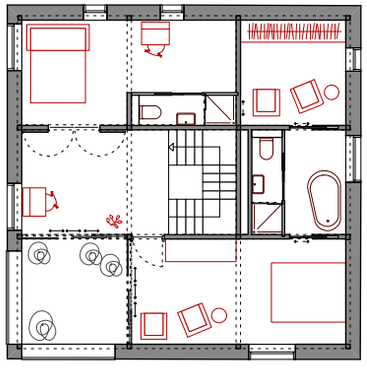
Grundriss
EG
M 1:200

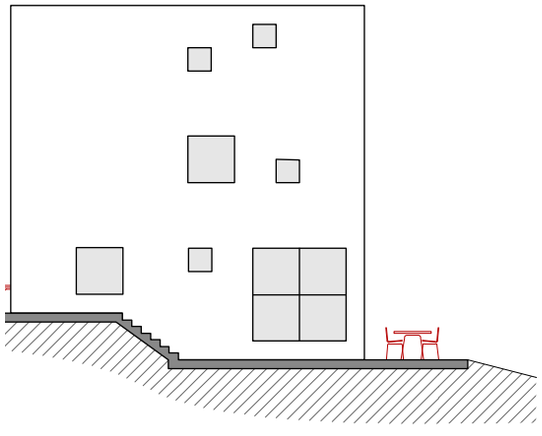


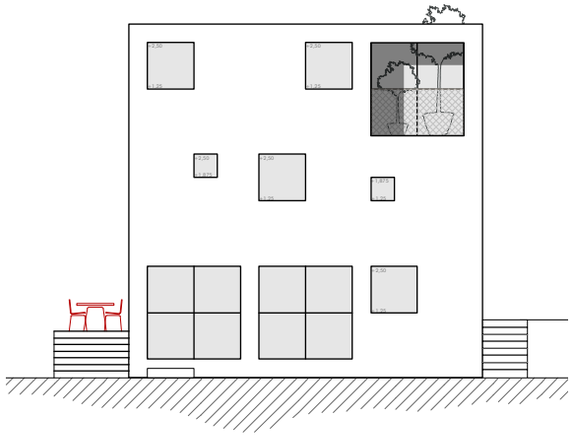
Grundriss
1. OG
M 1:200



Grundriss
2. OG
M 1:200







Nutzung und Adaptabilität 6.6.4.1

Gebäude-Ebene 6.6.4.1.1

Die Gebäude wurden so entworfen, dass die einzelnen Räume gleiche oder ähnliche Größen aufweisen und damit auch vertauscht werden können. Die ursprüngliche Idee war, dass der Grundriss wie ein modulares System funktioniert, bei dem sich die BewohnerInnen die Grundrisse individuell zusammenstellen können.

In der ursprünglichen Planung waren die Häuser als sogenannte Lebenszyklus-Häuser so entwickelt, dass die sich über alle Geschosse erstreckende, große Wohnfläche in eine kleinere Wohnung im Erdgeschoss und eine etwas größere in den beiden darüber liegenden Geschossen aufgeteilt werden kann. Da die Gebäude am Hang liegen, gab es auch im ersten Obergeschoss einen direkten Zugang von der Straße zur Wohnküche. Der Nachteil dieser Planung war der fehlende Gartenzugang des Wohnzimmers, weswegen die nun vorliegende Planung vorgezogen wurde.

Die Modularität der Grundrisse wurde in einer früheren Planungsphase dazu genutzt, um einen Baukasten aus verschiedenen Raumnutzungen (unter anderem Wohnzimmer, Schlafzimmer, Bäder) zu erarbeiten, die von den KundInnen individuell zusammengestellt werden sollten. Dieses Konzept wurde in der Umsetzung der Gebäude nicht verfolgt. Der Projektentwickler verkaufte die Häuser vor Baubeginn und stimmt Grundrisse mit den Käufern ab, so dass auch individuelle Wünsche berücksichtigt werden können. Diese werden jedoch nicht im Sinne eines modularen Baukastens erarbeitet, sondern als Änderungen gegenüber der Standard-Ausführung, um den Planungsaufwand in der Umsetzung zu verringern.

Flexibilität 6.6.4.2.

Städtebauliche Ebene 6.6.4.2.1

Die Grundstücke sind in Hinblick auf die zulässigen Bebauungshöhen und die Abstandsflächen beschränkt. Die Entwürfe nutzen diese Beschränkung aus, um die größtmögliche Wohnfläche auf den Grundstücken zu realisieren. Eine Nachverdichtung durch eine Siedlung von Einfamilienhäusern ist grundsätzlich möglich, wenn sich die rechtlichen Voraussetzungen (Bebauungsplan) ändern.

In früheren Studien wurden die Grundstücke und Häuser kleiner entworfen, um Wohnraum für eine höhere Anzahl von Menschen auf der gleichen Grundstücksgröße zu schaffen. Auch wurden die meisten Gebäude als Reihenhäuser geplant, was eine bessere Ausnutzung der Grundstücke ermöglicht. Diese Vorschläge wurden im Gemeinderat abgelehnt.

Gebäude-Ebene 6.6.4.2.2

Die Gebäude sind so konzipiert, dass sie sich mit geringem Aufwand umbauen lassen. Allerdings ergeben sich aus der Anordnung der Erschließung und der Wohnräume weniger Möglichkeiten einer sinnvollen Abtrennung von einzelnen Teilen des Gebäudes. Dem Bauherrn wurde eine Verortung des Kinderzimmers im unteren Geschoss vorgeschlagen, um diesen Teil zu einem späteren Zeitpunkt mit angeschlossenem Bad als Einliegerwohnung nutzen zu können, die direkt vom Garten aus zu erschließen ist. Der obere Teil des Gebäudes wäre dann von der Straße zugänglich. Doch durch die Entscheidung, Wohnzimmer und Küche im unteren Geschoss zu verorten, ist eine Abtrennung von Teilen des Gebäudes nicht möglich.

Konstruktion und Tragwerk 6.6.4.2.3

Die Gebäude wurden mit wenigen tragenden Stützen und Unterzügen in Massivholz-Bauweise geplant, um große Spannweiten zu reduzieren. Durch den Einsatz der Stützen können die Trennwände auch als nicht-tragend ausgeführt werden, sodass die Möglichkeit besteht, diese herauszunehmen oder zu versetzen.

6.6.4.3 Steckbrief // Quantitative und qualitative Analysen

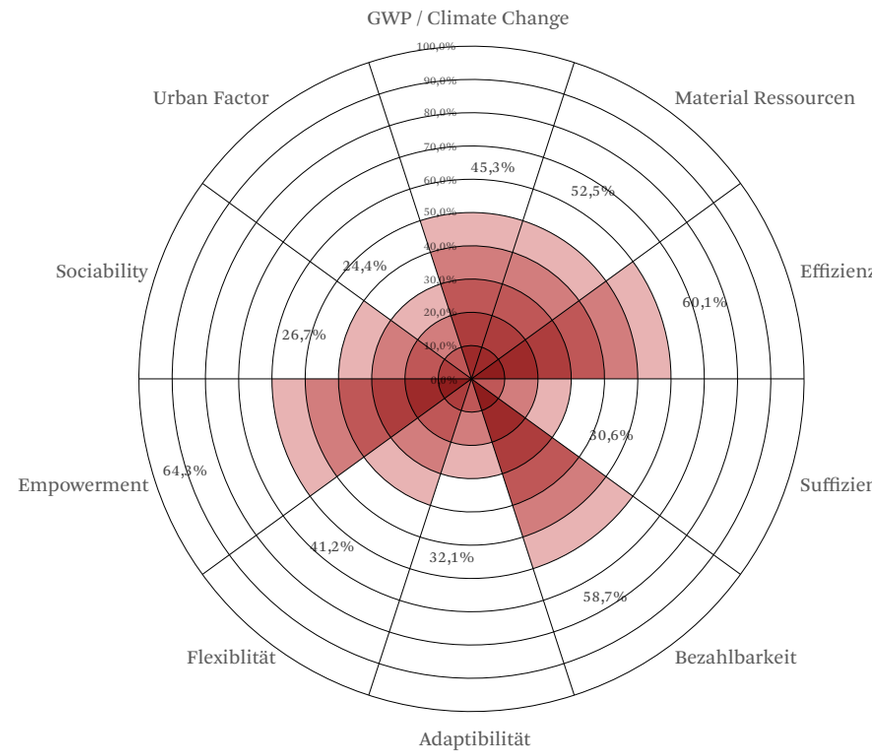
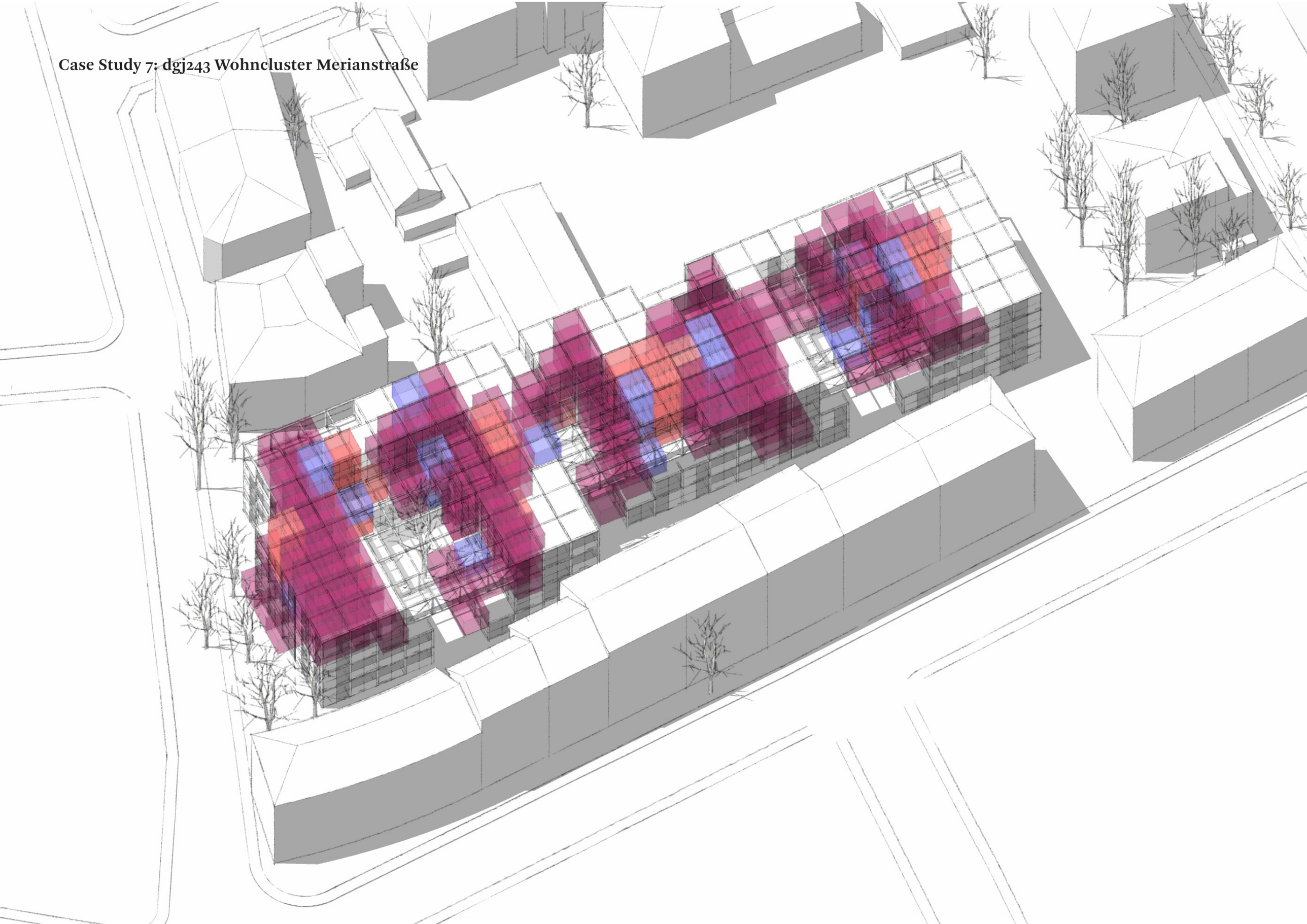


Abbildung 115: *Case Study 6: dgj205 Reichenbach, TYP Einfamilienhaus (EFH)*. Radar-Diagramm Nachhaltigkeitsbewertung, DGJ Architektur 2019.

	Case Study 6: dgj205 Reichenbach – Quantitative Analyse // Numerisch Geometrisch					
	KENNDATEN		**EFFIZIENZ**		**SUFFIZIENZ**	
STÄDTEBAU	Urbane Typologie					
	Bruttogeschossfläche (BGF (r))	384,75 m2	Dichte (GFZ) Geschossflächenzahl	2,2	BGF / Pers.	132,25 m2
	Bruttogeschossfläche (BGF (s))	12,00 m2				
	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	396,75 m2				
	Bruttorauminhalt (BRI (r))	1150,58 m3	Grundflächenzahl (GRZ)	0,76		
	Grundstücksfläche (GF)	175,00 m2	Baumassenzahl (BMZ)	0,15 m3/m2	Grundstücksfläche / Pers.	35,00 m2
	Grundfläche eines Gebäudes (BF)	132,25 m2				
GEBÄUDE	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	396,75 m2	WLF / (BGF (r) + BGF (s))	33%	BGF (r) / Pers.	128,25 m2
	Wohn- und Nutzfläche WLF + HNF	132,29 m2	WLF / (BGF (r))	34%	BGF (s) / Pers.	4,00 m2
	Nutzfläche (NF)	6,89 m2			(BGF (r) + BGF (s)) / Pers.	132,25 m2
	Verkehrsfl. (VF)	5,30 m2	VF / (BGF (r) + BGF (s))	1,34%	WLF / Pers.	44,10 m2
	Konstruktionsfläche (KF)	252,27 m2	KF / (BGF (r) + BGF (s))	63,58%		
	Hüllfläche (gegen Außen)	380,78 m2	A/V	0,33 m2/m3		
	0					
	Raster x	2,85 m	**Baukosten**	**1**		
	Raster y	2,85 m	0% - 25%			
	Gebäudelänge x	11,50 m	25 - 50			
	Gebäudelänge y	11,50 m	50 - 75			
	Geschosse	3	75 -100%	1		
			Energie-Standard	**4**		
			Plus-Energie-Haus	4		
KONSTRUKTION	Holzmenge insg.	43,23 m3	Holzmenge / BGF	0,11 m3/m2	Holzmenge / Pers	14,41 m3/Pers.
	Holz Stützen	4,32 m3	Holzmenge / WLF	0,33 m3/m2		
	l in m	3,00 m				
	b in mm	200,00 mm				
	h in mm	200,00 mm				
	Anzahl	36 Stk.				
	Holz (trag.) Unterzüge	3,05 m3				
	l in m	2,65 m				
	b in mm	200,00 mm				
	h in mm	240,00 mm				
	Anzahl	24 Stk.				
	Holz Decken	17,17 m3				
	l in m	3,00 m				
	h in mm	120,00 mm				
	Anzahl	18 Stk.				
	Holz Aussteifung/Wände	18,69 m3				
	GWP (Treibhauspotential)	**9**				
	Rückbaubarkeit	**5**				
	Re-Use (Potential zur	**7**				
	Recycling (Wiederverwendung	**6**				
	Materialwahl / Nachwachsende	**2**				
WOHNUNG UND ZIMMER	**Wohnungsschlüssel**		**Effizienz Appartment**		**Anzahl der Personen insg.**	**3 Pers.**
	Gesamtzahl Wohnungen	1 WE	Passung Geometrie / Nutzung	66%	Pers. Appartment (Durchschnitt)	3,0 Pers.
			Rasterberechn. WFL pro Person	21,1 m2	HNF+NF/Pers. (Gebäude)	44,1 m2/Pers.
	Anzahl der Wohnungen	**1 WE**	**Wohnfläche pro WE Durchschnitt**	**132,3 m2**	**WFL pro Person in Whng.**	**44,1 m2/Pers.**
	3-PHH-Wohnung	1 WE	3-PHH-Wohnung	132,3 m2	3-PHH-Wohnung	44,1 m2/Pers.
			Summe Wohnfläche	132,3 m2	Anzahl der Personen	3 Pers.
WOHNFORMEN	**Gemeinschaftliche und individuelle Wohnfläche**					
	Wohnfläche individuell	132,29 m2				
	Anteil Wohnfläche individuell	100%				
	Wohnfläche gemeinschaftl. in Whng.	0,00 m2				
	Anteil Wohnfläche gem. in Whng.	0%				
	Wohnfläche gemeinschaftl. Gebäude	0,00 m2				
	Wohnfläche gemeinschaftl. Gebäude	0%				
PARTIZIPATION						

	Case Study 6: dgj205 Reichenbach – Qualitative Analyse // Kategorie					
	KENNDATEN		**EFFIZIENZ**		**SUFFIZIENZ**	
STÄDTEBAU	Urbane Typologie					
	Bruttogeschossfläche (BGF (r))	384,75 m2	Dichte (GFZ) Geschossflächenzahl	2,2	BGF / Pers.	132,25 m2
	Bruttogeschossfläche (BGF (s))	12,00 m2				
	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	396,75 m2				
	Bruttorauminhalt (BRI (r))	1150,58 m3	Grundflächenzahl (GRZ)	0,76		
	Grundstücksfläche (GF)	175,00 m2	Baumassenzahl (BMZ)	0,15 m3/m2	Grundstücksfläche / Pers.	35,00 m2
	Grundfläche eines Gebäudes (BF)	132,25 m2				
GEBÄUDE	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	396,75 m2	WLF / (BGF (r) + BGF (s))	33%	BGF (r) / Pers.	128,25 m2
	Wohn- und Nutzfläche WLF + HNF	132,29 m2	WLF / (BGF (r))	34%	BGF (s) / Pers.	4,00 m2
	Nutzfläche (NF)	6,89 m2			(BGF (r) + BGF (s)) / Pers.	132,25 m2
	Verkehrsfl. (VF)	5,30 m2	VF / (BGF (r) + BGF (s))	1,34%	WLF / Pers.	44,10 m2
	Konstruktionsfläche (KF)	252,27 m2	KF / (BGF (r) + BGF (s))	63,58%		
	Hüllfläche (gegen Außen)	380,78 m2	A/V	0,33 m2/m3		
	0					
	Raster x	2,85 m	**Baukosten**	**1**		
	Raster y	2,85 m	0% - 25%			
	Gebäudelänge x	11,50 m	25 - 50			
	Gebäudelänge y	11,50 m	50 - 75			
	Geschosse	3	75 -100%	1		
			Energie-Standard	**4**		
			Plus-Energie-Haus	4		
KONSTRUKTION	Holzmenge insg.	43,23 m3	Holzmenge / BGF	0,11 m3/m2	Holzmenge / Pers	14,4 m3/Pers.
	Holz Stützen	4,32 m3	Holzmenge / WLF	0,33 m3/m2		
	l in m	3,00 m				
	b in mm	200,00 mm				
	h in mm	200,00 mm				
	Anzahl	36 Stk.				
	Holz (trag.) Unterzüge	3,05 m3				
	l in m	2,65 m				
	b in mm	200,00 mm				
	h in mm	240,00 mm				
	Anzahl	24 Stk.				
	Holz Decken	17,17 m3				
	l in m	3,00 m				
	h in mm	120,00 mm				
	Anzahl	18 Stk.				
	Holz Aussteifung/Wände	18,69 m3				
	GWP (Treibhauspotential)	**9**				
	Rückbaubarkeit	**5**				
	Re-Use (Potential zur	**7**				
	Recycling (Wiederverwendung	**6**				
	Materialwahl / Nachwachsende	**2**				
WOHNUNG UND ZIMMER	**Wohnungsschlüssel**		**Effizienz Appartment**		**Anzahl der Personen insg.**	**3 Pers.**
	Gesamtzahl Wohnungen	1 WE	Passung Geometrie / Nutzung	66%	Pers. Appartment (Durchschnitt)	3,0 Pers.
			Rasterberechn. WFL pro Person	21,1 m2	HNF+NF/Pers. (Gebäude)	44,1 m2/Pers.
	Anzahl der Wohnungen	**1 WE**	**Wohnfläche pro WE Durchschnitt**	**132,3 m2**	**WFL pro Person in Whng.**	**44,1 m2/Pers.**
	3-PHH-Wohnung	1 WE	3-PHH-Wohnung	132,3 m2	3-PHH-Wohnung	44,1 m2/Pers.
			Summe Wohnfläche	132,3 m2	Anzahl der Personen	3 Pers.
WOHNFORMEN	**Gemeinschaftliche und individuelle Wohnfläche**					
	Wohnfläche individuell	132,29 m2				
	Anteil Wohnfläche individuell	100%				
	Wohnfläche gemeinschaftl. in Whng.	0,00 m2				
	Anteil Wohnfläche gem. in Whng.	0%				
	Wohnfläche gemeinschaftl. Gebäude	0,00 m2				
	Wohnfläche gemeinschaftl. Gebäude	0%				
PARTIZIPATION						

Case Study 7: dgj243 Wohncluster Merianstraße



Genese des Projekts 6.7.1

Der Entwurf ist eine Studie für die Nachverdichtung eines Grundstücks im Hof eines gründerzeitlichen Blocks in Frankfurt am Main und als freie Studienarbeit im Rahmen von PEP entstanden. Die Absicht war, das Bausystem mit einer offenen räumlichen, dreidimensionalen Struktur zu erproben.

Entwurfs- und Konstruktionskonzept 6.7.2

Über freie Treppenanlagen in den Innenhöfen der Struktur wurden relativ große, offene Wohnungen (oder Flächen) erschlossen, denen wiederum kleinere Zimmer als private Wohnbereiche zugeordnet waren. Die horizontale Erschließung erfolgte über die gemeinschaftlichen Wohnbereiche. Um eine relativ hohe Ausnutzung des Grundstücks und der Struktur zu erreichen, wurde versucht, die Wohnfläche und die Anzahl der privaten Zimmer zu vergrößern. Hierdurch sollte das Verhältnis von Zimmerfläche zu gemeinschaftlicher Wohnfläche jenem aus dem konventionellen Wohnungsbau angenähert werden. Die Konsequenz war jedoch, dass die Wohnbereiche den Charakter einer Erschließungsfläche annahmen, die von Türen umgeben ist, und sich die Wohnbereiche zu innenliegenden und damit relativ dunklen Zonen verwandelten.

Der Versuch ist für die Studie insofern von großer Bedeutung, weil relativ früh im Entwurfsprozess grundlegende Probleme identifiziert werden konnten, die wiederum die Grenzen des Bausystem klarer zu beschreiben helfen. Ein Problem war der Brandschutz und die erforderlichen Rettungswege, die am einfachsten über eingestellte Treppenkerne hätten gelöst werden können, die aber das räumliche Gefüge gestört hätten. Ein weiteres Problem ist die Komplexität der Gebäudehülle mit den zahlreichen Überlagerungen von Innen- und Außenräumen. Die in Teilen offenliegende Tragstruktur, die zahlreichen Vor- und Rücksprünge sowie die unterschiedliche Höhenentwicklung hätten die Formulierung eines Gebäudeabschlusses (Gebäudehülle) deutlich erschwert. Zwar führen diese zu interessanten räumlichen Situationen, sind aber technisch schwer beherrschbar, weil an diesen Stellen immer Wärmebrücken und potentielle Undichtigkeiten der Gebäudehülle entstehen können.

Obgleich der Versuch abgebrochen wurde, ergaben sich interessante räumliche Ansätze daraus. Diese wurden insbesondere im daran anschließenden PEP-Entwurf *Case Study 5: dgj244 Greenhous*e weiterentwickelt.

Steckbrief // Quantitative und qualitative Analysen 6.7.3

Die quantitativen und qualitativen Analysen konnten für dieses Projekt nicht durchgeführt werden, weil der Entwurf nicht weit genug ausgearbeitet wurde, um alle erforderlichen Daten zu erheben.

Abbildung 116:
(vorherige Seite)
Case Study 7: dgj243 Wohncluster Merianstraße, Visualisierung aus 3D-Model, DGJ Architektur 2017.

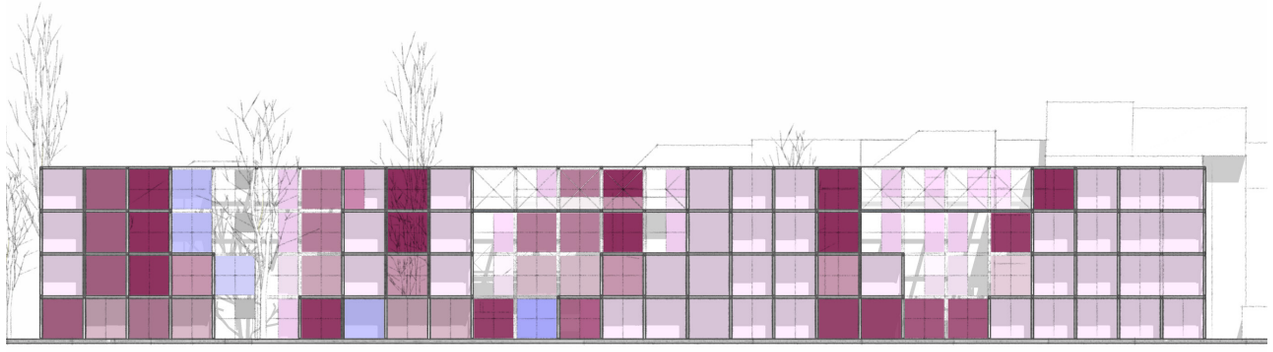
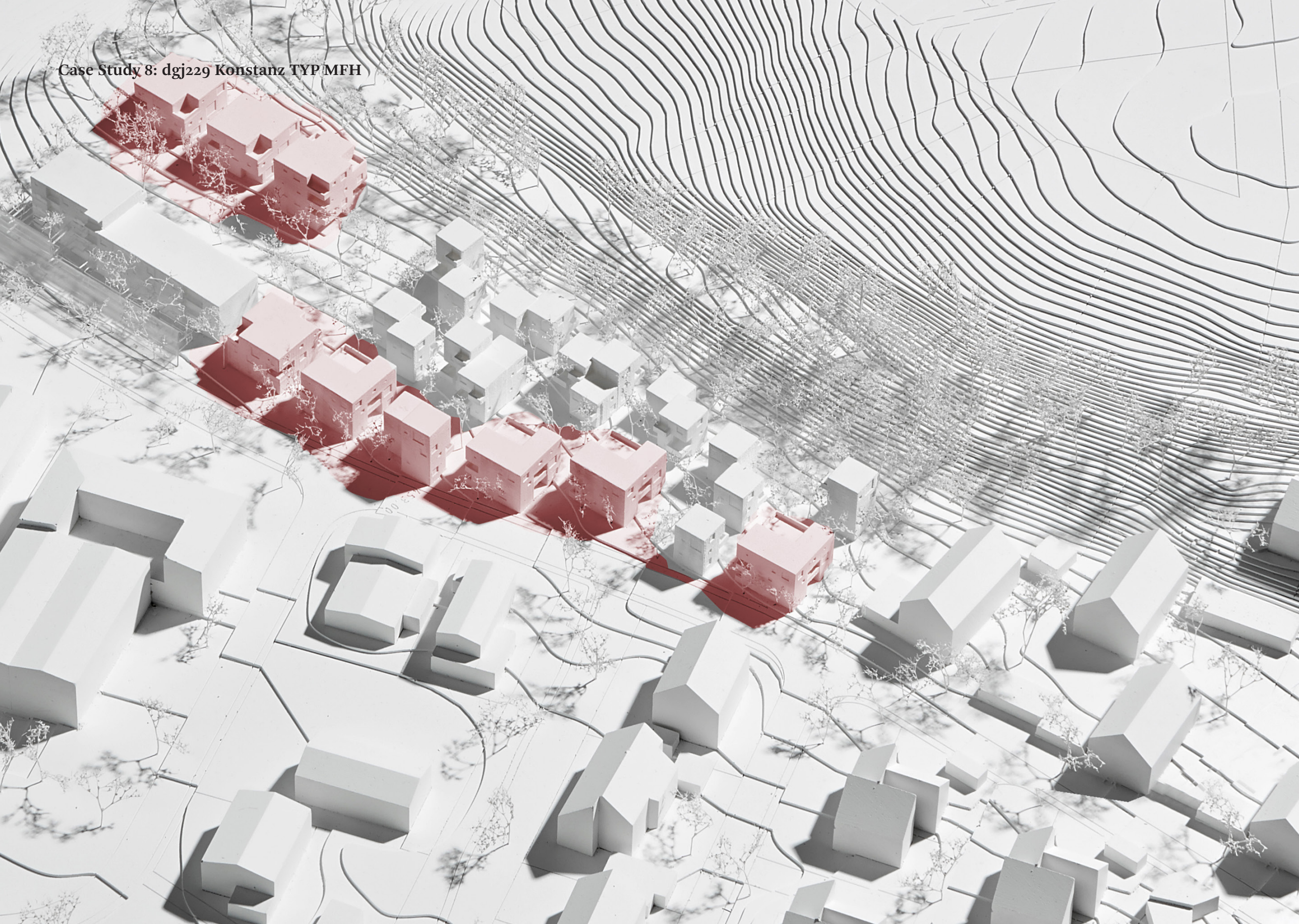


Abbildung 117:
Case Study 7: dgj243 *Wohncluster Merianstraße*, Schnitt, DGJ Architektur 2017.

Case Study 8: dgj229 Konstanz TYP MFH



Genese des Projekts

6.8.1

Das Projekt wurde 2017 für einen eingeladenen Wettbewerb für ein neues Wohngebiet am Stadtrand von Konstanz entwickelt. Von der Auslobung wurden vielfältige Wohnformen in unterschiedlichen Umsetzungen (Wohnungsbaugesellschaften, Wohngruppen) mit variierenden Wohnungsgrößen und Mietkosten nachgefragt.

Diese Vielfalt wurde zum Anlass genommen, um mit dem Bausystem zwei Gebäudetypologien zu entwerfen, die sich für sehr unterschiedliche Wohnformen und Wohnungsgrößen eignen. Neben diesen Mehrfamilienhäusern (sogenannte ‚Microblocks') wurden auch ‚Minihäuser'* entwickelt.

Siehe auch:
Case Study 9: dgj229 Konstanz TYP Minihaus

Entwurfskonzept

6.8.2

Die Gebäudetypologien sollen auf kleiner Wohnfläche hohe Wohnqualität bieten. Durch den innovativen Städtebau werden:

- der Landverbrauch pro Gebäude und Person dramatisch gesenkt,
- die Wohnungen und Häuser erheblich günstiger,
- differenzierter Außenraum geschaffen, der geschützt sowohl privat als auch öffentlich hohe Aufenthaltsqualität schafft.

Die kleinteilige Bebauung ordnet sich in den angrenzenden Stadtteil und den Landschaftsraum ein. Es entstehen kleine, lebenswerte Außenräume und Gebäude, die den BewohnerInnen ein hohes Identifikationspotential bieten. Statt großer städtebaulicher Gesten entstehen feinfühlige und vielfältige Lebensräume. In Ost-West-Richtung sind Spielstraßen angeordnet, die das Wohngebiet erschließen und zur Landschaft öffnen. Auch ist das Quartier mit einem sehr hohen Grünanteil und vielen Bäumen geplant. An der Westflanke des Wohngebiets ist ein Landschaftsraum formuliert, der das Wohngebiet in Nord-Süd-Richtung erschließt. Durch diese Verbindung ist eine autofreie Fußgänger-Erschließung von allen Wohngebäuden möglich.

‚Microblocks' sind kleine Mehrfamilienhäuser mit kleinen Privatgärten oder aber Balkonen zu jeder Wohneinheit. Sie bieten ein differenziertes Angebot von unterschiedlichen Wohnungen (Studios, 3- bis 6-Zimmer-Wohnungen), die auf den Bedarf in Konstanz und das ‚Handlungsprogramm Wohnen in Konstanz' abgestimmt sind. Den Schwerpunkt bilden Familienwohnungen mit drei, vier und fünf Zimmern. Diese werden sowohl im geförderten Wohnungsbau als auch bindungsfrei angeboten.

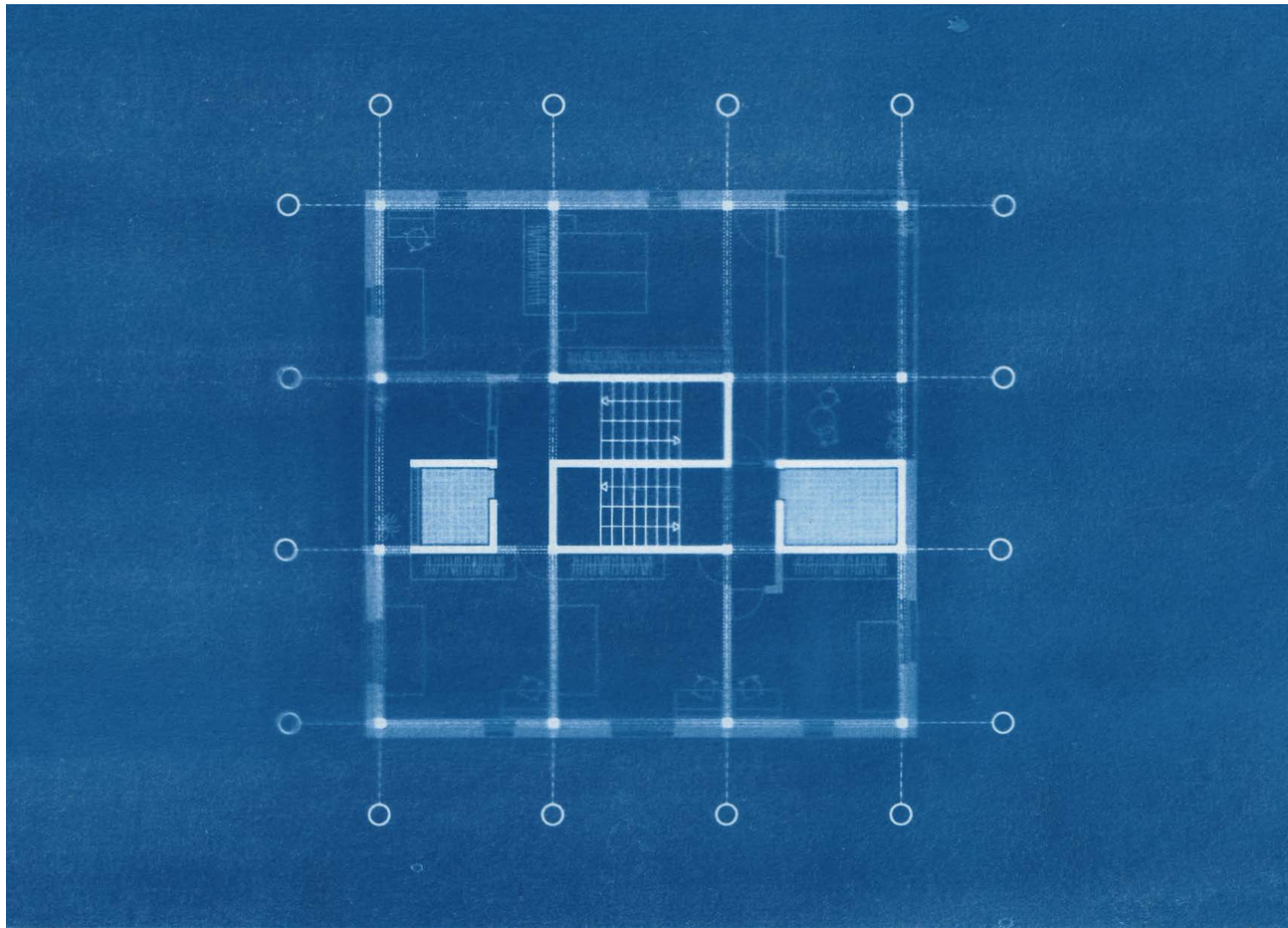
Abbildung 118: (vorherige Seite) *Case Study 8: dgj229 Konstanz* Lageplan o.M., Minihäuser (Kategorie V) unmarkiert, Microblocks (Kategorien II, III und IV) in rot, DGJ Architektur 2017.

Tragwerk und Konstruktion

6.8.3

Bei dem Wettbewerb wurden nur die städtebaulichen Aspekte und die Wohnungstypologien vertieft. Die Mehrfamilienhäuser sind mit einem aussteifenden Treppenkern konstruiert. Die Konstruktion des Gebäudes wäre als Skelettbau, wie in dem X-Ray dargestellt, denkbar oder mit tragenden und aussteifenden Wandscheiben aus Holztafeln oder Massivholz.

Abbildung 119: *Case Study 8: dgj229 Konstanz TYP MFH, X-Ray-Analysis* des Tragwerks, Cyanotypie auf Papier, DGJ Architektur 2019.



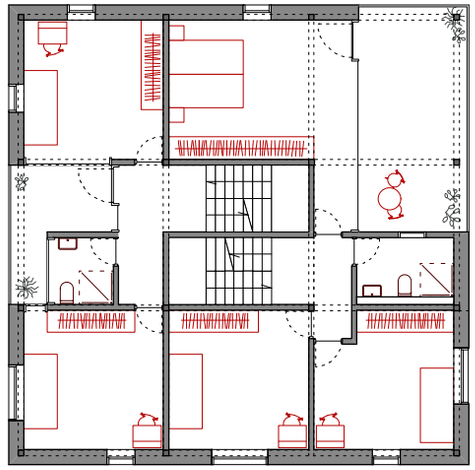
Adaptabilität und Flexibilität

6.8.4.1

Auch bei den ‚Microblocks' sind die Möglichkeiten zur Umnutzung und zum flexiblen Umbau der Gebäude grundsätzlich gegeben. Die mittige Erschließung ermöglicht darüber hinaus, die Wohnungen zu trennen und kleinere Einheiten zu bilden.

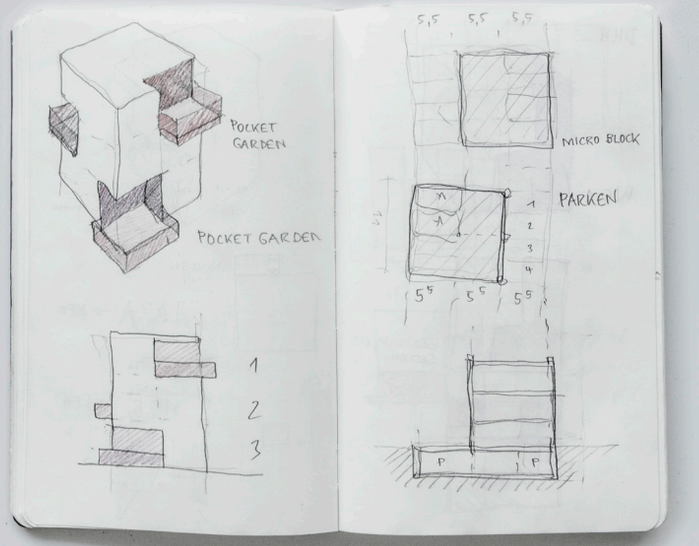
Die Planung wurde im Wettbewerb konstruktiv nicht vertieft. Grundsätzlich ließe sich das Gebäude mit einem tragenden Treppenhaus und tragender Fassade im Inneren mit nicht-tragenden Trennwänden konstruieren.

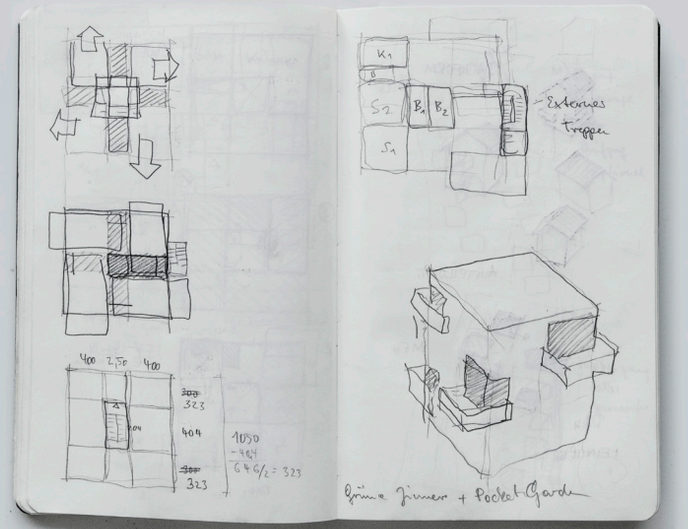
Grundriss
M 1 : 200

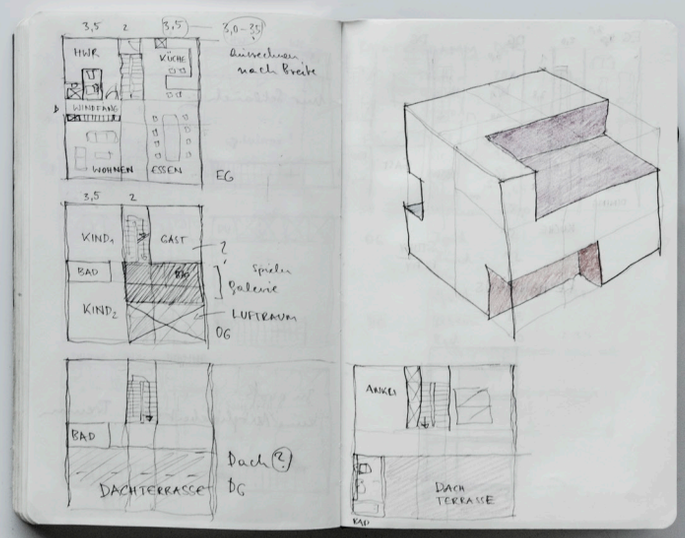


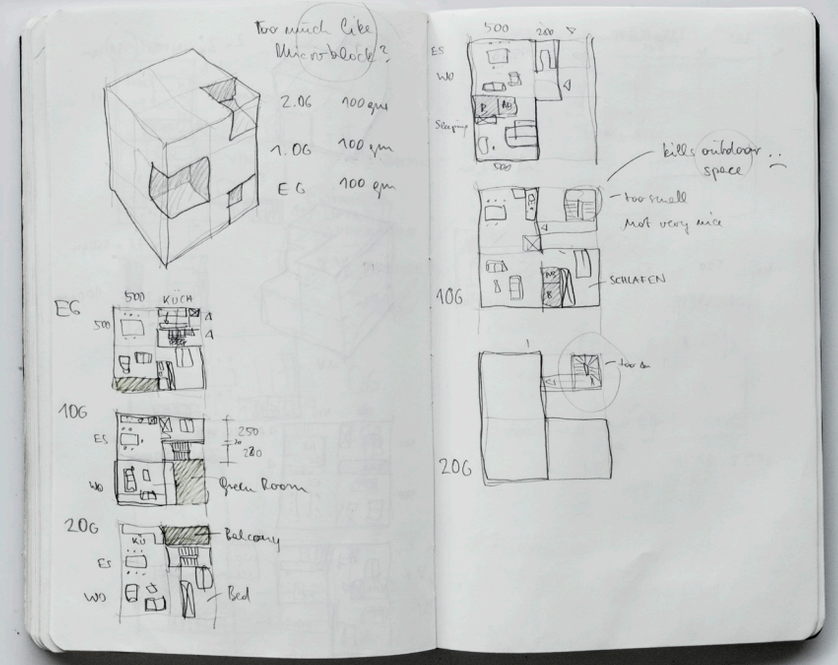
Grundriss
M 1 : 200

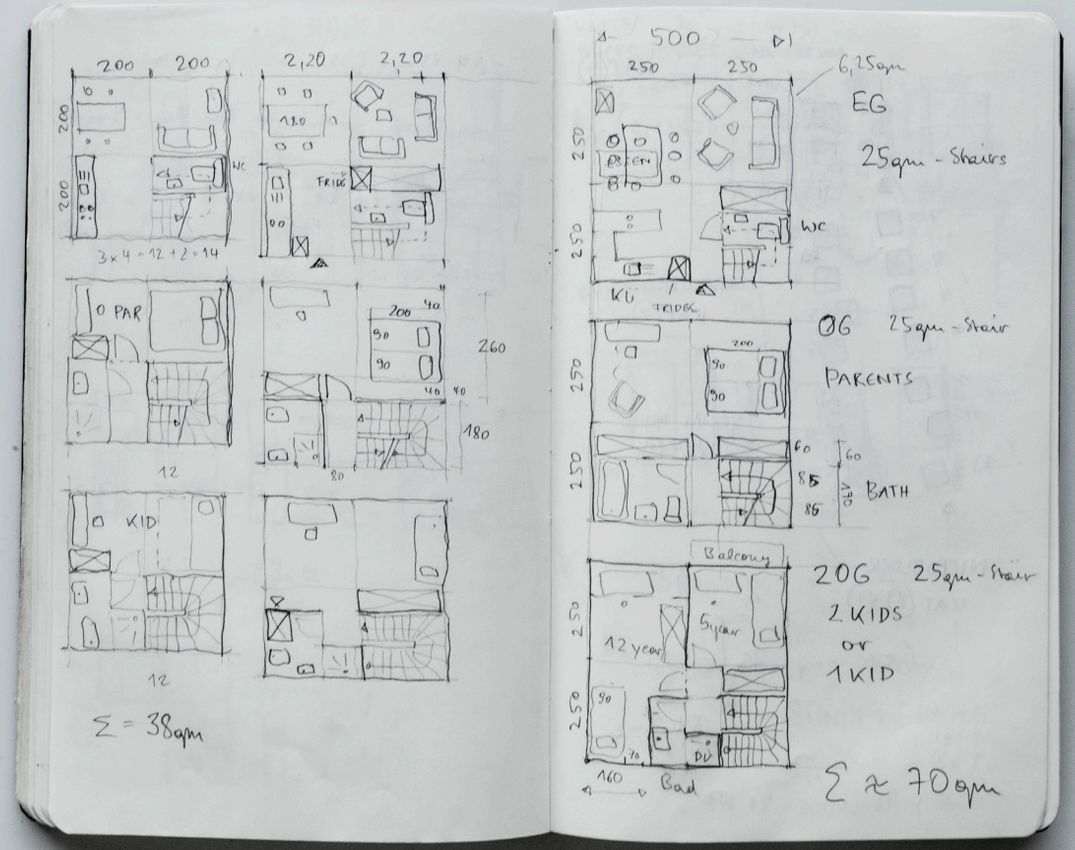
Grundriss
M 1 : 200


POCKET GARDEN
POCKET GARDEN
MICRO BLOCK
PARKEN
1
2
3


Externes Treppen
Grüne Zimmer + Pocket Garden


HWR
KÜCHE
WINDFANG
WOHNEN
ESSEN
EG
KIND1
GAST
BAD
KIND2
LUFTRAUM
OG
BAD
DACHTERRASSE
Dach (?)
DG
DACH TERRASSE


Too much like Microblock?
2.OG 100 qm
1.OG 100 qm
EG 100 qm
EG
KÜCH
10G
Green Room
20G
Balcony
Bed
kills outdoor space
too small
not very nice
SCHLAFEN
10G
20G


3 x 4 = 12 + 2 = 14
PAR
KID
Σ = 38qm
6,25qm
EG
25qm - Stairs
WC
OG 25qm - Stair
PARENTS
BATH
Balcony
20G 25qm - Stair
2 KIDS
or
1 KID
12 year
5 year
Bad
Σ ≈ 70qm

6.8.4.2 Steckbrief // Quantitative und qualitative Analysen

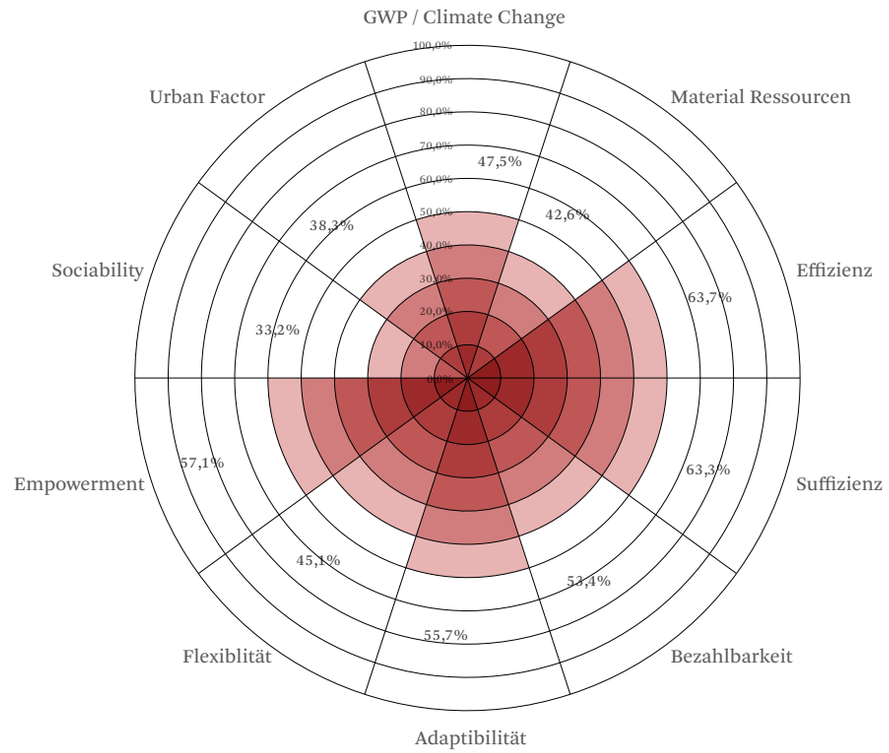
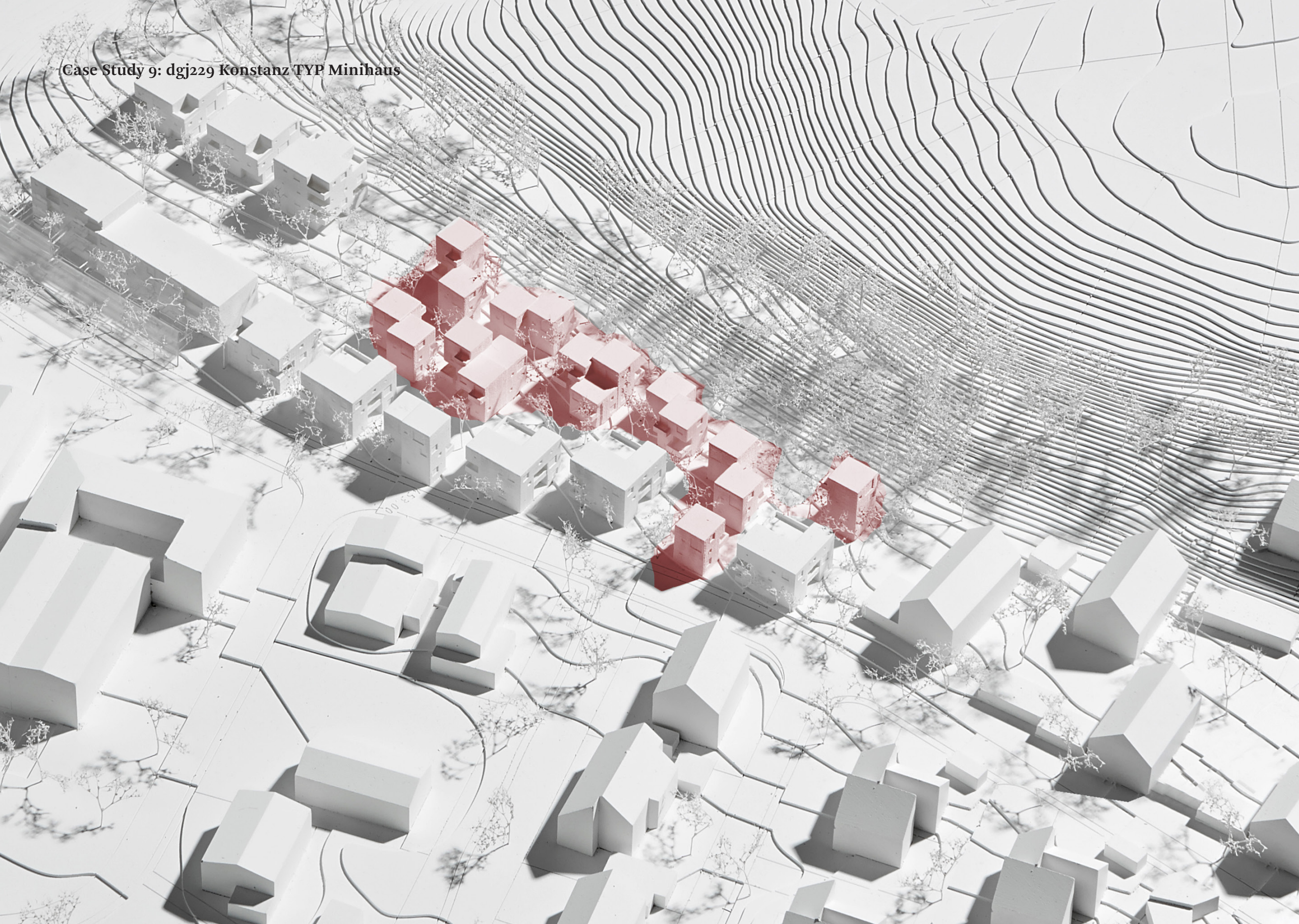


Abbildung 120: *Case Study 8: dgj229 Konstanz TYP MFH,* Radar-Diagramm Nachhaltigkeitsbewertung, DGJ Architektur, 2019.

	Case Study 8: dgj229 Konstanz TYP MFH – Quantitative Analyse // Numerisch Geome-					
	KENNDATEN		**EFFIZIENZ**		**SUFFIZIENZ**	
STÄDTEBAU	Urbane Typologie					
	Bruttogeschossfläche (BGF (r))	399,70 m2	Dichte (GFZ) Geschossflächenzahl	1,66	BGF / Pers.	49,38 m2
	Bruttogeschossfläche (BGF (s))	44,70 m2				
	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	444,40 m2				
	Bruttorauminhalt (BRI (r))	1403,21 m3	Grundflächenzahl (GRZ)	0,63		
	Grundstücksfläche (GF)	240,62 m2	Baumassenzahl (BMZ)	0,17 m3/m2	Grundstücksfläche / Pers.	26,74 m2
	Grundfläche eines Gebäudes (BF)	152,52 m2				
	0					
GEBÄUDE	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	444,40 m2	WLF / (BGF (r) + BGF (s))	71%	BGF (r) / Pers.	44,41 m2
	Wohn- und Nutzfläche WLF + HNF	316,90 m2	WLF / (BGF (r))	79%	BGF (s) / Pers.	4,97 m2
	Nutzfläche (NF)	6,89 m2			(BGF (r) + BGF (s)) / Pers.	49,38 m2
	Verkehrsfl. (VF)	20,30 m2	VF / (BGF (r) + BGF (s))	4,57%	WLF / Pers.	35,21 m2
	Konstruktionsfläche (KF)	37,60 m2	KF / (BGF (r) + BGF (s))	8,46%		
	Hüllfläche (gegen Außen)	454,48 m2	A/V	0,32 m2/m3		
	Raster x	3,90 m	**Baukosten**	**2**		
	Raster y	3,90 m	50 - 75	2		
	Gebäudelänge x	12,35 m				
	Gebäudelänge y	12,35 m				
	Geschosse	3				
			Energie-Standard	**2**		
			EnEV	2		
KONSTRUKTION	Holzmenge insg.	117,36 m3	Holzmenge / BGF	0,26 m3/m2	Holzmenge / Pers	13,04 m3/Pers.
	Holz Stützen	5,95 m3	Holzmenge / WLF	0,37 m3/m2		
	l in m	3,10 m				
	b in mm	200,00 mm				
	h in mm	200,00 mm				
	Anzahl	48 Stk.				
	Holz (trag.) Unterzüge	23,04 m3				
	l in m	4,00 m				
	b in mm	200,00 mm				
	h in mm	400,00 mm				
	Anzahl	72 Stk.				
	Holz Decken	69,12 m3				
	l in m	4,00 m				
	h in mm	160,00 mm				
	Anzahl	27 Stk.				
	Holz Aussteifung/Wände	19,25 m3				
	GWP (Treibhauspotential)	**11**				
	Rückbaubarkeit	**3**				
	Re-Use (Potential zur	**7**				
	Recycling (Wiederverwendung	**6**				
	Materialwahl / Nachwachsende	**8**				
WOHNUNG UND ZIMMER	**Wohnungsschlüssel**		**Effizienz Appartment**		**Anzahl der Personen insg.**	**9 Pers.**
	Gesamtzahl Wohnungen	4 WE	Passung Geometrie / Nutzung	49%	Pers. Appartment (Durchschnitt)	2,2 Pers.
			Rasterberechn. WFL pro Person	34,0 m2	HNF+NF/Pers. (Gebäude)	35,2 m2/Pers.
	Anzahl der Wohnungen	**4 WE**	**Wohnfläche pro WE Durchschnitt**	**86,7 m2**	**WFL pro Person in Whng.**	**38,1 m2/Pers.**
	1-PHH-Wohnung	2 WE	1-PHH-Wohnung	55,0 m2	1-PHH-Wohnung	55,0 m2/Pers.
	3-PHH-Wohnung	1 WE	3-PHH-Wohnung	96,4 m2	3-PHH-Wohnung	32,1 m2/Pers.
	4-PHH-Wohnung	1 WE	4-PHH-Wohnung	108,7 m2	4-PHH-Wohnung	27,2 m2/Pers.
			Summe Wohnfläche	315,1 m2	Anzahl der Personen	9 Pers.
WOHNFORMEN	**Gemeinschaftliche und individuelle Wohnfläche**					
	Wohnfläche individuell	254,90 m2				
	Anteil Wohnfläche individuell	80%				
	Wohnfläche gemeinschaftlich in der	0,00 m2				
	Anteil Wohnfläche gemeinschaftlich in	0%				
	Wohnfläche gemeinschaftlich für	62,00 m2				
	Wohnfläche gemeinschaftlich für	20%				
PARTIZIPATION						

	Case Study 8: dgj229 Konstanz TYP MFH – Qualitative Analyse // Kategorie															
	TYPOLOGIE		**ADAPTABILITÄT (ERGEBNIS)**	**58%**						**FLEXIBLITÄT (ERGEBNIS)**	**42%**					
STÄDTEBAU	**Urbane Typologie**		**Bewertung**	**11**						**Erweiterbarkeit Gebäudevolumen**						
	Solitär / Hochhaus	1								Horizontal erweiterbar	1					1
										Vertikal erweiterbar	2				2	
GEBÄUDE	**Erschließungstypologie:**		**Gebäudetypologie ermöglicht...**							**Verbinden / Trennen WEs**	**9**					
	Vertikale Erschließung / Treppenkerne	1	...andere Wohnformen	2						Einheiten verbinden	2				2	
			...andere Nutzung	2						Einheiten trennen	2				2	
			Belichtung und Belüftung							Erschließung Einheiten	3		3			
			Tiefe der Räume bis 5m (=3)							Grundriss Organisation	2				2	
			Tiefe der Räume bis 6m (=2)							Raumreserven	3		3			
			Tiefe der Räume bis 7m (=1)	1												
			Barriere Erschließung Gebäude													
			Anteil Wohnungen	20%												
TRAGWERK	**Bauweise / Tragsystem**									**Bauweise / Tragsystem**	**1**					
	Massivbau / tragende Wände	1								Skelettbau (=4)						
										Hybrid (=3)						
										Schotten-bauweise (=2)						
										Massivbau/tragende Wände (=1)	1					
										Konstruktive Merkmale	**9**					
	Konstruktive Hierarchie									Große Spannweiten	1					1
	Geschichtet	1								Nicht-tragende Innenwände	3		3			
										Position Leitungen	3		3			
										Horizontale Leitungen	2				2	
										Umbaubarkeit der Subsysteme	**7**					
										Tragwerk	1					1
										Fassade	2				2	
										Konstruktiver Ausbau	2				2	
										Technischer Ausbau	2				2	
WOHNUNG	**Raumbildung**		**Raumreserven**							**Konstruktive Merkmale**						
	Zellenstruktur	1	51%							**Primäre Ebene**	**4**					
	Open Plan (Divsion)									Flexible Wände, Schiebetüren	2				2	
	Raum-im-Raum (eingestellt Boxen)									Flexible versetzbare Wände	1					1
										Flexible Decken, Durchbrüche	1					1
	Erschließungstypologie (in WE)															
	Flur oder internes Treppenhaus									**Sekundäre Ebene**	**2**					
	Verteiler Raum (über Wohnraum)	1								Flexible Einbauten	2				2	
			Barrierefreie Erschließ. Wohnungen													
			Anteil Wohnungen	20%												
			Barrierefreie Ausstattung													
			Anteil Wohnungen	20%												
WOHNFORMEN	**Wohntypolgie**		**Wohntypolgie**													
	Einzelappartment		Unterschiedliche Wohnformen	3												
	Flurgemeinschaft		Andere Nutzungen	3												
	Wohngemeinschaft	3														
	Familienwohnung	4														
	Cluster-Wohnung															
PARTIZIPATION			**Grad der Aneignung**													
			Partizipation Projektierung	2												
			Partizipation Planung	2												
			Partizipation Betrieb	2												
										Veränderung Gebäude	**10**	**4**	**3**	**2**	**1**	
										Anpassung Nutzung/Wohnform	2				2	
										Anpassungen Grundriss möglich	2				2	
										Anpassungen Feste Einbauten	2				2	

Case Study 9: dgj229 Konstanz TYP Minihaus



Genese des Projekts 6.9.1

Für einen Wettbewerb einer Restfläche in Konstanz wurden 2017 zwei Bebauungstypen entwickelt: ‚Minihaus' und ‚Microblock'. Nachfolgend wird der Bebauungstyp ‚Minihaus' vorgestellt.

Entwurfskonzept 6.9.2

Um das Wohnen für Familien erschwinglich und nachhaltig zu gestalten, wurden neue Gebäudetypologien entwickelt, die mit weniger Landbedarf hohe Wohnqualität bieten: Ziel der Entwicklung war es eine neue Art von Wohneigentum zu entwickeln, die für fast alle sozialen Schichten erschwinglich ist. Diese Einfamilienhäuser bieten zwischen 80,5m² und 106,5m2 Wohnfläche und einen kleinen privaten Garten.

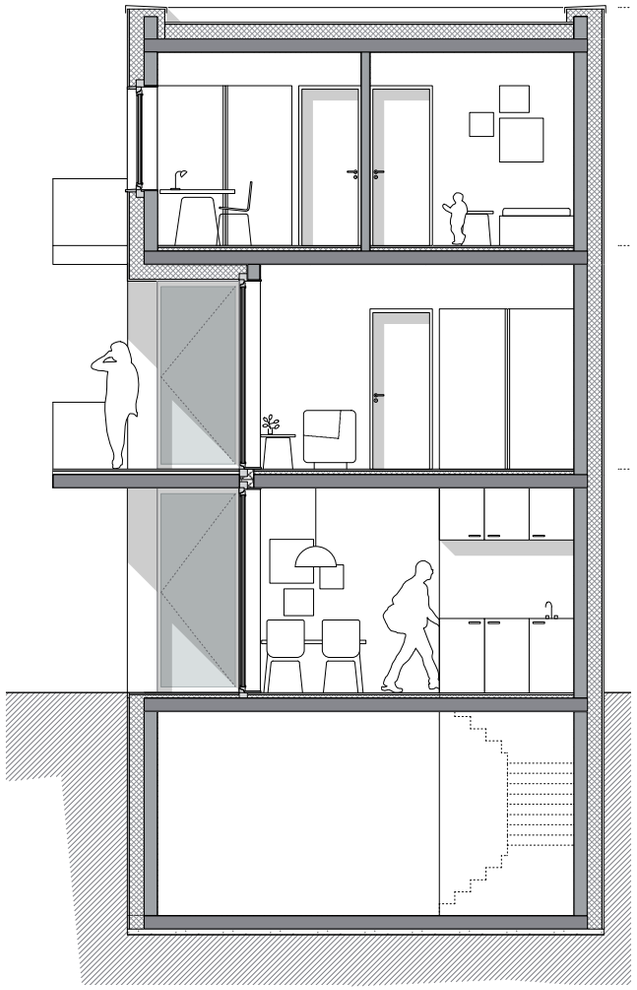


Abbildung 121:
Case Study 9:
dgj229 Konstanz TYP Minihaus,
Konstruktion,
DGJ Architektur, 2017.
M 1:100

Abbildung 122:
(vorherige Seite)
Case Study 9:
dgj229 Konstanz
Lageplan o.M., Minihäuser (Kategorie V) in rot, Microblocks (Kategorien II, III und IV) unmarkiert, DGJ Architektur 2017.

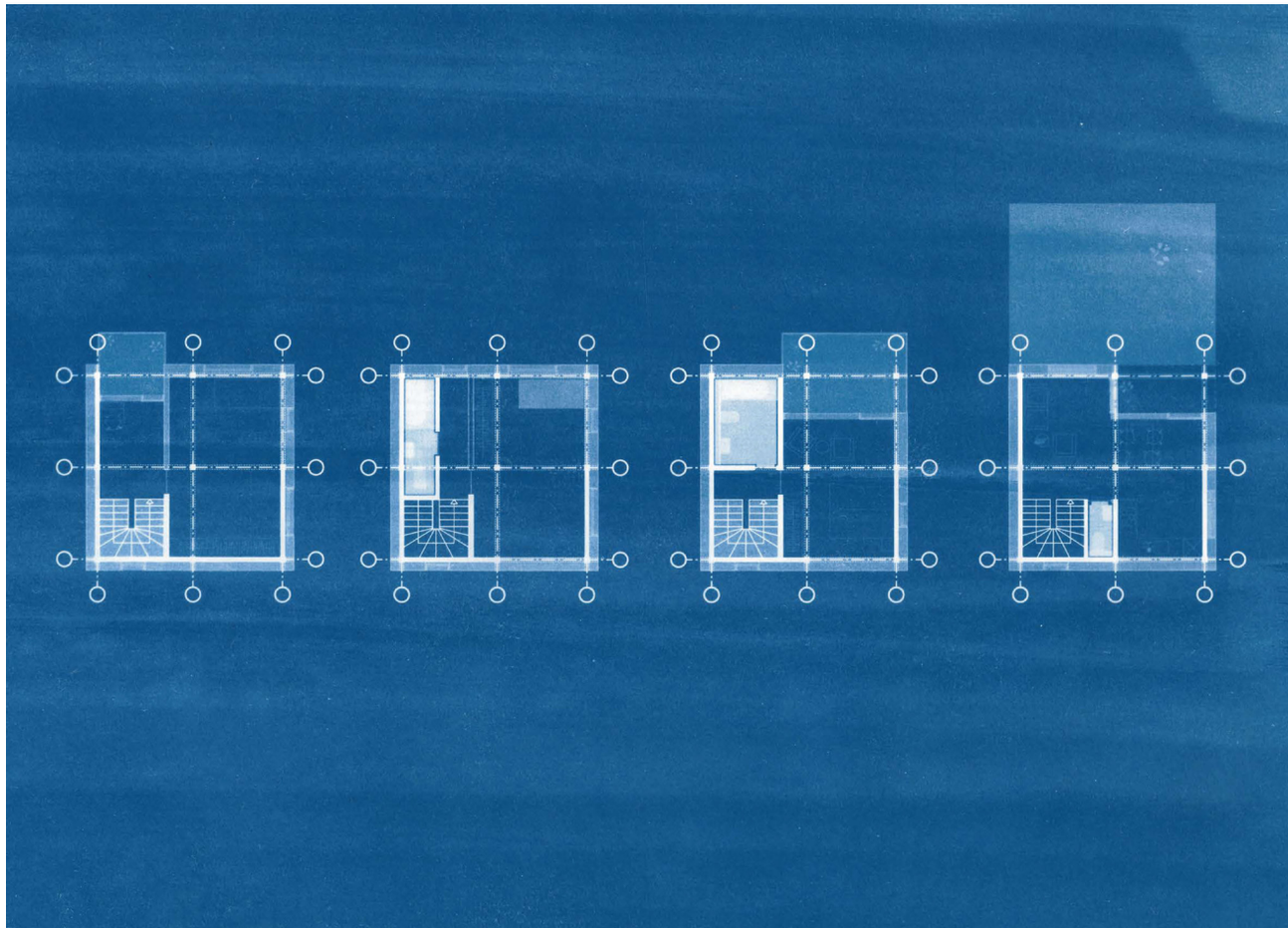
6.9.3 Tragwerk und Konstruktion

Bei den Minihäusern würde sich eine Massivkonstruktion aus Brett-Sperrholz und Holzstapeldecken anbieten, weil der Öffnungsanteil der Fassade gering ist. Durch die geringen Spannweiten lassen sich die Gebäude wirtschaftlich in Holz-Massivholz konstruieren.

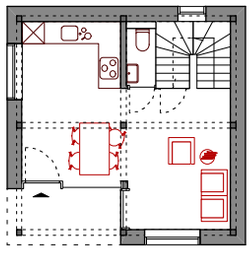
6.9.4.1 Adaptabilität und Flexibilität

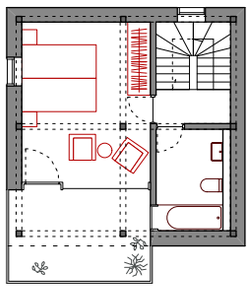
Aufgrund der minimalen Flächen von Grundstück, Gebäude und der einzelnen Zimmer ist eine unterschiedliche Nutzung der Gebäude nicht vorgesehen. Eine Erweiterung oder Trennung der Gebäude in mehrere Wohneinheiten ist auszuschließen.

Abbildung 123:
Case Study 9:
dgj229 Konstanz TYP Minihaus, X-Ray-Analysis des Tragwerks,
Cyanotypie auf Papier,
DGJ Architektur, 2019.



6.9.4.2 Steckbrief // Quantitative und qualitative Analysen





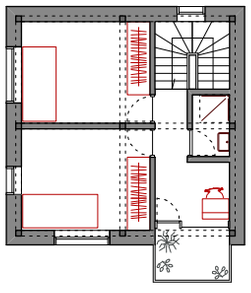
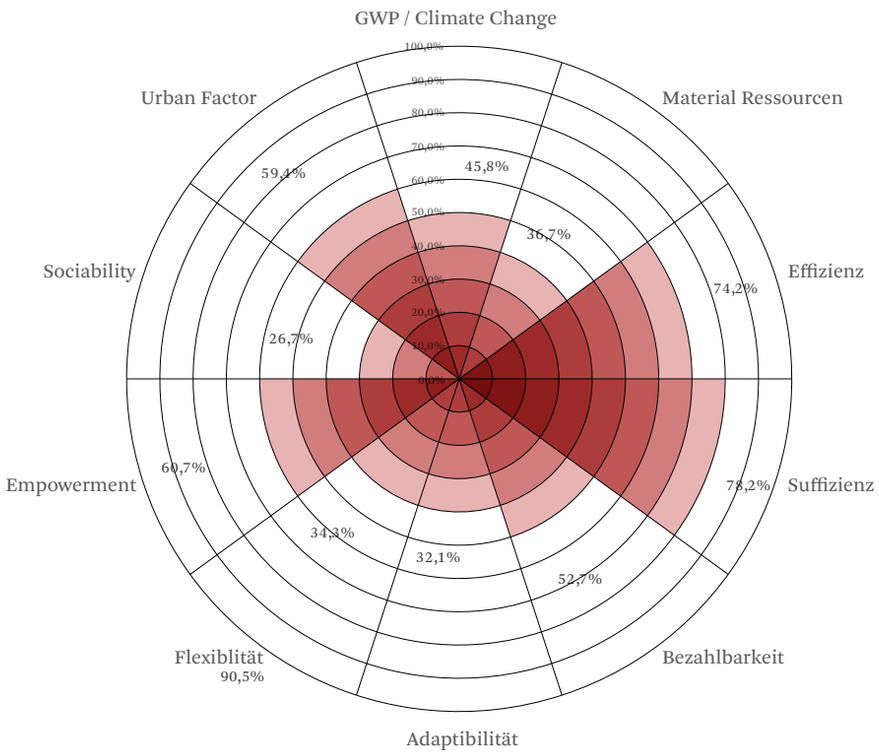


Abbildung 124:
Case Study 9: dgj229 Konstanz TYP Minihaus, Radar-Diagramm Nachhaltigkeitsbewertung, DGJ Architektur, 2019.



Case Study 9: dgj229 Konstanz TYP Minihaus – Quantitative Analyse // Numerisch Geometrisch

	KENNDATEN		EFFIZIENZ		SUFFIZIENZ	
STÄDTEBAU	Urbane Typologie					
	Bruttogeschossfläche (BGF (r))	153,71 m2	Dichte (GFZ) Geschossflächenzahl	1,75	BGF / Pers.	55,14 m2
	Bruttogeschossfläche (BGF (s))	11,70 m2				
	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	165,41 m2				
	Bruttorauminhalt (BRI (r))	507,90 m3	Grundflächenzahl (GRZ)	0,47		
	Grundstücksfläche (GF)	88,00 m2	Baumassenzahl (BMZ)	0,17 m3/m2	Grundstücksfläche / Pers.	17,60 m2
	Grundfläche eines Gebäudes (BF)	40,96 m2				
GEBÄUDE	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	165,41 m2	WLF / (BGF (r) + BGF (s))	66%	BGF (r) / Pers.	51,24 m2
	Wohn- und Nutzfläche WLF + HNF	109,71 m2	WLF / (BGF (r))	71%	BGF (s) / Pers.	3,90 m2
	Nutzfläche (NF)	0,00 m2			(BGF (r) + BGF (s)) / Pers.	55,14 m2
	Verkehrsfl. (VF)	16,31 m2	VF / (BGF (r) + BGF (s))	9,86%	WLF / Pers.	36,57 m2
	Konstruktionsfläche (KF)	27,69 m2	KF / (BGF (r) + BGF (s))	16,74%		
	Hüllfläche (gegen Außen)	317,44 m2	A/V	0,63 m2/m3		
	Raster x	2,90 m	**Baukosten**	2		
	Raster y	2,90 m	0% - 25%			
	Gebäudelänge x	6,40 m	25 - 50			
	Gebäudelänge y	6,40 m	50 - 75	2		
	Geschosse	4	75 -100%			
			Energie-Standard	2		
			EnEV	2		
KONSTRUKTION	Holzmenge insg.	61,98 m3	Holzmenge / BGF	0,37 m3/m2	Holzmenge / Pers	20,66 m3/Pers.
	Holz Stützen	6,43 m3	Holzmenge / WLF	0,56 m3/m2		
	l in m	3,10 m				
	b in mm	240,00 mm				
	h in mm	240,00 mm				
	Anzahl	36 Stk.				
	Holz (trag.) Unterzüge	7,88 m3				
	l in m	2,85 m				
	b in mm	240,00 mm				
	h in mm	240,00 mm				
	Anzahl	48 Stk.				
	Holz Decken	15,60 m3				
	l in m	2,85 m				
	h in mm	120,00 mm				
	Anzahl	16 Stk.				
	Holz Aussteifung/Wände	32,08 m3				
	GWP (Treibhauspotential)	**11**				
	Rückbaubarkeit	**3**				
	Re-Use (Potential zur	**7**				
	Recycling (Wiederverwendung	**6**				
	Materialwahl / Nachwachsende	**2**				
WOHNUNG UND ZIMMER	**Wohnungsschlüssel**		**Effizienz Appartment**		**Anzahl der Personen insg.**	**3 Pers.**
	Gesamtzahl Wohnungen	1 WE	Passung Geometrie / Nutzung	58%	Pers. Appartment (Durchschnitt)	3,0 Pers.
			Rasterberechn. WFL pro Person	24,1 m2	HNF+NF/Pers. (Gebäude)	36,6 m2/Pers.
	Anzahl der Wohnungen	**1 WE**	**Wohnfläche pro WE Durchschnitt**	**109,7 m2**	**WFL pro Person in Whng.**	**36,6 m2/Pers.**
	3-PHH-Wohnung	1 WE	3-PHH-Wohnung	109,7 m2	3-PHH-Wohnung	36,6 m2/Pers.
			Summe Wohnfläche	109,7 m2	Anzahl der Personen	3 Pers.
WOHNFORMEN	**Gemeinschaftliche und individuelle Wohnfläche**					
	Wohnfläche individuell	109,71 m2				
	Anteil Wohnfläche individuell	100%				
	Wohnfläche gemeinschaftlich in der	0,00 m2				
	Anteil Wohnfläche gemeinschaftlich in	0%				
	Wohnfläche gemeinschaftlich für	0,00 m2				
	Wohnfläche gemeinschaftlich für	0%				
PARTIZIPATION						

Case Study 9: dgj229 Konstanz TYP Minihaus – Qualitative Analyse // Kategorie

	TYPOLOGIE		ADAPTABILITÄT (ERGEBNIS)	37%					FLEXIBLITÄT (ERGEBNIS)	26%				
STÄDTEBAU	**Urbane Typologie**		**Bewertung**	7					**Erweiterbarkeit Gebäudevolumen**					
	Minihaus / Teppichsiedlung	1							Horizontal erweiterbar	1				1
									Vertikal erweiterbar	1				1
GEBÄUDE	**Erschließungstypologie:**		**Gebäudetypologie ermöglicht...**		4	3	2	1	**Verbinden / Trennen WEs**	4				
	Direkte Erschließung und internes Treppenhaus	1	...mehrere Wohneinheit	1				1	Einheiten verbinden	1				1
			...andere Nutzung	1				1	Einheiten trennen	1				1
			Belichtung und Belüftung						Erschließung Einheiten	1				1
			Tiefe der Räume bis 5m (=3)	3					Grundriss Organisation	1				1
			Tiefe der Räume bis 6m (=2)						Raumreserven	1				1
			Tiefe der Räume bis 7m (=1)											
			Barriere Erschließung Gebäude											
			Anteil Wohnungen	0%										
KONSTRUKTION TRAGWERK	**Bauweise / Tragsystem**								**Bauweise / Tragsystem**	1				
	Massivbau / tragende Wände	1							Skelettbau (=4)					
									Hybrid (=3)					
									Schotten-bauweise (=2)					
									Massivbau/tragende Wände (=1)	1				
	~~Verflechtung~~								**Konstruktive Merkmale**	7				
	Konstruktive Hierarchie								Große Spannweiten	1				1
	Geschichtet	1							Nicht-tragende Innenwände	2			2	
									Position Leitungen	2			2	
									Horizontale Leitungen	2			2	
									Umbaubarkeit der Subsysteme	4				
									Tragwerk	1				1
									Fassade	1				1
									Konstruktiver Ausbau	1				1
									Technischer Ausbau	1				1
WOHNUNG	**Raumbildung**		**Raumreserven**						**Konstruktive Merkmale**					
	Zellenstruktur	1	42%						**Primäre Ebene**	3				
									Flexible Wände, Schiebetüren	1				1
									Flexible versetzbare Wände	1				1
									Flexible Decken, Durchbrüche	1				1
	Erschließungstypologie (in WE)													
	Flur oder internes Treppenhaus								**Sekundäre Ebene**	1				
	Verteiler Raum (über Wohnraum)	1							Flexible Einbauten	1				1
			Barrierefreie Erschließ. Wohnungen											
			Anteil Wohnungen	0%										
			Barrierefreie Ausstattung											
			Anteil Wohnungen	0%										
WOHNFORMEN	**Wohntypolgie**		**Wohntypolgie**		4	3	2	1						
	Einzelappartment		Unterschiedliche Wohnformen	1				1						
	Flurgemeinschaft		Andere Nutzungen	1				1						
	Wohngemeinschaft													
	Familienwohnung	4												
	Cluster-Wohnung													
PARTIZIPATION			**Grad der Aneignung**		4	3	2	1						
			Partizipation Projektierung	1				1						
			Partizipation Planung	1				1						
			Partizipation Betrieb	4	4									
									Veränderung Gebäude	11	4	3	2	1
									Anpassung Nutzung/Wohnform	2			2	
									Anpassungen Grundriss möglich	2			2	
									Anpassungen Feste Einbauten	3		3		
									Eigene Möbel	4	4			

Case Study 10: dgj253 Wohngruppe Mannheim

Genese des Projekts 6.10.1

Für ein Konzeptverfahren (Wettbewerb) in Mannheim wurde 2019 das Bausystem eingesetzt, um eine flexible Wohnbebauung zu entwerfen, die unterschiedliche Wohnungsgrößen von 2- bis 5-Zimmer-Wohnungen kombiniert. Da zum Zeitpunkt des Entwurfs noch nicht alle Mitglieder der Wohngruppe feststanden, sollte das Gebäude so entworfen werden, dass im Austausch mit den jetzigen und zukünftigen BewohnerInnen möglichst viele unterschiedliche Wohnungsgrößen und Wohnkonzepte implementiert werden können.

Entwurfskonzept 6.10.2

In Hinblick auf Anforderungen der Wohngruppe wurde zusammen mit den zukünftigen BewohnerInnen entschieden, dass die Wohnungen auf dem 3,03m × 3,0m-Raster geplant werden. Ausschlaggebend war, dass bei den kleineren Rastern, die Schlafzimmer und Kinderzimmer für ein Rasterfeld mit einem Innenmaß von ca. 2,39 × 2,3m zu klein waren, um die Nutzung auf nur einem Feld mit nur 5,5m² unterzubringen. Die Annahme von zwei Feldern führte zu länglichen Räumen, die aufgrund der geringen Breite nicht optimal nutzbar sind, weil zum Beispiel neben einem Doppelbett nur auf einer Seite genug Platz bleibt, um seitlich in das Bett einzusteigen.

Vergleich von Entwurfsvarianten Varianten 6.10.3

Betrachtung von Entwurfsvarianten 6.10.3.1

Als Case-Study für die Systementwicklung wurde dieser Fall zum Anlass genommen, um einen systematischen Vergleich unterschiedlicher Rastergrößen zu erarbeiten und diese Raster in Hinblick auf die Eignung für die unterschiedlichen Wohnungen zu bewerten. Dabei wurden folgende Grundraster entworfen:

- 2,59m × 2,5m (Achsmaß)
- 3,03m × 3,0m (Achsmaß)
- 3,63m × 3,55m (Achsmaß)
- 3,63m × 5,0m (Achsmaß)

Für alle Varianten wurden alle Wohnungstypen (2- bis 4-Zimmer-Wohnungen) entworfen. Für die vier unterschiedlichen Raster wurden alle Wohnungstypen getestet. Die Ergebnisse wurden mit der Wohngruppe diskutiert, um das optimale Rastermaß identifizieren zu können.

Zunächst können die Varianten quantitativ verglichen werden. Die Wohnfläche und die Effizienz der Grundrisse unterscheiden sich nur minimal. Diese Unterschiede ergaben sich auch aus den verschiedenen Anteilen an allseitig umbauten Flächen (BGF (r)) und offenen Flächen (BGF (s)).

Deutlicher unterscheidet sich die Holzmenge im Tragwerk der Varianten, indem OPT4 23% mehr Holz benötigt als die beste OPT1. Die größeren Spannweiten und erforderlichen Querschnitte, vor allem in den Decken, führen zu einem ineffizienteren Tragwerk als der gleichmäßigere und kleinteiligere Lastabtrag mit mehr Stützen und kleineren Spannweiten der Decken.

Der deutlichste Unterschied der Varianten zeigt sich in der Anzahl der BewohnerInnen. OPT4 kann bis zu 40 Personen aufnehmen, OPT1 nur 32 Personen. Diese Daten sind immer mit der Einschränkung zu betrachten, dass durch andere Nutzungskonzepte und Möblierungen die Anzahl der BewohnerInnen ebenfalls deutlich schwanken kann. Die Auswertung basiert auf einer Standard-Möblierung und Nutzung für alle Fälle und Varianten, die sich vor allem an der Anzahl der Betten und Doppelbetten orientiert und die davon ausgeht, dass Kinderzimer einfach belegt sind.

In einem weiteren Vergleich, der im Entwurfsprozess für alle Varianten durchgearbeitet wurde, wurde die Passung der einzelnen Wohnfunktionen mit dem konstruktiven Raster untersucht. Es fällt auf, dass die strenge Geometrie des Bausystems in der Entwurfspraxis häufig gebrochen wird. So sind die Räume nicht immer nur auf ganzzahlige Rastergrößen festgelegt. Vielmehr sind die meisten Räume mit zwei Rastern oder auch nur mit Teilen des Rasters entworfen. Für das größte Raster von 3,6m × 5,0m ergibt sich ein System, bei dem ein Raum mit einem Teil eines Korridors kombiniert in ein Rasterfeld eingepasst werden kann. Diese Interpretation des Bausystems ermöglicht eine große Bandbreite an Raumgrößen und Grundriss-Organisationen.

Ausschlaggebend für die Auswahl einer Entwurfsvariante – der OPT2 mit einem Quadrat-Raster von ca. 3m lichtem Raummaß – war jedoch das Zusammenspiel von Passung der Wohn-Funktionen mit der Raumgeometrie und die Effizienz des Grundrisses. So ergaben sich für die wichtigsten Wohnfunktionen (Schlafzimmer, Kinderzimmer, Wohnküche) durchgehend gute Raumgrößen und Proportionen. Das kleinere Raster hatte in Hinblick auf die Möblierbarkeit deutliche Schwächen. Die größeren Raster ergaben zwar bessere Grundrisse für die Schlafzimmer, aber zu großzügige Kinderzimmer.

Basierend auf diesen Vergleichen ließe sich das ideale Rastermaß für einen effizienten Wohnungsbau auf 3,0m bis 3,6m im Quadrat beschreiben, wobei für die größeren Räume die Raster kombiniert werden müssen.

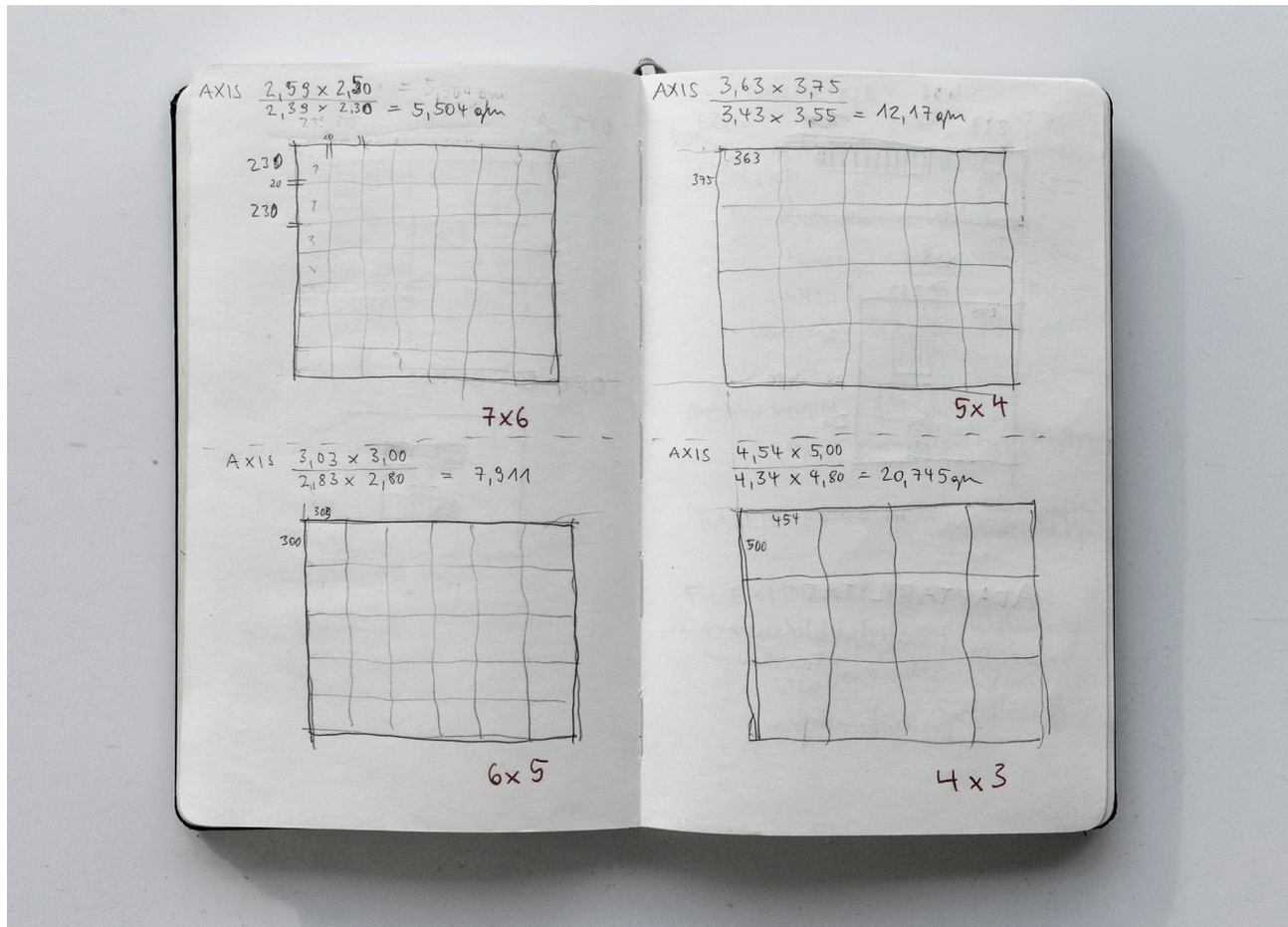


Abbildung 125: (vorherige Seite) *Case Study 10: dgj253 Wohngruppe Mannheim*, 2019, Visualisierung Noisy Owls, Vilnius nach 3D-Model im Auftrag von DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 126:
Case Study 10: dgj253 Wohngruppe Mannheim, Vergleich der Wohnfunktionen und unterschiedlichen Rastergrößen, DGJ Architektur, 2019.

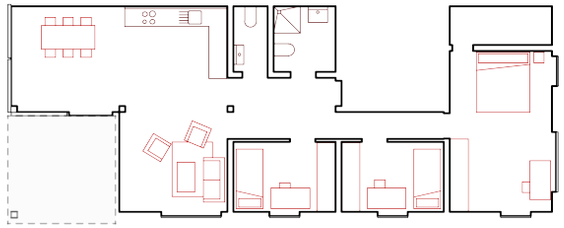
Rastermaße, Nutzung und Adaptabilität 6.10.4.1

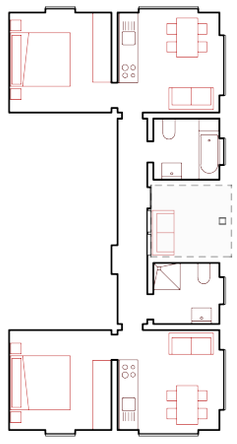
Flexibilität 6.10.4.2

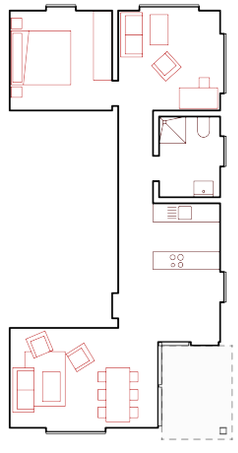
Eine flexible Umgestaltung des Gebäudes wurde in den ersten Entwurfsphasen nicht diskutiert. Die gleichmäßigen Zimmergrößen und die Konstruktion begünstigen einen möglichen Umbau der Wohnungen.

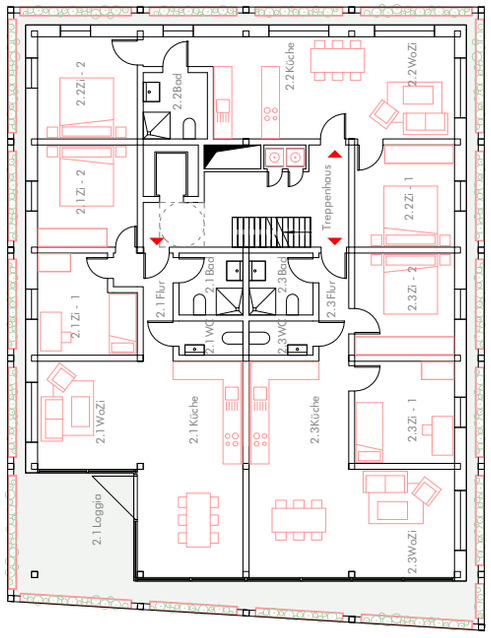
Konstruktion und Tragwerk 6.10.4.2.1

Das Gebäude wurde als reiner Skelettbau mit einem aussteifenden Treppenkern geplant. Diese Konstruktion erlaubt eine sehr flexible Umgestaltung der Wohnungen, die in den kommenden Planungsphasen mit der Wohngruppe weiter ausgearbeitet werden soll.

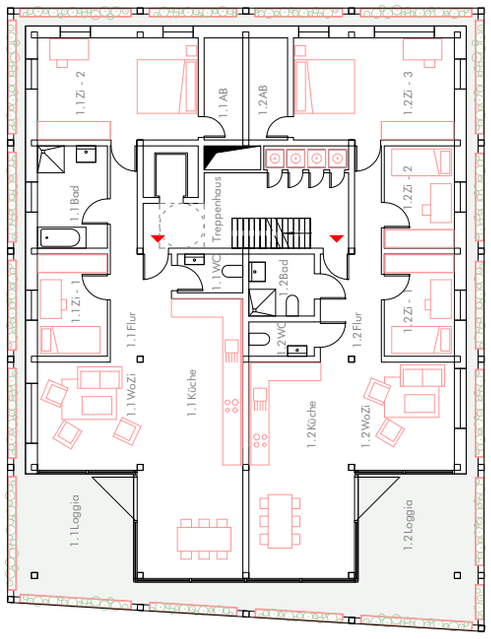




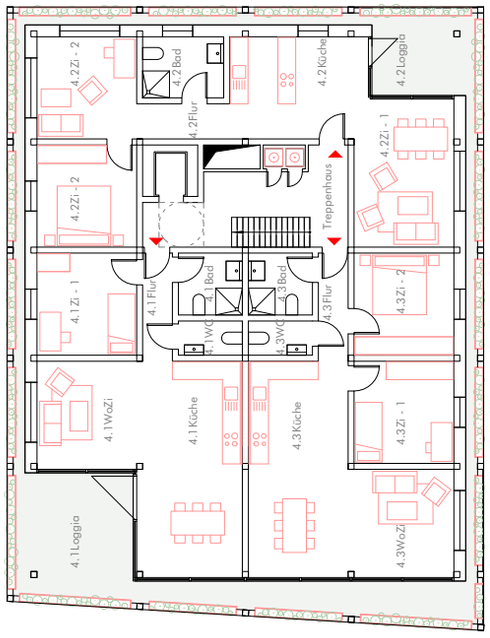




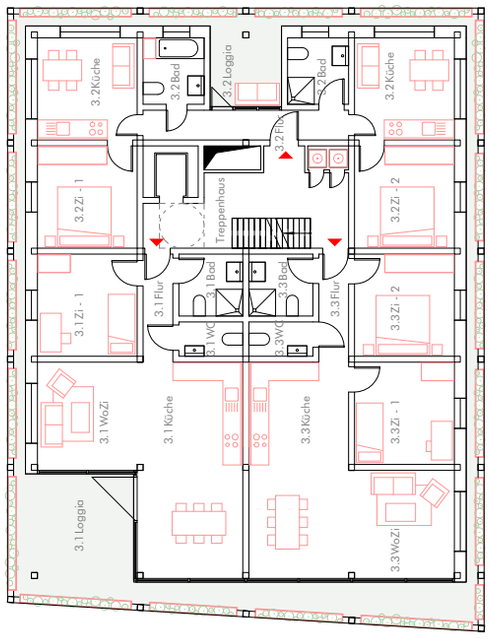
Grundriss
EG
M 1: 200



Grundriss
1. OG
M 1: 200



Grundriss
2. OG
M 1: 200



Grundriss
3. OG
M 1: 200

	CS10.1 OPT1	CS10.2 OPT2	CS10.3 OPT3	CS10.4 OPT4
KENNDATEN				
Bruttogeschossfläche (BGF (r))	1299,00 m2	1375,13 m2	1415,70 m2	1373,82 m2
Bruttogeschossfläche (BGF (s))	410,13 m2	350,65 m2	422,00 m2	360,47 m2
Bruttogeschossfläche (BGF (r) + BGF (s))	1709,13 m2	1725,78 m2	1837,70 m2	1734,29 m2
Bruttogeschossfläche (BGF (r) + BGF (s))	1709,13 m2	1725,78 m2	1837,70 m2	1734,29 m2
Wohn- und Nutzfläche WLF + HNF (oberirdisch)	1055,23 m2	1071,16 m2	1030,42 m2	1126,17 m2
Nutzfläche (NF)	22,51 m2	34,68 m2	11,05 m2	5,98 m2
Verkehrsfl. (VF)	111,50 m2	103,30 m2	105,70 m2	98,57 m2
Konstruktionsfläche (KF)	109,76 m2	165,99 m2	268,53 m2	89,83 m2
Raster x	2,60 m	3,03 m	3,63 m	3,63 m
Raster y	2,50 m	3,00 m	3,55 m	5,00 m
Mittleres Rastermaß (x+y)/2	2,55 m	3,02 m	3,59 m	4,32 m
Holzmenge insg.	**266,28 m3**	**265,73 m3**	**272,36 m3**	**326,22 m3**
Holzmenge Vergleich	**100%**	**100%**	**102%**	**123%**
Holz Stützen	42,85 m3	37,50 m3	26,78 m3	37,50 m3
Anzahl	240 Stk.	210 Stk.	150 Stk.	120 Stk.
Holz (trag.) Unterzüge	25,44 m3	30,24 m3	32,26 m3	31,10 m3
Anzahl	200 Stk.	175 Stk.	120 Stk.	90 Stk.
Holz Decken	147,00 m3	147,00 m3	162,00 m3	162,00 m3
Holz Aussteifung/Wände	50,99 m3	50,99 m3	51,32 m3	51,32 m3
Anzahl Wohnungen	**12 WE**	**11 WE**	**12 WE**	**13 WE**
EFFIZIENZ				
Dichte, Geschossflächenzahl (GFZ)	2,14	2,26	2,33	2,26
Grundflächenzahl (GRZ)	0,55	0,55	0,59	0,55
WLF / (BGF (r) + BGF (s))	62%	62%	56%	65%
WLF / BGF (r)	81%	78%	73%	82%
Holzmenge / BGF	0,16 m3/m2	0,15 m3/m2	0,15 m3/m2	0,19 m3/m2
Holzmenge / WLF	0,25 m3/m2	0,25 m3/m2	0,26 m3/m2	0,29 m3/m2
Effizienz Appartement				
WLF pro Wohnung (Durchschnitt)	**69,95 m2**	**81,64 m2**	**75,70 m2**	**76,09 m2**
Passung Geometrie und Wohnnutzung (Durchschnitt)	72%	62%	56%	54%
SUFFIZIENZ				
BGF / Pers.	53,41 m2	46,64 m2	52,51 m2	43,36 m2
Grundstücksfläche / Pers.	19,00 m2	16,43 m2	17,37 m2	15,20 m2
BGF (r) / Pers.	40,59 m2	37,17 m2	40,45 m2	34,35 m2
BGF (s) / Pers.	12,82 m2	9,48 m2	12,06 m2	9,01 m2
(BGF (r) + BGF (s)) / Pers.	53,41 m2	46,64 m2	52,51 m2	43,36 m2
WLF / Pers.	**32,98 m2**	**28,95 m2**	**29,44 m2**	**28,15 m2**
WLF / Pers. Vergleich	**117%**	**103%**	**105%**	**100%**
Anzahl der Personen insg.	**32 Pers.**	**37 Pers.**	**35 Pers.**	**40 Pers.**
Pers. pro Appartement (Durchschnitt)	2,7 Pers.	3,4 Pers.	2,9 Pers.	3,1 Pers.

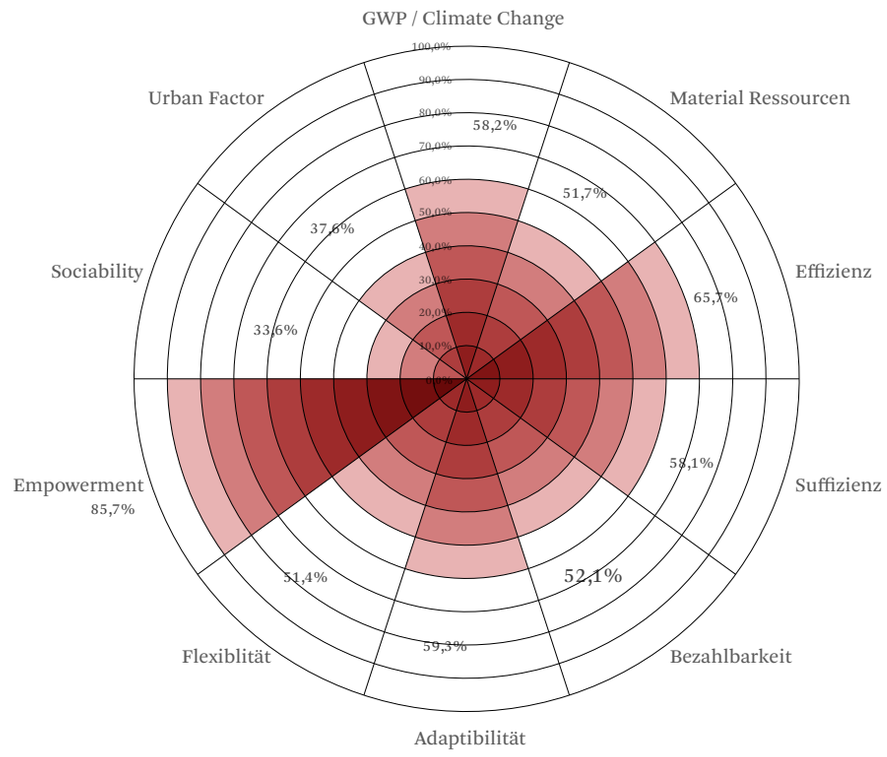
6.10.5 Tragwerk und Konstruktion

Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Wohnungen wurde das Projekt als reiner Skelettbau mit einem aussteifenden Kern geplant. Der Treppenkern wurde aus Kostengründen in Stahlbeton konstruiert. Die Decken sind aus Brettsperrholz massiv geplant, sodass die Deckenuntersichten mit sichtbaren Holzoberflächen gestaltet werden können.

6.10.6 Steckbrief // Quantitative und qualitative Analysen

Abbildung 127: *Case Study 10: dgj253 Wohngruppe Mannheim*, Radar-Diagramm Nachhaltigkeitsbewertung, DGJ Architektur, 2019.

Abb. 128: (gegenüberliegend) *Case Study 10: dgj253 Wohngruppe Mannheim,* Vergleich der Varianten mit unterschiedlichen Rastergrößen, DGJ Architektur 2019



Case Study 10: dgj253 Wohngruppe Mannheim – Quantitative Analyse // Numerisch

	KENNDATEN		EFFIZIENZ		SUFFIZIENZ	
STÄDTEBAU	Urbane Typologie					
	Bruttogeschossfläche (BGF (r))	1299,00 m2	Dichte (GFZ) Geschossflächenzahl	2,14	BGF / Pers.	53,41 m2
	Bruttogeschossfläche (BGF (s))	410,13 m2				
	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	1709,13 m2				
	Bruttorauminhalt (BRI (r))	4394,52 m3	Grundflächenzahl (GRZ)	0,55		
	Grundstücksfläche (GF)	608,00 m2	Baumassenzahl (BMZ)	0,14 m3/m2	Grundstücksfläche / Pers.	19,00 m2
	Grundfläche eines Gebäudes (BF)	334,86 m2				
GEBÄUDE	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	1709,13 m2	WLF / (BGF (r) + BGF (s))	62%	BGF (r) / Pers.	40,59 m2
	Wohn- und Nutzfläche WLF + HNF	1055,23 m2	WLF / (BGF (r))	81%	BGF (s) / Pers.	12,82 m2
	Nutzfläche (NF)	22,51 m2			(BGF (r) + BGF (s)) / Pers.	53,41 m2
	Verkehrsfl. (VF)	111,50 m2	VF / (BGF (r) + BGF (s))	6,52%	WLF / Pers.	32,98 m2
	Konstruktionsfläche (KF)	109,76 m2	KF / (BGF (r) + BGF (s))	6,42%		
	Hüllfläche (gegen Außen)	1071,44 m2	A/V	0,24 m2/m3		
	Raster x	2,60 m	**Baukosten**	**2**		
	Raster y	2,50 m	50 - 75	2		
	Gebäudelänge x	18,78 m				
	Gebäudelänge y	15,60 m				
	Geschosse	5				
			Energie-Standard	**4**		
			Plus-Energie-Haus	4		
KONSTRUKTION	Holzmenge insg.	266,28 m3	Holzmenge / BGF	0,16 m3/m2	Holzmenge / Pers	8,32 m3/Pers.
	Holz Stützen	42,85 m3	Holzmenge / WLF	0,25 m3/m2		
	l in m	3,10 m				
	b in mm	240,00 mm				
	h in mm	240,00 mm				
	Anzahl	240 Stk.				
	Holz (trag.) Unterzüge	25,44 m3				
	l in m	2,65 m				
	b in mm	240,00 mm				
	h in mm	200,00 mm				
	Anzahl	200 Stk.				
	Holz Decken	147,00 m3				
	l in m	2,65 m				
	h in mm	120,00 mm				
	Anzahl	175 Stk.				
	Holz Aussteifung/Wände	50,99 m3				
	GWP (Treibhauspotential)	**11**				
	Rückbaubarkeit	**5**				
	Re-Use (Potential zur	**7**				
	Recycling (Wiederverwendung	**6**				
	Materialwahl / Nachwachsende	**24**				
WOHNUNG UND ZIMMER	**Wohnungsschlüssel**		**Effizienz Appartment**		**Anzahl der Personen insg.**	**32 Pers.**
	Gesamtzahl Wohnungen	12 WE	Passung Geometrie / Nutzung	72%	Pers. Appartment (Durchschnitt)	2,7 Pers.
			Rasterberechn. WFL pro Person	22,6 m2	HNF+NF/Pers. (Gebäude)	33,0 m2/Pers.
	Anzahl der Wohnungen	**12 WE**	**Wohnfläche pro WE Durchschnitt**	**69,9 m2**	**WFL pro Person in Whng.**	**28,2 m2/Pers.**
	-			-		-
	2-PHH-Wohnung	3 WE	2-PHH-Wohnung	58,6 m2	2-PHH-Wohnung	29,3 m2/Pers.
	3-PHH-Wohnung	9 WE	3-PHH-Wohnung	81,3 m2	3-PHH-Wohnung	27,1 m2/Pers.
		0 WE				
			Summe Wohnfläche	907,2 m2	Anzahl der Personen	32 Pers.
WOHNFORMEN	**Gemeinschaftliche und individuelle Wohnfläche**					
	Wohnfläche individuell	835,23 m2				
	Anteil Wohnfläche individuell	79%				
	Wohnfläche gemeinschaftlich in der	180,00 m2				
	Anteil Wohnfläche gemeinschaftlich in	17%				
	Wohnfläche gemeinschaftlich für	40,00 m2				
	Wohnfläche gemeinschaftlich für	4%				
PARTIZIPATION						

Case Study 10: dgj253 Wohngruppe Mannheim – Qualitative Analyse // Kategorie Geome-

	TYPOLOGIE		ADAPTABILITÄT (ERGEBNIS)	63%					FLEXIBLITÄT (ERGEBNIS)	75%				
STÄDTEBAU	**Urbane Typologie**		**Bewertung**	**12**					**Erweiterbarkeit Gebäudevolumen**					
	Solitär / Hochhaus	1							Horizontal erweiterbar	1				1
									Vertikal erweiterbar	1				1
GEBÄUDE	**Erschließungstypologie:**		**Gebäudetypologie ermöglicht...**		4	3	2	1	**Verbinden / Trennen WEs**	**14**				
	Vertikale Erschließung / Treppenkerne	1	...andere Wohnformen	3		3			Einheiten verbinden	3		3		
			...andere Nutzung	2			2		Einheiten trennen	3		3		
			Belichtung und Belüftung						Erschließung Einheiten	4	4			
			Tiefe der Räume bis 5m (=3)						Grundriss Organisation	4	4			
			Tiefe der Räume bis 6m (=2)	2					Raumreserven	3		3		
			Tiefe der Räume bis 7m (=1)											
			Barriere Erschließung Gebäude											
			Anteil Wohnungen	20%										
KONSTRUKTION TRAGWERK	**Bauweise / Tragsystem**								**Bauweise / Tragsystem**	**3**				
	Skelettbau	1							Skelettbau (=4)					
									Hybrid (=3)	3				
									Schotten-bauweise (=2)					
									Massivbau/tragende Wände (=1)					
									Konstruktive Merkmale	**12**				
	Konstruktive Hierarchie								Große Spannweiten	2			2	
	Geschichtet	1							Nicht-tragende Innenwände	4	4			
									Position Leitungen	3		3		
									Horizontale Leitungen	3		3		
									Umbaubarkeit der Subsysteme	**14**				
									Tragwerk	2			2	
									Fassade	4	4			
									Konstruktiver Ausbau	4	4			
									Technischer Ausbau	4	4			
WOHNUNG	**Raumbildung**		**Raumreserven**						**Konstruktive Merkmale**					
	Zellenstruktur	1	28%						**Primäre Ebene**	**11**				
	Open Plan (Divsion)								Flexible Wände, Schiebetüren	3		3		
	Raum-im-Raum (eingestellt Boxen)								Flexible versetzbare Wände	4	4			
									Flexible Decken, Durchbrüche	4	4			
	Erschließungstypologie (in WE)													
	Flur oder internes Treppenhaus								**Sekundäre Ebene**	**3**				
	Verteiler Raum (über Wohnraum)	1							Flexible Einbauten	3		3		
			Barrierefreie Erschließ. Wohnungen											
			Anteil Wohnungen	20%										
			Barrierefreie Ausstattung											
			Anteil Wohnungen	20%										
WOHNFORMEN	**Wohntypolgie**		**Wohntypolgie**		4	3	2	1						
	Einzelappartment		Unterschiedliche Wohnformen	3		3								
	Flurgemeinschaft		Andere Nutzungen	2			2							
	Wohngemeinschaft	3												
	Familienwohnung	4												
	Cluster-Wohnung													
PARTIZIPATION			**Grad der Aneignung**		4	3	2	1						
			Partizipation Projektierung	4	4									
			Partizipation Planung	4	4									
			Partizipation Betrieb	4	4									
									Veränderung Gebäude	**12**	4	3	2	1
									Anpassung Nutzung/Wohnform	2			2	
									Anpassungen Grundriss möglich	2			2	
									Anpassungen Feste Einbauten	4	4			
									Eigene Möbel	4	4			

Case Study 11: dgj251 KOWO Erfurt

Genese des Projekts

6.11.1

Für die städtische Wohnungsbaugesellschaft in Erfurt wurde im Rahmen eines Bieter-Verfahrens für die Planung und die Ausführung eine ausführungsreife Planung für insgesamt 102 Wohnungen erarbeitet, bei welcher die Möglichkeiten des industriellen Wohnungsbaus in modularer Bauweise für den kostengünstigen Mietwohnungsneubau erprobt werden.

Betrachtung von Entwurfsvarianten

6.11.1.1

Es wurde eine Variante mit einem innenliegenden Treppenhaus betrachtet, die gegenüber der außenliegenden Erschließung in Bezug auf die Wohnfläche kostengünstiger gewesen wäre. Entschieden wurde letztendlich jedoch für eine Variante, in der die Laubengänge und Balkone in Zusammenspiel mit den klar definierten Höfen eine vielfältigere Außenraumstruktur bieten.

Anders als bei den meisten Fallstudien wurde wegen der hohen Anzahl der Wohneinheiten eine modulare Bauweise entwickelt. Diese ermöglicht einen hohen Vorfertigungsgrad. Nicht nur das Gebäude selbst, sondern auch die Gründungen werden in einer vorgefertigten Bauweise errichtet.

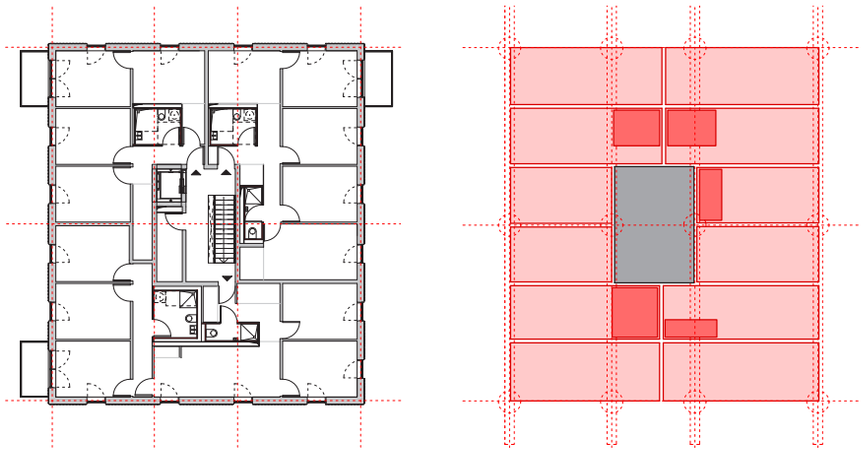


Abbildung 130:
Case Study 11:
dgj251 KOWO Erfurt,
Grundriss-Schema
und Raster Typ P2,
DGJ Architektur, 2018.

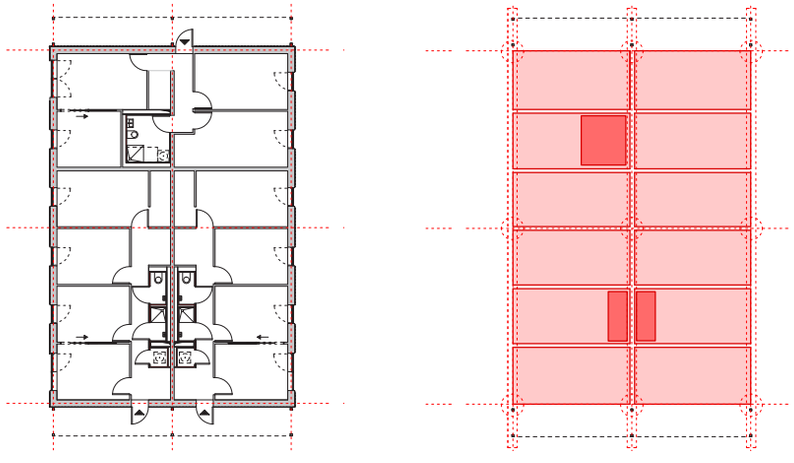
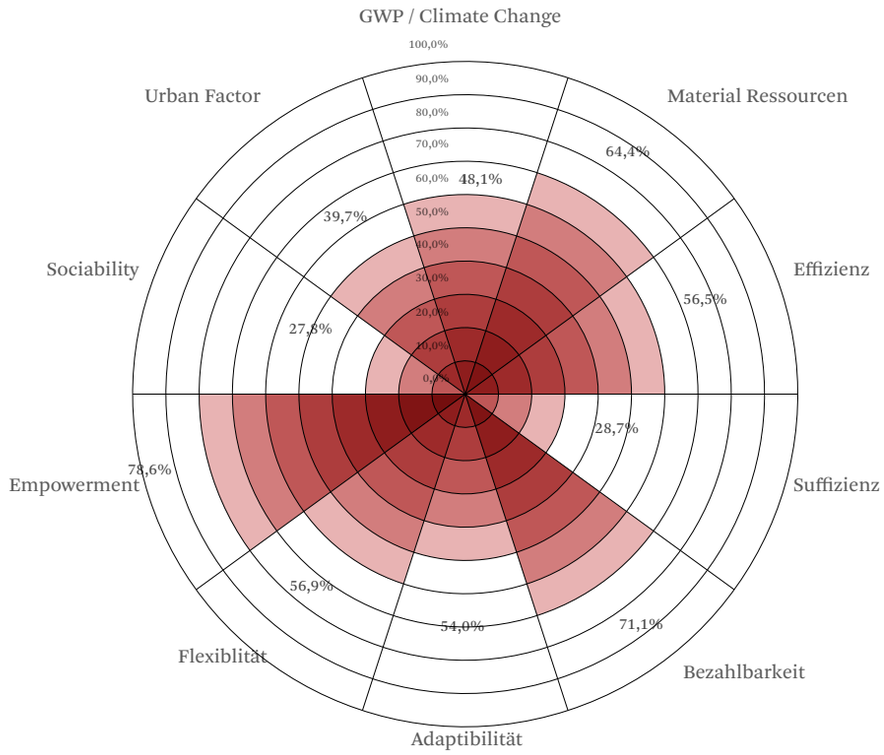


Abbildung 131:
Case Study 11:
dgj251 KOWO Erfurt,
Grundriss-Schema
und Raster Typ P1,
DGJ Architektur, 2018.

Abbildung 129:
(vorherige Seite)
Case Study 11:
dgj251 KOWO Erfurt,
Visualisierung
Architektur-
fabrik Oldenburg
nach 3D-Modell von
DGJ Architektur, 2018.

6.11.2 Steckbrief // Quantitative und qualitative Analysen

Abbildung 132:
Case Study 11:
dgj251 KOWO Erfurt,
Radar-Diagramm
Nachhaltigkeits-
bewertung, DGJ
Architektur, 2019.



Tragwerk und Konstruktion

6.11.3

Der enge Kostenrahmen bedingte die Planung der wirtschaftlichsten Konstruktion. Aufgrund des geringeren Materialverbrauchs und der großen Produktionskapazitäten ist der Holztafelbau deutlich günstiger als Holz-Massivbauweisen oder Skelettbauten. Deswegen wurde auch *Case Study 11: dgj251 KOWO Erfurt* in Holztafelbauweise mit tragenden Innen- und Außenwänden sowie Holz-Balkendecken konstruiert. Diese Bauweise ist innerhalb der Exploration von besonderem Interesse, weil es die in Europa verbreitetste Holzbauweise darstellt, die aber in den anderen Fallstudien nicht vorkommt. Tatsächlich zeigt sich, dass diese Bauweise deutlich weniger Holz pro Quadratmeter Brutto- und Nettofläche des Gebäudes verbraucht.

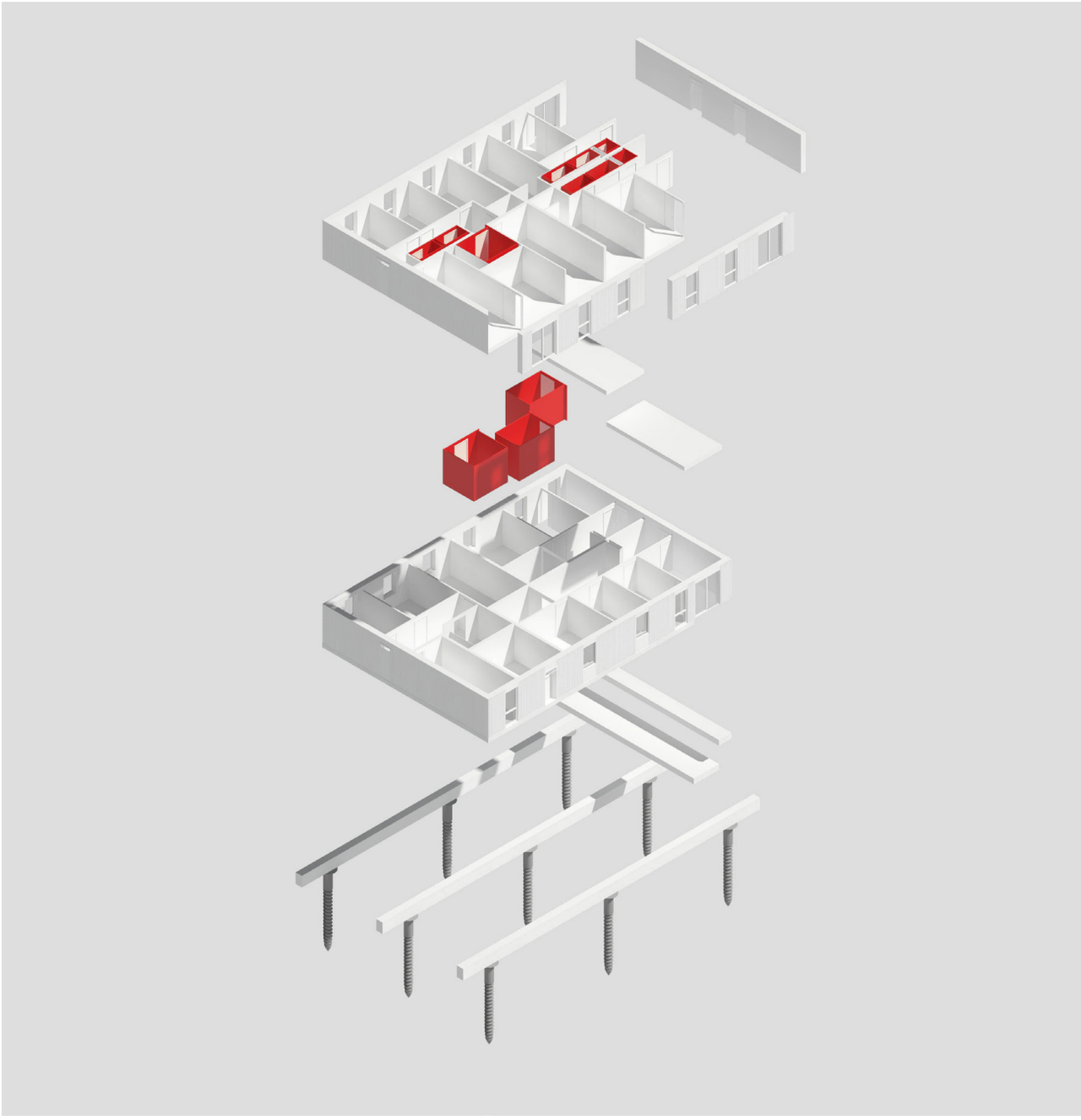
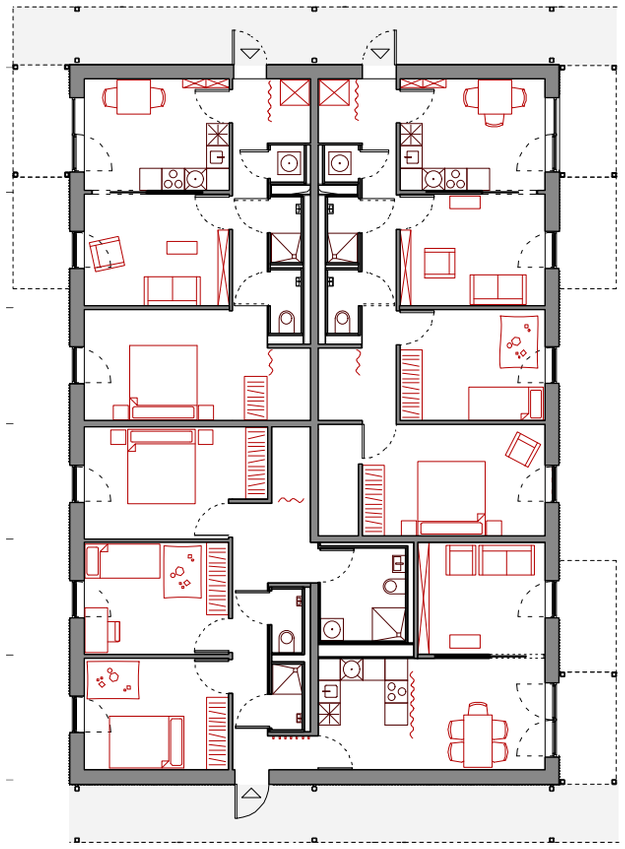


Abbildung 134: *Case Study 11: dgj251 KOWO Erfurt*, Modularisiernug und Vorfertigung Typ P1, DGJ Architektur, 2018.

Grundriss
EG
M 1:200



Nutzung und Adaptabilität 6.11.4.1

Die Planung wurde im Rahmen eines streng regulierten VOB-Verfahrens erarbeitet, das sowohl in Hinblick auf die Nutzung als auch auf das Raumprogramm keine Anpassungen der Gebäude zuließ.

Städtebauliche und Gebäude-Ebene 6.11.4.1.1

Unterschiedliche Nutzungsszenarien für die Siedlung und die Wohnungen wurden nur im Hinblick auf die Barrierefreiheit untersucht und entwickelt. So wurden in der Auslobung nur ein geringer Teil der Wohnungen barrierefrei gefordert. Der Entwurf eröffnete durch die Laubengänge, die jeweils eine große Zahl an Wohnungen erschließen, die Möglichkeit mit nur sechs Aufzügen alle 110 Wohnungen im Quartier barrierefrei zu erschließen.

Wohnungs-Ebene 6.11.4.1.2

Laut Auslobung sollten die Individualräume eine unterschiedliche Nutzung (Schlafräume, Kinderzimmer bzw. Arbeits- oder Gästezimmer) zulassen und ein bestimmtes Mindestmaß nicht unterschreiten (nicht-barrierefreie Wohnungen: Breite min. 3,00m, Tiefe min. 3,40m; barrierefrei: Breite min. 3,20m, Tiefe min. 3,90m). Zusätzlich wurde für die Individualräume aller Wohnungen eine direkte innere Erschließung mit einem Flur vorgeschrieben und eine indirekte Erschließung über andere Räume ausgeschlossen. Dies begünstigt eine Nutzung der Wohnungen als Wohngemeinschaft. Allerdings wurden diese Vorgaben im Verfahren mit strikten Obergrenzen[282] für die unterschiedlichen Wohnungen und der Forderung nach räumlich abgeschlossenen Küchen kombiniert, die dazu führen, dass die Individualzimmer die genannte Mindestgröße praktisch kaum überschreiten konnten. Statt einer Reihe von gleichartigen generischen Räumen, die durch einen Flur unabhängig erschlossen sind, wurden durch den Reduktionsdruck der Gesamtgröße der Wohnungen sehr spezifisch nutzbare Räume für Schlafen, Kinder, Arbeiten und Gast geschaffen. Dies lässt eine Nutzung der Wohnungen mit unterschiedlichen Wohnformen kaum zu.

Flexibilität 6.11.4.2

Eine flexible Umgestaltung der Wohnungen und Gebäude ist nicht in der Auslobung angelegt. Die Siedlung liegt am äußeren Rand einer großen Plattenbausiedlung in Erfurt und wird ausschließlich dem sozialen (geförderten Wohnungsbau) gewidmet. Ein Umbau der Wohnungen scheint aus heutiger Sicht nicht wahrscheinlich. Gleichwohl zeigen die Arbeiten von Lacaton und Vasall, zum Beispiel für den Umbau des Wohnhochhauses Tour Bois-le-Prêtre aus dem Jahr 1961 in Paris[283] und der zugehörigen Studie ‚Plus'[284], dass auch im Massenwohnungsbau nach einigen Jahrzehnten neue räumliche und soziale Potentiale gehoben werden können.

282 Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft: *Richtlinie für die Förderung des sozialen Mietwohnungsbaus in besonderen Gebietskulissen zur Innenstadtstabilisierung im Freistaat Thüringen für die Programmjahre 2018 bis 2020 (Innenstadtstabilisierungsprogramm – ISSP)*. Erfurt, Dezember 2018.
283 Anne Lacaton; Jean-Philippe Vassal: *Der Tour Bois-Le Prêtre in Paris.* In: *ARCH+ 203 (June 2011)*. S. 110–15.
284 Frédéric Druot; Anne Lacaton; Jean-Philippe Vassal: *Plus: La Vivienda Colectiva. Territorio de Excepción*. Gustavo Gili (Hg.), Barcelona: GG, 2007.

6.11.4.2.1 Städtebauliche Ebene

Die Erweiterung oder Aufstockung der Gebäude ist aufgrund der dichten Siedlungsstruktur nicht vorstellbar, weil die relativ kleinen Höfe keine Nachverdichtung gestatten, ohne die Belichtung und Belüftung der Gebäude stark zu beeinträchtigen. Die Konstruktion in Holztafelbauweise mit Schraubfundamenten ist zwar äußert wirtschaftlich, bietet aber kaum Lastreserven für eine spätere Aufstockung.

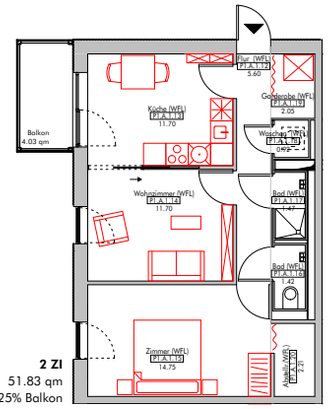
6.11.4.2.2 Gebäude-Ebene, Konstruktion und Tragwerk

Nachteil der materialsparenden Holztafelbauweise ist, dass die tragenden Innenwände nicht ohne Weiteres geöffnet oder herausgenommen werden können. Ähnlich wie bei tragendem Mauerwerk sind Öffnungen natürlich möglich, können aber nur mit zusätzlichen konstruktiven Maßnahmen (Stürze, Unterzüge, Verstärkung der vertikalen Lastabtragung) geöffnet werden.

Überlagert werden die konstruktiven Fragen von der Nutzung als Mietwohnung im sozialen Wohnungsbau. Hier sind Anpassungen der Wohnungen ohnehin unüblich und finden in der Praxis erst statt, wenn die Wohnungen nach einer längeren Nutzungsphase saniert und/oder umgenutzt werden. Für diesen Fall könnte sich die geringe Flexibilität und Umbaubarkeit nachteilig erweisen. Sie führt dazu, dass zahlreiche Gebäude aus der Nachkriegszeit heut-zutage eher abgerissen als umgebaut werden.

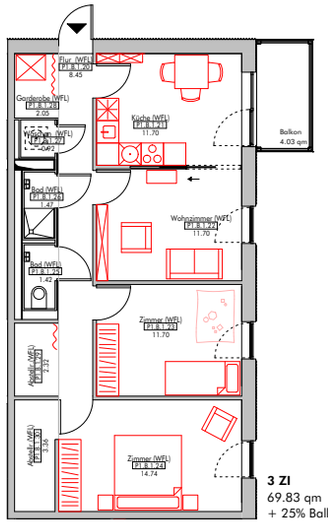
F
Preis 1 Block F (P1.F)
EG
WE F.01
4 Zi
90 qm
MAX – 90 qm
EG
Gemeinschaftshaus
C
Preis 1 Block C (P1.C)
B
Preis 1 Block B (P1.B)
E
Preis 1 Block E (P1.E)
D
Preis 1 Block D (P1.D)
A
Preis 1 Block A (P1.A)
EG
WE B.02
2 Zi
Barrierefrei
52.74 qm
MAX – 60 qm
EG
WE B.03
2 Zi Barrierefrei
52.74 qm
MAX – 60 qm
EG
WE B.01
4 Zi
87.12 qm
MAX – 90 qm
EG
WE C.02
4 Zi
87.20 qm
MAX – 90 qm
EG
WE C.01
4 Zi
87.20 qm
MAX – 90 qm
EG
WE E.02
4 Zi
87.20 qm
MAX – 90 qm
EG
WE E.01
4 Zi
87.20 qm
MAX – 90 qm
EG
WE D.02
4 Zi
87.20 qm
MAX – 90 qm
EG
WE D.01
4 Zi
87.20 qm
MAX – 90 qm
LEGENDE
Bodenplatte, Mauerwerk
EG
WE A.02
2 Zi Barrierefrei
51.54 qm
MAX – 60 qm
EG
WE A.03
3 Zi Barrierefrei
70.95 qm
MAX – 75 qm
EG
WE A.01
3 Zi Rollstuhlgerecht
75.00 qm
MAX – 75 qm

2Z
TYP A



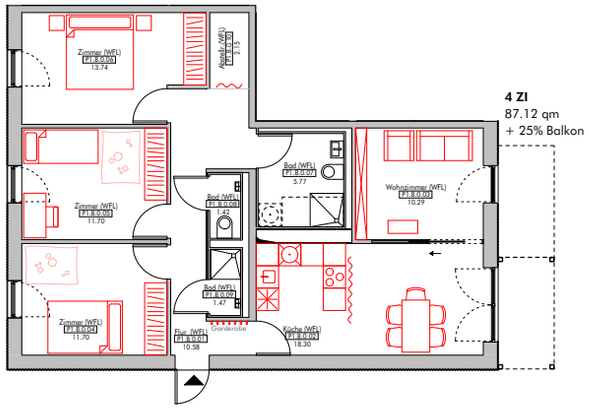
2 ZI
51.83 qm
+ 25% Balkon

3 ZI
TYP A



3 ZI
69.83 qm
+ 25% Balkon

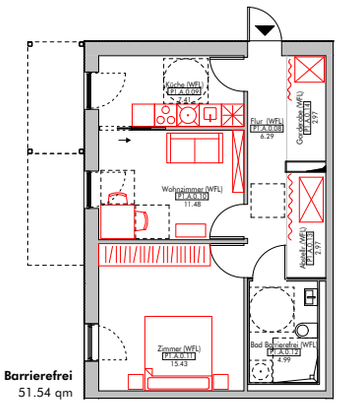
4 ZI
TYP A



4 ZI
87.12 qm
+ 25% Balkon

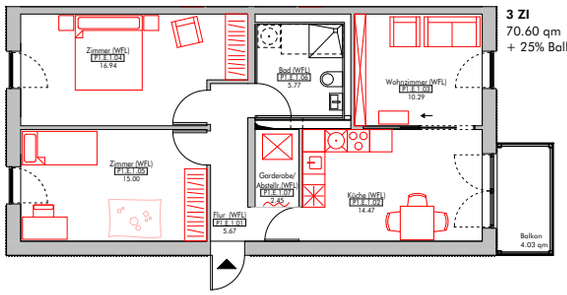
Abbildung 135:
Case Study 11
dgj251 KOWO Erfurt
Wohnungstypen,
DGJ Architektur, 2018.

2Z Barrierefrei
TYP B



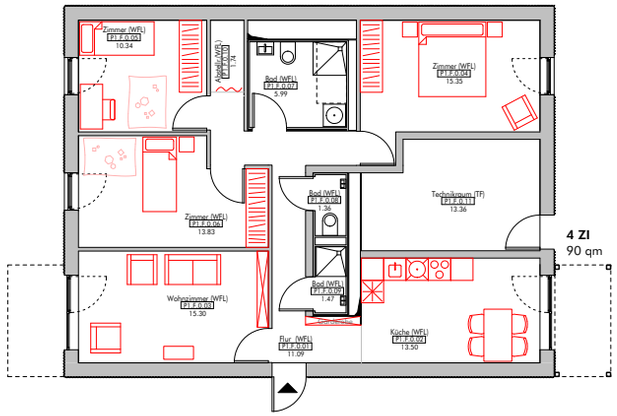
2 ZI Barrierefrei
51.54 qm

3 ZI
TYP B



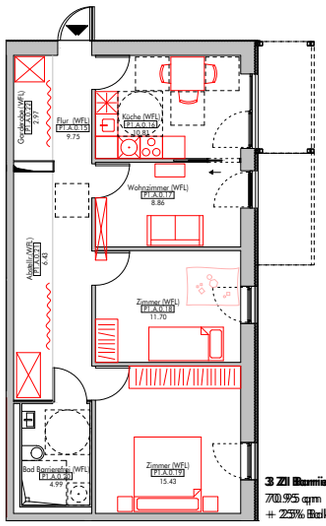
3 ZI
70.60 qm
+ 25% Balkon

4 ZI
TYP B



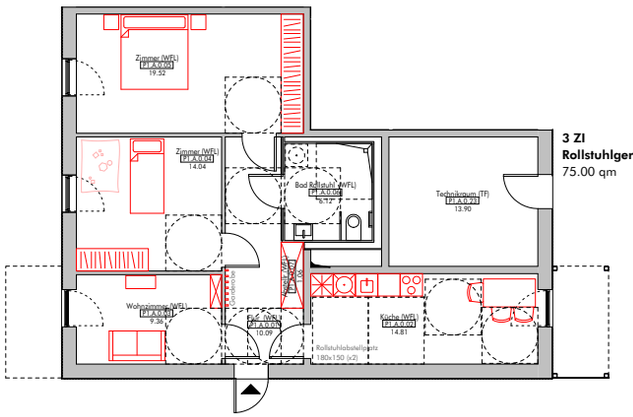
4 ZI
90 qm

3 ZI Barrierefrei
TYP C



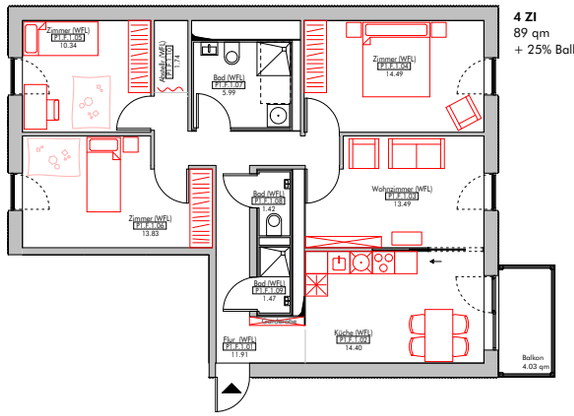
3 ZI Barrierefrei
70.95 qm
+ 25% Balkon

3 ZI
Rollstuhlgerecht
TYP D



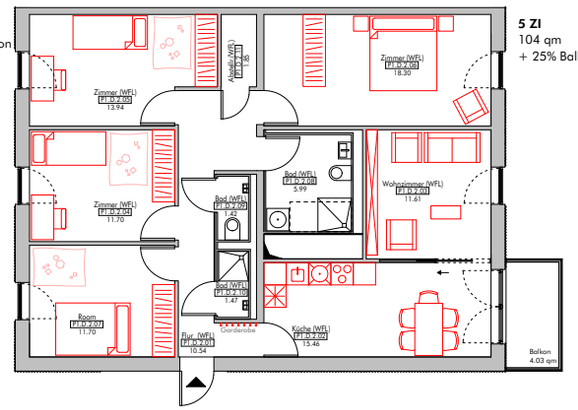
3 ZI
Rollstuhlgerecht
75.00 qm

4 ZI
TYP C



4 ZI
89 qm
+ 25% Balkon

5 ZI



5 ZI
104 qm
+ 25% Balkon

	Case Study 11: dgj251 KOWO Erfurt – Quantitative Analyse // Numerisch Geometrisch					
	KENNDATEN		**EFFIZIENZ**		**SUFFIZIENZ**	
STÄDTEBAU	Urbane Typologie					
	Bruttogeschossfläche (BGF (r))	762,30 m2	Dichte (GFZ) Geschossflächenzahl	2,27	BGF / Pers.	48,91 m2
	Bruttogeschossfläche (BGF (s))	118,14 m2				
	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	880,44 m2				
	Bruttorauminhalt (BRI (r))	2343,95 m3	Grundflächenzahl (GRZ)	0,76		
	Grundstücksfläche (GF)	336,09 m2	Baumassenzahl (BMZ)	0,14 m3/m2	Grundstücksfläche / Pers.	18,67 m2
	Grundfläche eines Gebäudes (BF)	254,78 m2				
GEBÄUDE	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	880,44 m2	WLF / (BGF (r) + BGF (s))	76%	BGF (r) / Pers.	42,35 m2
	Wohn- und Nutzfläche WLF + HNF	673,04 m2	WLF / (BGF (r))	88%	BGF (s) / Pers.	6,56 m2
	Nutzfläche (NF)	13,90 m2			(BGF (r) + BGF (s)) / Pers.	48,91 m2
	Verkehrsfl. (VF)	65,00 m2	VF / (BGF (r) + BGF (s))	7,38%	WLF / Pers.	37,39 m2
	Konstruktionsfläche (KF)	193,50 m2	KF / (BGF (r) + BGF (s))	21,98%		
	Hüllfläche (gegen Außen)	598,37 m2	A/V	0,26 m2/m3		
	0					
	Raster x	6,00 m	**Baukosten**	**4**		
	Raster y	3,00 m	0% - 25%	4		
	Gebäudelänge x	19,36 m				
	Gebäudelänge y	13,16 m				
	Geschosse	3				
			Energie-Standard	**2**		
			EnEV	2		
KONSTRUKTION	Holzmenge insg.	72,96 m3	Holzmenge / BGF	0,08 m3/m2	Holzmenge / Pers	4,05 m3/Pers.
	Holz Stützen	10,42 m3	Holzmenge / WLF	0,11 m3/m2		
	l in m	3,10 m				
	b in mm	200,00 mm				
	h in mm	200,00 mm				
	Anzahl	84 Stk.				
	Holz (trag.) Unterzüge	18,14 m3				
	l in m	4,00 m				
	b in mm	200,00 mm				
	h in mm	360,00 mm				
	Anzahl	63 Stk.				
	Holz Decken	19,44 m3				
	l in m	3,00 m				
	h in mm	120,00 mm				
	Anzahl	54 Stk.				
	Holz Aussteifung/Wände	24,96 m3				
	GWP (Treibhauspotential)	**11**				
	Rückbaubarkeit	**5**				
	Re-Use (Potential zur	**11**				
	Recycling (Wiederverwendung	**7**				
	Materialwahl / Nachwachsende	**18**				
WOHNUNG UND ZIMMER	**Wohnungsschlüssel**		**Effizienz Appartment**		**Anzahl der Personen insg.**	**18 Pers.**
	Gesamtzahl Wohnungen	9 WE	Passung Geometrie / Nutzung	47%	Pers. Appartment (Durchschnitt)	2,0 Pers.
			Rasterberechn. WFL pro Person	34,2 m2	HNF+NF/Pers. (Gebäude)	37,4 m2/Pers.
	Anzahl der Wohnungen	**9 WE**	**Wohnfläche pro WE Durchschnitt**	**72,2 m2**	**WFL pro Person in Whng.**	**34,0 m2/Pers.**
	1-PHH-Wohnung	3 WE	1-PHH-Wohnung	53,0 m2	1-PHH-Wohnung	53,0 m2/Pers.
	2-PHH-Wohnung	4 WE	2-PHH-Wohnung	71,0 m2	2-PHH-Wohnung	35,5 m2/Pers.
	3-PHH-Wohnung	1 WE	3-PHH-Wohnung	75,0 m2	3-PHH-Wohnung	25,0 m2/Pers.
	4-PHH-Wohnung	1 WE	4-PHH-Wohnung	90,0 m2	4-PHH-Wohnung	22,5 m2/Pers.
			Summe Wohnfläche	607,9 m2	Anzahl der Personen	18 Pers.
WOHNFORMEN	**Gemeinschaftliche und individuelle Wohnfläche**					
	Wohnfläche individuell	651,04 m2				
	Anteil Wohnfläche individuell	97%				
	Wohnfläche gemeinschaftlich in der	0,00 m2				
	Anteil Wohnfläche gemeinschaftlich in	0%				
	Wohnfläche gemeinschaftlich für	22,00 m2				
	Wohnfläche gemeinschaftlich für	3%				
PARTIZIPATION						

	Case Study 11: dgj251 KOWO Erfurt – Qualitative Analyse // Kategorie															
	TYPOLOGIE		**ADAPTABILITÄT (ERGEBNIS)**	**53%**					**FLEXIBLITÄT (ERGEBNIS)**	**74%**						
STÄDTEBAU	**Urbane Typologie**		**Bewertung**	**10**					**Erweiterbarkeit Gebäudevolumen**							
	Minihaus / Teppichsiedlung	1							Horizontal erweiterbar	1						1
									Vertikal erweiterbar	1						1
GEBÄUDE	**Erschließungstypologie:**	1	**Gebäudetypologie ermöglicht...**	6					**Verbinden / Trennen WEs**	**14**						
	Laubengang	1	...andere Wohnformen	3					Einheiten verbinden	3		3				
			...andere Nutzung	3					Einheiten trennen	3		3				
			Belichtung und Belüftung	4					Erschließung Einheiten	4	4					
			Tiefe der Räume bis 5m (=3)						Grundriss Organisation	4	4					
			Tiefe der Räume bis 6m (=2)						Raumreserven	2			2			
			Tiefe der Räume bis 7m (=1)	1												
			Barriere Erschließung Gebäude	0												
			Anteil Wohnungen	10%												
KONSTRUKTION	**Bauweise / Tragsystem**								**Bauweise / Tragsystem**	**3**						
	Hybrid	1							Skelettbau (=4)							
									Hybrid (=3)	3						
									Schotten-bauweise (=2)							
									Massivbau/tragende Wände (=1)							
									Konstruktive Merkmale	**11**						
	Konstruktive Hierarchie								Große Spannweiten	3		3				
	Integriert	1							Nicht-tragende Innenwände	4	4					
									Position Leitungen	2			2			
									Horizontale Leitungen	2			2			
									Umbaubarkeit der Subsysteme	**14**						
									Tragwerk	2			2			
									Fassade	4	4					
									Konstruktiver Ausbau	4	4					
									Technischer Ausbau	4	4					
WOHNUNG	**Raumbildung**		**Raumreserven**						**Konstruktive Merkmale**							
	Zellenstruktur	1	53%						**Primäre Ebene**	**11**						
	Open Plan (Divsion)								Flexible Wände, Schiebetüren	3		3				
	Raum-im-Raum (eingestellt Boxen)								Flexible versetzbare Wände	4	4					
									Flexible Decken, Durchbrüche	4	4					
	Erschließungstypologie (in WE)															
	Flur oder internes Treppenhaus	1							**Sekundäre Ebene**	**3**						
	Verteiler Raum (über Wohnraum)								Flexible Einbauten	3		3				
			Barrierefreie Erschließ. Wohnungen													
			Anteil Wohnungen	##												
			Barrierefreie Ausstattung													
			Anteil Wohnungen	20%												
WOHNFORMEN	**Wohntypolgie**		**Wohntypolgie**													
	Einzelappartment		Unterschiedliche Wohnformen	2												
	Flurgemeinschaft		Andere Nutzungen	1												
	Wohngemeinschaft	3														
	Familienwohnung	4														
	Cluster-Wohnung															
PARTIZIPATION			**Grad der Aneignung**	2												
			Partizipation Projektierung	1												
			Partizipation Planung	1												
			Partizipation Betrieb	1												
									Veränderung Gebäude	7	4	3	2	1		
									Anpassungen Nutzungen und	1				1		
									Anpassungen Grundriss möglich	1				1		
									Anpassungen Feste Einbauten	1				1		
									Eigene Möbel	4	4					

Case Study 12: dgj241 Prefab Max Reihenhaus

Genese des Projekts 6.12.1

Das Projekt *Prefab Max Reihenhaus* wurde für einen eingeladenen Wettbewerb (Mehrfachbeauftragung) eines privaten Investors für eine innerstädtische Brachfläche in Düsseldorf entworfen. ‚Prefab Max' ist ein Bausystem, das bei DGJ Architektur zwischen 2014 und 2017 entwickelt wurde und die Maximierung des Vorfertigungs- und Automatisierungsgrades ermöglicht. Während die anderen Projekte aus der ‚Prefab Max'-Serie darauf basierten, dass die Gebäude in Teilen aus 3D-Raummodulen bestehen, die mit 2D-Bauelementen kombiniert werden, wurde das *Prefab Max Reihenhaus* bereits unter dem Einfluss der Entwicklung des vorliegenden Bausystems entworfen. Damit ist es in Hinblick auf die geometrische und räumliche Struktur eher Teil der in dieser Arbeit beschrieben Fälle.

Flexibilität und Adaptabilität 6.12.2

Aufgrund der hohen Bebauungsdichte ist eine weitere Nachverdichtung der Siedlung nicht möglich. Auch die Anpassungsfähigkeit oder die Möglichkeiten eines Umbaus der Gebäude und Wohnungen ist aufgrund der kompakten Grundrisse gering.
Der Gebäudetechnik kommt im Hinblick auf den gesamten Vorfertigungsgrad der Gebäude eine Schlüsselposition zu. Deswegen werden in unserem Konzept hochinstallierte Räume wie Bäder und Küchen in einem Modul gebündelt gefertigt, das die gesamte Installation und Haustechnik enthält. Das Technikmodul wird mit der gesamten Haustechnik (Heizung, Lüftung, Sanitär, Elektro) und den Sanitär-Objekten betriebsbereit angeliefert. Das Modul enthält alle vertikalen Leitungen, die in integrierten Schächten geführt werden. Horizontal sind nur noch Elektroleitungen geplant, die auch über den Segmentstoß hinweg einfach verlegt werden können. Alle Gebäude werden an einem Anschlusspunkt über eine im Boden liegende Trasse versorgt.

Für die Reihenhäuser wurde versucht, eine dramatische Reduktion der Grundstücksgrößen und Gebäudemaße zu erreichen und gleichzeitig die Häuser als vollwertige Einfamilienhäuser zu entwerfen. Die Idee war, mit einer geringen Gebäudefläche und der bei vielen Menschen beliebten Reihenhaus-Typologie eine hohe Bebauungsdichte und damit geringen Landverbrauch zu erzeugen (‚low rise' / ‚high densitiy').

Im Hinblick auf die unterschiedlichen Anforderungen an Komfort und Wohnfläche wurde ein kleinerer Typ (C) entwickelt, der ein Achsmaß von 3,1m aufweist und ein etwas größerer Typ ‚E' mit einem Achsmaß von 3,6m.

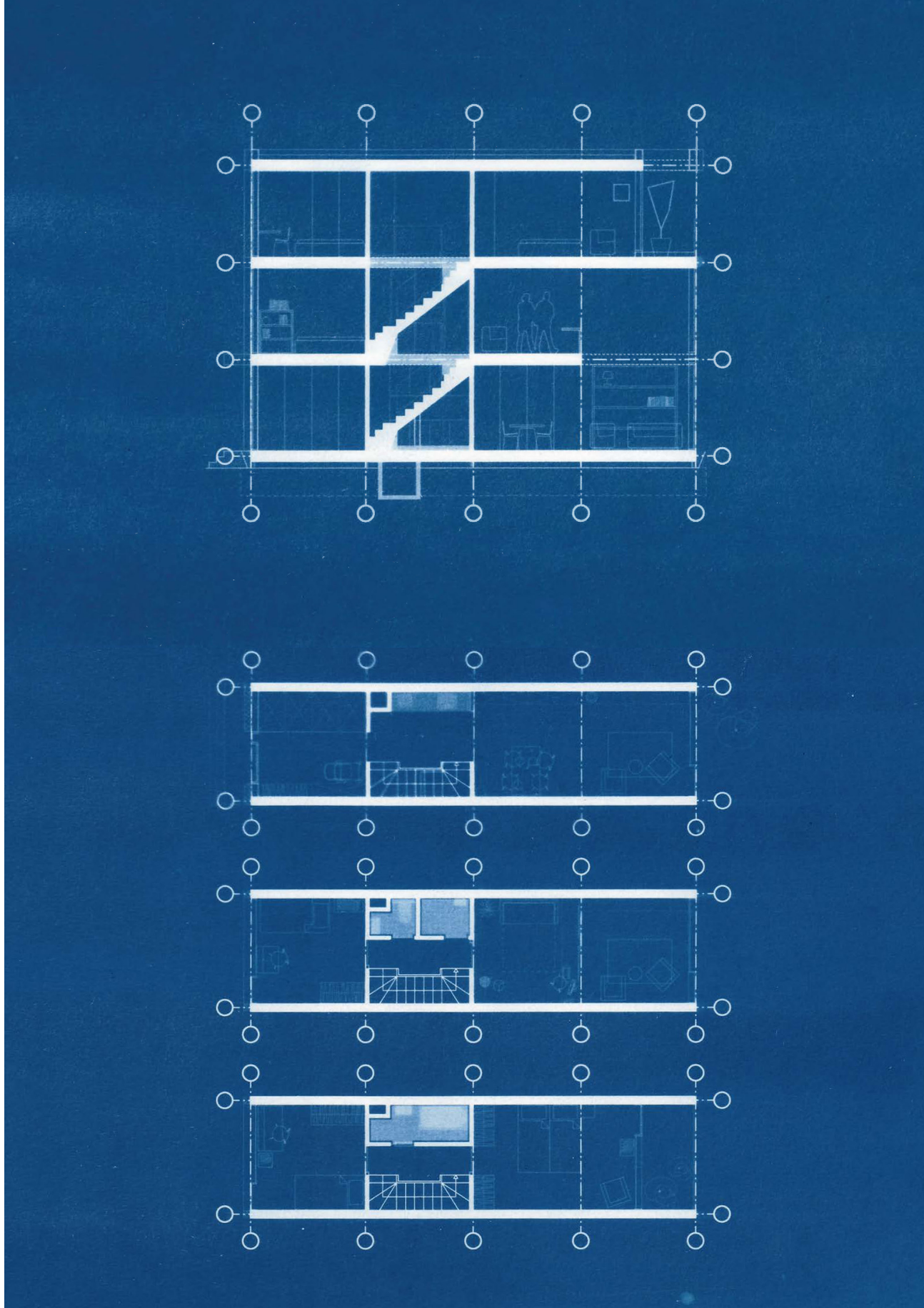
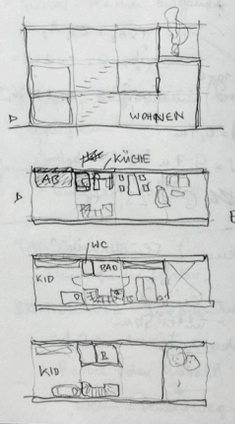
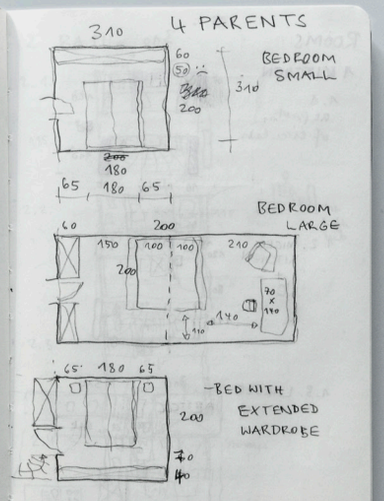


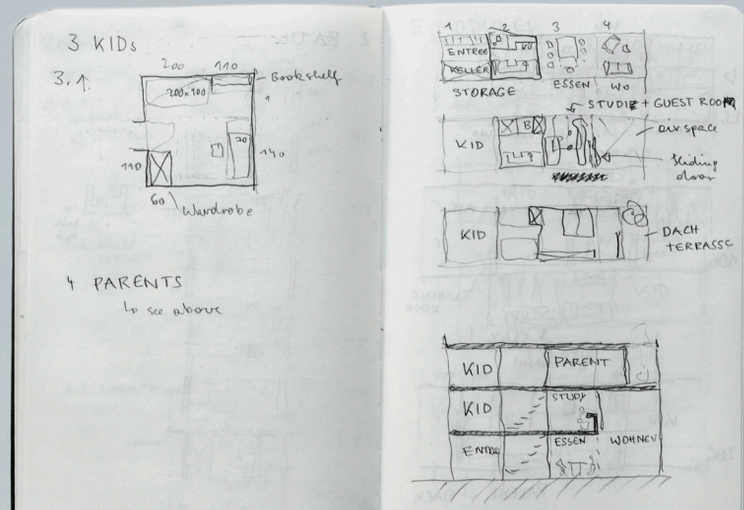
Abbildung 136:
(vorherige Seite)
Case Study 12: dgj241 Prefab Max Reihenhaus, Visualisierung inhouse, DGJ Architektur, 2017.

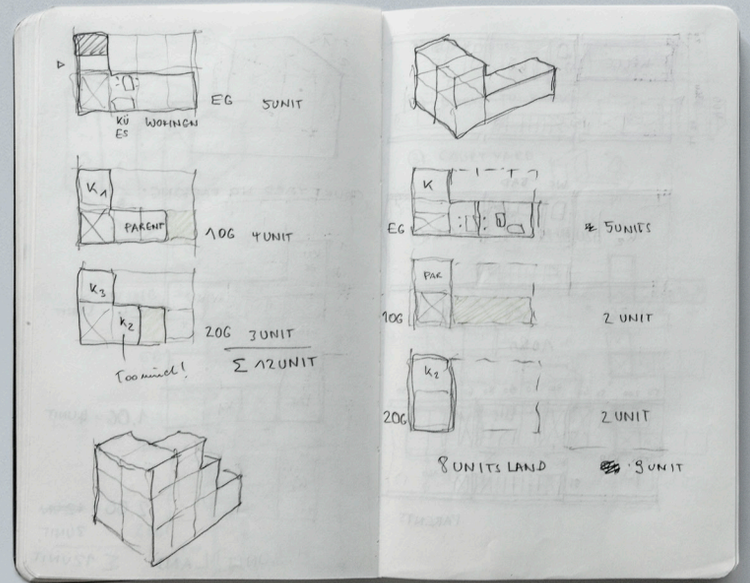
Abbildung 137:
(gegenüberliegend)
Case Study 12: dgj241 Prefab Max Reihenhaus, X-Ray-Analysis des Tragwerks, Cyanotypie auf Papier, DGJ Architektur, 2019.

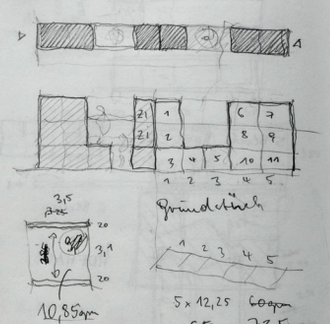
- Holz + nicht brennbarer Dämmung
  ↳ Holz möglich!
- Dach Atrium

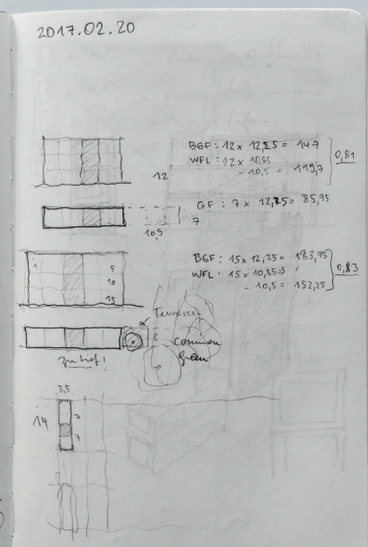


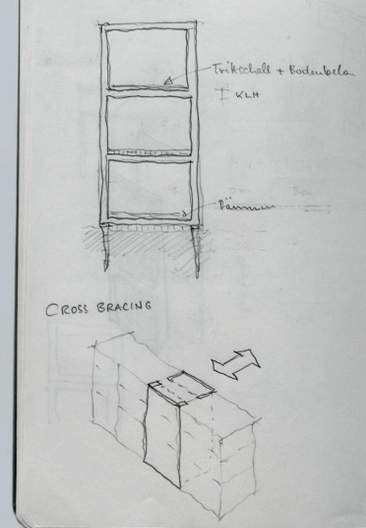


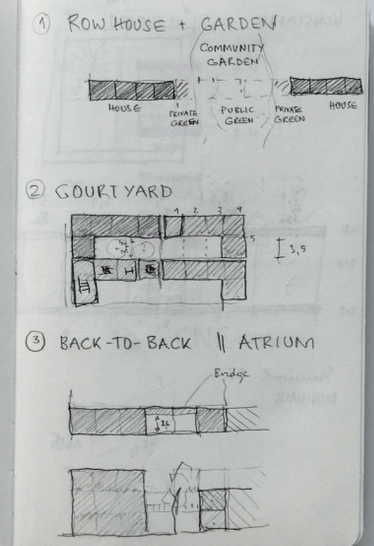


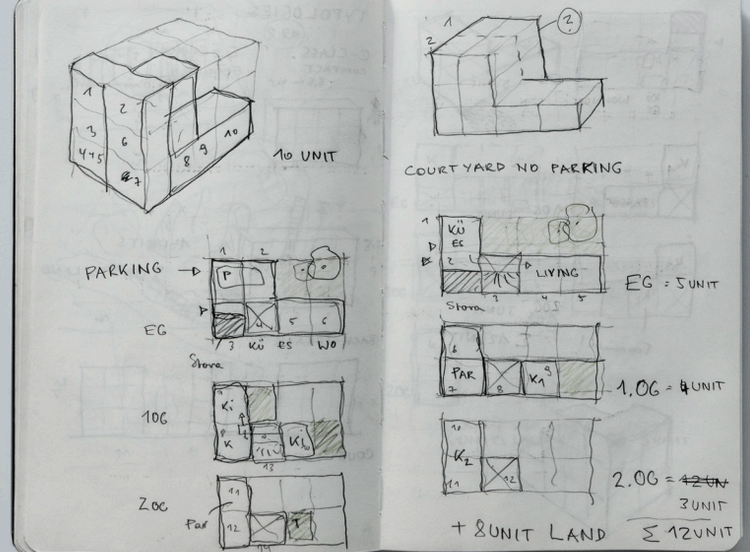












Tragwerk und Konstruktion

6.12.3

Die zentrale Innovation bei *Prefab Max Reihenhaus* besteht darin, dass die Gebäude in vertikale Module geteilt werden, die die gesamte Gebäudehöhe umfassen. Durch die vertikale Segmentierung wird die Anzahl der Fugen in der Gebäudehülle minimiert. Die Segmente werden vor allem entlang jener Wohnungstrennwände gestoßen, bei denen diese durch die angrenzenden Gebäude geschützt sind. Die Dachhaut wird mit einer Überlappung geliefert. Diese wird auf das angrenzende Modul umgeschlagen und dort verschweißt. Auch die Fassaden können bei den äußeren Modulen bereits montiert angeliefert werden.

Steckbrief // Quantitative und qualitative Analysen

6.12.4

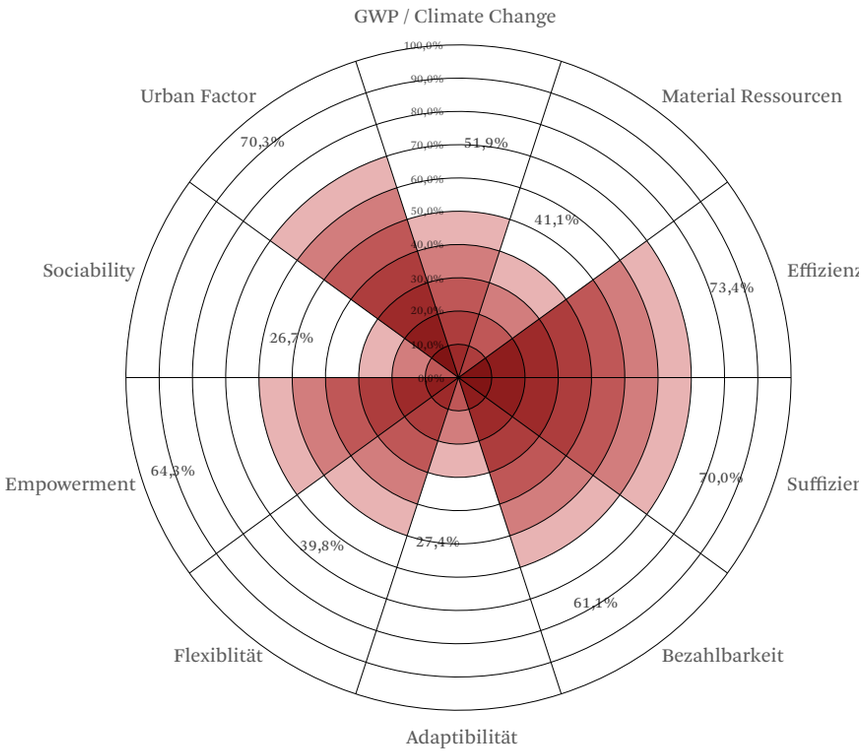


Abbildung 138:
Case Study 12: dgj241 Prefab Max Reihenhaus, Radar-Diagramm Nachhaltigkeits-bewertung, DGJ Architektur, 2019.

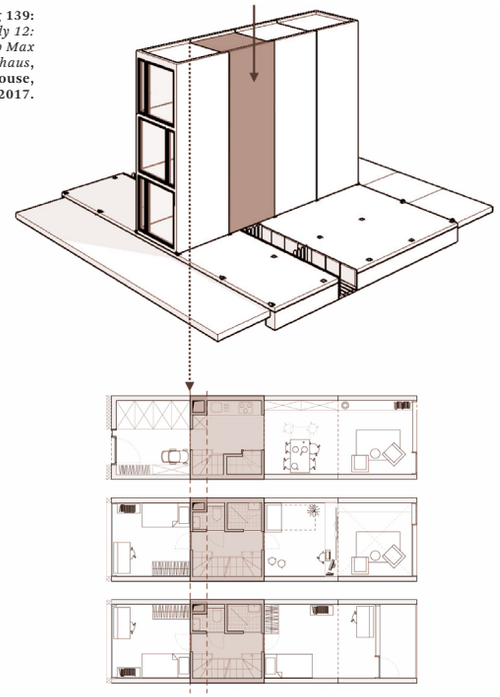


Abbildung 139:
Case Study 12: dgj241 Prefab Max Reihenhaus, Visualisierung inhouse, DGJ Architektur, 2017.

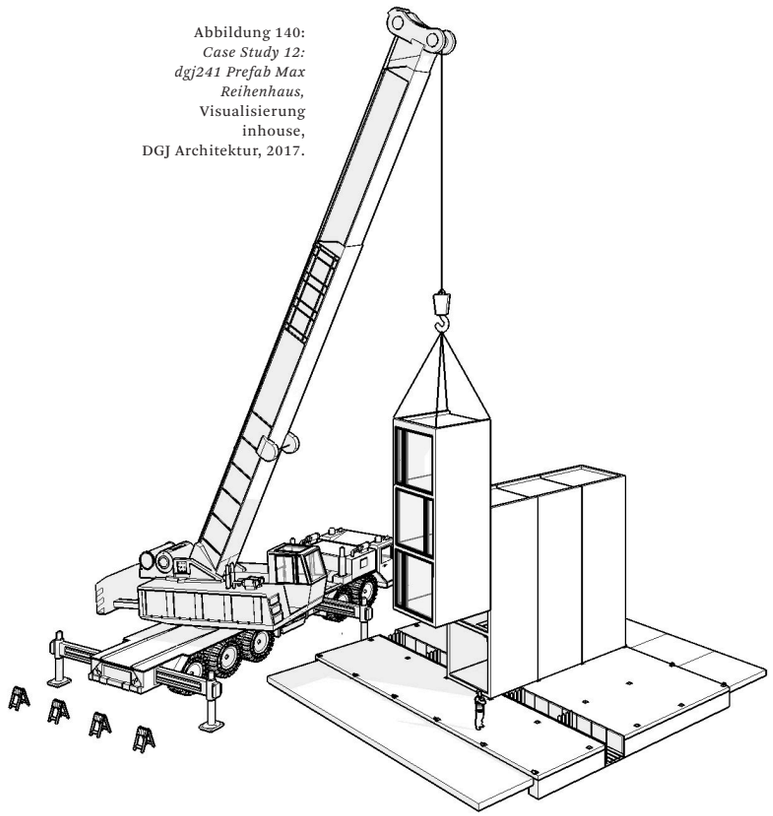
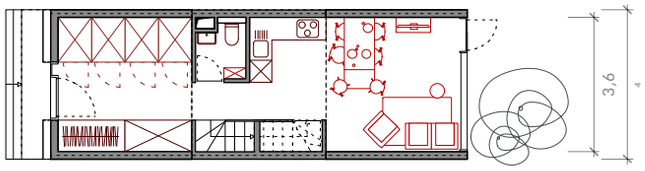
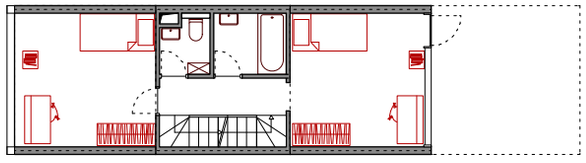


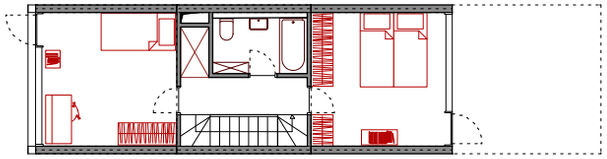
Abbildung 140:
Case Study 12: dgj241 Prefab Max Reihenhaus, Visualisierung inhouse, DGJ Architektur, 2017.



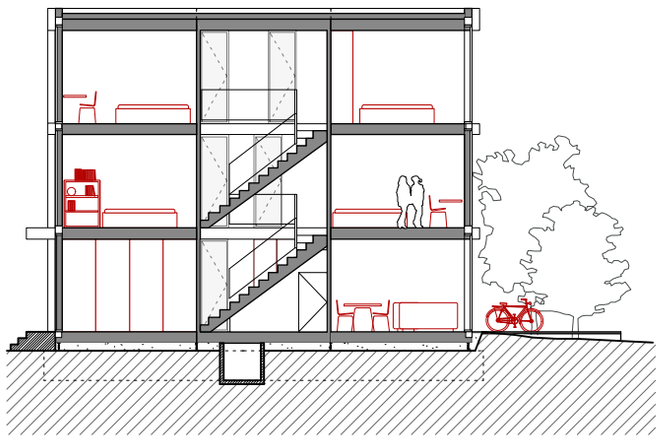
Grundriss
EG
M 1:200



Grundriss
1. OG
M 1:200

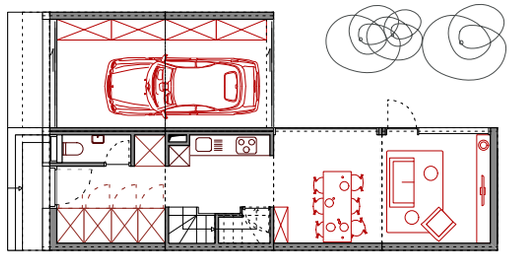


Grundriss
2. OG
M 1:200

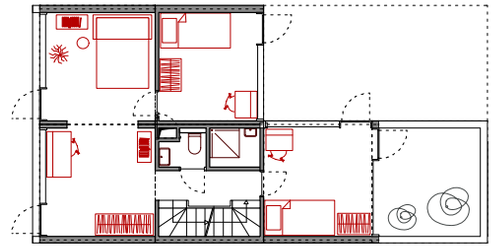


Schnitt
M 1:200

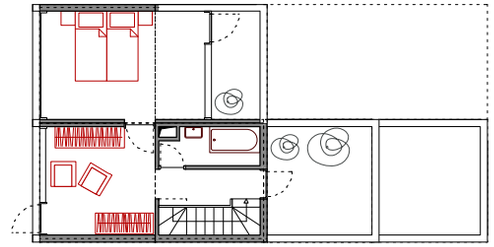
Grundriss
EG
M 1:200



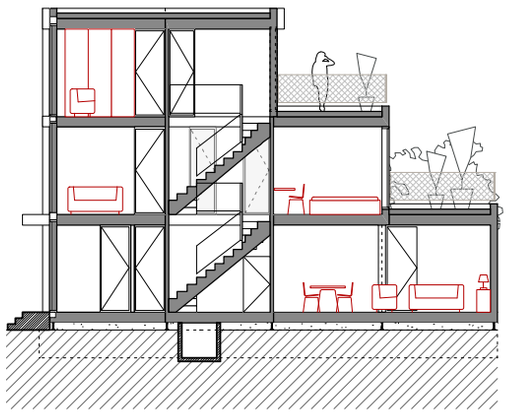
Grundriss
1. OG
M 1:200

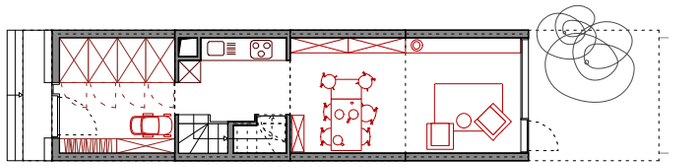


Grundriss
2. OG
M 1:200

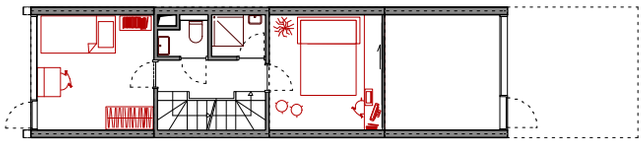


Schnitt
M 1:200

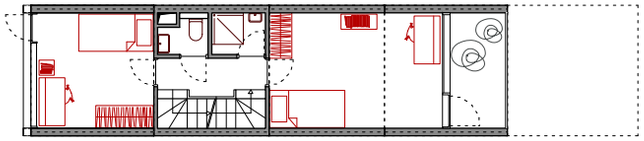




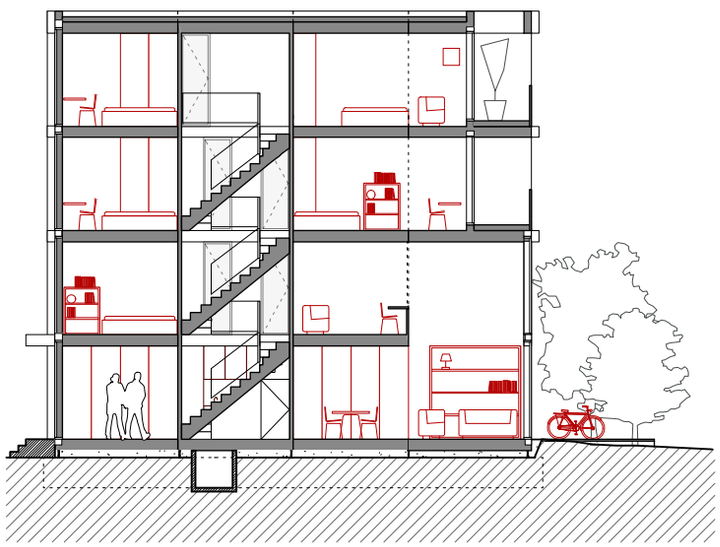
Grundriss
EG
M 1:200



Grundriss
1. OG
M 1:200

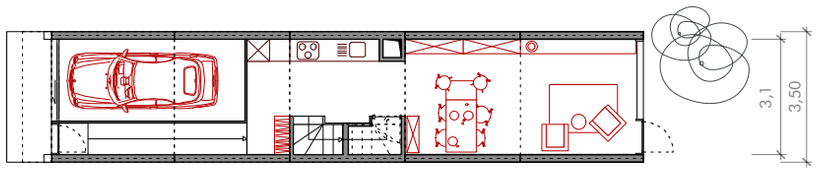


Grundriss
2. OG
M 1:200

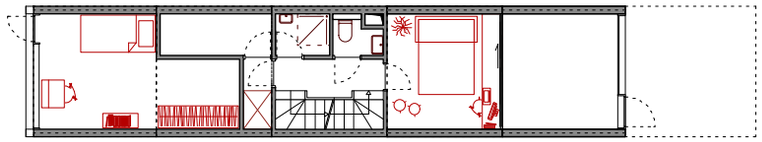


Schnitt
M 1:200

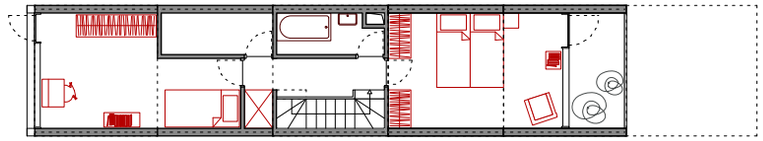
Grundriss
EG
M 1:200



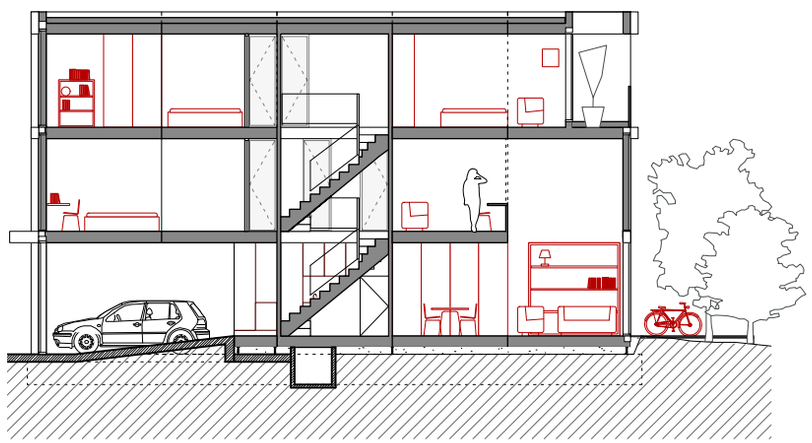
Grundriss
1. OG
M 1:200



Grundriss
2. OG
M 1:200



Schnitt
M 1:200



Case Study 12: dgj241 Prefab Max Reihenhaus – Quantitative Analyse // Numerisch Geometrisch

	KENNDATEN		EFFIZIENZ		SUFFIZIENZ	
STÄDTEBAU	Bruttogeschossfläche (BGF (r))	147,00 m2	Dichte (GFZ) Geschossflächenzahl	1,22	BGF / Pers.	49,00 m2
	Bruttogeschossfläche (BGF (s))	0,00 m2				
	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	147,00 m2				
	Bruttorauminhalt (BRI (r))	500,76 m3	Grundflächenzahl (GRZ)	0,72		
	Grundstücksfläche (GF)	120,60 m2	Baumassenzahl (BMZ)	0,24 m3/m2	Grundstücksfläche / Pers.	40,20 m2
	Grundfläche eines Gebäudes (BF)	87,04 m2				
GEBÄUDE	Bruttogeschossfläche (BGF (r)+BGF (s))	147,00 m2	WLF / (BGF (r) + BGF (s))	81%	BGF (r) / Pers.	49,00 m2
	Wohn- und Nutzfläche WLF + HNF	119,57 m2	WLF / (BGF (r))	81%	BGF (s) / Pers.	0,00 m2
	Nutzfläche (NF)	1,25 m2			(BGF (r) + BGF (s)) / Pers.	49,00 m2
	Verkehrsfl. (VF)	9,00 m2	VF / (BGF (r) + BGF (s))	6,12%	WLF / Pers.	39,86 m2
	Konstruktionsfläche (KF)	18,43 m2	KF / (BGF (r) + BGF (s))	12,54%		
	Hüllfläche (gegen Außen)	356,40 m2	A/V	0,71 m2/m3		
	0					
	Raster x	3,10 m	**Baukosten**	3		
	Raster y	3,10 m	25 - 50	3		
	Gebäudelänge x	12,80 m				
	Gebäudelänge y	6,80 m				
	Geschosse	3				
			Energie-Standard	2		
			EnEV	2		
KONSTRUKTION	Holzmenge insg.	48,26 m3	Holzmenge / BGF	0,33 m3/m2	Holzmenge / Pers	16,09 m3/Pers.
	Holz Stützen	2,88 m3	Holzmenge / WLF	0,40 m3/m2		
	l in m	3,00 m				
	b in mm	200,00 mm				
	h in mm	200,00 mm				
	Anzahl	24 Stk.				
	Holz (trag.) Unterzüge	6,72 m3				
	l in m	3,50 m				
	b in mm	200,00 mm				
	h in mm	320,00 mm				
	Anzahl	30 Stk.				
	Holz Decken	15,44 m3				
	l in m	3,50 m				
	h in mm	140,00 mm				
	Anzahl	9 Stk.				
	Holz Aussteifung/Wände	23,23 m3				
	GWP (Treibhauspotential)	**11**				
	Rückbaubarkeit	**4**				
	Re-Use (Potential zur	**8**				
	Recycling (Wiederverwendung	**6**				
	Materialwahl / Nachwachsende	**2**				
WOHNUNG UND ZIMMER	**Wohnungsschlüssel**		**Effizienz Appartment**		**Anzahl der Personen insg.**	**3 Pers.**
	Gesamtzahl Wohnungen	1 WE	Passung Geometrie / Nutzung	59%	Pers. Appartment (Durchschnitt)	3,0 Pers.
			Rasterberechn. WFL pro Person	23,5 m2	HNF+NF/Pers. (Gebäude)	39,9 m2/Pers.
	Anzahl der Wohnungen	**1 WE**	**Wohnfläche pro WE Durchschnitt**	**119,6 m2**	**WFL pro Person in Whng.**	**39,9 m2/Pers.**
	3-PHH-Wohnung	1 WE	3-PHH-Wohnung	119,6 m2	3-PHH-Wohnung	39,9 m2/Pers.
			Summe Wohnfläche	119,6 m2	Anzahl der Personen	3 Pers.
WOHNFORMEN	**Gemeinschaftliche und individuelle Wohnfläche**					
	Wohnfläche individuell	119,57 m2				
	Anteil Wohnfläche individuell	100%				
	Wohnfläche gemeinschaftlich in der	0,00 m2				
	Anteil Wohnfläche gemeinschaftlich in	0%				
	Wohnfläche gemeinschaftlich für	0,00 m2				
	Wohnfläche gemeinschaftlich für	0%				
PARTIZIPATION						

Case Study 12: dgj241 Prefab Max Reihenhaus – Qualitative Analyse // Kategorie

	TYPOLOGIE		ADAPTABILITÄT (ERGEBNIS)	26%	FLEXIBLITÄT (ERGEBNIS)	33%
STÄDTEBAU	**Urbane Typologie**		**Bewertung**	5	**Erweiterbarkeit Gebäudevolumen**	
	DH, RH	1			Horizontal erweiterbar	1
					Vertikal erweiterbar	1
GEBÄUDE	**Erschließungstypologie:**		**Gebäudetypologie ermöglicht...**		**Verbinden / Trennen WEs**	4
	Direkte Erschließung	1	...andere Wohnformen	1	Einheiten verbinden	1
	und internes Treppenhaus in WE		...andere Nutzung	1	Einheiten trennen	1
			Belichtung und Belüftung		Erschließung Einheiten	1
			Tiefe der Räume bis 5m (=3)	1	Grundriss Organisation	1
			Tiefe der Räume bis 6m (=2)		Raumreserven	1
			Tiefe der Räume bis 7m (=1)			
			Barriere Erschließung Gebäude			
			Anteil Wohnungen	0%		
KONSTRUKTION	**Bauweise / Tragsystem**				**Bauweise / Tragsystem**	2
	Schottenbauweise	1			Skelettbau (=4)	
					Hybrid (=3)	
					Schotten-bauweise (=2)	2
					Massivbau/tragende Wände (=1)	
					Konstruktive Merkmale	7
	Konstruktive Hierarchie				Große Spannweiten	1
	Integriert	1			Nicht-tragende Innenwände	2
					Position Leitungen	2
					Horizontale Leitungen	2
					Umbaubarkeit der Subsysteme	4
					Tragwerk	1
					Fassade	1
					Konstruktiver Ausbau	1
					Technischer Ausbau	1
WOHNUNG	**Raumbildung**		**Raumreserven**		**Konstruktive Merkmale**	
	Zellenstruktur	1	41%		**Primäre Ebene**	6
	Open Plan (Divsion)				Flexible Wände, Schiebetüren	2
	Raum-im-Raum (eingestellt Boxen)				Flexible versetzbare Wände	2
					Flexible Decken, Durchbrüche	2
	Erschließungstypologie (in WE)					
	Flur oder internes Treppenhaus	1			**Sekundäre Ebene**	2
	Verteiler Raum (über Wohnraum)				Flexible Einbauten	2
			Barrierefreie Erschließ. Wohnungen			
			Anteil Wohnungen	0%		
			Barrierefreie Ausstattung			
			Anteil Wohnungen	0%		
WOHNFORMEN	**Wohntypolgie**		**Wohntypolgie**			
	Einzelappartment		Unterschiedliche Wohnformen	1		
	Flurgemeinschaft		Andere Nutzungen	1		
	Wohngemeinschaft					
	Familienwohnung	4				
	Cluster-Wohnung					
PARTIZIPATION			**Grad der Aneignung**			
			Partizipation Projektierung	1		
			Partizipation Planung	1		
			Partizipation Betrieb	4		
					Veränderung Gebäude	12
					Anpassung Nutzung/Wohnform	2
					Anpassungen Grundriss möglich	2
					Anpassungen Feste Einbauten	4
					Eigene Möbel	4

Case Study 13: dgj254 WB Seesport und Erlebniszentrum

Jardin d'hiver

6.13.1

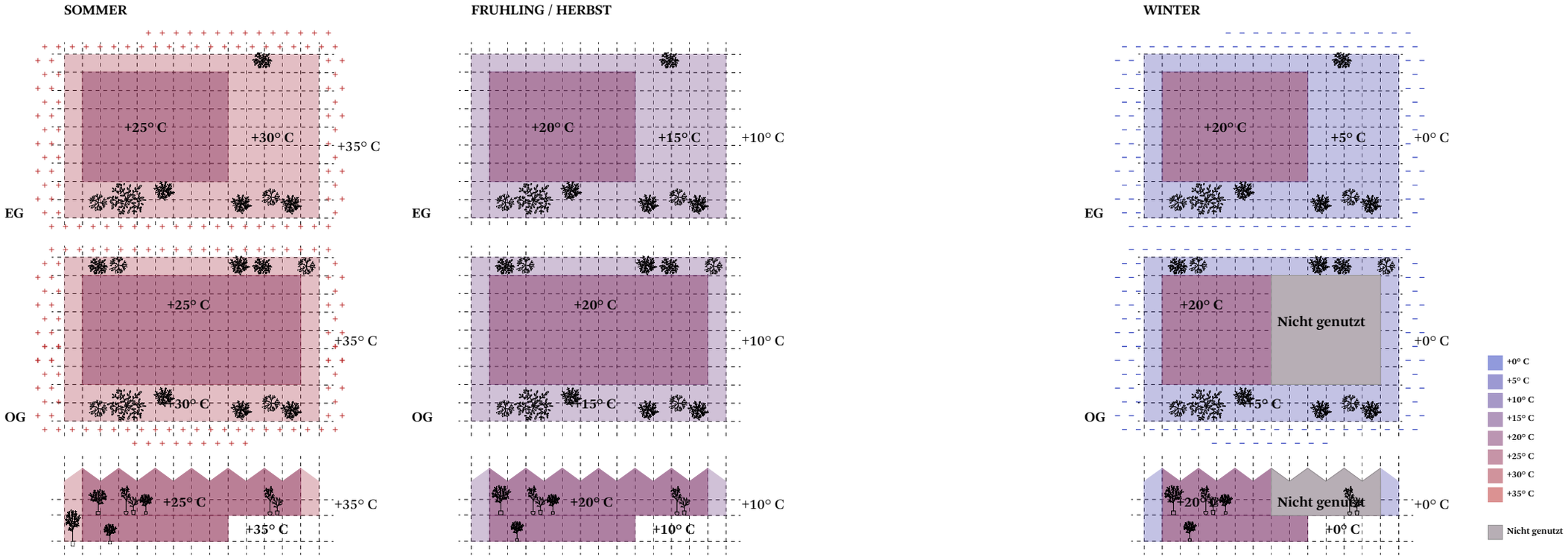
Diese Fallstudie wurde nach Abschluss der Querauswertung entwickelt und ist deswegen nicht Teil des Vergleichs. *Jardin d'hiver* ist eine begrünte Klimahülle, die einem keine scharfe Trennung zwischen Innen- und Außenraum vorgibt, sondern sich dynamisch an das Wetter, die Jahreszeiten und die Nutzung anpassen kann. Gleichzeitig reduziert die Klimahülle den konstruktiven Aufwand für das Gebäude und senkt den Heizbedarf deutlich.

Zwischen den thermisch kontrollierten Innenbereich für Schlafen, Speisesaal, Arbeitsräume und Seminare und dem Außenbereich entsteht so eine Zone die sich vielfältig nutzen lässt: Bei schlechtem Wetter und milden Temperaturen dient die Klimahülle als ein Wintergarten *Jardin d'hiver* mit hoher Aufenthaltsqualität, die von allen BesucherInnen gemeinsam genutzt wird. Im EG ist eine großzügige überdachte Fläche geplant, die für Sport (Yoga, Gymnastik), als Lager und als Werkstatt für Bootsreparaturen genutzt werden kann. In den Obergeschossen dient die Klimahülle gleichzeitig als Erschließung. Das beheizte Volumen innerhalb der Klimahülle sehr kompakt und erreicht deswegen auch mit geringen Dämmstärken ein niedriger Energieverbrauch erzielen.

Energiekonzept

6.13.2

Die Klimahülle bietet einen Schutz vor Regen, Wind, Sonne. Dadurch kann die darunter liegende Holzkonstruktion sehr einfach (einfache Schicht Polycarbonat, gewellt) konstruiert werden. Die Klimahülle lässt sich in weiten Teilen öffnen. Durch große Schiebeelemente in der Fassade in Verbindung mit den Klappen am Dach, ist eine schnelle Lüftung und Nachtauskühlung erreichen.



Im Winter und in den Übergangszeiten ist die Klimahülle ein thermischer Puffer zwischen den niedrigen Innentemperaturen und dem beheizten Innenraum. Teil des Konzepts ist es auch, dass nur ein Teil des Gebäudes im Winter betrieben wird, wenn weniger Gäste erwartet werden. Die Klimahülle wurde bewusst nicht luftdicht konstruiert, um den Aufwand gering zu halten und eine Überhitzung im Sommer zu verhindern.

Konstruktion

6.13.3

Das Gebäude wurde als Holzskelett-Konstruktion mit Decken aus Brettsperrholz geplant. Die Konstruktion wird konsequent auf das technisch notwendige reduziert. Durch die Klimahülle, die konstruktiv wie eine raumhaltige hinterlüftete Fassade wirkt, kann die innere Konstruktion vereinfacht werden, weil weder Regen noch Winddruck direkt angreifen. Im Moment sind die Holzbauteile außen noch mit einer dünnen Dämmung versehen. Ziel wäre es aber, auf diese zu verzichten und nur in den Gefachen der Wände und des Dachs zu dämmen.

Die Klimahülle ist eine einfache Holzkonstruktion mit Well-Polycarbonat und einer Holz-Unterkonstruktion (Lattung). Die Schiebe-Läden sind industrielle Aluminium-Schiebe-Systeme.

Im EG wurde die Stützweite erhöht, um einen besser nutzbaren Raum mit einem Stützenraster von 6,2m zu erreichen. Dazu wurden Unterzüge unter den Decken und Hängestütze in der Fassadenebene geplant.

Abbildung 141: (vorherige Seite) *Case Study 13: dgj254 WB Seesport und Erlebniszentrum,* Modell, DGJ Architektur, 2020.

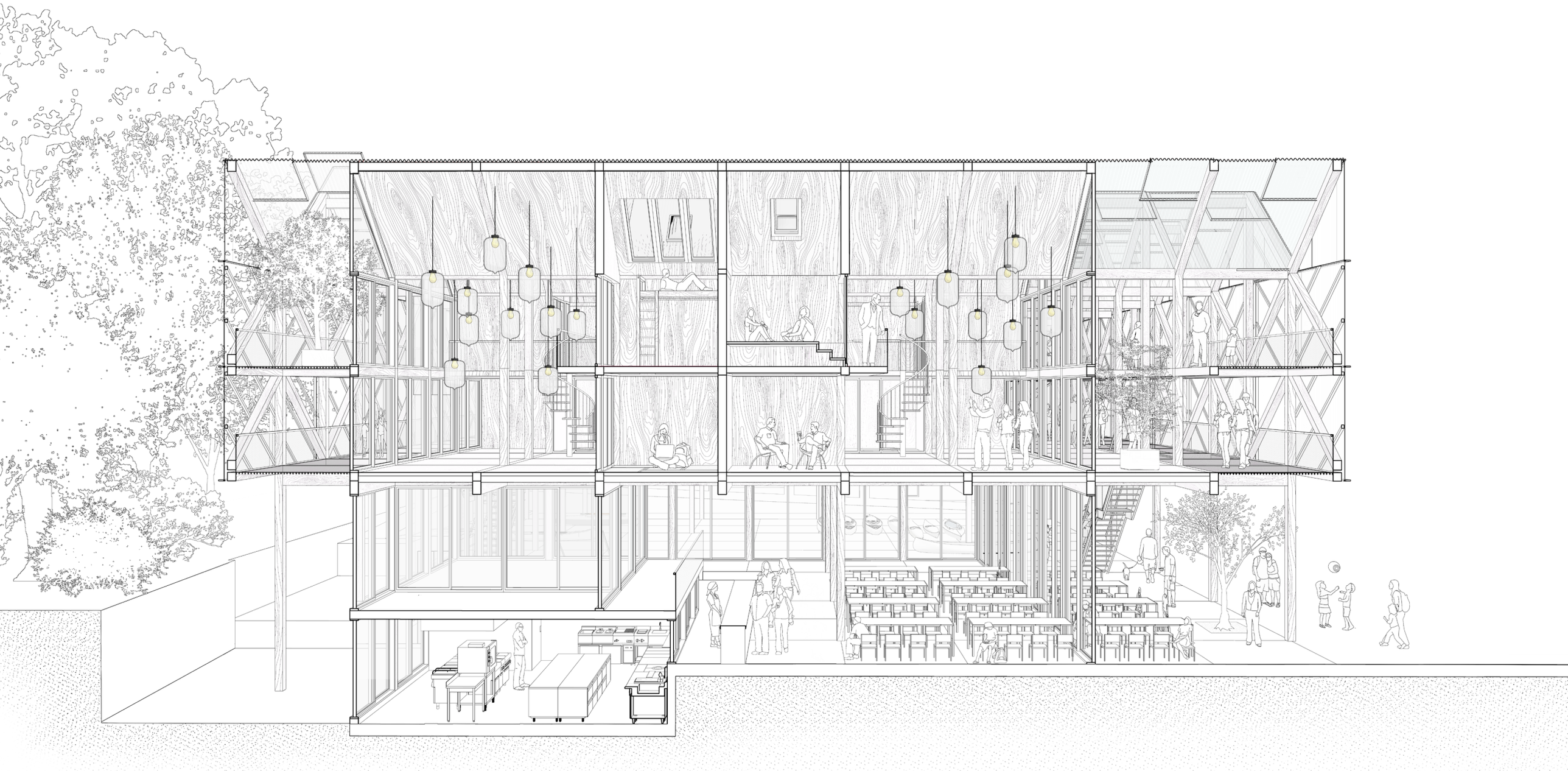
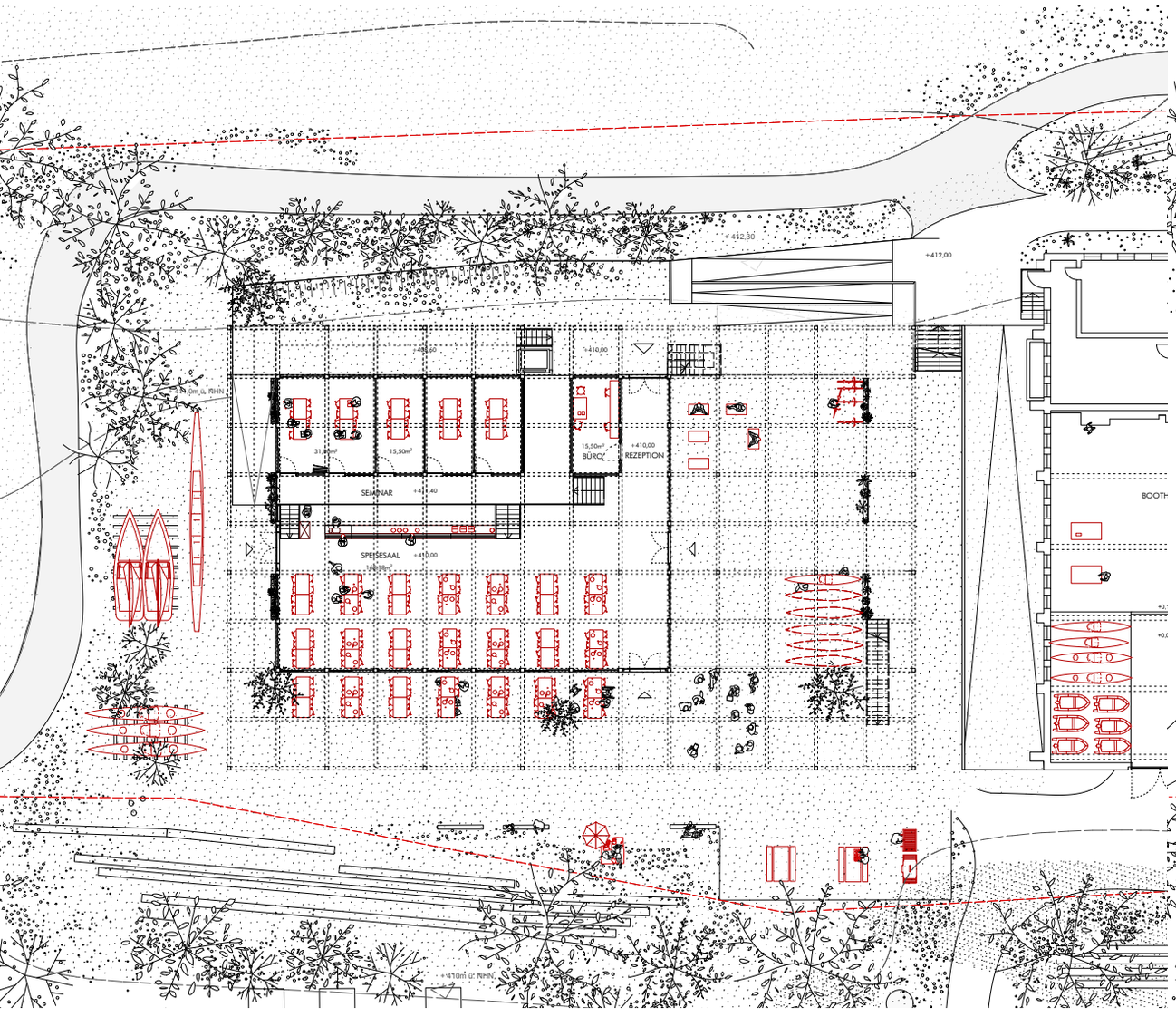
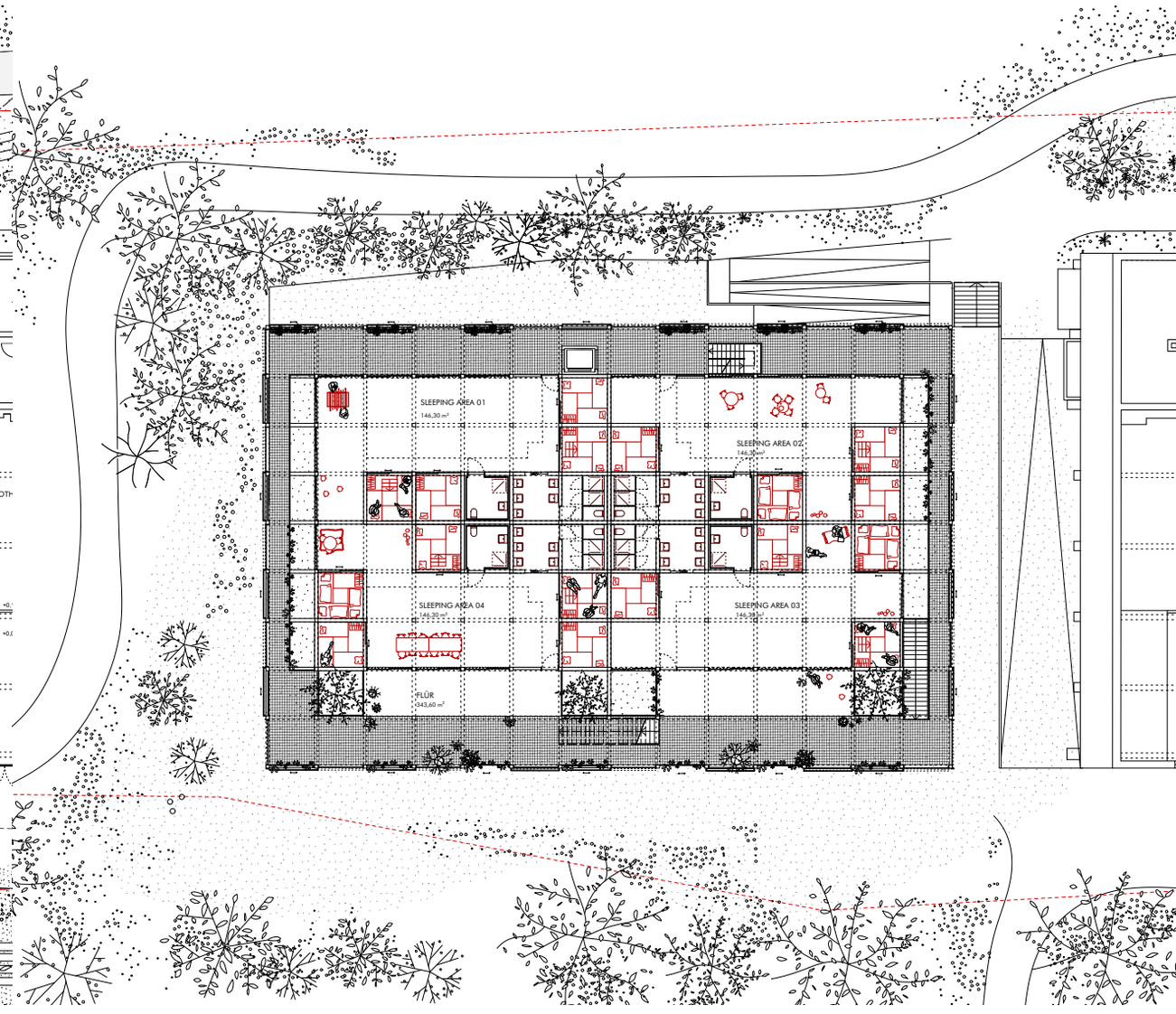


Abbildung 142:
Case Study 13:
dgj254 WB Seesport
und Erlebniszentrum,
Visualisierung
DGJ Architektur, 2020.

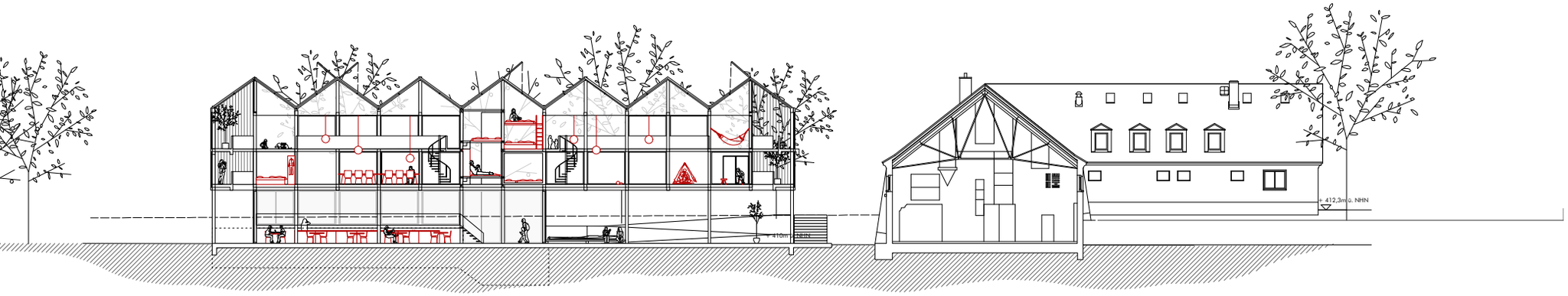


Grundriss
EG
M 1:200

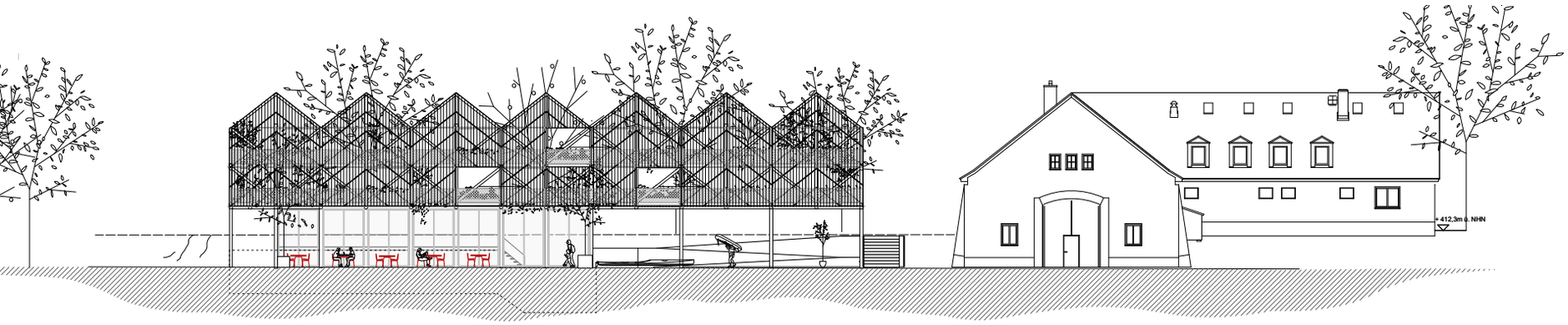


Grundriss
1. OG
M 1:200

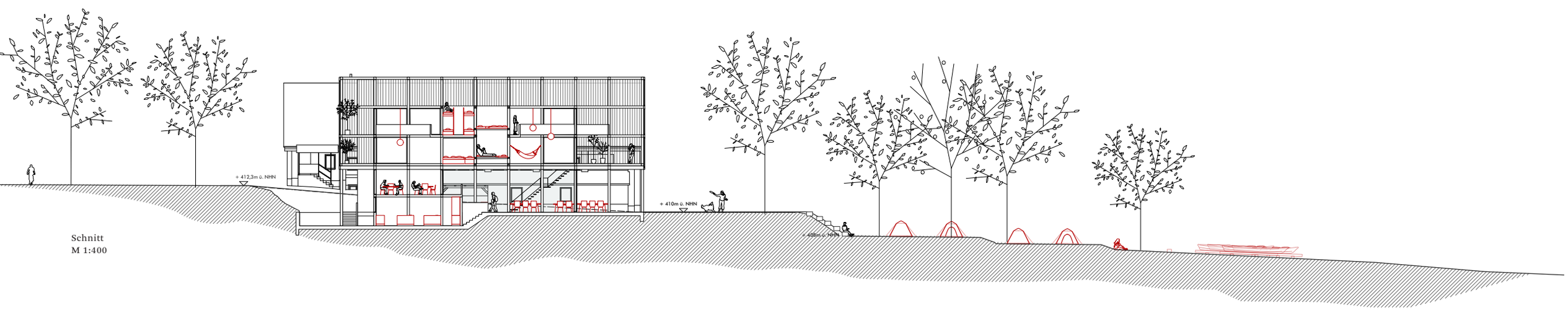
Abbildung 143:
(folgende Seite)
Case Study 13:
dgj254 WB Seesport
und Erlebniszentrum,
Modell
DGJ Architektur, 2020.



Schnitt
M 1:400



Schnitt
M 1:400



Schnitt
M 1:400

7 Quer-Auswertung der Fallstudien

In diesem Kapitel werden die Systementwicklung und die Fallstudien im Hinblick auf die Ziele der Forschung diskutiert und verglichen. Der erste Teil wertet die quantitativen Daten zu den Fällen aus. Im zweiten Teil werden die qualitativen Aspekte diskutiert.

Eine ausführliche Beschreibung der Indikatoren und Kriterien der Quer-Auswertung ist im Anhang D dargestellt.

Quantitative Analysen // Quer-Auswertung 7.1

Methodische Einordnung und Einschränkung 7.1.1

Der quantitativen Quer-Auswertung der Fälle sind methodische Erklärungen und Einschränkungen vorauszuschicken.

Methodik, Exploration und Fallzahl 7.1.1.1

Die Fallzahl ist mit zwölf Fällen (und Unter-Varianten) zu gering, um repräsentativ zu sein. Für die Optimierung des Bausystems geht es nicht um absolute Aussagen, sondern vor allem um den Vergleich der Anwendungsfälle untereinander. Die Analysen enthalten Aussagen darüber, welche Ausprägung des Systems denkbar wäre und vergleichen die Fälle mit diesen denkbaren Maximalwerten. Aus den Vergleichen lassen sich Aussagen ableiten, für welche Anwendungsfälle welche Ausprägung des Systems geeignet ist.

Die vorliegenden quantitativen Analysen lassen zunächst keinen Rückschluss darauf zu, wie die Fallstudien im Vergleich mit anderen Gebäuden zum Beispiel in Hinblick auf die Nachhaltigkeit einzuordnen sind. Von solchen Vergleichen wurde Abstand genommen, weil für die Fallstudien keine ausreichenden Daten vorliegen, um eine Nachhaltigkeitsbewertung mit den gängigen Systemen (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen DGNB, Bewertungssystem ‚Nachhaltiger Wohnungsbau' NaWoh) durchzuführen. Für die *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg* wird nach Fertigstellung des Gebäudes im Jahr 2022 eine Nachhaltigkeitsbewertung nach NaWoh abgeschlossen. Sinnvoll scheint es, die ausstehenden Vergleiche zu einem späteren Zeitpunkt, wenn die ersten Gebäude mit dem Bausystem umgesetzt sind, durchzuführen. Hierfür bietet sich eines der eingeführten Systeme an. Darüber hinaus sind für die Vergleichsgebäude zusätzliche Daten zu Adaptabilität, Flexibilität und Vergemeinschaftung zu erheben, die für diese Studie und das Bausystem relevant sind.

Vergleichbarkeit der Fälle 7.1.1.2

Beim anfänglichen Entwurf der Projekte wurde für alle Fälle eine größere Anzahl an Varianten untersucht. So wurde zum Beispiel bei allen Projekten eine Vielzahl von Aufteilungen und Größen des Rasters entwerferisch verglichen. Diese Vorstudien wurden allerdings bei der Auswertung nur in wenigen Fällen einbezogen, weil zum einen die Entwurfsansätze nur in Teilen ausgearbeitet und zum anderen die Skizzen nicht im ausreichenden Umfang erhalten sind. Die Datenlage bedingt somit, dass für die meisten Fallstudien nur eine einzige Entwurfsvariante in die letztendliche Auswertung einbezogen wurde.

Für das Fehlen der Entwurfsvarianten in den anderen Fällen sind zwei Gründe aufzuführen. Zum einen sind die Entwürfe über einen langen Zeitraum entstanden und die Methodik zur systematischen Untersuchung der Fälle erst relativ spät im Verlauf der Forschung entwickelt worden. Für zukünftige Projekte soll die Methodik zur Optimierung des Entwurfsprozesses eingesetzt werden. Zum anderen wurden während der Entwurfsprozesse häufig unterschiedliche Parameter (städtebauliche Formen, Gebäude-Geometrien, Raster, Erschließungsvarianten) erprobt und verworfen. Die Varianten und Entwurfsentscheidungen wurden aber nicht derart systematisch dokumentiert, dass sich vollständige Systemvarianten rekonstruieren ließen. Dennoch stellen die nun vorliegenden Entwürfe das Ergebnis einer parametrischen Optimierung dar.

Die beste Vergleichbarkeit der Fälle untereinander wird erreicht, wenn jeweils nur ein oder wenige Parameter verändert und darauf basierend eine Reihe von Systemvarianten entwickelt und anschließend verglichen worden wären. Dieses Verfahren wurde bei *Case Study 10.1–10.4: dgj253 Wohngruppe Mannheim* angewandt: Hier wurden systematisch verschiedene Rastergrößen und Geometrien geprüft und verglichen. Volumen und Raumprogramm der Varianten sind hierbei für alle Systemvarianten gleich.

7.1.2 Gebäudekundliche Einordnung // Typologie

Die Fälle wurden im ersten Schritt kategorisiert, wodurch sie sich unterscheiden lassen. Mit Hilfe dieser Kategorien können verschiedene Fragen diskutiert werden. Die Häufigkeit mit der bestimmte Typen auftreten, gibt Hinweise darauf, welche Ausprägungen für das System besonders geeignet sind. Ferner erleichtert die Kategorisierung, die Fälle untereinander zu vergleichen, weil die Anforderungen an die einzelnen Typen unterschiedlich sind und sich auf die Entwürfe der Projekte auswirken.

Die vorliegenden Projekte wurden nicht gezielt im Hinblick auf eine Vervollständigung aller gebäudekundlichen Kategorien erarbeitet, sondern ergaben sich aus den anderen praktischen oder theoretischen Fragen. Allerdings wurde die Auswahl der Fälle und Projekte gezielt so gesteuert, dass durch Exploration ein breiteres Spektrum an baulichen Lösungen abgebildet werden kann. So war die Exploration zu Beginn der Arbeit auf Mehrfamilienhäuser beschränkt, bei denen die soziale Interaktion vielfältiger ist. Später wurde der Untersuchungsraum ausgeweitet, um auch Einfamilienhäuser zu erfassen. Zum einen trägt diese Ausweitung der Tatsache Rechnung, dass diese Typen noch immer einen hohen Anteil an der aktuellen Bautätigkeit haben. Zum anderen treten durch den Vergleich möglichst unterschiedlicher Typen die Vor- und Nachteile des Bausystems bei den verschiedenen Fällen deutlicher zu Tage.

Einige der Fälle wurden gezielt für diese Studie entwickelt, um bestimmte Typen oder Entwurfsansätze untersuchen zu können. Dazu zählen:

- *Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0*
- *Case Study 5: dgj244 Greenhouse*
- *Case Study 7: dgj243 Wohncluster Merianstraße*

Bei diesen Fällen wurden jedoch vor allem räumliche und partizipatorische Ideen verfolgt. Eine Ausweitung der Studie im Sinne einer vollständigeren Abbildung unterschiedlicher Gebäudetypen würde eine wesentlich höhere Fallzahl erfordern als die Bearbeitungstiefe der Entwürfe es zulässt.

Städtebauliche Typen 7.1.2.1

Auf städtebaulicher Ebene lassen sich die Gebäude nachfolgenden Typologie zuordnen: Solitär, Blockrand und Teppichsiedlung.

Die Anzahl der einzelnen Fälle pro Typologie lässt keinen Rückschluss auf die Eignung des Systems für bestimmte Typen zu. Vielmehr bildet die Anzahl einen Querschnitt der Entwurfsaufgaben der letzten Jahre ab, die weitgehend zufällig ausgewählt wurden. In den weiteren Auswertungen hat sich gezeigt, dass die städtebauliche Ausbildung der Fälle, darin vor allem die Gebäudegröße, einen erheblichen Einfluss auf die angestrebten Kriterien hat, insbesondere auf die Flexibilität, Adaptabilität und die Vergemeinschaftung des Wohnens (siehe dazu folgende Abschnitte).

Typologien // Konstruktion und Tragwerk Ebene 7.1.2.2

Das Bausystem ist anfangs als Skelettbau entwickelt worden, was sich auch darin zeigt, dass in den meisten Fällen Skelettbauten geplant wurden. Diese Gewichtung entspricht auch übergeordneten Zielen der Anpassungsfähigkeit und Effizienz. Hier konnte durch die folgenden Vergleiche gezeigt werden, dass die Skelettbauten deutliche Vorteile mit sich bringen. Die Untersuchung ergab auch, dass für die verwendeten Fälle mit Ausnahme von *Case Study 5: dgj244 Greenhouse* die zur Aussteifung und um die Sanitärkerne oder Treppenhäuser angeordneten, aussteifenden Wände einen gleichmäßigeren Lastabtrag der Horizontal-Lasten (insbesondere Wind) ermöglichen. Dieser Vorteil zeigt sich auch bei den Hybrid-Systemen, die einen noch größeren Anteil tragender und aussteifender Wände aufweisen. Die Schottenbauweise eignet sich bei einer streng gerichteten städtebaulichen Grundstruktur der Reihenhäuser. Die Massivbauweise kommt nur bei den freistehenden, kleinen Einfamilienhäusern zum Einsatz, bei denen ein Umbau nicht geplant ist.

Bei den kleineren Wohngebäuden (EFH, RH, DH, Minihaus) sind die Vorteile der Skelettbauweise dadurch begrenzt, dass die Möglichkeiten Grundrisse flexibel zu verändern, beschränkt sind. Insbesondere wenn die Gebäude nur ein Rastermaß in eine oder zwei Richtungen auf einem Geschoss bieten, ist keine Umgestaltung möglich. Bei diesen Fällen kann ohne Nachteile für die Flexibilität auf Massiv- oder Hybridbauweisen zurückgegriffen werden.

Bei der Hierarchie der Konstruktion zeigt sich eine weitgehend gleichmäßige Verteilung der gebräuchlichen Bauweisen. Die Monomaterial-Konstruktion bildet eine Ausnahme, die aufgrund der technischen Anforderungen an die Konstruktion der Außenbauteile in der Baupraxis schwer umzusetzen ist.

Abbildung 144: Auswertung Fallstudien: Urbane Typologien / Anzahl der Fälle, Anmerkungen: EFH = Einfamilienhaus, DH = Doppelhaus, RH = Reihenhaus, DGJ Architektur, 2019.

7.1.2.1 Städtebauliche Typen

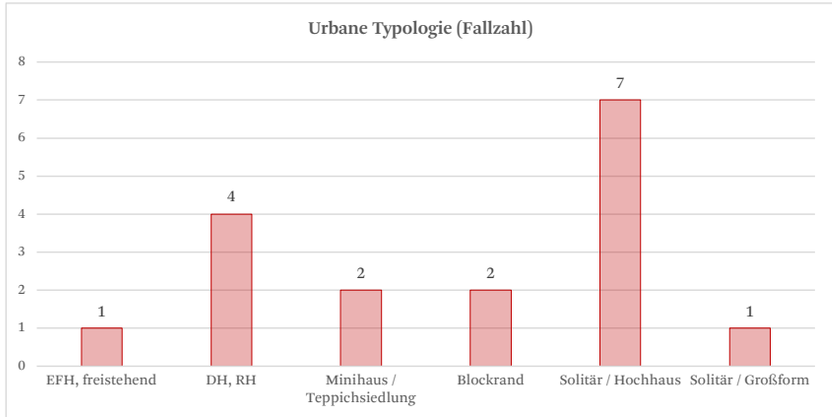


Abbildung 145: Auswertung Fallstudien: Erschließungstypologie / Anzahl der Fälle, DGJ Architektur, 2019.

7.1.2.2 Typologien / Konstruktion und Tragwerk Ebene

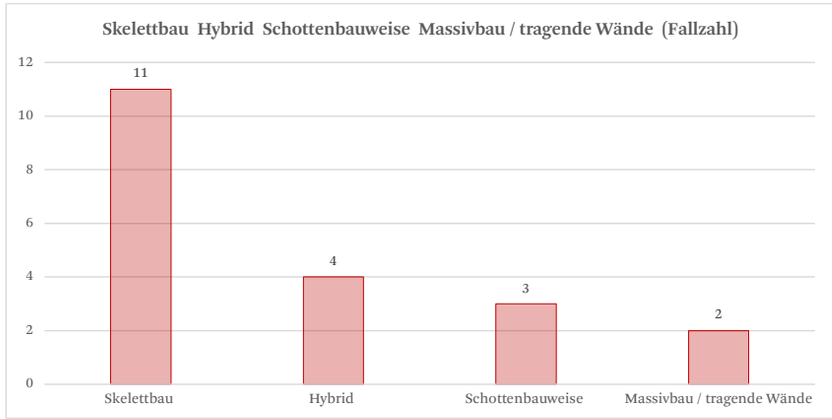
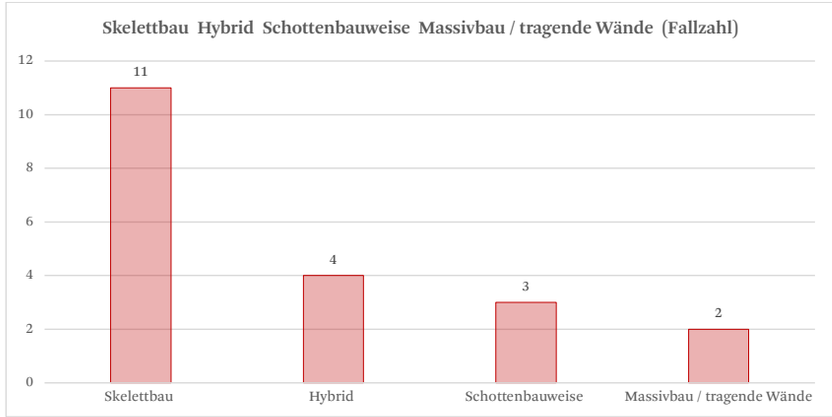


Abbildung 146: Auswertung Fallstudien: Konstruktive Hierarchie / Verflechtung der Subsysteme / Anzahl der Fälle, DGJ Architektur, 2019.

7.1.2.2 Typologien / Konstruktion und Tragwerk Ebene



Effizienz 7.1.3

Zur Effizienz der Fälle wurden Aspekte betrachtet, die sich auf die Wohnkosten und den Ressourcenverbrauch auswirken. Dazu zählen insbesondere:

- Wohnfläche pro Bruttogeschossfläche
- Dichte / Landverbrauch pro Bruttogeschossfläche
- Materialverbrauch pro Bruttogeschossfläche
- A/V-Verhältnis

Interessant für die Entwicklung des Bausystems sind vor allem Zusammenhänge zwischen der Effizienz auf den unterschiedlichen Ebenen (Städtebau, Gebäude, Konstruktion und Tragwerk) und eben diesen, zuvor genannten Indikatoren. Diese Zusammenhänge werden im Folgenden untersucht.

Effizienz // Städtebauliche Ebene (Landverbrauch und Dichte) 7.1.3.1

Im Hinblick auf die städtebauliche Effizienz kann die Dichte der Bebauung bewertet werden, die Hinweise auf die Ausnutzung des Grundstücks und damit auf den Landverbrauch gibt. Die These ist, dass eine hohe Bebauungsdichte bebauter Grundstücke die Siedlungsfläche insgesamt reduziert und durch den damit einhergehenden verringerten Siedlungsdruck Naturräume entlastet.[285] Deswegen sind hohe bauliche Dichten grundsätzlich positiv zu bewerten in Hinblick auf den Ressourcenverbrauch. Auch wird durch die höhere Siedlungsdichte eine bessere Infrastruktur ermöglicht sowie die bereits vorhandene Infrastruktur besser ausgenutzt.[286] Gleichzeitig ist in Bezug auf die Behaglichkeit der Innenräume (Belichtung, Belüftung) und die Qualität der Außenräume eine sorgfältige Planung erforderlich.

Auffällig ist, dass auch die kleinen Gebäude eine relativ gute Ausnutzung der Grundstücke erreichen. Es lässt sich kein klarer Zusammenhang zwischen der städtebaulichen Dichte (Ausnutzung des Grundstücks) und der Gebäudegröße erkennen.

Insgesamt fällt auf, dass die Fälle sich hinsichtlich der Dichte nur in geringem Maße unterscheiden und die Werte in der Nähe des Durchschnitts und des Medians liegen. Ausnahme bildet *Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar*, das nur durch städtebauliche Ausnahmeregelungen genehmigungsfähig ist, indem die Unterschreitung der Abstandsflächen mit einem vorhabenbezogenen Bebauungsplan baurechtlich ermöglicht wurde.

285 Drexler: *Minimum Impact House: Forschungsprojekt zur Entwicklung eines Prototyps für nachhaltiges Bauen*. S. 45f.
286 Ibid., 35ff.

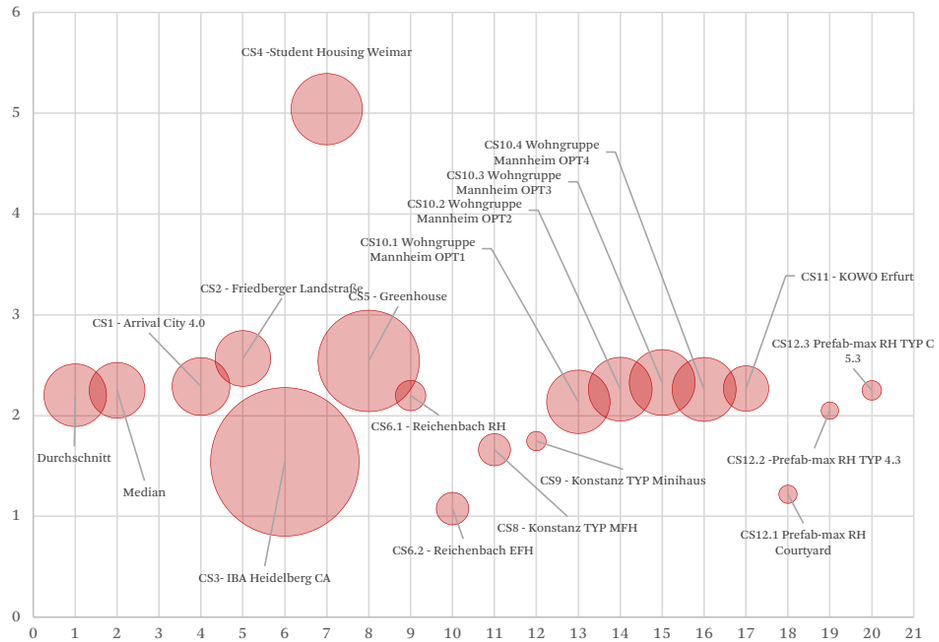


Abbildung 147: Auswertung Fallstudien: Auf der Y-Achse die Dichte (GFZ, FAR) / auf der X-Achse ist die Nummerierung der Fallstudien abgetragen. Die Größe der Kreise repräsentiert die Gebäudegröße (BGF (s) + BGF (s) der Gebäude). DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 148: Auswertung Fallstudien: Dichte (GFZ, FAR). DGJ Architektur, 2019.

Fallstudien	Dichte, Geschossflächenzahl (GFZ)
CS4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar	5,04
CS2: Friedberger Landstraße	2,57
CS5: Greenhouse	2,54
CS10.3: Wohngruppe Mannheim OPT3	2,33
CS1: Arrival City 4.0	2,29
CS11: KOWO Erfurt	2,27
CS10.2: Wohngruppe Mannheim OPT2	2,26
CS10.4: Wohngruppe Mannheim OPT4	2,26
Durchschnitt	2,25
CS12.3: Prefab-Max RH TYP C 5.3	2,25
Median	2,20
CS6.1: - Reichenbach RH	2,20
CS10.1: Wohngruppe Mannheim OPT1	2,14
CS12.2: Prefab-Max RH TYP 4.3	2,05
CS9: Konstanz TYP Minihaus	1,75
CS8: Konstanz TYP MFH	1,66
CS3: IBA Heidelberg CA	1,54
CS12.1: Prefab-Max RH Courtyard	1,22
CS6.2: Reichenbach EFH	1,08

Effizienz // A/V-Verhältnis

7.1.3.2

Geometrisch bedingt, haben kleinere Gebäude ein schlechteres A/V-Verhältnis[287] als größere Gebäude. Dies zeigt sich deutlich in den vorliegenden Fällen. Die meisten Gebäude sind hinreichend kompakt entworfen, so dass dieser grundlegende arithmetische Zusammenhang auch durch eine komplexe Gebäudeform nicht überschrieben wird.

Ein kleines A/V-Verhältnis bedeutet ein kompaktes Gebäudevolumen wohingegen sich größere Werte bei komplexeren Gebäudeformen einstellen. Das kleinste A/V-Verhältnis hat eine Kugel, danach ein Würfel und Formen, die sich diesen Grundformen annähern. Aus geometrisch-mathematischen Gründen haben größere Gebäudevolumina bessere A/V-Verhältnisse als kleinere Gebäude (bei der gleichen Grundform). Dies zeigt sich, wenn man beispielsweise das *Case Study 5: dgj244 Greenhouse* mit einem A/V-Verhältnis von 0,23 und *Case Study 9: dgj229 Konstanz TYP Minihaus* mit einem A/V-Verhältnis von 0,63 vergleicht. Weil die Gebäudehülle zu den komplexeren und teureren Anteilen der Baukonstruktion zählen und als Wärmeverlustfläche auch den Energieverbrauch maßgeblich beeinflusst, geht man im Allgemeinen davon aus, dass Gebäude mit einem kleinerem (günstigeren) A/V-Verhältnis effizienter sind. Dieser Effekt lässt sich auch bei den vorliegenden Fällen beobachten. Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen A/V-Verhältnis und Gebäudegröße (r = -0,507; p = .032*)[288].

287 Das A/V-Verhältnis ist der Quotient der Oberfläche des Gebäudes (A) geteilt durch das Volumen (V) und beschreibt die Kompaktheit des Gebäudes.

288 r (Pearson Produkt-Moment-Korrelation) ist ein Maß für den linearen Zusammenhang zweier Variablen. Dieser Wert kann zwischen -1 und +1 liegen, wobei nur die Höhe des Wertes, nicht das Vorzeichen entscheidend für die Effektgröße ist. Eine Korrelation von r = .10 wird als kleiner Effekt interpretiert, r = .30 als mittlerer und r = .50 als großer Effekt. Ein Wert von Null spricht dafür, dass die Variablen keinen Zusammenhang aufweisen. Der p-Wert gibt an, ob dieser Effekt statistisch signifikant ist, d.h. ob der gefundene Effekt mit großer Wahrscheinlichkeit nicht vom Zufall abhängt. Je größer eine Stichprobe, desto leichter wird ein gefundener Effekt auch signifikant. Die Sternchen geben Hinweis auf das Signifikanz-Niveau: * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001. P < 0,05 bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit, dass das Ergebnis durch Zufall entstanden ist, kleiner als 5% beträgt. Bei p < 0,01 liegt die Wahrscheinlichkeit bei weniger als 1%, bei p < 0,001 bei weniger als 0,1%. *Statistik: Pearson Produkt-Moment Korrelation*. https://statistikguru.de/, Zugriff am 9. April 2020.

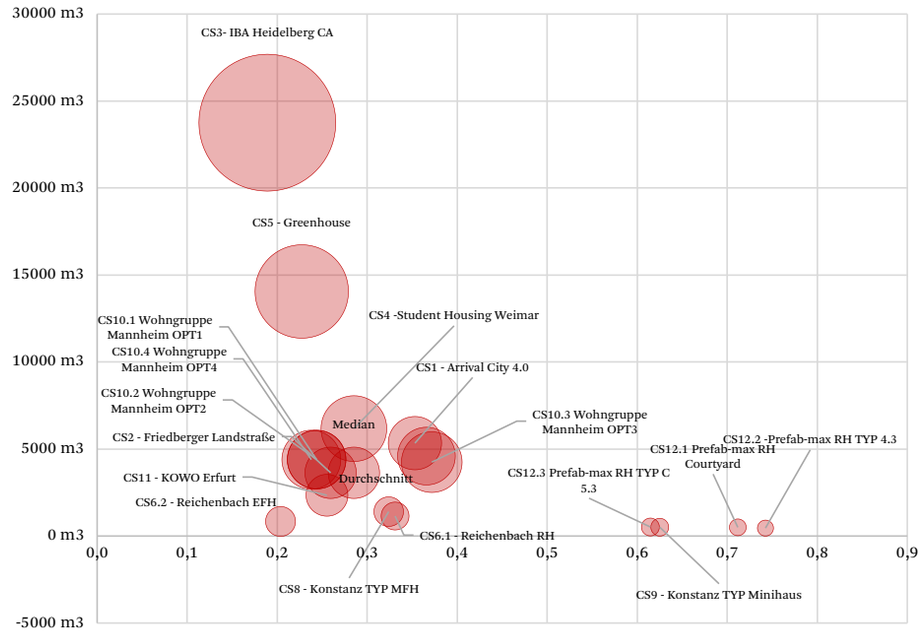


Abbildung 149: Auswertung Fallstudien: A/V-Verhältnis (y-Achse) in Abhängigkeit von der Gebäudegröße BGF (s) + BGF (r) (x-Achse). Die Größe der Kreise zeigt die Größe der allseitig geschlossenen Gebäudefläche, BGF (r). DGJ Architektur, 2019.

Effizienz // Gebäude-Ebene 7.1.3.3

Kriterium für die Effizienz der Grundrisse ist das Verhältnis von Hauptnutzfläche (HNF, inkl. Wohnfläche WFL) zu der Bruttogeschossfläche. Dieses Verhältnis wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst, zu denen im Allgemeinen der Anteil der Verkehrs- und Konstruktionsfläche, die Größe der Wohneinheiten, die Tiefe und die gesamte Größe des Gebäudes zählen.

Bei den untersuchten Fällen lässt sich ein Zusammenhang zwischen der Gebäudegröße und der Effizienz der Grundrisse nicht nachweisen. Hier haben, wie nachfolgend näher erläutert, die Erschließungsform und die Gebäudetypologie einen Einfluss.

Die Fälle weisen auch bei vergleichbaren Gebäudegrößen eine breite Streuung in der Effizienz der Grundrisse (gemessen als WFL / (BGF (r) + BGF (s))) auf, die sich vor allem aus der Grundrisstypologie (Laubengang, Erschließungsform) und dem Anteil an nutzbaren Freiflächen erklärt. Statistisch lässt sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Effizienz und der Wohnfläche pro Person bei den vorliegenden Fällen feststellen. Bei *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg* wurden großzügige Laubengänge und Terrassen geplant, die als nutzbare Außenräume für die Gemeinschaft dienen. Gleiches gilt auch für die anderen gemeinschaftlichen Wohnprojekte *Case Study 2: dgj228 Wohngruppe Gemeinsam Suffizient Leben* und *Case Study 10.1: dgj253 Wohngruppe Mannheim*, die einen hohen Anteil gebauter Außenflächen (Laubengang, Balkone, Loggien) aufweisen. Die hohen Effizienzwerte der Einfamilienhäuser sind in Teilen auch dadurch zu erklären, dass die Treppen innerhalb der Wohneinheiten liegen und deswegen die zugehörigen Bewegungsflächen als Wohnfläche gerechnet werden und nicht als Verkehrsfläche wie bei einem getrennten Treppenhaus.

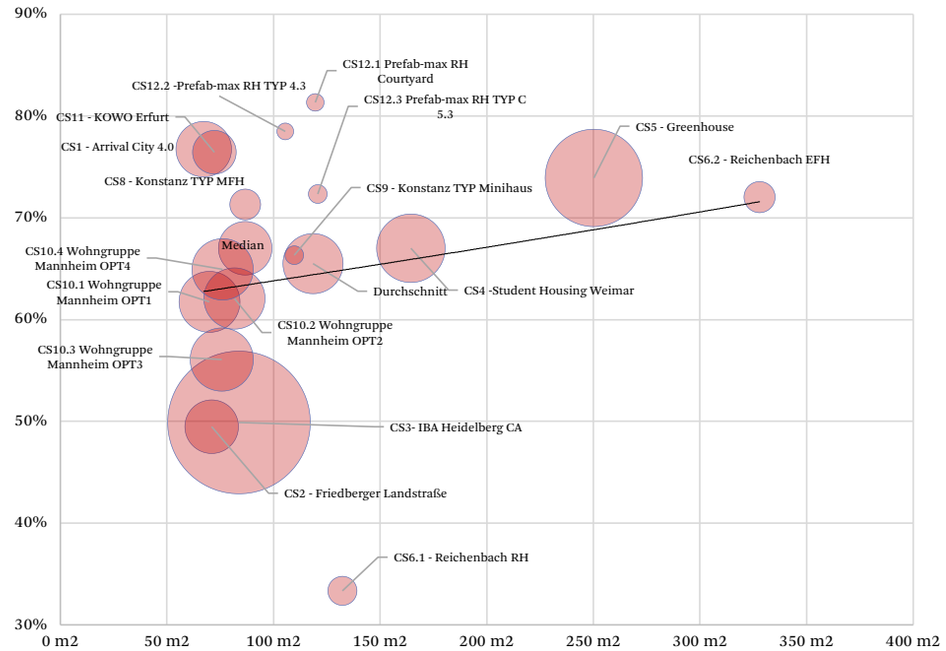


Abbildung 150: Auswertung Fallstudien: Effizienz (WFL/BGF) / Wohnfläche pro Person // Gebäudegröße (BGF). Die Größe der Kreise repräsentiert die Gebäudegröße (BGF (s) + BGF (s) der Gebäude). DGJ Architektur, 2019.

Effizienz // Konstruktion und Tragwerk-Ebene

7.1.3.4

Eine spezifische Frage der Systementwicklung war, wie sich die Wahl der Rastergröße auf die Menge des verbrauchten Materials auswirkt, ob kleinere Raster mehr oder weniger Material verbrauchen. Auch hier ergibt sich kein eindeutiges Bild aus der vergleichenden Analyse der Holzmenge pro Geschoßfläche (BGF (r) + BGF (s)). Die Angaben beziehen sich dabei nur auf das Tragwerk und nicht die Ausbaugewerke oder Fassaden. Bei den Konstruktionen wurde zunächst untersucht, ob es einen Zusammenhang zwischen den Spannweiten und der Effizienz des Tragwerks gibt.

Dieser Zusammenhang lässt sich deskriptivstatistisch nicht aus den Daten ableiten: Bei den 17 untersuchten Fällen liegt kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Rastermaß und der Effizienz des Tragwerks vor. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass die Daten für das Tragwerk eine unterschiedliche Güte haben, die sich aus den unterschiedlichen Planungstiefen der Projekte erklärt. So wurde bei den Wettbewerben und den konzeptionellen PEP-Projekten das Tragwerk nicht bemessen und auch strukturell nicht durchgeplant. Es ist also davon auszugehen, dass sich die Holzmenge bei einer Fortschreibung der Planung noch erhöhen würde.

Die Unterschiede in den Holzmengen erklären sich vielmehr aus den unterschiedlichen Bauweisen: Skelettbau, Hybridbauweise, Schottenbauweise, Holz-Massivbauweise.

Bei den Fällen mit einem hohen Anteil an Massivholz-Bauteilen in Decken und Wänden wird folglich viel Holz für die Konstruktion verbraucht. Bei den Skelettbauweisen ist zu beobachten, dass die Fälle mit besonders großer Spannweite (*Case Study 5: dgj244 Greenhouse*) und Gebäudehöhe (*Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar*) trotzdem relativ wenig Material verbrauchen.

Case Study 11: dgj251 KOWO Erfurt verbraucht sowohl hinsichtlich der Wohn- als auch der Bruttogeschossfläche gesehen am wenigstens Holz, weil hier eine Holztafelbauweise zum Einsatz kommt, bei der sowohl die Wände mit Holzständerwerk als auch die Decken mit Holzbalken ausgeführt sind.

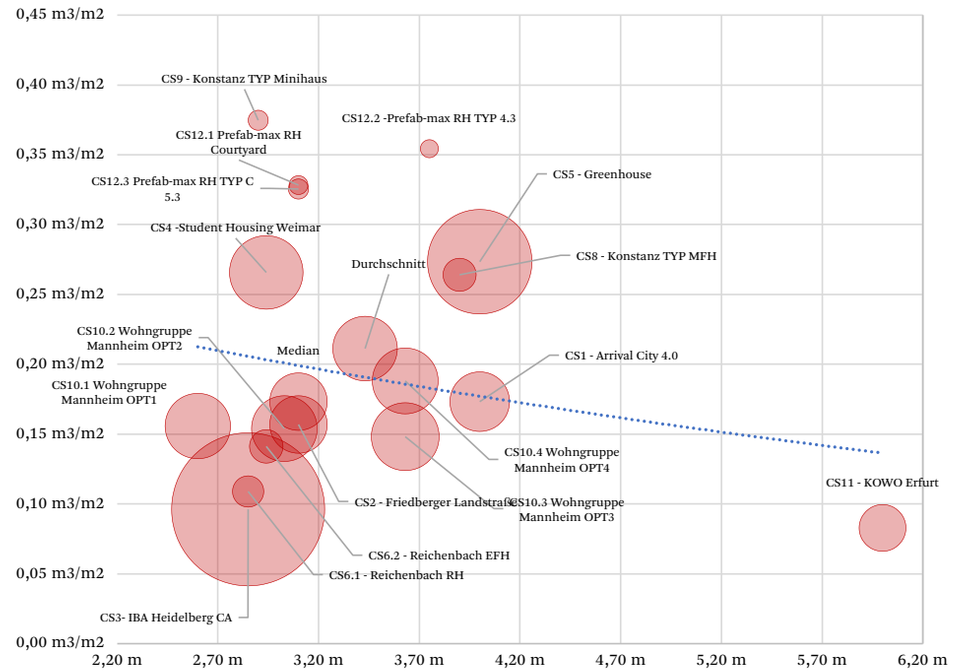


Abbildung 151: Auswertung Fallstudien: Rastermaß (x-Richtung) / Effizienz Tragwerk (Kubikmeter Holz / WFL). Die Größe der Kreise repräsentiert die Gebäudegröße (BGF (s) + BGF (s) der Gebäude). DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 152: Auswertung Fallstudien: Bauweisen (Konstruktionstypen) / Effizienz Tragwerk (Kubikmeter Holz / WFL) und (Kubikmeter Holz / BGF). DGJ Architektur, 2019.

	Holzmenge / BGF	Holzmenge / WLF	Bauweise / Tragsystem
Maximalwert	**0,37 m³/m²**	0,56 m³/m²	
CS9: Konstanz TYP Minihaus	0,37 m³/m²	0,56 m³/m²	Massivbau / trag. Wände
CS12.2: Prefab-Max RH TYP 4.3	0,35 m³/m²	0,45 m³/m²	Schottenbauweise
CS12.1: Prefab-Max RH Courtyard	0,33 m³/m²	0,40 m³/m²	Schottenbauweise
CS12.3: Prefab-Max RH TYP C 5.3	0,33 m³/m²	0,45 m³/m²	Schottenbauweise
CS5: Greenhouse	0,27 m³/m²	0,37 m³/m²	Skelettbau
CS4: Student Housing Weimar	0,27 m³/m²	0,40 m³/m²	Skelettbau
CS8: Konstanz TYP MFH	0,26 m³/m²	0,37 m³/m²	Massivbau / trag. Wände
CS6.1: Reichenbach RH	0,26 m³/m²	0,33 m³/m²	Hybrid
Median	**0,26 m³/m²**	**0,33 m³/m²**	
Durchschnitt	**0,23 m³/m²**	**0,33 m³/m²**	
CS1: Arrival City 4.0 (Stage4)	0,18 m³/m²	0,24 m³/m²	Skelettbau
CS10.3: WG Mannheim OPT1	0,17 m³/m²	0,28 m³/m²	Skelettbau
CS2: Friedberger Landstraße	0,16 m³/m²	0,32 m³/m²	Hybrid
CS6.2: Reichenbach EFH	0,14 m³/m²	0,20 m³/m²	Hybrid
CS3: IBA Heidelberg CA	0,10 m³/m²	0,19 m³/m²	Skelettbau
CS11: KOWO Erfurt	0,08 m³/m²	0,11 m³/m²	Hybrid (Holztafelbau)

Suffizienz 7.1.4

Bei der Analyse der Suffizienz werden die Kriterien betrachtet, die nicht nur mit dem Gebäude, sondern mit der Nutzbarkeit des Gebäudes und der Pro-Kopf-Inanspruchnahme von Ressourcen verbunden sind.

- Wohnfläche pro Kopf
- Landverbrauch pro Kopf und pro Wohnfläche
- Materialverbrauch pro Kopf und pro Wohnfläche

Suffizienz // Städtebauliche Ebene 7.1.4.1

Untersucht wird der Landverbrauch pro Person, der von der städtebaulichen Dichte, der Effizienz der Gebäude (WFL / BGF) und der Wohnfläche pro Kopf abhängt.

Die durchschnittliche Inanspruchnahme von Wohnfläche pro Kopf in Deutschland beträgt 46,5m²/Pers.[289] Der Vergleich der Fälle zeigt, dass dieser Wert bei einigen der Entwürfe deutlich unterschritten wurde. Hier fallen die Beispiele auf, die gezielt im Hinblick auf möglichst geringe Flächenverbräuche und geringe Wohnkosten entwickelt wurden:

- *Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0*
- *Case Study 2: dgj228 Wohngruppe Gemeinsam Suffizient Leben*
- *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*
- *Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar*

Vergleichsweise hohe Inanspruchnahme von Wohnfläche pro Kopf zeigen die kleinen Gebäude (EFH, RH und MH) sowie *Case Study 5: dgj244 Greenhouse*, weil die offene Grundriss-Struktur mit eingestellten Boxen eine größere Fläche für die Verortung, Trennung und die Erschließung der Boxen erfordert.

289 Statistisches Bundesamt: *Wohnungsbestand nach Anzahl und Quadratmeter Wohnfläche*.

Abbildung 154: Auswertung Fallstudien: Y = Wohnfläche pro Person / Fälle (Fallnummer). Die Größe der Kreise repräsentiert die Gebäudegröße (BGF (s) + BGF (s) der Gebäude). DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 153: Auswertung Fallstudien: Suffizienz und urbane Typologie, DGJ Architektur, 2019.

	Suffizienz	Urbane Typologie
CS6.2: Reichenbach EFH	31%	EFH, freistehend
CS6.1: Reichenbach RH	41%	DH, RH
CS3: IBA Heidelberg CA	46%	Blockrand
CS11: KOWO Erfurt	52%	Minihaus / Teppichsiedlung
CS4: Student Housing Weimar	54%	Solitär / Hochhaus
CS10.1: Wohngruppe Mannheim OPT1	58%	Solitär / Hochhaus
CS10.3: Wohngruppe Mannheim OPT3	58%	Solitär / Hochhaus
CS2: Friedberger Landstraße	59%	Blockrand
CS10.2: Wohngruppe Mannheim OPT2	59%	Solitär / Hochhaus
CS1: Arrival City 4.0	60%	Solitär / Hochhaus
CS10.4: Wohngruppe Mannheim OPT4	62%	Solitär / Hochhaus
CS12.1: Prefab-Max RH Courtyard	62%	Minihaus / Teppichsiedlung
CS8: Konstanz TYP MFH	63%	Solitär / Hochhaus
CS12.2: Prefab-Max RH TYP 4.3	70%	Minihaus / Teppichsiedlung
CS12.3: Prefab-Max RH TYP C 5.3	71%	Minihaus / Teppichsiedlung
CS5: Greenhouse	77%	Solitär / Großform
CS9: Konstanz TYP Minihaus	78%	Blockrand

Suffizienz // Gebäude-Ebene

7.1.4.2

Bei der Betrachtung der Suffizienz der Fallstudien ist es möglich einen Vergleich zu externen Daten von anderen Gebäuden zu ziehen. Im Jahr 2018 betrug die Wohnfläche pro Person im Bundesdurchschnitt 46,7m²/Person.[290] In den Großstädten wird aufgrund der hohen Wohnkosten und der kleinteiligeren Bebauung deutlich weniger Wohnfläche nachgefragt. In den hochpreisigen Großstädten ist sogar eine Abnahme der Wohnfläche pro Kopf zu beobachten, die gegen bundesweiten Trend läuft. So lag zum Beispiel die durchschnittliche Wohnfläche in Frankfurt am Main im Jahr 2018 je EinwohnerIn bei 37,67 m².

Mit dem Bausystem werden für die Fallstudien geringere Flächenverbräuche pro Person erzielt. Der Mittelwert aller Fälle liegt bei 40,1m². Dieser Wert bildet das Potential des Bausystems jedoch nur unzureichend ab. Zum einen werden die kleinen Gebäude (EFH, RH, DH, MH) genauso in diesem Mittelwert gewichtet, wie die deutlich größeren Gebäude. Zum anderen verzerrt das untypisch großzügige Einfamilienhaus *CS6.2: Reichenbach EFH* das statistische Bild. Wird der Spezialfall von CS6.2 aus der Analyse herausgenommen, ergibt sich ein Durchschnitt von 40,1m²/Pers, der noch einmal deutlicher unter dem Bundesdurchschnitt sowie dem zuvor berechneten Wert aller einbezogenen Gebäude liegt.

Aus dem Vergleich der Fälle lässt sich ableiten, dass sich mit dem Bausystem im Einsatz für Mehrfamilienhäuser bessere Ergebnisse im Hinblick auf die Suffizienz erzielen lassen als bei kleineren Gebäuden. Es liegt darüber hinaus die Vermutung nahe, dass dies unabhängig von dem Bausystem gilt, auch wenn entsprechende Daten im Rahmen der Studie nicht ausgewertet wurden.

Weiterhin wurde die Passung zwischen Wohnnutzung und der Raumgeometrie in Abhängigkeit von den Flächenverbräuchen pro Person untersucht. Hier ergeben sich für die Fälle, die eine hohe Passung zwischen der Raumgeometrie und der Wohnnutzung aufweisen, die geringsten Flächenverbräuche. Es besteht eine lineare Korrelation zwischen der Passung der Wohnfunktionen und der Effizienz der Grundrisse ($r = 0{,}553$; $p = .017^*$). Dieser allgemeine Trend wird nur durch den Einzelfall *CS6.2 - Reichenbach EFH* verändert. In diesem Fall ist die Passung von Raumgröße und Funktion bei einem Quadrat-Raster von 2,85m gut. Die insgesamt große Wohnfläche des Gebäudes für eine Familie mit zwei Kindern führt zu einer für das Bausystem untypisch hohen Wohnfläche pro Kopf. Auch *Case Study 5: dgj244 Greenhouse* ist in Hinblick auf die Wohnfläche untypisch, was auf die offene Grundrissstruktur zurückzuführen ist.

290 Statistisches Bundesamt: *Bautätigkeit und Wohnungen: Bestand an Wohnungen, vol. 5*. 2018., S. 6

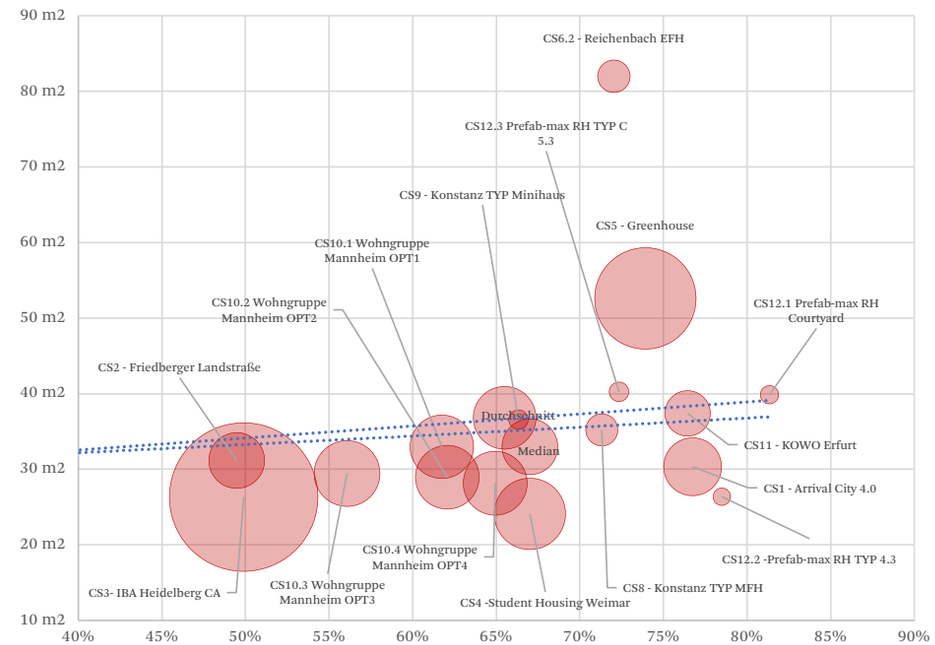


Abbildung 155: Auswertung Fallstudien: Suffizienz-Indikator (BGF / Pers., Grundstücksfläche / Pers., Holzmenge / Pers); Wohnfläche pro Person; Urbane Typologie. DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 156: Auswertung Fallstudien: X = Passung Wohnnutzung Raumgeometrie // Y = Suffizienz (WFL/Pers.). Die Größe der Kreise repräsentiert die Gebäudegröße (BGF (s) + BGF (s) der Gebäude). DGJ Architektur, 2019.

	Suffizienz	Wohnfläche pro Person	Urbane Typologie
CS4 -Student Housing Weimar	54%	24,1 m²	Solitär / Hochhaus
CS3- IBA Heidelberg CA	46%	26,3 m²	Blockrand
CS12.2 -Prefab-Max RH TYP 4.3	70%	26,4 m²	Minihaus / Teppichsiedlung
CS10.4 Wohngruppe Mannheim OPT4	62%	28,2 m²	Solitär / Hochhaus
CS10.3 Wohngruppe Mannheim OPT3	58%	29,4 m²	Solitär / Hochhaus
CS10.2 Wohngruppe Mannheim OPT2	59%	29,8 m²	Solitär / Hochhaus
CS1 - Arrival City 4.0	60%	30,3 m²	Solitär / Hochhaus
CS2 - Friedberger Landstraße	59%	31,2 m²	Blockrand
Durchschnitt	60%	40,1 m²	
CS10.1 Wohngruppe Mannheim OPT1	58%	33,0 m²	Solitär / Hochhaus
CS8 - Konstanz TYP MFH	63%	35,2 m²	Solitär / Hochhaus
CS9 - Konstanz TYP Minihaus	78%	36,6 m²	Blockrand
Median	56%	51,8 m²	
CS11 - KOWO Erfurt	52%	37,4 m²	Minihaus / Teppichsiedlung
CS12.1 Prefab-Max RH Courtyard	62%	39,9 m²	Minihaus / Teppichsiedlung
CS12.3 Prefab-Max RH TYP C 5.3	71%	40,2 m²	Minihaus / Teppichsiedlung
CS6.1 - Reichenbach RH	41%	44,1 m²	DH, RH
CS5 - Greenhouse	77%	52,6 m²	Solitär / Großform
CS6.2 - Reichenbach EFH	31%	82,0 m²	EFH, freistehend

Suffizienz // Konstruktion und Tragwerk-Ebene 7.1.4.3

Für das angrenzende Forschungsprojekt *Form- und kraftschlüssiges Holzbausystem*[291] wurde ein Rechentool für die Tragwerke des Bausystems entwickelt. Mit dessen Hilfe wurde die Tragstruktur aller Fallstudien vorbemessen. So lässt sich auch der Materialverbrauch für das Tragwerk pro Person bei den unterschiedlichen Ausprägungen des Bausystems vergleichen. Untersucht wurde, ob es einen Zusammenhang zwischen Materialaufwand und den Spannweiten der Konstruktion gibt. Dieser lässt sich für die vorliegenden Fälle nicht aufzeigen. So haben die Fälle einen Materialverbrauch pro Person, der eher von der Gebäudegröße abhängt, als von der Spannweite. Ausnahme bildet *Case Study 5: dgj244 Greenhouse* aufgrund des hohen Flächenverbrauchs pro Person.

291 Drexler et al.: *Form- und kraftschlüssiges Holzbau-System*.

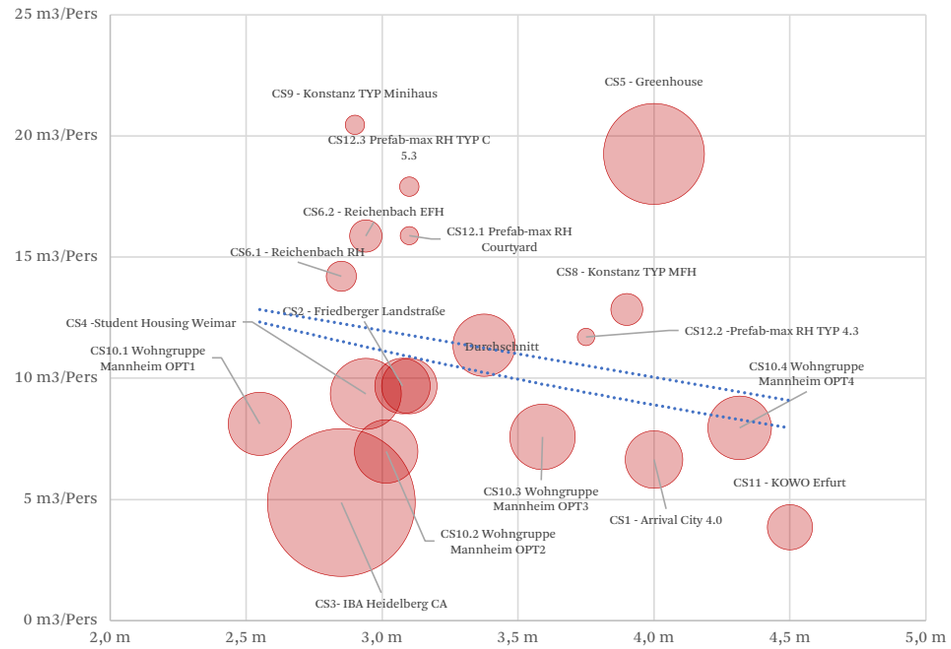


Abbildung 157: Auswertung Fallstudien: Y = Holzmenge pro Person / X = Mittlere Rastergröße (x+y)/2. Die Größe der Kreise repräsentiert die Gebäudegröße (BGF (s) + BGF (s) der Gebäude). DGJ Architektur, 2019.

Effizienz // Suffizienz 7.1.5

Von besonderer Bedeutung ist die gleichzeitige Betrachtung von Effizienz- und Suffizienz-Strategien in den Projekten. Häufig führt der Rebound-Effekt dazu, dass eine Steigerung der Effizienz nicht zu einer Reduktion des Ressourcenverbrauchs führt, sondern zu einer Ausweitung des Konsums, weil die bessere Verfügbarkeit der Ressourcen zu niedrigeren Preisen führen. Der Rebound-Effekt ist aber kein Entwurfsparameter, sondern zeigt sich erst in der Nachfrage von Wohnfläche der NutzerInnen. Deswegen wird dieser Effekt in den Fallstudien nicht sichtbar: Es zeigt sich kein Zusammenhang zwischen Effizient und Suffizienz, wenn alle Fälle betrachtet werden (r = -0,328; p = .184 mit *Case Study 6.1: dgj205 Reichenbach RH*). Auch die Gebäudegröße spielt eine untergeordnete Rolle. Wird jedoch *Case Study 6.1: dgj205 Reichenbach RH*, die für die Systementwicklung eine untypisch große Wohnfläche pro Person aufweist, nicht in den Vergleich mit aufgenommen, so zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang (r = -0,542; p = .030*) zwischen Effizienz und Suffizenz. Der Flächenverbrauch pro Kopf hängt bei den Fallbeispielen nicht von gebäudekundlichen Faktoren, sondern vom Nutzungskonzept und Raumprogramm ab, die nur indirekt und im geringen Maß durch den Entwurf beeinflusst werden. Der Zusammenhang lässt sich aus den Projektzielen erklären: Die Projekte mit geringen Wohnflächen pro Kopf stehen unter einem größeren Kostendruck, welcher zu einer Optimierung der Effizienz der Grundrisse im Entwurf führt, um die Kosten zu senken.

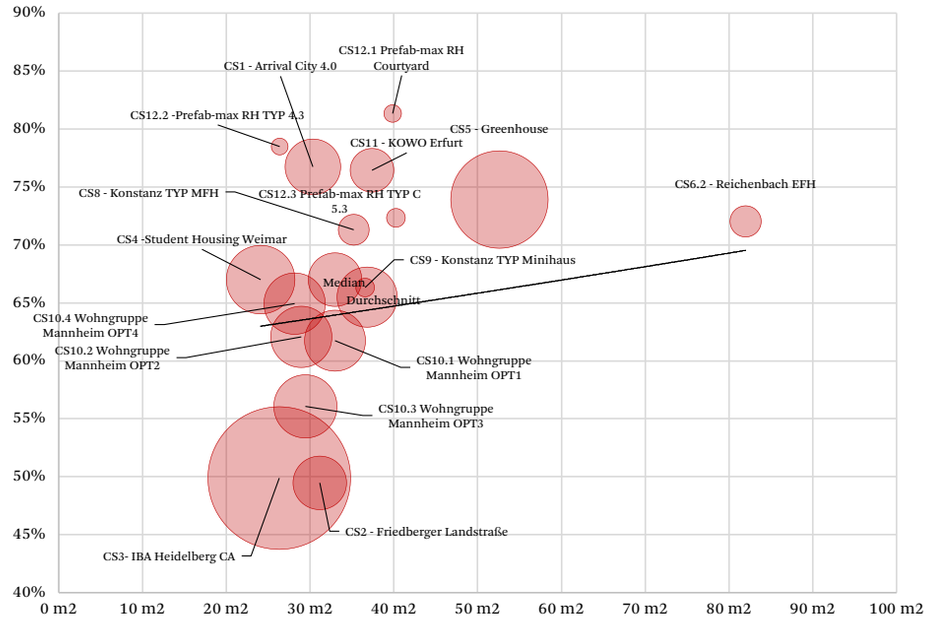


Abbildung 158: Auswertung Fallstudien: Y=Effizienz (WFL/BGF) // X=Suffizienz (WFL/Pers.). Die Größe der Kreise repräsentiert die Gebäudegröße (BGF (s) + BGF (s) der Gebäude). DGJ Architektur, 2019.

Flexibilität und Adaptabilität in den Fallstudien 7.1.6

Die Fallstudien zeigen Entwürfe für flexible und adaptive Wohnformen. Die Analytik für die Flexibilität und Adaptabilität der Fallstudien wurde basierend auf Kapitel 7 *A Manual for Flexible Housing* aus dem Buch *Flexible Housing* von Tatjana Schneider und Jeremy Till erarbeitet.[292] Die in dem Kapitel aufgeführten Strategien wurden für die Zwecke dieser Studie weiterentwickelt, ergänzt und teilweise gekürzt. Auch wurde eine übergreifende Systematik aus den einzelnen Strategien abgeleitet. Eine ähnliche Untersuchungsmethode führt auch Rob Geraedts ein, der mit ‚Flex 4.0' (zuvor 2.0. und 3.0) ein Bewertungssystem für die Anpassungsfähigkeit von Gebäuden vorgelegt hat.[293] ‚Flex 4.0' unterscheidet zwischen der Reaktion der Gebäude auf der einen Seite, den ‚Transformation Dynamics'[294], die von den NutzerInnen ausgehen oder eine Reaktion der NutzerInnen auf externe Kräfte darstellen, bestimmt beschrieben werden. Diese Methode ist geeignet für Fälle, in denen auch der Übergang zwischen verschiedenen Nutzungsarten untersucht werden soll.

Anschließend wurde aus den Kategorien ein Bewertungssystem erarbeitet, mit dem sich die Flexibilität und Adaptabilität von Wohngebäuden und Wohnungen vergleichen lässt. Hier wurden nicht die von Schneider und Till gewählten Aspekte (Kosten, Kosten-Nutzen, Priorität (Wichtigkeit)[295]) sondern eine eigene Analytik verwendet. Zentral für diese Bewertung ist, dass die zwei Strategien ‚Flexibilität' und ‚Adaptabilität' getrennt betrachtet werden. Dieser Methode liegt die Vermutung zugrunde, dass die beiden Strategien unterschiedliche Umsetzungen im Entwurf erfordern, aber im Hinblick auf die Wirkung, das heißt möglichst langfristig und unterschiedlich nutzbare Wohngebäude zu entwickeln, ähnliche Wirkungen erzielen können. Es ist also nicht erforderlich, dass ein Gebäude sowohl flexibel als auch anpassungsfähig ist, sondern in den meisten Fällen ist die Implementierung einer der beiden Strategien hinreichend. Übernommen wurde in Teilen die Einordnung der Strategien hinsichtlich der Implementierung vor Einzug (pre-occupancy), also in der Planung und in der Konstruktion, oder während dem Betrieb (post-occupancy) durch die Interaktion der NutzerInnen mit dem Gebäude.[296] So wurden die Fallstudien danach unterschieden, ob und wenn ja in welchem Umfang eine flexible Umgestaltung der Wohnungen oder eine Anpassung an andere Arten der Nutzung im Entwurf berücksichtigt wurden und ob – auch unabhängig von der Berücksichtigung bei der Planung – Flexibilität und Anpassungsfähigkeit bei den Entwürfen gegeben ist.

Eine Vermutung war, dass Flexibilität und Adaptabilität zwei unterschiedliche Strategien sind, die sich gegenseitig hemmen, das heißt dass die Gebäude entweder flexibel oder anpassungsfähig sind. Diese Vermutung konnte für die untersuchten Fällen nicht nachgewiesen werden. Im Gegenteil zeigt sich ein signifikanter linearer Zusammengang von Flexibilität und Adaptabilität in den Fallbeispielen ($r = 0{,}734$, $p = .001^{***}$).

292 Schneider and Till: *Flexible Housing*. S. 182ff.
293 Rob Geraedts: *FLEX 4.0: A Practical Instrument to Assess the Adaptive Capacity of Buildings*. In: *Energy Procedia, vol. 96. Amsterdam*: Elsevier, September 2016.
294 „Das ‚T' steht für Transformation Dynamics, die Fähigkeit eines Gebäudes, aus Sicht des Eigentümers auf eine veränderte Marktnachfrage der Gebäudefunktion zu reagieren.", (aus dem Englischen übersetzt), Ibid., 96:569.
295 Schneider and Till: *Flexible Housing*. S. 181.
296 Ibid.

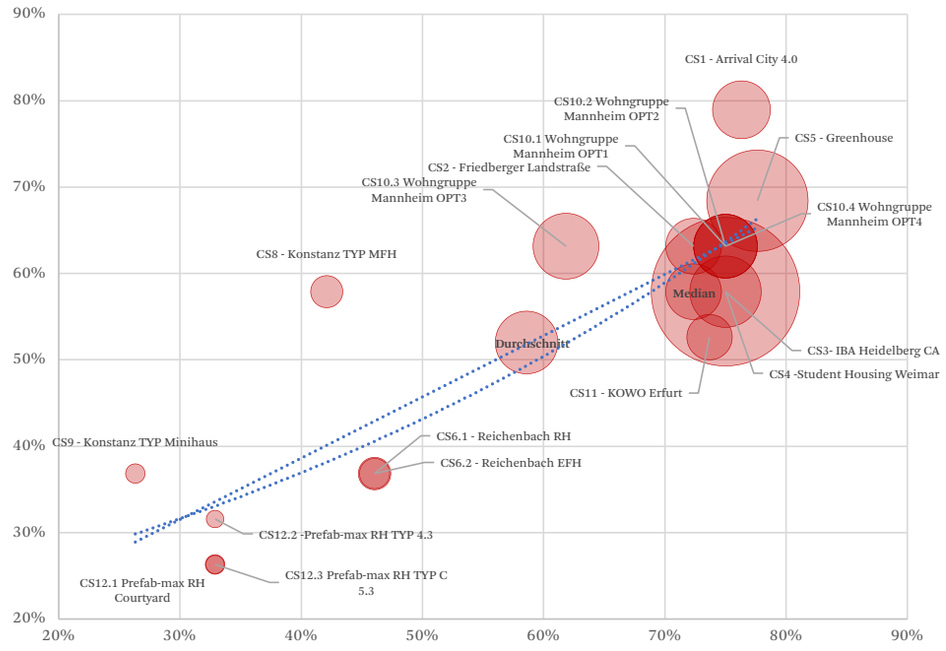


Abbildung 159: Auswertung Fallstudien Flexibilität (X-Achse) und Adaptibilität (Y-Ache) sowie Gebäudegröße BGF (r) + BGF (s) (Durchmesser Kreis). DGJ Architektur, 2019.

Die These des gegenseitigen Ausschlusses von Flexibilität und Adaptabilität beruhte auf der Annahme, dass die flexiblen Gebäude zu kleineren Raumrastern tendieren, die für die jeweilige Nutzung optimal sind. Die Fallstudien zeigen aber, dass die Optimierung des Rastermaßes nur bis zu einem gewissen Punkt möglich ist. Zwar legen zahlreiche Räume, wie Schlafzimmer, Kinderzimmer, Arbeits- und Gästezimmer, ein bestimmtes Optimum für diese Zimmer nahe, gleichzeitig wird aber deutlich, dass für andere Räume, wie Küche, Wohnzimmer, Bäder, sowie die Erschließung und Organisation der Wohnung andere Raumgrößen optimal wären, so dass sich nicht in allen Fällen ein einheitliches Rastermaß für alle Räume als effiziente Lösung darstellt. Überlagert wird dieser Effekt durch die Tatsache, dass die Gebäudegröße und die dadurch vorgegebenen Möglichkeiten oder Beschränkungen der Raumgrößen untereinander einen großen Einfluss auf die Flexibilität und Adaptabilität haben.

Diese Parallelität von Flexibilität und Anpassungsfähigkeit wird hier nicht als Kausalität in die eine oder andere Richtung interpretiert. Vielmehr wird davon ausgegangen, dass die Gebäude mit mehr oder weniger starken Intensionen oder Anforderungen so entworfen wurden, dass sie besonders flexibel und anpassungsfähig sind. Diese Interpretation deckt sich mit der Beobachtung einer sinkenden Flexibilität bei abnehmender Gebäudegröße, weil die Einfamilienhaus-Typen in der Studie nicht für unterschiedliche Nutzbarkeit entwickelt wurden.

Flexibilität 7.1.7

Die Flexibilität der Gebäude hängt von konstruktiven und geometrischen Merkmalen ab. Dabei wirkt sich die Konstruktion des Primärtragwerks am deutlichsten aus. Wie in der nachfolgenden Tabelle zu sehen ist, weist der Skelettbau die höchste Flexibilität auf. Die Hybridbauweise eine große Varianz (42–75%) und abschließend weisen Massiv- und Schottenbauweise die geringste Flexibilität auf.

Rechnerisch als auch mithilfe der Bildanalyse lässt sich kein Zusammenhang bei den Fallstudien zwischen der Flexibilität und der Rastergröße feststellen. Über alle Rastergrößen hinweg finden sich Fälle mit hohen und niedrigen Werten der Flexibilität.

Wichtiger als die Rastergröße erweist sich hierbei die Gebäudetypologie. Die Einfamilienhäuser weisen durchgehend wenig Flexibilität auf, weil sie sich kaum umgestalten und anders nutzen lassen.

Insgesamt ist die Veränderbarkeit der untersuchten Gebäude gering im Vergleich zu einem völlig frei konfigurierbaren System, wie dies zum Beispiel von Cedric Price für *Generator* konzipiert wurde. Bei allen Fällen sind die Gebäude nur innerhalb des Gebäudevolumens verändert worden, so dass das Gebäudevolumen selbst und die Gebäudehülle unverändert bleiben. Vielmehr wurde bei allen Fällen davon ausgegangen, dass das Gebäudevolumen, die Erschließung und die Fassaden nicht verändert werden. Denkbar ist davon abgesehen die Erweiterung oder der Rückbau von Teilen der Gebäude bei einigen der vorgestellten Fälle. Allerdings ist dies im Rahmen dieser Studie nicht entwerferisch nachgewiesen worden.

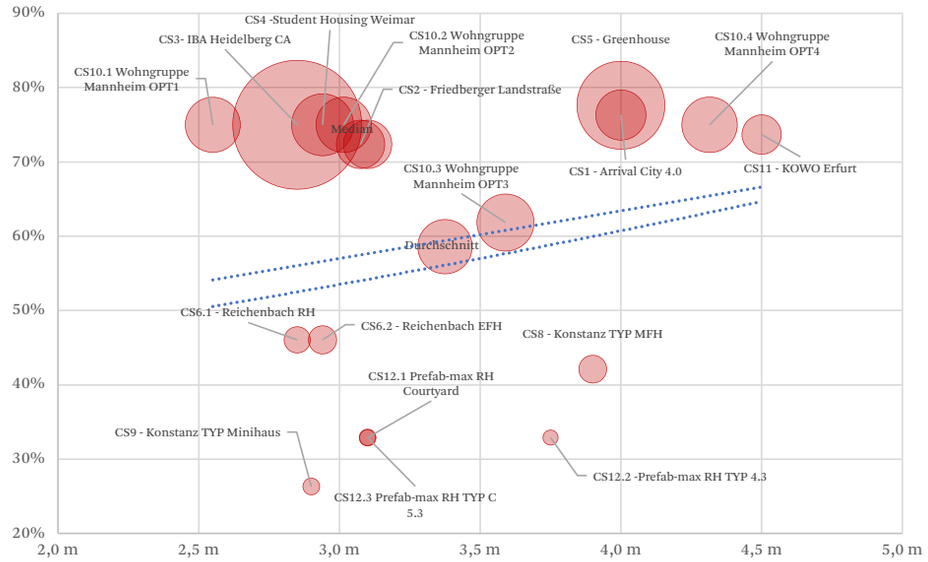


Abbildung 160: Auswertung Flexibilität, Bauweisen der Primärkonstruktion, konstruktive Hierarchien, DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 161: Auswertung Fallstudien: X = Flexibilität und Y= Rastergröße (x+y)/2 sowie Wohnfläche pro Person (Größe der Kreise), DGJ Architektur, 2019.

Fallstudien	Flexibilität	Bauweise	Konstruktive Hierarchien
CS5 - Greenhouse	78%	Skelettbau	Integriert
CS1 - Arrival City 4.0	76%	Skelettbau	Differenziert
CS3- IBA Heidelberg CA	75%	Hybrid	Differenziert
CS4 -Student Housing Weimar	75%	Hybrid	Differenziert
CS10.1 Wohngruppe Mannheim OPT1	75%	Hybrid	Geschichtet
CS10.2 Wohngruppe Mannheim OPT2	75%	Hybrid	Geschichtet
CS10.4 Wohngruppe Mannheim OPT4	75%	Hybrid	Geschichtet
CS11 - KOWO Erfurt	74%	Hybrid	Integriert
CS2 - Friedberger Landstraße	72%	Hybrid	Integriert
CS10.3 Wohngruppe Mannheim OPT3	62%	Hybrid	Geschichtet
CS6.1 - Reichenbach RH	46%	Hybrid	Geschichtet
CS6.2 - Reichenbach EFH	46%	Hybrid	Geschichtet
CS8 - Konstanz TYP MFH	42%	Massivbau	Geschichtet
CS12.1 Prefab-Max RH Courtyard	33%	Schottenbauweise	Integriert
CS12.2 -Prefab-Max RH TYP 4.3	33%	Schottenbauweise	Integriert
CS12.3 Prefab-Max RH TYP C 5.3	33%	Schottenbauweise	Integriert
CS9 - Konstanz TYP Minihaus	26%	Massivbau	Geschichtet

Adaptabilität 7.1.8

Bei der Anpassungsfähigkeit der Gebäude lässt sich vermuten, dass große Raster die Gebäude vielfältiger nutzbar machen. Dieser Zusammenhang lässt sich durch das Muster in der nachfolgenden Abbildung erahnen, wird jedoch statistisch unter Einbezug der vorliegenden Fälle nicht bestätigt. Dies kann in der geringen Fallzahl begründet sein. Betrachtet wurde ein Mittelwert der X- und Y-Raster, was eine gute Abbildung der Geometrie erlaubt, weil die meisten Fälle auf einem quadratischen Raster entworfen wurden.

Einen großen Einfluss auf die Adaptabilität der Fälle hat die Gebäudegröße. So lassen sich nur bei den größeren Gebäudestudien höhere Werte für die Anpassungsfähigkeit erkennen. Dies erklärt sich vor allem daraus, dass die kleinen Gebäude, die alle Einfamilienhäuser sind, kaum andere Nutzungen denken lassen und die Erschließung die vielfältige Nutzung weiter einschränkt.

Die Fallstudien mit kleineren Gebäudevolumina zeigen sich weniger anpassungsfähig als die größeren Gebäude. Diese Ausprägung ist darauf zurückzuführen, dass für den Entwurf der Einfamilienhäuser keine Anforderungen an Nutzungsszenarien entworfen wurden. Die Fallstudien lassen sich im Hinblick auf die Adaptabilität in drei Gruppen einteilen:

- Werte über 60% werden erreicht von den Fallstudien, deren Raumgeometrie ein Optimum im Hinblick auf die Adaptabilität darstellt: Rastermaße von mehr als 3,0m in beide Richtungen.
- Die Fälle mit einem Rastermaß von 2,5m bis 3,0m liegen im Mittelfeld.
- Deutlich geringe Adaptabilität zeigen die Einfamilienhäuser (EFH, RH, MH). Hier sind die geringen Werte aber auf die städtebauliche Typologie zurückzuführen und von der Raumgeometrie unabhängig.

Ein wichtiger Aspekt der anpassungsfähigen oder flexiblen Wohnungen im Hinblick auf den demographischen Wandel ist die Barrierefreiheit der Wohnungen. Hier zeigen die vorliegenden Fälle ein deutliches Defizit. Die wenigsten Gebäude weisen eine barrierefreie Erschließung auf. Dies ist auf die hohen Kosten für Aufzüge in Herstellung und Betrieb zurückzuführen, die deswegen bei vielen Projekten nicht realisiert werden konnten. In Folge wurde zugunsten größerer Wohnflächen einer barrierefreien Wohnung in den oberen Geschossen auf die notwendigen zusätzlichen Bewegungsflächen verzichtet. Auch hier sind die kleineren Gebäudetypen (EFH, RH, MH) nachteilig, weil sich bei einem kleinen Einfamilienhaus über mehrere Geschosse meist kein Aufzug wirtschaftlich umsetzen lässt und die Erschließung mit einem Treppenlift nicht die gleiche Mobilität ermöglicht.

Abbildung 162: Auswertung Fallstudien Adaptibilität, DGJ Architektur, 2019.

Durchschnitt	Adaptabilität
CS1 - Arrival City 4.0	79%
CS5 - Greenhouse	68%
CS2 - Friedberger Landstraße	63%
CS10.1 Wohngruppe Mannheim OPT1	63%
CS10.2 Wohngruppe Mannheim OPT2	63%
CS10.3 Wohngruppe Mannheim OPT3	63%
CS10.4 Wohngruppe Mannheim OPT4	63%
Durchschnitt	58%
CS3- IBA Heidelberg CA	58%
CS4 -Student Housing Weimar	58%
CS8 - Konstanz TYP MFH	58%
CS11 - KOWO Erfurt	53%
Median	52%
CS6.1 - Reichenbach RH	37%
CS6.2 - Reichenbach EFH	37%
CS9 - Konstanz TYP Minihaus	37%
CS12.2 -Prefab-Max RH TYP 4.3	32%
CS12.1 Prefab-Max RH Courtyard	26%
CS12.3 Prefab-Max RH TYP C 5.3	26%

Abbildung 163: Auswertung Fallstudien Barrierefreiheit, DGJ Architektur, 2019.

Durchschnitt	Barrierefreie Erschließung in den Wohnungen (Anteil Wohnungen)	Barriere-freie Ausstattung (Anteil Wohnun-gen)	Urbane Typologie
CS4 -Student Housing Weimar	100%	20%	Solitär / Hochhaus
CS11 - KOWO Erfurt	100%	20%	Minihaus / Teppichsiedlung
Median	21%	11%	
CS5 - Greenhouse	20%	20%	Solitär / Großform
CS8 - Konstanz TYP MFH	20%	20%	Solitär / Hochhaus
CS10.1 Wohngruppe Mannheim OPT1	20%	20%	Solitär / Hochhaus
CS10.2 Wohngruppe Mannheim OPT2	20%	20%	Solitär / Hochhaus
CS10.3 Wohngruppe Mannheim OPT3	20%	20%	Solitär / Hochhaus
CS10.4 Wohngruppe Mannheim OPT4	20%	20%	Solitär / Hochhaus
Durchschnitt	15%	15%	
CS1 - Arrival City 4.0	15%	15%	Solitär / Hochhaus
CS2 - Friedberger Landstraße	10%	10%	Blockrand
CS3- IBA Heidelberg CA	10%	10%	Blockrand
CS6.1 - Reichenbach RH	0%	0%	DH, RH
CS6.2 - Reichenbach EFH	0%	0%	EFH, freistehend
CS9 - Konstanz TYP Minihaus	0%	0%	Blockrand
CS12.1 Prefab-Max RH Courtyard	0%	0%	Minihaus / Teppichsiedlung
CS12.2 -Prefab-Max RH TYP 4.3	0%	0%	Minihaus / Teppichsiedlung
CS12.3 Prefab-Max RH TYP C 5.3	0%	0%	Minihaus / Teppichsiedlung

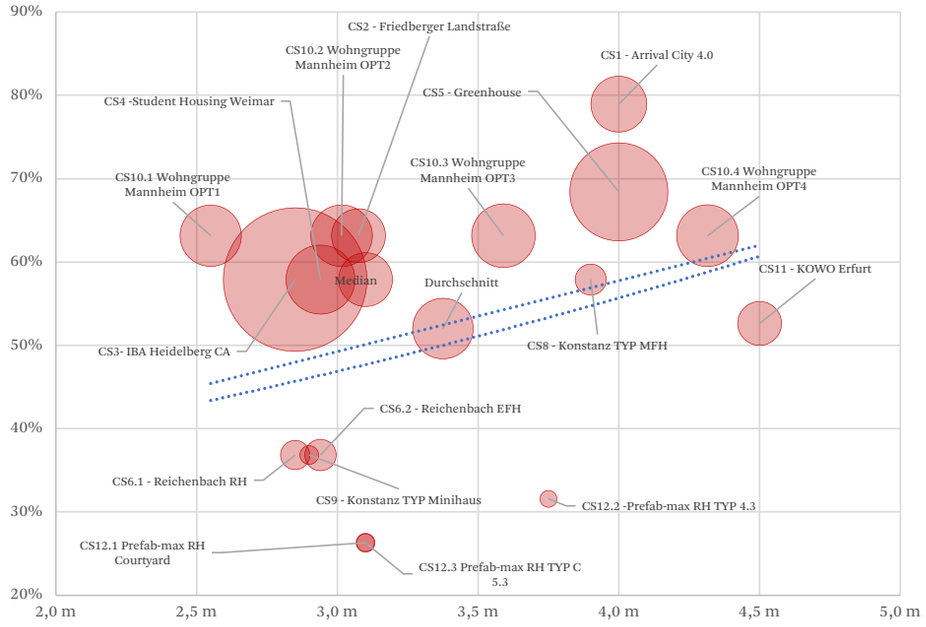


Abbildung 164:
Auswertung
Fallstudien
Adaptibilität (Y-Ache)
und Rastergröße
((x+y)/2) (X-Achse),
sowie durch-
schnittliche Wohn-
fläche pro Wohnung
(Durchmesser Kreis),
DGJ Architektur, 2019.

Partizipation und Aneignung

7.1.9

Bei den Projekten haben die BewohnerInnen unterschiedliche Möglichkeiten, mit dem Gebäude zu interagieren. Unterschieden wurde die Projektierung oder Projektentwicklung, die Planung und schließlich der Betrieb und die Nutzungsphase. Die Projekte fallen in drei Gruppe:

- Partizipatorische Projekte, bei denen die BewohnerInnen gezielt und häufig schon in der Projektierungsphase (noch bevor die Planung beginnt) einbezogen wurden,
- Einfamilienhäuser, bei denen die BewohnerInnen über die Rolle als KäuferIn einen gewissen Einfluss auf die Planung und als EigentümerInnen die Gebäude anpassen und verändern können,
- Gewöhnliches Mietmodell ohne Partizipation.

Die Einbeziehung der BewohnerInnen ist kein Ergebnis des Entwurfsprozesses, sondern ein Eingangsparameter. Das Bausystem hat sich im Hinblick auf die vielfältigen Wünsche und langen Entwurfs- und Entscheidungsprozesse der Wohngruppen-Projekte als geeignetes Instrument erwiesen. Durch die robuste Grundstruktur lassen sich die statischen und baurechtlichen Aspekte von der Aufteilung der Wohnungen und den Wohnkonzepten weitgehend unabhängig bearbeiten. Dadurch kann im Entwurfsprozess noch spät auf Änderungen der Wohnwünsche oder die Zusammensetzung der Gruppe reagiert werden, ohne dass die Grundkonzeption in Frage gestellt wird. Eine Ausnahme bilden die horizontalen Trennungen der Wohnungen. Die bei *Case Study 2: dgj228 Wohngruppe Gemeinsam Suffizient Leben* und *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg* geplante Wohnungstrennwand sieht eine Doppelung der Stützen zur akustischen Entkoppelung vor. Diese Trennwände lassen sich zwar öffnen, aber nicht ohne Weiteres an anderer Stelle nachträglich planen oder einbauen.

Die Aneignung der Wohnungen durch die BewohnerInnen reicht von dem üblichen Einbringen von eigenen Möbeln, über die Veränderung fester Einbauten (Küche, Einbau-Möbel und Bäder) bis hin zu der Veränderung der Grundrisse und Nutzungen von Zimmern und Wohneinheiten.

Auch hier zeigen sich die drei Gruppen hinsichtlich des Grades der Interaktion unterschiedlich: Die partizipativen Wohngruppen, die Einfamilienhäuser und der Mietwohnungsbau mit abnehmender Möglichkeit der Aneignung.

Abbildung 165: Auswertung Fallstudien Partizipation und Einbeziehung der NutzerInnen, DGJ Architektur, 2019.

Durchschnitt	Einbeziehung der NutzerInnen in der Projektierung (nicht Planung)	Einbeziehung der NutzerInnen in der Planung	Einbeziehung der NutzerInnen in Betrieb und Organisation	Partizipation und Aneignung
CS10.1 Wohngruppe Mannheim OPT1-4	4	4	4	12
CS2 - Friedberger Landstraße	4	4	3	11
CS3- IBA Heidelberg CA	4	4	3	11
CS1 - Arrival City 4.0	1	4	4	9
Median	2	3	4	8
CS5 - Greenhouse	2	2	4	8
Durchschnitt	1	2	4	7
CS6.1 - Reichenbach RH	1	2	4	7
CS6.2 - Reichenbach EFH	1	2	4	7
CS4 -Student Housing Weimar	1	2	3	6
CS8 - Konstanz TYP MFH	2	2	2	6
CS9 - Konstanz TYP Minihaus	1	1	4	6
CS12.1 Prefab-Max RH Courtyard	1	1	4	6
CS12.2 -Prefab-Max RH TYP 4.3	1	1	4	6
CS12.3 Prefab-Max RH TYP C 5.3	1	1	4	6
CS11 - KOWO Erfurt	1	1	1	3

Abbildung 166: Auswertung Fallstudien Grad der Aneignung auf einer Skala von 1 bis 4, wobei hohe Werte einen hohen möglichen Grad der Aneignung durch die NutzerInnen kennzeichnen, DGJ Architektur, 2019.

Durchschnitt	Veränderungen und Anpassungen Nutzungen und Wohnformen möglich Veränderungen und Anpassungen Nutzungen und Wohnformen möglich	Veränderungen und Anpassungen Grundriss möglich	Veränderungen und Anpassungen Feste Einbauten (Küchen, Bäder, Einbaumöbel) möglich	Eigene Möbel	Veränderungen und Anpassungen Wohnung und Gebäude durch die NutzerInnen
CS1 - Arrival City 4.0	4	4	4	4	16
CS3- IBA Heidelberg CA	4	4	4	4	16
CS4 -Student Housing Weimar	4	4	4	4	16
CS5 - Greenhouse	4	4	4	4	16
CS10.3 Wohngruppe Mannheim OPT 1- 4	4	4	4	4	16
Median	3	3	4	4	13
Durchschnitt	2	2	4	4	12
CS2 - Friedberger Landstraße	2	2	4	4	12
CS12.1 Prefab-Max RH Courtyard	2	2	4	4	12
CS12.2 -Prefab-Max RH TYP 4.3	2	2	4	4	12
CS12.3 Prefab-Max RH TYP C 5.3	2	2	4	4	12
CS6.1 - Reichenbach RH	2	2	3	4	11
CS6.2 - Reichenbach EFH	2	2	3	4	11
CS9 - Konstanz TYP Minihaus	2	2	3	4	11
CS8 - Konstanz TYP MFH	2	2	2	4	10
CS11 - KOWO Erfurt	1	1	1	4	7

Qualitative Analyse der Systementwicklung und der Case Studies 7.2

In diesem Abschnitt wird das Bausystem qualitativ unter Berücksichtigung der quantitativen Auswertungen diskutiert. Diese Diskussion wird entlang der anfangs eingeführten Forschungsfragen geführt.

Nachhaltiges Bauen mit System? 7.2.1

Hierzu wurden zu Beginn die nachfolgenden Forschungsfragen gestellt:

- **Welche Anforderungen müssen Gebäude im Sinne der Nachhaltigkeit erfüllen?**

In Abschnitt *5.6 Anforderungen an das Bausystem* wurden die Anforderungen an das Bausystem in Hinblick auf die Nachhaltigkeit definiert. In dieser Beschreibung wurden die Indikatoren und Kriterien nicht gewichtet, sondern gleichwertig dargestellt. Eine gewisse Gewichtung der Indikatoren ergibt sich jedoch aus der Tatsache, dass diese bei mehreren Kriterien einbezogen werden. Zum Beispiel liegt die Anzahl der Personen pro Wohneinheit allen suffizienz-bezogenen Werten zugrunde und hat damit einen größeren Einfluss.

Im nächsten Schritt wäre es sinnvoll, die hier vorgestellte Analyse-Methode mit eingeführten Zertifizierungssystemen (DGNB[297], BNB[298], NaWoh[299], Breeam[300], Leed[301]) abzugleichen. So könnten zum Beispiel bestimmte Analysen- und Bewertungsmethoden aus den System (zum Beispiel Ökobilanzierung, Lebenszykluskosten) übernommen werden, was den Vorteil hätte, dass die Ergebnisse direkt vergleichbar werden. Genauso kann diskutiert werden, ob bestimmte Aspekte der hier vorgestellten Analytik – insbesondere die Betrachtung von Flexibilität, Adaptabilität und Suffizienz – auch wichtige Nachhaltigkeitsaspekte sind, die Eingang in den allgemeinen Diskurs und die Zertifizierung über das Bausystem hinaus finden sollten.

- **Wie kann das Bausystem im Hinblick auf diese Anforderungen optimiert werden?**

Die Entwicklung des Bausystems wurde explorativ durch die Fallstudien mit Bezug auf die Nachhaltigkeitsziele optimiert. Aus dem Vergleich der Fallstudien können die Stärken und Schwächen des Bausystems abgeleitet werden. Die Auswertung der Analysen (Radardiagramme) zeigt einen Vergleich der Fälle untereinander. Der Maximalwert ergibt sich aus dem theoretisch denkbaren Optimum der denkbaren Indikatoren. Gleichzeitig gibt die Analyse der Stärken und Schwächen Hinweise auf die Bereiche, in denen besonderer Bedarf für eine weitere Optimierung des Systems und weitere Explorationen besteht.

297 DGNB GmbH: *Ökobilanz des Gebäudes*.
298 *Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)*.
299 Verein zur Förderung der Nachhaltigkeit im Wohnungsbau e.V.: *NaWoh: Nachhaltiger Wohnungsbau*, 2019, https://www.nawoh.de/.
300 Building Research Establishment: BREEAM: *The World's Leading Sustainability Assessment Method for Masterplanning Projects, Infrastructure and Buildings*. 2020, https://www.breeam.com/.
301 U.S. Green Building Council: *LEED Rating System (Leadership in Energy and Environmental Design)*. 2020, https://www.usgbc.org/leed.

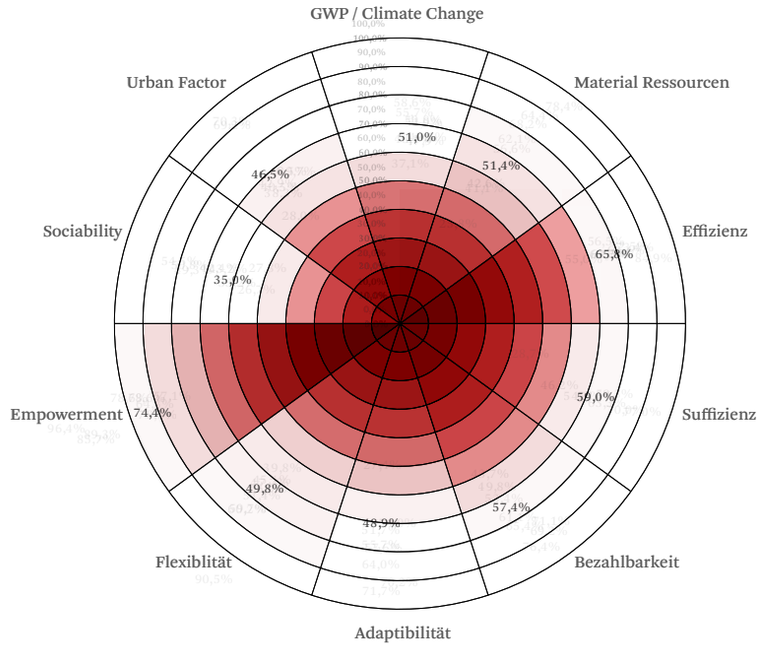


Abbildung 167: Auswertung Überlagerung der Radar-Auswertung aller Fallstudien, DGJ Architektur, 2019.

In der Überlagerung zeigt sich, dass die Fallstudien im Bezug auf Effizienz, Suffizienz sowie Material und Ressourcen (baukonstruktive Nachhaltigkeit) hohe Werte erzielen. Durch die hohe Effizienz und Suffizienz ergeben sich auch hohe Werte für die Bezahlbarkeit. Diese sind darüber hinaus durch die Aufgabenstellung der meisten Entwürfe zu erklären, die das ausdrückliche Ziel hatten, besonders kostengünstigen Wohnraum zu schaffen. Ein hoher Wert zeigt sich bei den Fällen für die soziale Interaktion (Empowerment). Das System hat auf allen Ebenen (Projektentwicklung, Planung, Nutzung, Betrieb und Wohnkultur) gute Voraussetzungen für eine Interaktion der NutzerInnen mit den Wohngebäuden hat.

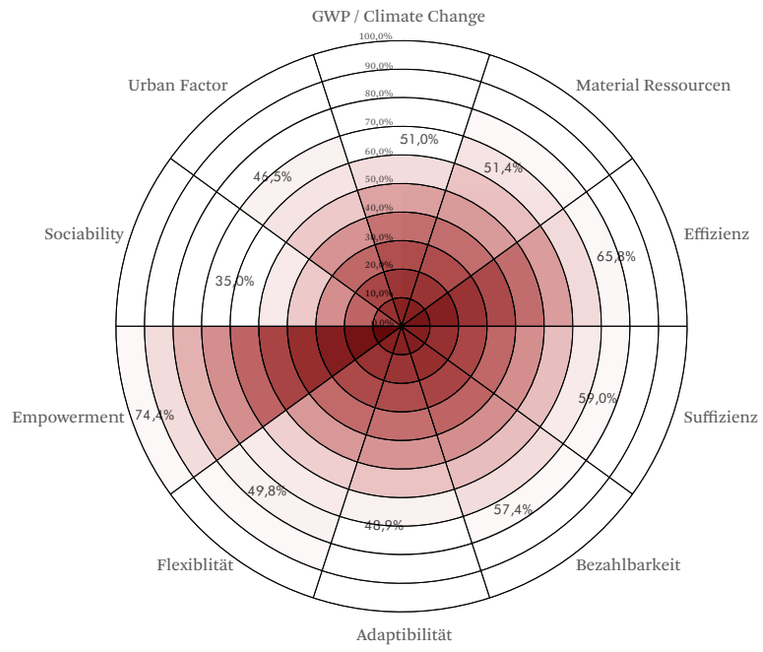


Abbildung 168: Auswertung Durchschnittswerte der Radar-Auswertung aller Fallstudien, DGJ Architektur, 2019.

Die Fallstudien bleiben im Durchschnitt hinter dem denkbaren Maximum für Flexibilität und Adaptabilität zurück. Für die untersuchten Fälle von normaler mittel- und langfristiger Wohnnutzung und Wohnheimen scheint dieses mittlere Maß an Flexibilität angemessen. Es ist nicht erforderlich für Nutzungen ein Maximum an Flexibilität und Anpassungsfähigkeit in einem Projekt umzusetzen, zumal dies auch immer mit einem Flächenverbrauch (Raumreserven, Anpassungsfähigkeit), konstruktivem Aufwand (Flexibilität) und/oder Einschränkungen in der Behaglichkeit (zum Beispiel Schallschutz) einhergeht. Deswegen sollten die Strategien und Maßnahmen sorgfältig gewählt und abgewogen werden.

Der geringe akkumulierte Wert für den urbanen Faktor (Urban Factor: Urbane Typologie, Dichte (GFZ), Geschossflächenzahl, A/V) ergibt sich aus der großen Anzahl kleiner Gebäude (EFH; RH, MH). Gleiches gilt auch für gemeinschaftliches Wohnen (Sociability: Gemeinschaftliche und individuelle Wohnfläche, Anteil Wohnfläche gemeinschaftlich in der Wohnung, Anteil Wohnfläche gemeinschaftlich für gesamtes Gebäude, Wohntypologie). Die kleinen Gebäude bieten wenig bis keine gemeinschaftlichen Wohnflächen und Nutzungen, weil sie nur von einer Partei genutzt werden. Hier würde eine isolierte Betrachtung der gemeinschaftlichen Wohnprojekte ein anderes Bild zeigen. Gleichzeitig muss beachtet werden, dass der Anteil an gemeinschaftlichen Flächen in den meisten Fällen ein Eingangsparameter des Entwurfs ist und nur im geringen Maße von dem Bausystem beeinflusst wird.

In Hinblick auf die Nachhaltigkeitsziele Klimawandel (GWP / Climate Change: Material / GWP, Konstruktion, Energie Konzept, Effizienz (Gebäude), Suffizienz) und baukonstruktive Nachhaltigkeit (Material-Ressourcen: Materialwahl / Ressourcenverbrauch Konstruktion, Effizienz Tragwerk, Rückbaubarkeit, Re-Use (Potential zur Wiederverwendung), Recycling (Wiederverwendung Material), Effizienz) besteht noch viel Potential zur Verbesserung des Bausystems. Erstens ist das Bausystem nicht an einen energetischen Standard (Passivhaus o.ä.) gebunden, was niedrige energetische Anwendungen zuließe. Zwar sind alle Bauprojekte als Plus-Energie-Häuser im Jahresmittelwert (Standard KFW40Plus) geplant, es sind jedoch auch andere Standards denkbar. Sinnvoll wäre es demnach im Bauteil-Katalog* bestimmte Bauteile für die Gebäudehülle zu definieren, die die Energieverluste systematisch verringern. Zweitens muss die Rückbaubarkeit und Wiederverwendbarkeit der Bauteile und Materialen optimiert werden.* Schließlich muss auf allen Ebenen der Konstruktion überwiegend mit nachwachsendem Baumaterial und/oder leicht zu rezyklierendem Baumaterial gearbeitet werden.

Siehe dazu: Kapitel 8.3.2 Weiterer Forschungsbedarf // Detail-Entwicklung und Bauteil-Katalog

Siehe dazu: Kapitel 8.3.8 Weiterer Forschungsbedarf // Rückbau, Recycling, Wiederverwendung // Kreislaufwirtschaft

Ökologische Vor- und Nachteile des Bausystems

7.2.1.1

Eine Würdigung des Bausystems muss als Vergleich gegenüber der gängigen Praxis des Bauens im Allgemeinen sowie des Holzbaus im Speziellen geschehen. Wie in Kapitel *5.1.1 Definition der Materialität // Holzbau als Schlüsseltechnologie des nachhaltigen Bauens* gezeigt wird, ist der Holzbau nicht nur die überlegene Bauweise in Hinblick auf Ressourcenverbrauch und CO_2-Emmissionen, sondern auch die einzige Bauweise, die zuverlässig die Klimaziele 2050 umsetzen kann.

Für die Konstruktion ergeben sich im Hinblick auf die Wiederverwendung von Bauteilen und das Recycling von Baumaterial weitere Kriterien für nachhaltige Gebäude, die bei den Planungen mit dem Bausystem in allen Details berücksichtigt wurden: Die einzelnen Bauteile sollten mit lösbaren Verbindungen gefügt werden. Konstruktive Schichten und Bauteile sind so gefügt, dass sie sich einzeln warten, instandsetzen oder austauschen lassen. Holz-Holz-Verbindungen bieten einen idealen Ansatzpunkt: Die Bauelemente lassen sich theoretisch wie Puzzleteile zusammensetzen und auseinandernehmen. Bauteile und Materialien können in geschlossenen Stoffkreisläufen* geführt werden. So wird das Konzept des Abfalls eliminiert.[302] In der Praxis wird die Rückbaubarkeit der Primärkonstruktion durch den Ausbau mit inneren Verkleidungen, Fassaden und Gebäudetechnik eingeschränkt. Hier gilt es für die jeweiligen Anwendungen des Bausystems geeignete konstruktive Hierarchien zu entwickeln.

Siehe dazu: Kapitel 5.6.2.1. Konsistenz: Materialstrategien für das Bausystem)

7.2.1.2 Ökonomische Vor- und Nachteile des Bausystems

Im Rahmen des Forschungsprojekts *Holz: Form- und kraftschlüssig – Entwicklung eines Vollholz-Bausystems mit form- und kraftschlüssigen geometrischen Verbindungen*[303] wurden ökonomische Vergleiche der Holz-Holz-Bauweise gegenüber dem Holzbau mit metallischen Verbindungsmitteln vorgenommenen. Dabei konnten keine wirtschaftlichen Vorteile für eine form- und kraftschlüssige Holzbauweise nachgewiesen werden. Dafür lassen sich zwei Gründe benennen: Erstens liegen noch keine Erfahrungen seitens der Firmen vor, bei denen die Bauweise in einem größeren Maßstab eingesetzt wurde. Die Kalkulation der Herstellungskosten basierte auf den Erfahrungen mit kleinen Musterstücken und ist in Hinblick auf eine große Baustelle nur schwer zu skalieren. Deswegen wurde bewusst konservativ gerechnet, um etwaige Risiken auf der Baustelle abzudecken. Zweitens können Bauweise und Fertigung weiter optimiert werden. Die Anzahl der notwendigen Verbindungsmittel könnte in der weiteren Forschung reduziert werden, wodurch sich Aufwand und Kosten senken könnten.

7.2.2 Soziale Nachhaltigkeit: Interaktion von NutzerInnen und Gebäude: Möglichkeiten und Grenzen der Partizipation im Bausystem

Obgleich die Forschung technische, baukonstruktive Aspekte beinhaltet, liegt der Fokus der Analyse auf dem Entwurf. Die Interaktion zwischen dem Bausystem, dem Entwurf und der Nutzung des Gebäudes wurde daher insbesondere mit entwerferischen Mitteln untersucht. Für die Nutzbarkeit des Bausystems wurden folgende Forschungsfragen formuliert:

- **Wie kann die Passung zwischen Wohnbedürfnissen und Wohngebäude verbessert werden?**

Die untersuchten Fallstudien sind überwiegend unter großem Kostendruck entstanden und/oder hatten von vorneherein das Ziel eine möglichst kostengünstige Bauweise zu entwickeln. Dementsprechend wurden die meisten Projekte in Hinblick auf möglichst geringe Baukosten und niedrige Flächenverbräuche pro Person optimiert.*

Siehe dazu: Kapitel 7.1.4.2 Suffizienz / Gebäude-Ebene

Der Mehrwert dieser Arbeit im Hinblick auf die Verbesserung der Passung zwischen Wohnbedürfnissen und dem Entwurf von Wohnungen ist vor allem methodischer Art. So wurden neue Instrumente entwickelt und vorhandene verbessert, mit denen sich die Passung zwischen den Räumen und den Wohnbedürfnissen untersuchen lässt. Diese Analysen basieren auf dem Vergleich der Möblierung mit der Raumgeometrie. Mit dieser Methode lässt sich die Funktionalität der Räume für konventionelle Wohnformen nachweisen. Gleichzeitig wird an den Fallbeispielen *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg* und *Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar* auch deutlich, dass gerade für ungewöhnliche Wohnformen, die auch nicht mehr mit einer tradierten Möblierung arbeiten, die gewählte Methode unzureichend ist: So wurden für die kleineren Räume gezielt Möbel entworfen,

302 Michael Braungart und William McDonough haben mit ‚Cradle to Cradle' das Konzept einer Wirtschaft entwickelt, bei der Produkte und Materialien in geschlossenen Stoffkreisläufen geführt werden. McDonough; Braungart: *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*.

303 Drexler et al.: *Holz: Form- und kraftschlüssig – Entwicklung eines Vollholz-Bausystems mit form- und kraftschlüssigen geometrischen Verbindungen*.

die auch auf einer Fläche von 7m² (2,65m × 2,65m) alle Funktionen eines Studierenden-Zimmers verorten. Trotz dieser Einschränkungen wurde mit der Methode ein Anfang für eine systematische quantitative Analytik von Wohnungsgrundrissen entwickelt, der sich weiter ausbauen lässt. Mit weiterer Forschung ließe sich eine allgemein einsetzbare Methode zur Untersuchung und Beurteilung der Passung von Raumgeometrien und Wohnfunktionen entwickeln.

- **Wie kann die Passung zwischen Wohnbedürfnissen und Wohngebäuden dauerhaft verbessert werden?**

Zur Beantwortung dieser Frage sollte noch einmal zwischen den beiden grundsätzlichen Strategien unterschieden werden: Anpassungsfähige Wohngebäude arbeiten mit Grundrissen, die vielfältig genutzt werden können, ohne umgebaut zu werden. Bei flexiblen Gebäuden ist die Möglichkeit der Veränderung und des Umbaus angelegt. In den Fallstudien finden sich beide Strategien, teilweise auch in Kombination. Tatsächlich hat sich bei der Analyse der Fälle gezeigt, dass die besonders flexiblen Gebäude auch besonders anpassungsfähig sind.* Der Grund hierfür ist vermutlich in der Aufgabenstellung und Ausrichtung der Projekte zu suchen und gibt keinen Hinweis auf eine generelle Kausalität. Vielmehr sind die flexiblen Fälle auch die, bei denen eine größere Bandbreite an Wohnformen vorliegt und die dementsprechend auch anpassungsfähiger entworfen wurden.

Siehe. dazu: Kapitel 7.1.6 Flexibilität und Adaptabilität in den Fallstudien

Empirisch ließ sich in dieser Studie nicht nachweisen, dass die bessere Passung zwischen den Wohnfunktionen und den Räumen auch tatsächlich zu einer höheren Zufriedenheit der BewohnerInnen führt. Hierfür fehlen Daten der NutzerInnen der gebauten Wohngebäude (Post-Occupancy-Untersuchungen). Bei dem parallel verlaufenden Forschungsprojekt *Wohnformen – Vergleichende Untersuchung zu gemeinschaftlichen und individuellen Wohnbedürfnissen* wurden die Wohnbedürfnisse funktional betrachtet. Diese Methode erlaubte die hier eingesetzte Methode der geometrisch-numerischen Analyse, weil die einzelnen Wohnfunktionen geometrisch beschrieben werden konnten. Es gibt über diese Funktionen hinaus auch andere Wohnbedürfnisse, die sich nicht ohne Weiteres quantifizieren lassen. So lassen sich Funktionen wie Schlafen, Essen, Kochen quantifizieren. Andere Bedürfnisse wie Repräsentation oder nicht-funktionsbezogene, soziale Interaktion (Unterhaltung) lassen sich räumlich nicht ohne Weiteres quantifizieren oder verorten. Diese können aber die funktionalen Aspekte der Wohnung in ihrer Bedeutung von den NutzerInnen höher gewertet werden. Auch verändern und verlagern sich die Wohnpraxis und die damit einhergehenden Wohnbedürfnisse im Laufe der Zeit. Die Menschen leben heute anders als vor 30 Jahren oder 50 Jahren. Schließlich haben alle Menschen unterschiedliche Bedürfnisse, die sich wiederum im Laufe der Zeit stark verändern. Es scheint demnach naheliegend, dass Wohnungen, die möglichst viel unterschiedliche Wohnpraxis ermöglichen auch eine größere Bandbreite von Wohnbedürfnissen befriedigen. Das Bausystem kann genau hinsichtlich dieser Unterschiedlichkeit der Wohnpraktiken und der dynamischen Veränderungen sein Potential entfalten. Im nächsten Schritt wäre nun durch Post-Occupancy-Untersuchungen mit Befragungen und Beobachtungen zu prüfen, inwieweit sich diese größere Wohnzufriedenheit auch empirisch belegen lässt.

- **Welchen Beitrag können die Interaktion der BewohnerInnen, Anpassungsfähigkeit und Flexibilität für die die Passung zwischen Wohnbedürfnissen und Wohnung sowie die Langlebigkeit der Wohnarchitektur leisten?**

Häufig werden Gebäude spezifisch auf die Bedürfnisse der ersten NutzerIn hin geplant, aber es wird nicht bedacht, mit welchem Aufwand das Gebäude an eine andere Nutzung angepasst werden könnte. Es ist sinnvoll, bereits in der Planung über die Möglichkeiten anderer Nutzungsarten nachzudenken. Bereits innerhalb der gleichen Nutzungstypologie des Wohnens unterscheiden sich die Nutzungsanforderungen erheblich. Noch stärker wandeln sich die Vorstellungen im Laufe der Zeit. Familienkonstellationen ändern sich. Wünsche und Bedürfnisse sind im steten Wandel. Es ist naiv anzunehmen, dass eine Immobilie über ihre gesamte Lebensdauer nicht umgenutzt und umgebaut wird.

Für das Bausystem ergibt sich aus der Möglichkeit der Interaktion mit den NutzerInnen auch eine Herausforderung. So sind die spezifischen Interessen und Anforderungen der BewohnerInnen zu einem bestimmten Zeitpunkt einzuordnen und abzugleichen, im Hinblick auf die Nutzungsdauer der jeweiligen NutzerInnen und die Lebensdauer des Gebäudes insgesamt. Grundsätzlich sollten die Wohnungen nur dann besonders spezifisch angepasst werden, wenn ein langer Nutzungshorizont gegeben ist, wie dies zum Beispiel bei Eigentumswohnungen oder mit Einschränkung auch bei genossenschaftlichen Wohnungen gegeben ist.

Grundsätzlich scheint bei allen Wohngebäuden ein Mindestmaß an Umnutzbarkeit und Flexibilität sinnvoll, zumal viele der in dem System angelegten konstruktiven Strategien ohne Mehrkosten umgesetzt werden können.

Deutlich zeigt sich jedoch bei der Analyse der Fallstudien, dass die potenziellen Vorteile des Bausystems durch die urbane Typologie überkompensiert werden können. So zeigen sich die kleineren Gebäude (EFH, RH, MH) im Bausystem wenig anpassungsfähig oder flexibel. Daraus lässt sich eine der wichtigsten Einschränkungen für das Bausystem in Hinblick auf die Nachhaltigkeit ableiten: Zwar sind mit dem Bausystem auch kleinere Gebäudetypen möglich, aber viele der Indikatoren zeigen, dass diese Typen keine ganzheitlich nachhaltige Lösung darstellen.

- **Welche räumlichen Strukturen und Konstruktionen ermöglichen das höchste Maß an Interaktion, Flexibilität und Adaptabilität?**

Auf die methodischen Probleme der Untersuchung der Interaktion und Partizipation aufgrund des langsamen Projektfortschritts bei zwei der Fallstudien und des spekulativen Charakters der anderen Fallstudien wurde im Methodik-Teil hingewiesen. So sind die Ergebnisse nicht empirisch, sondern stützen sich nur auf die Beobachtungen der Planungsprozesse und der Daten der Fallstudien.

Die Fallstudien zeigen, dass vor allem die Gebäudegröße und die städtebauliche Typologie Einfluss auf die Interaktion, Flexibilität und Adaptabilität haben. Die kleineren Gebäude sind nur schwer zu verändern, weil die Grundrisse nur wenig andere Kombinationsmöglichkeiten zulassen. Auch ist die Nutzung als Einfamilienhaus meist so prägend für die Struktur der Gebäude, dass kaum andere Wohnformen geprüft oder nachgefragt werden. Perspektivisch wäre es natürlich gerade bei diesen Typen interessant, eine langfristige Nutzbarkeit durch Flexibilität und Adaptabilität einzuplanen, weil eine hohe Anzahl ehemaliger Familienhäuser nach dem Auszug der Kinder unternutzt zurückbleiben (Teilleerstand) und/oder von den BewohnerInnen im Falle einer Bewegungseinschränkung nicht mehr bewohnt werden können. In der Praxis geschieht eine Umnutzung dieser Gebäude selten.

Die Analyse der Partizipation und Aneignung in den Fallstudien* legt nahe, dass die Möglichkeit der Interaktion und Aneignung ein Eingangsparameter für den Entwurfs-pro-zess ist und kein Ergebnis darstellt. Das Bausystem bietet insgesamt gute Voraussetzung für eine Partizipation und spätere Aneignung durch die BewohnerInnen. Der Umfang, in dem diese Möglichkeiten im Entwurf angelegt und in der Planung und im Betrieb ausgeschöpft werden, ergibt sich jedoch individuell aus den Rahmenbedingungen des Projekts.

Siehe dazu: Kapitel 7.1.9 Partizipation und Aneignung

- **Welche gemeinschaftlichen Wohnangebote ermöglicht das Bausystem?**

Methodische Fragen des Entwerfens

7.2.3

Neben den Fragen der Wohnarchitektur lassen sich an den Beispielen auch allgemeinere Fragen zur Methodik des Entwerfens mit einem Bausystem diskutieren.

- **Wie verändert sich die Effizienz des Entwurfs- und Planungsprozesses durch die Verwendung eines Bausystems?**

Hierzu ist zunächst zu sagen, dass zu den Bearbeitungszeiten der Entwürfe insgesamt oder zu einzelnen Arbeitsschritten keine Daten erfasst wurden. Auch sind die Fallstudien in der Planungstiefe sehr unterschiedlich. Schließlich gibt es keine statistischen Auswertungen zu durchschnittlichen Bearbeitungszeiten von Projekten in Abhängigkeit von Größe und Komplexität der Projekte. Den Rechenansätzen aus Honorarordnungen und anderen Empfehlungen steht je nach Büro, Ambition, Projekt, Bauherrschaft und Aufgabenstellung äußerst unterschiedlicher Arbeitsaufwand für die einzelnen Leistungsphasen gegenüber. Die Leistungsphasen münden dementsprechend in einer breiten Streuung tatsächlicher Arbeitsstunden pro Projekt. Effizienz im Entwurfsprozess ist insgesamt methodisch nicht gut aufgearbeitet und weist eine extreme Streuung auf.

Aus der gesamten Laufzeit der hier untersuchten Projekte lassen sich nur bedingt Rückschlüsse auf die Effizienz der Prozesse ziehen. Die bis zur Ausführungsreife geplanten Projekte *Case Study 2: dgj228 Wohngruppe Gemeinsam Suffizient Leben* und *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg* haben beide lange Planungszeiten von vier bis fünf Jahren. In dieser Zeit waren beide Projekte jedoch für etwa die Hälfte der Zeit gestoppt, weil die Umsetzbarkeit erst geklärt werden musste. Beide Projekte haben sehr grundlegende Überarbeitungen und Veränderungen erfahren (Grundstückswechsel, Veränderungen im Raumprogramm), sodass die Entwurfsplanung in Teilen mehrfach wiederholt werden musste. Auch haben die partizipatorischen Planungsprozesse zu sehr vielen Änderungen und Wiederholungen von Planungen geführt. Hinsichtlich dieses langwierigen Prozesses ließe sich rückschließen, dass die Möglichkeit der Interaktion der NutzerInnen und die große Flexibilität des Bausystems gerade dazu geführt hat, dass die Planungen lange nicht abgeschlossen und von den an der Planung Beteiligten immer neue Wünsche eingebracht wurden. Ein restriktiver Umgang mit den Wohngruppen und der Bauherrschaft, insbesondere eine Abrechnung der so erbrachten besonderen Leistungen, hätte an dieser Stelle dazu geführt, dass sich die Planungsprozesse verkürzt hätten. Die Interkation zwischen den NutzerInnen und dem Entwurf wurde jedoch von Anfang an als die besondere Qualität des Bausystems begriffen und sollte gerade bei diesen ersten Modellvorhaben nicht eingeschränkt werden. Gleichzeitig muss für die zukünftigen Anwendungen und vor allem, wenn das Bausystem eine größere Verbreitung finden soll, dieser Aufwand deutlich reduziert werden. Hier besteht die Herausforderung darin, die Interaktion auf die frühen Planungsphasen, insbesondere die Vorentwurfsplanung, zu beschränken, sodass die Wohnwünsche der BewohnerInnen berücksichtigt werden können, der komplexere Teil der Planung in den folgenden Leistungsphasen aber effizienter bearbeitet werden kann.

Einen Hinweis auf das große Potential zur Effizienz-Steigerung in den Planungsprozessen durch den Einsatz eines Bausystems zeigt *Case Study 10.1: dgj253 Wohngruppe Mannheim OPT 3*. Hier wurde das gesamte vorliegende Projekt inklusive der Präsentation und der Kostenberechnung in weniger als zwei Wochen von dem Architekten und einer Zeichnerin erarbeitet. In dieser Zeit wurden auch die vier Entwurfsvarianten getestet, verglichen und mit der Wohngruppe diskutiert. Die Anzahl der Varianten, die sich aus der Anzahl der sinnvoll zu prüfenden Rastermaße ergab, kann in Zukunft auch reduziert werden. So wurden das kleinste und das größte Raster aus einem wissenschaftlichen Interesse im Rahmen dieser Untersuchung erarbeitet, obgleich sie zur praktischen Anwendung wenig beitrugen.

Die Entwurfsarbeit mit einem gleichmäßigen Raster hat entscheidende Vorteil für den Entwurf des Grundrisses und den der Tragkonstruktion: Wiederholen sich die gleichen Maße, so lassen sich für die einzelnen Wohnfunktionen räumliche Module entwickeln, die sich wie Bausteine rekombinieren lassen. Auch lassen sich innerhalb der Gebäude und Grundrisse Zonen definieren, mit denen zum Beispiel auf die Orientierung zur Sonne, den Ausblick oder Lärmquellen außerhalb des Gebäudes reagiert werden oder eine Differenzierung zwischen privateren und öffentlicheren Räumen innerhalb der Wohnung gefunden werden kann.

- **Welche qualitativen Verbesserungen können durch die Arbeit mit einem Bausystem im Entwurfs- und Planungsprozess erreicht werden?**

Diese Forschungsfrage ist nicht zu diskutieren ohne zumindest implizit eine Aussage darüber zu machen, was die Qualitäto eines Entwurfsprozesses (und damit auch der produzierten Architektur) ausmacht. Aus unserer Sicht liegt die Qualität eines Entwurfsprozesses darin,

- auf einen spezifischen Kontext reagieren zu können (Kontextualität),[304]
- zukünftige Veränderungen in der Nutzung des Gebäudes und seine Alterung konzeptionell zu integrieren (Prozessualität),[305]
- den NutzerInnen eine Möglichkeit der Teilhabe und Aneignung zu eröffnen (Interaktion).

Diesen Kriterien genügt das Bausystem. Natürlich ließe sich auch eine andere Definition für die Qualität eines Entwurfsprozesses finden, der zum Beispiel den Entwurfsprozess als künstlerische Praxis betrachtet, die einen kulturellen Wert in sich selbst hat – unabhängig vom Kontext, der Funktion der Gebäude und der Wirkung auf die NutzerInnen. Eine solche und viele andere denkbare Definitionen sind für die eingeführten Forschungsfragen von geringer Bedeutung.

---

304 Drexler; El Khouli: *Nachhaltige Wohnkonzepte: Entwurfsmethoden und Prozesse*. S. 44ff.
305 Ibid., S. 55ff.

8 Fazit, Wertung, Ausblick

Im letzten Abschnitt sollen die Ergebnisse der Exploration im Sinne eines Fazits bewertet werden. Diese Bewertung orientiert sich an den Zielen der Studie, aus denen die Forschungsfragen entwickelt wurden. Ferner werden in diesem Abschnitt der weitere Forschungsbedarf und die zukünftigen Entwicklungs- und Einsatzmöglichkeiten des Systems bewertet.

Ergebnis // Definition des Bausystems

8.1

Die Fallstudien haben eine große Bandbreite an Gebäudetypen, Wohnkonzepten und Konstruktionen untersucht, die mit dem Bausystem denkbar, planbar und in den meisten Fällen auch baulich umsetzbar sind. Anhand der Querauswertungen, Analysen und Fallstudien kann ein optimaler Bereich für das Bausystem und das Grundgerüst einer Planungsmethode beschrieben werden. Innerhalb dieses Bereichs lässt sich das Bausystem weiterentwickeln.* Grundsätzlich ist auch denkbar, dass weitere Explorationen zu einer Ausweitung des Anwendungsgebiets führen, die durch die vorliegenden Fälle bisher noch nicht angelegt ist.

Siehe dazu: Kapitel 8.3 Ausblick: Weiterer Forschungsbedarf

Städtebau und Gebäudetypen

8.1.1

Bei dem Vergleich der städtebaulichen Typologie bleiben die kleineren Gebäudetypen (EFH, RH, MH) in Hinblick auf die Anpassungsfähigkeit, Barrierefreiheit, Flexibilität und Energieeffizienz hinter den größeren Gebäuden zurück. Deswegen kommen die spezifischen Vorteile des Bausystems in den vorliegenden kleineren Gebäuden nicht voll zum Tragen. Eine abschließende Beurteilung über den Einsatz eines flexiblen und anpassungsfähigen Bausystems bei kleineren Gebäuden bedarf allerdings weiterer Überprüfung. Wurden bei den vorliegenden Entwürfen nur Einfamilienhäuser entwickelt, so wäre es dennoch denkbar, dass auch eine Siedlung mit niedrigeren Gebäuden mit hoher Dichte (‚low rise / high density') so entworfen werden kann, dass die Gebäude für unterschiedliche Wohnformen und Nutzungen geeignet sind und flexibel umgestaltet, geteilt oder gekoppelt werden können. Hierfür fehlen jedoch die entwerferischen Belege.

Es lässt sich vermuten, dass die Konstruktion der kleineren Gebäude in dem Bausystem – unabhängig von der Ausprägung als Skelettbau, Hybrid-Bau oder Holz-Massivbau eine im Bezug auf den Holzverbrauch und die Baukosten weniger effiziente Lösung darstellt als eine Holztafelbauweise. Die Vorteile der leistungsfähigeren und flexiblen Bauweise zeigen sich erst im mehrgeschossigen Wohnungsbau, bei dem die Holztafelbauweise nicht mehr ohne erhebliche Modifikationen einsetzbar ist. So können maximal drei Geschosse mit tragenden Holztafeln konstruiert werden, ohne dass in erheblichen Umfang weitere Verstärkungen eingeführt oder größere Ständer eingesetzt werden müssen.

Eine weitere Einschränkung erfährt das System durch die Gebäudehöhe und die Lastabtragung. Die Stützen bei dem achtgeschossigen Gebäude *Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar* wurden mit 320mm/320mm dimensioniert. Die Ausbildung der Knotenpunkte und der Zug-Anschlüsse stellt bei den auftretenden Lasten eine erhebliche Herausforderung dar. Das Gebäude wurde knapp unter der Hochhausgrenze geplant, indem der oberste Fußboden auf 21m Höhe liegt. Ab dem neunten Geschoss müsste das Gebäude als Hochhaus erhöhte Anforderungen erfüllen, die im Holzbau nur mit einem großen Aufwand zu erreichen sind (zum Beispiel Sprinkleranlage oder ähnliches).

Der sinnvolle Einsatzbereich für das Bausystem sind Gebäude mit vier bis acht Geschossen. Größere Ausdehnungen der Gebäude begünstigen die Vielfalt der unterschiedlichen Grundrissvarianten, wohingegen kleinere Gebäude weniger Flexibilität und Anpassungsfähigkeit ermöglichen.

Wohnformen und Grundriss-Typologien

8.1.2

Bei den Wohnungstypen lässt sich keine klare Indikation aus den Fallstudien ableiten. Die unterschiedlichen untersuchten Wohnungen und Wohnkonzepte ließen sich alle innerhalb des Bausystems abbilden und auch untereinander kombinieren. Der Grund hierfür ist die hohe Flexibilität des Systems, das den Entwurf von unterschiedlichen Wohnungsgrößen und -typen – auch innerhalb eines Gebäudes – zulässt. Der Fall *Case Study 7: dgj243 Wohncluster Merianstraße* scheiterte nicht an den Wohntypologien, sondern an technischen Problemen in der Formulierung der Gebäudehülle.

Tragwerk und konstruktive Hierarchien

8.1.3

Der Vergleich der unterschiedlichen Tragsysteme in den Fallstudien zeigt den Vorteil einer Skelettbauweise vor allem im Hinblick auf die Flexibilität der Gebäude. Zwar kommt es zwangsläufig zu Redundanzen zwischen tragenden, aussteifenden und raumbildenden Bauteilen, wenn zum Beispiel eine Stütze neben einer Wand steht, die auch die Tragfunktion übernehmen könnte. Allerdings sind es genau diese Redundanzen, die eine spätere Veränderung des Gebäudes ermöglichen: das tragende Skelett kann die Primärfunktion unabhängig von dem Ausbau erfüllen, wodurch Ausbau und Fassade später mit geringem Aufwand ausgetauscht und verändert werden können.

Auch auf den nächsten Ebenen schafft die Differenzierung der konstruktiven Subsysteme und die Trennung der geometrischen Räume Voraussetzungen für die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Gebäude. In allen Fällen, in denen zumindest eine Wahrscheinlichkeit einer sich verändernden Nutzung des Gebäudes besteht, kann das Bausystem entsprechend geplant werden. Die Möglichkeiten einer späteren Veränderung gehören zu den Hauptvorteilen des Bausystems und sollten konstruktiv umgesetzt werden. Der Nachteil der differenzierten Bauweise ist der größere Platzbedarf. Während die konventionelle Bauweise die geometrischen Räume mehrfach nutzt, verbraucht die differenzierte Bauweise für jede Schicht und jedes Subsystem eigene Räume, die in der Addition zu einem schlechteren Verhältnis von Konstruktionsfläche (KV) zu Nutzfläche (HNF, WFL) führen. Auch muss davon ausgegangen werden, dass die zusätzlichen Schichten, wie zum Beispiel eine Installationsschicht vor der tragenden oder trennenden Wand, zusätzliche Kosten verursachen. Diese können in Teilen vermieden werden, wenn auf Verkleidungen der technischen Systeme und Leitungen verzichtet wird, was jedoch nicht in allen Wohnbauten gewünscht ist.

Das hier vorgestellte Bausystem ist eine Gegenthese zur heutigen Praxis. Im zeitgenössischen Wohnungsbau (zumindest in Mitteleuropa) entstehen überwiegend unflexible und nicht anpassungsfähige Wohngebäude. Auch der Gebäudebestand besteht fast ausschließlich aus derartigen Wohngebäuden. Grundsätzlich wäre es wünschenswert, wenn mehr Gebäude so geplant würden, dass sie leichter an zukünftige Nutzungen, Anforderungen und Technologien angepasst werden können. Dies erhöht die Lebenserwartung der Gebäude, die Wohnzufriedenheit der NutzerInnen und senkt damit den Ressourcenverbrauch, indem es zukünftige Ersatzbauten vermeidet. Wird davon ausgegangen, dass das Bausystem vor allem in jenen Fällen zum Einsatz kommt, in denen die Wohnungsbauten besondere Anforderungen an die Flexibilität haben und/oder unterschiedliche Wohnformen innerhalb eines Gebäudes kombiniert werden, so empfiehlt sich die differenzierte Bauweise.

Bewertung des Standes der Forschung und Entwicklung 8.2

Das entwickelte Bausystem lässt sich sowohl mit den historischen Referenzen als auch mit anderen Bausystemen vergleichen. Die Besonderheit des Bausystems liegt darin, dass die theoretische Ambition (Interaktion, Partizipation, Flexibilität) mit der praktischen Baubarkeit verbunden werden soll.

Vergleich der eigenen Position zu historischen Referenzen 8.2.1

Die historischen Referenzen wurden ausgewählt, um verschiedene Aspekte exemplarisch zu diskutieren, die für die Entwicklung des Bausystems wichtig sind:

- Konrad Wachsmann, Jean Prouvé, Fritz Haller und Richard Dietrich stehen für unterschiedliche Ansätze des systematischen, seriellen und industriellen Bauens.
- Der japanische Holzbau steht für die Integrität von Entwurf, Konstruktion, Nutzung im Kontext einer Produktionslogik und Handwerkstradition.
- Cedric Price markiert die Konzepte der Veränderlichkeit von Architektur durch die Interaktion mit den NutzerInnen im Sinne einer kulturellen Praxis.
- N. John Habraken und die ‚Open Building'-Bewegung stehen für eine partizipatorische Architektur der Aneignung und Veränderung innerhalb eines konstruktiven Konzepts (‚Support and infill').

Die Frage, inwieweit sich das Bausystem im Sinne eines industriellen und seriellen Produkts optimieren und herstellen lässt, ist nicht Gegenstand der Untersuchung und eine maximale Vorfertigung oder serielle Fertigung ist auch nicht Ziel des Bausystems gewesen. Die historischen Beispiele, die einen solchen Ansatz realisierten, hatten eine große Nähe zu der Produktion (Fritz Haller, Richard Dietrich) oder sogar selbst Produktionskapazitäten aufgebaut (Konrad Wachsmann, Jean Prouvé). Der Ansatz für das vorliegende Bausystem ist es, auf bestehende Produktionsmittel und Bauweisen aufzubauen, ohne sich an einen Hersteller zu binden oder gar auf den Aufbau einer neuen Produktion angewiesen zu sein. Daraus ergibt sich der Vorteil einer schnelleren Umsetzung des Bausystems, das im Prinzip von jeder größeren Zimmerei ohne weitere Investionen baulich umgesetzt werden kann. Auch kann sich die Entwicklungsarbeit auf die Optimierung des Systems konzentrieren und die Fragen der Produktion auslagern. Gleichzeitig sind der Effizienzsteigerung dadurch deutliche Grenzen gesetzt. Die Bausysteme, die in der Vergangenheit oder gegenwärtig Bauteile oder Raummodule im Sinne von standardisierten Industrieprodukten massenhaft gefertigt haben oder weiterhin fertigen, erreichen eine höhere Effizienz als jene im Grunde genommen handwerkliche Fertigung der Holzbau-Unternehmen. Zu nennen sind hier Modul-Bauten (in Beton, Stahl oder Holz), und Container-Bauweisen (Provisorien für Baucontainer, Büros, Wohnheime), die höhere serielle Anteile mit dementsprechend stark standardisierten Produkten erreichen.

Eine weitgehende Standardisierung trägt zur Steigerung der Effizienz bei, weil Arbeitsvorbereitung und viele Arbeitsschritte gebündelt und beschleunigt werden können. Dramatische Steigerung der Effizienz erfährt eine industrielle Produktion jedoch erst, wenn diese weitgehend entkoppelt von der Nachfrage besteht. So werden die industriellen Massenprodukte (zum Beispiel Bügeleisen, Radios, Telefone) nicht erst gefertigt, wenn eine Bestellung vorliegt. Selbst in der Automobilindustrie, in welcher Fahrzeuge auf Kundenwünsche angepasst werden, basieren nicht nur alle Fahrzeuge eines Typs, sondern auch Fahrzeuge unterschiedlicher Typen in großen Teilen auf derselben Technik (Plattform-Konzept), sodass diese Teile unabhängig von der Nachfrage gefertigt werden.

In Bezug auf das entwickelte Bausystem wird keine industrielle oder serielle Fertigung angestrebt. Im nächsten Entwicklungsschritt soll jedoch erreicht werden, dass die Details und Bauteile des Bausystems baukonstruktiv soweit standardisiert werden, dass ein Bauteil- und Detail-Katalog vorliegt, der alle wesentlichen Aufbauten und Anschlussdetails enthält.

Ein wichtiges Interesse der Entwicklungsarbeit ist, die Integrität zwischen Entwurf, Konstruktion und Bautechnologie zu erhöhen, wie dies bei vernakulären Bauformen der Fall ist. Die vorliegenden Fälle werden diesem Anspruch im Verhältnis von Entwurf und Konstruktion gerecht, indem die Raumbildung und die Konstruktion einander bedingen und mit wenigen Ausnahmen schlüssig ineinandergreifen. Aufgrund der zahlreichen und teilweise widersprüchlichen Anforderungen aus Brandschutz, Schallschutz, thermischer Bauphysik, Feuchteschutz und technischem Ausbau sind die Bauteilaufbauten und die Detaillösungen in den einzelnen Anwendungsfällen noch kompliziert und entsprechend aufwendig in der Herstellung. Folglich ist der Rückbau, die Trennbarkeit der Materialien sowie die Integrität zwischen dem Entwurf und dem Detail nicht soweit gelöst, dass sie im Sinne des Bausystems verallgemeinert werden können. Dies weist wiederum auf den weiteren Entwicklungsbedarf in diesem Bereich hin.

Bei der Interaktion der NutzerInnen mit dem System bestehen die beschriebenen Schwierigkeiten einer Quantifizierung und des Fehlens empirischer Daten. Im Vergleich zu den Projekten von Cedric Price, die vorgestellt wurden, ist die Einflussnahme und die Veränderbarkeit der NutzerInnen gering. Gerade bei *Generator* wäre die räumliche Konstellation der Architektur praktisch völlig frei zu konfigurieren gewesen. Solche Freiheitsgerade wurden bei den bisher untersuchten Fällen nicht erreicht und entwerferisch und konstruktiv nicht untersucht. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Möglichkeiten und Momente der Teilhabe (Partizipation) und Aneignung in ein konstruktives Konzept zu übersetzen, ist eines der zentralen Anliegen der Systementwicklung. Bei manchen ‚Open Building'-Konzepten wurden diese Ansätze in die Entwicklung von spezifischen Konstruktionen und Produkten übersetzt (zum Beispiel ‚Matura Infill System'[306]). Dieser Ansatz wurde bei der Entwicklung des Bausystems vermieden, weil eine durchgehend offene Technologie angestrebt wurde, die im Prinzip von jedem Fachbetrieb umsetzbar sein sollte. Deswegen wurde bei der Entwicklung des Bausystems besonderer Wert auf die Hierarchie der Konstruktion (Subsysteme und Schichten) gelegt. Die hier vorgeschlagene differenzierte Bauweise erlaubt es den NutzerInnen, die Gebäude auch im Betrieb an die eigenen Anforderungen anzupassen. Dies ist grundsätzlich in jedem Gebäude denkbar, doch meist stehen Aufwand, Kosten und Störung der Wohnpraxis in keinem Verhältnis zu möglichen Verbesserungen des Wohnkomforts. Hier muss das vorliegende System noch beweisen, ob die bisher entwickelten Lösungen – etwa für die flexiblen Trennwände oder die Hierarchien der Schichten in den Bauteilen – tatsächlich zu einem vermehrten Umbau der Wohnungen führen und ob dies auch die Wohnzufriedenheit verbessert.

Umsetzungschancen: Baubarkeit und Praxistauglichkeit 8.2.2

Das Bausystem geht auf traditionelle Handwerkskunst zurück, die bei den Zimmerleuten hoch angesehen ist. Gerade bei Handwerksberufen besteht eine Grundtendenz, Bekanntes und Bewehrtes zu wiederholen und Neues und Ungewohntes abzulehnen. Durch diesen Rückgriff und die Anknüpfung an die Wertigkeit des Berufsstands wird die neue Bauweise von den ausführenden Menschen als angemessen und natürlich empfunden. Dadurch ist gewährleistet, dass diejenigen, die mit dem System arbeiten, das Bausystem in positiver Weise annehmen, anstatt es abzulehnen. Dies ist für die Umsetzungschancen des Systems wichtig.

---

306 Stephen Kendall; Jonathan Teicher: *A Survey of Infill Systems, Products and Companies.* In: *Residential Open Building.* London: E & FN Spon, 1999, S. 195–218.

Das Bausystem nutzt auf allen Ebenen eingeführte Materialien, Technologien und Prozesse, um einen möglichst schnellen und breiten Einsatz zu ermöglichen. Es werden standardisierte, kostengünstige und in großen Mengen verfügbare Baumaterialien eingesetzt: Konstruktionsvollholz (KVH), Brettschichtholz (BSH) und Brettsperrholz (BSP) bzw. Brettstapeldecken. Nachweis und Dimensionierung von Tragwerk und Verbindungen basieren auf den aktuellen Eurocodes und können im Grunde genommen von jeder IngenieurIn berechnet und bemessen werden. Die Innovation besteht also nicht in der Entwicklung von neuen Materialien oder Bauteilen, sondern darin, die vorhandenen Methoden, Technologien und Materialien intelligenter einzusetzen und konsequent zu einem System zusammenzuführen.

Nachteil des aktuellen Entwicklungsstands ist, dass die Kosten für die Bauweise derzeit noch höher sind als im konventionellen Holzbau mit geschraubten Verbindungen.*

Siehe auch: Kapitel 7.2.1.1 Ökologische Vor- und Nachteile sowie Kapitel 7.2.1.2 Ökonomische Vor- und Nachteile

Die Baubarkeit ist ein sinnvolles Kriterium für die Definition des Bausystems, weil im Sinne der eingangs adressierten Probleme vor allem praxistaugliche Lösungen einen Beitrag zur Schaffung von nachhaltigem Wohnraum darstellen. Zwei der Fälle erfüllen dieses Kriterium nicht: Bei *Case Study 7: dgj243 Wohncluster Merianstraße* wurde die Planung abgebrochen, weil auf der komplexen Gebäudegeometrie keine baukonstruktiv sinnvollen Lösungen für die Gebäudehülle gefunden wurde. Bei *Case Study 5: dgj244 Greenhouse* sind der Brandschutz (keine Brand- und Rauchabschnitte) und der thermische Komfort (sommerlicher und winterlicher Wärmeschutz) in der vorliegenden Planung noch nicht gelöst. Grundsätzlich sind aber ähnliche Gebäude schon umgesetzt worden, sodass vermutet werden darf, dass mit der Fortschreibung der Planung Antworten für diese Fragen gefunden werden können.

Alle anderen Fallstudien sind mit den heute verfügbaren Bautechniken wirtschaftlich umsetzbar.

Entwurfs- und Planungsprozess mit dem Bausystem 8.2.3

Bei der Entwurfsarbeit mit dem Bausystem sind zwei Entwurfsanteile zu unterscheiden: Auf der einen Seite gibt es eine praktische Anwendung der generellen Logik des Bausystems auf eine konkrete Planungsaufgabe. Dieser Teil kann relativ genau und reproduzierbar beschrieben werden. Auf der anderen Seite gibt es einen konzeptionellen und spezifischen Teil des Entwurfs, der durch das Bausystem beeinflusst wird, der aber nicht in dem Bausystem angelegt ist. Dieser Anteil lässt sich nicht generalisieren, sondern muss für jedes Projekt neu erarbeitet werden.

Die Anwendung des Bausystems für eine Entwurfsaufgabe kann auch mit dem Entwurf eines Wohnkonzepts und von einzelnen Wohnungseinheiten beginnen. In den Fällen, in denen die städtebauliche Setzung nicht vorgegeben ist (zum Beispiel durch einen Bebauungsplan), müssen im ersten Schritt die Baugrenzen und davon ausgehend städtebaulichen Volumina untersucht werden und ein städtebaulicher Entwurf erarbeitet werden. Dieses ergibt sich aus dem städtebaulichen Konzept, dem Kontext und der Bebaubarkeit des Grundstücks. Im zweiten Schritt wird das Volumen in ein gleichmäßiges (nicht notwendigerweise quadratisches Raster) aufgeteilt.

Das Bausystem gibt keine festen Rastermaße vor. Vielmehr sollte das Volumen in ein Raster zwischen 3,0m und 4,0m aufgeteilt werden. Die größeren Raster sollten bei besonderen Anforderungen an die Adaptabilität eingesetzt werden. Auf dem Raster werden die vertikalen und horizontalen Erschließungen in Hinblick auf die Wohnungsgrößen, Zugänglichkeit und Orientierung angeordnet. Die Grundrisse der einzelnen Wohnungen können entwickelt werden, indem ein Katalog von Raumtypen (Schlafen, Wohnzimmer, Küche, Bad) zuerst schematisch verteilt und anschließend räumlich entworfen wird.

Der andere Anteil der Entwurfsarbeit ist die Konzeptfindung und die Übersetzung dieses Konzepts in eine räumliche und konstruktive Idee. So sind die vorliegenden Entwürfe mit dem Bausystem keine bloße Aneinanderreihung von Wohnfunktionen in einem optimierten dreidimensionalen Raster. Jedes Projekt hat eine eigene Geschichte, Gestaltung und individuelle Ausprägungen des Bausystems, die den Entwurf ebenso prägen wie der Einsatz des Systems. Wie in der Einleitung bereits ausgeführt wird, ist der Einsatz des Bausystems eben nicht das Ende des Entwerfens, sondern ein Anfang.

Ausblick: Weiterer Forschungsbedarf 8.3

Vor dem Hintergrund des Forschungsstandes soll abschließend weiterer Forschungsbedarf benannt werden.

Praxis-Forschung / Bauprojekte 8.3.1

Die Entwicklung des Bausystems ist bisher vor allem theoretisch erfolgt. Die Planung und die Umsetzung der ersten Bauprojekte, die mit dem Bausystem umgesetzt werden, sind:

- *Case Study 2: dgj228 Wohngruppe Gemeinsam Suffizient Leben*: Baubeginn 2020
- *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*: Baubeginn 2020
- *Case Study 10: dgj253 Wohngruppe Mannheim*: Baubeginn 2021

Diese Anwendungen werden wichtige Erkenntnisse in Hinblick auf die Baubarkeit und die technische Ausbildung des Bausystems bringen. Deswegen soll die Planung, die Herstellung und Montage dokumentiert werden.

Die gebauten Beispiele werden auch die Gelegenheit geben, die räumliche Qualität und die Nutzbarkeit der Wohnungen zu studieren. Hier sollte eine sorgfältige – auch mittel- und langfristige – wissenschaftliche Begleitung der Gebäude in der Nutzung erfolgen. Die erhobenen Daten sollten daraufhin in Hinblick auf die Indikatoren und die hier formulierten Ziele ausgewertet werden.

Detail-Entwicklung und Bauteil-Katalog 8.3.2

Aus den vorliegenden Anwendungsfällen und den Erfahrungen mit dem Bau der ersten Projekte soll ein Bauteil-Katalog für das System entwickelt werden. Während in der vorliegenden Studie konstruktive Varianten des Systems gleichwertig entwickelt und betrachtet wurden, soll im nächsten Schritt eine Ausprägung des Bausystems gezielt weiterentwickelt werden. Der wichtigste Teil dieser Konkretisierung ist die Erarbeitung eines Bauteil-Katalogs, in dem die wichtigsten Bauteile und Anschlussdetails beschrieben sind. Basierend auf der ersten Version des Bauteil-Katalogs wird das Bausystem iterativ mit den folgenden Anwendungen weiter optimiert.

Variantenstudien bei neuen Anwendungsfällen 8.3.3

Bereits bei *Case Study 10.1: dgj253 Wohngruppe Mannheim* wurden systematisch verschiedene Varianten des Rasters parallel entwickelt und verglichen, um die optimale Ausprägung des Systems für das Grundstück und das Raumprogramm zu identifizieren. Bei den zukünftigen Anwendungsfällen soll dieser Forschungsansatz verstärkt eingesetzt werden. Der Vorteil von Entwurfsvarianten ist, dass diese in Hinblick auf die Rahmenbedingungen und Anforderungen an den Entwurf weitgehend gleich sind und dadurch die anderen Parameter innerhalb des Systems besser ausgewertet werden können als bei einem Vergleich von unterschiedlichen Projekten.

Nachhaltigkeitsbewertung / Zertifizierung 8.3.4

Die ersten Bauprojekte des Bausystems können mit einem Nachhaltigkeits-Bewertungssystem analysiert werden. Zumindest für *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg* ist eine Bewertung mit dem Bewertungssystem ‚NaWoh' geplant und muss als Anforderung des Fördermittelgebers auch durchgeführt werden.

Diese Analyse würden für alle Fallstudien erlauben, die Gebäude, die mit dem System geplant sind, mit anderen zertifizierten Gebäuden zu vergleichen. Neben einer Einordnung des Systems in die gängige Praxis des nachhaltigen Bauens, ließen sich durch die Analysen auch weitere Stärken und Schwächen des Bausystems und der Anwendungsfälle identifizieren.

Auch ist denkbar, dass die hier vorgestellten Aspekte einer Nachhaltigkeitsbetrachtung, die noch nicht in den gängigen Systemen integriert sind, den Diskurs um eine Bewertung der nachhaltigen Gebäude insgesamt bereichern. Hier wären vor allem Flexibilität, Adaptabilität und die NutzerInnen bezogenen Bewertungen der Suffizienz und Interaktion der NutzerInnen mit dem Gebäude zu nennen.

8.3.5 Systematische Ausweitung der Exploration

Die Einbeziehung neuer Projekte und Fälle im Sinne einer Ausweitung der Exploration ist die wichtigste Methode, um das Bausystem weiterzuentwickeln. Neben den Fällen, die sich aus den Projekten von DGJ Architektur ergeben, ließe sich auch eine Agenda entwickeln, welche Fälle und welche Typen für eine Weiterentwicklung des Systems interessant wären. Sinnvolle Fragestellungen und Typologien sind:

- Minihochhaus mit bis zu acht Geschossen und kompakter Grundfläche,
- Clusterwohnungen,
- ‚Low rise / high density'-Strukturen, zum Beispiel zur Nachverdichtung von Einfamilienhausgebieten,
- Dreidimensionale Wohnsysteme (siehe unten).

8.3.6 Räumliche Wohnkonzepte // Dreidimensionalität

Die meisten der Fallstudien untersuchen Entwurfsvarianten und flexibel veränderliche Wohnungen im Grundriss. Eine dreidimensionale räumliche Ausdehnung der Wohnungen findet sich in beschränktem Umfang bei folgenden Fällen:

- *Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0*: Die Deckenfelder zwischen den Geschossen können versetzt oder entfernt werden. Die Wohnungen sind zudem vertikal erweiterbar. Die Geschoßebenen liegen nicht alle auf der gleichen Höhe, sodass Split-Level entstehen.
- *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*: Die höhere Geschosshöhe von ca. 3,2m aus den gemeinschaftlichen und öffentlichen Nutzungen im Erdgeschoss wurde auf die Wohnungen im Erdgeschoss übertragen. Die Bauherrschaft plant hier beispielsweise, die Wohnungen mit zweiten Ebenen für Hochbetten auszustatten, welche gerade bei den kleineren Zimmern eine interessante Nutzung des beschränkten Raumes darstellen.
- *Case Study 5: dgj244 Greenhouse*: Alle Wohnungen sind in ein offenes, dreidimensionales Kontinuum eingebunden. Die Wohnungen sind nur auf einer Ebene geplant, können jedoch dreidimensional ausgebildet werden.
- *Case Study 6.1: dgj205 Reichenbach RH* und *Case Study 6.2: dgj205 Reichenbach EFH:* Hier ist der Wohnraum jeweils über zwei Geschosse entworfen, sodass teilweise zweigeschossige Räume entstehen, die die beiden Geschosse verbinden.
- *Case Study 7: dgj243 Wohncluster Merianstraße:* Auch hier wurden dreidimensionale Wohncluster entworfen, bei denen sich die Wohn- und Erschließungsräume über mehrere Geschosse erstrecken und fließende Übergänge zwischen Innen- und Außenräumen entstehen.
- *Case Study 12.1-12.3: dgj241 Prefab Max Reihenhaus*: Aufgrund der schmalen Dimension der Häuser wurde besonderer Wert darauf gelegt, dass der zweigeschossige Wohnraum mit Galerie ein anderes räumliches Erlebnis in das ansonsten kompakte Gebäude bringt.

Die konstruktive Ausbildung von unterschiedlichen Geschosshöhen in einem Gebäude ist aufwendiger als durchgehende Geschossdecken, weil an die Decken hohe Anforderungen von Schallschutz und Brandschutz bestehen. Deswegen ließen sich die dreidimensionalen Wohnungen vor allem dann planen, wenn das Gebäude nur eine Wohneinheit umfasst und

an die Decken und Innenwände keine derartigen Anforderungen bestehen. Konstruktiv ist der Anschluss der Decken und Unterzüge sowie der Unterzüge an die Stützen nachträglich nur schwer verändern. Hier erweist sich die form- und kraftschlüssige Verbindung als weniger flexibel als eine Verbindung mit metallischen Verbindern, die auch nachträglich eingebracht werden können. Es gibt aber auch praktische Gründe, warum sich die meisten Wohnungen sowohl in der Studie als auch im gesamten Bestand an Wohngebäuden nur über eine Etage erstrecken. Die Treppen innerhalb einer Wohneinheit verbrauchen Raum und Wohnfläche, denen nicht unbedingt ein praktischer Nutzen gegenübersteht. Räume über eineinhalb oder zwei Geschosse verursachen Mehrkosten, die im erschwinglichen Wohnungsbau meist gemieden werden. Allerdings kann es, wie zum Beispiel bei *Case Study 9: dgj229 Konstanz TYP Minihaus*, besonders interessant sein, die Dreidimensionalität und Großzügigkeit einzusetzen, um die Kleinteiligkeit einer Wohnung zu überwinden, ohne die Fläche zu vergrößern.

Auch wenn einige der Gebäude Wohnungen über mehrere Geschosse zeigen, besteht im Hinblick auf den dreidimensionalen Entwurf der Gebäude und Wohnungen noch viel Potential. So könnten auch die strenge und einheitliche Aufteilung der Geschosse durch Halb-Geschosse und versetzte Ebenen aufgehoben werden. Wie bei *Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0* angedacht, können dadurch Split-Level und Räume mit unterschiedlichen Höhen entwickelt werden. Zum Beispiel können die Schlafzimmer mit einer geringeren Höhe als die Wohnzimmer geplant werden. Denkbar sind auch Zwischenebenen und Galerien innerhalb der räumlichen Raster. Diese Möglichkeiten sollten in den folgenden Anwendungen des Systems weiter untersucht werden.

Flexibilität, Erweiterung 8.3.7

Der flexible Umbau der Wohnungen ist eine der großen technischen Herausforderungen des Systems, für die zumindest in Teilen praxistaugliche Lösungen gefunden wurden. Insbesondere die Entwicklung von verschiedenen Innenwänden, die einfacher umzusetzen sind und trotzdem einen vertretbaren Schallschutz innerhalb der Wohnungen gewährleisten, eröffnet viele Möglichkeiten für das Bausystem. Dennoch besteht erheblicher Forschungsbedarf für weitere technische Lösungen, die eine flexible Umgestaltung der Wohnungen und Wohngebäude ermöglichen:

- Trennwände zwischen Wohnungen,
- Decken innerhalb und zwischen Wohneinheiten,
- Erweiterung oder Verkleinerung der Gebäude und damit:
- Flexible Fassadensysteme,
- Aufstockungen und Rückbau,
- Flexible Haustechnik,
- Sanitär-Installationen und Bäder.

Rückbau, Recycling, Wiederverwendung // Kreislaufwirtschaft 8.3.8

Für eine ganzheitlich nachhaltige Baukonstruktion sind Rückbaubarkeit, Wiederverwendung von Bauteilen und das Recycling von Baumaterial wichtige Kriterien, die in dem Bausystem weiter verbessert werden. Idealerweise bestehen die Gebäude der Zukunft aus Komponenten und Materialien, die entweder als solche an anderer Stelle wieder eingesetzt werden können oder aber einfach in Bestandteile zerlegt werden können, die sich für einen erneuten Einsatz eignen. Die Optimierung des Bausystems im Sinne einer Kreislauf-Wirtschaft und geschlossener Stoffkreisläufe ist die wichtigste technische Optimierung, die innerhalb des Systems adressiert werden muss. Mehr noch als beim konventionellen Bauen, ist das vorgestellte System in Hinblick auf die Flexibilität und die Hierarchie der Konstruktion geeignet, diesem Anspruch gerecht zu werden.

Rückbaubarkeit und Wiederverwendbarkeit der Bauteile und Materialen sind im System zwar angelegt, beschränken sich in der Umsetzung aber bei den ersten Anwendungsfällen auf die Primärkonstruktion. Die Prinzipien des zirkulären Bauens sollten systematisch auf allen Ebenen der Konstruktion angewandt werden und Eingang in den Bauteil-Katalog finden. Dazu zählen insbesondere:

- Hierarchisierung der Konstruktion entsprechend der Lebenserwartung und Subsysteme,
- Einfache, rückbaubare und selbsterklärende Konstruktionen, die eine Demontage begünstigen,
- Einsatz von nachwachsenden Baustoffen,
- Einsatz von Materialen, die sich leicht rezyklieren lassen,
- wenn möglich, Definition von Bauteilen und Komponenten, die sich als ganze Einheit wiedereinsetzen lassen.

Hier sind zuerst genauere Planungen und Analysen der Montage und Demontage-Prozesse sowie der anschließenden Verwertung der Ausbauteile erforderlich. Zweitens sind Analyse, Bewertung und Optimierung aller im System verbauten Baumaterialien notwendig. Schließlich sind die Erkenntnisse dieser Analysen im Hinblick auf die Materialien, Konstruktionen und Fügungen in den Bauteil-Katalog einzupflegen.

8.3.9 Interaktion NutzerInnen und Gebäude // Post-Occupancy-Studien

Die Wechselwirkungen zwischen Menschen und ihrem Wohnumfeld konnten aufgrund der fehlenden gebauten Fälle nicht erforscht werden. Die ersten Bauprojekte bieten die Möglichkeit der Untersuchung von Wohnverhalten in einer Post-Occupancy-Studie (Beobachtung der Wohnpraxis im bewohnten Zustand). Anders als in konventionellen Wohnungen können die BewohnerInnen interaktiv auf ihren Wohnraum einwirken und ihn entsprechend eigener Anforderungen gestalten und umbauen. In einem solchen System lässt sich die Wechselwirkung zwischen Gebäuden und BewohnerInnen vielschichtig dokumentieren und analysieren. Die Hypothese ist, dass die weitgehende Befreiung des Wohnraums von tradierten Funktionsbestimmungen einzelner Räume und die Variabilität von Architektur und Möblierung nicht nur zu neuartigen Wohnformen führen, sondern in Folge zu einer höheren Wohnzufriedenheit. Sofern sich ein solcher Effekt nachweisen lassen kann, wäre weiter zu erforschen, ob die höhere Wohnzufriedenheit auf die Flexibilität der eigenen Wohnraumgestaltung zurückzuführen ist oder auf die persönliche Identifikation der BewohnerInnen mit ihrer Wohnung, die sich aus der bloßen Teilhabe an der Planung und der Möglichkeit der Umgestaltung ergibt. Die Veränderungen an Wohnungen und Möblierung sowie die Interaktionen zwischen BewohnerInnen und Wohnraum sollen dokumentiert und analysiert werden, um bestimmte Nutzertypen spezifizieren zu können. In regelmäßigen Befragungen werden die BewohnerInnen zu ihren Handlungsmotiven, Nutzungsintensitäten, Funktionszuweisungen und Raumprioritäten befragt. Von besonderem Interesse sind dabei die Diskrepanzen, die sich möglicherweise zwischen Wahrnehmung und tatsächlichem Verhalten ergeben.

Interessant für die Entwicklung des Bausystems ist darüber hinaus, wie sich die Wohnzufriedenheit zwischen den Gebäuden, bei denen die Möglichkeit der aktiven Umgestaltung (Flexibilität) gegeben ist, von denen unterscheidet, bei denen die Interkation nur auf die Umgestaltung der Wohnungen in der Planungsphase beschränkt ist.

Anhang: Literaturliste

Albus, Jutta; Hans Drexler: *Prefab Max: Die Potentiale vorgefertigter Konstruktionssysteme im Kostengünstigen Wohnungsbau*. In: Barbara Schönig; Justin Kadi; Sebastian Schipper (Hg.): *Wohnraum für Alle?!: Perspektiven auf Planung, Politik und Architektur*. Bonn: transcript, 2017.

Altuna, Gaizka: *Housing for the Billions (By the Billions): The Relevance of Open Building in the Age of Digital Networks*. In: Almudena Ribot; Ignacio Borrego; Javier García-Germán; Diego García-Setién (Hg.): *Open Building 2.0*. Berlin: TU Berlin FG Architekturdarstellung und Gestaltung, 2017.

American Institute of Architects (AIA): *D200–1995 Project Checklist*. Washington, 1995.

Amt für Statistik Berlin-Brandenburg: *Anteil der Einpersonenhaushalte an allen Haushalten Im Jahr 2018 (Regionaldaten Berlin-Brandenburg)*. 2018. https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/regionalstatistiken/r-gesamt_neu.asp?Pty-p=410&Sageb=12011&creg=BBB&anzwer=5., Zugriff am 1. Dezember 2019.

Archipendium: *Architektur-Lexikon: CIAM*. 2019. https://archipendium.com/architekturwissen/architektur-lexikon/ciam/, Zugriff am 22. August 2019.

Architekturmuseum TU München: *Sammlung: Richard Dietrich*. http://mediatum.ub.tum.de/897679, Zugriff am 18. April 2020.

Auer, Thomas; Laura Franke: *Lowtech im Gebäudebereich*. In: *Robuste Architektur, 46. Bonn: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)*, 2019.

Awan, Nishat; Tatjana Schneider; Jeremy Till: *Spatial Agency: Other Ways of Doing Architecture*. London: Routledge, 2011.

Baier, Franz Xaver: *Der Raum: Prolegomena Zu einer Architektur des gelebten Raumes*. Köln: König, 2000.

Banham, Reyner: *Megastructure: Urban Futures of the Recent Past*. London: Harper and Row, 1976.

Basile, Salvatore: *Cool: How Air Conditioning Changed Everything*. New York: Fordham University Press, 2014.

BauNetz: *In der Wüste der Moderne: Über die Wurzeln europäischer Trabantenstädte*. BauNetzWoche. Heinze GmbH, 2008.

BeL Sozietät für Architektur: *Neubau: Über die Königsberger Straße und den Aleppoer Weg*. In: *ARCH+*. Berlin, Dezember 2017.

Bennett; Jonathan: *Space and Subtle Matter in Descartes's Metaphysics. New Essays on the Rationalists*. Oxford: Oxford University Press, 1999, S. 3–25.

Bergson, Henri: Das Mögliche und das Wirkliche. In: *Denken und schöpferisches Werden*, 8. Auflage. Hamburg: Europäische Verlagsanstalt, 1993.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: *Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB): Kriterium Nachhaltige Materialgewinnung / Biodiversität*. 2015.

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI): *Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)*. https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/, Zugriff am 25. März 2020.

Borrego, Ignacio: *Open Building: Material vs. Information*. In: Almudena Ribot; Ignacio Borrego; Javier García-Germán; Diego García-Setién (Hg.): *Open Building 2.0*. Berlin: TU Berlin FG Architekturdarstellung und Gestaltung, 2017.

Boudon, Philippe: *Die Siedlung Pessac: 40 Jahre Wohnen à Le Corbusier. Bauwelt-Fundamente*. Gütersloh: Bertelsmann, 1971.

Bourgeois, Viktor; Le Corbusier; Pierre Jeanneret; Siegfried Giedion; Walter Gropius, Ernst May; Hans Schmidt: *Die Wohnung für das Existenzminimum*. Frankfurt/M.: Englert & Schlosser, 1930.

Brand, Stewart: *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*. London: Penguin Books, 1995.

Building Research Establishment: BREEAM: *The World's Leading Sustainability Assessment Method for Masterplanning Projects, Infrastructure and Buildings*. 2020. https://www.breeam.com/, Zugriff am 1. Dezmeber 2019.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): *Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess): Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen*. Berlin, Februar 2012.

Churkina, Galina; Alan Organschi; Christopher P.O. Reyer; Andrew Ruff; Kira Vinke; Zhu Liu; Barbara K. Reck; T.E. Graedel; Hans Joachim Schellnhuber: *Buildings as a Global Carbon Sink*. Nature Sustainability, 2020. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0462-4, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Canadian Centre for Architecture, Montreal: *Collection: Cedric Price*. https://www.cca.qc.ca/en, Zugriff am 14. Januar 2019.

Colomina, Beatriz; Mark Wigley: *Are We Human? Notes on an Archaeology of Design*. Zürich: Lars Müller Publishers, 2019.

Conrads, Ulrich: *Le Corbusier 1929: Feststellungen*. Berlin, Frankfurt, Wien: Ullstein, 1964.

Corboz, André: *Auf der Suche nach ‚dem' Raum*. In: *Werk, Bauen + Wohnen 83, no. 3 (1996)*, S. 6–13.

Corbusier-Saugnier, Le: *Des Yeux Qui Ne Voient Pas … Les Avions.' L'Esprit Nouveau*. Paris, 1921.

Corbusier, Le: *Vers Une Architecture*. Paris: Éditions Crès, 1923.

Creswell, John W.; J. David Creswell: *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Thousand Oaks: Sage, 2018.

Deleuze, Gilles; Félix Guattari: *A Thousand Plateaus: Capitalism and Schizophrenia*. University of Minnesota Press, 1987.

Deleuze, Gilles; Félix Guattari: *Mille Plateaux*. Paris: Éditions de minuit, 1980.

Deplazes, Andrea: *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures*. Basel: Birkhäuser, 2005.

Descartes, René: *Principles of Philosophy: Principia Philosophiae, 1644*.

Deutsche Energie-Agentur (dena): *Dena-Gebäudereport Kompakt 2018: Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand*. Berlin, 2018.

DGNB GmbH: *Ökobilanz des Gebäudes*. In: *Kriterienkatalog Gebäude Neubau*. DGNB GmbH, 2018.

Diamond, Jared: *How Societies Choose to Fail or Succeed*. New York: Viking Penguin, 2005.

Dietrich, Richard J: *Metastadt und erstes Metastadt-Bausystem, 1965 bis 1975*. http://www.dietrich-ingenieur-architektur.de/AS-1-start.htm, Zugriff am 31. März 2020.

Dömer, Klaus; Hans Drexler; Joachim Schultz-Granberg: *Affordable Living: Housing for Everyone*. Berlin: Jovis, 2014.

Dömer, Klaus; Hans Drexler; Joachim Schultz-Granberg: *Bezahlbar. Gut. Wohnen. Strategien für Erschwinglichen Wohnraum*. Berlin: Jovis, 2016.

Dörner, Dietrich: *Die Logik des Misslingens: Strategisches Denken in komplexen Situationen*. Hamburg: Rowohlt, 1988.

Drexler, Hans: *Minimum Impact House: Forschungsprojekt zur Entwicklung eines Prototyps für Nachhaltiges Bauen*. Düsseldorf: Müller + Busmann, 2008.

Drexler, Hans: *Press-Fit Timber Building Systems for Flexible Housing*. In: Markus Hudert; Sven Pfeiffer (Hg.): *Rethinking Wood: Future Dimensions of Timber Assembly*. Berlin: De Gruyter, 2019.

Drexler, Hans; Marie Deilmann; Frederik Ehling; Philip von Rüdiger: *Form- und kraftschlüssiges Holzbau-System*. DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt), 2020. https://www.dbu.de/123artikel37808_2430.html, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Drexler, Hans; Marie Deilmann; Frederik Ehling; Philip von Rüdiger; Tobias Götz; Tobias Riehle; Tobias Brüggemann: *Holz: Form- und kraftschlüssig – Entwicklung eines Vollholz-Bausystems mit form- und kraftschlüssigen geometrischen Verbindungen*. https://www.dropbox.com/preview/res022_Holz Form und Kraftschlüssig/res022_HFKS_BBSR_PUBLIC ACCESS/res022_HFKS_BBSR_Bericht_2019.03.10_dx_11.1 FINAL.pdf?role=work, Zugriff am 22. Januar 2020.

Drexler, Hans; Daniel Jauslin: *DePositionierung: Polymorphismus und die Supereffizienz von Wanderameisen-Teamwork*. TransPosition, 1997.

Drexler, Hans; Sebastian El Khouli: *Nachhaltige Wohnkonzepte: Entwurfsmethoden und Prozesse*. München: DETAIL, 2012.

Druot, Frédéric; Anne Lacaton; Jean-Philippe Vassal: *Plus: La Vivienda Colectiva. Territorio de Excepción*. Gustavo Gili (Hg.). Barcelona: GG, 2007.

Duffy, Francis: *Design for Change: The Architecture of DEGW*. Basel: Birkhäuser, 1998.

Eco, Umberto: *Das offene Kunstwerk*. Frankfurt/M.: Suhrkamp, 1977.

Eco, Umberto: *Form a Social Commitment*. In: *The Open Work*, 1. Auflage. Cambridge: Harvard University Press, 1964, S. 123–57.

Eisenhardt, Peter; Dan Kurth; Horst Stiehl: *Du steigst nie zweimal in denselben Fluss: Die Grenzen der wissenschaftlichen Erkenntnis*. Hamburg: Rowohlt, 1988.

Engel, Heino: *The Japanese House: A Tradition for Contemporary Architecture*. 1. Auflage. North Clarendon: Charles E. Tuttle, 1964.

Engels, Friedrich: *Die Lage der arbeitenden Klasse in England*. 1. Auflage. Leipzig: Otto Wigand, 1845.

Europäische Kommission: *Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen zum effizienten Ressourceneinsatz im Gebäudesektor*. Brüssel, 2014.

Feldhusen, Sebastian: *Entwurfsbasiert Forschen: Ralf Pasel und Jürgen Weidinger über Promotionsprogramm der TU Berlin*. Baunetz.de, Juli 2018.

Fondation Le Corbusier: *Le Corbusier: Maison Dom-Ino, 1914*. http://www.fondation-lecorbusier.fr/corbuweb/morpheus.aspx?sysId=13&IrisObjectId=5972&sysLanguage=en-en&itemPos=102&itemCount=215&sysParentId=65&sysParentName=home, Zugriff am 21. März 2020.

Free Software Foundation: *Freie Software: Was Ist Das?*. https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html, Zugriff am 22. März 2020.

Frey, Pierre Alain; Patrick Bouchain: *Learning from Vernacular: Pour Une Nouvelle Architecture Vernaculaire*. Arles: Actes Sud, 2013.

Friedman, Avi: *The Adaptable House: Designing Homes for Change*. New York: McGraw-Hill, 2002.

Galliker, Mark: *Psychologie der Gefühle und Bedürfnisse: Theorien, Erfahrungen, Kompetenzen*. Stuttgart: Kohlhammer, 2009.

García-Germán, Javier: *On the Potential of Open-Building to Unfold a More Intense Interaction with the Environment: Towards an Inclusive View*. In: Almudena Ribot; Ignacio Borrego; Javier García-Germán; Diego García-Setién (Hg.)*: Open Building 2.0*. Berlin: TU Berlin FG Architekturdarstellung und Gestaltung, 2017.

Geraedts, Rob: *FLEX 4.0: A Practical Instrument to Assess the Adaptive Capacity of Buildings*. In: *Energy Procedia. Vol. 96*. Amsterdam: Elsevier, September 2016.

Gesterkamp, Thomas: *Der schiefe Turm von Wulfen: Am Rande des Ruhrgebiets wird zum erstenmal ein heruntergekommenes Wohnsilo abgerissen*. In: *Zeit*. 1986.

Giedion, Sigfried: *Raum, Zeit, Architektur: Die Entstehung einer neuen Tradition*. Zürich: Artemis, 1976.

Gordon, James Edward. Structures: Or Why Things Don't Fall Down. Cambridge: Da Capo Press, 2003.

Groák, Steven: *The Idea of Building: Thought and Action in the Design and Production of Buildings*. London: E & FN Spon, 1992.

Habraken, N. J.: *De Dragers En de Mensen: Het Einde van de Massawoningbouw*. Amsterdam: Scheltema & Holkema, 1961.

Habraken, N. J.: *Die Träger und die Menschen: Das Ende des Massenwohnungsbaus*. Den Haag: Arch-Edition, 2000.

Habraken, N. J.: *The Structure of the Ordinary: Form and Control in the Built Environment*. Jonathan Teicher (Hg.). Cambridge: MIT Press, 2000.

Haller, Fritz: *Allgemeine Lösungen in der Bautechnik*. In: *Bauen + Wohnen 11 (1962)*, S. 456–475.

Haller, Fritz: *Ein offenes System für mehrgeschossige Bauten mit integrierter Medieninstallation*. In: *Werk, Bauen + Wohnen 11 (1975)*, S. 431–438.

Haller, Fritz: *Gedanken zum Bauen*. In: *Bauen + Wohnen 10 (1964)*, S. 381–412.

Haller, Fritz: *Totale Stadt: Ein Globales Modell, Zweite Studie*. Olten: Walter, 1975.

Haller, Fritz: *Totale Stadt: Ein Modell*. Olten: Walter, 1968.

Haller, Fritz: *Über die Notwendigkeit Wandelbarer Gebäude*. In: *Werk, Bauen + Wohnen 79 (1992)*, S. 9–15.

Haller, Fritz: *Von Eigenschaften ausgezeichneter Punkte in regulären geometrischen Systemen.* In: *Bauen + Wohnen 21 (1967)*, S. 425–438.

Haller, Fritz; Hans Wichmann: *System-Design Fritz Haller: Bauten, Möbel, Forschung*. Basel: Birkhäuser, 1989.

Hardingham, Samantha: *Cedric Price Works 1952–2003: A Forward-Minded Retrospective. Edited by Samantha Hardingham*. Band 2. London: Architectural Association Publications, 2016.

Hegger, Manfred: *Sonnige Aussichten: Das SurPLUShome des Team Germany zum Solar Decathlon 2009*. Düsseldorf: Müller + Busmann, 2010.

Hegger, Manfred; Matthias Fuchs; Thomas Stark; Martin Zeumer: *Energie Atlas: Nachhaltige Architektur*. München: De Gruyter, 2007.

Hegger, Manfred; Joost Hartwig; Michael Keller; Tobias Lode; Dirk Mathes; Hans Drexler; Anne Bauer: *EcoEasy: Entwicklung einer Methode zur Bewertung der potentiellen Umweltwirkungen von Gebäuden in frühen Planungsphasen (Abschlussbericht)*. July 2012.

Hegger, Manfred; Katrin Spitzner; Sebastian El Khouli; Michael Keller; Nikola Mahal: *Wohnwertbarometer: Erfassungs- und Bewertungssystem nachhaltiger Wohnqualität*. Stuttgart: Fraunhofer IRB, 2010.

Henricot, Isabelle: *École Provisoire de Villejuif, Jean Prouvé*. 1957. https://www.parisartnow.com/jean-prouve-ecole-provisoire-de-villejuif-1957-patrick-seguin/, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Herdt; Tanja: *The City and the Architecture of Change: The Work and Radical Visions of Cedric Price*. Zürich: Lars Müller Publishers, 2016.

Huber, Benedikt; Jean-Claude Steinegger: *Jean Prouvé: Prefabrication: Structures and Elements*. London: Praeger, 1971.

Jacobs; Jane: *The Death and Life of Great American Cities*. New York: Random House, 1961.

Jocher, Thomas; Erika Mühlthaler; Pia Gerhards: *Ready: Vorbereitet für altengerechtes Wohnen. Neue Standards und Maßnahmensets für die Stufenweise, altengerechte Wohnungsanpassung im Neubau*. In: Forschung für die Praxis. Vol. 1. Bonn, 2016.

Kant, Immanuel: *Kritik der reinen Vernunft*, Jens Timmermann (Hg.). Hamburg: Franz Meiner, 1998.

Kaufmann, Hermann; Stefan Krötsch; Stefan Winter: *Atlas: Mehrgeschossiger Holzbau*. München: DETAIL, 2017.

Kendall, Stephen: *Notes Toward a History of the Matura Infill System Development*. Philadelphia, 2015. http://drstephenkendall.com/wp-content/uploads/2017/03/An-Oral-History-of-the-Matura-Infill-System-Development.pdf, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Kendall, Stephen: *Open Building: An Approach to Sustainable Architecture*. In: *Journal of Urban Technology*, 1999.

Kendall, Stephen: *Reflections on the History and Future of the Open Building Network*. 2015. http://open-building.org/, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Kendall, Stephen; Jonathan Teicher: *A Survey of Infill Systems, Products and Companies*. In: *Residential Open Building*. London: E & FN Spon, 1999.

Khazzoom; Daniel: *Economic Implications of Mandated Efficiency in Standards for Household Appliances*. In: *The Energy Journal 1, no. 4 (October 1980)*. S. 21–40.

Kwinter, Sanford: *Das Komplexe und das Singuläre*. In: *ARCH+ 119/120 (December 1993)*. S. 77–90.

Lacaton, Anne; Jean-Philippe Vassal: *Der Tour Bois-Le Prêtre in Paris*. In: *ARCH+ 203 (June 2011)*. S. 110–15.

U.S. Green Building Council: *LEED Rating System (Leadership in Energy and Environmental Design)*. 2020. https://www.usgbc.org/leed, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Lewerentz, Sigurd: *Flower Shop*. seier+seier, 1969. https://www.flickr.com/photos/seier/2348583304, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Liu, Edward T. H.: *Shapes of Sustainability (Lecture Recording 11.11.2011)*. 2011. https://www.youtube.com/watch?v=7oosbtfTnx8&feature=youtu.be, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Liu, Edward T. H.: *The Shape of Sustainability*. In: Hans Drexler; Adeline Seidel (Hg.): *Building The Future: Maßstäbe des nachhaltigen Bauens*. Berlin: Jovis, 2012.

Lüchinger, Arnulf: *2-Komponenten-Bauweise: Struktur und Zufall*. Den Haag: Arch-Edition, 2000.

Lynn, Greg: *Leicht und Schwer*. In: *ARCH+ 124/125 (December 1994)*. S. 38–43.

Maslow, Abraham H: *A Theory of Human Motivation*. In: *Psychological Review 50 (1943)*. S. 370–396.

Maslow, Abraham H: *Motivation and Personality*. New York: Harper & Row, 1954.

McDonough, William; Michael Braungart: *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. 1. Auflage. London: North Point Press, 2002.

Meadows, Donella; Dennis Meadows; Jorgen Randers; William W. Behrens III.: *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books, 1972.

Meadows, Donella; Jorgen Randers; Dennis Meadows: *Limits to Growth: The Thirty-Year Update*. London: Earthscan, 2005.

Merz, Konrad: *Konstruieren: Vom Stab zur Platte*. In: *ARCH+ 193* (September 2009). S. 16–17.

Mietshäuser Syndikat: *Mietshäuser Syndikat: Finanzierung*. https://www.syndikat.org/de/finanzierung/, Zugriff am 19. August 2019.

Mitscherlich, Alexander: *Die Unwirtlichkeit unserer Städte: Anstiftung zum Unfrieden*. Frankfurt/M.: Suhrkamp, 1965.

Morado Nascimento; Denise: *N. J. Habraken Explains the Potential of the Open Building Approach in Architectural Practice*. In: *Vitruvius 52, no. 4 (2012)*.

Müller, Felix; Christian Lehmann; Jan Kosmol; Hermann Kessler; Til Bolland: *Ressourcenschonung im Anthropozän*. Dessau-Roßlau, 2017.

Mumford, Eric Paul: *The CIAM Discourse on Urbanism: 1928–1960*. Cambridge: MIT Press, 2000.

Verein zur Förderung der Nachhaltigkeit im Wohnungsbau e.V: NaWoh: *Nachhaltiger Wohnungsbau*. 2019. https://www.nawoh.de/. Zugriff am 1. Dezember 2019.

Neufert, Ernst: *Bauentwurfslehre*. 1. Auflage. Berlin: Ullstein / Bau-Welt, 1936.

Newton, Isaac: *Isaac Newton's Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Alexandre Koyré; Ierome Bernard Cohen (Hg.), 3. Auflage. Cambridge: Harvard University Press, 1972.

Noever, Peter: *Architektur im Aufbruch: Neun Positionen zum Dekonstruktivismus*. München: Prestel, 1991.

OKAL Haus GmbH: *OKAL: Unternehmensgeschichte*. https://www.okal.de/unternehmen/geschichte/, Zugriff am 28. Februar 2020.

Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat: *ÖKOBAUDAT: Ökobilanzierung im Bauwesen*. https://www.oekobaudat.de/, Zugriff am 13. Januar 2020.

Ott, Konrad; Ralf Döring: *Theorie und Praxis starker Nachhaltigkeit*. Marburg: Metropolis, 2008.

Panofsky, Erwin: *Die Perspektive als ‚Symbolische Form'*. In: Hariolf Oberer; Egon Verheyen (Hg.): *Aufsätze zu Grundfragen der Kunstwissenschaft*. Berlin: Volker Spiess, 1980. S. 99–176.

Peters, Nils: *Jean Prouvé 1901–1984: Die Dynamik der Schöpfung*. Köln: Taschen, 2013.

Pevsner, Nikolaus: *An Outline of European Architecture*. Harmondsworth; New York: Penguin Books, 1942.

Price, Cedric: *12 Demountable Houses*. Paris: Galerie Patrick Seguin. 2019. https://www.patrickseguin.com/fr/news/galerie-patrick-seguin-i-paris-4-oct-2016-21-jan-2017/, Zugriff am 4. Januar 2019.

Price, Cedric: *Generator Project, White Oak, Florida: Design Thoughts Used as Reminders within Office B*. MoMA, New York Archive, 1977. https://www.moma.org/collection/works/879?artist_id=7986&locale=en&page=1&sov_referrer=artist, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Price, Cedric; Hans Ulrich Obrist: *The Conversation Series: Hans Ulrich Obrist & Cedric Price*, Hans Ulrich Obrist (Hg.). 21. Auflage. Köln: Walther König, 2009.

Quinn, Andrea; Brandon Mooi; Matthew Barker; Hayley Sykes: *Construction: Maison Tropicale and The Assembly Line*. http://maison-tropicale.blogspot.com/p/construction.html, Zugriff am 19. August 2019.

Referat für Stadtplanung und Bauordnung: *Prognose der Münchner Privathaushalte: Haushaltsvorausberechnung 2014 bis 2030*. München, 2015.

VDI Ressourceneffizienz Zentrum GmbH: *Ressourceneffizienz Im Bauwesen*. https://www.ressource-deutschland.de/themen/bauwesen/, Zugriff am 14. August 2019.

Ritchie, Hannah; Max Roser: *Urbanization: Our World in Data*. https://ourworldindata.org/urbanization. Zugriff am 1. Dezember 2019.

Rudofsky, Bernard: *Architecture Without Architects: A Short Introduction to Non-Pedigreed Architecture*. Albuquerque: University of New Mexico Press, 1987.

Sabatto, Steeve: *Zur Frage von Massstab und Ökonomie: Totipotenz und Automation bei Konrad Wachsmann und Fritz Haller*. In: *Fritz Haller: Architekt und Forscher*. Zürich: gta, 2015. S. 140–161.

Sato, Hideo; Yasua Nakahara: *The Complete Japanese Joinery*. Vancouver: Hartley & Marks, 2000.

Schneider, Tatjana; Jeremy Till: *Flexible Housing*. London: Routledge, 2007.

Schulze, Gerhard: *Gehen ohne Grund. Eine Skizze zur Kulturgeschichte des Denkens*. In: Andreas Kuhlmann (Hg.): *Philosophische Ansichten der Kultur der Moderne*. Frankfurt: Fischer, 1994. S. 93ff.

Schumacher, Ernst Friedrich: *Small Is Beautiful: A Study of Economics as If People Mattered*. London: Blond & Briggs, 1973.

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (sia): *Modell Bauplanung: Verständigungsnorm*. Zürich, 2014.

Seguin, Patrick: *Jean Prouvé Architecture: Available Houses*. Paris: Galerie Patrick Seguin. https://www.patrickseguin.com/en/designers/architect-jean-prouve/available-houses-jean-prouve/, Zugriff am 19. August 2019.

Siemon, Klaus D.; Ralf Averhaus: *Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen*. In: *Die HOAI 2009 verstehen und richtig anwenden, 1–4*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2012.

Skidelsky, Robert; Edward Skidelsky: *How Much Is Enough?: Money and the Good Life*. London: Penguin Books, 2012.

Spreng, Daniel; Marco Semadeni: *Energie, Umwelt und die 2000 Watt Gesellschaft*. In: *CEPE Working Paper, no. 11 (2001)*. https://doi.org/10.3929/ethz-a-004300072, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Staib, Gerald; Andreas Dörrhöfer; Markus Rosenthal: *Elemente + Systeme: Modulares Bauen: Entwurf, Konstruktion, Neue Technologien*. München: DETAIL, 2008.

Stalder, Laurent; Georg Vrachliotis: *Fritz Haller: Architekt und Forscher*. Georg Vrachliotis (Hg.). Zürich: gta, 2015.

Statistisches Bundesamt: *Abfallaufkommen*. Umweltbundesamt, 2018.

Statistisches Bundesamt: *Bautätigkeit und Wohnungen: Bestand an Wohnungen. Vol. 5*. 2018.

Statistisches Bundesamt: *Entwicklung der Privathaushalte bis 2035: Ergebnisse der Haushaltsvorausberechnung*. 2017. https://www.destatis.de/Migration/DE/Publikationen/Thematisch/Bevoelkerung/HaushalteMikrozensus/EntwicklungPrivathaushalte.html. Zugriff am 1. Dezember 2019.

Statistisches Bundesamt: *Haushalte nach Zahl der Personen*. Bundeszentrale für politische Bildung (bpb), 2012.

Statistisches Bundesamt: *Privathaushalte nach Haushaltsgröße im Zeitvergleich*. 2018. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Haushalte-Familien/Tabellen/lrbev05.html, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Statistisches Bundesamt: Umweltnutzung und Wirtschaft: *Tabellen zu den umweltökonomischen Gesamtrechnungen: Teil 4: Rohstoffe, Wassereinsatz, Abwasser, Abfall, Umweltschutzmaßnahmen*. 2017.

Statistisches Bundesamt: *Wohnungsbestand nach Anzahl und Quadratmeter Wohnfläche*. 2019. https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Bauen/Tabellen/wohnungsbestand-deutschland.html, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Steffen, Will; Wendy Broadgate; Lisa Deutsch; Owen Gaffney; Cornelia Ludwig: *The Trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration*. In: *Anthropocene Review, January 2015*. S.1–18.

Strauch, Dietmar; Bärbel Högner: *Konrad Wachsmann: Stationen eines Architekten*. Berlin: Progris, 2013.

Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft: *Richtlinie für die Förderung des sozialen Mietwohnungsbaus in besonderen Gebietskulissen zur Innenstadtstabilisierung im Freistaat Thüringen für die Programmjahre 2018 bis 2020 (Innenstadtstabilisierungsprogramm – ISSP)*. Erfurt, Dezember 2018.

Till, Jeremy: *Architecture Depends*. Cambridge: MIT Press, 2009.

Till, Jeremy: *Spatial Agency: Beyond Fountainhead*. New York: Studio-X Rio, Columbia GSAPP, 2014. https://dezignark.com/blog/jeremy-till-spatial-agency-beyond-fountainhead-studio-x-rio/, Zugriff am 1. Dezember 2019.

UN-Habitat: *Habitat III Issue Papers 22: Informal Settlements. United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development*. Quito, 2015.

UN-Habitat: *Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment, Stockholm*. United Nations Environment Programme, 1972.

Veasey, Nick: *Rayos X (I)*. http://www.processuscreatius.com/articulos/arte/41-rayos_x_de_nick_veasey_i/, Zugriff am 31. März 2020.

Vegesack, Alexander von: *Jean Prouvé: Die Poetik des technischen Objekts*. Basel: Vitra Design Museum, 2006.

Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ): *Zementindustrie im Überblick 2016/2017*. Berlin, 2016.

Vielhauer, Cordula: *Vertikale Nischen: Miniwohnungen in Megacities von Gary Chang*. DETAIL, July 2013.

Vrachliotis, Georg: *Geregelte Verhältnisse*. Wien: Ambra Verlag, 2011.

Wachsmann; Konrad: *General Panel System*. http://www.axxio.net/waxman/content/General_Panel/General-Panel.htm, Zugriff am 19. August 2019.

Wachsmann, Konrad: *The Turning Point of Building Structure and Design*. New York: Reinhold, 1961.

Wachsmann, Konrad: *Wendepunkt im Bauen*. Wiesbaden: Krausskopf, 1959.

Wegener, Bernd; Hans Drexler; Moritz Fedkenheuer; Luisa Maria Matz; Fraunhofer IRB-Verlag: Wohnformen: *Vergleichende Untersuchung zu gemeinschaftlichen und individuellen Wohnbedürfnissen (Abschlussbericht)*. Stuttgart: Fraunhofer IRB, 2019. https://www.baufachinformation.de/wohnformen-vergleichende-untersuchung-zu-gemeinschaftlichen-und-individuellen-wohnbeduerfnissen/fb/252718, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Wigley; Mark: *AA Lectures Online: An Afternoon with Cedric Price No. 2*. In: *AA Lectures Online*. Architectural Association Inc, London, February 9, 2017. https://www.aaschool.ac.uk/VIDEO/lecture.php?ID=3637, Zugriff am 1. Dezember 2019.

Wigley; Mark: *The Low-Flying Architecture of Jean Prouvé*. In: *Architect for Better Days*. Berlin: Phaidon, 2017. S. 137–159.

Wikihouse: *WikiHouse*. https://www.wikihouse.cc/, Zugriff am 19. August 2019.

Wikipedia: *Autochthone Art*. https://de.wikipedia.org/wiki/Autochthone_Art., Zugriff am 31. März 2020.

Woetzel, Jonathan; Sangeeth Ram; Jan Mischke; Nicklas Garemo; Shirish Sankhe: *A Blueprint for Addressing the Global Affordable Housing Challenge*. October 2014.

Zentralverband Deutsches Baugewerbe: *50 Jahre beträgt das Durchschnittsalter eines deutschen Wohngebäudes*. 2014. https://www.zdb.de/zdb-cms.nsf/id/50-jahre-durchschnittsalter-eines-deutschen-wohngebaeudes-de. Zugriff am 1. Dezember 2020.

— *Statistik: Pearson Produkt-Moment Korrelation*. https://statistikguru.de/, Zugriff am 9. April 2020.

— *Sustainable By Design: 'Symposium: Klima und Raum. Autochthone und Kybernetische Strukturen*. Münster School of Architecuture, 2011.

Anhang: Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: *The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration (Die Entwicklung des Anthropozäns: Die große Beschleunigung)*, Will Steffen, Wendy Broadgate, Lisa Deutsch, Owen Gaffney und Cornelia Ludwig: Trends von 1750 bis 2010 bei global aggregierten Indikatoren für die sozioökonomische Entwicklung. (1) Globale Bevölkerungsdaten gemäß der HYDE-Datenbank (History Database of the Global Environment, 2013). Daten vor 1950 werden modelliert. Daten werden als dekadische Punkte dargestellt. (2) Globales reales BIP (Bruttoinlandsprodukt) im Jahr 2010 in US-Dollar. Die Daten sind eine Kombination aus Maddison für die Jahre 1750 bis 2003 und Shane für 1969–2010. Überlappende Jahre von Shane-Daten werden verwendet, um Maddison-Daten auf 2010 US-Dollar anzupassen. (3) Globale ausländische Direktinvestitionen in aktuelle (abgerufen 2013) US-Dollar basierend auf zwei Datensätzen: IWF (Internationaler Währungsfonds) von 1948 bis 1969 und UNCTAD (Konferenz der Vereinten Nationen für Handel und Entwicklung) von 1970 bis 2010. (4) Globale städtische Bevölkerungsdaten gemäß der HYDE-Datenbank. Daten vor 1950 werden modelliert. Daten werden als dekadische Punkte dargestellt. (5) Weltweiter Primärenergieverbrauch. 1850 bis heute basierend auf Grubler et al. (2012), 1750–1849 Daten basieren auf der Weltbevölkerung, wobei 1850 Daten als Referenzpunkt verwendet werden. (6) Weltweiter Düngemittelverbrauch (Stickstoff, Phosphat und Kalium) basierend auf Daten der International Fertilizer Industry Association (IFA). (7) Globale Gesamtzahl bestehender Großstaudämme (mindestens 15 m Höhe über dem Sohle) basierend auf der ICOLD-Datenbank (Internationales Komitee für Großstaudämme). (8) Der weltweite Wasserverbrauch ist die Summe aus Bewässerungs-, Haushalts-, Produktions- und Stromwasserentnahmen von 1900 bis 2010 und dem Wasserverbrauch von Nutztieren von 1961 bis 2010. Die Daten werden unter Verwendung des WaterGAP-Modells geschätzt. (9) Weltweite Papierproduktion von 1961 bis 2010. (10) Weltweite Anzahl neuer Kraftfahrzeuge pro Jahr. Von 1963 bis 1999 umfassen die Daten Personenkraftwagen, Busse und Reisebusse, Nutzfahrzeuge, Traktoren, Lieferwagen, Lastkraftwagen, Motorräder und Mopeds. Die Daten 2000–2009 umfassen Autos, Busse, Lastwagen, Lieferwagen und Motorräder. (11) Globale Summe aus Festnetz- (1950–2010) und Mobiltelefonabonnements (1980–2010). Festnetzdaten basieren auf Canning für 1950–1989 und UN-Daten von 1990– 2010, während Abonnementdaten für Mobiltelefone ausschließlich auf UN-Daten basieren. (12) Anzahl der internationalen Ankünfte pro Jahr für den Zeitraum 1950–2010. Quellen: (1) HYDE-Datenbank; Klein Goldewijk et al. (2010). (2) Maddison (1995, 2001); M Shane, Forschungsdienst, Landwirtschaftsministerium der Vereinigten Staaten (USDA); Shane (2014). (3) IWF (2013); UNCTAD (2013). (4) HYDE-Datenbank (2013); Klein Goldewijk et al. (2010). (5) A Grubler, Internationales Institut für Angewandte Systemanalyse (IIASA); Grubler et al. (2012). (6) Olivier Rousseau, IFA; IFA-Datenbank. (7) ICOLD-Datenbankregistersuche. Gekauft 2011. (8) M Flörke, Zentrum für Umweltsystemforschung, Universität Kassel; Flörke et al. (2013); aus der Beek et al. (2010); Alcamo et al. (2003). (9) Basierend auf der statistischen Online-Datenbank FAOSTAT der FAO (Abteilung Fischerei und Aquakultur online). (10) International Road Federation (2011). (11) Canning (1998); Statistikabteilung der Vereinten Nationen (UNSD) (2014). (12) Die Daten für 1950–1994 stammen von der UNWTO (Welttourismusorganisation der Vereinten Nationen) (2006) und die Daten für 1995–2004 von der UNWTO (2011). Die Daten für 2005–2010 stammen von der UNWTO (2014). Steffen et al: *The Trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration*.

Abbildung 2: *Trends von 1750 bis 2010 bei Indikatoren für die Struktur und Funktionsweise des Erdsystems*. (1) Kohlendioxid aus Firn- und Eiskernaufzeichnungen (Law Dome, Antarktis) und Cape Grim, Australien (deseasonalisierte Kolben- und Instrumentenaufzeichnungen); Spline-Interpolation. (2) Lachgas aus Firn- und Eiskernaufzeichnungen (Law Dome, Antarktis) und Cape Grim, Australien (deseasonalisierte Kolben- und Instrumentenaufzeichnungen); Spline-Interpolation. (3) Methan aus Firn- und Eiskernaufzeichnungen (Law Dome, Antarktis) und Cape Grim, Australien (deseasonalisierte Kolben- und Instrumentenaufzeichnungen); Spline-Interpolation. (4) Maximaler prozentualer Gesamt-Ozonabfall der Säule (gleitender 2-Jahres-Durchschnitt) über Halley, Antarktis, im Oktober unter Verwendung von 305 DU, dem durchschnittlichen Gesamtsäulenozon im Oktober für das erste Jahrzehnt der Messungen, als Basis. (5) Globale Anomalie der Oberflächentemperatur (HadCRUT4: kombinierte Land- und Ozeanbeobachtungen, bezogen auf 1961–1990, 20 Jahre Gauß-Glättung). (6) Ozeanversauerung, ausgedrückt als globales mittleres Oberflächenwasserstoff-WasserstoffionKonzentration aus einer Reihe von Modellen (CMIP5) basierend auf Beobachtungen von atmosphärischem CO_2 bis 2005 und danach RCP8.5. (7) Globale Meeresfische erfassen die Produktion (nur die Summe der Küsten-, Grund- und pelagischen Meeresfischarten), d.h. sie umfassen keine Säugetiere, Weichtiere, Krebstiere, Pflanzen usw. Vor 1950 liegen keine FAO-Daten vor. (8)) Globale Aquakultur-Garnelenproduktion (die Summe von 25 kultivierten Garnelenarten) als Proxy für die Änderung der Küstenzone. (9) Modellberechneter vom Menschen verursachter Störungsfluss von Stickstoff in den Küstenrand (Flussfluss, Abwasser und atmosphärische Ablagerung). (10) Verlust tropischer Wälder (tropischer immergrüner Wald und tropischer Laubwald, einschließlich der Fläche unter waldigen Teilen von Savannen und Wäldern) im Vergleich zu 1700. (11) Zunahme der landwirtschaftlichen Nutzfläche, einschließlich Ackerland und Weide in Prozent von gesamter Landfläche. (12) Prozentuale Abnahme der terrestrischen mittleren Artenhäufigkeit im Verhältnis zur Häufigkeit in ungestörten Ökosystemen als Annäherung an den Abbau der terrestrischen Biosphäre. Steffen et al: *The Trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration*. 7f.

Abbildung 3: Urbane und ländliche Weltbevölkerung mit Prognose bis 2050. Dargestellt ist die Schätzung der gesamten städtischen und ländlichen Bevölkerung für 2016 und die UN-Prognosen für 2050. Diese basieren auf den UN World Urbanization Prospects und der durchschnittlichen Geburtenrate. Hannah; Max Roser Ritchie: Urbanization: *Our World in Data*. 2020. https://ourworldindata.org/urbanization. Zugriff am 1. Dezember 2019. Graphik: DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 4: Entwicklung der Wohnpraxis und Haushaltsgrößen: Zahl der Privathaushalte und durchschnittliche Haushaltsgröße in Westdeutschland, 1961 bis 2016 (rot); Haushaltsgröße: Durchschnittliche Personenzahl je Haushalt (blau). Datenquelle: Statistisches Bundesamt Mikrozensus, Graphik: DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 5: Research Mind Map. Graphik: DGJ Architektur.

Abbildung 6: Liste der Kriterien und Indikatoren für die Forschungsziele und Nachhaltigkeitsanalyse der Fallstudien, DGJ Architektur 2019.

Abbildung 7: Tabellarische Gegenüberstellung von Autorenarchitektur und interaktiver Architektur, eigene Darstellung, DGJ Architektur 2017.

Abbildung 8: Donald Ryan: *Shearing Layers of Change*. Graphik: DGJ Architektur 2019. Brand: *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*.

Abbildung 9: „Functionally neutral rooms. Indeterminate uses (left) versus tight-fit functionalism (right)". Graphik: DGJ Architektur 2020 nach Graphik aus: Schneider; Till: *Flexible Housing*. S. 186.

Abbildung 10: Bedürfnishierarchie angelehnt an Maslow, Graphik DGJ Architektur, 2016.

Abbildung 11: Graphik: DGJ Architektur 2020. Nach Skizze zu Träger (‚supports') und Einfüllung (‚infill') nach Habrakens Supports' Theorie. Denise Morado Nascimento: *N. J. Habraken explains the potential of the Open Building approach in architectural practice*. In: *Vitruvius 52, Nr. 4 (2012)*.

Abbildung 12: Centre social Université catholique de Louvain, Woluwe-Saint-Lambert, Architekt Lucien Kroll,1970–72 Foto: Tijl Vereenooghe. Xavier de Jauréguiberry: *Centre social (Université catholique de Louvain), Woluwe-Saint-Lambert von Lucien Kroll*. https://www.flickr.com/photos/25831000@N08/6862313852/sizes/l/, Zugriff am 21. Januar 2018.

Abbildung 13: *Decision making levels on Open Buildings*, Age van Randen. Kendall; Teicher: *Residential Open Building (Cib)*. S. 9ff.

Abbildung 14: Zeichnung *Fun Palace*. Cedric Price: Perspektive des Pilotprojektes, Camden Town, 1964. Canadian Centre for Architecture: *Collection: Cedric Price*. https://www.cca.qc.ca/en. Dokumentenordner: DR1995:0188:258. Zugriff am 14. Januar 2019.

Abbildung 15: Zeichnung *Fun Palace*, Cedric Price: Lageplan des Pilotprojektes in Hamley Road, Camden Town, 1964. Canadian Centre for Architecture: *Collection: Cedric Price*. https://www.cca.qc.ca/en. Dokumentenordner: DR1995:0188:135. Zugriff am 14. Januar 2019.

Abbildung 16: Zeichnung Pilotprojekt *Fun Palace*, Cedric Price: Skizze von ‚Kit of parts', 1964. Canadian Centre for Architecture: *Collection: Cedric Price*. https://www.cca.qc.ca/en. Dokumentenordner: DR2004:0083:002. Zugriff am 14. Januar 2019.

Abbildung 17: Zeichnung Pilotprojekt *Fun Palace*, Cedric Price: Axonometrie zeigt Grundflächen der Standardkuben, Camden Town, 1964. Canadian Centre for Architecture: *Collection: Cedric Price*. https://www.cca.qc.ca/en. Dokumentenordner: DR1995:0188:446. Zugriff am 14. Januar 2019.

Abbildung 18: Zeichnung Pilotprojekt *Fun Palace*, Cedric Price: Schematische Skizzen von Basiseinheiten und Kontrollsystemen, 1964. Canadian Centre for Architecture: *Collection: Cedric Price*. https://www.cca.qc.ca/en. Dokumentenordner: DR1995:0188:256. Zugriff am 14. Januar 2019.

Abbildung 19: Netzwerkanalyse *Fun Palace*, Cedric Price, 1964/65. Canadian Centre for Architecture: *Collection: Cedric Price*. https://www.cca.qc.ca/en. Dokumentenordner: DR1995:0188:246. Zugriff am 14. Januar 2019.

Abbildung 20: Foto von Computersimulation für *The Generator Projekt*, John und Julia Frazer für Cedric Price, 1976-1979. Canadian Centre for Architecture: *Collection: Cedric Price*. https://www.cca.qc.ca/en. Dokumentenordner: DR1995:0280:634. Zugriff am 14. Januar 2019.

Abbildung 21: *The Generator Project*, Cedric Price, White Oak Plantation, Yulee Florida, 1976-1979: Diagrammatische Übersicht über das Zusammenwirken der vier Software-Programm-Module, die den Umbau der räumlichen Struktur steuern. Canadian Centre for Architecture: *Collection: Cedric Price*. https://www.cca.qc.ca/en. Dokumentenordner: DR1995:0280:259. Zugriff am 14. Januar 2019.

Abbildung 22: Konzeptskizzen zur internen Verwendung im Büro, *The Generator Project*, Cedric Price, 1977-1978: Axonometrische Skizze, die die Gesamtstruktur, die verschiedenen Sonderausbauelemete und die Kräne zeigt. Cedric Price: *Generator Project, White Oak, Florida: design thoughts used as reminders within Office B*. MoMA, New York Archive, 1977. https://www.moma.org/collection/works/879?artist_id=7986&locale=en&page=1&sov_referrer=artist. Objektnummer 1263.2000.a-d. Zugriff am 1.Dezember 2019.

Abbildung 23: Zeichnung *The Generator Project*, Cedric Price, White Oak Plantation, Yulee Florida, 1978: Lageplan. Canadian Centre for Architecture: *Collection: Cedric Price*. https://www.cca.qc.ca/en. Dokumentenordner: DR1995:0280:651:001:013. Zugriff am 14. Januar 2019.

Abbildung 24: Residenz in Shosei-en Garden aka. Kikoku-tie, Kyoto, 1657, Ishikawa Jozan (1583–1672), Foto: Hans Drexler, 2016.

Abbildung 25: Heino Engel: Rastermaße und typische Grundrisse in traditioneller japanischer Wohnarchitektur. Engel, Heiko: *The Japanese House: A Tradition for Contemporary Architecture*.

Abbildung 26: Zeichnung DGJ Architektur 2020 nach Zeichnung zu ‚General Panel System', Konrad Wachsmann: Axonometrie des Verbindungsstücks (endgültige Fassung), 1946–1947. Konrad Wachsmann: *The Turning Point of Building Structure and Design*. New York: Reinhold, 1961. S. 142.

Abbildung 27: Darstellungen aus *Wendepunkt im Bauen*. Konrad Wachsmann: *Wendepunkt im Bauen*. Wiesbaden: Krausskopf, 1959. Mit freundlicher Genehmigung von Ray Wachsmann.

Abbildung 28: Fotografie, Mobile Barracken für Kriegsopfer, Jean Prouvé, 1939. Centre Pompidou, MNAM-CCI Bibliothèque Kandinsky: *Jean Prouvé (1901–1948)*. https://www.photo.rmn.fr/archive/. Foto: 18-503930, Inventarnr.: 230J45650. Zugriff am 18. April 2020.

Abbildung 29: Fotografie, *Maison Tropique à Niamey*, Jean Prouvé, 1949: Transport der Bauteile per Flugzeug. Centre Pompidou, MNAM-CCI Bibliothèque Kandinsky: *Jean Prouvé (1901–1948)*. https://www.photo.rmn.fr/archive/. Foto: 17-515359, Inventarnr.: 230J45610_087_018. Zugriff am 18. April 2020.

Abbildung 30: Fotografie, *La maison tropicale montyée à Maxéville*, Jean Prouvé, 1951. Centre Pompidou, MNAM-CCI Bibliothèque Kandinsky: *Jean Prouvé (1901–1948)*. https://www.photo.rmn.fr/archive/. Foto: 17-515358, Inventarnr.: 230J45600. Zugriff am 18. April 2020.

Abbildung 31: Fotografien, *Pavillon du centenaire de l'aluminium*, Jean Prouvé, Paris, 1954. Diese Fotografie zeigt die Konstruktion des Daches in Aufsicht und den vorderen Rand, aus dem die Geometrie erkennbar wird. Fotos entnommen aus: *Deplazes, Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures*.

Abbildung 32: Fotografie, Temporäre Schule in Villejuif, Jean Prouvé, 1957. Isabelle Henricot: *École provisoire de Villejuif, Jean Prouvé.* 1957, https://www.parisartnow.com/jean-prouve-ecole-provisoire-de-villejuif-1957-patrick-seguin/. Zugriff am 1. Dezember 2020.

Abbildung 33: Fotografie, *La Maison Tropicale*, Niamey Haus, Niger, Jean Prouvé, 1948-49. Centre Pompidou, MNAM-CCI Bibliothèque Kandinsky: *Jean Prouvé (1901–1948)*. https://www.photo.rmn.fr/archive/. Foto: 19-501468, Inventarnr.: PROU4561. Zugriff am 18. April 2020.

Abbildung 34: Fotografie, *La Maison Tropicale*, Niamey Haus, Niger, Jean Prouvé, 1948–49. Centre Pompidou, MNAM-CCI Bibliothèque Kandinsky: *Jean Prouvé (1901–1948)*. https://www.photo.rmn.fr/archive/. Foto: 19-501469, Inventarnr.: PROU4561. Zugriff am 18. April 2020.

Abbildung 35: Fotografie, *Maison Métropole* 8 × 12, Meudon, Cité Sans Souci, Jean Prouvé, 1950–1952: acht vorgefertigte Häuser *Métropole*; Route des Gardes an der Grenze zwischen Meudon und Sèvres. Centre Pompidou, MNAM-CCI Bibliothèque Kandinsky: *Jean Prouvé (1901–1948)*. https://www.photo.rmn.fr/archive/. Foto: 17-515361, Inventarnr.: 230J45760. Zugriff am 18. April 2020.

Abbildung 36: Zeichnung *Maison de Meudon*, Cité Sans Souci, 1946–1952, Jean Prouvé: Plan; Route des Gardes, Meudon. Centre Pompidou, MNAM-CCI Bibliothèque Kandinsky: *Jean Prouvé (1901–1948)*. https://www.photo.rmn.fr/archive/. Foto: 08-535290, Inventarnr.: AM2007-2-485. Zugriff am 18. April 2020.

Abbildung 37: Fotografie, *Maison du Peuple de Clichy*, Eugène Beaudouin, Marcel Lods, Ingenieur Vladimir Bodiansky und Jean Prouvé, Clichy-la-Garenne, 1935–1939: Außenansicht. Centre Pompidou, MNAM-CCI Bibliothèque Kandinsky: *Jean Prouvé (1901–1948)*. https://www.photo.rmn.fr/archive/. Foto: 17-628229, Inventarnr.: 3505PROUJd. Zugriff am 18. April 2020.

Abbildung 38: Fotografie, *Maison du Peuple de Clichy*, Eugène Beaudouin, Marcel Lods, Ingenieur Vladimir Bodiansky und Jean Prouvé, Clichy-la-Garenne, 1935–1939: Innenaufnahme mit Schiebewandsystem in Bewegung und geöffnet. Centre Pompidou, MNAM-CCI Bibliothèque Kandinsky: *Jean Prouvé (1901–1948)*. https://www.photo.rmn.fr/archive/. Foto: 18-512104, Inventarnr.: 230J45280.044. Zugriff am 18. April 2020.

Abbildung 39: Fotografie, *Maison du Peuple de Clichy*, Eugène Beaudouin, Marcel Lods, Ingenieur Vladimir Bodiansky und Jean Prouvé, Clichy-la-Garenne, 1935-1939: Innenansicht. Centre Pompidou, MNAM-CCI Bibliothèque Kandinsky: *Jean Prouvé (1901–1948)*. https://www.photo.rmn.fr/archive/. Foto 18-512103, Inventarnr.: 230J45280.044. Zugriff am 18. April 2020.

Abbildung 40: 12 Modellbauten demontierbarer Architektur von Jean Prouvé: l'École de Bouqueval (1949), la Maison Ferembal (1948), les Maisons 6×6 et 6×9 créées pour les sinistrés de Lorraine (1944), la Maison 6×6 (1944), la Maison 8×8 (1945), la Maison F 8×8 BCC „tout bois" conçue avec Pierre Jeanneret (1942), l'Ecole provisoire de Villejuif (1957), la Maison des Jours Meilleurs commandée par l'abbé Pierre (1956), la Maison Aluminium Métropole (1949), la Station Service Total (1969), Galerie Patrick Seguin, Paris. Cedric Price: *12 Demountable Houses*. Galerie Patrick Seguin, Paris. https://www.patrickseguin.com/fr/news/galerie-patrick-seguin-i-paris-4-oct-2016-21-jan-2017/. Zugriff am 4. Januar 2019.

Abbildung 41: Vorgefertigte Bauten, Jean Prouvé, 1942–1969. Fotos: Galerie Patrick Seguin, Paris

Abbildung 42: Prospekt Stahlbausystem *Mini*, Fritz Haller. ETH Zürich, Archiv GTA. FotographInnen unbekannt.

Abbildung 43: Prospekt Stahlbausystem *Mini*, Fritz Haller. ETH Zürich, Archiv GTA. FotographInnen unbekannt

Abbildung 44: Stahlbausystem *Maxi*, Fritz Haller: Ausschnitt Modell 1:1. Foto: Therese Beyerle, ETH Zürich, Archiv GTA.

Abbildung 45: Stahlbausystem USM Haller: Stahlbausystem *Mini:* Produktion, Montage, Fritz Haller: Testaufbau 1:1. Foto: Therese Beyerle, ETH Zürich, Archiv GTA.

Abbildung 46: Stahlbausysteme *Mini, Midi, Maxi,* Montagezustand Primärkonstruktion, Fritz Haller. Fotos: Therese Beyerle, ETH Zürich, Archiv GTA.

Abbildung 47: Fotografie, *Metastad*t, Richard Dietrich in Kooperation mit OKAL - BAU Salzhemmendorf, München, Wulfen, 1969–1976: Modell in Seitenansicht, Wohn- und Geschäftshäuser. Architekturmuseum TU München: *Sammlung: Richard Dietrich*. http://mediatum.ub.tum.de/897679. Foto: diet-1-1016. Zugriff am 18. April 2020.

Abbildung 48: Fotografie, *Metastadt*, Richard Dietrich in Kooperation mit OKAL-BAU Salzhemmendorf, München, Wulfen, 1969–1976: Konzeptmodell (Durchsicht), Überlagerung der konventionellen Stadt mit der neuen *Metastadt*. Architekturmuseum TU München: *Sammlung: Richard Dietrich*. http://mediatum.ub.tum.de/897679. Foto: diet-1-1001. Zugriff am 18. April 2020.

Abbildung 49: Fotografie, *Metastadt*, Richard Dietrich in Kooperation mit OKAL-BAU Salzhemmendorf, München, Wulfen, 1969–1976: Konstruktionsmodell.

Abbildung 50: Fotografie, *Metastadt*, Richard Dietrich in Kooperation mit OKA -BAU Salzhemmendorf, München, Wulfen, 1969–1976: Testbau M 1:1 in München, 1970. Architekturmuseum TU München: *Sammlung: Richard Dietrich*. http://mediatum.ub.tum.de/897679. Foto: diet-1-1003. Zugriff am 18. April 2020.

Abbildung 51: Fotografie, *Metastadt*, Richard Dietrich in Kooperation mit OKAL-BAU Salzhemmendorf, München, Wulfen, 1969–1976: Metastadt Bauprojekt Wulfen (Ansicht), 1972–1974. Architekturmuseum TU München: *Sammlung: Richard Dietrich*. http://mediatum.ub.tum.de/897679. Foto: diet-1-1005. Zugriff am 18. April 2020.
Abbildung 52: Broschüre, *Metastadt - Ein Stadtbausystem*, Richard Dietrich in Kooperation mit OKAL - BAU Salzhemmendorf, München, Wulfen, 1969–1976: Realisationsstand 1974. Architekturmuseum TU München: *Sammlung: Richard Dietrich*. http://mediatum.ub.tum.de/897679. Foto: diet-1-2. Zugriff am 18. April 2020.
Abbildung 53: Die Variantenstudie vergleicht CO_2-Emissionen und Energieaufwand für Gebäudekonzepte im gesamten Lebenszyklus 6 Ein- und Mehrfamiliengebäude Neubau und Sanierung 400 Variantenkombinationen. Steinbeis-Transferzentrum Energie-, Gebäude- und Solartechnik, EGS Plan, STZ-EGS.
Abbildung 54: Möblierungsschablone Wohnfunktionen aus Bewertungshandbuch *Wohnwertbarometer*
Abbildung 55: Tabelle zur Passung von Geometrie und Wohnnutzung mit Durchschnittswerten, DGJ Architektur, 2019. Erläuterung: PHH = Personenhaushalt; rot = Passung unter 58%, blau = Passung über 58%, je extremer von diesem Wert abweichend, desto stärker der Farbton.
Abbildung 56: Trennwand TW01 und TW01.1: Axonometrie, DGJ Architektur; Detail, Pirmin Jung Deutschland GmbH, 2018.
Abbildung 57: Trennwand TW02: Axonometrie, DGJ Architektur; Detail, Pirmin Jung Deutschland GmbH, 2018.
Abbildung 58: Trennwand TW02.1: Detail, Pirmin Jung Deutschland GmbH, 2018.
Abbildung 59: Trennwand TW02.2: Detail, Pirmin Jung Deutschland GmbH, 2018.
Abbildung 60: Trennwand TW03: Axonometrie, DGJ Architektur; Detail, Pirmin Jung Deutschland GmbH, 2018.
Abbildung 61: Trennwand TW05: Axonometrie, DGJ Architektur; Detail, Pirmin Jung Deutschland GmbH, 2018.
Abbildung 62: *Skåne Blommor AB - Flower Shop*, Sigurd Lewerentz, Malmö, Sweden, 1969.
Abbildung 63: Diagramm eines globalen Tragwerks im Skelettbau, DGJ Architektur.
Abbildung 64: Diagramm eines globalen Tragwerks als Hybrid, DGJ Architektur.
Abbildung 65: Diagramm eines globalen Tragwerks in Massiv-Holzbau, DGJ Architektur.
Abbildung 66: Tabellarischer Vergleich der Effizienz des Tragswrks (Holzmengen pro Flächeneinheit), DGJ Architektur, 2018.
Abbildung 67: *Yatoi hozo sashi*: dreidimensionaler Knotenpunkt des Ashikatame Träger (Hauptträger), Grafik: DGJ Architektur. Hideo Sato; Yasua Nakahara: *The Complete Japanese Joinery*. Vancouver: Hartley & Marks, 2000.
Abbildung 68: 3D-Modell des Bausystems: Integrierter Anschluss Träger an Stützen, DGJ Architektur, 2016.
Abbildung 69: 3D-Modell des Bausystems: Differenzierter Anschluss Träger an Stützen, DGJ Architektur, 2016.
Abbildung 70: 3D-Definition und Hierarchie konstruktiver Subsysteme, DGJ Architektur, 2019. 183
Abbildung 71: Drei Hierarchieebenen von Subsystemen, DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 72: Abstufung konstruktiver Hierarchien innerhalb eines Spektrums von integriert zu differenziert, DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 73: Fünf Kategorien konstruktiver Hierarchien, DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 74: Explosionsaxonometrie, Variante 1. Differenzierte Ausführung.
Abbildung 75: Schematischer Grundriss und Schnitt der Variante 1. Differenzierte Ausführung, M 1:20.
Abbildung 76: Explosionsaxonometrie, Variante 2. Schichtung.
Abbildung 77: Schematischer Grundriss und Schnitt der Variante 2. Schichtung, M 1:20
Abbildung 78: Explosionsaxonometrie, Variante 3. Ausfachung.
Abbildung 79: Schematischer Grundriss und Schnitt der Variante 3. Ausfachung, M 1:20
Abbildung 80: Explosionsaxonometrie, Variante 4. Räumliche Überlagerung.
Abbildung 81: Schematischer Grundriss und Schnitt der Variante 4. Räumliche Überlagerung, M 1:20
Abbildung 82: Verbreitung internationaler Nachhaltigkeitsbewertungssystemen (Auswahl)
Abbildung 83: 3D-Diagramme der Fallstudien, ohne Maßstab, DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 84: Analyse der Fallstudien // Research Map, DGJ Architektur, 2020.
Abbildung 85: *Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0*: Modell des Bausystems im Maßstab 1/50, DGJ Architektur. Foto: Hans Drexler, 2016.
Abbildung 86: *Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0*
Abbildung 87: *Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0*: X-Ray-Analysis des Tragwerks, Cyanotypie auf Papier, DGJ Architektur 2019.
Abbildung 88: *Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0*: DIY Konstruktion, DGJ Architektur 2019
Abbildung 89: *Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0*: Stills aus dem Video Arrival City 4.0 DGJ Architektur, 2016 URL: https://vimeo.com/329668924
Abbildung 90: *Case Study 1: dgj219 Arrival City 4.0*: Radar-Diagramm Nachhaltigkeitsbewertung, DGJ Architektur 2019.
Abbildung 91: *Case Study 2: dgj228 Wohngruppe ‚Gemeinsam Suffizient Leben'*: Modell im Maßstab 1/50, Frankfurt am Main, 2017-2019. Foto: Hans Drexler, 2016.
Abbildung 92: *Case Study 2: dgj228 Wohngruppe ‚Gemeinsam Suffizient Leben'*: X-Ray-Analysis des Tragwerks, Cyanotypie auf Papier, DGJ Architektur 2019.
Abbildung 93: *Case Study 2: dgj228 Wohngruppe ‚Gemeinsam Suffizient Leben'*: Schema Wohnungstypologien, Frankfurt am Main, DGJ Architektur, 2016.
Abbildung 94: *Case Study 2: dgj228 Wohngruppe ‚Gemeinsam Suffizient Leben'*: Modell im Maßstab 1/50, Frankfurt am Main, 2017–2019. Foto: Hans Drexler, 2016.
Abbildung 95: *Case Study 2: dgj228 Wohngruppe ‚Gemeinsam Suffizient Leben'*. DGJ Architektur 2019.
Abbildung 96: *Case Study 2: dgj228 Wohngruppe ‚Gemeinsam Suffizient Leben':* Radar-Diagramm Nachhaltigkeitsbewertung, DGJ Architektur 2019.
Abbildung 97: *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*, 2015–2020, Modell frühe Entwurfsphase 2016, Modell DGJ Architektur, Foto: Hans Drexler 2017.
Abbildung 98: *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*, 2015–2020, Modell 1/50, DGJ Architektur, 2017. Foto: Hans Drexler, 2018.
Abbildung 99: *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*, 2015–2020, X-Ray-Analysis des Tragwerks, Cyanotypie auf Papier, DGJ Architektur 2019.

Abbildung 100: *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*, Demonstrator Aufbau. DGJ Architektur, 2015–2020.

Abbildung 101: *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*, 2015–2020, Video-Still aus dem *Video Interactive Housing*, DGJ Architektur 2018. URL: https://vimeo.com/459124025

Abbildung 102: *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*, 2015–2020, X Radar-Diagramm Nachhaltigkeitsbewertung, DGJ Architektur 2019.

Abbildung 103: *Case Study 3: dgj223 IBA Heidelberg*, 3D BIM-Model:, DGJ Architektur, 2015-2020.

Abbildung 104: *Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar*: Ansicht, IBA Thüringen, DGJ Architektur, 2017.

Abbildung 105: *Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar*: Modell M 1:200, DGJ Architektur. Foto: Hans Drexler, 2018.

Abbildung 106: *Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar*: X-Ray-Analysis des Tragwerks, Cyanotypie auf Papier, DGJ Architektur 2019.

Abbildung 107: *Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar*: Grundriss-Varianten mit verschiedenen Nutzerausbauten: Grundriss mit minimalen Individualbereichen und maximalem Gemeinschaftsbereich (oben links), Grundriss mit halboffenen, flexiblen Zonen (oben rechts), Grundriss mit minimalen Gemeinschaftsbereichen und maximalen Individual-Zimmern (unten links) und Grundriss mit rollstuhlgerechtem Ausbau (unten rechts), IBA Thüringen, DGJ Architektur.

Abbildung 108: *Case Study 4: dgj236 Studierenden-Wohnheim Weimar*: Radar-Diagramm Nachhaltigkeitsbewertung, DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 109: *Case Study 5: dgj244 ‚Greenhouse'*: Modell des Bausystems im Maßstab 1/100, DGJ Architektur 2018-2019. Foto: Robert Zolles im Auftrag von DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 110: *Case Study 5: dgj244 ‚Greenhouse'*. X-Ray-Analysis des Tragwerks, Cyanotypie auf Papier, DGJ Architektur 2019.

Abbildung 111: Raumstudien zu eingestellten Boxen, Maßstab 1/20, DGJ Architektur. Foto: Hans Drexler, 2016.

Abbildung 112: *Case Study 5: dgj244 ‚Greenhouse'*. Radar-Diagramm Nachhaltigkeitsbewertung, DGJ Architektur 2019.

Abbildung 113: *Case Study 6: dgj205 Reichenbach*. Modell Einfamilienhaus Maßstab 1/100, DGJ Architektur 2015. Foto: Hans Drexler.

Abbildung 114: *Case Study 6: dgj205 Reichenbach*. TYP Einfamilienhaus (EFH). X-Ray-Analysis des Tragwerks, Cyanotypie auf Papier, DGJ Architektur 2019.

Abbildung 115: *Case Study 6: dgj205 Reichenbach*. TYP Einfamilienhaus (EFH). Radar-Diagramm Nachhaltigkeitsbewertung, DGJ Architektur 2019.

Abbildung 116: *Case Study 7: dgj243 Wohncluster Merianstraße.* Visualisierung aus 3D-Model, DGJ Architektur 2017.

Abbildung 117: *Case Study 7: dgj243 Wohncluster Merianstraße*, Schnitt, DGJ Architektur 2017.

Abbildung 118: *Case Study 8: dgj229 Konstanz*. Lageplan o.M., Minihäuser (Kategorie V) unmarkiert, Microblocks (Kategorien II, III und IV) in rot, DGJ Architektur 2017.

Abbildung 119: *Case Study 8: dgj229 Konstanz*. TYP MFH, X-Ray-Analysis des Tragwerks, Cyanotypie auf Papier, DGJ Architektur 2019.

Abbildung 120: *Case Study 8: dgj229 Konstanz* TYP MFH, Radar-Diagramm Nachhaltigkeitsbewertung, DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 121: *Case Study 9: dgj229 Konstanz* TYP Minihaus, Konstruktion, DGJ Architektur, 2017. M 1:100

Abbildung 122: *Case Study 9: dgj229 Konstanz* Lageplan o.M., Mini häuser (Kategorie V) in rot, Microblocks (Kategorien II, III und IV) unmarkiert, DGJ Architektur 2017.

Abbildung 123: *Case Study 9: dgj229 Konstanz* TYP Minihaus, X-Ray-Analysis des Tragwerks, Cyanotypie auf Papier, DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 124: C*ase Study 9: dgj229 Konstanz* TYP Minihaus, Radar-Diagramm Nachhaltigkeitsbewertung, DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 125: *Case Study 10: dgj253 Wohngruppe Mannheim*, 2019, Visualisierung Noisy Owls, Vilnius nach 3D-Model im Auftrag von DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 126: *Case Study 10: dgj253 Wohngruppe Mannheim*, Vergleich der Varianten mit unterschiedlichen Rastergrößen, DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 127: *Case Study 10: dgj253 Wohngruppe Mannheim*, Radar-Diagramm Nachhaltigkeitsbewertung, DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 128: *Case Study 10: dgj253 Wohngruppe Mannheim*, Vergleich der Wohnfunktionen und unterschiedlichen Rastergrößen, DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 129: *Case Study 11: dgj251 KOWO Erfurt*, Visualisierung Architekturfabrik Oldenburg nach 3D-Modell von DGJ Architektur, 2018.

Abbildung 130: *Case Study 11: dgj251 KOWO Erfurt*, Grundriss-Schema und Raster Typ P2, DGJ Architektur, 2018.

Abbildung 131: *Case Study 11: dgj251 KOWO Erfurt*, Grundriss-Schema und Raster Typ P1, DGJ Architektur, 2018.

Abbildung 132: *Case Study 11: dgj251 KOWO Erfurt*, Radar-Diagramm Nachhaltigkeitsbewertung, DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 134: *Case Study 11: dgj251 KOWO Erfurt*, Modularisierung und Vorfertigung Typ P1, DGJ Architektur, 2018.

Abbildung 135: *Case Study 11: dgj251 KOWO Erfurt* Wohnungstypen, DGJ Architektur, 2018.

Abbildung 136: *Case Study 12: dgj241 ‚Prefab Max Reihenhaus'*, Visualisierung inhouse, DGJ Architektur, 2017.

Abbildung 137: *Case Study 12: dgj241 ‚Prefab Max Reihenhaus'*, X-Ray-Analysis des Tragwerks, Cyanotypie auf Papier, DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 138: *Case Study 12: dgj241 ‚Prefab Max Reihenhaus'*, Radar-Diagramm Nachhaltigkeitsbewertung, DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 139: *Case Study 12: dgj241 ‚Prefab Max Reihenhaus'*, Visualisierung inhouse, DGJ Architektur, 2017.

Abbildung 140: *Case Study 12: dgj241 ‚Prefab Max Reihenhaus'*, Visualisierung inhouse, DGJ Architektur, 2017.

Abbildung 141: *Case Study 13: dgj254 WB Seesport und Erlebniszentrum*, Modell, DGJ Architektur, 2020.

Abbildung 142: *Case Study 13: dgj254 WB Seesport und Erlebniszentrum*, Visualisierung DGJ Architektur, 2020.

Abbildung 143: *Case Study 13: dgj254 WB Seesport und Erlebniszentrum*, Modell DGJ Architektur, 2020.

Abbildung 144: Auswertung Fallstudien: Urbane Typologien / Anzahl der Fälle, Anmerkungen: EFH = Einfamilienhaus, DH = Doppelhaus, RH = Reihenhaus, DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 145: Auswertung Fallstudien: Erschließungstypologie / Anzahl der Fälle, DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 146: Auswertung Fallstudien: Konstruktive Hierarchie / Verflechtung der Subsysteme / Anzahl der Fälle, DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 147: Auswertung Fallstudien: Auf der Y-Achse die Dichte (GFZ, FAR) / auf der X-Achse ist die Nummerierung der Fallstudien abgetragen. Die Größe der Kreise repräsentiert die Gebäudegröße (BGF (s) + BGF (s) der Gebäude). DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 148: Auswertung Fallstudien: Dichte (GFZ, FAR). DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 149: Auswertung Fallstudien: A/V-Verhältnis (y-Achse) in Abhängigkeit von der Gebäudegröße BGF (s) + BGF (r) (x-Achse). Die Größe der Kreise zeigt die Größe der allseitig geschlossenen Gebäudefläche, BGF (r). DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 150: Auswertung Fallstudien: Effizienz (WFL/BGF) / Wohnfläche pro Person // Gebäudegröße (BGF). Die Größe der Kreise repräsentiert die Gebäudegröße (BGF (s) + BGF (s) der Gebäude). DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 151: Auswertung Fallstudien: Rastermaß (x-Richtung) / Effizienz Tragwerk (Kubikmeter Holz / WFL). Die Größe der Kreise repräsentiert die Gebäudegröße (BGF (s) + BGF (s) der Gebäude). DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 152: Auswertung Fallstudien: Bauweisen (Konstruktionstypen) / Effizienz Tragwerk (Kubikmeter Holz / WFL) und (Kubikmeter Holz / BGF). DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 153: Auswertung Fallstudien: Suffizienz und urbane Typologie, DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 154: Auswertung Fallstudien: Y = Wohnfläche pro Person / Fälle (Fallnummer). Die Größe der Kreise repräsentiert die Gebäudegröße (BGF (s) + BGF (s) der Gebäude). DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 155: Auswertung Fallstudien: Suffizienz-Indikator (BGF / Pers., Grundstücksfläche / Pers., Holzmenge / Pers); Wohnfläche pro Person; Urbane Typologie. DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 156: Auswertung Fallstudien: X = Passung Wohnnutzung Raumgeometrie // Y = Suffizienz (WFL/Pers.). Die Größe der Kreise repräsentiert die Gebäudegröße (BGF (s) + BGF (s) der Gebäude). DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 157: Auswertung Fallstudien: Y = Holzmenge pro Person / X = Mittlere Rastergröße (x+y)/2. Die Größe der Kreise repräsentiert die Gebäudegröße (BGF (s) + BGF (s) der Gebäude). DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 158: Auswertung Fallstudien: Y=Effizienz (WFL/BGF) // X=Suffizienz (WFL/Pers.). Die Größe der Kreise repräsentiert die Gebäudegröße (BGF (s) + BGF (s) der Gebäude). DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 159: Auswertung Fallstudien Flexibilität (X-Achse) und Adaptibilität (Y-Ache) sowie Gebäudegröße BGF (r) + BGF (s) (Durchmesser Kreis). DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 160: Auswertung Flexibilität, Bauweisen der Primärkonstruktion, Konstruktive Hierarchien, DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 161: Auswertung Fallstudien: X = Flexibilität und Y= Rastergröße (x+y)/2 sowie Wohnfläche pro Person (Größe der Kreise), DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 162: Auswertung Fallstudien Adaptibilität, DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 163: Auswertung Fallstudien Barrierefreiheit, DGJ Architektur, 2019.

Abbildung 164: Auswertung Fallstudien Adaptibilität (Y-Ache) und Rastergröße ((x+y)/2) (X-Achse), sowie durchschnittliche Wohnfläche pro Wohnung (Durchmesser Kreis), DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 165: Auswertung Fallstudien Partizipation und Einbeziehung der NutzerInnen, DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 166: Auswertung Fallstudien Grad der Aneignung auf einer Skala von 1 bis 4, wobei hohe Werte einen hohen möglichen Grad der Aneignung durch die NutzerInnen kennzeichnen, DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 167: Auswertung Überlagerung der Radar-Auswertung aller Fallstudien, DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 168: Auswertung Durchschnittswerte der Radar-Auswertung aller Fallstudien, DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 170: Systematik der numerischen und qualitativen Analysen der Fallstudien, DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 171: Typologische Merkmale zur Kategorisierung der Fallstudien, ohne Maßstab, DGJ Architektur, 2017.
Abbildung 172: Möblierungsschablone zur Untersuchung der Nutzung der Rasterfelder je Funktion und Haushaltsgröße, DGJ Architektur, 2019.
Abbildung 173: Bäder-Typen zur Untersuchung der Nutzung der Rasterfelder je Funktion und Haushaltsgröße, DGJ Architektur, 2019
Abbildung 174: Rastergröße 2,65m zur Untersuchung der Nutzung der Rasterfelder je Funktion und Haushaltsgröße, DGJ Architektur, 2018.
Abbildung 175: Auszug Detail Möblierungsbeispiel für Wohnzimmer und Badezimmer des Grundrisskataloges für die Rastergröße 2,65m zur Untersuchung der Nutzung der Rasterfelder je Funktion und Haushaltsgröße, DGJ Architektur, 2018.
Abbildung 176: Auszug Detail Möblierungsbeispiel Schlafzimmer des Grundrisskataloges für die Rastergröße 2,65m zur Untersuchung der Nutzung der Rasterfelder je Funktion und Haushaltsgröße, DGJ Architektur, 2018.
Abbildung 177: Auszug Detail Möblierungsbeispiel Schlafzimmer des Grundrisskataloges für die Rastergröße 2,65m zur Untersuchung der Nutzung der Rasterfelder je Funktion und Haushaltsgröße, DGJ Architektur, 2018.

Anhang: Tabellarische Übersicht der Kriterien und Indikatoren

C

GWP / Climate Change		**0% - 100%**
Material / GWP Konstruktion	hoch ist gut	0% - 100%
Energie-Konzept	hoch ist gut	0% - 100%
Effizienz (Gebäude)	hoch ist gut	0% - 100%
Material-Ressourcen		**0% - 100%**
Materialwahl / Ressourcenverbrauch Konstruktion	hoch ist gut	0% - 100%
Effizienz Tragwerk	hoch ist gut	0% - 100%
Rückbaubarkeit	hoch ist gut	0% - 100%
Re-Use (Potential zur Wiederverwendung)	hoch ist gut	0% - 100%
Recycling (Wiederverwendung Material)	hoch ist gut	0% - 100%
Effizienz		**0% - 100%**
Landverbrauch / Dichte	hoch ist gut	0% - 100%
Effizienz Grundriss	hoch ist gut	0% - 100%
Holzmenge (Holzmenge / WLF)	hoch ist gut	0% - 100%
Passung Geometrie	hoch ist gut	0% - 100%
Suffizienz		**0% - 100%**
BGF / Pers.		0% - 100%
Grundstücksfläche / Pers.		0% - 100%
Holzmenge / Pers.		0% - 100%
Bezahlbarkeit		**0% - 100%**
Baukosten		0% - 100%
Dichte (GFZ) Geschossflächenzahl		0% - 100%
WLF / (BGF (r) + BGF (s))		0% - 100%
WLF / Pers.		0% - 100%
Adaptabilität		**0% - 100%**
Gebäudetypologie ermöglicht... ...andere Wohnformen		0% - 100%
Gebäudetypologie ermöglicht... ...andere Nutzung		0% - 100%
Wohntypologie Grundriss ermöglicht unterschiedliche Wohnformen		0% - 100%
Wohntypologie Grundriss ermöglicht andere Nutzungen (z.B. Büro; Gewerbe)		0% - 100%
Belichtung und Belüftung		0% - 100%
Barrierefreiheit Gebäude		0% - 100%
Barrierefreiheit Wohnungen		0% - 100%
Flexibilität		**0% - 100%**
Horizontal erweiterbar		0% - 100%
Vertikal erweiterbar		0% - 100%
Verbinden und Trennen Wohneinheiten		0% - 100%
Konstruktive Hierarchie / Verflechtung der Subsysteme		0% - 100%
Bauweise / Tragsystem		0% - 100%
Konstruktive Merkmale		
Bauweise / Tragsystem		0% - 100%
Konstruktive Merkmale Primäre Ebene		0% - 100%

Konstruktive Merkmale Sekundäre Ebene		0% - 100%
Raumreserven / Erweiterbarkeit		0% - 100%
Empowerment		**0% - 100%**
Grad der Aneignung Einbeziehung der NutzerInnen in der Projektierung (nicht Planung)		0% - 100%
Einbeziehung der NutzerInnen in der Planung		0% - 100%
Einbeziehung der NutzerInnen in Betrieb und Organisation		0% - 100%
Anpassungen Nutzungen und Wohnformen möglich		0% - 100%
Anpassungen Grundriss möglich		0% - 100%
Anpassungen Feste Einbauten (Küchen, Bäder, Einbaumöbel) möglich		0% - 100%
Eigene Möbel		0% - 100%
Sociability		**0% - 100%**
Gemeinschaftliche und individuelle Wohnfläche		
Anteil Wohnfläche gemeinschaftlich in der Wohnung	hoch ist gut	0% - 100%
Anteil Wohnfläche gemeinschaftlich für gesamtes Gebäude	hoch ist gut	0% - 100%
Wohntypologie	hoch ist gut	0% - 100%
Urban Factor		**0% - 100%**
Urbane Typologie		
Dichte (GFZ) Geschossflächenzahl		0% - 100%
A/V		0% - 100%

D Analyse-Methoden für die Fallstudien

A.I Genese der Projekte / Fallstudien

Zuerst werden die Projekte allgemein beschrieben mit einem besonderen Augenmerk auf die Genese der Projekte und die Bedeutung, die die Projekte für die gesamte Forschung haben. Dabei weisen die Projekte eine unterschiedliche Planungstiefe auf, weswegen die Vergleichbarkeit nicht in allen Teilen gegeben ist. Diese methodischen Fragen werden innerhalb der einzelnen Fallstudien diskutiert.

A.II Entwurfskonzept

In Hinblick auf die zentrale Fragestellung der Arbeit – wie kann die Interaktion von Entwurf, Nutzung und Konstruktion in Entwurfsprozessen berücksichtigt werden – sollen diese Prozesse für die Case Studies nachgezeichnet und erläutert werden.

A.III Steckbrief // Quantitative und qualitative Analysen

Die Fallstudien werden quantitativ und qualitativ nach einer einheitlichen Systematik beschrieben, die einen Vergleich der Fallstudien ermöglicht. Für eine bessere Vergleichbarkeit werden Kategorien gebildet, mit deren Hilfe sich die Fälle typologisch beschreiben lassen.

Die Fälle werden auf vier Ebenen untersucht, die sich sowohl auf unterschiedliche Maßstäbe als auch auf unterschiedliche Ebenen von Entwurf und Konstruktion beziehen. Es bestehen fünf Betrachtungsebenen, für die jeweils unterschiedliche Parameter oder Kategorien analysiert werden:

- Städtebauliche Ebene
- Gebäude-Ebene
- Konstruktion und Tragwerk
- Wohnungsebene
- Partizipation, Prozesse

	QUANTITATIV GEOMETRISCHE ANALYSE	QUALITATIVE ANALYSEN // KATEGORIE				
	KENNDATEN	**EFFIZIENZ**	**SUFFIZIENZ**	**TYPOLOGIE**	**ADAPTABILITÄT (ERGEBNIS)**	**FLEXIBLITÄT (ERGEBNIS)**
STÄDTEBAU				**Urbane Typologie**	**Bewertung**	**Erweiterbarkeit Gebäudevolumen**
	Bruttogeschossfläche (BGF (r))	Dichte (GFZ) Geschossflächenzahl	BGF / Pers.	EFH, freistehend		Horizontal erweiterbar
	Bruttogeschossfläche (BGF (s))			DH, RH		Vertikal erweiterbar
	Bruttogeschossfläche (BGF (r) + BGF (s))			Minihaus / Teppichsiedlung		
	Bruttorauminhalt (BRI (r))	Grundflächenzahl (GRZ)		Blockrand		
	Grundstücksfläche (GF)	Baumassenzahl (BMZ)	Grundstücksfläche / Pers.	Solitär / Hochhaus		
	Grundfläche eines Gebäudes (BF)			Solitär / Großform		
GEBÄUDE	Bruttogeschossfläche (BGF (r) + BGF (s))	WLF / (BGF (r) + BGF (s))	BGF (r) / Pers.	**Erschließungstypologie**	**Gebäudetypologie ermöglicht...**	**Verbinden und Trennen Wohneinheiten**
	Wohn- und Nutzfläche WLF + HNF (oberirdisch)	WLF / (BGF (r))	BGF (s) / Pers.	Flur	...andere Wohnformen	Einheiten verbinden
	Nutzfläche (NF)		(BGF (r) + BGF (s)) / Pers.	Laubengang	...andere Nutzung	Einheiten trennen
	Verkehrsfl. (VF)	VF / (BGF (r) + BGF (s))	WLF / Pers.	Vertikale Erschließung / Treppenkerne	**Belichtung und Belüftung**	Erschließung Einheiten
	Konstruktionsfläche (KF)	KF / (BGF (r) + BGF (s))		Direkte Erschließung der Wohneinheiten	Tiefe der Räume bis 5m (=3)	Grundriss Organisation
	Hüllfläche (Brandwände nicht mitgerechnet)	A/V		Vertikale Erschließung / Treppenkerne	Tiefe der Räume bis 6m (=2)	
				Direkte Erschließung und internes Treppenhaus in der Wohneinheit	Tiefe der Räume bis 7m (=1)	
	Raster x				**Barriere Erschließung Gebäude**	
	Raster y				Anteil Wohnungen	
	Gebäudelänge x					
	Gebäudelänge y					
	Geschosse					
		Energie-Standard				
		unter EnEV				
		EnEV				
		Passivhaus				
		Plus-Energie-Haus				
TRAGWERK	Holzmenge insg.	Holzmenge / BGF	Holzmenge / Pers.	**Bauweise / Tragsystem**		**Bauweise / Tragsystem**
	Holz Stützen	Holzmenge / WLF		Skelettbau		Skelettbau (=4)
	l in m			Hybrid		Hybrid (=3)
	b in mm			Schottenbauweise		Schottenbauweise (=2)
	h in mm			Massivbau / tragende Wände		Massivbau / tragende Wände (=1)
	Anzahl					**Konstruktive Merkmale**
	Holz (trag.) Unterzüge			**Konstruktive Hierarchie / Verflechtung der Subsysteme**		Große Spannweiten
	l in m			Differenziert		Nicht-tragende Innenwände
	b in mm			Geschichtet		Position Leitungen
	h in mm			Integriert		Horizontale Leitungen
	Anzahl			Monomaterial		
	Holz Decken					Umbaubarkeit der Subsysteme
	l in m					Tragwerk
	h in mm					Fassade
	Anzahl					Konstruktiver Ausbau
	Holz Aussteifung / Wände					Technischer Ausbau
	GWP (Treibhauspotential)					
	Keller, Gründung, Bodenplatte					
	Primär-Konstruktion					
	Fassade, Gebäudehülle					
	Ausbau					
	Rückbaubarkeit					

	QUANTITATIV GEOMETRISCHE ANALYSE	QUALITATIVE ANALYSEN // KATEGORIE				
	KENNDATEN	**EFFIZIENZ**	**SUFFIZIENZ**	**TYPOLOGIE**	**ADAPTABILITÄT (ERGEBNIS)**	**FLEXIBLITÄT (ERGEBNIS)**
TRAGWERK	Rückbaubarkeit (Mittelwert)					
	Re-Use (Potential zur Wiederverwendung)					
	Keller, Gründung, Bodenplatte					
	Primär-Konstruktion					
	Fassade, Gebäudehülle					
	Ausbau					
	Recycling (Wiederverwendung Material)					
	Keller, Gründung, Bodenplatte					
	Primär-Konstruktion					
	Fassade, Gebäudehülle					
	Ausbau					
WOHNUNG	**Wohnungsschlüssel**	**Effizienz Appartement**	**Anzahl der Personen insg.**	**Raumbildung**	**Raumreserven**	**Konstruktive Merkmale**
	Gesamtzahl Wohnungen	Passung Geometrie und Wohnnutzung (Durchschnitt)	Pers. Appartement (Durchschnitt)	Zellenstruktur	**51%**	Primäre Ebene
		Rasterabschätzung Wohnfläche pro Person	HNF+NF/Pers. (Gebäude)	Open Plan (Division)		Flexible Wände, Schiebetüren
	Anzahl der Wohnungen	**Wohnfläche pro WE Durchschnitt**	**Wohnfläche in Wohnungen pro Person**	**Raum-im-Raum (eingestellte Boxen)**		Flexible versetzbare Wände
		Summe Wohnfläche	Anzahl der Personen			
WOHNFORMEN/WOHNTYPOLOGIEN	**Gemeinschaftliche und individuelle Wohnfläche**			**Wohntypologie**	**Wohntypologie**	
	Wohnfläche individuell			Einzelappartement	Grundriss ermöglicht unterschiedliche Wohnformen	
	Anteil Wohnfläche individuell			Flurgemeinschaft	Grundriss ermöglicht andere Nutzungen (z.B. Büro; Gewerbe)	
	Wohnfläche gemeinschaftlich in der Wohnung			Wohngemeinschaft		
	Anteil Wohnfläche gemeinschaftlich in der Wohnung			Familienwohnung		
	Wohnfläche gemeinschaftlich für gesamtes Gebäude			Cluster-Wohnung		
	Anteil Wohnfläche gemeinschaftlich für gesamtes Gebäude					
PARTIZIPATION/WOHNKULTUR					**Grad der Aneignung**	
					Einbeziehung der NutzerInnen in der Projektierung (nicht Planung)	
					Einbeziehung der NutzerInnen in der Planung	
					Einbeziehung der NutzerInnen in Betrieb und Organisation	
						Veränderung Wohnung und Gebäude durch die NutzerInnen
						Anpassungen Nutzungen und Wohnformen möglich
						Anpassungen Grundriss möglich
						Anpassungen Feste Einbauten (Küchen, Bäder, Einbaumöbel) möglich
						Eigene Möbel

Abbildung 170: Systematik der numerischen und qualitativen Analysen der Fallstudien, DGJ Architektur, 2019.

Über diese Daten hinaus werden bei den Fallstudien Parameter analysiert, die sich nicht auf das Gebäude beziehen und sich deshalb nicht mit den gleichen Parametern und Kategorien beschreiben lassen. Hier sind insbesondere die Partizipation und Wohnkultur zu nennen. Gleichwohl besteht eine Wechselwirkung zwischen Architektur und Wohnkultur.[307]

Auf den Untersuchungsebenen werden numerisch-geometrische Parameter quantitativ untersucht. Qualitativ werden die Fallstudien vorher gebildeten Kategorien zugeordnet:

Effizienz beschreibt vor allem die gebäudekundliche und technische Leistungsfähigkeit der Gebäude und der Konstruktion

Suffizienz ist einer der wichtigsten Parameter für die Systementwicklung. Eine Verringerung der Wohnfläche pro Person bei vergleichbarem Wohnkomfort zu erreichen, ist ein zentrales Ziel der Arbeit. Die Suffizienz beschreibt die Nutzbarkeit und Nützlichkeit der Projekte in Hinblick auf die Wohnnutzung.

Im Sinne einer gebäudekundlichen und konstruktiven Kategorisierung werden Typologien beschrieben, mit denen sich die vorliegenden Gebäude und Konstruktionen unterscheiden lassen. Je nach Größe und Struktur der Projekte kommt es zu Überlagerungen der Betrachtungsebenen und Typologien, wenn zum Beispiel aufgrund einer nicht vorhandenen sekundären Erschließung alle Wohnungen direkt erschlossen werden.

Zentrale Fragestellungen dieser Arbeit beziehen sich auf die **Adaptabilität** (Anpassungsfähigkeit) sowie die **Flexibilität**. Hier wurde eine eigene Methodik entwickelt, mit der sich diese Eigenschaften beschreiben und vergleichen lassen.

Adaptabilität beschreibt die Möglichkeiten einer vielfältigen Nutzung des Gebäudes ohne eine physische Veränderung desselben vorzunehmen.[308] Neben der Passung zwischen den Räumen und der jeweiligen Nutzung werden darüber hinaus die Möglichkeiten der Wohnung und einzelner Zimmer betrachtet, andere und unterschiedliche Nutzungen aufnehmen zu können. Hier besteht eine umgekehrte Proportionalität zu der Effizienz der Zimmergrundrisse: Je genauer die Räume auf eine Nutzung zugeschnitten werden, desto geringer ist deren Anpassungsfähigkeit und vielfältige Nutzbarkeit.

Flexibilität, die Gebäude, die Wohnung oder einzelne Räume physisch zu verändern, ist in den Projekten durch die Tragstruktur und die Hierarchie der Konstruktion angelegt. Diese Möglichkeiten werden für die einzelnen Ebenen getrennt bewertet.

Städtebauliche Ebene

D.I.I

Die städtebauliche Ebene beschreibt die städtebauliche Struktur und die Volumetrie der Gebäude.

Beschreibung und Kenndaten

Hier werden die städtebaulichen Daten erfasst:

- Bruttogeschossfläche (BGF), oberirdisch
- Bruttorauminhalt (BRI), oberirdisch
- Grundstücksfläche (GF)
- Überbaute Fläche (BF)

307 Wegener et al.: *Wohnformen: Vergleichende Untersuchung zu gemeinschaftlichen und individuellen Wohnbedürfnissen (Abschlussbericht)*.
308 Groák: *The Idea of Building: Thought and Action in the Design and Production of Buildings*.

Die Flächen und Volumina werden in Anlehnung an Flächen- und Rauminhalte nach DIN 277:2016 ermittelt, wobei aufgrund der unterschiedlichen Planungstiefe keine durchgehende DIN-konforme Ermittlung der Wohnflächen möglich oder sinnvoll ist.

Effizienz

In Bezug auf die Effizienz wird vor allem die Ausnutzung des Grundstücks untersucht:

- Dichte, Geschossflächenzahl (GFZ)
- Grundflächenzahl (GRZ)
- Baumassenzahl (BMZ)

Suffizienz

Hier werden die städtebaulichen Daten auf die Personen umgelegt:

- BGF / Pers.
- Grundstückfläche / Pers.

Typologie

Die Projekte werden städtebaulichen Typologien zugeordnet. Eine eindeutige Zuordnung ist nicht in allen Fällen möglich.

Bei den Einfamilienhäusern werden unterschieden:

- Einfamilienhaus (EFH)
- Doppel- und Reihenhaus (DH, RH)

Bei einer dichteren Anordnung können sich auch bei Einfamilienhäusern dichte städtische Strukturen ergeben:

- Minihaus (MH)
- Teppichsiedlung, Hofsiedlung

Die Mehrfamilientypologien gliedern sich in:

- Blockrand
- Punkthaus / Solitär / Hochhaus als Teil einer städtebaulichen Struktur oder eines städtebaulichen Ensembles
- Solitär / Großform, die sich von den Solitären durch die Größe und Komplexität unterscheidet, indem die Großform eine in sich geschlossene städtebauliche Struktur darstellt

Nutzung und Adaptabilität

Die Anpassungsfähigkeit des Gebäudes wird auf Gebäudeebene untersucht. Eine Untersuchung des städtebaulichen Umfelds, angrenzender Nutzungen und der städtischen Infrastruktur liegt außerhalb des Betrachtungsrahmens dieser Studie.

Flexibilität

Um auf der Ebene der städtebaulichen Struktur eine Flexibilität zu erreichen, kann die Erweiterbarkeit des Gebäudes untersucht werden. Mögliche Strategien hierfür sind:

- Erweiterbarkeit Volumen
- Vertikal erweiterbar
- Horizontal erweiterbar

Die Bewertung für die Aspekte wird wie folg vorgenomment:

1	Im Projekt nicht möglich
2	Grundsätzlich denkbar, aber entwerferisch nicht nachgewiesen
3	Im Betrieb mit Umbau umgesetzt oder umsetzbar
4	Im Betrieb ohne großen Umbau umgesetzt oder umsetzbar

Maßgeblich sind neben der Struktur des Gebäudes vor allem baurechtliche Möglichkeiten und Spielräumen:
- Ausnutzung des Grundstücks (maximale Dichte)
- Begrenzung der Höhe und Geschossigkeit (z.B. durch Bebauungsplan oder durch eine erforderliche Anpassung an die angrenzende Bebauung)
- Abstandsflächen

Grundsätzlich ist ein reziproker Zusammenhang zwischen der Dichte (Ausnutzung) und den Möglichkeiten der Nachverdichtung (Erweiterung) zu vermuten.

Gebäude-Ebene

D.I.II

Auf der Ebene der Gebäude werden gebäudekundliche Fragen bezüglich der inneren Struktur, Erschließung und der Typologie untersucht.

Beschreibung und Kenndaten

Die Flächen und Volumina werden in Anlehnung an Flächen- und Rauminhalte nach DIN 277:2016 ermittelt.
- BGF (entspricht Angaben auf städtebaulicher Ebene)
- Wohnfläche (WLF) und Hauptnutzfläche anderer Nutzungen (z.B. Gewerbenutzung)
- Nutzfläche (NF),
- z.B. Verkehrsfläche (VF)
- z.B. Konstruktionsfläche (KF)

Gebäudestruktur und Geometrie:
- Raster in X-Richtung
- Raster in Y-Richtung
- Gebäudelänge in X-Richtung
- Gebäudelänge in Y-Richtung
- Anzahl der Geschosse

Effizienz

Hier wird die quantitative Auswertung im Hinblick auf die Effizienz untersucht.
- WLF / BGF: Dieser Quotient beschreibt die Effizienz des Grundrisses durch das Verhältnis von nutzbarer Wohnfläche zu der gesamten Bruttogeschossfläche des Gebäudes. Damit wird der Anteil von Erschließungs-, Konstruktions-, Technikfläche und anderen sekundären Flächen lesbar.
- VF / BGF: beschreibt den Anteil der Verkehrsfläche an der Gebäudefläche (BGF)
- KF / BGF: beschreibt den Anteil der Konstruktion an der Gebäudefläche (BGF)
- A / V: Kompaktheit beschreibt das Verhältnis von Hüllfläche zu Gebäudevolumen. Je niedriger die Zahl, desto kompakter ist das Gebäude, was sich positiv auf die Wärmeverluste und die Baukosten auswirkt. Gleichzeitig bedeutet eine geringe Kompaktheit mehr Möglichkeiten zur Belichtung und Belüftung von Räumen. Eine große Gebäudetiefe bedeutet, dass die Räume im Mittel größer und / oder länger und schmaler sind. Dadurch werden die Adaptabilität und Möglichkeiten der vielseitigen Nutzung der Gebäude eingeschränkt.

- Schließlich wird der energetische Standard bewertet. Aufgrund der unterschiedlichen Planungstiefe ist der energetische Standard nicht bei allen Fallstudien abschließend geplant und festgelegt. Deswegen wurde eine grobe Einteilung der Projekte in die folgenden energetischen Standards vorgenommen:

Energie-Standard	Beschreibung / Bewertung
unter EnEV	1
EnEV	2
Passivhaus	3
Plus-Energie-Haus	4

Für die Projekte, bei denen kein Energiekonzept vorliegt, wird eine Ausführung im EnEV-Standard angenommen, was den gesetzlichen Vorgaben entspricht. Nur für *Case Study 5: dgj244 Greenhouse*, wurde davon ausgegangen, dass die vorliegende Planung nicht die gesetzlichen Mindestanforderungen erfüllen wird.

Suffizienz

Hier werden die Brutto- und Nettoflächen pro Person ermittelt.
- BGF / Pers.
- WLF / Pers.

Die Angaben der Personenanzahl beziehen sich auf eine maximale Anzahl von BewohnerInnen, die in einer durchschnittlichen Wohnnutzung wahrscheinlich ist. Die stetig steigende Wohnfläche pro Kopf weist darauf hin, dass die Wohnungen nicht immer und immer seltener mit einer maximalen Personendichte bewohnt werden. Um eine Vergleichbarkeit der Fälle in Hinblick auf die Planung der Gebäude zu erreichen, die nicht von der individuellen Wohnpraxis abhängt, ist die Betrachtung einer maximalen Belegung sinnvoll. Hier erfolgte die Orientierung an der Anzahl der Betten und es wurde davon ausgegangen, dass Schlafzimmer mit zwei Personen und Kinderzimmer mit einer Person belegt sind.

Typologie / gebäudekundliche Einordnung

Hier werden vor allem Erschließungstypologien unterschieden:
- Flur
- Laubengang
- Vertikale Erschließung über Treppenkerne (Einspänner, Zweispänner, Dreispänner)
- Direkte Erschließung

Ferner wird die Barrierefreiheit der äußeren und inneren Erschließung bewertet. Geprüft werden hier nicht die genauen Details (Schwellen, Türöffnungen, Bewegungsräume), sondern die generelle Möglichkeit einer barrierefreien Erschließung.

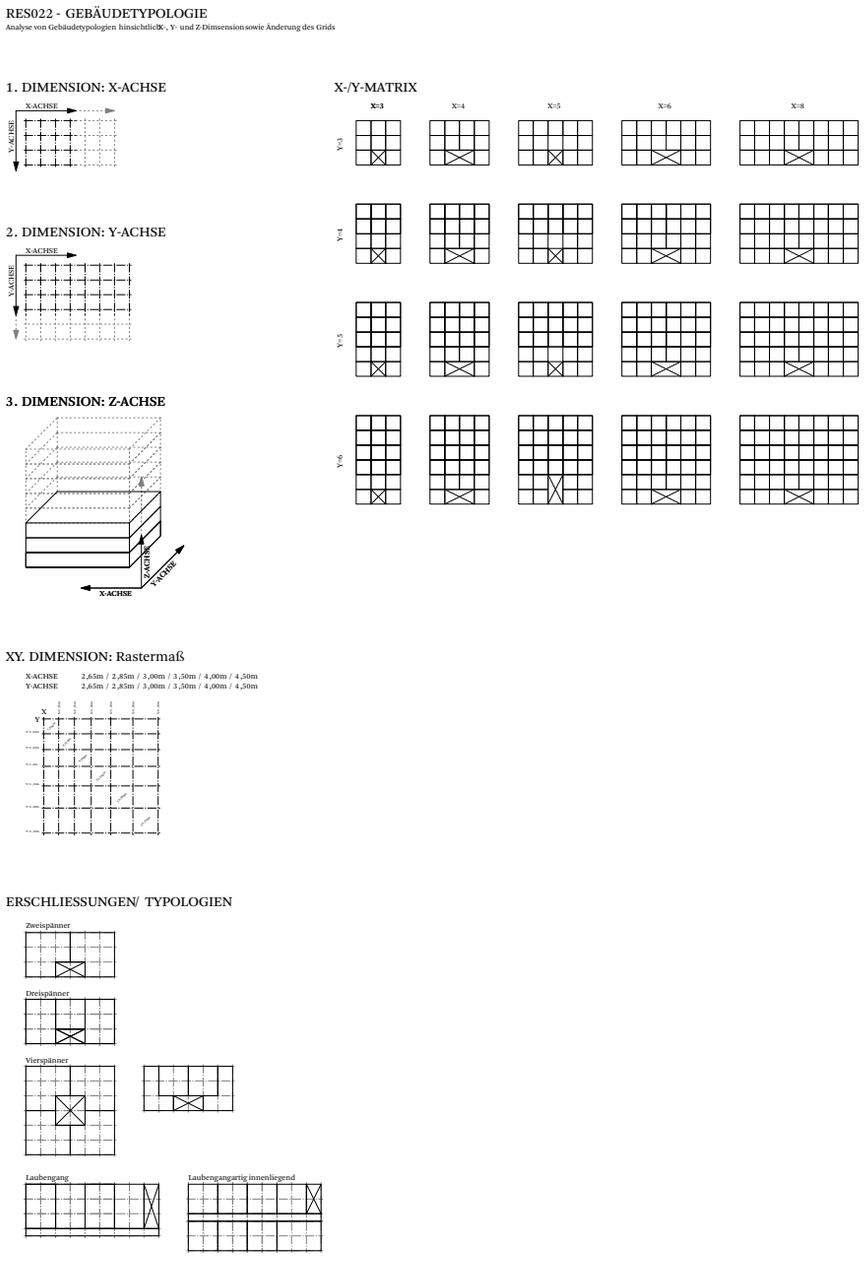


Abbildung 171: Typologische Merkmale zur Kategorisierung der Fallstudien, ohne Maßstab, DGJ Architektur, 2017.

Nutzung und Adaptabilität

Auf der Ebene des Gebäudes wird die innere Struktur vor allem im Hinblick auf die Erschließung und die tragenden und trennenden Bauteile betrachtet. Bei Adaptabilität wird davon ausgegangen, dass das Gebäude nicht umgebaut wird. Für die Anpassungsfähigkeit wird die Geometrie auf Ebene des Gebäudes untersucht. Die weiteren strukturellen Aspekte werden innerhalb der Wohnungen betrachtet:

- Gebäudetiefe
- Belichtung
- Belüftung

Betrachtet wird außerdem die Tiefe der Haupt- und Aufenthaltsräume. Bei einer Raumtiefe bis 4m wird von einer guten Belichtung und Belüftung ausgegangen. Bis 7m Raumtiefe nimmt die Belichtung und Belüftung ab.
Die Bewertung erfolgt für die Aspekte wie folgt:

1	Tiefe der Räume bis 7m
2	Tiefe der Räume bis 6m
3	Tiefe der Räume bis 5m

Der Fensterflächenanteil wird bei dieser Betrachtung nicht berücksichtigt, um die Analyse zu vereinfachen. Tatsächlich lassen sich bei größeren Fenstern auch tiefere Räume belichten und belüften.

- Welche anderen Nutzungen außer Wohnen können in den Wohnungen untergebracht werden?
- Ermöglicht die Anordnung der Technik (Sanitärräume, Küchen, Leitungen, Anschlüsse) unterschiedliche Grundrisse und Nutzungsarten?
- Können die Wohneinheiten für andere Wohnformen oder BenutzerInnen angepasst werden?

Mögliche andere Wohnformen und Nutzungen sind:

- Wohngemeinschaften
- Altersgerechtes Wohnen
- Klein-Wohnungen
- Cluster-Wohnungen
- Wohnheime
- Familienwohnungen
- Büro
- Einzelhandel
- Gewerbe (z.B. Werkstätten)
- Können die Wohneinheiten zusammengefügt oder aufgeteilt werden?
- Verbinden: Kombinieren von zwei kleinen Einheiten zu einer größeren
- Aufteilen
- Mehrbettzimmer
- Können die Wohneinheiten barrierefrei erschlossen und genutzt werden?
- Barrierefreie äußere Erschließung
- Barrierefreie innere Erschließung
- Schwellenlose Erschließung der Wohnung und der Außenbereiche

Die Bewertung wird in zwei Kriterien zusammengefasst:
- Grundriss ermöglicht unterschiedliche Wohnformen
- Grundriss ermöglicht andere Nutzungen (z.B. Büro; Gewerbe)

und wird für die Kriterien wie folg vorgenomment:

1	Im Projekt nicht möglich
2	Grundsätzlich denkbar, aber entwerferisch nicht nachgewiesen
3	Im Betrieb mit Umbau umgesetzt oder umsetzbar
4	Im Betrieb ohne großen Umbau umgesetzt oder umsetzbar

Flexibilität
Flexibilität auf der Ebene des Gebäudes bedeutet, dass das Gebäude mit einem geringen oder angemessenen Aufwand umgebaut oder anders genutzt werden kann.
- Kann das Gebäude in unterschiedlich große Wohneinheiten aufgeteilt werden?
- Bietet die Erschließung die Möglichkeit unterschiedlicher Grundrisse oder Grundriss-Organisationen?
- Erlaubt die Gebäudetiefe und die Fassade eine Anpassung und damit unterschiedliche Nutzungsarten?
- Können Wohneinheiten verbunden oder getrennt werden?

Konstruktion und Tragwerk-Ebene
Die Ebene der Konstruktion bezieht sich auf das globale und lokale Tragwerk, aber auch die anderen Ebenen der Konstruktion: konstruktiven und technischen Ausbau sowie Fassade.

Beschreibung und Kenndaten D.IV.I
Bei der numerischen Analyse wird die Holzmenge des Tragwerks erfasst:
- Holzmenge insgesamt
- Holzvolumen Stützen
- Holzvolumen (trag.) Unterzüge
- Holzvolumen Decken
- Holzvolumen Aussteifung / Wände

Effizienz
Um die Effizienz des Tragwerks und der Konstruktion zu ermitteln, wird das Holzvolumen auf die Gesamtfläche des Gebäudes und die Wohnfläche (WFL und HNF) umgelegt,
- Holzmenge (Holzvolumen) / BGF
- Holzmenge (Holzvolumen) / WLF

Die Holzmenge aus den Entwürfen wird verglichen mit den Werten, die aus dem Rechentool zur Vordimensionierung des Tragwerks des Bausystems eingesetzt werden kann.

Suffizienz
Die Holzmenge lässt sich auch auf die Anzahl der Personen umlegen, um eine Aussage über den konstruktiven Aufwand pro Person zu erhalten:
- Holzmenge (Holzvolumen) / Pers.

Typologie (Tragwerk und Baukonstruktion)
Für das Tragwerk lassen sich innerhalb des Systems verschiedene Ausprägungen oder Typologien entwickeln:
- Skelettbau: Reiner Skelettbau mit wenigen aussteifenden Elementen (z.B. Wandscheiben).
- Hybrid-Konstruktion mit tragenden Stützen und Trägern, die mit tragenden und aussteifenden Wänden kombiniert sind. Diese können insbesondere an Wohnungstrennwänden und Erschließungskernen sowie darüber hinaus an den geschlossenen Teilen der Fassade eingesetzt werden.
- Schottenbauweise: Tragende parallele Wände.
- Massivbau / tragende Wände, die nicht nur in einer Richtung angeordnet sind, sondern die Räume allseitig umschließen.

Nutzung und Adaptabilität
Die Konstruktionsweise spielt für die Anpassungsfähigkeit des Gebäudes (ohne Umbau) eine untergeordnete Rolle, weil diese sich hauptsächlich aus der inneren Struktur des Gebäudes, der Geometrie und Belichtung der Räume ergibt.

Flexibilität
Eine zentrale Forschungsfrage ist, ob die Konstruktion Änderungen ermöglicht. Grundsätzlich eignen sich die Bauweisen mit weniger tragenden Bauteilen (Skelettbau) besser für Umbau und Anpassungen.

In Hinblick auf die zunehmende Eignung zum Umbau (Flexibilität) werden die Primärkonstruktionen wie folgt bewertet:

1	Massivbau, tragende Wände
2	Schottenbauweise
3	Hybrid-Konstruktionen
4	Skelettbau

Die unterschiedlichen Varianten des Systems (s.o.) beschreiben eine mehr oder weniger starke Verflechtung der Subsysteme, die zur Folge hat, dass die Konstruktionen unterschiedlich gut angepasst werden können. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die differenzierteren Varianten eine leichte Anpassung der einzelnen Subsysteme und damit auch eine höhere Anpassungsfähigkeit des gesamten Gebäudes zur Folge haben.
Weitere Aspekte sind:
- Statische Berücksichtigung unterschiedlicher Grundrissvarianten (z.B. Stürze, Unterzüge für zukünftige Wanddurchbrüche und Türen).
- Freispannende Deckenkonstruktion.
- Nicht-tragende Innenwände.
- Innenwände stehen nicht auf der Rohdecke, sondern auf dem Estrich.
- Lastreserven des Tragwerks, um andere Nutzungsarten, zukünftige Anforderungen oder Aufstockungen zu ermöglichen.
- Struktur und Konstruktion ermöglichen unterschiedliche Grundrisse.
- Hierarchie der Konstruktion in Hinblick auf die Lebensdauer der Bauteile und Konstruktionen.
- Konstruktive und / oder geometrische Trennung der Subsysteme.
- Schichten und Subsysteme demontierbar und austauschbar.
- Anpassungsfähigkeit des Ausbaus an zukünftige Anforderungen und Technologien.
- Anordnung des technischen Ausbaus ermöglicht unterschiedliche Grundrisse.

- Zugänglichkeit der TGA für Wartung und Erneuerung.
- Konzept für die horizontale Leitungsführung, welches unterschiedliche Nutzungen ermöglicht.

Die Bewertungen werden anhand von vier Aspekten betrachtet:

- Große Spannweiten
- Nicht-tragende Innenwände
- Position Leitungen
- Horizontale Leitungen

und dabei gilt für die Aspekte wie folgt:

1	Im Projekt nicht möglich
2	Grundsätzlich denkbar, aber entwerferisch nicht nachgewiesen
3	Im Betrieb mit Umbau umgesetzt oder umsetzbar
4	Im Betrieb ohne großen Umbau umgesetzt oder umsetzbar

Qualitative Ebene // Graphische Struktur - Analyse Tragwerk und Konstruktion (X-Ray)
Neben der typologischen Einordnung wurde auch eine graphische Analysemethode entwickelt, um die innere Struktur sichtbar zu machen. Diese Technik ist angelehnt an die Röntgenbilder, die im medizinischen und technischen Bereich eingesetzt werden. Der Künstler Nick Veasey setzt großformatige Röntgenbilder ein, um technische Objekte und Alltagsgegenstände abzulichten.

D.IV.II Wohnungs-Ebene

Die Wohnung wurde als eigener Betrachtungsrahmen gewählt, bei dem es jedoch Überschneidungen zu der Gebäude-Ebene gibt, um die innere Struktur und Typologie der einzelnen Wohnungen zu beschreiben.

Beschreibung und Kenndaten
In den meisten Gebäuden gibt es eine Reihe von unterschiedlichen Wohnungstypen, weswegen der Wohnungsschlüssel und die Größe der einzelnen Wohnungen angegeben wird.

Effizienz auf Wohnungsebene
Hier wird die Größe der einzelnen Wohnungen und ein Durchschnittswert für alle Wohnungen angegeben.

Suffizienz auf Wohnungsebene
Betrachtet wird die Wohnfläche pro Kopf in den einzelnen Wohnungsgrößen und der durchschnittliche Wert für das ganze Gebäude.

Typologie auf Wohnungsebene
Hinsichtlich der Wohnungstypologie werden zunächst verschiedene Arten der Raumbildung innerhalb der Wohnungen unterschieden:

- Zellenstruktur: Die einzelnen Räume sind in sich geschlossen und werden unabhängig voneinander erschlossen.
- Open Plan (Division): Die Raumstruktur ist ein fließender, offener Raum wie er in der traditionellen japanischen Wohnarchitektur, aber auch in der klassischen Moderne zu finden ist. Heute sind im Wohnungsbau Open Plan-Grundrisse eher unüblich, weil an die meisten Räume eine höhere Anforderung an Privatheit gestellt wird, die einen räumlichen Abschluss der Räume erforderlich macht.
- Raum-im-Raum (eingestellte Boxen): Ein Kompromiss zwischen offenen Wohngrundrissen und den Interessen der Privatheit einzelner Räume, indem geschlossene Boxen in einen offenen Raum eingestellt werden.

Ferner werden Erschließungstypologien für die Erschließung innerhalb der Wohnung unterschieden:

- Flur (innerhalb der Wohnung)
- Verteiler-Raum (Erschließung über Wohnraum)

Nutzung und Adaptabilität auf Wohnungsebene
Die Ebene der Wohnung ist für die Anpassungsfähigkeit und die vielfältige Nutzbarkeit des gesamten Gebäudes entscheidend, wenn von häufig aufwendigen Umbaumaßnahmen abgesehen werden soll. Hier spielen sowohl die innere Organisation der Wohnung als auch Größe und Proportionen der einzelnen Räume eine wichtige Rolle. Für die Wohnungen wird die Passung Nutzung / Raumgeometrie über die Möblierbarkeit untersucht. Hierzu wurde die eingeführte Methodik eingesetzt. Aspekte einer anpassungsfähigen Wohnung sind:

- Die Wohnung kann auch zu Nicht-Wohnzwecken genutzt werden.
- Die Wohnung kann eine Vielzahl von Wohnformen und Lebensmustern aufnehmen.
- Die einzelnen Zimmer können für mehr als eine Funktion verwendet werden.
- Die Räume können auf verschiedene Arten eingerichtet werden.
- Die Wohnung kann die Anforderungen unterschiedlicher Personen erfüllen (Inklusion, Barrierefreiheit):
    - Barrierefreie, innere Erschließung
    - Schwellenlose Erschließung innerhalb der Wohnung und der Außenbereiche

- Barrierefreie Sanitärräume
- Barrierefreie Küche
- Bewegungsflächen von Möbeln
- Rotationsflächen
- Anordnung von Bedienungselementen

Um die entwerferischen und gebäudekundlichen Möglichkeiten zu studieren, werden zunächst (Entwurfs-)Parameter definiert, deren Variation als Matrix ausgedrückt wird. Durch die Arithmetik der Matrix lassen sich verschiedene Auswertungen durchführen, die Ergebnisse zu den gebäudekundlichen Kenndaten der jeweiligen Permutation (Entwurf), des Tragwerks (Konstruktion) sowie der Performance (Nutzung) zulassen. In der Matrix sind alle drei Untersuchungsebenen verknüpft und beeinflussen sich:
Die Bewertung wurde in den folgenden Aspekten zusammengefasst:

- Grundriss ermöglicht andere Nutzungen (z.B. Büro; Gewerbe)
- Grundriss ermöglicht unterschiedliche Wohnformen
- Barrierefreiheit der Erschließung und der Räume

Es wurden jeweils vier Bewertungsstufen angegeben:

1	Im Projekt nicht möglich
2	Grundsätzlich denkbar, aber entwerferisch nicht nachgewiesen
3	Im Betrieb mit Umbau umgesetzt oder umsetzbar
4	Im Betrieb ohne großen Umbau umgesetzt oder umsetzbar

Passung der Raumgeometrie und der Raumnutzung / gebäudekundliche Analyse

Es wurde eine Methode entwickelt, um zu untersuchen, wie sich die Auswahl eines bestimmten Rastermaßes auf die Effizienz der Grundrisse sowie auf die Anpassungsfähigkeit der Wohnungsgrundrisse auswirkt. Dabei wurde zunächst die Passung zwischen den einzelnen Wohnfunktionen (u.a. Küche, Essen, Schlafen, Bad) und dem Raster untersucht. Aus einer systematischen Betrachtung aller notwendigen Funktionen ergibt sich eine Gesamtbewertung für eine Wohnung in dem jeweiligen Raster.

Für die Rasteruntersuchung wurde das Modul entsprechend der notwendigen Funktionen des Wohnens und zunächst in Hinblick auf die Passung mit den Möblierungsschablonen des ‚Wohnwertbarometers'[309] (Möbelmaße und Bewegungsflächen) untersucht. Später wurden die Vorgaben des ‚Wohnwertbarometers' zur Vereinfachung und besseren Vergleichbarkeit der Raster untereinander durch eine komprimiertere Möblierungsschablone ersetzt. Daraus ergibt sich für jede Wohnungsgröße jeweils ein bestimmter Flächenbedarf. Dieser variiert einzig in kleinen Rastern, wenn zwei Kinderzimmer zu einem Doppelzimmer zusammengefasst werden.

Als Grundlage der Beschreibung der einzelnen Wohnfunktionen in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße wurde eine Möblierungsschablone des ‚Wohnwertbarometers'[310] genutzt, die als Erfassungs- und Bewertungssystem nachhaltiger Wohnqualität entwickelt wurde.

309 Hegger et al.: *Wohnwertbarometer: Erfassungs- und Bewertungssystem nachhaltiger Wohnqualität.*
310 Ibid.

Abbildung 172: Moeblierungs-schablone zur Untersuchung der Nutzung der Rasterfelder je Funktion und Haushaltsgröße, DGJ Architektur, 2019.

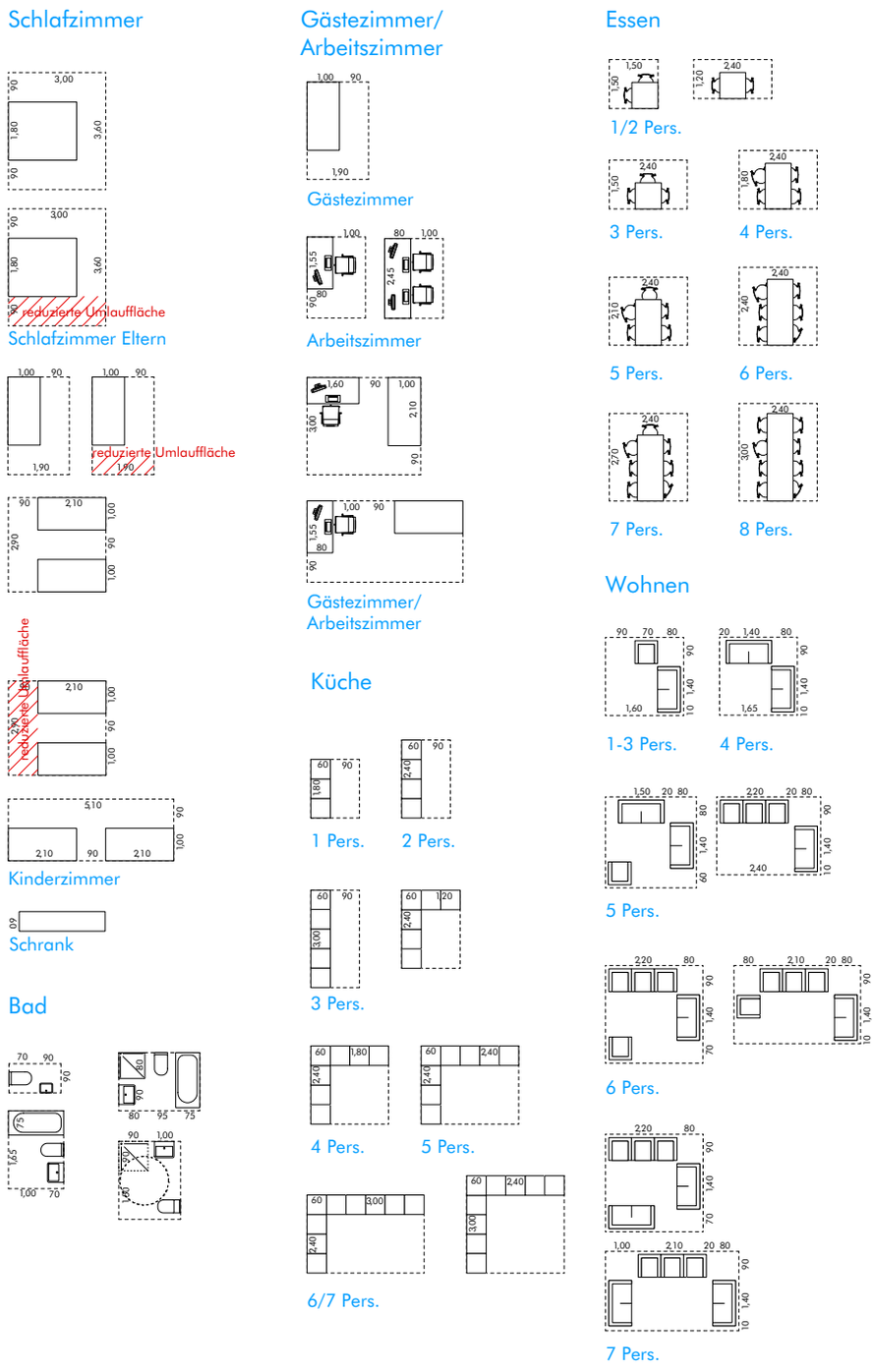
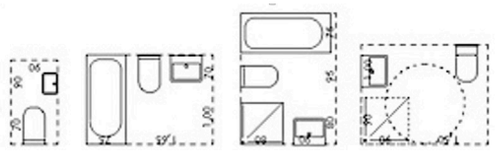


Abbildung 173: Bäder-Typen zur Untersuchung der Nutzung der Rasterfelder je Funktion und Haushaltsgröße, DGJ Architektur, 2019



Da die Anforderungen an die einzelnen Wohnfunktionen je nach Wohnungsgröße und Anzahl der BewohnerInnen variieren, wurden die jeweiligen Wohnfunktionen mit spezifischen Größenanforderungen abgebildet, die in Abhängigkeit von der Anzahl der BewohnerInnen (Haushaltsgröße) unterschiedlich definiert sind. So wurde davon ausgegangen, dass auch die Größen bzw. die Anzahl von Küche, Bädern, Essplätzen usw. mit zunehmender Anzahl der Personen im Haushalt (PHH) steigen.

Es ist an dieser Stelle anzumerken, dass diese funktionalistische Abbildung des Wohnens über einzelne Wohnfunktionen nicht als Entwurfsmethodik, sondern als Recheninstrument verstanden werden sollte, um die Effizienz (oder Suffizienz) der Raster, der Grundrisse und der Gebäudetypologie bewerten zu können. Natürlich gibt es eine beliebig große Anzahl anderer Möglichkeiten, Wohnungen zu entwerfen und zu organisieren, die in dieser Methode nicht erfasst werden. Dennoch geht die Forschung davon aus, dass sich aus der systematischen und numerischen Analyse der Permutationen des Bausystems valide Aussagen über die Eignung bestimmter Gebäudetypologien und Raster finden lassen.

Neben der additiven Abbildung einzelner Wohnfunktionen, die der Berechnungsmethode zugrunde liegt, sind andere Entwurfsmethoden denkbar, in denen die einzelnen Funktionen stärker überlagert und verschränkt werden. Diese gingen mit erheblichen Effizienzgewinnen einher. Vor allem die Erschließungsflächen der einzelnen Funktionen und Flure oder offene Erschließungsflächen werden in der Praxis oft mit anderen Erschließungsflächen und Funktionen überlagert. Dies ist in der Auswertung nicht darstellbar.

Bei der Rasteruntersuchung wurden sowohl gerichtete als auch ungerichtete Systeme unterschieden. Ungerichtete Systeme haben gleichwertige Lastabtragungen zu allen Seiten, womit eine Richtung, in die die Kräfte fließen, nicht eindeutig bestimmt ist. Dies ist bei gleichschenkligen Systemen wie z.B. Quadraten der Fall. Im Gegensatz dazu haben gerichtete Systeme wie Rechtecke, eine eindeutige Richtung der Lastabtragung.

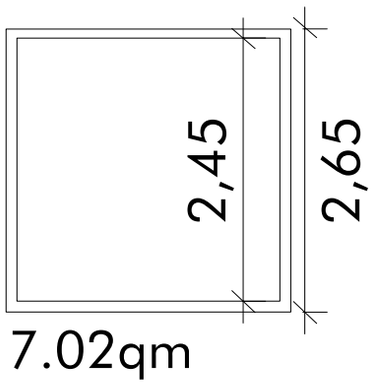


Abbildung 174: Rastergröße 2,65m zur Untersuchung der Nutzung der Rasterfelder je Funktion und Haushaltsgröße, DGJ Architektur, 2018.

Jeder betrachtete Fall hat ein Bandraster in X-Richtung (definiert als Gebäudelänge) und Y-Richtung (definiert als Gebäudetiefe). Die Darstellung oben zeigt ein ungerichtetes System mit der Abmessung 2,65m in beide Achsrichtungen. Es kann als äußeres Maß bezeichnet werden. Die Fläche dieses daraus entstehenden Moduls entspricht 7,02m² (siehe Abbildung 174). Das innere Maß, welches im Beispiel 2,45m beträgt, ist um den Stützenquerschnitt oder Wandstärke (0,2m) kleiner. Diese Annahme entspricht einem Näherungswert der Wandstärke, welche in der Regel das Modul umschließt und auf der Konstruktionsachse steht. Dieses verkleinerte Maß ist das näherungsweise real nutzbare Maß innerhalb des Moduls. Das im Vergleich zum Rastermaß kleinere Maß wird in der gebäudekundlichen Analyse genutzt, um die Möblierbarkeit zu prüfen und die Raster auf ihre Benutzbarkeit hin zu analysieren.

In Abbildung 154 ist als Beispiel das Rastermaß von 2,65m eines Einpersonenhaushalts (1 PHH) abgebildet. Die zwei Beispiele zeigen die Nutzung des Moduls als Wohnzimmer sowie als Badezimmer. Abgebildet ist zusätzlich zu dem Rasterfeld (dicke schwarze Linie) und den Möbeln (dünne schwarze Linie) eine gestrichelte Linie, die angibt, wieviel Fläche ausreichend gewesen wäre, um die Funktion zu erfüllen.

Das Wohnzimmer ist mit Sofa und Sessel ausgestattet. Als Beispiel hat das Sofa eine Breite von 1,40m und eine Tiefe von 0,8m. Zusätzlich ist eine Bewegungsfläche inklusive Sessel von 1,60m × 2,40m von Nöten, sodass sich ein Gesamtplatzbedarf von 2,40m × 2,40m ergibt. Die Restfläche ist mit 0,05m und 0,05m klein. Somit hat dieses Modul eine gute Flächeneffizienz. Vergleichsweise dazu hat ein Badezimmer eine Breite von 0,75m für die Badewanne sowie 1,65m für Toilette und Waschtisch. Die Tiefe beträgt 1,70m. Damit ergibt sich eine Restfläche von 0,75m in der Tiefe des Moduls. Die Restfläche in der Breite ist mit 0,05m marginal. Somit bleibt eine größere Teilfläche, die nicht direkt zur Funktionserfüllung benötigt wird. In dem Fall des Moduls für das Badezimmer könnte dies auch als Schachtfläche genutzt werden. Damit wäre die Effizienz deutlich verbessert.

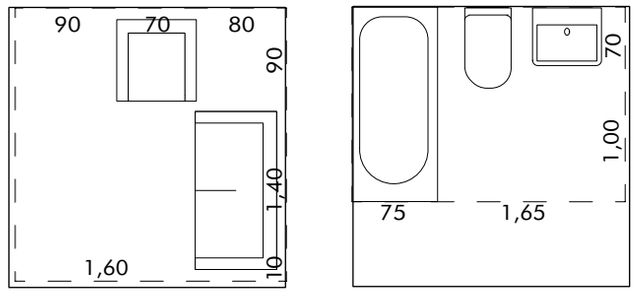


Abbildung 175: Auszug Detail Möblierungsbeispiel für Wohnzimmer und Badezimmer des Grundrisskataloges für die Rastergröße 2,65m zur Untersuchung der Nutzung der Rasterfelder je Funktion und Haushaltsgröße, DGJ Architektur, 2018.

Bei anderen Wohnfunktionen wurde auf gleiche Weise verfahren. Dabei zeigt sich unter anderem auch, dass nicht immer alle Funktionen in ein Rastermodul passen. Im nachfolgenden Beispiel (siehe Abbildung 176) eines Schlafzimmers bei gleichem Rastermaß von 2,65m zeigt sich, dass das Bett mit 2,10m und einer Bewegungsfläche von 0,90m mindestens 3,00m benötigt. Dieses passt nicht in ein Raster von 2,65m, weshalb ein zweites Rastermodul benötigt wird. Der Schrank kann nun recht flexibel im Raum angeordnet werden. Die Flächeneffizienz ist aufgrund der zwei benötigten Rastermodule jedoch ungünstig.

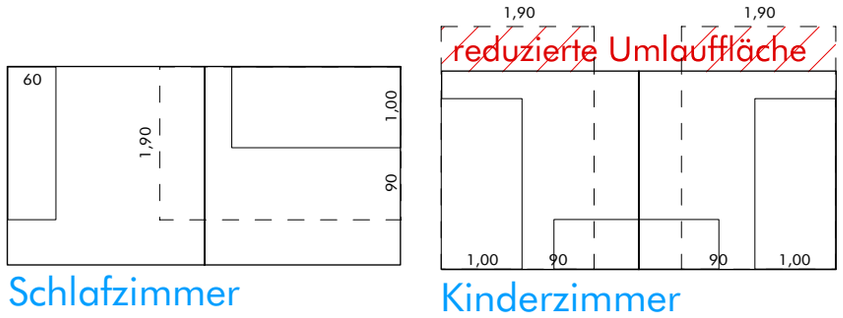


Abbildung 176: Auszug Detail Möblierungsbeispiel Schlafzimmer des Grundrisskataloges für die Rastergröße 2,65m zur Untersuchung der Nutzung der Rasterfelder je Funktion und Haushaltsgröße, DGJ Architektur, 2018.

Bei kleinen Rastern, bei denen Schlafzimmer zwei Rastermodule benötigen, werden zwei Kinderzimmer zu einem Doppelzimmer zusammengefasst.

Bei einem Doppelbett ist die Breite mit Bewegungsfläche zusätzlich größer. Die über das Raster hinausragende Bewegungsfläche ist mit roter Schraffur dargestellt. Die Funktion des Schlafens ist daher praktisch nicht erfüllt. Mögliche Konsequenzen sind entweder, dass diese Rastergröße nicht funktioniert, mit einem speziell angepassten Sondermöbel reagiert oder dass von den Vorgaben abgewichen werden muss.

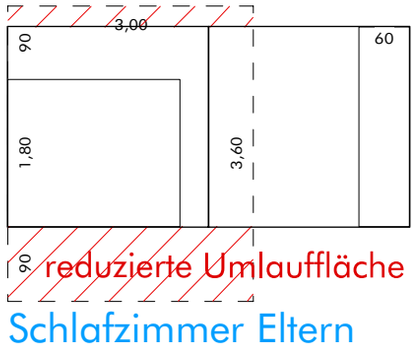


Abbildung 177: Auszug Detail Möblierungsbeispiel Schlafzimmer des Grundrisskataloges für die Rastergröße 2,65m zur Untersuchung der Nutzung der Rasterfelder je Funktion und Haushaltsgröße, DGJ Architektur, 2018.

Die Nutzung eines Rastermoduls wird zunächst monofunktional betrachtet, kann jedoch bei Überschneidungen der Nutzungsziele und räumlicher Anordnung auch in einem Rastermodul zusammengelegt werden.

Zur internen Erschließung der Wohneinheiten wird je nach Wohnungs- und Rastergröße ein weiteres Rastermodul als Flurfläche hinzugerechnet. Es wird davon ausgegangen, dass Wohnungen mit mehreren Zimmern ab einer gewissen Anzahl einen Flur benötigen, um die Zimmer erschließen zu können. Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass bei großen Rastern die Erschließungsfläche innerhalb der bereits mit anderen Nutzungen belegten Raster untergebracht werden kann.

Die nachfolgende gebäudekundliche Analyse (Anhang D) erfolgt im Hinblick auf die Funktionalität der Räume, die Flexibilität der Rastermodule, die Größe der Wohnungen auf Grundlagen der Mindestzahl der Rastermodule zur Erfüllung der notwendigen Wohnfunktionen, die Wohnfläche je Person, die Möblierbarkeit sowie die Gebäudetypologie unter Berücksichtigung der Erschließbarkeit und Anordnung der Rastermodule im Gebäude.

Flexibilität auf Wohnungsebene

Idealerweise sollte es möglich sein, über die vorhandene Erschließung eine zukünftige Erweiterung zu ermöglichen. Wenn nicht, muss der Zugang über einen Raum erfolgen, was die Nutzung dieses Raums eindeutig einschränkt.

- Flure, Korridore und Treppenhäuser können über die reine Erschließungsfunktion hinaus weitere Nutzungen aufnehmen, wenn eine geringfügige Vergrößerung der Fläche geplant wird.
- Aufteilung von Wohnungen / Zimmern
- Führt eine mögliche Erweiterung des Gebäudes oder die Veränderung der Grundrisse zu einer Verschlechterung der Belichtung und Belüftung der Räume?

Gibt es in der Planung oder in der Umsetzung Anlagen, um einen Umbau oder eine Umnutzung der Wohnung zu begünstigen:

- Teilbarer Raum
- Faltbare Möbel
- Bewegliche Wände und Schiebewände

Die einzelnen Subsysteme werden im Hinblick auf die Möglichkeit zukünftiger Anpassungen wie folgt bewertet:

1	Im Projekt nicht möglich
2	Grundsätzlich denkbar, aber entwerferisch nicht nachgewiesen
3	Im Betrieb mit Umbau umgesetzt oder umsetzbar
4	Im Betrieb ohne großen Umbau umgesetzt oder umsetzbar

D.IV.II.I Interaktion // Partizipation in Bau, Planung und Betrieb auf Wohnungsebene

Neben den gebäudebezogenen Analysen werden auch die unterschiedlichen Formen und Prozesse der Partizipation der NutzerInnen beschrieben und analysiert, sofern dies bei den Projekten vorgesehen ist.

Hier werden für jeden Fall die Möglichkeiten der Partizipation beschrieben:

- Grad der Aneignung
- Einbeziehung der NutzerInnen in der Projektierung (nicht Planung)
- Einbeziehung der NutzerInnen in die Planung
- Einbeziehung der NutzerInnen in Betrieb und Organisation
- Veränderung Wohnung und Gebäude durch die NutzerInnen
- Anpassungen Nutzungen und Wohnformen möglich
- Anpassungen Grundriss möglich
- Anpassungen Feste Einbauten (Küchen, Bäder, Einbaumöbel) möglich
- Einbringen eigene Möbel