



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

**Stadt Offenbach - Bestandssanierung Schulbau
Beratung Energie und Nachhaltigkeit**

**TUD fachbereich 15 architektur
lehrstuhl für entwerfen und energieeffizientes bauen**

Projektteam

Prof. M. Sc. Econ. Manfred Hegger

Dipl. Arch. ETH Hans Drexler

Dipl. Ing. Michael Keller

Dipl. Ing. Tanja Klippert

Dipl. Ing. Ingo Lenz

Vorwort

Die nachfolgende Dokumentation ist der Abschlussbericht zur Bestandssanierung der Schulen der Stadt Offenbach erstellt durch die TU Darmstadt, Fachgebiet Entwerfen und Energieeffizientes Bauen.

Gegenstand des Auftrages sind Bestandsaufnahme- und Beratungsleistungen zur Entwicklung einer nachhaltigen Strategie für die Sanierung und den Betrieb der Liegenschaften des Typus Schule der Stadt Offenbach.

Es werden 28 Schulen betrachtet und in ihren maßgeblichen Eigenschaften erfasst. Zur Aufnahme der Schulgebäude wurde ein Fragebogen zur Bestandsaufnahme vor Ort entwickelt. Durch die Vor-Ort Begehung wurde der Fragebogen stetig modifiziert und speziell auf den Typus Schule angepasst, dies ist im Zwischenbericht ausführlich dokumentiert.

Das zusammengetragene Datenmaterial erlaubt eine qualitative Analyse der energetischen Schwächen und Potentiale der Gebäude untereinander im Vergleich.

Resultierend aus dem Fragebogen wurde neben der Massenermittlung und U-Wert Bestimmung für jede Schule eine Berechnung des Energiebedarfs durchgeführt. Diese Bedarfsberechnung wurde individuell für den Standort Offenbach entwickelt. Grundlage für das Berechnungsverfahren bilden dabei der für Wohnneubauten zu führende öffentlich - rechtliche Nachweis nach der Energieeinsparverordnung und das Berechnungsverfahren des Passivhaus-Vorprojektierungspaketes.

Ergebnisse, die unter Normbedingungen erzielt wurden, spiegeln dabei die Berechnungsmethodik nach EnEV wider und wurden durch Einflussfaktoren, die direkt auf den Schulbau abgestimmt sind, modifiziert. Hierdurch gelingt es, individuelle Gegebenheiten und Vor-Ort aufgenommene, schulspezifische Besonderheiten mit in die Rechnung einfließen zu lassen. Die genauen Grundlagen, Rahmenbedingungen und Annahmen im Hinblick auf die Berechnung sind den Erläuterungen zu entnehmen.

In der Dokumentation Teil A wird die Berechnung des Energiebedarfs anhand einer Schule exemplarisch gezeigt. Die weiteren Schulen sind in Form einer zusammenfassenden Übersicht aufgeführt und erläutert.

In den anschließenden Teilen der Dokumentation sind graphische Auswertungen mit Texterläuterungen, Sanierungsvarianten mit Kostenermittlung und deren Beschreibung aufgeführt.

Inhalt

Teil A

Berechnung Energiebedarf Leibniz Schule Neubau	Seite 003
Zusammenfassende Übersicht der weiteren Schulen Offenbachs	Seite 011
Vergleich der Schulen	Seite 039

Teil B

Graphische Auswertung und Erläuterung	Seite 043
---------------------------------------	-----------

Teil C

Sanierungsmaßnahmen ausgewählter Schulen	Seite 075
Graphiken zu den Sanierungsmaßnahmen	Seite 143
Überschlägige Kosten-Nutzen-Rechnung	Seite 152


Teil D

Ökologie und Umwelt	Seite 155
---------------------	-----------

Teil E

Anhang	Seite 180
--------	-----------

Teil A
Berechnung Energiebedarf
Leibniz Schule Neubau

Leibniz Schule Neubau		Schulart: Gymnasium I Baujahr: Schule 1977 I Turnhalle 1977							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 7106 m²	Schüler 900	Betriebszeit 2405 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 1195 m²	DIN-Felder 6	Betriebszeit 3375 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	1.184.105	166,6	1.316	492,4	1.492.949	308.844	258,4	51.474	91,5
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.298.174	182,7	1.442	539,8	1.636.770	338.596	283,3	56.433	100,3
Gesamtwärmebedarf berechnet	1.361.021	191,5	1.512	565,9	1.723.562	362.541	303,3	60.423	107,4
Differenz absolut	62.847	8,8	69,8	26,1	86.793	23.945	20,0	3.991	7,1
Differenz [%]	4,8%				5,3%	7,1%			
Strombedarf gemessen	165.024	23,2	183	68,6	165.024	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		1.273.010	503.743	0	1.776.753	242.027	159.957	0	13.748	1.361.021
Turnhalle		198.422	191.630	28.000	418.053	21.391	26.722	0	7.399	362.541
Summe		1.471.433	695.373	28.000	2.194.806	263.418	186.679	0	21.146	1.723.562
Anteil Turnhalle		13,5%	27,6%	100,0%	19,0%	8,1%	14,3%	0,0%	35,0%	21,0%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				8.301 m²	7.029 m²	4.074 m²	14.986 m²	32.344 m³	900	2890 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	1.471.433	67,9%	177,3	209,3	361,2	98,2	45,5	1634,9	509,1
Ql	Lüftungsverluste	695.373	32,1%	83,8	98,9	170,7	46,4	21,5	772,6	240,6
Qv	Summe Verluste	2.166.806	100%	261,0	308,3	531,9	144,6	67,0	2407,6	749,8
Qs	Solare Gewinne	263.418	12,2%	31,7	37,5	64,7	17,6	8,1	292,7	91,1
Qi	Interne Gewinne	186.679	8,6%	22,5	26,6	45,8	12,5	5,8	207,4	64,6
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	450.097	20,8%	54,2	64,0	110,5	30,0	13,9	500,1	155,7
Qh	Heizwärmebedarf	1.716.709	79,2%	206,8	244,2	421,4	114,6	53,1	1907,5	594,0
Qtw	Wärmebedarf TWW	28.000	1,3%	3,4	4,0	6,9	1,9	0,9	31,1	9,7
Qst	Solkollektorenertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	28.000	1,3%	3,4	4,0	6,9	1,9	0,9	31,1	9,7
Qw	Wärmebedarf	1.744.709	80,5%	210,2	248,2	428,3	116,4	53,9	1938,6	603,7
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	21.146	1,0%	2,5	3,0	5,2	1,4	0,7	23,5	7,3
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	1.723.562	79,5%	207,6	245,2	423,1	115,0	53,3	1915,1	596,4
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	1.700.453	78,5%	204,8	241,9	417,4	113,5	52,6	1889,4	588,4
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.636.770	75,5%	197,2	232,9	401,8	109,2	50,6	1818,6	566,4

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
					[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]			gesamt [kWh/a]
Wärme	Schule	1.184.105	49.338	1.233.443	1.393.790	12.334	0	1.406.125	0,9%	384,8
	Turnhalle	308.844	19.713	328.557	371.270	3.286	0	374.555	0,9%	102,5
	Summe Wärme	1.492.949	69.051	1.562.000	1.765.060	15.620	0	1.780.680	0,9%	487,3
Strom	Schule	165.024	0	165.024	437.313	56.108	0	493.421	11,4%	106,8
	Turnhalle	5.976	0	5.976	15.837	2.032	0	17.869	11,4%	3,9
	Summe Strom	171.000	0	171.000	453.150	58.140	0	511.290	11,4%	110,6
	Anteil Strom	10,3%	0,0%	9,9%	20,4%	78,8%	#DIV/0!	22,3%		18,5%
	Summe Schule	1.349.129	49.338	1.398.466	1.831.103	68.442	0	1.899.546	3,6%	491,6
	Summe Turnhalle	314.820	19.713	334.534	387.107	5.318	0	392.424	1,4%	106,4
	Gesamtsumme	1.663.949	69.051	1.733.000	2.218.210	73.760	0	2.291.970	3,2%	598,0

Grundflächen und Volumen der Gebäude											
Gebäudeteil	BGF beheizt [m ²]	mittlere		Volumen beheizt [m ³]	BGF unbeheizt [m ²]	mittlere		Volumen unbeheizt [m ³]	NGF		NGF Summe
		Höhe [m]	Höhe [m]			Höhe [m]	Höhe [m]		NGF beheizt 0,85 *BGF	NGF unbeheizt 0,85 *BGF	
Klassen	3.566	3,51		12.518	0	3,51		0	3.031	0	
Verwaltung	410	3,51		1.439	0	3,51		0	349	0	4.246
Nebenräume	508	3,51		1.782	511	3,51		1.794	431	434	
Pausenhalle	833	3,51		2.924	0	3,51		0	708	0	
Cafeteria/Mensa	517	3,51		1.814	0	3,51		0	439	0	2.296
Erschließung	1.272	3,51		4.465	79	3,51		277	1.081	67	
Kellergeschoß	0	1,30		0	2.462	1,30		3.201	0	2.093	2.093
Dachgeschoß	0	0,00		0	0	0,00		0	0	0	2.093
Turnhalle	794	7,84		6.221	0	0,00		0	675	0	1.016
Nebenräume TH	402	2,94		1.181	0	2,94		0	341	0	
Summe	8.301			32.344	3.052			5.272	7.056	2.594	9.650

Aufnahme typischer Klassenraum									
		Klassen mit 1,2 und 3 Außenwandflächen				relative Auswertung ... pro ...			
		Anzahl der den Klassenraum umgebenden Außenwände			Mittelwert	Grundfläche [m ²]	Außenhüllfläche [m ²]	beheiztes Volumen [m ³]	Schülerzahl [Pers.]
		eins	zwei	drei					
Schüler		20			20,0				
Grundfläche [m ²]		55,5	65,52	64	61,7		0,49		3,08
mittlere Höhe [m]			3,51		3,51				
Luftvolumen Raum [m ³]		195	230	225	216,5				10,83
Außenwand brutto [m ²]		87,8	255,5	37,4	126,9	2,06		0,59	
Fensterfläche brutto [m ²]		62,64	83,52	83,52	76,6	1,24	0,60	0,35	3,83
Beleuchtung [W]		180	180	180	180,0	2,92			9,00
Heizleistung [W]					#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	

Kennwerte Schulgebäude und Turnhalle							
		BGF [m ²]	Hüllfläche [m ²]	Volumen beheizt [m ³]	AV [1/m]	Volumen pro BGF [m]	BGF pro Schüler [m ² /Pers]
	Turnhalle	1.195	3.393	7.402	0,46	6,19	1,33
	Summe	8.301	14.986	32.344	0,46	3,90	9,22
	Anteil Turnhalle	14,4%	22,6%	22,9%			

Hüllflächen gegen Außenraum, Kaltraum und Erdreich								Transmissionswärmeverluste Qt			
Hüllbauteil	ungerichtet	Nord	Ost	Süd	West	Summe pro Bauteil	U-Wert	Temperaturfaktor ft	Gt	Wärmeverlust	
	[m2]	[m2]	[m2]	[m2]	[m2]						[W/m2K]
Schulgebäude 1	Wand gegen Außenluft	0	292	291	364	369	1.317	0,78	1,00	62.667	
	Fenster	0	229	410	213	837	1.688	5,80	1,00	601.300	
	Tür	0	5	8	4	2	19	5,80	1,00	6.602	
	Wand gegen Erdreich	0	285	155	275	352	1.067	1,86	0,45	54.892	
	Wand gegen Kaltraum	0	0	0	0	0	0	0,00	0,50	0	
	Dach gegen Außenluft	3.811	0	0	0	0	3.811	1,28	1,00	61,4	300.209
	Dach gegen Kaltraum	0					0	0,00	0,50	0	
	Boden gegen Außenluft	0					0	0,00	1,00	0	
	Boden gegen Erdreich	1.228					1.228	1,73	0,45	58.785	
	Boden gegen Kaltraum	2.462					2.462	1,65	0,50	124.494	
Summe pro Orientierung	7.501	811	864	856	1.560	11592 m²				1.208.950	
Wärmebrückenzuschlag						11592 m²	0,09 W/m²K	1,00	61,4	64.060	
Schulgebäude 2	Wand gegen Außenluft		0	0	0	0	0	0,00	1,00	0	
	Fenster		0	0	0	0	0	0,00	1,00	0	
	Tür		0	0	0	0	0	0,00	1,00	0	
	Wand gegen Erdreich		0	0	0	0	0	0,00	0,45	0	
	Wand gegen Kaltraum		0	0	0	0	0	0,00	0,50	0	
	Dach gegen Außenluft	0	0	0	0	0	0	0,00	1,00	61,4	0
	Dach gegen Kaltraum	0					0	0,00	0,50	0	
	Boden gegen Außenluft	0					0	0,00	1,00	0	
	Boden gegen Erdreich	0					0	0,00	0,45	0	
	Boden gegen Kaltraum	0					0	0,00	0,50	0	
Summe pro Orientierung	0	0	0	0	0	0 m²				0	
Wärmebrückenzuschlag						0 m²	0,09 W/m²K	1,00	61,4	0	
Schulgebäude 3	Wand gegen Außenluft		0	0	0	0	0	0,00	1,00	0	
	Fenster		0	0	0	0	0	0,00	1,00	0	
	Tür		0	0	0	0	0	0,00	1,00	0	
	Wand gegen Erdreich		0	0	0	0	0	0,00	0,45	0	
	Wand gegen Kaltraum		0	0	0	0	0	0,00	0,50	0	
	Dach gegen Außenluft	0	0	0	0	0	0	0,00	1,00	61,4	0
	Dach gegen Kaltraum	0					0	0,00	0,50	0	
	Boden gegen Außenluft	0					0	0,00	1,00	0	
	Boden gegen Erdreich	0					0	0,00	0,45	0	
	Boden gegen Kaltraum	0					0	0,00	0,50	0	
Summe pro Orientierung	0	0	0	0	0	0 m²				0	
Wärmebrückenzuschlag						0 m²	0,09 W/m²K	1,00	61,4	0	
Turnhalle	Wand gegen Außenluft	0	170	212	171	214	767	1,20	1,00	37.990	
	Fenster	0	6	110	6	110	233	5,80	1,00	55.865	
	Tür	0	1	2	0	0	3	5,80	1,00	767	
	Wand gegen Erdreich	0	0	0	0	0	0	0,00	0,45	0	
	Wand gegen Kaltraum	0	0	0	0	0	0	0,00	0,50	0	
	Dach gegen Außenluft	1.195	0	0	0	0	1.195	1,39	1,00	41,3	68.616
	Dach gegen Kaltraum	0					0	0,00	0,50	0	
	Boden gegen Außenluft	0					0	0,00	1,00	0	
	Boden gegen Erdreich	1.195					1.195	0,95	0,45	21.170	
	Boden gegen Kaltraum	0					0	0,95	0,50	0	
Summe pro Orientierung	2.391	177	324	177	324	3393 m²				184.407	
Wärmebrückenzuschlag						3393 m²	0,10 W/m²K	1,00	41,3	14.015	
Gesamtsumme	9.892	988	1.188	1.033	1.884	14986 m²				1.393.358	
Wärmebrückenzuschlag						14986 m²				78.075	
Transmissionswärmeverluste Qt										1.471.433	

Luftvolumen, Lüftung und Lüftungsanlagen										Lüftungswärmeverluste Qv	
Gebäudeteil	cLuft * HGT	LWZ	Betriebsfaktor	Volumen beheizt	Korrekturfaktor	Lüftungsverlust	Volumen unbeheizt	Korrekturfaktor	Lüftungsverlust	Summe Qv	
	[0,41kJ/m3]	[1/h]	[h/a24]	[m3]	[1]	[kWh/m2a]	[m3]	[1/5 beheizt]	[kWh/m2a]	[kWh/m2a]	
Klassen	22,3	2,5	0,42	12.518		311.654	0		0	311.654	
Verwaltung	22,3	1,5	0,42	1.439		21.499	0		0	21.499	
Nebenräume	17,9	1,0	0,42	1.782		14.195	1.794		2.858	17.053	
Pausenhalle	17,9	2,5	0,42	2.924	1,07	58.246	0	0,214	0	58.246	
Cafeteria/Mensa	22,3	3,0	0,42	1.814		54.181	0		0	54.181	
Erschließung	13,4	1,5	0,42	4.465		40.017	277		497	40.514	
Kellergeschoß	4,5	0,5	0,42	0		0	3.201		596	596	
Dachgeschoß	4,5	2,0	0,42	0	1,00	0	0	0,200	0	0	
Turnhalle	14,7	2,5	0,63	6.221		150.490	0		0	150.490	
Nebenräume TH	17,7	3,0	0,63	1.181	1,05	41.140	0	0,210	0	41.140	
Gesamtsumme				32.344		691.422	5.272		3.951	695.373	
Korrekturfaktor allg.	1,00									0	
Lüftungswärmeverluste Qv										695.373	

Angebot Solarer Wärmestrahlung über Fenster								Solare Wärmegewinne Qs	
	Orientierung	Drehung aus Nord [°]	Fläche [m2]	g-Wert [m2]	Minderung Rahmen [1]	Minderung Verschattung [1]	Globalstrahlung [kWh/m2a]		Wärmeangebot [kWh/a]
Gebäude 1	horizontal		0	0,84	0,80	0,90	360		0
	Nord	-26°	229	0,84	0,80	0,90	162		22.429
	Ost		410	0,84	0,80	0,90	196		48.495
	Süd		213	0,84	0,80	0,90	315		40.542
	West		837	0,84	0,80	0,90	258		130.636
	Summe		1.688						242.101
Gebäude 2	horizontal		0	0,70	0,80	0,90	360		0
	Nord	0°	0	0,70	0,80	0,90	144		0
	Ost		0	0,70	0,80	0,90	225		0
	Süd		0	0,70	0,80	0,90	360		0
	West		0	0,70	0,80	0,90	225		0
	Summe		0						0
Gebäude 3	horizontal		0	0,70	0,80	0,90	360		0
	Nord	0°	0	0,70	0,80	0,90	144		0
	Ost		0	0,70	0,80	0,90	225		0
	Süd		0	0,70	0,80	0,90	360		0
	West		0	0,70	0,80	0,90	225		0
	Summe		0						0
Turnhalle	horizontal		0	0,84	0,80	0,60	360		0
	Nord	-26°	6	0,84	0,80	0,60	162		417
	Ost		110	0,84	0,80	0,60	196		8.697
	Süd		6	0,84	0,80	0,60	315		814
	West		110	0,84	0,80	0,60	258		11.470
	Summe		233						21.398
	Gesamtsumme		1.922						263.499
	Nutzungsgrad								100%
Solare Wärmegewinne Qs									263.418

Angebot Interner Wärmegewinne										Interne Wärmegewinne Qi	
	Wärmequelle	Einheiten [Anzahl]	Leistung pro Einheit [W/Stk.]	betrachtete Fläche	spezifische Leistung [W/m2]	EBF [m2]	Betriebszeit [h/a]	Heizzeit [d/a]	Zeitfaktor [kh/d]		Wärmeangebot [kWh/a]
Schule	Personen in Schule	900	40	7.106	5,07						86.580
	Beleuchtung	10	18	62	2,92	7.106	13	185	0,024		49.866
Turnhalle	Anzahl Sportfelder	6	720	1.195	3,61						14.580
	Beleuchtung	12	300	1.195	3,01	1.195	15	225	0,024		12.150
											0
Strom	Stromverbrauch oberhalb 15 kWh/m2a	46.484	12.735	8.301	1,53	8.301	10	185	0,024		23.560
	Gesamtsumme										186.736
	Nutzungsgrad										100%
Interne Wärmegewinne Qi											186.679

Minderung der Heizlast über Speichermasse				Minderung Wärmebedarf Qsp	
		Wärmeverluste [kWh/a]	Speicherfaktor		
	Schulgebäude	1.776.753	0,00		0
	Turnhalle	390.053	0,00		0
	Gesamtsumme				0
	Nutzungsgrad				100%
Gewinne über Speichermasse Qsp					0

Nutzungsgrad des Wärmeangebots		Faktorenberechnung	
Anteil des Wärmeangebots, das als Gewinn bilanziert wird: f(x) = (1 - ((Qi+Qs) / (Qt+Qv))^5) / (1 - ((Qi+Qs) / (Qt+Qv))^6)		Verhältnis Wärmeangebot zu Wärmeverlusten	0,21
		Nutzungsgradfaktor	1,00

Einflussfaktoren	Rechenbasis	Maßnahme / Bauteil			J/N	Faktor	J/N	Faktor
		Rechnung unter Normbedingungen	[%]	Rechnung mit Einflussfaktor	x	Schule	x	Turnen
Wärmebrückenzuschlag	0,05 + x.xx	85.192 kWh/a	91,6%	78.075 kWh/a		0,09		0,10
Wenn der U-Wert der Hülle bereits schlecht ist, kann sich der WBZ an den Pauschalwerten 0.05-0.10 orientieren, da der Einfluss einer zusätzlichen Wärmebrücke geringer ausfällt.		Metallrahmen +0,02			x	0,02	x	0,02
		Heizkörpernischen +0,01			x	0,01		0,00
		Betonrippen/Plattenstöße +0,01			x	0,01	x	0,01
		durchlaufende Geschossdecken +0,02				0,00	x	0,02
Verluste Verteilung	0,04 + x.xx	62.480 kWh/a	110,5%	69.051 kWh/a		0,04		0,06
Wird die Wärme außerhalb des beheizten Gebäudes erzeugt / transportiert, oder ist das Temperaturniveau hoch / der Dämmstandard schlecht, kommt die Wärme z.T. nicht bei der Nutzung an, dieser Anteil wird als Verteilungsverluste bilanziert.		Leitungsführung im Außenraum +0,02				0,00	x	0,02
		externer Heiztechnikraum +0,02				0,00		0,00
		schlechte Dämmung Hauptverteilung +0,01				0,00		0,00
		Vorlauf/Rücklauf über 55/40°C +0,01				0,00		0,00
Verluste Erzeugung	0,10 + x.xx	0 kWh/a	0,0%	0 kWh/a		0,10		0,10
Liegt für die Heizungsanlage kein Schornsteinfegerprotokoll vor, muss sie überschlägig nach Bauart und Baujahr in ihrer Effizienz eingeordnet werden.		Brennwerttechnik -0,04				0,00		0,00
		Niedertemperaturtechnik -0,02				0,00		0,00
		Baujahr vor 1995 +0,01				0,00		0,00
		Baujahr vor 1985 +0,05				0,00		0,00
Wärmepuffer Speichermasse	0,00 + x.xx	0 kWh/a		0 kWh/a		0,00		0,00
Massive Altbauten halten durch ihre hohe Speichermasse mehr Wärme innerhalb der Hülle und gleichen Lastspitzen aus, was sich positiv auf den Heizwärmebedarf auswirkt.		schwere Hülle +0,04				0,00		0,00
		schwerer Innenausbau +0,06				0,00		0,00
		PCM-Materialien +0,04				0,00		0,00
Korrekturfaktor Lüftungsverluste	1,00 + x.xx	0 kWh/a		44.802 kWh/a		1,07		1,05
Bestimmte Bauteile haben einen Einfluss auf die Lüftungsverluste, da sie Pufferräume darstellen, zwischen beheizten und unbeheizten Zonen trennen oder einfach für ein dichtes Gebäude sorgen. Dieser Einfluss kann über den Globalfaktor zentral und einfach eingegeben werden, ohne für alle Nutzungen getrennt Luftwechselzahlen etc. anpassen zu müssen.		Windfang unbeheizt -0,02				0,00		0,00
		Windfang beheizt +0,02			x	0,02		0,00
		Türen zw. Fluren u. Treppenraum -0,01				0,00		0,00
		Lüftungsanlage mit/ohne WRG -0.10..0.60				0,00		0,00
		Offene Fugen/Spalten +0,03			x	0,03	x	0,03
		Nur eine Dichtung Fenster +0,02			x	0,02	x	0,02
		Heizung über erwärmte Zuluft +0,04				0,00		0,00
		Flächenheizsysteme -0,02				0,00		0,00
intelligente Regeltechnik Heizung	1,00 + x.xx	0 kWh/a		-21.146 kWh/a		0,99		0,98
Dieser Globalfaktor honoriert Maßnahmen, die den Nutzern (Lehrer und Schüler) und den Betreibern (Hausmeister und Versorger) sinnvolle Regelungsvorgänge an die Hand geben oder bestimmtes Regelungsverhalten überwachen und korrigieren bzw. automatisch vornehmen.		Generalschalter Hausmeister -0,01				0,00		0,00
		PC-unterstützte Regelung -0,01				0,00		0,00
		Raumthermostat -0,01			x	-0,01		0,00
		Fensteröffnungswächter -0,02				0,00		0,00
		Bewegungsmelder Heizung+Lüftung -0,02				0,00		0,00
Aufklärung Nutzer	1,00 + x.xx	0 kWh/a		0 kWh/a		1,00		1,00
Das Thema Energie und das System Schule fordert Kompetenz, die vermittelt werden muss. Keine Regeltechnik funktioniert ohne das allgemeine Wissen über die Zusammenhänge und Vorgänge.		Einweisung Hausmeister -0,02				0,00		0,00
		Einweisung Lehrkräfte -0,02				0,00		0,00
		Energie wird als Thema gelehrt -0,02				0,00		0,00
intelligente Regeltechnik Strom	1,00 + x.xx	0 kWh/a		0 kWh/a		1,00		1,00
s.o.		Generalschalter Hausmeister -0,05				0,00		0,00
		Bewegungsmelder Licht -0,05				0,00		0,00
Gesamtwirkung Einflussfaktoren		1.723.562 kWh/a		147.672 kWh/a	115,6%	170.781 kWh/a	23.109 kWh/a	1,3%
		Gesamtwärmebedarf inkl. Einflussfaktoren		Rechnung unter Normbedingungen	[%]	Rechnung mit Einflussfaktoren		

vorhandenes Arbeitsmaterial								
Die Massenermittlung kann nur so detailliert erfolgen, wie qualitatives und verlässliches Planmaterial vorliegt. Liegen keine aktuellen Pläne vor, werden die Aufzeichnungen der Bestandsaufnahme verwendet, die allerdings nur eine überschlägige Massenermittlung zulassen. Die Novelle der EnEV definiert auch zulässige Annahmen für Eigenschaften von Bauteilen, bei denen einen genauere Untersuchung nicht möglich ist. Diese Annahmen erfolgen nach Baualtersklasse, Bauweise und Zustand.		detailliertes Planmaterial (Computer)						
		detailliertes Planmaterial (Print)						
		einfaches, z.T. veraltetes Planmaterial				x		x
		Feuerwehrpläne						
		Lagepläne / Flurkarte				x		x
		eigene, überschlägige Aufnahme / Fotos				x		x
		"Pauschalwerte opaker Bauteile im Urzustand" nach EnEV 2007 (Entwurf)				x		x

Bestandsumbau des Schulgebäudebestandes der Stadt Offenbach

Statisches Excel-Tool zur Berechnung des Gesamtwärmebedarfs von Schulgebäuden und Turnhallen, erstellt durch das Fachgebiet Entwerfen und energieeffizientes Bauen, Prof. M. Hegger, Fachbereich Architektur der Technischen Universität Darmstadt.
Ansprechpartner für Rückfragen und Kommentare: Dipl.Ing. Michael Keller

Allgemeines zu den Energieträgern, Energieformen und Umweltfaktoren

Nutzenergie

Ausweisung aller vor Ort verwendeten Energien als Nutzenergien, getrennt nach den Formen Wärme und Strom.

Endenergie

Im Anschluss an die Ermittlung der Nutzenergie erfolgt eine Umrechnung auf Endenergie, um verschiedene Energieträger neutral vergleichen zu können. Der Betrachtungsrahmen wird damit über die Grenze des Grundstücks hinaus erweitert und erfasst das Angebot an Energiequellen für Offenbach. Vorgelagerte Erzeugungs- und Verteilungsverluste wie z.B. für Fernwärme werden so in die Ökobilanz integriert; gleichzeitig werden lokale Anlagenverluste bei z.B. bei Erdgasheizungen nicht der Gebäudesubstanz angelastet und können unabhängig davon betrachtet werden.

Primärenergie

Der primärenergetischer Ansatz trennt nach fossilen und regenerativen Anteilen des jeweiligen Energieträgers und kann damit als Grundlage für die Bewertung des Einsatzes Erneuerbarer Energien herangezogen werden (Faktoren nach Gemis 4.3).

CO₂

Darstellung der gesamten Bandbreite an Schadstoffemissionen infolge des Betriebes über CO₂-Äquivalente. Neben der Primärenergie dienen diese als eine weitere Grundlage für eine überschlägige Ökobilanz der Bewirtschaftungsphase.

Kosten

Bei den Kosten zur Deckung des Energiebedarfs werden Betriebs- und Energiekosten getrennt eingegeben, aber zusammen ausgewiesen.

Grundmodell der Berechnung

Das Excel-Tool zur Berechnung des Gesamtwärmebedarfs von Schulgebäuden und Turnhallen basiert auf der Berechnungsmethodik für Energiebedarfsausweise nach EnEV-2002. Diese Methodik wurde um Nutzungs- und Gebäudetypische Elemente erweitert, die bei der Bestandsaufnahme festgestellt wurden und der Ansicht des Fachgebietes nach Einfluss auf die Wärmebilanz nehmen und dementsprechend abgebildet werden sollten.

Der Gesamtwärmebedarf ergibt sich aus der Addition der folgenden Wärmeströme:

$$Q_p = (Q_t + Q_v + Q_{tw}) - (Q_s + Q_i + Q_{sp} + Q_{st}) - (Q_u)$$

Heizgradtage

Das Heizgradtagsmodell dient als Grundlage für die Berechnung. Dabei wird stündlich die Temperaturdifferenz der angestrebten Innentemperatur zur lokalen Außentemperatur aufsummiert. Diese Summe spiegelt den Aufwand wider, diese Temperaturdifferenz und damit das behagliche Innenklima durch die Raumheizung aufrecht zu halten. Die Heizgradtage (HGT) wurden eigens für den Typus Schule und das lokale Klima Offenbachs berechnet.

Vorgenommene Anpassungen des Grundmodells

Anpassung der Heizgradtage auf den konkreten Nutzungstypus

Bereits die Nutzung als Schulgebäude ergibt infolge der (fast gegenläufigen) Nutzungs-Intensitäten und -Zeiträume (sowohl im Tages- besonders aber im Wochen- und Jahresverlauf) ganz andere HGT-Werte als im Wohnungsbau, für den Tabellenwerke mit Werten vorliegen. Noch stärker trifft dies auf Turnhallen zu mit ihrem niedrigeren Temperaturniveau, aber großen zu heizenden Luftvolumen. Unsere Berechnung fusst auf einem eigens für Offenbach und die Nutzung ermittelten HGT-Wert. Einflussfaktoren sind lokale Klimadaten der Heizperiode, angenommene Innentemperaturen an Schul-, Wochenend- und Ferientagen und vor Ort recherchierte Betriebszeiten.

Transmissionwärmeverluste Q_t

Neben der Anpassung der HGT wurde der pauschale Wärmebrückenzuschlag für Hüllbauteile durch eine individuelle, qualitative Einschätzung ersetzt, die im Mittel für den Bestand der Schulbauten höhere, aber auch realistischere Werte ergibt. Die U-Werte der verschiedenen Bauteile wurden zwar individuell, aber nur nach oberflächlicher Betrachtung / vorhandenen Plänen berechnet.

Lüftungswärmeverluste Q_v

Auch hier wirkt sich die Anpassung der HGT aus. Zusätzlich werden die verschiedenen Nutzungen innerhalb der Schule getrennt voneinander betrachtet. Für jede Nutzung gehen Luftwechselzahl und Betriebszeit individuell in die Rechnung ein. Als Basis-Betriebsdauer werden pro Schultag 7 Stunden angenommen (7-14 Uhr), Abweichungen davon gehen nicht-proportional ein. Über einen Globalfaktor können generelle Einflüsse wie z.B. Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (Werte kleiner 1,00), aber auch Undichtigkeiten durch offene Fugen infolge Bauschäden (Werte größer 1,00) einfach integriert werden.

Trinkwarmwasserverluste Q_{tw}

Der Warmwasserverbrauch im Bereich der Duschen der Turnhallen wird Sportfeld-bezogen eingerechnet. Pro Badminton-Feld als Grundeinheit können 12 Personen die Halle nutzen; für jedes Feld werden 5.000 kWh/a an Warmwasserbedarf angenommen.

Solare Gewinne Q_s

Für die Eigenschaften der Fenster werden Standard-Fenster nach DIN V 4108-4 herangezogen. Die Orientierung erfolgt mit einer Genauigkeit von 22,5°.

Interne Gewinne Q_i

Als interne Gewinne werden die anwesenden Personen und die Beleuchtung als maßgebliche Einflussfaktoren gewertet. Die Einbeziehung weiterer großer Stromverbraucher in die Wärmebilanz erfolgt über eine Prüfung des Stromverbrauchs. Stark überdurchschnittliche Stromverbräuche (über 15 kWh/m²a) werden in der Heizperiode zur Hälfte als Wärmegewinn bilanziert. Alle internen Lasten werden auf die Geschossflächen bezogen und auf die BGF hochgerechnet.

Wärmespeicherungsfähigkeit Q_{sp}

Dieser Wert soll dem Einfluss des Bautypus auf den Wärmebedarf Rechnung tragen. Bewertet werden ein schwerer Innenausbau und massive Hüllbauteile.

Nutzungsgrad Wärmeangebot

Ist das Angebot an passiven Wärmegewinnen im Vergleich zu den Wärmeverlusten gering, wird das Angebot vollständig als Gewinn bilanziert. Nimmt das Angebot an freier Wärme zu oder sinkt der Wärmebedarf infolge energetischer Sanierungsmaßnahmen, nähert sich das Verhältnis von Verlusten zum Angebot einem Gleichgewicht. Die freie Wärme kann nicht mehr vollständig als Gewinn bilanziert, der Nutzungsgrad sinkt.

Solarkollektoranlage Q_{st}

Der Jahresertrag auf einer der Hüllflächen installierten Flach- oder Vakuumröhrenkollektoren wird der Einfachheit halber vollständig als kostenfreie, regenerative Primärenergie eingerechnet.

Nutzereinfluss Q_u

Dieser Faktor versucht, den Einfluss der Nutzer zumindest als positiven oder negativen Beitrag zur Wärmebilanz zu erwähnen. Er stellt damit eher eine Bewertung der Anstrengungen vor Ort, als eine notwendige Rechengröße dar. Dementsprechend gering ist seine relative Gewichtung in der Rechnung, auch wenn die Nutzer in der Realität einen maßgeblichen Einfluss haben.

Vergleich Wärmebedarf und Wärmeverbrauch, Kennwerte der Schulen

Realität oder Normbedingungen

Durch eine detaillierte Bestandsaufnahme und Übersetzung der Erkenntnisse in Einflussfaktoren wird versucht, die Realität bei der Berechnung des Wärmebedarfs möglichst genau abzubilden. Werden die schulspezifischen Einflussfaktoren genutzt, erfolgt die Berechnung nicht unter Normbedingungen, sondern unter Individualbedingungen. Damit sollten sich gemessener Verbrauch und berechneter Bedarf annähern, gleichzeitig verliert aber auch ein Minder- oder Mehrverbrauch an Aussagequalität ("Die Nutzer sind sparsamer/verschwendischer als die Norm" kann nicht mehr festgestellt werden). Dafür kann durch Korrektur (Sanierung) negativer Einflussfaktoren bzw. Einführung positiver Faktoren (Nutzeraufklärung) direkt beobachtet werden, wie sie wirken.

Einflussfaktoren

Nach Eingabe aller 28 Schulen wird die Bedarfsberechnung "geeicht", d.h. die Summe der berechneten Bedarfe wird der Summe aller Verbräuche angeglichen. Hierfür werden die Einflussfaktoren so gewichtet, dass die Berechnung den gemessenen Verbrauch möglichst genau abbildet. Sollten Schulen mit einem gemeinsamen Schwachpunkt alle rechnerisch zu gut bewertet sein, wird der negative Effekt dieses Schwachpunktes verstärkt. Sollten Schulen mit einem gemeinsamen Vorteil alle rechnerisch zu schlecht bewertet sein, wird der positive Effekt dieses Potentials verstärkt. Dieser iterative Vorgang wird wiederholt, bis eine möglichst hohe Übereinstimmung erreicht ist und die Summen übereinstimmen. Da alle Schulen der gleichen Berechnungsmethodik unterzogen werden, stellen Abweichungen vom Durchschnitt oder Ausschläge bei bestimmten Kennwerten Aussagen dar, die anschließend bewertet werden müssen.

Witterungsbereinigung

Die Eingabe der gemessenen Energieverbräuche für Wärme erfolgt witterungsbereinigt als Schnitt der Jahre 2003-2005.


Kennwertermittlung

Auf dem Deckblatt werden alle Ergebnisse gesammelt und für die Schule in konkrete Kennwerte übersetzt, um einen von der absoluten Größe der einzelnen Schule bereinigten Vergleich der 28 Schulen untereinander zu ermöglichen. Als Bezugsgrößen werden dementsprechend die Bruttogeschossfläche, die Nutzfläche, das Volumen, die Schülerzahl, die Betriebszeit usw. genutzt.

Graphische Auswertung

Im Anschluss an die numerische Ermittlung der Kennwerte erfolgt eine Umsetzung in Diagrammen, die einen übersichtlichen Vergleich trotz der Menge an Daten ermöglichen. Durch die Kombination verschiedener Kennwerte in einem Diagramm können graphisch Gruppen von Schulgebäuden gleicher Schwächen, aber auch ähnlicher Potentiale und Sanierungsstrategien gefunden werden. Eine Vielzahl dieser Vergleiche führt anschließend durch eine gewichtete Zusammenführung zu der angestrebten Prioritätenliste der Sanierung des Offenbacher Schulbestandes.


Zusammenfassende Übersicht der weiteren Schulen Offenbachs

Anne-Frank-Schule Schulart: Grundschule, Föderschule, Baujahr: 1976; Turnhalle 1976									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 4323 m²	Schüler 625	Betriebszeit 1388 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 1148 m²	DIN-Felder 6	Betriebszeit 3150 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	588.052	136,0	941	423,8	902.368	314.316	273,7	52.386	99,8
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	644.701	149,1	1.032	464,6	989.296	344.595	300,1	57.433	109,4
Gesamtwärmebedarf berechnet	639.805	148,0	1.024	461,1	974.659	334.854	291,6	55.809	106,3
Differenz absolut	-4.896	-1,1	-7,8	-3,5	-14.638	-9.742	-8,5	-1.624	-3,1
Differenz [%]	-0,8%				-1,5%	-2,8%			
Strombedarf gemessen	59.258	13,7	95	42,7	59.258	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)									
	Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
Schulgebäude	788.607	172.937	0	961.544	155.326	166.413	0	0	639.805
Turnhalle	201.291	178.076	28.000	407.366	45.976	19.703	0	6.834	334.854
Summe	989.898	351.013	28.000	1.368.910	201.302	186.116	0	6.834	974.659
Anteil Turnhalle	20,3%	50,7%	100,0%	29,8%	22,8%	10,6%	0,0%	100,0%	34,4%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro	pro	pro Fläche	pro	pro Volumen	pro	pro
				EBF	Nutzfläche	Klassen	Hüllfläche	pro Schüler	Betrieb	
Bezugsgröße				5.472 m²	4.340 m²	3.042 m²	11.883 m²	22.800 m³	625	2269 h
		[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	989.898	73,8%	180,9	228,1	325,4	83,3	43,4	1583,8	436,3
Qv	Lüftungsverluste	351.013	26,2%	64,2	80,9	115,4	29,5	15,4	561,6	154,7
Ql	Summe Verluste	1.340.910	100%	245,1	308,9	440,8	112,8	58,8	2145,5	591,0
Qs	Solare Gewinne	201.302	15,0%	36,8	46,4	66,2	16,9	8,8	322,1	88,7
Qi	Interne Gewinne	186.116	13,9%	34,0	42,9	61,2	15,7	8,2	297,8	82,0
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	387.418	28,9%	70,8	89,3	127,4	32,6	17,0	619,9	170,8
Qh	Heizwärmebedarf	953.492	71,1%	174,3	219,7	313,5	80,2	41,8	1525,6	420,3
Qtw	Wärmebedarf TWW	28.000	2,1%	5,1	6,5	9,2	2,4	1,2	44,8	12,3
Qst	Solarkollektorsertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	28.000	2,1%	5,1	6,5	9,2	2,4	1,2	44,8	12,3
Qw	Wärmebedarf	981.492	73,2%	179,4	226,1	322,7	82,6	43,0	1570,4	432,6
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	6.834	0,5%	1,2	1,6	2,2	0,6	0,3	10,9	3,0
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	974.659	72,7%	178,1	224,6	320,4	82,0	42,7	1559,5	429,6
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	968.406	72,2%	177,0	223,1	318,4	81,5	42,5	1549,4	426,8
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	989.296	73,8%	180,8	227,9	325,2	83,3	43,4	1582,9	436,1

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
	Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie				Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
				fossil	regenerativ	solar	gesamt			
				[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]
Wärme	Schule	588.052	37.535	625.587	706.914	6.256	0	713.170	0,9%	195,2
	Turnhalle	314.316	13.097	327.413	369.976	3.274	0	373.250	0,9%	102,2
	Summe Wärme	902.368	50.632	953.000	1.076.890	9.530	0	1.086.420	0,9%	297,3
Strom	Schule	59.258	0	59.258	157.034	20.148	0	177.182	11,4%	38,3
	Turnhalle	5.742	0	5.742	15.216	1.952	0	17.168	11,4%	3,7
	Summe Strom	65.000	0	65.000	172.250	22.100	0	194.350	11,4%	42,1
	Anteil Strom	6,7%	0,0%	6,4%	13,8%	69,9%	#DIV/0!	15,2%		12,4%
	Summe Schule	647.310	37.535	684.846	863.948	26.404	0	890.352	3,0%	233,5
	Summe Turnhalle	320.058	13.097	333.154	385.192	5.226	0	390.418	1,3%	105,9
	Gesamtsumme	967.368	50.632	1.018.000	1.249.140	31.630	0	1.280.770	2,5%	339,4


Albert-Schweitzer-Schule Schulart: Gymnasium I Baujahr: 1911; Pavillon 1973; Turnhalle 1987									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 6718 m ²	Schüler 500	Betriebszeit 1850 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 1420 m ²	DIN-Felder 10	Betriebszeit 3375 h
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	1.073.516	159,8	2.147	580,3	1.432.900	359.384	253,1	35.938	106,5
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.176.931	175,2	2.354	636,2	1.570.936	394.005	277,5	39.400	116,7
Gesamtwärmebedarf berechnet	680.335	101,3	1.361	367,7	990.301	309.966	218,3	30.997	91,8
Differenz absolut	-496.597	-73,9	-993,2	-268,4	-580.635	-84.038	-59,2	-8.404	-24,9
Differenz [%]	-42,2%				-37,0%	-21,3%			
Strombedarf gemessen	246.900	36,8	494	133,5	246.900	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		765.054	269.213	0	1.034.267	133.716	206.332	0	13.884	680.335
Turnhalle		119.189	207.075	40.000	366.264	13.021	33.690	0	9.587	309.966
Summe		884.243	476.288	40.000	1.400.531	146.737	240.021	0	23.471	990.301
Anteil Turnhalle		13,5%	43,5%	100,0%	26,2%	8,9%	14,0%	0,0%	40,8%	31,3%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				8.138 m ²	6.158 m ²	4.066 m ²	11.985 m ²	36.086 m ³	500	2613 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ³ a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	884.243	65,0%	108,7	143,6	217,5	73,8	24,5	1768,5	338,5
Qv	Lüftungsverluste	476.288	35,0%	58,5	77,3	117,1	39,7	13,2	952,6	182,3
Ql	Summe Verluste	1.360.531	100%	167,2	220,9	334,6	113,5	37,7	2721,1	520,8
Qs	Solare Gewinne	146.737	10,8%	18,0	23,8	36,1	12,2	4,1	293,5	56,2
Qi	Interne Gewinne	198.683	14,6%	24,4	32,3	48,9	16,6	5,5	397,4	76,1
Qsp	Speicher Masse	41.338	3,0%	5,1	6,7	10,2	3,4	1,1	82,7	15,8
Qg	Summe Gewinne	386.759	28,4%	47,5	62,8	95,1	32,3	10,7	773,5	148,0
Qh	Heizwärmebedarf	973.772	71,6%	119,7	158,1	239,5	81,2	27,0	1947,5	372,7
Qtw	Wärmebedarf TWW	40.000	2,9%	4,9	6,5	9,8	3,3	1,1	80,0	15,3
Qst	Solarkollektor ertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	40.000	2,9%	4,9	6,5	9,8	3,3	1,1	80,0	15,3
Qw	Wärmebedarf	1.013.772	74,5%	124,6	164,6	249,3	84,6	28,1	2027,5	388,0
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	23.471	1,7%	2,9	3,8	5,8	2,0	0,7	46,9	9,0

Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	990.301	72,8%	121,7	160,8	243,5	82,6	27,4	1980,6	379,1
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	1.077.187	79,2%	132,4	174,9	264,9	89,9	29,9	2154,4	412,3
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.570.936	115,5%	193,0	255,1	386,3	131,1	43,5	3141,9	601,3

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO ₂ -Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	1.073.516	56.501	1.130.017	1.276.919	11.300	0	1.288.219	0,9%	352,6
	Turnhalle	359.384	24.599	383.983	434.441	3.300	0	437.741	0,8%	116,4
	Summe Wärme	1.432.900	81.100	1.514.000	1.711.360	14.600	0	1.725.960	0,8%	469,0
Strom	Schule	246.900	0	246.900	654.285	83.946	0	738.231	11,4%	159,7
	Turnhalle	7.100	0	7.100	18.815	2.414	0	21.229	11,4%	4,6
	Summe Strom	254.000	0	254.000	673.100	86.360	0	759.460	11,4%	164,3
	Anteil Strom	15,1%	0,0%	14,4%	28,2%	85,5%	#DIV/0!	30,6%		25,9%
	Summe Schule	1.320.416	56.501	1.376.917	1.931.204	95.246	0	2.026.450	4,7%	512,3
	Summe Turnhalle	366.484	24.599	391.083	453.256	5.714	0	458.970	1,2%	121,0
	Gesamtsumme	1.686.900	81.100	1.768.000	2.384.460	100.960	0	2.485.420	4,1%	633,3


Bachschule Schulart: Haupt- und Realschule mit Förderstufe I Baujahr: Schulgebäude 1913; Turnhalle 1962									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 6421 m²	Schüler 500	Betriebszeit 1850 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 1023 m²	DIN-Felder 4	Betriebszeit 3150 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	634.600	98,8	1.269	343,0	834.520	199.920	195,4	49.980	63,5
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	695.733	108,3	1.391	376,1	914.912	219.179	214,2	54.795	69,6
Gesamtwärmebedarf berechnet	705.075	109,8	1.410	381,1	1.004.009	298.933	292,2	74.733	94,9
Differenz absolut	9.342	1,5	18,7	5,0	89.097	79.754	78,0	19.939	25,3
Differenz [%]	1,3%				9,7%	36,4%			
Strombedarf gemessen	75.885	11,8	152	41,0	75.885	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
	Schulgebäude	597.180	357.357	0	954.537	107.787	134.553	0	7.122	705.075
	Turnhalle	178.522	139.870	22.000	340.392	19.485	15.873	0	6.101	298.933
	Summe	775.702	497.227	22.000	1.294.929	127.272	150.426	0	13.223	1.004.009
	Anteil Turnhalle	23,0%	28,1%	100,0%	26,3%	15,3%	10,6%	0,0%	46,1%	29,8%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				7.444 m²	5.749 m²	3.910 m²	11.175 m²	32.113 m³	500	2500 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	775.702	60,9%	104,2	134,9	198,4	69,4	24,2	1551,4	310,3
Qv	Lüftungsverluste	497.227	39,1%	66,8	86,5	127,2	44,5	15,5	994,5	198,9
Ql	Summe Verluste	1.272.929	100%	171,0	221,4	325,5	113,9	39,6	2545,9	509,2
Qs	Solare Gewinne	127.272	10,0%	17,1	22,1	32,5	11,4	4,0	254,5	50,9
Qi	Interne Gewinne	112.252	8,8%	15,1	19,5	28,7	10,0	3,5	224,5	44,9
Qsp	Speicherenergie	38.174	3,0%	5,1	6,6	9,8	3,4	1,2	76,3	15,3
Qg	Summe Gewinne	277.698	21,8%	37,3	48,3	71,0	24,8	8,6	555,4	111,1
Qh	Heizwärmebedarf	995.231	78,2%	133,7	173,1	254,5	89,1	31,0	1990,5	398,1
Qtw	Wärmebedarf TWW	22.000	1,7%	3,0	3,8	5,6	2,0	0,7	44,0	8,8
Qst	Solarkollektorertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	22.000	1,7%	3,0	3,8	5,6	2,0	0,7	44,0	8,8
Qw	Wärmebedarf	1.017.231	79,9%	136,6	176,9	260,2	91,0	31,7	2034,5	406,9
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	13.223	1,0%	1,8	2,3	3,4	1,2	0,4	26,4	5,3

Q	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	1.004.009	78,9%	134,9	174,6	256,8	89,8	31,3	2008,0	401,6
Q	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	1.065.896	83,7%	143,2	185,4	272,6	95,4	33,2	2131,8	426,4
Q	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	914.912	71,9%	122,9	159,1	234,0	81,9	28,5	1829,8	366,0

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	634.600	33.400	668.000	754.840	6.680	0	761.520	0,9%	208,4
	Turnhalle	199.920	38.080	238.000	271.320	0	0	271.320	0,0%	59,3
	Summe Wärme	834.520	71.480	906.000	1.026.160	6.680	0	1.032.840	0,6%	267,7
Strom	Schule	75.885	0	75.885	201.095	25.801	0	226.896	11,4%	49,1
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	0,0
	Summe Strom	75.885	0	75.885	201.095	25.801	0	226.896	11,4%	49,1
	Anteil Strom	8,3%	0,0%	7,7%	16,4%	79,4%	#DIV/0!	18,0%		15,5%
	Summe Schule	710.485	33.400	743.885	955.935	32.481	0	988.416	3,3%	257,5
	Summe Turnhalle	199.920	38.080	238.000	271.320	0	0	271.320	0,0%	59,3
	Gesamtsumme	910.405	71.480	981.885	1.227.255	32.481	0	1.259.736	2,6%	316,8


Bieber Waldhof		Schulart: Grundschule I Baujahr: 1977							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 1284 m ²	Schüler 180	Betriebszeit 1480 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 0 m ²	DIN-Felder 0	Betriebszeit 0 h
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	168.000	130,9	933	113,5	168.000	0			
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	184.184	143,5	1.023	124,4	184.184	0			
Gesamtwärmebedarf berechnet	142.054	110,7	789	96,0	142.054	0			
Differenz absolut	-42.130	-32,8	-234,1	-28,5	-42.130	0			
Differenz [%]	-22,9%				-22,9%				
Strombedarf gemessen	14.000	10,9	78	9,5	14.000	0			

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
	Schulgebäude	163.913	51.377	0	215.290	50.382	21.419	0	1.435	142.054
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Summe	163.913	51.377	0	215.290	50.382	21.419	0	1.435	142.054
	Anteil Turnhalle	0,0%	0,0%		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				1.284 m ²	1.059 m ²	951 m ²	2.926 m ²	4.136 m ³	180	740 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ³ a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	163.913	76,1%	127,7	154,8	172,4	56,0	39,6	910,6	221,5
Qv	Lüftungsverluste	51.377	23,9%	40,0	48,5	54,0	17,6	12,4	285,4	69,4
Ql	Summe Verluste	215.290	100%	167,7	203,3	226,4	73,6	52,1	1196,1	290,9
Qs	Solare Gewinne	50.382	23,4%	39,2	47,6	53,0	17,2	12,2	279,9	68,1
Qi	Interne Gewinne	21.419	9,9%	16,7	20,2	22,5	7,3	5,2	119,0	28,9
Qsp	Speicher Masse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	71.801	33,4%	55,9	67,8	75,5	24,5	17,4	398,9	97,0
Qh	Heizwärmebedarf	143.489	66,6%	111,8	135,5	150,9	49,0	34,7	797,2	193,9
Qtw	Wärmebedarf TWW	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qst	Solkollektorertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qw	Wärmebedarf	143.489	66,6%	111,8	135,5	150,9	49,0	34,7	797,2	193,9
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	1.435	0,7%	1,1	1,4	1,5	0,5	0,3	8,0	1,9

Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	142.054	66,0%	110,7	134,2	149,4	48,5	34,3	789,2	192,0
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	147.960	68,7%	115,3	139,7	155,6	50,6	35,8	822,0	199,9
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	184.184	85,6%	143,5	173,9	193,7	62,9	44,5	1023,2	248,9


Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO ₂ -Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	168.000	32.000	200.000	228.000	0	0	228.000	0,0%	49,8
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Summe Wärme	168.000	32.000	200.000	228.000	0	0	228.000	0,0%	49,8
Strom	Schule	14.000	0	14.000	37.100	4.760	0	41.860	11,4%	9,1
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Summe Strom	14.000	0	14.000	37.100	4.760	0	41.860	11,4%	9,1
	Anteil Strom	7,7%	0,0%	6,5%	14,0%	100,0%		15,5%		15,4%
	Summe Schule	182.000	32.000	214.000	265.100	4.760	0	269.860	1,8%	58,9
	Summe Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Gesamtsumme	182.000	32.000	214.000	265.100	4.760	0	269.860	1,8%	58,9

Grundschule Buchhügel		Schulart: Grundschule I Baujahr: Schule 1974; Turnhalle 1974							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 2344 m²	Schüler 180	Betriebszeit 1665 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 528 m²	DIN-Felder 4	Betriebszeit 3150 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	259.612	110,7	1.442	155,9	360.413	100.801	190,9	25.200	32,0
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	284.621	121,4	1.581	170,9	395.133	110.511	209,3	27.628	35,1
Gesamtwärmebedarf berechnet	306.998	131,0	1.706	184,4	428.784	121.786	230,7	30.446	38,7
Differenz absolut	22.377	9,5	124,3	13,4	33.652	11.275	21,4	2.819	3,6
Differenz [%]	7,9%				8,5%	10,2%			
Strombedarf gemessen	77.360	33,0	430	46,5	77.360	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		297.312	107.526	0	404.838	54.423	40.315	0	3.101	306.998
Turnhalle		78.759	56.126	22.000	156.885	9.341	23.272	0	2.485	121.786
Summe		376.071	163.652	22.000	561.723	63.765	63.587	0	5.586	428.784
Anteil Turnhalle		20,9%	34,3%	100,0%	27,9%	14,6%	36,6%	0,0%	44,5%	28,4%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				2.872 m²	2.343 m²	1.457 m²	7.540 m²	12.433 m³	180	2408 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	376.071	69,7%	130,9	160,5	258,2	49,9	30,2	2089,3	156,2
Qv	Lüftungsverluste	163.652	30,3%	57,0	69,8	112,4	21,7	13,2	909,2	68,0
Ql	Summe Verluste	539.723	100%	187,9	230,4	370,6	71,6	43,4	2998,5	224,2
Qs	Solare Gewinne	63.765	11,8%	22,2	27,2	43,8	8,5	5,1	354,2	26,5
Qi	Interne Gewinne	63.587	11,8%	22,1	27,1	43,7	8,4	5,1	353,3	26,4
Qsp	Speicher Masse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	127.352	23,6%	44,3	54,4	87,4	16,9	10,2	707,5	52,9
Qh	Heizwärmebedarf	412.371	76,4%	143,6	176,0	283,1	54,7	33,2	2290,9	171,3
Qtw	Wärmebedarf TWW	22.000	4,1%	7,7	9,4	15,1	2,9	1,8	122,2	9,1
Qst	Solkollektorertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	22.000	4,1%	7,7	9,4	15,1	2,9	1,8	122,2	9,1
Qw	Wärmebedarf	434.371	80,5%	151,2	185,4	298,2	57,6	34,9	2413,2	180,4
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	5.586	1,0%	1,9	2,4	3,8	0,7	0,4	31,0	2,3
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	428.784	79,4%	149,3	183,0	294,4	56,9	34,5	2382,1	178,1
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	454.485	84,2%	158,2	194,0	312,0	60,3	36,6	2524,9	188,8
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	395.133	73,2%	137,6	168,6	271,3	52,4	31,8	2195,2	164,1

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	259.612	16.038	275.650	311.986	2.255	0	314.241	0,7%	82,8
	Turnhalle	100.801	8.549	109.350	123.764	895	0	124.659	0,7%	32,9
	Summe Wärme	360.413	24.587	385.000	435.750	3.150	0	438.900	0,7%	115,7
Strom	Schule	77.360	0	77.360	205.004	26.302	0	231.306	11,4%	50,1
	Turnhalle	2.640	0	2.640	6.996	898	0	7.894	11,4%	1,7
	Summe Strom	80.000	0	80.000	212.000	27.200	0	239.200	11,4%	51,8
	Anteil Strom	18,2%	0,0%	17,2%	32,7%	89,6%	#DIV/0!	35,3%		30,9%
	Summe Schule	336.972	16.038	353.010	516.990	28.558	0	545.547	5,2%	132,9
	Summe Turnhalle	103.441	8.549	111.990	130.760	1.792	0	132.553	1,4%	34,6
	Gesamtsumme	440.413	24.587	465.000	647.750	30.350	0	678.100	4,5%	167,5


Erich-Kästner-Schule		Schulart: Sprachheilschule I Baujahr: Schule 1878							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 2900 m²	Schüler 200	Betriebszeit 1480 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 0 m²	DIN-Felder 0	Betriebszeit 0 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	256.320	88,4	1.282	173,2	256.320	0			
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	281.012	96,9	1.405	189,9	281.012	0			
Gesamtwärmebedarf berechnet	297.531	102,6	1.488	201,0	297.531	0			
Differenz absolut	16.519	5,7	82,6	11,2	16.519	0			
Differenz [%]	5,9%				5,9%				
Strombedarf gemessen	33.000	11,4	165	22,3	33.000	0			

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude	280.873	160.384	0	441.256	59.882	80.838	0	3.005	297.531	
Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Summe	280.873	160.384	0	441.256	59.882	80.838	0	3.005	297.531	
Anteil Turnhalle	0,0%	0,0%		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				2.900 m²	2.288 m²	1.756 m²	4.046 m²	12.047 m³	200	740 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	280.873	63,7%	96,9	122,8	160,0	69,4	23,3	1404,4	379,6
Qv	Lüftungsverluste	160.384	36,3%	55,3	70,1	91,3	39,6	13,3	801,9	216,7
Ql	Summe Verluste	441.256	100%	152,2	192,9	251,3	109,1	36,6	2206,3	596,3
Qs	Solare Gewinne	59.882	13,6%	20,6	26,2	34,1	14,8	5,0	299,4	80,9
Qi	Interne Gewinne	36.729	8,3%	12,7	16,1	20,9	9,1	3,0	183,6	49,6
Qsp	Speicher Masse	44.108	10,0%	15,2	19,3	25,1	10,9	3,7	220,5	59,6
Qg	Summe Gewinne	140.720	31,9%	48,5	61,5	80,1	34,8	11,7	703,6	190,2
Qh	Heizwärmebedarf	300.537	68,1%	103,6	131,4	171,1	74,3	24,9	1502,7	406,1
Qtw	Wärmebedarf TWW	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qst	Solkollektorertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qw	Wärmebedarf	300.537	68,1%	103,6	131,4	171,1	74,3	24,9	1502,7	406,1
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	3.005	0,7%	1,0	1,3	1,7	0,7	0,2	15,0	4,1

Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	297.531	67,4%	102,6	130,0	169,4	73,5	24,7	1487,7	402,1
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	354.582	80,4%	122,3	155,0	201,9	87,6	29,4	1772,9	479,2
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	281.012	63,7%	96,9	122,8	160,0	69,5	23,3	1405,1	379,7

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	256.320	10.680	267.000	301.710	2.670	0	304.380	0,9%	83,3
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Summe Wärme	256.320	10.680	267.000	301.710	2.670	0	304.380	0,9%	83,3
Strom	Schule	33.000	0	33.000	87.450	11.220	0	98.670	11,4%	21,4
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Summe Strom	33.000	0	33.000	87.450	11.220	0	98.670	11,4%	21,4
	Anteil Strom	11,4%	0,0%	11,0%	22,5%	80,8%		24,5%		20,4%
	Summe Schule	289.320	10.680	300.000	389.160	13.890	0	403.050	3,4%	104,7
	Summe Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Gesamtsumme	289.320	10.680	300.000	389.160	13.890	0	403.050	3,4%	104,7


Ernst-Reuter Schule		Schulart: Grund-, Haupt- und Realschule mit Förderstufe Baujahr: Schule 2002; Turnhalle 2002							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 10132 m²	Schüler 780	Betriebszeit 2590 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 1355 m²	DIN-Felder 10	Betriebszeit 3150 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	447.920	44,2	574	172,9	612.480	164.560	121,4	16.456	52,2
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	491.070	48,5	630	189,6	671.482	180.413	133,1	18.041	57,3
Gesamtwärmebedarf berechnet	552.193	54,5	708	213,2	775.459	223.266	164,8	22.327	70,9
Differenz absolut	61.123	6,0	78,4	23,6	103.977	42.854	31,6	4.285	13,6
Differenz [%]	12,4%				15,5%	23,8%			
Strombedarf gemessen	85.225	8,4	109	32,9	85.225	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		216.930	526.440	0	743.370	63.685	110.414	0	17.078	552.193
Turnhalle		77.637	152.478	40.000	270.115	4.113	30.985	0	11.751	223.266
Summe		294.567	678.918	40.000	1.013.485	67.798	141.399	0	28.829	775.459
Anteil Turnhalle		26,4%	22,5%	100,0%	26,7%	6,1%	21,9%	0,0%	40,8%	28,8%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				11.487 m²	5.911 m²	3.724 m²	13.635 m²	45.330 m³	780	2870 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	294.567	30,3%	25,6	49,8	79,1	21,6	6,5	377,7	102,6
Qv	Lüftungsverluste	678.918	69,7%	59,1	114,9	182,3	49,8	15,0	870,4	236,6
Ql	Summe Verluste	973.485	100%	84,7	164,7	261,4	71,4	21,5	1248,1	339,2
Qs	Solare Gewinne	67.798	7,0%	5,9	11,5	18,2	5,0	1,5	86,9	23,6
Qi	Interne Gewinne	141.399	14,5%	12,3	23,9	38,0	10,4	3,1	181,3	49,3
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	209.196	21,5%	18,2	35,4	56,2	15,3	4,6	268,2	72,9
Qh	Heizwärmebedarf	764.288	78,5%	66,5	129,3	205,2	56,1	16,9	979,9	266,3
Qtw	Wärmebedarf TWW	40.000	4,1%	3,5	6,8	10,7	2,9	0,9	51,3	13,9
Qst	Solarkollektorertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	40.000	4,1%	3,5	6,8	10,7	2,9	0,9	51,3	13,9
Qw	Wärmebedarf	804.288	82,6%	70,0	136,1	216,0	59,0	17,7	1031,1	280,2
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	28.829	3,0%	2,5	4,9	7,7	2,1	0,6	37,0	10,0

Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	775.459	79,7%	67,5	131,2	208,2	56,9	17,1	994,2	270,2
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	857.210	88,1%	74,6	145,0	230,2	62,9	18,9	1099,0	298,7
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	671.482	69,0%	58,5	113,6	180,3	49,2	14,8	860,9	234,0

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	447.920	61.080	509.000	580.260	0	0	580.260	0,0%	126,7
	Turnhalle	164.560	22.440	187.000	213.180	0	0	213.180	0,0%	46,6
	Summe Wärme	612.480	83.520	696.000	793.440	0	0	793.440	0,0%	173,3
Strom	Schule	85.225	0	85.225	225.846	28.977	0	254.823	11,4%	55,1
	Turnhalle	6.775	0	6.775	17.954	2.304	0	20.257	11,4%	4,4
	Summe Strom	92.000	0	92.000	243.800	31.280	0	275.080	11,4%	59,5
	Anteil Strom	13,1%	0,0%	11,7%	23,5%	100,0%	#DIV/0!	25,7%		25,6%
	Summe Schule	533.145	61.080	594.225	806.106	28.977	0	835.083	3,5%	181,9
	Summe Turnhalle	171.335	22.440	193.775	231.134	2.304	0	233.437	1,0%	50,9
	Gesamtsumme	704.480	83.520	788.000	1.037.240	31.280	0	1.068.520	2,9%	232,8


Eichendorff-Schule		Schulart: Grundschule I Baujahr: Schule 1959; Turnhalle 1983							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 2707 m²	Schüler 359	Betriebszeit 1480 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 794 m²	DIN-Felder 4	Betriebszeit 2700 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	620.256	229,1	1.728	419,1	880.542	260.286	327,8	65.072	96,4
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	680.007	251,2	1.894	459,5	965.368	285.360	359,4	71.340	105,7
Gesamtwärmebedarf berechnet	576.380	212,9	1.606	389,4	768.853	192.473	242,4	48.118	71,3
Differenz absolut	-103.627	-38,3	-288,7	-70,0	-196.514	-92.887	-117,0	-23.222	-34,4
Differenz [%]	-15,2%				-20,4%	-32,6%			
Strombedarf gemessen	52.030	19,2	145	35,2	52.030	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude	619.416	125.509	0	744.925	126.083	36.639	0	5.822	576.380	
Turnhalle	108.710	89.299	22.000	220.009	12.513	9.070	0	5.953	192.473	
Summe	728.126	214.807	22.000	964.934	138.597	45.709	0	11.775	768.853	
Anteil Turnhalle	14,9%	41,6%	100,0%	22,8%	9,0%	19,8%	0,0%	50,6%	25,0%	

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				3.501 m²	3.355 m²	2.055 m²	6.548 m²	13.381 m³	359	2090 h
	Bezugsgröße			[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	728.126	77,2%	208,0	217,0	354,3	111,2	54,4	2028,2	348,4
Qv	Lüftungsverluste	214.807	22,8%	61,4	64,0	104,5	32,8	16,1	598,3	102,8
Ql	Summe Verluste	942.934	100%	269,3	281,1	458,8	144,0	70,5	2626,6	451,2
Qs	Solare Gewinne	138.597	14,7%	39,6	41,3	67,4	21,2	10,4	386,1	66,3
Qi	Interne Gewinne	45.709	4,8%	13,1	13,6	22,2	7,0	3,4	127,3	21,9
Qsp	Speicher Masse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	184.306	19,5%	52,6	54,9	89,7	28,1	13,8	513,4	88,2
Qh	Heizwärmebedarf	758.628	80,5%	216,7	226,1	369,2	115,8	56,7	2113,2	363,0
Qtw	Wärmebedarf TWW	22.000	2,3%	6,3	6,6	10,7	3,4	1,6	61,3	10,5
Qst	Solarkollektorertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	22.000	2,3%	6,3	6,6	10,7	3,4	1,6	61,3	10,5
Qw	Wärmebedarf	780.628	82,8%	223,0	232,7	379,9	119,2	58,3	2174,5	373,5
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	11.775	1,2%	3,4	3,5	5,7	1,8	0,9	32,8	5,6

Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	768.853	81,5%	219,6	229,2	374,1	117,4	57,5	2141,7	367,9
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	770.337	81,7%	220,0	229,6	374,9	117,6	57,6	2145,8	368,6
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	965.368	102,4%	275,8	287,7	469,8	147,4	72,1	2689,0	461,9

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	620.256	25.844	646.100	730.093	6.461	0	736.554	0,9%	201,6
	Turnhalle	260.286	16.614	276.900	312.897	2.769	0	315.666	0,9%	86,4
	Summe Wärme	880.542	42.458	923.000	1.042.990	9.230	0	1.052.220	0,9%	288,0
Strom	Schule	52.030	0	52.030	137.880	17.690	0	155.570	11,4%	33,7
	Turnhalle	3.970	0	3.970	10.521	1.350	0	11.870	11,4%	2,6
	Summe Strom	56.000	0	56.000	148.400	19.040	0	167.440	11,4%	36,2
	Anteil Strom	6,0%	0,0%	5,7%	12,5%	67,4%	#DIV/0!	13,7%		11,2%
	Summe Schule	672.286	25.844	698.130	867.973	24.151	0	892.124	2,7%	235,2
	Summe Turnhalle	264.256	16.614	280.870	323.418	4.119	0	327.536	1,3%	89,0
	Gesamtsumme	936.542	42.458	979.000	1.191.390	28.270	0	1.219.660	2,3%	324,2


Edith-Stein-Schule		Schulart: Gesamtschule (Ganztagsschule seit 09/06) Baujahr: Schule 1979; Turnhalle 1981							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 8692 m²	Schüler 800	Betriebszeit 1665 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 1702 m²	DIN-Felder 6	Betriebszeit 3150 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	556.263	64,0	695	334,1	873.050	316.787	186,2	52.798	100,6
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	609.849	70,2	762	366,3	957.154	347.305	204,1	57.884	110,3
Gesamtwärmebedarf berechnet	682.922	78,6	854	410,2	1.071.840	388.919	228,6	64.820	123,5
Differenz absolut	73.072	8,4	91,3	43,9	114.687	41.614	24,5	6.936	13,2
Differenz [%]	12,0%				12,0%	12,0%			
Strombedarf gemessen	293.493	33,8	367	176,3	293.493	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		617.624	417.183	0	1.034.807	106.847	231.101	0	13.937	682.922
Turnhalle		125.259	296.039	28.000	449.298	23.417	24.934	0	12.028	388.919
Summe		742.883	713.222	28.000	1.484.105	130.264	256.035	0	25.966	1.071.840
Anteil Turnhalle		16,9%	41,5%	100,0%	30,3%	18,0%	9,7%	0,0%	46,3%	36,3%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				10.393 m²	8.190 m²	4.699 m²	19.244 m²	52.243 m³	800	2408 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	742.883	51,0%	71,5	90,7	158,1	38,6	14,2	928,6	308,6
Qv	Lüftungsverluste	713.222	49,0%	68,6	87,1	151,8	37,1	13,7	891,5	296,3
Ql	Summe Verluste	1.456.105	100%	140,1	177,8	309,8	75,7	27,9	1820,1	604,8
Qs	Solare Gewinne	130.264	8,9%	12,5	15,9	27,7	6,8	2,5	162,8	54,1
Qi	Interne Gewinne	214.666	14,7%	20,7	26,2	45,7	11,2	4,1	268,3	89,2
Qsp	Speicherenergie	41.369	2,8%	4,0	5,1	8,8	2,1	0,8	51,7	17,2
Qg	Summe Gewinne	386.299	26,5%	37,2	47,2	82,2	20,1	7,4	482,9	160,5
Qh	Heizwärmebedarf	1.069.806	73,5%	102,9	130,6	227,6	55,6	20,5	1337,3	444,4
Qtw	Wärmebedarf TWW	28.000	1,9%	2,7	3,4	6,0	1,5	0,5	35,0	11,6
Qst	Solarkollektorertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	28.000	1,9%	2,7	3,4	6,0	1,5	0,5	35,0	11,6
Qw	Wärmebedarf	1.097.806	75,4%	105,6	134,0	233,6	57,0	21,0	1372,3	456,0
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	25.966	1,8%	2,5	3,2	5,5	1,3	0,5	32,5	10,8

Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	1.071.840	73,6%	103,1	130,9	228,1	55,7	20,5	1339,8	445,2
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	1.192.053	81,9%	114,7	145,5	253,7	61,9	22,8	1490,1	495,1
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	957.154	65,7%	92,1	116,9	203,7	49,7	18,3	1196,4	397,6

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	556.263	29.277	585.540	661.660	5.855	0	667.515	0,9%	182,7
	Turnhalle	316.787	16.673	333.460	376.810	3.335	0	380.145	0,9%	104,0
	Summe Wärme	873.050	45.950	919.000	1.038.470	9.190	0	1.047.660	0,9%	286,7
Strom	Schule	293.493	0	293.493	777.755	99.787	1.502	879.045	11,5%	189,9
	Turnhalle	8.508	0	8.508	22.545	2.893	0	25.437	11,4%	5,5
	Summe Strom	302.000	0	302.000	800.300	102.680	1.502	904.482	11,5%	195,4
	Anteil Strom	25,7%	0,0%	24,7%	43,5%	91,8%	100,0%	46,3%		40,5%
	Summe Schule	849.755	29.277	879.032	1.439.415	105.643	1.502	1.546.560	6,9%	372,6
	Summe Turnhalle	325.295	16.673	341.968	399.355	6.227	0	405.582	1,5%	109,5
	Gesamtsumme	1.175.050	45.950	1.221.000	1.838.770	111.870	1.502	1.952.142	5,8%	482,1


Friedrich Ebert Schule Schulart: Grundschule I Baujahr: Schulhaus 1954; Schulhaus 1959; TH 1959; Schulpavillion: 1973									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 3412 m²	Schüler 270	Betriebszeit 1295 h	absolut (1.096)	absolut	EBF 608 m²	DIN-Felder 3	Betriebszeit 3150 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	469.584	137,6	1.739	362,6	586.239	116.655	191,9	38.885	37,0
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	514.821	150,9	1.907	397,5	642.713	127.893	210,4	42.631	40,6
Gesamtwärmebedarf berechnet	644.075	188,8	2.385	497,4	807.933	163.858	269,5	54.619	52,0
Differenz absolut	129.255	37,9	478,7	99,8	165.220	35.965	59,2	11.988	11,4
Differenz [%]	25,1%				25,7%	28,1%			
Strombedarf gemessen	53.960	15,8	200	41,7	53.960	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
	Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf WW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf	
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	
Schulgebäude	654.337	131.494	0	785.831	114.413	27.342	0	0	644.075	
Turnhalle	108.327	80.516	19.000	207.843	20.233	20.408	0	3.344	163.858	
Summe	762.664	212.010	19.000	993.674	134.645	47.751	0	3.344	807.933	
Anteil Turnhalle	14,2%	38,0%	100,0%	20,9%	15,0%	42,7%	0,0%	100,0%	20,3%	

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
	Bezugsgröße			4.020 m²	3.467 m²	2.340 m²	8.169 m²	15.054 m³	270	2223 h
		[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	762.664	78,2%	189,7	220,0	325,9	93,4	50,7	2824,7	343,2
Qv	Lüftungsverluste	212.010	21,8%	52,7	61,2	90,6	26,0	14,1	785,2	95,4
Ql	Summe Verluste	974.674	100%	242,5	281,1	416,5	119,3	64,7	3609,9	438,5
Qs	Solare Gewinne	134.645	13,8%	33,5	38,8	57,5	16,5	8,9	498,7	60,6
Qi	Interne Gewinne	47.751	4,9%	11,9	13,8	20,4	5,8	3,2	176,9	21,5
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	182.396	18,7%	45,4	52,6	77,9	22,3	12,1	675,5	82,1
Qh	Heizwärmebedarf	792.277	81,3%	197,1	228,5	338,6	97,0	52,6	2934,4	356,5
Qtw	Wärmebedarf WW	19.000	1,9%	4,7	5,5	8,1	2,3	1,3	70,4	8,5
Qst	Solarkollektorertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe WW	19.000	1,9%	4,7	5,5	8,1	2,3	1,3	70,4	8,5
Qw	Wärmebedarf	811.277	83,2%	201,8	234,0	346,7	99,3	53,9	3004,7	365,0
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	3.344	0,3%	0,8	1,0	1,4	0,4	0,2	12,4	1,5

Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	807.933	82,9%	201,0	233,0	345,3	98,9	53,7	2992,3	363,5
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	796.067	81,7%	198,0	229,6	340,2	97,4	52,9	2948,4	358,2
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	642.713	65,9%	159,9	185,4	274,7	78,7	42,7	2380,4	289,2

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			gesamt
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	469.584	82.868	552.452	629.795	0	0	629.795	0,0%	137,6
	Turnhalle	116.655	23.893	140.548	160.225	0	0	160.225	0,0%	35,0
	Summe Wärme	586.239	106.761	693.000	790.020	0	0	790.020	0,0%	172,6
Strom	Schule	53.960	0	53.960	142.994	18.346	0	161.340	11,4%	34,9
	Turnhalle	3.040	0	3.040	8.056	1.034	0	9.090	11,4%	2,0
	Summe Strom	57.000	0	57.000	151.050	19.380	0	170.430	11,4%	36,9
	Anteil Strom	8,9%	0,0%	7,6%	16,1%	100,0%	#DIV/0!	17,7%		17,6%
	Summe Schule	523.544	82.868	606.412	772.789	18.346	0	791.135	2,3%	172,5
	Summe Turnhalle	119.695	23.893	143.588	168.281	1.034	0	169.315	0,6%	37,0
	Gesamtsumme	643.239	106.761	750.000	941.070	19.380	0	960.450	2,0%	209,4


Fröbelschule Schulart: Förderschule I Baujahr: Schule und Turnhalle 1913, Schule 1961, Pausenhalle 1979									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 2917 m²	Schüler 140	Betriebszeit 1480 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 427 m²	DIN-Felder 2	Betriebszeit 2700 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	258.563	88,6	1.847	174,7	307.200	48.637	113,9	24.319	18,0
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	283.471	97,2	2.025	191,5	336.794	53.323	124,9	26.661	19,7
Gesamtwärmebedarf berechnet	307.319	105,4	2.195	207,6	365.128	57.809	135,4	28.904	21,4
Differenz absolut	23.848	8,2	170,3	16,1	28.334	4.486	10,5	2.243	1,7
Differenz [%]	8,4%				8,4%	8,4%			
Strombedarf gemessen	83.865	28,8	599	56,7	83.865	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		320.575	104.788	0	425.363	49.119	62.654	0	6.272	307.319
Turnhalle		35.450	29.103	16.000	80.553	2.345	17.990	0	2.409	57.809
Summe		356.025	133.891	16.000	505.916	51.463	80.644	0	8.681	365.128
Anteil Turnhalle		10,0%	21,7%	100,0%	15,9%	4,6%	22,3%	0,0%	27,7%	15,8%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				3.344 m²	2.361 m²	1.388 m²	5.336 m²	11.627 m³	140	2090 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	356.025	72,7%	106,5	150,8	256,5	66,7	30,6	2543,0	170,3
Qv	Lüftungsverluste	133.891	27,3%	40,0	56,7	96,5	25,1	11,5	956,4	64,1
Ql	Summe Verluste	489.916	100%	146,5	207,5	353,0	91,8	42,1	3499,4	234,4
Qs	Solare Gewinne	51.463	10,5%	15,4	21,8	37,1	9,6	4,4	367,6	24,6
Qi	Interne Gewinne	57.184	11,7%	17,1	24,2	41,2	10,7	4,9	408,5	27,4
Qsp	Speicher Masse	23.460	4,8%	7,0	9,9	16,9	4,4	2,0	167,6	11,2
Qg	Summe Gewinne	132.107	27,0%	39,5	56,0	95,2	24,8	11,4	943,6	63,2
Qh	Heizwärmebedarf	357.808	73,0%	107,0	151,5	257,8	67,1	30,8	2555,8	171,2
Qtw	Wärmebedarf TWW	16.000	3,3%	4,8	6,8	11,5	3,0	1,4	114,3	7,7
Qst	Solarkollektorertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	16.000	3,3%	4,8	6,8	11,5	3,0	1,4	114,3	7,7
Qw	Wärmebedarf	373.808	76,3%	111,8	158,3	269,3	70,1	32,1	2670,1	178,9
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	8.681	1,8%	2,6	3,7	6,3	1,6	0,7	62,0	4,2

Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	365.128	74,5%	109,2	154,6	263,1	68,4	31,4	2608,1	174,7
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	413.004	84,3%	123,5	174,9	297,6	77,4	35,5	2950,0	197,6
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	336.794	68,7%	100,7	142,6	242,6	63,1	29,0	2405,7	161,1


Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)											
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent		
					fossil	regenerativ	solar				
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]		
Wärme	Schule	258.563	10.773	269.336	304.350	2.693	0	307.043	0,9%	84,0	
	Turnhalle	48.637	2.027	50.664	57.250	507	0	57.757	0,9%	15,8	
	Summe Wärme	307.200	12.800	320.000	361.600	3.200	0	364.800	0,9%	99,8	
Strom	Schule	83.865	2.135	86.000	227.900	29.240	0	257.140	11,4%	55,6	
	Turnhalle	2.135	0	2.135	5.658	726	0	6.384	11,4%	1,4	
	Summe Strom	86.000	2.135	88.135	233.558	29.966	0	263.524	11,4%	57,0	
	Anteil Strom	21,9%	14,3%	21,6%	39,2%	90,4%	#DIV/0!	41,9%		36,4%	
	Summe Schule	342.428	12.908	355.336	532.250	31.933	0	564.183	5,7%	139,7	
	Summe Turnhalle	50.772	2.027	52.799	62.908	1.233	0	64.141	1,9%	17,2	
	Gesamtsumme	393.200	14.935	408.135	595.158	33.166	0	628.324	5,3%	156,9	

Goetheschule		Schulart: Grundschule I Baujahr: Schule 1919; Turnhalle 1960							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 4567 m²	Schüler 959	Betriebszeit 1295 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 1032 m²	DIN-Felder 6	Betriebszeit 2700 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	387.591	84,9	404	299,3	612.480	224.889	217,9	37.481	83,3
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	424.929	93,0	443	328,1	671.482	246.553	238,9	41.092	91,3
Gesamtwärmebedarf berechnet	473.340	103,6	494	365,5	747.982	274.642	266,1	45.774	101,7
Differenz absolut	48.411	10,6	50,5	37,4	76.500	28.089	27,2	4.682	10,4
Differenz [%]	11,4%				11,4%	11,4%			
Strombedarf gemessen	72.840	15,9	76	56,2	72.840	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude	460.932	213.177	0	674.108	47.576	138.653	0	14.539	473.340	
Turnhalle	173.641	108.023	28.000	309.664	8.034	21.382	0	5.605	274.642	
Summe	634.572	321.200	28.000	983.772	55.611	160.035	0	20.144	747.982	
Anteil Turnhalle	27,4%	33,6%	100,0%	31,5%	14,4%	13,4%	0,0%	27,8%	36,7%	

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				5.599 m²	4.156 m²	2.890 m²	9.571 m²	24.542 m³	959	1998 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	634.572	66,4%	113,3	152,7	219,5	66,3	25,9	661,7	317,7
Qv	Lüftungsverluste	321.200	33,6%	57,4	77,3	111,1	33,6	13,1	334,9	160,8
Ql	Summe Verluste	955.772	100%	170,7	230,0	330,7	99,9	38,9	996,6	478,5
Qs	Solare Gewinne	55.611	5,8%	9,9	13,4	19,2	5,8	2,3	58,0	27,8
Qi	Interne Gewinne	92.629	9,7%	16,5	22,3	32,0	9,7	3,8	96,6	46,4
Qsp	Speicherenergie	67.406	7,1%	12,0	16,2	23,3	7,0	2,7	70,3	33,7
Qg	Summe Gewinne	215.646	22,6%	38,5	51,9	74,6	22,5	8,8	224,9	108,0
Qh	Heizwärmebedarf	740.126	77,4%	132,2	178,1	256,1	77,3	30,2	771,8	370,5
Qtw	Wärmebedarf TWW	28.000	2,9%	5,0	6,7	9,7	2,9	1,1	29,2	14,0
Qst	Solarkollektoretrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	28.000	2,9%	5,0	6,7	9,7	2,9	1,1	29,2	14,0
Qw	Wärmebedarf	768.126	80,4%	137,2	184,8	265,8	80,3	31,3	801,0	384,5
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	20.144	2,1%	3,6	4,8	7,0	2,1	0,8	21,0	10,1
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	747.982	78,3%	133,6	180,0	258,8	78,2	30,5	780,0	374,5
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	856.076	89,6%	152,9	206,0	296,2	89,4	34,9	892,7	428,6
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	671.482	70,3%	119,9	161,6	232,3	70,2	27,4	700,2	336,2


Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie				Anteil regenerativ [%]	CO2-Äquivalent [t/a]
					fossil	regenerativ	solar	gesamt		
					[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]		
Wärme	Schule	387.591	16.150	403.741	456.227	4.037	0	460.264	0,9%	126,0
	Turnhalle	224.889	9.370	234.259	264.713	2.343	0	267.056	0,9%	73,1
	Summe Wärme	612.480	25.520	638.000	720.940	6.380	0	727.320	0,9%	199,1
Strom	Schule	72.840	0	72.840	193.026	24.766	0	217.792	11,4%	47,1
	Turnhalle	5.160	0	5.160	13.674	1.754	0	15.428	11,4%	3,3
	Summe Strom	78.000	0	78.000	206.700	26.520	0	233.220	11,4%	50,5
	Anteil Strom	11,3%	0,0%	10,9%	22,3%	80,6%	#DIV/0!	24,3%		20,2%
	Summe Schule	460.431	16.150	476.581	649.253	28.803	0	678.056	4,2%	173,1
	Summe Turnhalle	230.049	9.370	239.419	278.387	4.097	0	282.484	1,5%	76,4
	Gesamtsumme	690.480	25.520	716.000	927.640	32.900	0	960.540	3,4%	249,5

Geschwister-Scholl-Schule Schulart: Haupt- und Realschule mit Förderstufe I Baujahr: Schule 1967 / 1984; Turnhalle 1967									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 7277 m²	Schüler 810	Betriebszeit 1295 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 863 m²	DIN-Felder 8	Betriebszeit 2250 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	948.242	130,3	1.171	732,2	1.138.355	190.113	220,3	23.764	84,5
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.039.590	142,9	1.283	802,8	1.248.017	208.427	241,5	26.053	92,6
Gesamtwärmebedarf berechnet	1.255.110	172,5	1.550	969,2	1.512.100	256.990	297,8	32.124	114,2
Differenz absolut	215.520	29,6	266,1	166,4	264.083	48.563	56,3	6.070	21,6
Differenz [%]	20,7%				21,2%	23,3%			
Strombedarf gemessen	125.685	17,3	155	97,1	125.685	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
	Schulgebäude	1.276.025	316.836	0	1.592.861	252.133	72.941	0	12.678	1.255.110
	Turnhalle	201.212	74.137	34.000	309.349	32.686	14.428	0	5.245	256.990
	Summe	1.477.237	390.973	34.000	1.902.210	284.819	87.369	0	17.923	1.512.100
	Anteil Turnhalle	13,6%	19,0%	100,0%	16,3%	11,5%	16,5%	0,0%	29,3%	17,0%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				8.140 m²	6.697 m²	4.735 m²	16.174 m²	32.791 m³	810	1773 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	1.477.237	79,1%	181,5	220,6	312,0	91,3	45,0	1823,7	833,4
Qv	Lüftungsverluste	390.973	20,9%	48,0	58,4	82,6	24,2	11,9	482,7	220,6
Ql	Summe Verluste	1.868.210	100%	229,5	279,0	394,6	115,5	57,0	2306,4	1054,0
Qs	Solare Gewinne	284.819	15,2%	35,0	42,5	60,2	17,6	8,7	351,6	160,7
Qi	Interne Gewinne	87.369	4,7%	10,7	13,0	18,5	5,4	2,7	107,9	49,3
Qsp	Speicherenergie	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	372.188	19,9%	45,7	55,6	78,6	23,0	11,4	459,5	210,0
Qh	Heizwärmebedarf	1.496.022	80,1%	183,8	223,4	315,9	92,5	45,6	1846,9	844,0
Qtw	Wärmebedarf TWW	34.000	1,8%	4,2	5,1	7,2	2,1	1,0	42,0	19,2
Qst	Solarkollektorertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	34.000	1,8%	4,2	5,1	7,2	2,1	1,0	42,0	19,2
Qw	Wärmebedarf	1.530.022	81,9%	188,0	228,5	323,1	94,6	46,7	1888,9	863,2
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	17.923	1,0%	2,2	2,7	3,8	1,1	0,5	22,1	10,1
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	1.512.100	80,9%	185,8	225,8	319,3	93,5	46,1	1866,8	853,1
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	1.514.500	81,1%	186,1	226,1	319,9	93,6	46,2	1869,8	854,4
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.248.017	66,8%	153,3	186,4	263,6	77,2	38,1	1540,8	704,1

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)											
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie				Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar	gesamt			
					[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]			[kWh/a]
Wärme	Schule	948.242	39.510	987.753	1.116.160	9.878	0	1.126.038	0,9%	308,2	
	Turnhalle	190.113	12.135	202.247	228.540	2.022	0	230.562	0,9%	63,1	
	Summe Wärme	1.138.355	51.645	1.190.000	1.344.700	11.900	0	1.356.600	0,9%	371,3	
Strom	Schule	125.685	0	125.685	333.065	42.733	0	375.798	11,4%	81,3	
	Turnhalle	4.315	0	4.315	11.435	1.467	0	12.902	11,4%	2,8	
	Summe Strom	130.000	0	130.000	344.500	44.200	0	388.700	11,4%	84,1	
	Anteil Strom	10,2%	0,0%	9,8%	20,4%	78,8%	#DIV/0!	22,3%		18,5%	
	Summe Schule	1.073.927	39.510	1.113.438	1.449.226	52.610	0	1.501.836	3,5%	389,5	
	Summe Turnhalle	194.428	12.135	206.562	239.974	3.490	0	243.464	1,4%	65,9	
	Gesamtsumme	1.268.355	51.645	1.320.000	1.689.200	56.100	0	1.745.300	3,2%	455,4	


Gewerblich Techn. Schule Schulart: Berufsschule I Baujahr: Schule: 1963, Turnhalle: 1994									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 9204 m²	Schüler 915	Betriebszeit 2220 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 1778 m²	DIN-Felder 12	Betriebszeit 3600 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	672.043	73,0	734	302,7	1.013.760	341.717	192,2	28.476	94,9
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	736.783	80,1	805	331,9	1.111.419	374.636	210,7	31.220	104,1
Gesamtwärmebedarf berechnet	750.833	81,6	821	338,2	1.132.613	381.780	214,7	31.815	106,0
Differenz absolut	14.050	1,5	15,4	6,3	21.194	7.144	4,0	595	2,0
Differenz [%]	1,9%				1,9%	1,9%			
Strombedarf gemessen	326.110	35,4	356	146,9	326.110	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		645.598	470.694	0	1.116.292	121.460	236.414	0	7.584	750.833
Turnhalle		113.086	276.599	46.000	435.685	800	45.314	0	7.791	381.780
Summe		758.684	747.293	46.000	1.551.977	122.260	281.728	0	15.376	1.132.613
Anteil Turnhalle		14,9%	37,0%	100,0%	28,1%	0,7%	16,1%	0,0%	50,7%	33,7%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				10.982 m²	8.794 m²	6.116 m²	16.188 m²	41.571 m³	915	2910 h
	Bezugsgröße			[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	758.684	50,4%	69,1	86,3	124,0	46,9	18,3	829,2	260,7
Qv	Lüftungsverluste	747.293	49,6%	68,0	85,0	122,2	46,2	18,0	816,7	256,8
Ql	Summe Verluste	1.505.977	100%	137,1	171,3	246,2	93,0	36,2	1645,9	517,5
Qs	Solare Gewinne	122.260	8,1%	11,1	13,9	20,0	7,6	2,9	133,6	42,0
Qi	Interne Gewinne	281.728	18,7%	25,7	32,0	46,1	17,4	6,8	307,9	96,8
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	403.988	26,8%	36,8	45,9	66,1	25,0	9,7	441,5	138,8
Qh	Heizwärmebedarf	1.101.989	73,2%	100,3	125,3	180,2	68,1	26,5	1204,4	378,7
Qtw	Wärmebedarf TWW	46.000	3,1%	4,2	5,2	7,5	2,8	1,1	50,3	15,8
Qst	Solarkollektoretrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	46.000	3,1%	4,2	5,2	7,5	2,8	1,1	50,3	15,8
Qw	Wärmebedarf	1.147.989	76,2%	104,5	130,5	187,7	70,9	27,6	1254,6	394,5
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	15.376	1,0%	1,4	1,7	2,5	0,9	0,4	16,8	5,3

Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	1.132.613	75,2%	103,1	128,8	185,2	70,0	27,2	1237,8	389,2
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	1.162.592	77,2%	105,9	132,2	190,1	71,8	28,0	1270,6	399,5
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.111.419	73,8%	101,2	126,4	181,7	68,7	26,7	1214,7	381,9


Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			gesamt
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	672.043	28.002	700.045	791.051	7.000	0	798.051	0,9%	218,4
	Turnhalle	341.717	14.238	355.955	402.229	3.560	0	405.789	0,9%	111,1
	Summe Wärme	1.013.760	42.240	1.056.000	1.193.280	10.560	0	1.203.840	0,9%	329,5
Strom	Schule	326.110	0	326.110	864.192	110.877	0	975.069	11,4%	211,0
	Turnhalle	8.890	0	8.890	23.559	3.023	0	26.581	11,4%	5,8
	Summe Strom	335.000	0	335.000	887.750	113.900	0	1.001.650	11,4%	216,7
	Anteil Strom	24,8%	0,0%	24,1%	42,7%	91,5%	#DIV/0!	45,4%		39,7%
	Summe Schule	998.153	28.002	1.026.155	1.655.242	117.878	0	1.773.120	6,6%	429,4
	Summe Turnhalle	350.607	14.238	364.845	425.788	6.582	0	432.370	1,5%	116,8
	Gesamtsumme	1.348.760	42.240	1.391.000	2.081.030	124.460	0	2.205.490	5,6%	546,2

Humboldtschule		Schulart:Schulart I Baujahr: Schule: 1959; Turnhalle: 1959							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 3336 m²	Schüler 330	Betriebszeit 1480 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 540 m²	DIN-Felder 3	Betriebszeit 2250 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	560.235	167,9	1.698	378,5	684.320	124.085	229,8	38.777	55,1
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	614.204	184,1	1.861	415,0	750.243	136.039	251,9	42.512	60,5
Gesamtwärmebedarf berechnet	677.967	203,2	2.054	458,1	828.128	150.161	278,1	46.925	66,7
Differenz absolut	63.763	19,1	193,2	43,1	77.886	14.123	26,2	4.413	6,3
Differenz [%]	10,4%				10,4%	10,4%			
Strombedarf gemessen	45.300	13,6	137	30,6	45.300	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		796.635	124.471	0	921.106	185.831	50.460	0	6.848	677.967
Turnhalle		113.080	47.669	19.600	180.349	13.024	12.520	0	4.644	150.161
Summe		909.715	172.140	19.600	1.101.455	198.855	62.980	0	11.492	828.128
Anteil Turnhalle		12,4%	27,7%	100,0%	16,4%	6,5%	19,9%	0,0%	40,4%	18,1%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				3.876 m²	3.172 m²	2.414 m²	8.143 m²	13.828 m³	330	1865 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	909.715	84,1%	234,7	286,8	376,8	111,7	65,8	2756,7	487,8
Qv	Lüftungsverluste	172.140	15,9%	44,4	54,3	71,3	21,1	12,4	521,6	92,3
Ql	Summe Verluste	1.081.855	100%	279,1	341,1	448,2	132,9	78,2	3278,3	580,1
Qs	Solare Gewinne	198.855	18,4%	51,3	62,7	82,4	24,4	14,4	602,6	106,6
Qi	Interne Gewinne	62.980	5,8%	16,2	19,9	26,1	7,7	4,6	190,8	33,8
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	261.834	24,2%	67,6	82,5	108,5	32,2	18,9	793,4	140,4
Qh	Heizwärmebedarf	820.021	75,8%	211,6	258,5	339,7	100,7	59,3	2484,9	439,7
Qtw	Wärmebedarf TWW	19.600	1,8%	5,1	6,2	8,1	2,4	1,4	59,4	10,5
Qst	Solarkollektoreintrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	19.600	1,8%	5,1	6,2	8,1	2,4	1,4	59,4	10,5
Qw	Wärmebedarf	839.621	77,6%	216,6	264,7	347,8	103,1	60,7	2544,3	450,2
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	11.492	1,1%	3,0	3,6	4,8	1,4	0,8	34,8	6,2
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	828.128	76,5%	213,7	261,1	343,1	101,7	59,9	2509,5	444,0
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	826.731	76,4%	213,3	260,6	342,5	101,5	59,8	2505,2	443,3
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	750.243	69,3%	193,6	236,5	310,8	92,1	54,3	2273,5	402,3

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	560.235	35.760	595.995	673.474	5.960	0	679.434	0,9%	186,0
	Turnhalle	124.085	7.920	132.005	149.166	1.320	0	150.486	0,9%	41,2
	Summe Wärme	684.320	43.680	728.000	822.640	7.280	0	829.920	0,9%	227,1
Strom	Schule	45.300	0	45.300	120.045	15.402	0	135.447	11,4%	29,3
	Turnhalle	2.700	0	2.700	7.155	918	0	8.073	11,4%	1,7
	Summe Strom	48.000	0	48.000	127.200	16.320	0	143.520	11,4%	31,1
	Anteil Strom	6,6%	0,0%	6,2%	13,4%	69,2%	#DIV/0!	14,7%		12,0%
	Summe Schule	605.535	35.760	641.295	793.519	21.362	0	814.881	2,6%	215,3
	Summe Turnhalle	126.785	7.920	134.705	156.321	2.238	0	158.559	1,4%	42,9
	Gesamtsumme	732.320	43.680	776.000	949.840	23.600	0	973.440	2,4%	258,2

Käthe-Kollwitz-Schule		Schulart: Berufsschule I Baujahr: Schule 1978							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 10025 m²	Schüler 604	Betriebszeit 1850 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 0 m²	DIN-Felder 0	Betriebszeit 0 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	960.000	95,8	1.589	518,9	960.000	0			
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.052.480	105,0	1.743	568,9	1.052.480	0			
Gesamtwärmebedarf berechnet	1.040.328	103,8	1.722	562,3	1.040.328	0			
Differenz absolut	-12.152	-1,2	-20,1	-6,6	-12.152	0			
Differenz [%]	-1,2%				-1,2%				
Strombedarf gemessen	300.000	29,9	497	162,2	300.000	0			

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude	832.190	549.252	0	1.381.442	92.605	238.000	0	10.508	1.040.328	
Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Summe	832.190	549.252	0	1.381.442	92.605	238.000	0	10.508	1.040.328	
Anteil Turnhalle	0,0%	0,0%		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	


Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				10.025 m²	6.857 m²	5.972 m²	13.613 m²	43.566 m³	604	925 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	832.190	60,2%	83,0	121,4	139,4	61,1	19,1	1377,8	899,7
Qv	Lüftungsverluste	549.252	39,8%	54,8	80,1	92,0	40,3	12,6	909,4	593,8
Ql	Summe Verluste	1.381.442	100%	137,8	201,5	231,3	101,5	31,7	2287,2	1493,5
Qs	Solare Gewinne	92.605	6,7%	9,2	13,5	15,5	6,8	2,1	153,3	100,1
Qi	Interne Gewinne	238.000	17,2%	23,7	34,7	39,9	17,5	5,5	394,0	257,3
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	330.605	23,9%	33,0	48,2	55,4	24,3	7,6	547,4	357,4
Qh	Heizwärmebedarf	1.050.837	76,1%	104,8	153,3	176,0	77,2	24,1	1739,8	1136,0
Qtw	Wärmebedarf TWW	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qst	Solarkollektoretrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qw	Wärmebedarf	1.050.837	76,1%	104,8	153,3	176,0	77,2	24,1	1739,8	1136,0
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	10.508	0,8%	1,0	1,5	1,8	0,8	0,2	17,4	11,4

Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	1.040.328	75,3%	103,8	151,7	174,2	76,4	23,9	1722,4	1124,7
----	---	------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-------------	-------------	---------------	---------------

Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	1.062.114	76,9%	105,9	154,9	177,9	78,0	24,4	1758,5	1148,2
----	--	------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-------------	-------------	---------------	---------------

Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.052.480	76,2%	105,0	153,5	176,2	77,3	24,2	1742,5	1137,8
----	---	------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-------------	-------------	---------------	---------------


Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	960.000	40.000	1.000.000	1.130.000	10.000	0	1.140.000	0,9%	312,0
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Summe Wärme	960.000	40.000	1.000.000	1.130.000	10.000	0	1.140.000	0,9%	312,0
Strom	Schule	300.000	0	300.000	795.000	102.000	0	897.000	11,4%	194,1
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Summe Strom	300.000	0	300.000	795.000	102.000	0	897.000	11,4%	194,1
	Anteil Strom	23,8%	0,0%	23,1%	41,3%	91,1%		44,0%		38,4%
	Summe Schule	1.260.000	40.000	1.300.000	1.925.000	112.000	0	2.037.000	5,5%	506,1
	Summe Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Gesamtsumme	1.260.000	40.000	1.300.000	1.925.000	112.000	0	2.037.000	5,5%	506,1

		Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
		absolut	EBF 6484 m²	Schüler 965	Betriebszeit 2035 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 1067 m²	DIN-Felder 8	Betriebszeit 3375 h
		[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen		552.120	85,1	572	271,3	764.924	212.803	199,4	26.600	63,1
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt		605.308	93,4	627	297,4	838.611	233.303	218,6	29.163	69,1
Gesamtwärmebedarf berechnet		576.380	88,9	597	283,2	803.311	226.931	212,7	28.366	67,2
Differenz absolut		-28.928	-4,5	-30,0	-14,2	-35.300	-6.372	-6,0	-797	-1,9
Differenz [%]		-4,8%				-4,2%	-2,7%			
Strombedarf gemessen		38.665	6,0	40	19,0	38.665	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
	Schulgebäude	651.075	274.707	0	925.782	137.966	211.436	0	0	576.380
	Turnhalle	111.086	149.798	34.000	294.884	21.344	41.978	0	4.631	226.931
	Summe	762.162	424.504	34.000	1.220.666	159.309	253.414	0	4.631	803.311
	Anteil Turnhalle	14,6%	35,3%	100,0%	24,2%	13,4%	16,6%	0,0%	100,0%	28,2%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				7.551 m²	5.725 m²	3.947 m²	15.623 m²	25.526 m³	965	2705 h
	Bezugsgröße			[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	762.162	64,2%	100,9	133,1	193,1	48,8	29,9	789,8	281,8
Qv	Lüftungsverluste	424.504	35,8%	56,2	74,1	107,6	27,2	16,6	439,9	156,9
Ql	Summe Verluste	1.186.666	100%	157,1	207,3	300,7	76,0	46,5	1229,7	438,7
Qs	Solare Gewinne	159.309	13,4%	21,1	27,8	40,4	10,2	6,2	165,1	58,9
Qi	Interne Gewinne	253.414	21,4%	33,6	44,3	64,2	16,2	9,9	262,6	93,7
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	412.724	34,8%	54,7	72,1	104,6	26,4	16,2	427,7	152,6
Qh	Heizwärmebedarf	773.942	65,2%	102,5	135,2	196,1	49,5	30,3	802,0	286,1
Qtww	Wärmebedarf TWW	34.000	2,9%	4,5	5,9	8,6	2,2	1,3	35,2	12,6
Qst	Solarkollektoretrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtww	Summe TWW	34.000	2,9%	4,5	5,9	8,6	2,2	1,3	35,2	12,6
Qw	Wärmebedarf	807.942	68,1%	107,0	141,1	204,7	51,7	31,7	837,2	298,7
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	4.631	0,4%	0,6	0,8	1,2	0,3	0,2	4,8	1,7
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	803.311	67,7%	106,4	140,3	203,5	51,4	31,5	832,4	297,0
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	824.435	69,5%	109,2	144,0	208,9	52,8	32,3	854,3	304,8
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	838.611	70,7%	111,1	146,5	212,5	53,7	32,9	869,0	310,0

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			gesamt
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	552.120	29.059	581.179	656.733	5.812	0	662.544	0,9%	181,3
	Turnhalle	212.803	16.017	228.821	258.567	2.288	0	260.856	0,9%	71,4
	Summe Wärme	764.924	45.076	810.000	915.300	8.100	0	923.400	0,9%	252,7
Strom	Schule	38.665	0	38.665	102.461	13.146	0	115.607	11,4%	25,0
	Turnhalle	5.335	0	5.335	14.139	1.814	0	15.953	11,4%	3,5
	Summe Strom	44.000	0	44.000	116.600	14.960	0	131.560	11,4%	28,5
	Anteil Strom	5,4%	0,0%	5,2%	11,3%	64,9%	#DIV/0!	12,5%		10,1%
	Summe Schule	590.785	29.059	619.844	759.194	18.958	0	778.152	2,4%	206,3
	Summe Turnhalle	218.138	16.017	234.156	272.706	4.102	0	276.808	1,5%	74,8
	Gesamtsumme	808.924	45.076	854.000	1.031.900	23.060	0	1.054.960	2,2%	281,2


Leibniz Schule Altbau									
Schulart: Gymnasium (Unterstufe) Baujahr: Schule 1909									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 3943 m²	Schüler 444	Betriebszeit 1295 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 871 m²	DIN-Felder 2	Betriebszeit 2700 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	500.000	126,8	1.126	386,1	549.999	50.000	57,4	25.000	18,5
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	548.166	139,0	1.235	423,3	602.982	54.816	63,0	27.408	20,3
Gesamtwärmebedarf berechnet	487.126	123,6	1.097	376,2	539.959	52.833	60,7	26.417	19,6
Differenz absolut	-61.040	-15,5	-137,5	-47,1	-63.023	-1.983	-2,3	-991	-0,7
Differenz [%]	-11,1%				-10,5%	-3,6%			
Strombedarf gemessen	46.647	11,8	105	36,0	46.647	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		593.842	188.669	0	782.511	99.564	154.382	0	41.440	487.126
Turnhalle		0	63.908	16.000	79.908	0	22.580	0	4.494	52.833
Summe		593.842	252.577	16.000	862.419	99.564	176.962	0	45.934	539.959
Anteil Turnhalle		0,0%	25,3%	100,0%	9,3%	0,0%	12,8%	0,0%	9,8%	9,8%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				4.813 m²	3.659 m²	2.504 m²	7.983 m²	18.573 m³	444	1998 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	593.842	70,2%	123,4	162,3	237,1	74,4	32,0	1337,5	297,3
Qv	Lüftungsverluste	252.577	29,8%	52,5	69,0	100,9	31,6	13,6	568,9	126,4
Ql	Summe Verluste	846.419	100%	175,8	231,3	338,0	106,0	45,6	1906,4	423,7
Qs	Solare Gewinne	99.564	11,8%	20,7	27,2	39,8	12,5	5,4	224,2	49,8
Qi	Interne Gewinne	92.359	10,9%	19,2	25,2	36,9	11,6	5,0	208,0	46,2
Qsp	Speichermasse	84.603	10,0%	17,6	23,1	33,8	10,6	4,6	190,5	42,4
Qg	Summe Gewinne	276.526	32,7%	57,5	75,6	110,4	34,6	14,9	622,8	138,4
Qh	Heizwärmebedarf	569.893	67,3%	118,4	155,7	227,6	71,4	30,7	1283,5	285,3
Qtw	Wärmebedarf TWW	16.000	1,9%	3,3	4,4	6,4	2,0	0,9	36,0	8,0
Qst	Solarkollektorbeitrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	16.000	1,9%	3,3	4,4	6,4	2,0	0,9	36,0	8,0
Qw	Wärmebedarf	585.893	69,2%	121,7	160,1	234,0	73,4	31,5	1319,6	293,3
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	45.934	5,4%	9,5	12,6	18,3	5,8	2,5	103,5	23,0

Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	539.959	63,8%	112,2	147,6	215,6	67,6	29,1	1216,1	270,3
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	714.236	84,4%	148,4	195,2	285,2	89,5	38,5	1608,6	357,6
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	602.982	71,2%	125,3	164,8	240,8	75,5	32,5	1358,1	301,9


Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	500.000	55.556	555.555	77.778	566.666	0	644.444	87,9%	23,3
	Turnhalle	50.000	5.556	55.555	7.778	56.666	0	64.444	87,9%	2,3
	Summe Wärme	549.999	61.111	611.110	85.555	623.332	0	708.888	87,9%	25,7
Strom	Schule	46.647	0	46.647	123.614	15.860	0	139.474	11,4%	30,2
	Turnhalle	4.353	0	4.353	11.536	1.480	0	13.016	11,4%	2,8
	Summe Strom	51.000	0	51.000	135.150	17.340	0	152.490	11,4%	33,0
	Anteil Strom	8,5%	0,0%	7,7%	61,2%	2,7%	#DIV/0!	17,7%		56,2%
	Summe Schule	546.646	55.556	602.202	201.391	582.526	0	783.917	74,3%	53,5
	Summe Turnhalle	54.353	5.556	59.908	19.314	58.146	0	77.460	75,1%	5,1
	Gesamtsumme	600.999	61.111	662.110	220.705	640.672	0	861.378	74,4%	58,7

Mathildenschule		Schulart: Grundschule I Baujahr: Schule 1952, Turnhalle 1982							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 6550 m²	Schüler 965	Betriebszeit 1295 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 2344 m²	DIN-Felder 12	Betriebszeit 2700 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	396.186	60,5	411	305,9	728.460	332.274	141,8	27.689	123,1
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	434.352	66,3	450	335,4	798.635	364.283	155,4	30.357	134,9
Gesamtwärmebedarf berechnet	466.238	71,2	483	360,0	836.009	369.771	157,8	30.814	137,0
Differenz absolut	31.886	4,9	33,0	24,6	37.374	5.489	2,3	457	2,0
Differenz [%]	7,3%				4,7%	1,5%			
Strombedarf gemessen	307.280	46,9	318	237,3	307.280	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		469.377	259.725	0	729.102	77.155	171.389	0	14.321	466.238
Turnhalle		125.777	244.867	46.000	416.644	6.301	29.135	0	11.436	369.771
Summe		595.154	504.592	46.000	1.145.746	83.456	200.524	0	25.757	836.009
Anteil Turnhalle		21,1%	48,5%	100,0%	36,4%	7,6%	14,5%	0,0%	44,4%	44,2%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				8.894 m²	8.064 m²	4.916 m²	15.114 m²	38.508 m³	965	1998 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	595.154	54,1%	66,9	73,8	121,1	39,4	15,5	616,7	297,9
Qv	Lüftungsverluste	504.592	45,9%	56,7	62,6	102,6	33,4	13,1	522,9	252,6
Ql	Summe Verluste	1.099.746	100%	123,7	136,4	223,7	72,8	28,6	1139,6	550,6
Qs	Solare Gewinne	83.456	7,6%	9,4	10,3	17,0	5,5	2,2	86,5	41,8
Qi	Interne Gewinne	200.524	18,2%	22,5	24,9	40,8	13,3	5,2	207,8	100,4
Qsp	Speicherenergie	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	283.980	25,8%	31,9	35,2	57,8	18,8	7,4	294,3	142,2
Qh	Heizwärmebedarf	815.766	74,2%	91,7	101,2	165,9	54,0	21,2	845,4	408,4
Qtw	Wärmebedarf TWW	46.000	4,2%	5,2	5,7	9,4	3,0	1,2	47,7	23,0
Qst	Solarkollektoreintrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	46.000	4,2%	5,2	5,7	9,4	3,0	1,2	47,7	23,0
Qw	Wärmebedarf	861.766	78,4%	96,9	106,9	175,3	57,0	22,4	893,0	431,4
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	25.757	2,3%	2,9	3,2	5,2	1,7	0,7	26,7	12,9
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	836.009	76,0%	94,0	103,7	170,1	55,3	21,7	866,3	418,5
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	912.726	83,0%	102,6	113,2	185,7	60,4	23,7	945,8	456,9
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	798.635	72,6%	89,8	99,0	162,5	52,8	20,7	827,6	399,8


Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie				Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent
					fossil	regenerativ	solar	gesamt		
					[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]		
Wärme	Schule	396.186	16.508	412.694	466.344	4.127	0	470.471	0,9%	128,8
	Turnhalle	332.274	16.032	348.306	393.796	3.273	0	397.069	0,8%	107,3
	Summe Wärme	728.460	32.540	761.000	860.140	7.400	0	867.540	0,9%	236,1
Strom	Schule	307.280	0	307.280	814.292	104.475	0	918.767	11,4%	198,8
	Turnhalle	11.720	0	11.720	31.058	3.985	0	35.043	11,4%	7,6
	Summe Strom	319.000	0	319.000	845.350	108.460	0	953.810	11,4%	206,4
	Anteil Strom	30,5%	0,0%	29,5%	49,6%	93,6%	#DIV/0!	52,4%		46,6%
	Summe Schule	703.466	16.508	719.974	1.280.636	108.602	0	1.389.239	7,8%	327,6
	Summe Turnhalle	343.994	16.032	360.026	424.854	7.258	0	432.111	1,7%	114,9
	Gesamtsumme	1.047.460	32.540	1.080.000	1.705.490	115.860	0	1.821.350	6,4%	442,5

Mathildenschule N.stelle		Schulart: Grundschule I Baujahr: Schule 1961							
		Schulgebäude				Summe	Turnhalle		
	absolut	EBF 753 m²	Schüler 80	Betriebszeit 1110 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 0 m²	DIN-Felder 0	Betriebszeit 0 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	171.120	227,3	2.139	154,2	171.120	0			
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	187.605	249,2	2.345	169,0	187.605	0			
Gesamtwärmebedarf berechnet	185.998	247,1	2.325	167,6	185.998	0			
Differenz absolut	-1.606	-2,1	-20,1	-1,4	-1.606	0			
Differenz [%]	-0,9%				-0,9%				
Strombedarf gemessen	7.000	9,3	88	6,3	7.000	0			

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		208.136	28.576	0	236.712	41.107	7.728	0	1.879	185.998
Turnhalle		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe		208.136	28.576	0	236.712	41.107	7.728	0	1.879	185.998
Anteil Turnhalle		0,0%	0,0%		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				753 m²	517 m²	517 m²	1.381 m²	2.735 m³	80	555 h
	Bezugsgröße			[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	208.136	87,9%	276,5	402,2	402,2	150,7	76,1	2601,7	375,0
Qv	Lüftungsverluste	28.576	12,1%	38,0	55,2	55,2	20,7	10,4	357,2	51,5
Ql	Summe Verluste	236.712	100%	314,4	457,4	457,4	171,4	86,6	2958,9	426,5
Qs	Solare Gewinne	41.107	17,4%	54,6	79,4	79,4	29,8	15,0	513,8	74,1
Qi	Interne Gewinne	7.728	3,3%	10,3	14,9	14,9	5,6	2,8	96,6	13,9
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	48.835	20,6%	64,9	94,4	94,4	35,4	17,9	610,4	88,0
Qh	Heizwärmebedarf	187.877	79,4%	249,6	363,1	363,1	136,0	68,7	2348,5	338,5
Qtw	Wärmebedarf TWW	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qst	Solkollektoretrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qw	Wärmebedarf	187.877	79,4%	249,6	363,1	363,1	136,0	68,7	2348,5	338,5
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	1.879	0,8%	2,5	3,6	3,6	1,4	0,7	23,5	3,4
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	185.998	78,6%	247,1	359,4	359,4	134,6	68,0	2325,0	335,1
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	181.214	76,6%	240,7	350,2	350,2	131,2	66,3	2265,2	326,5
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	187.605	79,3%	249,2	362,5	362,5	135,8	68,6	2345,1	338,0

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	171.120	12.880	184.000	207.920	1.840	0	209.760	0,9%	57,4
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Summe Wärme	171.120	12.880	184.000	207.920	1.840	0	209.760	0,9%	57,4
Strom	Schule	7.000	0	7.000	18.550	2.380	0	20.930	11,4%	4,5
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Summe Strom	7.000	0	7.000	18.550	2.380	0	20.930	11,4%	4,5
	Anteil Strom	3,9%	0,0%	3,7%	8,2%	56,4%		9,1%		7,3%
	Summe Schule	178.120	12.880	191.000	226.470	4.220	0	230.690	1,8%	61,9
	Summe Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Gesamtsumme	178.120	12.880	191.000	226.470	4.220	0	230.690	1,8%	61,9


Rudolf-Koch-Schule		Schulart: Gymnasium I Baujahr: Schule 1957 / 1965							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 7450 m²	Schüler 755	Betriebszeit 1295 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 0 m²	DIN-Felder 0	Betriebszeit 0 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	765.120	102,7	1.013	590,8	765.120	0			
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	838.827	112,6	1.111	647,7	838.827	0			
Gesamtwärmebedarf berechnet	930.991	125,0	1.233	718,9	930.991	0			
Differenz absolut	92.164	12,4	122,1	71,2	92.164	0			
Differenz [%]	11,0%				11,0%				
Strombedarf gemessen	62.000	8,3	82	47,9	62.000	0			

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		1.002.337	235.583	0	1.237.920	209.414	88.111	0	9.404	930.991
Turnhalle		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe		1.002.337	235.583	0	1.237.920	209.414	88.111	0	9.404	930.991
Anteil Turnhalle		0,0%	0,0%		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				7.450 m²	4.651 m²	4.303 m²	8.382 m²	24.433 m³	755	648 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	1.002.337	81,0%	134,5	215,5	232,9	119,6	41,0	1327,6	1548,0
Qv	Lüftungsverluste	235.583	19,0%	31,6	50,7	54,7	28,1	9,6	312,0	363,8
Ql	Summe Verluste	1.237.920	100%	166,2	266,2	287,7	147,7	50,7	1639,6	1911,8
Qs	Solare Gewinne	209.414	16,9%	28,1	45,0	48,7	25,0	8,6	277,4	323,4
Qi	Interne Gewinne	88.111	7,1%	11,8	18,9	20,5	10,5	3,6	116,7	136,1
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	297.525	24,0%	39,9	64,0	69,1	35,5	12,2	394,1	459,5
Qh	Heizwärmebedarf	940.395	76,0%	126,2	202,2	218,5	112,2	38,5	1245,6	1452,3
Qtw	Wärmebedarf TWW	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qst	Solarkollektoretrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qw	Wärmebedarf	940.395	76,0%	126,2	202,2	218,5	112,2	38,5	1245,6	1452,3
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	9.404	0,8%	1,3	2,0	2,2	1,1	0,4	12,5	14,5

Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	930.991	75,2%	125,0	200,2	216,4	111,1	38,1	1233,1	1437,8
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	957.744	77,4%	128,6	205,9	222,6	114,3	39,2	1268,5	1479,1
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	838.827	67,8%	112,6	180,4	194,9	100,1	34,3	1111,0	1295,5


Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie				Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent
					fossil	regenerativ	solar	gesamt		
					[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]		
Wärme	Schule	765.120	31.880	797.000	900.610	7.970	0	908.580	0,9%	248,7
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Summe Wärme	765.120	31.880	797.000	900.610	7.970	0	908.580	0,9%	248,7
Strom	Schule	62.000	0	62.000	164.300	21.080	0	185.380	11,4%	40,1
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Summe Strom	62.000	0	62.000	164.300	21.080	0	185.380	11,4%	40,1
	Anteil Strom	7,5%	0,0%	7,2%	15,4%	72,6%		16,9%		13,9%
	Summe Schule	827.120	31.880	859.000	1.064.910	29.050	0	1.093.960	2,7%	288,8
	Summe Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Gesamtsumme	827.120	31.880	859.000	1.064.910	29.050	0	1.093.960	2,7%	288,8

Bieber Mauerfeld									
Schulart: Grundschule Baujahr: Schulhaus vor 1938; Turnhalle 1997									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 2110 m²	Schüler 329	Betriebszeit 1480 h	absolut (1.096)	absolut	EBF 689 m²	DIN-Felder 4	Betriebszeit 3150 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	311.085	147,4	946	210,2	407.020	95.935	139,1	23.984	30,5
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	341.053	161,6	1.037	230,4	446.230	105.177	152,5	26.294	33,4
Gesamtwärmebedarf berechnet	274.264	130,0	834	185,3	353.421	79.157	114,8	19.789	25,1
Differenz absolut	-66.789	-31,7	-203,0	-45,1	-92.809	-26.019	-37,7	-6.505	-8,3
Differenz [%]	-19,6%				-20,8%	-24,7%			
Strombedarf gemessen	38.000	18,0	116	25,7	38.000	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude	247.850	107.223		0	355.073	35.305	42.733	0	2.770	274.264
Turnhalle	35.681	76.768	22.000		134.449	13.857	33.245	6.574	1.615	79.157
Summe	283.531	183.991	22.000		489.522	49.162	75.978	6.574	4.386	353.421
Anteil Turnhalle	12,6%	41,7%	100,0%		27,5%	28,2%	43,8%	100,0%	36,8%	22,4%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				2.799 m²	2.538 m²	1.772 m²	5.226 m²	11.986 m³	329	2315 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	283.531	60,6%	101,3	111,7	160,0	54,3	23,7	861,8	122,5
Qv	Lüftungsverluste	183.991	39,4%	65,7	72,5	103,8	35,2	15,4	559,2	79,5
Ql	Summe Verluste	467.522	100%	167,0	184,2	263,8	89,5	39,0	1421,0	202,0
Qs	Solare Gewinne	49.162	10,5%	17,6	19,4	27,7	9,4	4,1	149,4	21,2
Qi	Interne Gewinne	61.783	13,2%	22,1	24,3	34,9	11,8	5,2	187,8	26,7
Qsp	Speichermasse	14.195	3,0%	5,1	5,6	8,0	2,7	1,2	43,1	6,1
Qg	Summe Gewinne	125.140	26,8%	44,7	49,3	70,6	23,9	10,4	380,4	54,1
Qh	Heizwärmebedarf	342.381	73,2%	122,3	134,9	193,2	65,5	28,6	1040,7	147,9
Qtw	Wärmebedarf TWW	22.000	4,7%	7,9	8,7	12,4	4,2	1,8	66,9	9,5
Qst	Solarkollektorstrag	6.574	1,4%	2,3	2,6	3,7	1,3	0,5	20,0	2,8
Qtw	Summe TWW	15.426	3,3%	5,5	6,1	8,7	3,0	1,3	46,9	6,7
Qw	Wärmebedarf	357.807	76,5%	127,8	141,0	201,9	68,5	29,9	1087,6	154,6
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	4.386	0,9%	1,6	1,7	2,5	0,8	0,4	13,3	1,9
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	353.421	75,6%	126,2	139,2	199,4	67,6	29,5	1074,2	152,7
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	380.538	81,4%	135,9	149,9	214,8	72,8	31,7	1156,7	164,4
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	446.230	95,4%	159,4	175,8	251,8	85,4	37,2	1356,3	192,8


Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
					[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]			gesamt [kWh/a]
Wärme	Schule	311.085	38.902	349.988	397.286	1.699	0	398.986	0,4%	97,9
	Turnhalle	95.935	11.651	107.586	115.263	491	6.574	122.328	5,8%	28,4
	Summe Wärme	407.020	50.554	457.574	512.550	2.190	6.574	521.314	1,7%	126,3
Strom	Schule	38.000	0	38.000	100.700	12.920	0	113.620	11,4%	24,6
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	0,0
	Summe Strom	38.000	0	38.000	100.700	12.920	0	113.620	11,4%	24,6
	Anteil Strom	8,5%	0,0%	7,7%	16,4%	85,5%	0,0%	17,9%		16,3%
	Summe Schule	349.085	38.902	387.988	497.986	14.619	0	512.606	2,9%	122,4
	Summe Turnhalle	95.935	11.651	107.586	115.263	491	6.574	122.328	5,8%	28,4
	Gesamtsumme	445.020	50.554	495.574	613.250	15.110	6.574	634.934	3,4%	150,9

Schillerschule									
Schulart: Integrierte Gesamtschule I Baujahr: Schule alt 1909; Schule neu 1874; TH 1975; Schülerpavillon 2006									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF	Schüler	Betriebszeit	absolut	absolut	EBF	DIN-Felder	Betriebszeit
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	(1,096)	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	879.148	62,8	829	432,0	1.184.856	305.707	322,3	61.141	90,6
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	963.840	68,9	909	473,6	1.298.997	335.157	353,4	67.031	99,3
Gesamtwärmebedarf berechnet	978.370	69,9	923	480,8	1.325.819	347.448	366,3	69.490	102,9
Differenz absolut	14.531	1,0	13,7	7,1	26.822	12.291	13,0	2.458	3,6
Differenz [%]	1,5%				2,1%	3,7%			
Strombedarf gemessen	302.000	21,6	285	148,4	302.000	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Trans-	Lüftungs-	Energie-	Wärme-	solare	interne	Solare	Einsparung	Gesamt-
		missions-	verluste	bedarf	verluste	Wärme-	solare	interne	solare	Nutzer und
		verluste	verluste	bedarf	verluste	solare	solare	solare	Nutzer und	wärme-
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		941.241	603.952	0	1.545.193	125.929	440.894	0	0	978.370
Turnhalle		238.886	150.198	25.000	414.084	36.476	23.070	0	7.091	347.448
Summe		1.180.127	754.150	25.000	1.959.277	162.404	463.964	0	7.091	1.325.819
Anteil Turnhalle		20,2%	19,9%	100,0%	21,1%	22,5%	5,0%	0,0%	100,0%	26,2%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro	pro	pro	pro	pro	pro	pro
				EBF	Nutzfläche	Fläche	Hüllfläche	Volumen	Schüler	Betrieb
	Bezugsgröße			14.938 m²	9.699 m²	8.147 m²	17.605 m²	64.987 m³	1.060	2705 h
		[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	1.180.127	61,0%	79,0	121,7	144,9	67,0	18,2	1113,3	436,3
Qi	Lüftungsverluste	754.150	39,0%	50,5	77,8	92,6	42,8	11,6	711,5	278,8
Ql	Summe Verluste	1.934.277	100%	129,5	199,4	237,4	109,9	29,8	1824,8	715,1
Qs	Solare Gewinne	162.404	8,4%	10,9	16,7	19,9	9,2	2,5	153,2	60,0
Qi	Interne Gewinne	309.546	16,0%	20,7	31,9	38,0	17,6	4,8	292,0	114,4
Qsp	Speicherwärme	154.418	8,0%	10,3	15,9	19,0	8,8	2,4	145,7	57,1
Qg	Summe Gewinne	626.368	32,4%	41,9	64,6	76,9	35,6	9,6	590,9	231,6
Qh	Heizwärmebedarf	1.307.909	67,6%	87,6	134,8	160,5	74,3	20,1	1233,9	483,5
Qtw	Wärmebedarf TWW	25.000	1,3%	1,7	2,6	3,1	1,4	0,4	23,6	9,2
Qst	Solarkollektorbeitrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	25.000	1,3%	1,7	2,6	3,1	1,4	0,4	23,6	9,2
Qw	Wärmebedarf	1.332.909	68,9%	89,2	137,4	163,6	75,7	20,5	1257,5	492,8
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	7.091	0,4%	0,5	0,7	0,9	0,4	0,1	6,7	2,6
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	1.325.819	68,5%	88,8	136,7	162,7	75,3	20,4	1250,8	490,1
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	1.541.232	79,7%	103,2	158,9	189,2	87,5	23,7	1454,0	569,8
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.298.997	67,2%	87,0	133,9	159,4	73,8	20,0	1225,5	480,2

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)															
		Nutz-	Summe	End-	Primär-Energie			Anteil	CO2-						
					energie	Verluste	energie			fossil	regenerativ	solar	gesamt	regenerativ	Äquivalent
					[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]			[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]
Wärme	Schule	879.148	36.631	915.780	1.034.831	9.158	0	1.043.989	0,9%	285,7					
	Turnhalle	305.707	19.513	325.220	367.499	3.252	0	370.751	0,9%	101,5					
	Summe Wärme	1.184.856	56.144	1.241.000	1.402.330	12.410	0	1.414.740	0,9%	387,2					
Strom	Schule	302.000	0	302.000	800.300	102.680	0	902.980	11,4%	195,4					
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	0,0					
	Summe Strom	302.000	0	302.000	800.300	102.680	0	902.980	11,4%	195,4					
	Anteil Strom	20,3%	0,0%	19,6%	36,3%	89,2%	#DIV/0!	39,0%		33,5%					
	Summe Schule	1.181.148	36.631	1.217.780	1.835.131	111.838	0	1.946.969	5,7%	481,1					
	Summe Turnhalle	305.707	19.513	325.220	367.499	3.252	0	370.751	0,9%	101,5					
	Gesamtsumme	1.486.856	56.144	1.543.000	2.202.630	115.090	0	2.317.720	5,0%	582,6					


Theodor Heuss Schule		Schulart: Berufsschule I Baujahr: 1977							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 4753 m ²	Schüler 700	Betriebszeit 1480 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 0 m ²	DIN-Felder 0	Betriebszeit 0 h
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	547.200	115,1	782	369,7	547.200	0			
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	599.914	126,2	857	405,3	599.914	0			
Gesamtwärmebedarf berechnet	554.532	116,7	792	374,7	554.532	0			
Differenz absolut	-45.382	-9,5	-64,8	-30,7	-45.382	0			
Differenz [%]	-7,6%				-7,6%				
Strombedarf gemessen	99.000	20,8	141	66,9	99.000	0			

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		582.380	191.223	0	773.603	117.386	96.084	0	5.601	554.532
Turnhalle		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe		582.380	191.223	0	773.603	117.386	96.084	0	5.601	554.532
Anteil Turnhalle		0,0%	0,0%		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				4.753 m ²	3.472 m ²	2.959 m ²	7.574 m ²	16.398 m ³	700	740 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ³ a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	582.380	75,3%	122,5	167,7	196,8	76,9	35,5	832,0	787,0
Qv	Lüftungsverluste	191.223	24,7%	40,2	55,1	64,6	25,2	11,7	273,2	258,4
Ql	Summe Verluste	773.603	100%	162,8	222,8	261,4	102,1	47,2	1105,1	1045,4
Qs	Solare Gewinne	117.386	15,2%	24,7	33,8	39,7	15,5	7,2	167,7	158,6
Qi	Interne Gewinne	96.084	12,4%	20,2	27,7	32,5	12,7	5,9	137,3	129,8
Qsp	Speicher Masse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	213.470	27,6%	44,9	61,5	72,1	28,2	13,0	305,0	288,5
Qh	Heizwärmebedarf	560.133	72,4%	117,8	161,3	189,3	74,0	34,2	800,2	756,9
Qtw	Wärmebedarf TWW	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qst	Solkollektorertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qw	Wärmebedarf	560.133	72,4%	117,8	161,3	189,3	74,0	34,2	800,2	756,9
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	5.601	0,7%	1,2	1,6	1,9	0,7	0,3	8,0	7,6

Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	554.532	71,7%	116,7	159,7	187,4	73,2	33,8	792,2	749,4
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	583.385	75,4%	122,7	168,0	197,2	77,0	35,6	833,4	788,4
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	599.914	77,5%	126,2	172,8	202,7	79,2	36,6	857,0	810,7


Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO ₂ -Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	547.200	22.800	570.000	644.100	5.700	0	649.800	0,9%	177,8
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Summe Wärme	547.200	22.800	570.000	644.100	5.700	0	649.800	0,9%	177,8
Strom	Schule	99.000	0	99.000	262.350	33.660	0	296.010	11,4%	64,1
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Summe Strom	99.000	0	99.000	262.350	33.660	0	296.010	11,4%	64,1
	Anteil Strom	15,3%	0,0%	14,8%	28,9%	85,5%		31,3%		26,5%
	Summe Schule	646.200	22.800	669.000	906.450	39.360	0	945.810	4,2%	241,9
	Summe Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0		0,0
	Gesamtsumme	646.200	22.800	669.000	906.450	39.360	0	945.810	4,2%	241,9

Uhlandsschule Schulart: Grundschule I Baujahr: Schule 1899 / 1968; Turnhalle 1929									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 3483 m²	Schüler 420	Betriebszeit 1480 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 378 m²	DIN-Felder 2	Betriebszeit 3375 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	427.658	122,8	1.018	289,0	486.000	58.342	154,2	29.171	17,3
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	468.855	134,6	1.116	316,8	532.818	63.963	169,0	31.981	19,0
Gesamtwärmebedarf berechnet	437.118	125,5	1.041	295,4	496.751	59.633	157,6	29.817	17,7
Differenz absolut	-31.737	-9,1	-75,6	-21,4	-36.067	-4.330	-11,4	-2.165	-1,3
Differenz [%]	-6,8%				-6,8%	-6,8%			
Strombedarf gemessen	78.000	22,4	186	52,7	78.000	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		452.442	150.375	0	602.818	54.853	106.431	0	4.415	437.118
Turnhalle		0	54.839	16.000	70.839	0	9.989	0	1.217	59.633
Summe		452.442	205.214	16.000	673.656	54.853	116.420	0	5.632	496.751
Anteil Turnhalle		0,0%	26,7%	100,0%	10,5%	0,0%	8,6%	0,0%	21,6%	12,0%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				3.861 m²	2.760 m²	2.345 m²	6.019 m²	15.422 m³	420	2428 h
	Bezugsgröße			[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	452.442	68,8%	117,2	163,9	193,0	75,2	29,3	1077,2	186,4
Qv	Lüftungsverluste	205.214	31,2%	53,2	74,4	87,5	34,1	13,3	488,6	84,5
Ql	Summe Verluste	657.656	100%	170,3	238,3	280,5	109,3	42,6	1565,8	270,9
Qs	Solare Gewinne	54.853	8,3%	14,2	19,9	23,4	9,1	3,6	130,6	22,6
Qi	Interne Gewinne	56.145	8,5%	14,5	20,3	23,9	9,3	3,6	133,7	23,1
Qsp	Speicher Masse	60.275	9,2%	15,6	21,8	25,7	10,0	3,9	143,5	24,8
Qg	Summe Gewinne	171.273	26,0%	44,4	62,1	73,0	28,5	11,1	407,8	70,6
Qh	Heizwärmebedarf	486.384	74,0%	126,0	176,2	207,4	80,8	31,5	1158,1	200,4
Qtw	Wärmebedarf TWW	16.000	2,4%	4,1	5,8	6,8	2,7	1,0	38,1	6,6
Qst	Solarkollektor ertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	16.000	2,4%	4,1	5,8	6,8	2,7	1,0	38,1	6,6
Qw	Wärmebedarf	502.384	76,4%	130,1	182,0	214,3	83,5	32,6	1196,2	207,0
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	5.632	0,9%	1,5	2,0	2,4	0,9	0,4	13,4	2,3
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	496.751	75,5%	128,7	180,0	211,9	82,5	32,2	1182,7	204,6
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	577.442	87,8%	149,6	209,2	246,3	95,9	37,4	1374,9	237,9
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	532.818	81,0%	138,0	193,1	227,2	88,5	34,5	1268,6	219,5

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	427.658	0	427.658	1.248.760	0	0	1.248.760	0,0%	398,6
	Turnhalle	58.342	0	58.342	170.360	0	0	170.360	0,0%	54,4
	Summe Wärme	486.000	0	486.000	1.419.120	0	0	1.419.120	0,0%	453,0
Strom	Schule	78.000	0	78.000	206.700	26.520	0	233.220	11,4%	50,5
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	0,0
	Summe Strom	78.000	0	78.000	206.700	26.520	0	233.220	11,4%	50,5
	Anteil Strom	13,8%	#DIV/0!	13,8%	12,7%	100,0%	#DIV/0!	14,1%		10,0%
	Summe Schule	505.658	0	505.658	1.455.460	26.520	0	1.481.980	1,8%	449,0
	Summe Turnhalle	58.342	0	58.342	170.360	0	0	170.360	0,0%	54,4
	Gesamtsumme	564.000	0	564.000	1.625.820	26.520	0	1.652.340	1,6%	503,4


Wilhelmschule Schulart: Grundschule I Baujahr: Schulgebäude 189...; Zwischenbau 189...; Turnhalle 1963									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 2712 m²	Schüler 300	Betriebszeit 1850 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 737 m²	DIN-Felder 4	Betriebszeit 3375 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	254.112	93,7	847	137,4	402.240	148.128	200,9	37.032	43,9
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	278.591	102,7	929	150,6	440.989	162.398	220,2	40.600	48,1
Gesamtwärmebedarf berechnet	306.903	113,2	1.023	165,9	485.804	178.902	242,6	44.725	53,0
Differenz absolut	28.312	10,4	94,4	15,3	44.815	16.504	22,4	4.126	4,9
Differenz [%]	10,2%				10,2%	10,2%			
Strombedarf gemessen	45.000	16,6	150	24,3	45.000	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		353.439	152.629	0	506.067	64.242	125.431	0	9.492	306.903
Turnhalle		99.736	91.345	22.000	213.081	11.244	13.520	0	9.416	178.902
Summe		453.175	243.973	22.000	719.148	75.486	138.950	0	18.908	485.804
Anteil Turnhalle		22,0%	37,4%	100,0%	29,6%	14,9%	9,7%	0,0%	49,8%	36,8%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				3.449 m²	2.873 m²	1.725 m²	5.798 m²	14.715 m³	300	2613 h
	Bezugsgröße			[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	453.175	65,0%	131,4	157,7	262,7	78,2	30,8	1510,6	173,5
Qv	Lüftungsverluste	243.973	35,0%	70,7	84,9	141,4	42,1	16,6	813,2	93,4
Ql	Summe Verluste	697.148	100%	202,1	242,6	404,1	120,2	47,4	2323,8	266,9
Qs	Solare Gewinne	75.486	10,8%	21,9	26,3	43,8	13,0	5,1	251,6	28,9
Qi	Interne Gewinne	88.371	12,7%	25,6	30,8	51,2	15,2	6,0	294,6	33,8
Qsp	Speicherenergie	50.579	7,3%	14,7	17,6	29,3	8,7	3,4	168,6	19,4
Qg	Summe Gewinne	214.436	30,8%	62,2	74,6	124,3	37,0	14,6	714,8	82,1
Qh	Heizwärmebedarf	482.712	69,2%	139,9	168,0	279,8	83,3	32,8	1609,0	184,8
Qtw	Wärmebedarf TWW	22.000	3,2%	6,4	7,7	12,8	3,8	1,5	73,3	8,4
Qst	Solarkollektorertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	22.000	3,2%	6,4	7,7	12,8	3,8	1,5	73,3	8,4
Qw	Wärmebedarf	504.712	72,4%	146,3	175,7	292,5	87,1	34,3	1682,4	193,2
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	18.908	2,7%	5,5	6,6	11,0	3,3	1,3	63,0	7,2

Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	485.804	69,7%	140,8	169,1	281,6	83,8	33,0	1619,3	186,0
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	571.548	82,0%	165,7	198,9	331,3	98,6	38,8	1905,2	218,8
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	440.989	63,3%	127,8	153,5	255,6	76,1	30,0	1470,0	168,8

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	254.112	10.588	264.700	299.111	2.647	0	301.758	0,9%	82,6
	Turnhalle	148.128	6.172	154.300	174.359	1.543	0	175.902	0,9%	48,1
	Summe Wärme	402.240	16.760	419.000	473.470	4.190	0	477.660	0,9%	130,7
Strom	Schule	45.000	0	45.000	119.250	15.300	0	134.550	11,4%	29,1
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	0,0
	Summe Strom	45.000	0	45.000	119.250	15.300	0	134.550	11,4%	29,1
	Anteil Strom	10,1%	0,0%	9,7%	20,1%	78,5%	#DIV/0!	22,0%		18,2%
	Summe Schule	299.112	10.588	309.700	418.361	17.947	0	436.308	4,1%	111,7
	Summe Turnhalle	148.128	6.172	154.300	174.359	1.543	0	175.902	0,9%	48,1
	Gesamtsumme	447.240	16.760	464.000	592.720	19.490	0	612.210	3,2%	159,8

Waldschule Tempelsee Schulart: Grundschule I Baujahr: Schule 1952 / 1978; Turnhalle 1982									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 3536 m²	Schüler 300	Betriebszeit 1110 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 785 m²	DIN-Felder 4	Betriebszeit 3150 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	495.141	140,0	1.650	446,1	632.665	137.524	175,2	34.381	43,7
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	542.840	153,5	1.809	489,0	693.612	150.772	192,1	37.693	47,9
Gesamtwärmebedarf berechnet	581.238	164,4	1.937	523,6	739.312	158.074	201,4	39.518	50,2
Differenz absolut	38.399	10,9	128,0	34,6	45.700	7.302	9,3	1.825	2,3
Differenz [%]	7,1%				6,6%	4,8%			
Strombedarf gemessen	45.000	12,7	150	40,5	45.000	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Trans-	Lüftungs-	Energie-	Wärme-	solare	interne	Solare	Einsparung	Gesamt-
		missions-	verluste	bedarf	verluste	Wärme-	solare	Gewinne +	Energie-	Nutzer und
		verluste	verluste	bedarf	verluste	Gewinne	Speicher	erzeugung	Technik	bedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		651.034	124.046	0	775.080	144.010	43.961	0	5.871	581.238
Turnhalle		64.321	100.128	22.000	186.450	13.784	11.366	0	3.226	158.074
Summe		715.355	224.175	22.000	961.530	157.794	55.327	0	9.097	739.312
Anteil Turnhalle		9,0%	44,7%	100,0%	19,4%	8,7%	20,5%	0,0%	35,5%	21,4%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro	pro	pro Fläche	pro	pro Volumen	pro	pro
				EBF	Nutzfläche	Klassen	Hüllfläche	Schüler	Betrieb	
	Bezugsgröße			4.321 m²	2.903 m²	1.832 m²	7.461 m²	17.670 m³	300	2130 h
		[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	715.355	76,1%	165,6	246,4	390,5	95,9	40,5	2384,5	335,8
Qi	Lüftungsverluste	224.175	23,9%	51,9	77,2	122,4	30,0	12,7	747,2	105,2
Ql	Summe Verluste	939.530	100%	217,5	323,6	512,8	125,9	53,2	3131,8	441,1
Qs	Solare Gewinne	157.794	16,8%	36,5	54,4	86,1	21,1	8,9	526,0	74,1
Qi	Interne Gewinne	55.327	5,9%	12,8	19,1	30,2	7,4	3,1	184,4	26,0
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	213.120	22,7%	49,3	73,4	116,3	28,6	12,1	710,4	100,1
Qh	Heizwärmebedarf	726.409	77,3%	168,1	250,2	396,5	97,4	41,1	2421,4	341,0
Qtw	Wärmebedarf TWW	22.000	2,3%	5,1	7,6	12,0	2,9	1,2	73,3	10,3
Qst	Solarkollektorsertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	22.000	2,3%	5,1	7,6	12,0	2,9	1,2	73,3	10,3
Qw	Wärmebedarf	748.409	79,7%	173,2	257,8	408,5	100,3	42,4	2494,7	351,4
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	9.097	1,0%	2,1	3,1	5,0	1,2	0,5	30,3	4,3
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	739.312	78,7%	171,1	254,7	403,5	99,1	41,8	2464,4	347,1
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	744.537	79,2%	172,3	256,5	406,4	99,8	42,1	2481,8	349,5
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	693.612	73,8%	160,5	238,9	378,6	93,0	39,3	2312,0	325,6

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutz-	Summe	End-	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
		energie	Verluste	energie	fossil	regenerativ	solar			
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	495.141	31.605	526.746	595.223	5.267	0	600.490	0,9%	164,3
	Turnhalle	137.524	5.730	143.254	161.877	1.433	0	163.310	0,9%	44,7
	Summe Wärme	632.665	37.335	670.000	757.100	6.700	0	763.800	0,9%	209,0
Strom	Schule	45.000	0	45.000	119.250	15.300	0	134.550	11,4%	29,1
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	0,0
	Summe Strom	45.000	0	45.000	119.250	15.300	0	134.550	11,4%	29,1
	Anteil Strom	6,6%	0,0%	6,3%	13,6%	69,5%	#DIV/0!	15,0%		12,2%
	Summe Schule	540.141	31.605	571.746	714.473	20.567	0	735.040	2,8%	193,5
	Summe Turnhalle	137.524	5.730	143.254	161.877	1.433	0	163.310	0,9%	44,7
	Gesamtsumme	677.665	37.335	715.000	876.350	22.000	0	898.350	2,4%	238,2

Vergleich der Schulen

Um den Vergleich der Schulen zu ermöglichen und auf einen Blick den Stand einer Schule innerhalb des „Rankings“ untereinander zu erkennen, werden – je nach Qualität des berechneten Wertes sind unterschiedliche Farben vergeben.

Sehr gut
Mittelwert
Sehr schlecht

Dabei bedeutet dunkelgrün: Dieser Wert ist unter energetischen Gesichtspunkten am besten, dies entspricht einem „sehr gut“. Je heller dieser Grünton wird, desto mehr bewegt sich der Wert in Richtung „Mittelwert“ der mit gelber Farbe gekennzeichnet ist. Die dunkelrot gekennzeichneten Werte sind im Vergleich der Schulen als „sehr schlecht“ anzusehen.

Die Abstufungen in Richtung gelb (über rot, hellrot und orange) zeigen entsprechend Positionen zwischen dem Mittelwert und dem schlechtesten Wert auf.

Den 28 Schulen wurde dann - je nach betrachtetem Wert - die Farbe entsprechend ihrer Position in der Betrachtung des Einzelwertes zugeordnet, das heißt, die besten Schulen bekamen eine dunkelgrüne Farbe und die folgenden entsprechend die nächste Farbe zugewiesen...bis hin zu dunkelrot, der schlechtesten Schulen.

Jeder der sieben Farben wurde viermal vergeben, das Farbspektrum entspricht damit der Gesamtheit der 28 Schulen.

Der oben aufgezeigte Vergleich wurde für die ermittelten Werte für

- „Q1“ - Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren
- „Q2“ - Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen
- „Q3“ - Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt

geführt und ermöglicht so, mit einem Blick auf das „Deckblatt“ der Schule, eine erste Abschätzung des energetischen Standes, im Vergleich mit den anderen untersuchten Schulgebäuden.

Unabhängig der oben beschriebenen Funktion zeigen eventuelle farbliche Unterschiede in den Spalten Q1-Q3 die unterschiedlichen Positionen innerhalb der Betrachtung nach Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren, Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen und Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt.

Nach genannter Rechenmethode wurde so der Verbrauchswert in den folgenden Kategorien analysiert: absolut, pro Energiebezugsfläche, pro Nutzfläche, pro Klassenfläche, pro Hüllfläche, pro Volumen, pro Schüler und pro Betriebszeit und farblich gekennzeichnet.

Auffällig ist, dass für bestimmte Schulen zwar eindeutige Aussagen abgelesen werden können (sowohl in positiver als auch in negativer Hinsicht), zu erkennen an farblich konstanten Zeilen, dass viele Schulen aber auch je nach betrachtetem Wert sich an verschiedenen Stellen im Ranking positionieren, zu erkennen an farblichen Sprüngen innerhalb der gleichen Zeile. Die Betrachtung eines isolierten relativen Wertes greift damit zu kurz und liefert nur ein Teilergebnis.

"Q1" Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren

Verbrauch absolut	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer
Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank
Bachschule	Bachschule	Bachschule	Bachschule	Bachschule	Bachschule	Bachschule	Bachschule
Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld
Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof
Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel
Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein
Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff
Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner
Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter
Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert
Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule
Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl
Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische
Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule
Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule
Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz
Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD
Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)
Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)
Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)
Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule
Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch
Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule
Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss
Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule
Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee
Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule

"Q2" Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen

Verbrauch absolut	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer
Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank
Bachschule	Bachschule	Bachschule	Bachschule	Bachschule	Bachschule	Bachschule	Bachschule
Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld
Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof
Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel
Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein
Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff
Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner
Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter
Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert
Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule
Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl
Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische
Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule
Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule
Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz
Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD
Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)
Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)
Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)
Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule
Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch
Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule
Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss
Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule
Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee
Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule

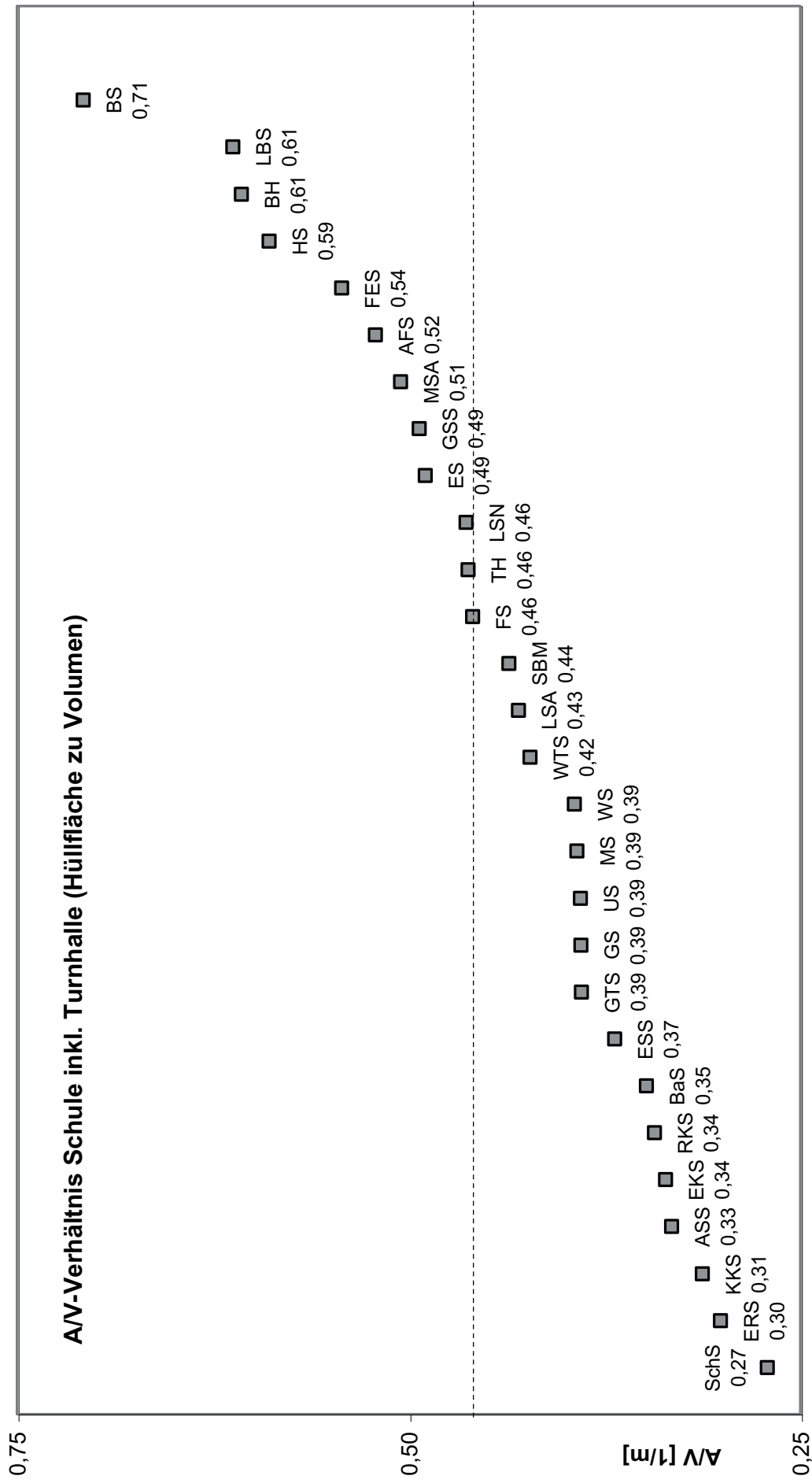
"Q3" Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt

Verbrauch absolut	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer	Albert-Schweitzer
Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank	Anne-Frank
Bachschule	Bachschule	Bachschule	Bachschule	Bachschule	Bachschule	Bachschule	Bachschule
Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld	Bieber Mauerfeld
Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof	Bieber Waldhof
Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel	Buchhügel
Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein	Edith-Stein
Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff	Eichendorff
Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner	Erich-Kästner
Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter	Ernst-Reuter
Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert	Friedrich-Ebert
Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule	Fröbelschule
Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl	Geschwister-Scholl
Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische	Gewerblich-Technische
Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule	Goetheschule
Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule	Humboldtschule
Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz	Käthe-Kollwitz
Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD	Lauterborn+LD
Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)	Leibniz (Altbau)
Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)	Leibniz (Neubau)
Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)	Mathilden (Außen)
Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule	Mathildenschule
Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch	Rudolf-Koch
Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule	Schillerschule
Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss	Theodor-Heuss
Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule	Uhlandschule
Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee	Waldschule Tempelsee
Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule	Wilhelmschule

Teil B

Graphische Auswertung und Erläuterung

In diesem Kapitel erfolgt eine graphische Darstellung der Ergebnisse aller 28 Schulen im Vergleich. Die Einzelwerte jeder Schule können auf dem Deckblatt bzw. in der Berechnung des Energiebedarfs eingesehen werden.



A/V – Verhältnis Schule inkl. Turnhalle (Hüllfläche zu Volumen)

Das A/V - Verhältnis beschreibt das Verhältnis der Hüllfläche eines Gebäudes (Hüllfläche A_H in m^2) zu seinem beheiztem Volumen (V m^3).

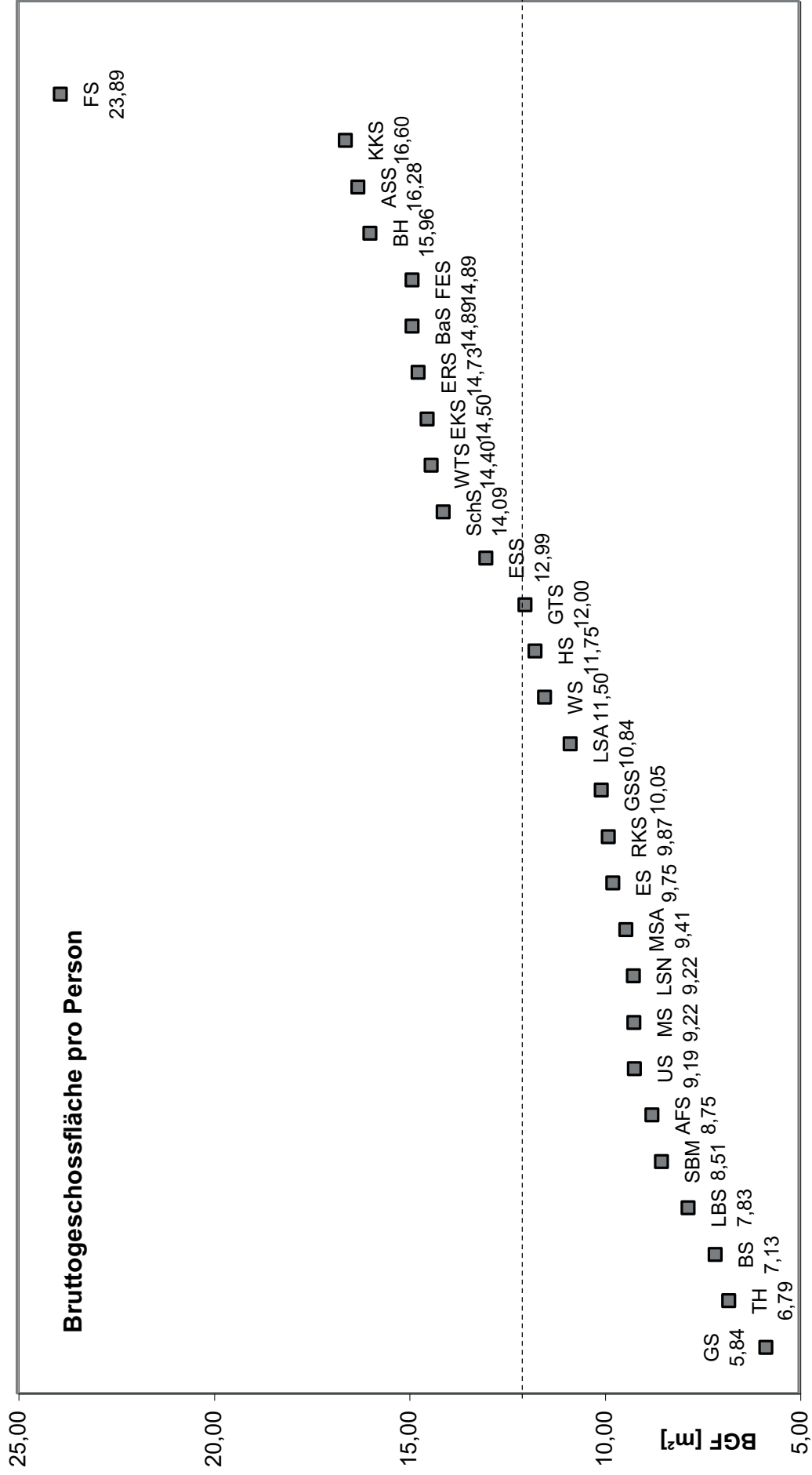
Je größer der Wert, desto schlechter ist das A/V-Verhältnis, da das Gebäude im Verhältnis zum Volumen eine größere Hüllfläche aufweist. Damit ist die Oberfläche im Bezug auf den genutzten Raum größer und die Wärmeverluste infolge Transmission sind höher, das Gebäude steht energetisch schlechter dar.

Die betrachteten Schulen weisen bei der Untersuchung des Verhältnisses der Gebäudehüllfläche zum Gebäudevolumen eine Spanne von 0,27 bis 0,71 auf.

Die Schillerschule, Ernst - Reuter Schule und Käthe - Kollwitz Schule weisen bei dieser Betrachtung günstige Werte auf. Diese liegen mit Werten zwischen 0,27 bis 0,31 am unteren Ende der Graphik. Bei diesen Schulen ermöglicht die Sanierung einer relativ kleinen Hüllfläche die energetische Ertüchtigung von verhältnismässig viel Raum.

Die schlechtesten Werte in dieser Betrachtung liegen zwischen 0,59 bis 0,61 mit der Humboldtschule, Grundschule Buchhügel und der Lauterborn Schule / Ludwig-Dern Schule.

Das schlechteste A/V Verhältnis weist die Schule Bieber Waldhof mit einem Wert von 0,71 auf. Der Grund dafür ist die zergliederte Gebäudegeometrie, die überwiegende Eingeschossigkeit und der lang gestreckte Verbindungsgang der Baukörper.



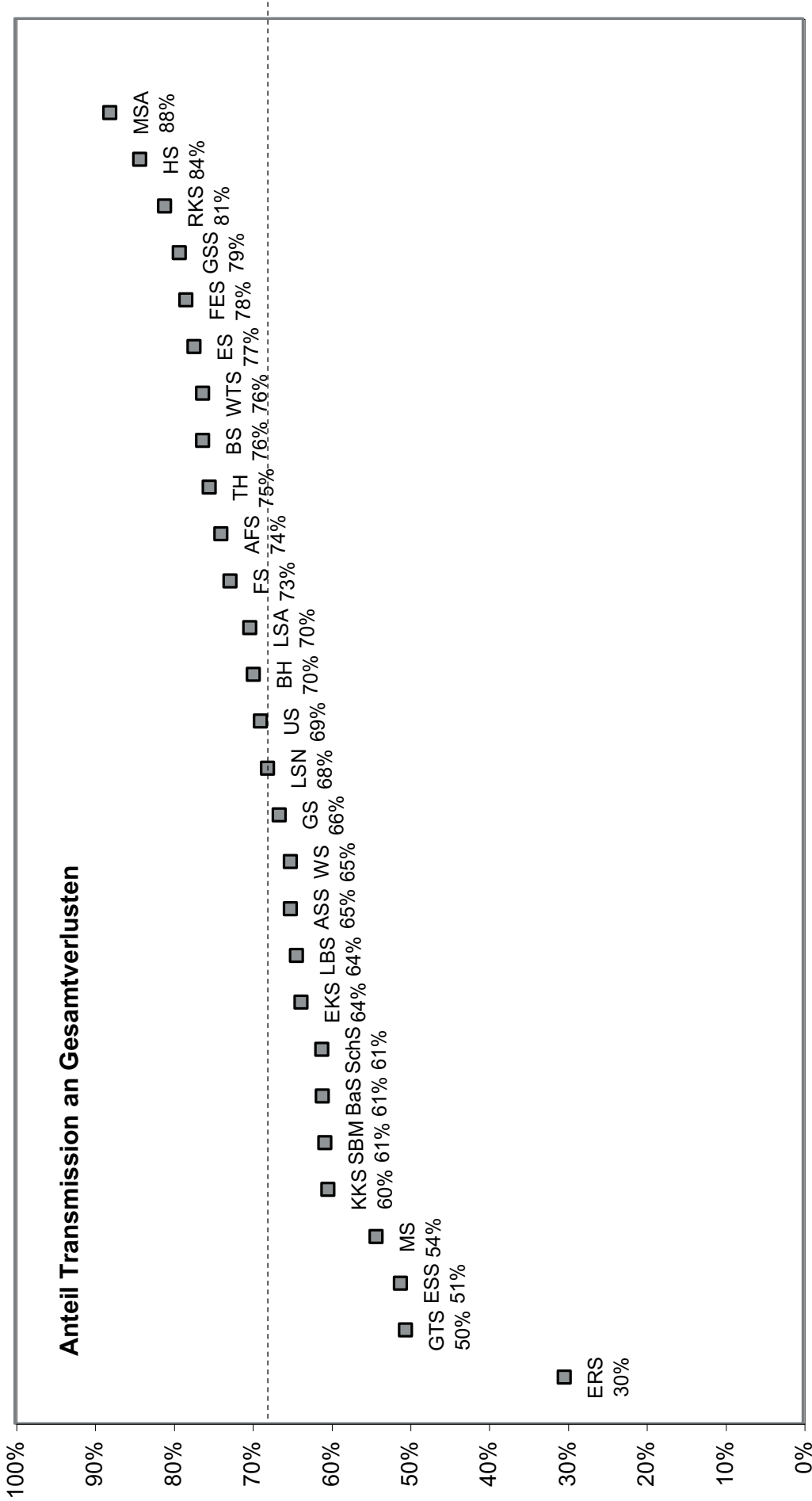
Bruttogeschossfläche BGF pro Person

Die Bruttogeschossfläche (BGF) pro Person bezieht die BGF auf die Schülerzahl. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Schülerzahlen schwanken; die angenommenen Zahlen basieren auf den Angaben der Hausmeister.

Grund für niedrige Werte können beispielsweise in einer effektiven Erschließung oder einer optimalen Raumausnutzung liegen. Schulen mit hohen Werten stellen den Nutzern mehr Raum zur Verfügung wie Cafeteria, Pausenhalle, Bücherei etc..

Eine generelle Bewertung lässt sich deshalb aus diesen Vergleich nicht ziehen, da für bestimmte Schulkonzepte (bisher zur Ganztagschule) bestimmte Flächen vorgehalten werden müssen.

Auffallend ist die Fröbelschule mit einem Wert von etwa 24 m² pro Person. Der Grund liegt in der Nutzungsart in Form einer Sonderschule, wo mehr Raum für die Schüler benötigt wird.



Anteil der Transmission an den Gesamtwärmeverlusten

Die Graphik gibt an, wie hoch der Verlust der Transmission über die Gebäudehülle an den Gesamtverlusten (Transmission + Lüftungswärmeverluste = 100 %) ist.

Mit einem Anteil von 30 % hat die Ernst - Reuter Schule bezogen auf diese Verlustquelle den besten Wert. Der Grund ist das geringe Baualter und damit der hohe energetische Wert der Gebäudehülle.

Gleichzeitig weist die Schule aber auch hohe Lüftungswärmeverluste (70% der Gesamtverluste) auf, da leider keine mechanische Lüftungsanlage installiert wurde, eine Technik, die gerade bei Schulbauten mit ihren „hohen stoßweisen Lasten“ bezüglich der Luftqualität sinnvoll ist.

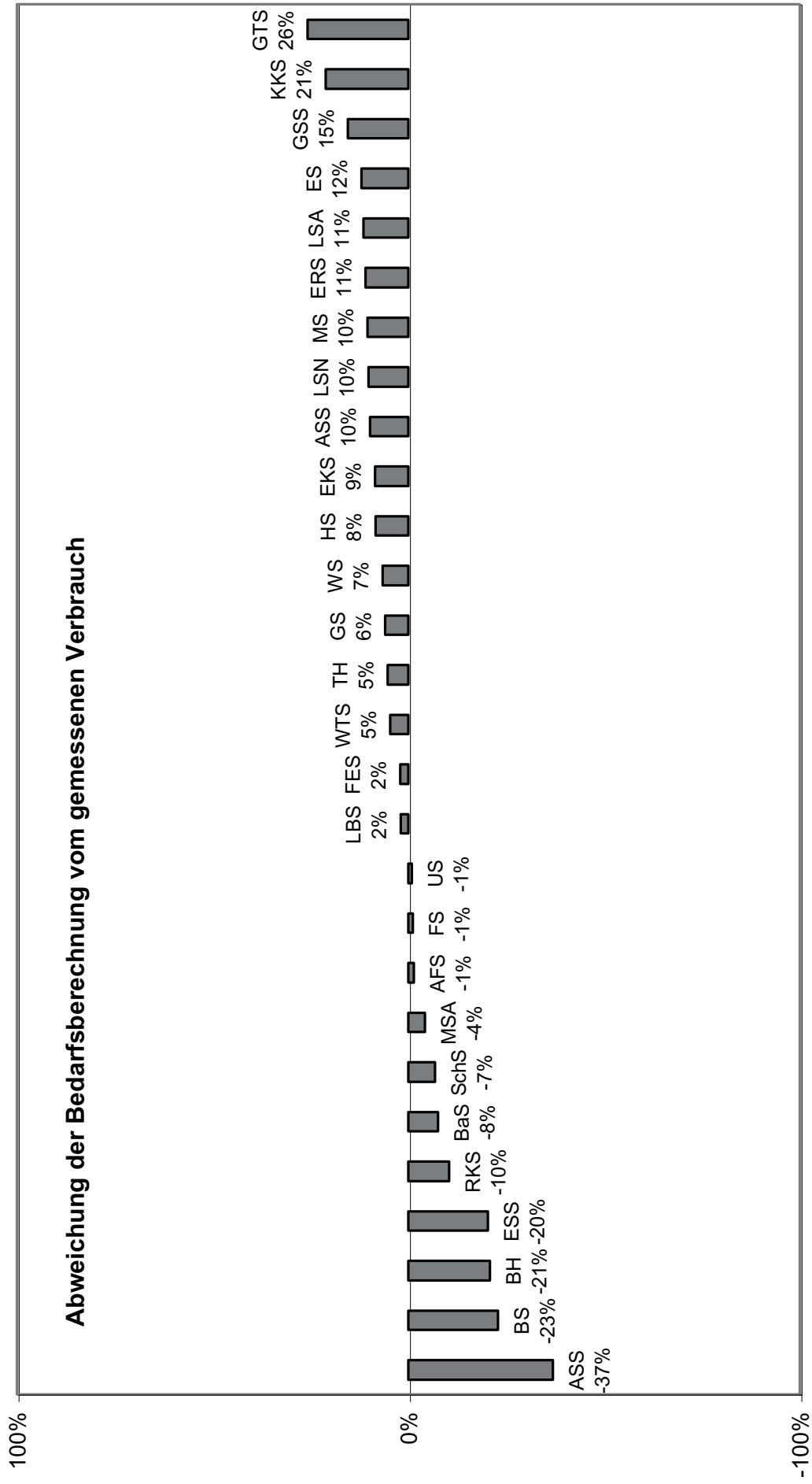
Einen im Gegensatz dazu hohen Anteil der Transmission an den Gesamtwärmeverlusten haben die Rudolf - Koch Schule, Humboldtschule und Mathildenschule Außenstelle.

Bei der Rudolf-Koch Schule, Baujahr 1957, verursacht eine energetisch sehr schlechte Außenhülle (u.a. Einfachverglasung mit Stahlrahmen) einen Wert von 81 %.

Bei der Humboldtschule, ebenfalls in den 50er Jahren erbaut, ist die schlechte Außenhülle ebenfalls der Grund für die hohen Transmissionsverluste. Die gleichen Argumente treffen auf die Außenstelle Mathildenschule zu, deren Fassade zurzeit energetisch saniert wird.

Transmissionsverluste können durch eine flächige Sanierung der Gebäudehülle stark gemindert werden. Hierbei sollte auch besondere Sorgfalt auf die Behebung von Wärmebrücken gelegt werden.

Abweichung der Bedarfsberechnung vom gemessenen Verbrauch



Abweichung der Bedarfsrechnung vom gemessenen Verbrauch

Die Graphik stellt die Abweichung der Wärmebedarfsberechnung unter Einflussfaktoren von den gemessenen Verbrauchswerten der Schulen dar.

Werte, die im positiven Bereich liegen, bedeuten, dass die Schulen weniger verbrauchen als die Bedarfsrechnung ermittelt. Es ist anzunehmen, dass hier die Technik funktioniert und sich die Nutzer entsprechend verhalten.

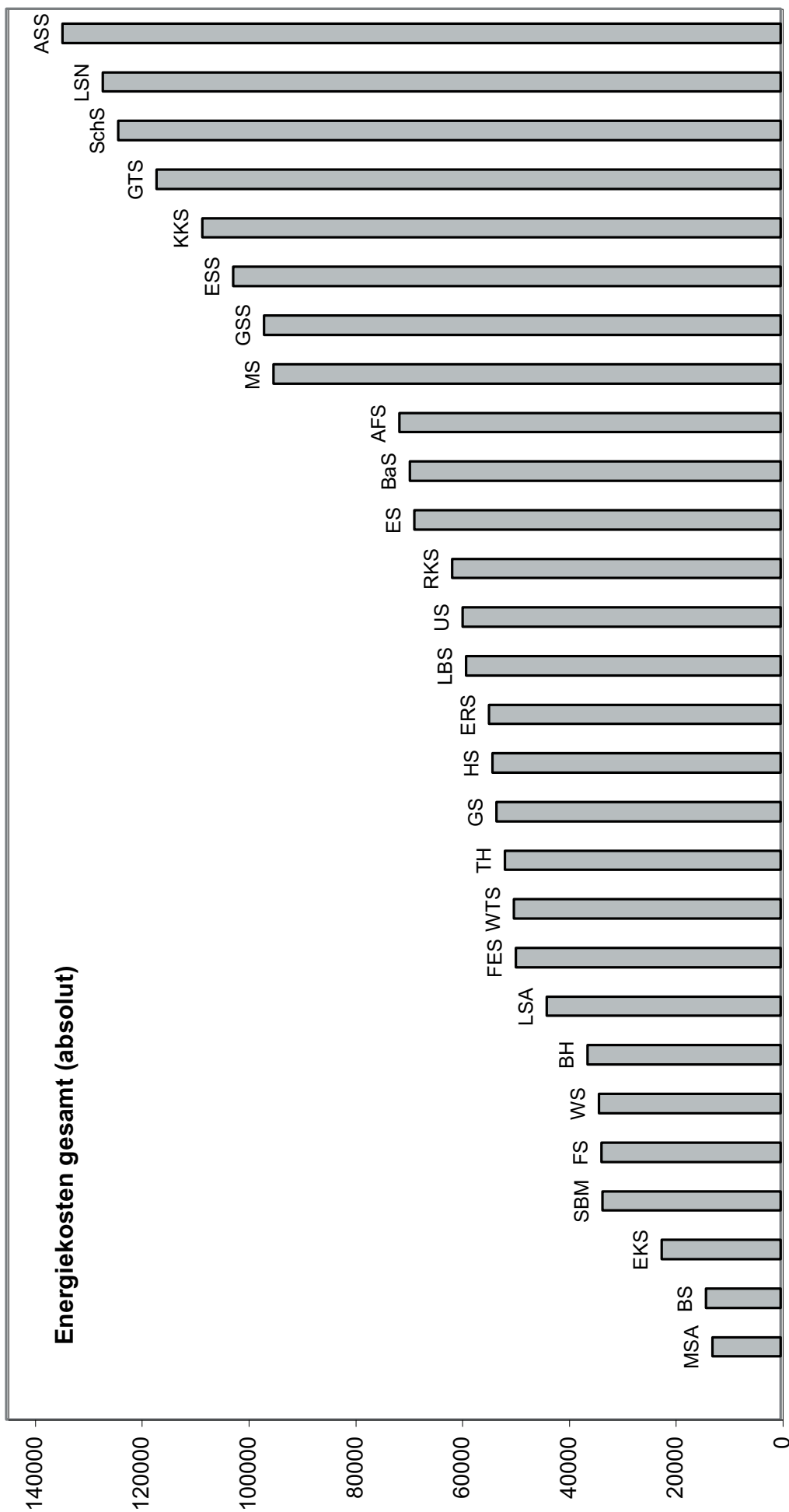
Negative Werte bedeuten, dass die Schulen einen höheren Verbrauch haben als die Bedarfsrechnung aufzeigt. Gerade diese Schulen sind bei der energetischen Betrachtung interessant, da sich eine berechnete Verbesserung wahrscheinlich stärker positiv auf den Verbrauch auswirken wird. Aber auch Fehler beim Nutzerverhalten sollten abgeklärt werden.

Die Differenzen der berechneten und gemessenen Werte haben unterschiedliche Gründe, u.a. das rechnerisch nur schwer zu erfassende Nutzerverhalten, mögliche Differenzen zwischen angenommenen, ermittelten und vorhandenen U-Werten, teilweise veraltetes und nicht detailliertes Planmaterial, mögliche Unregelmäßigkeiten bei der Zählerablesungen usw.

Kurzfristige Messreihen innerhalb der Schule, die einem gemeinsamen Monitoring-Konzept folgen, können schnell und effizient bestimmte Fehlerquellen für zu hohe Verbräuche identifizieren.

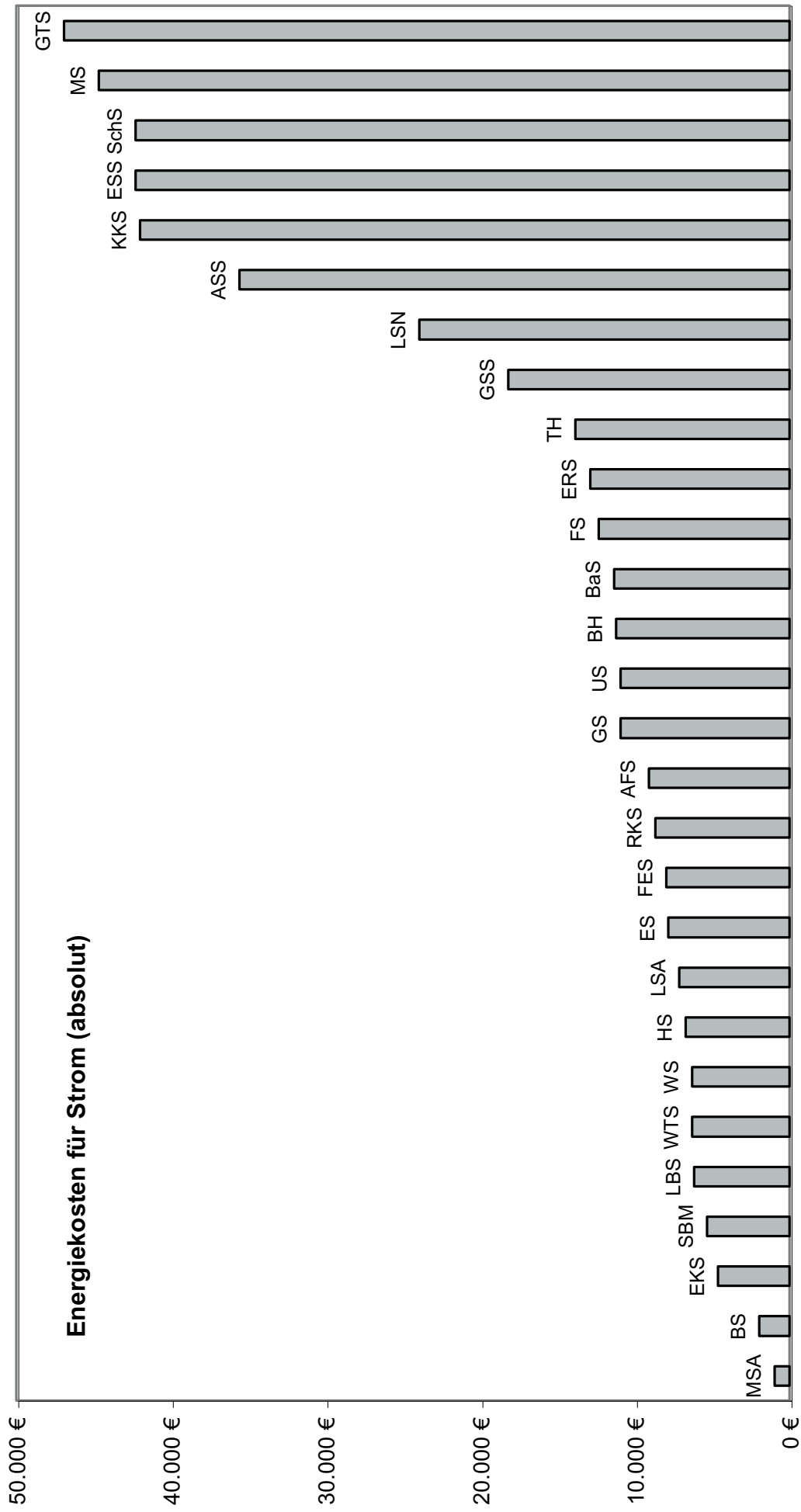
Zu nennen wären dabei zu hohe Innentemperaturen infolge schlechter Regelungstechnik (bisher zum „Weglüften“ zu warmer Luft durch einige Lehrer), ungleiche Raumtemperaturen durch falsche Einstellungen an den Pumpen und Heizkörpern bzw. einen mangelnden hydraulischen Abgleich, eine nicht funktionierende bzw. nicht genutzte Nachtabsenkung (aufgrund technischer Fehler, aber auch durch generelles Heizen der Schule, weil nicht nur ein Raum für Elternabende etc. genutzt wird) bzw. Wochenend- und Ferienabschaltung.

Die TU Darmstadt empfiehlt die Ausarbeitung eines Monitoring-Konzeptes und die Durchführung von Messreihen, bevor mit Sanierungsarbeiten begonnen wird.



Energiekosten gesamt (absolut)

In dieser Graphik sind alle Kosten, die in Zusammenhang mit der Energieversorgung des Gebäudes stehen, berücksichtigt, sowohl für Wärme / Wärmeerzeugung als auch für Strom. Wie auch bei den Einzelbetrachtungen liegen die Albert-Schweitzer und die Leibniz Schule Neubau an der Spitze, gefolgt von der Schillerschule.

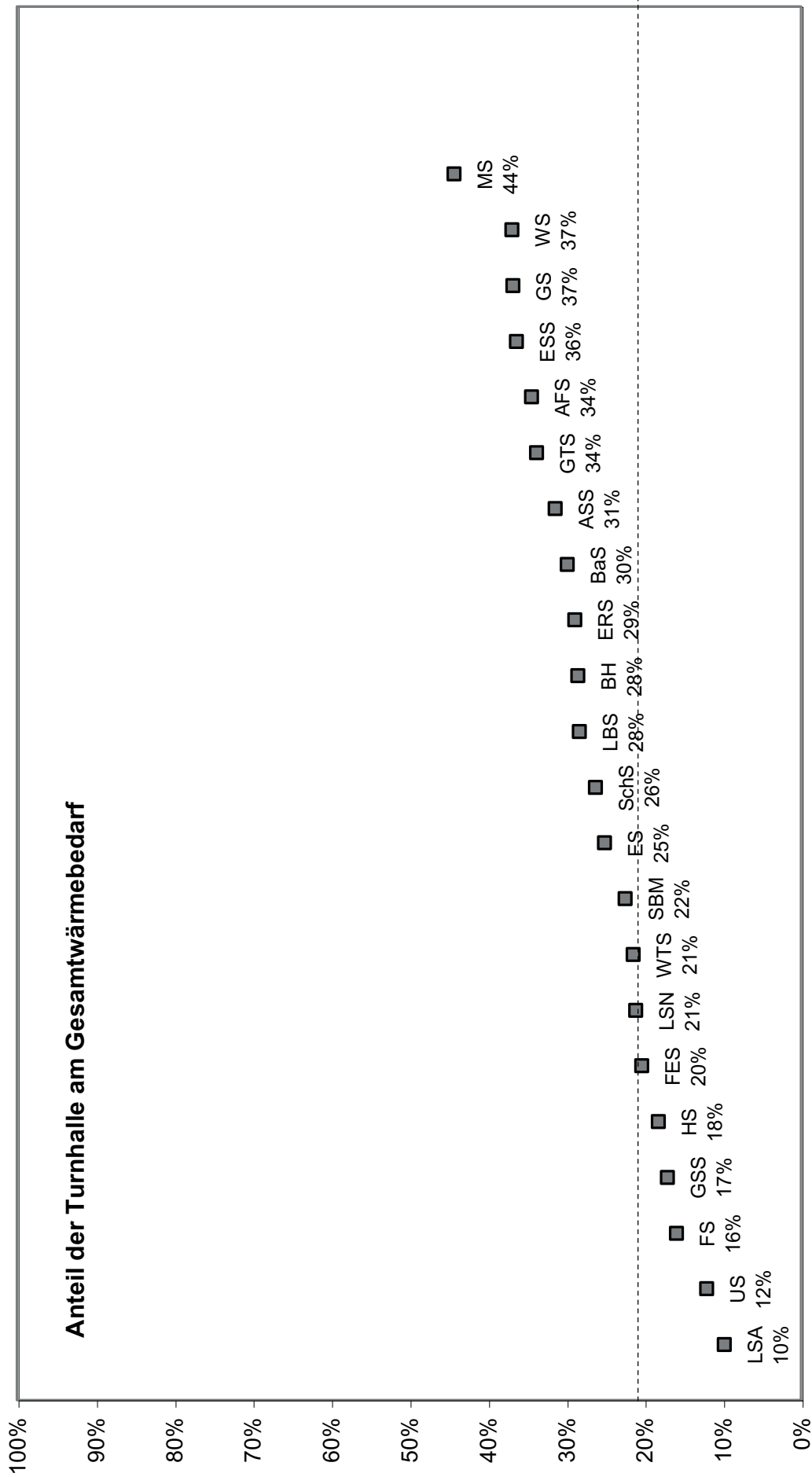


Energiekosten für Strom (absolut)

Die Graphik zeigt, wie unterschiedlich die Kosten für Strom bei den jeweiligen Schulen sind. „Teuer“ sind große Schulen mit Turnhalle sowie die Berufsschulen, die aufgrund ihrer technischen Ausstattung einen großen Strombedarf aufweisen.

Hierzu gehört in erster Linie die Gewerblich-Technische Schule mit Turnhalle. In der Schule werden Schweißgeräte, Werkhallen mit Fräsen etc. betrieben, die einen hohen Strombedarf haben.

Die Anteile der Energiekosten für Strom sind keineswegs zu vernachlässigen. Einsparungen bei besonders auffälligen Schulen können oft verhältnismässig leicht und günstig erzielt werden, so z.B. durch energiesparende Lampen und Technik, aber auch durch einen hydraulischen Abgleich, der die Pumpenleistungen optimieren kann.



Anteil der Turnhalle am Gesamtwärmebedarf

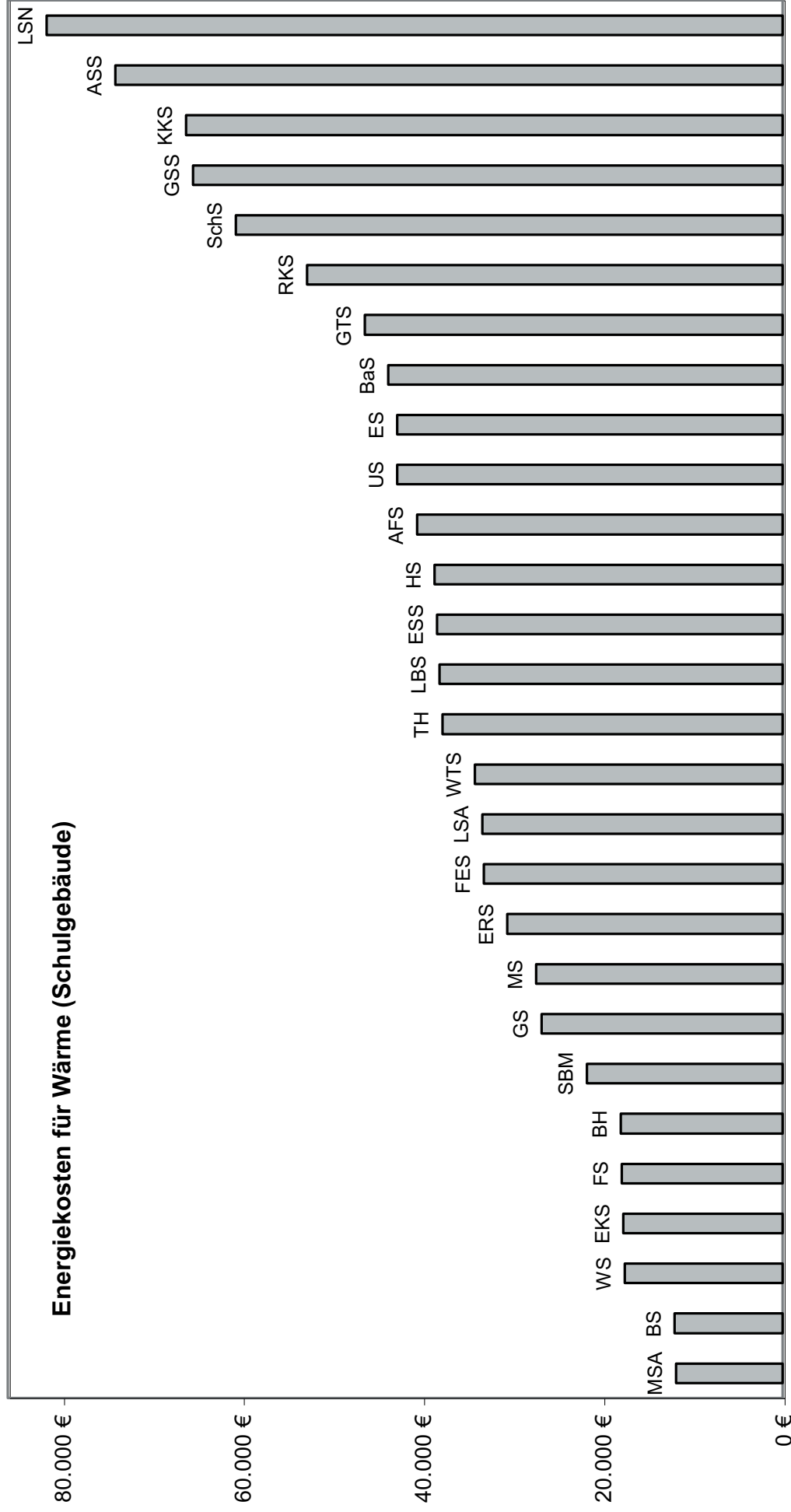
Die Graphik zeigt den Anteil der Turnhalle am Gesamtwärmebedarf von Schule und Turnhalle. Die Werte liegen zwischen 10% und 44 %. Die Schulen Leibniz Schule Altbau, Uhlandschule und Fröbelschule haben eine in das Schulgebäude integrierte Turnhalle und weisen somit niedrige Werte auf.

Der Grund hierfür ist u.a. eine geringe Außenhüllfläche und damit verringerte Transmissionswärmeverluste im Verhältnis zu freistehenden Turnhallen.

Den größten Anteil am Gesamtwärmebedarf weist die Turnhalle der Mathildenschule auf. Ursachen liegen u.a. in den langen Hallennutzungszeiten.

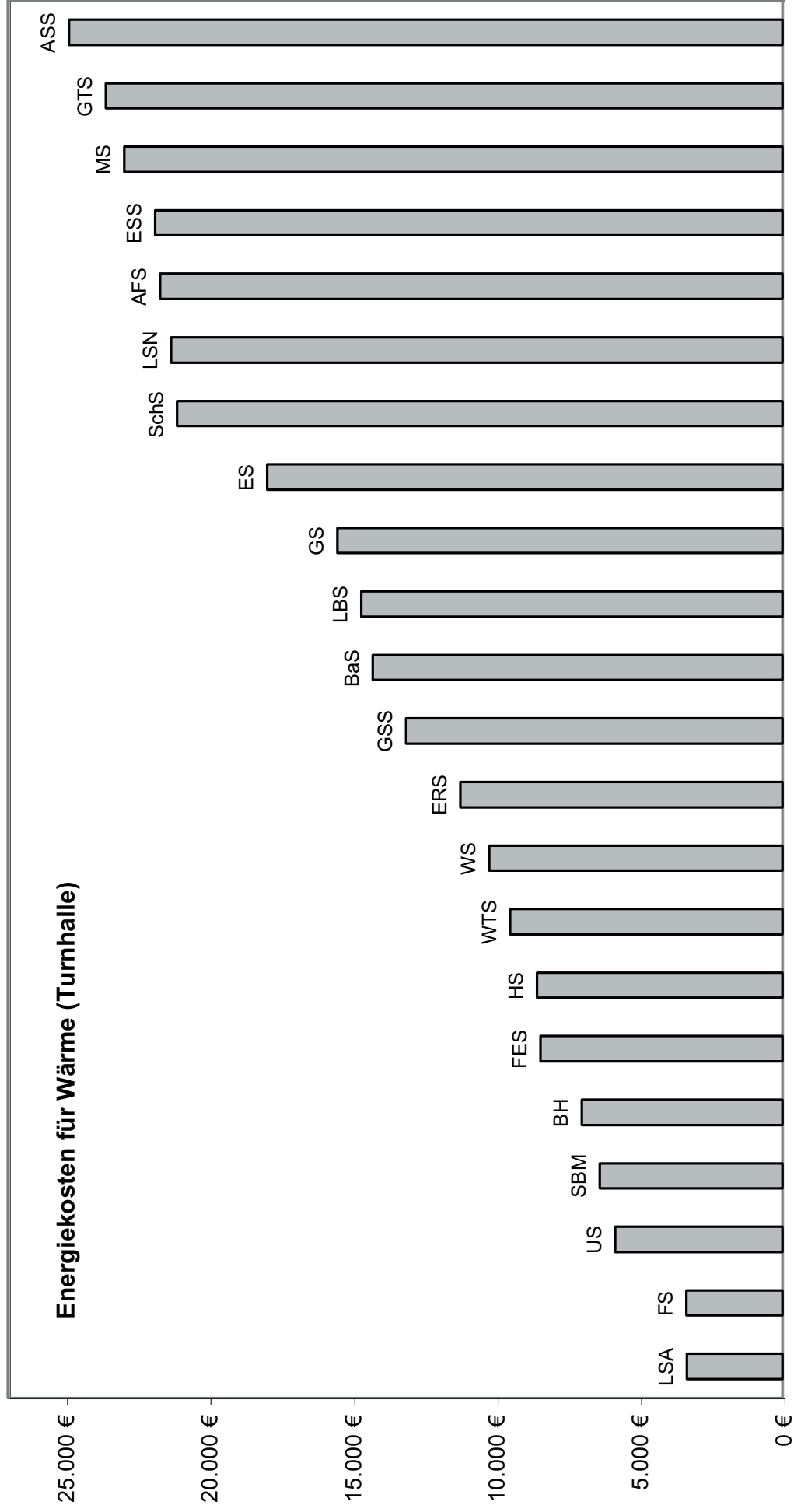
Generell ist zu sagen, dass viele Turnhallen von ihrer Substanz schlechter dastehen als die dazugehörige Schule. Energetische Einsparungen können hier leicht mit Instandhaltungsmassnahmen kombiniert werden. Kandidaten hierfür sind z.B. die Turnhalle der Leibniz Schule Neubau, die Bachschule, und andere wie die Eichendorffschule. Die Anne-Frank Schule schneidet von den untersuchten Turnhallen am schlechtesten ab.

Als sinnvolle Möglichkeit der Wärmeabgabe sind Flächenheizungen zu bezeichnen, besonders Fußbodenheizungen. Diese erwärmen den Bereich, in dem sich die Nutzer aufhalten, ohne das große Luftvolumen der Hallen unnötig zu erwärmen und damit die Lüftungsverluste hochzutreiben.



Energiekosten für Wärme (Schulgebäude)

Diese Graphik berücksichtigt die laufenden Kosten der Wärmeerzeugung (absolut). Hier finden sich im oberen Teil die Leibnizschule und die Albert-Schweitzer Schule wieder – also tendenziell große Schulen, die folglich viel Energie verbrauchen dürfen und auch Schulen, die aufgrund ihrer hohen relativen Energieverluste entsprechend viel Energie benötigen.



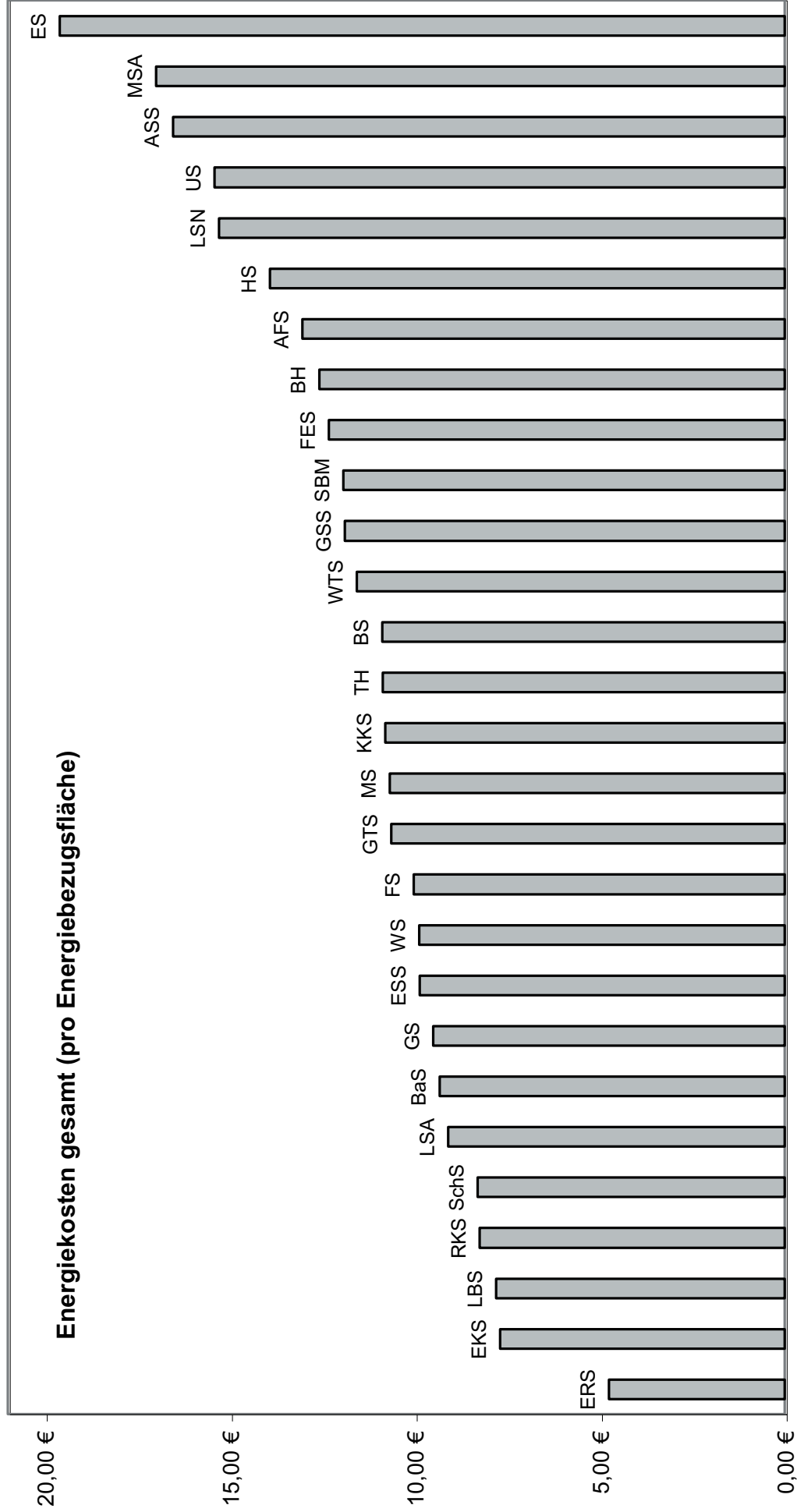
Energiekosten für Wärme (Turnhalle)

Diese Graphik berücksichtigt die Kosten der Wärmeerzeugung für die Turnhalle. Es lässt sich gut ablesen, wie sich die Energiekosten für die jeweiligen Turnhallen aufteilen.

Hierbei spielen sowohl der energetische Zustand der Halle, als auch die Betriebszeiten / Nutzungsdauer eine wesentliche Rolle.

Bei der Frage nach einer Turnhallensanierung kann diese Auswertung eine entsprechende Anwendung finden.

Zu beachten ist allerdings, wie die Zuweisung der Kosten auf die Turnhallen erfolgt ist, denn eine getrennte Ablesung erfolgt leider nur in den wenigsten Fällen (wenn die Turnhallen distanzmässig entfernt liegen). Die Aufschlüsselung des realen, gemessenen Verbrauchs auf Schulgebäude und Turnhalle wurde in dem Verhältnis vollzogen, dass die Berechnung ergeben hat. Damit unterliegen auch diese Ergebnisse der angegebenen Ungenauigkeiten der Berechnung.



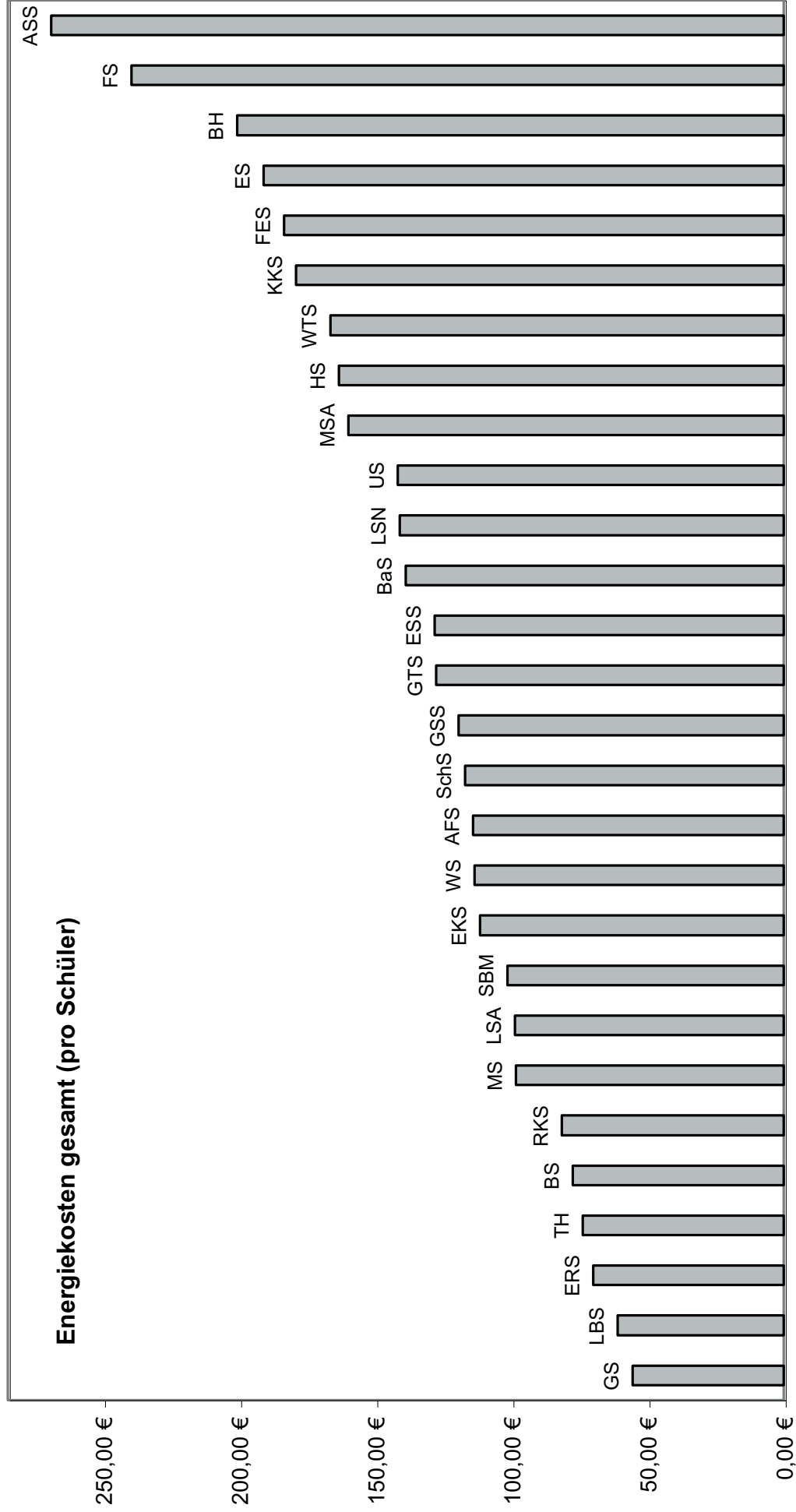
Energiekosten gesamt (pro Energiebezugsfläche)

Wird die Energiebezugsfläche als Maßstab genommen, geht also die Betrachtung weg von der „Absolutwertbetrachtung“, so steht die Eichendorffschule an erster Stelle.

Das heißt, dass bei dieser Schule die Energiekosten pro m² Schule am höchsten, der Unterhalt der Schule also am teuersten, sind.

Die Mathildenschule Außenstelle auf Rang zwei wird nicht weiter berücksichtigt, da hier schon eine Sanierung stattfindet.

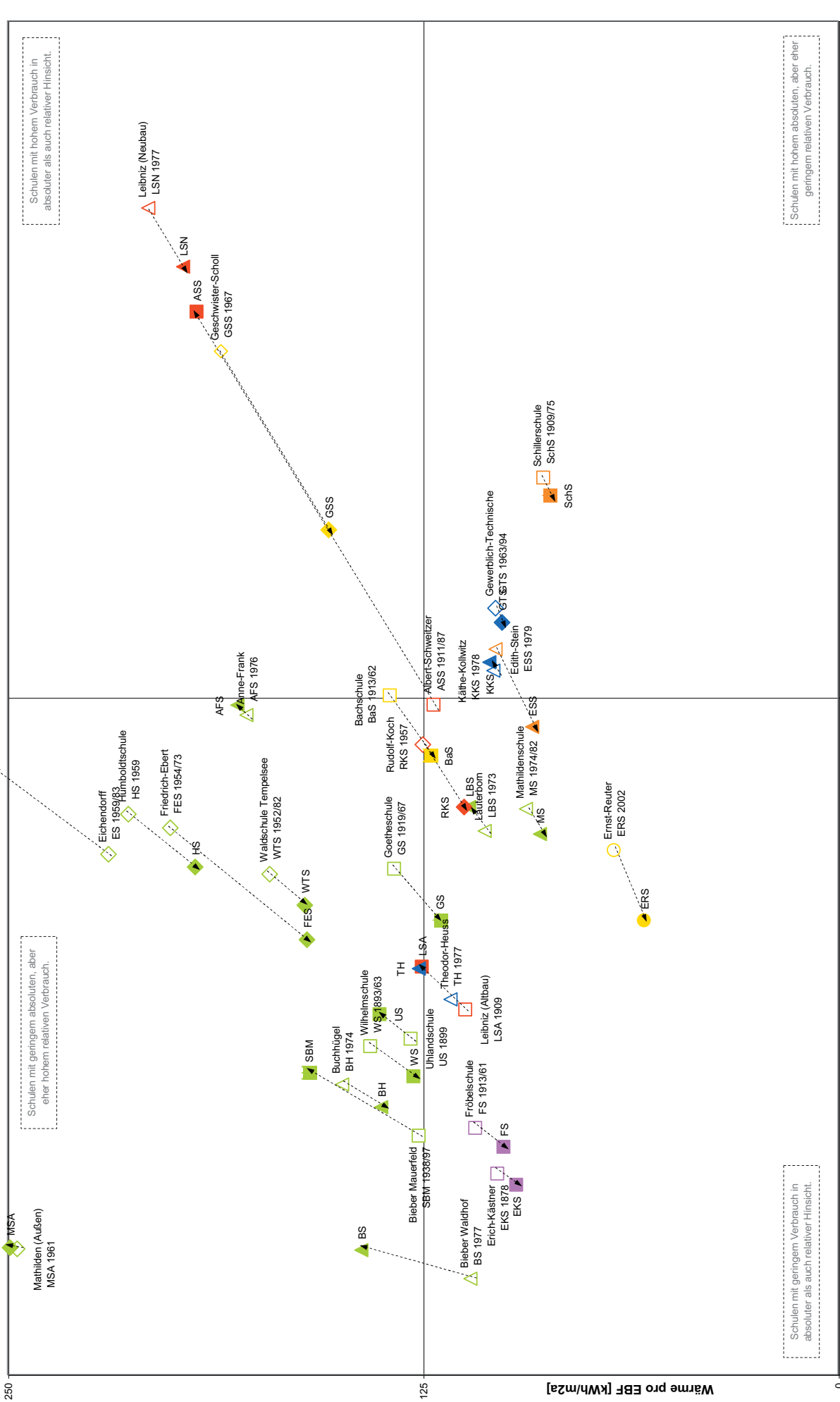
Wiederholt schneidet auch bei dieser Analyse die Albert-Schweitzer Schule schlecht ab. Erwartungsgemäß hat die „neue“ Ernst-Reuter-Schule den besten Wert.



Energiekosten gesamt (pro Schüler)

Auch bei dieser Betrachtung liegt die Albert-Schweitzer Schule an der Spitze, gefolgt von der Fröbelschule und – mit deutlichem Abstand – der Schule Buchhügel. Die geringsten Energiekosten pro Schüler weist die Goetheschule auf, ein Ergebnis, das durchaus überrascht, aber eben auch die Notwendigkeit einer neutralen Untersuchung gegenüber Erfahrungswerten und Erwartungshaltungen aufweist.

Vergleich Berechneter Wärmebedarf (leer) und gemessener Wärmeverbrauch (voll) - absolut Wert / pro Energiebezugsfläche



Vergleich berechneter Wärmebedarf und realer Wärmebedarf - absolut / pro Energiebezugsfläche

In dieser Quadrantengraphik sind alle Schulen dargestellt, einmal mit ihrem gemessenen/realen Verbrauch und einmal mit dem nach dem im Zuge dieser Studie entwickelten Berechnungsverfahren.

Auf der x-Achse findet sich die absolute Wärmemenge (bezogen auf den Verbrauch und bezogen auf die Berechnung), auf der y-Achse findet sich der Abtrag der Wärmemenge pro Energiebezugsfläche (bezogen auf den Verbrauch und bezogen auf die Berechnung).

Die Symbole mit Füllung beschreiben dabei den berechneten Wärmebedarf, die ohne den realen/gemessenen Verbrauchswert.

Die Farbe des Symbols kennzeichnet die Schulform, die Bedeutung ist wie folgt:

grün = Grundschule, lila = Sonderschule, gelb = Haupt-/Realschule, orange = Gesamtschule, blau = Berufsschule.

Die Farben sollen dabei mögliche Gruppierungen und eventuelle Zusammenhänge der energetischen Untersuchung der Schulen in Bezug auf deren Schulform aufzeigen.

Gleiches Prinzip wird hinsichtlich der Symbolik verfolgt. Dabei sind die Symbole wie folgt gewählt: Quadrat = Altbau, Raute = 50/60er Jahre; Dreieck = 70/80er Jahre sowie Schulbauten ab 1995 als Kreis.

Prinzipiell lassen sich folgende Aussagen aus der Darstellung ableiten:

Schulen, die sich im Hinblick auf „Wärme absolut“ in der linken Hälfte des Diagramms finden, haben einen geringeren Verbrauch – (absolut gesehen!) als die Schulen, die sich in der rechten Hälfte des Diagramms befinden. Das bedeutet, im Hinblick auf mögliche Sanierungsmaßnahmen sollte man in erster Linie Schulen betrachten, die sich in der rechten Hälfte der Graphik finden, also einen hohen absoluten Wärmebedarf / -verbrauch haben.

Bezogen auf die y-Achse haben die Schulen in der unteren Hälfte einen geringeren relativen Wärmeverbrauch pro Energiebezugsfläche, die in der oberen Hälfte einen hohen Verbrauch, das heißt, dass insbesondere Schulen in der oberen Hälfte des Diagramms hinsichtlich einer energetischen Betrachtung bzw. Verbesserungsmaßnahmen untersuchungswert sind.

Im Hinblick auf geplante energetische Sanierungsmaßnahmen sollten die Schulen betrachtet werden, die sich im oberen rechten Quadranten in der Graphik wiederfinden. Diese haben sowohl einen hohen absoluten Verbrauch als auch einen hohen relativen Verbrauch bezogen auf die EBF. Hier würden sich energetische Sanierungsmaßnahmen am deutlichsten bemerkbar machen und somit spürbar die Verbrauchswerte senken.

Schulen, auf die diese Definition zutrifft, sind die Leibnizschule Neubau, die Albert-Schweitzer Schule, und die Geschwister-Scholl Schule. Im Randbezirk zu diesem Quadranten liegen die Anne-Frank Schule und die Bachschule.

Durch die Pfeile sind die Rechenwerte mit den gemessenen Verbrauchswerten verbunden.

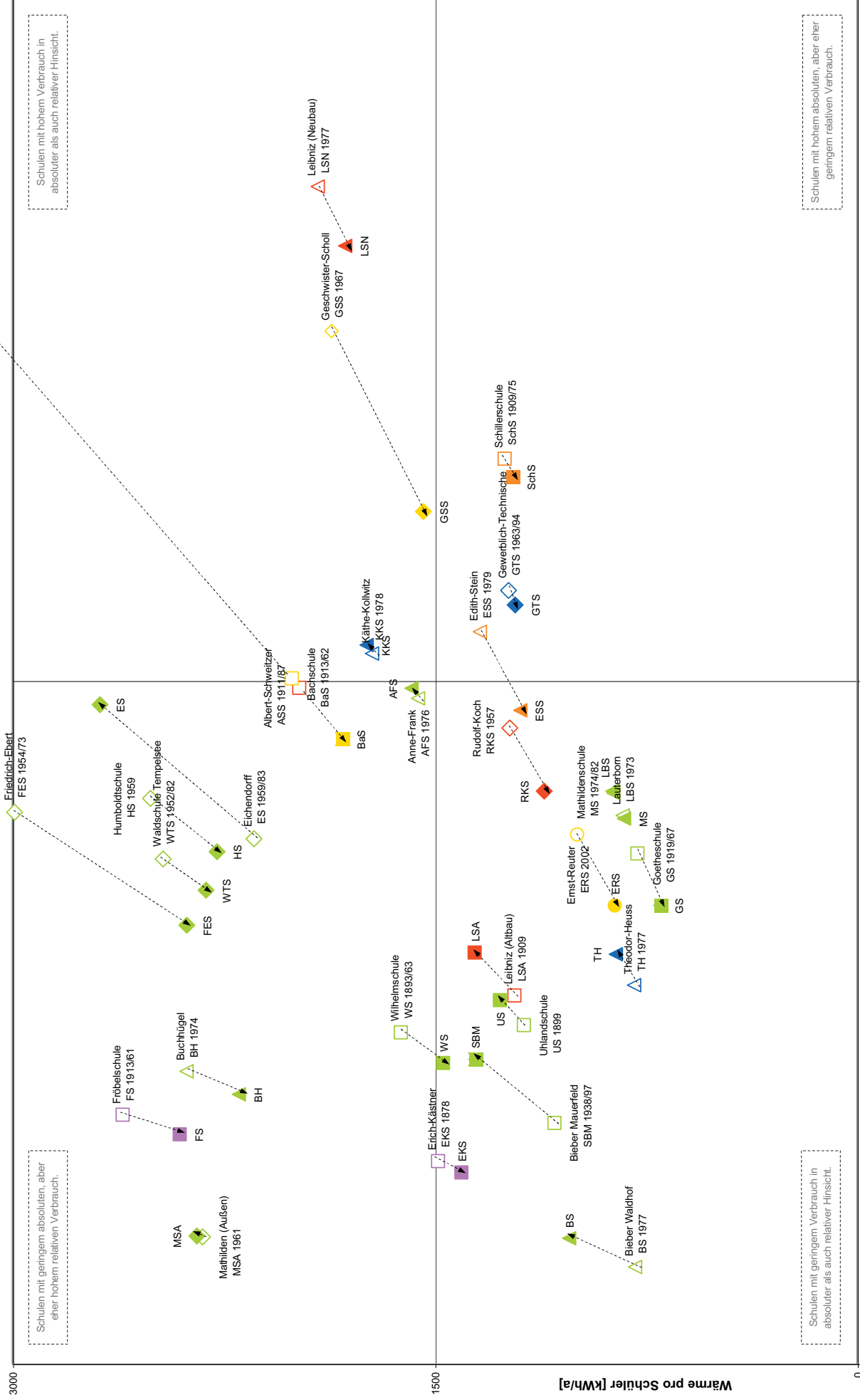
Dabei lässt sich folgende Aussage treffen: Schulen, deren Rechenwert niedriger und damit besser ist als der tatsächliche Verbrauch und die relativ gesehen zudem noch einen hohen Verbrauch aufweisen, sollten auf Missstände hin untersucht werden (z.B. Regelung der Heizung / Heiztechnik, Nachtabsenkung, Undichtigkeiten, Nutzerverhalten etc.).

Schulen, die einen hohen relativen Verbrauchswert aufweisen und deren Rechenwert noch darüber liegt, haben Probleme mit der Bausubstanz.

Hierzu gehören nach dieser Analyse u.a. die Geschwister – Scholl Schule, die Eichendorffschule und die Humboldtschule.

Einen hohen Verbrauch bezogen auf die EBF hat an zweiter Stelle neben der Eichendorffschule auch die Mathildenschule Außenstelle, die jedoch keine weitere Berücksichtigung findet, da sie bereits saniert wird und sich energetisch in jedem Fall verbessern wird.

Vergleich berechneter Wärmebedarf (leer) und gemessener Wärmeverbrauch (voll) - absolut Wert / pro Schüler



Vergleich berechneter Wärmebedarf und gemessener Wärmeverbrauch - absolut Wert/pro Schüler

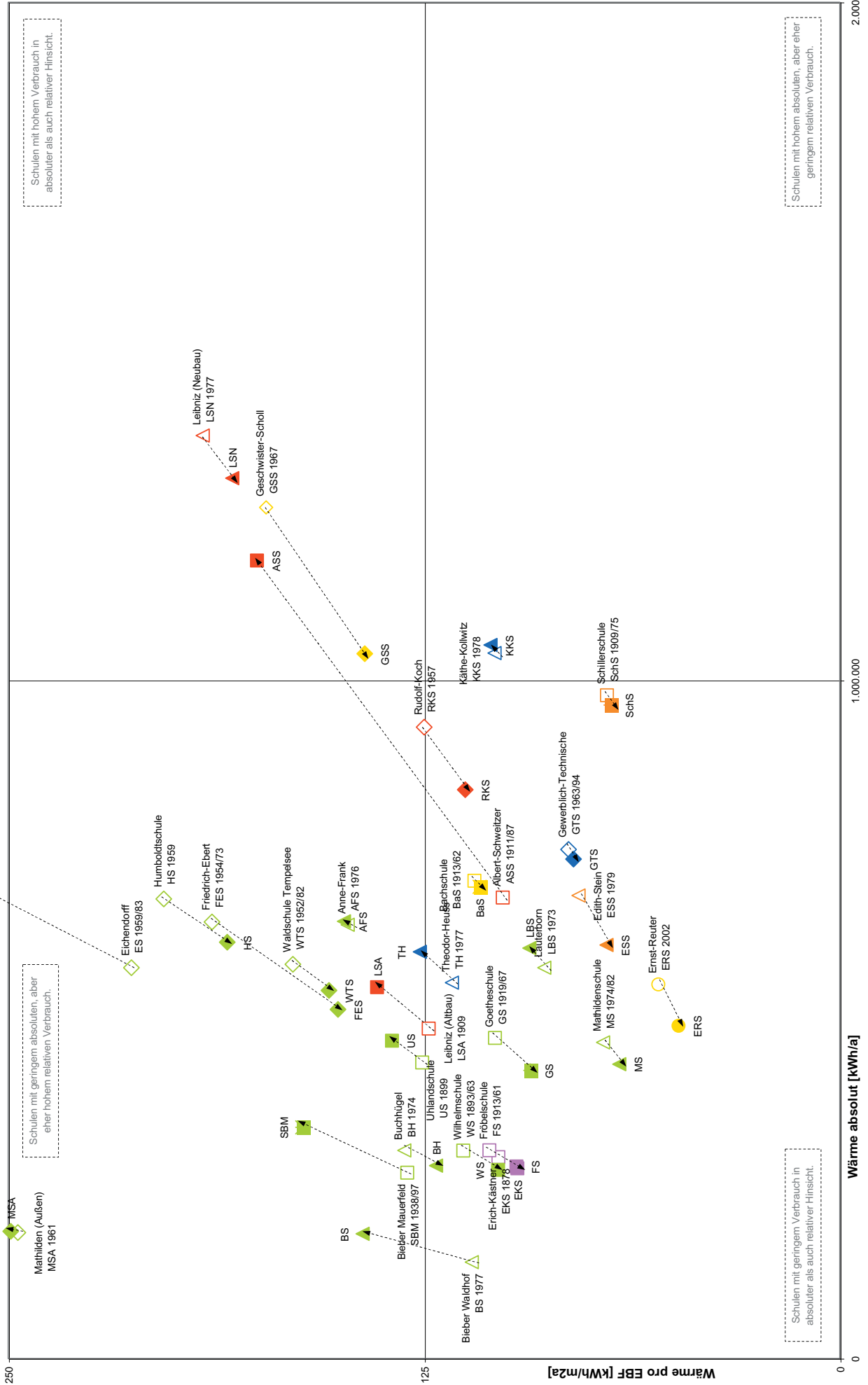
Zur Definition der Farben und Formen siehe Beschreibung der Graphik
„Berechneter Wärmebedarf und realer Wärmebedarf - absolut / pro Energiebezugsfläche“.

Ebenso wie in der vorgenannten Graphik finden sich die zu betrachtenden Schulen im oberen rechten Quadrant der Graphik. Dies sind die Leibnizschule Neubau, die Käthe-Kollwitz Schule, die Geschwister-Scholl Schule und die Albert-Schweitzer Schule. Bemerkenswert ist dabei, dass die Albert-Schweitzer Schule aufgrund ihres schlechten Wertes im Bezug auf den Absolutwert pro Schüler, die Graphik nach oben verlässt (mit ihrem gemessenen Verbrauchswert) und den mit Abstand schlechtesten Wert aufweist.

Ihr folgt die Friedrich-Ebert Schule mit ihrem Rechenwert; der gemessene Verbrauch liegt hier im Gegensatz zu Albert-Schweitzer Schule aber deutlich unter diesem Wert.

Die Eichendorffschule bewegt sich mit ihrem gemessenen Wert deutlich hin zum schlechten Bereich.

Schulgebäude allein: Vergleich Berechneter Wärmebedarf (leer) und gemessener Wärmeverbrauch (voll) - absolut Wert / pro Energiebezugsfläche



Schulen mit hohem Verbrauch in absoluter als auch relativer Hinsicht.

Schulen mit geringem Verbrauch, aber eher hohem relativen Verbrauch.

Schulen mit geringem Verbrauch in absoluter als auch relativer Hinsicht.

Schulen mit hohem absoluten, aber eher geringem relativen Verbrauch.

Wärme absolut [kWh/a]

Wärme pro EBf [kWh/m2a]

2.000.000

1.000.000

0

0

Schulgebäude allein: Vergleich berechneter Wärmebedarf (leer) und gemessener Wärmeverbrauch (voll) - absolut Wert / pro Energiebezugsfläche

Die Graphik zeigt nur die Schulgebäude im Vergleich, die Werte sind also „turnhallenbereinigt“. Aus diesem Grund reduziert sich der Wärmeverbrauch absolut bei allen betrachteten Objekten, d.h. die gesamte Graphik verschiebt sich nach links; Schulen, zu denen keine Turnhalle gehört, bleiben an ihrer Stelle stehen.

So ermöglicht die Graphik den direkten Vergleich der Schulen untereinander.

Auch hier schneiden die Leibnizschule Neubau, die Albert-Schweitzer Schule und die Geschwister-Scholl Schule ungünstig ab und landen im oberen rechten Quadranten ab, der sich, wie bereits beschrieben, durch einen hohen absoluten Wärmeverbrauch bei gleichzeitig hohem Wärmeverbrauch pro EBZ auszeichnet.

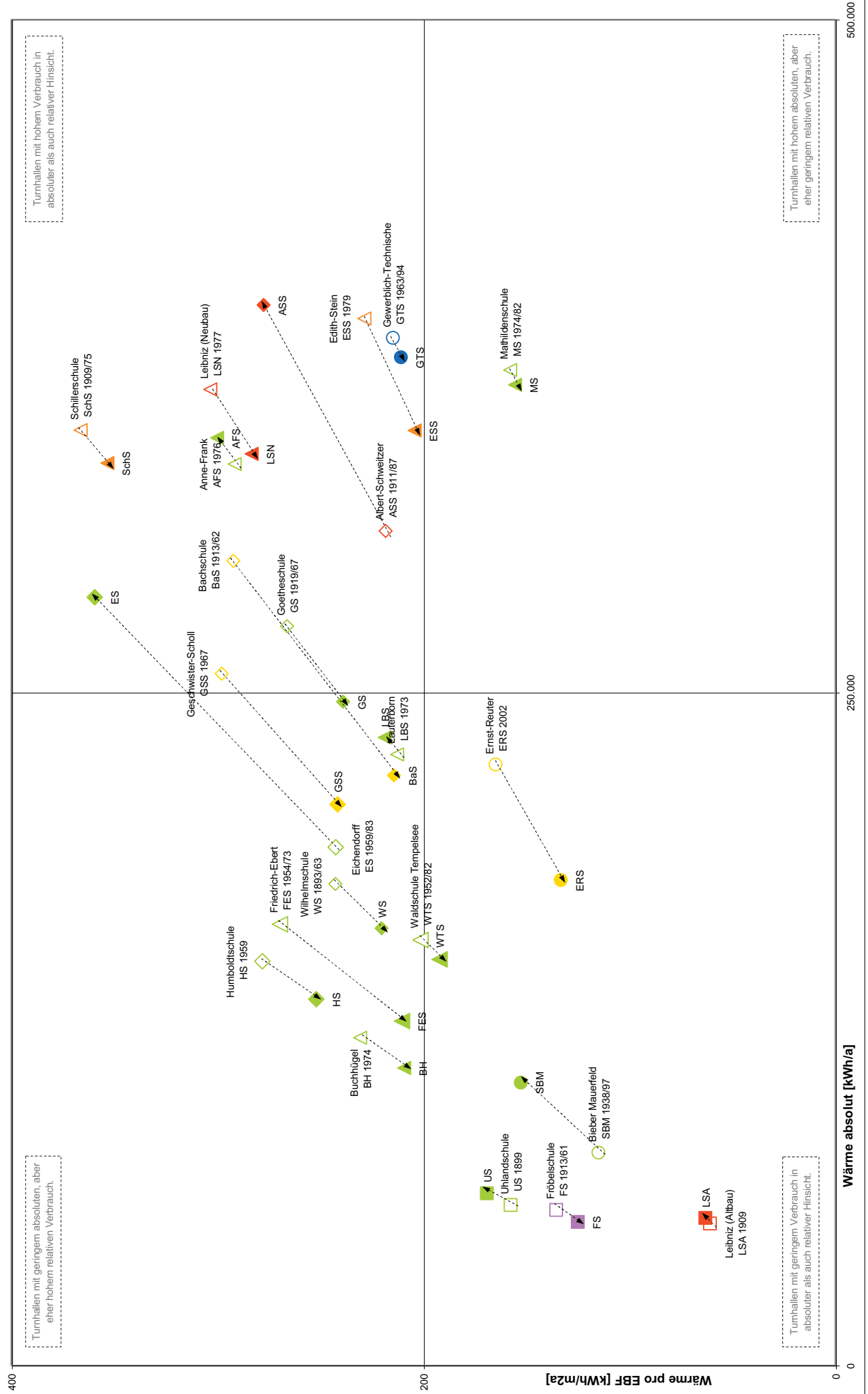
In ihm liegen die Schulen, die einer näheren energetischen Betrachtung der Sanierung bedürfen.

Die Eichendorffschule weist, gefolgt von der Außenstelle der Mathildenschule den höchsten Wärmeverbrauch pro EBF auf und verlässt die Graphik nach oben. Ebenfalls relativ schlecht stehen in dieser Betrachtung die Humboldtschule und die Friedrich-Ebert Schule.

Günstige Werte im Bezug auf den Wert Wärme pro EBF haben die Mathildenschule sowie die Ernst-Reuter Schule; auch die Schillerschule hat gute Werte bei der EBF, allerdings bei einem hohen absoluten Verbrauch, ebenso wie die Käthe-Kollwitz Schule.

Die Skalierung der y-Achse wurde übrigens gegenüber der gemeinsamen Darstellung von Schule und Turnhalle nicht verändert, d.h. die Graphik erfasst alle Schulgebäude, die zwischen 0 und 250 kWh/m² im Jahr verbrauchen. Die folgende Graphik mit der Übersicht der Turnhallen erfordert hingegen eine Anpassung, da hier die relativen Verbräuche fast die 400 kWh/m²a erreichen. Dafür könnte aber die x-Achse neu skaliert werden, da die absoluten Verbräuche aufgrund der beschränkten Größe der Hallen geringer sind.

Turnhallen allein: Vergleich berechneter Wärmebedarf (leer) und gemessener Wärmeverbrauch (voll) - absolut Wert / pro Energiebezugsfläche



Turnhallen alleine: Vergleich berechneter Wärmebedarf (leer) und gemessener Wärmeverbrauch (voll) – absolut Wert / pro Energiebezugsfläche

Die Graphik zeigt die Turnhalle ohne die dazugehörigen Werte der Schule und ermöglicht so einen Vergleich der Turnhallen untereinander.

Die besten Werte werden hier von innenliegenden Hallen (in Altbauten wie der Leibnizschule Altbau, der Fröbelschule und der Uhlandschule) erreicht. Ebenso schneidet die neue Sporthalle der Schule Bieber Mauerfeld gut ab, was an ihrem hohen Dämmstandard liegt. Auch die Turnhalle der Ernst-Reuter Schule weist bezogen auf die Wärme pro EBF zusammen mit der Sporthalle der Mathildenschule einen guten Wert auf. Gerade bei der Halle der Mathildenschule macht sich bei der Betrachtung der „Wärme absolut“ die Größe nachteilig bemerkbar.

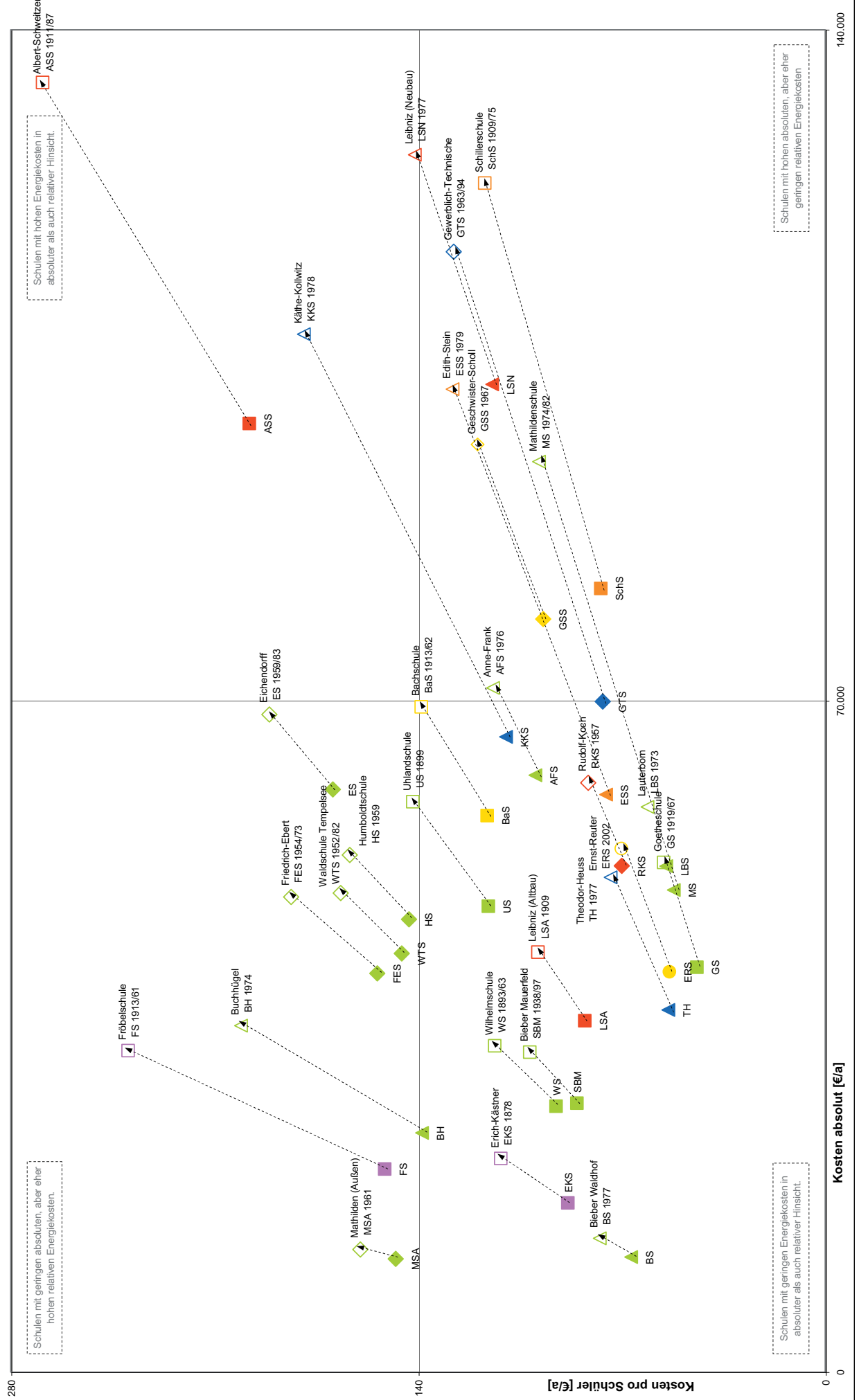
Fast alle Turnhallen haben in der Praxis (gemessener Wert) einen Vorteil gegenüber dem errechneten Wert. Sie verbrauchen also weniger Wärme als nach der Berechnung zu erwarten. Deutlich umgekehrt ist dies bei der Albert-Schweitzer Schule sowie der Eichendorffschule (mit Deckenheizung).

Bei der Albert-Schweitzer Schule ist dieser Effekt jedoch nicht so stark wie bei der Einzelbetrachtung der Schule. Bei der Sporthalle der Eichendorffschule kann, so könnte man es formulieren, die schlechte Halle rechnerisch nicht abgebildet werden, bzw. die geführte Datenaufnahme reicht hierfür nicht aus.

Interessant ist sicher eine längere Temperaturuntersuchung der Halle, sowie eine genaue U-Wertbestimmung zur Ortung der Problemstellen.

Insgesamt schlecht sind die Sporthallen der Schillerschule, der Anne-Frank Schule und der Leibnizschule Neubau, bei denen energetische Verbesserungen sicher zu empfehlen sind.

Kosten infolge Energieverbrauch für Wärme (voll) und Strom+Wärme (leer) - absolut-Wert / pro Schüler



Schulen mit hohen Energiekosten in absoluter als auch relativer Hinsicht.

Schulen mit geringen Energiekosten in absoluter als auch relativer Hinsicht.

Schulen mit hohen absoluten, aber eher geringen relativen Energiekosten

Schulen mit geringen absoluten, aber eher hohen relativen Energiekosten

Kosten absolut [€/a]

70.000

140.000

280

Kosten pro Schüler [€/a]

0

Teil C

Sanierungsmaßnahmen ausgewählter Schulen

Anne-Frank Schule
Albert-Schweitzer Schule
Eichendorffschule
Friedrich-Ebert Schule
Geschwister-Scholl Schule
Humboldtschule
Leibniz Schule Neubau
Uhlandschule
Waldschule Tempelsee

Anne-Frank-Schule - Grundschule



Die Anne-Frank-Schule ist eine Grundschule und wurde 1976 erbaut, ebenso die Turnhalle.

Der Zustand der Schule ist entsprechend ihres Baujahres, die Bauteile weisen die für dieses Baualter typischen Qualitäten auf.

Soweit bekannt, steht die Schule nicht unter Denkmalschutz. Insbesondere die einfachverglasten Fensterflächen bieten im Hinblick auf die Energieeffizienz erhebliche Möglichkeiten der Einsparung, gleiches gilt für die gemauerten oder mit Betonelementen verkleideten Fassadenflächen. Diese werden auch in der Sanierungsvariante näher betrachtet und die entsprechenden Potentiale aufgezeigt.

Bei der Berechnung der Ursprungsvariante (Ist-Zustand) sind weitestgehend alle Fenster des Schulgebäudes mit einem U-Wert von $5,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (und einem dazugehörigen, nach DIN V 4108-4 angesetzter g-Wert) in Ansatz gebracht worden. Hier hat jedoch in der Praxis schon teilweise ein Austausch stattgefunden, der sich in der Datenaufnahme nicht in seinem vollem Umfang widerspiegelt. Aus diesem Grund ist vor einer Maßnahme der tatsächliche Anteil der alten, aus Stahlrahmen mit Einfachverglasung bestehenden Fenstern, entsprechend zu prüfen, da die Größe der Fensterflächen bzw. deren Qualität entscheidend zur Qualität der Gebäudehülle beiträgt.

Bei der betrachteten Veränderung und den überschlägig ermittelten Kosten einer energetischen Sanierung werden in der Folge die Bauteile Wand gegen Außenluft sowie Fenster und Türen betrachtet. Sowohl in den an das Erdreich grenzenden Bauteilen, als auch in der Dachfläche liegen weitere Einsparpotentiale, die vor einer Sanierung unbedingt zu bewerten und deren Wirtschaftlichkeit detailliert zu prüfen sind.

Wand gegen Außenluft Schule und Turnhalle

Für die Schule als auch für die Turnhalle, wird gleichermaßen ein Wärmdämmverbundsystem, bestehend aus 10 cm PUR und einem Wärmedämmputz in Ansatz gebracht, wodurch eine U-Wertverbesserung bis hin zu einem Wert von $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ erzielt wird. Dies hat für den Wärmebedarf eine Reduzierung von ca. 258.000 kWh/a auf etwa 40.000 kWh/a zur Folge. Diese Einsparung ist erheblich (ca. 85%).

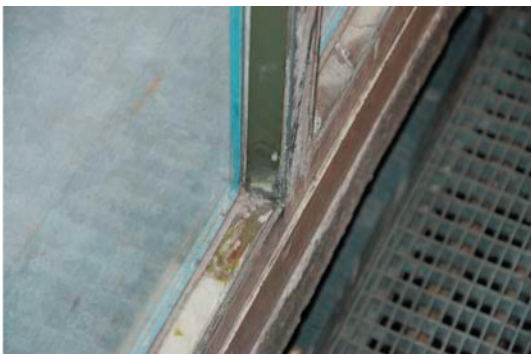


Für die Turnhalle ergibt sich aus der beschriebenen Variante eine Reduzierung im gleichen Verhältnis, allerdings von einem niedrigeren Gesamtverbrauch ausgehend, da die wärmeübertragenden Umfassungsflächen entsprechend kleiner sind.

Fenster

Ein Austausch der Fenster muss in jedem Falle eine Option sein, da die vorhandene Verglasung entscheidenden Anteil an den hohen Wärmeverlusten des Gebäudes hat.

Die vorhandenen Fensterflächen mit Einfachverglasung aller Gebäude einschließlich der Turnhalle sind ca. 1400 m² groß und tragen mit dem in Ansatz gebrachten U-Wert von ca. 5,80 W/m²K wesentlich zu den Transmissionsverlusten des Gebäudes bei. Heute sind Fenster mit einem Wärmedämmwert von 1,4 bis 1,1 durchaus gängig, was zu einer jährlichen Einsparung von etwa 75% des Ausgangswertes der Fensterflächen führen würde. In diesem Zusammenhang sind ebenfalls die Türen zu erneuern.



Dämmmaßnahmen Dach Schule

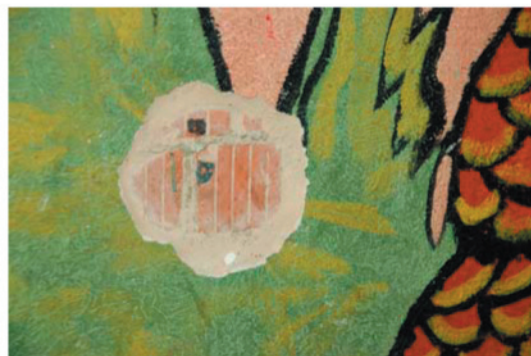
Im Bereich des Daches sieht die Variante keine Dämmung vor, da die vorhandene Konstruktion im Verhältnis zu den vorgenannten Flächen recht gute Werte aufweist. Dennoch liegen auch hier noch Potentiale, die im Detail zu untersuchen sind.

Sonstiges

Im Zuge der energetischen Sanierungsmaßnahmen ist es darüber hinaus sinnvoll, die Klassenräume mit modernen Raumthermostaten auszustatten. Ebenso können die Fenster mit Öffnungswächtern versehen werden, so dass die Heiztechnik an die Fensteröffnung gekoppelt wird. Bei gekippten bzw. geöffneten Fenstern wird der darunter befindliche Heizkörper geschlossen und Energieverschwendung minimiert. Dieser unmittelbare Effekt kann von den Nutzern wahrgenommen und auch leicht verstanden werden und ruft das Thema Energie ins Bewusstsein. Gleiches gilt für mögliche Bewegungsmelder hinsichtlich der Heizung und Lüftung oder auch der Beleuchtungssteuerung.

Es sollte eine Einweisung des Hausmeisters in die technischen Anlagen erfolgen, ebenso eine Einweisung der Lehrkräfte und den Hinweis auf Energiesparmaßnahmen durch das Nutzerverhalten. Vom Zeitpunkt her sollte eine solche Veranstaltung zu Beginn der Winterzeit, beispielsweise nach den Herbstferien stattfinden.

In den Projektwochen der Schule oder in Arbeitsgruppen könnten auch Projekte direkt zu diesem Thema angeboten werden, um Schülern und Kollegium Einsparpotentiale aufzuzeigen.



Neben den energetischen Sanierungsvorschlägen sind sicher auch einige „Schönheitsreparaturen“ an dem Gebäude nötig, um die Schule insgesamt aufzuwerten.

Dämmmaßnahmen Dach Turnhalle

Das Dach hat nach den vorliegenden Daten einen U-Wert im Bestand von $0,362 \text{ W/m}^2\text{K}$ (siehe U-Wert Tabelle).

Das Aufbringen einer Dämmung von 10 cm würde zu einem U-Wert von etwa $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ führen. Dadurch würde sich der Transmissionswärmeverlust des Bauteils von 37.000 kWh/a auf 25.500 kWh/a reduzieren.

Die Einsparungen, die durch diese Maßnahmen erzielt werden, stehen – legt man die derzeitigen Energiepreise zu Grunde – in keinem Verhältnis zu den notwendigen Investitionskosten.

Kostenüberschlag der energetischen Verbesserungsmaßnahmen Anne-Frank-Schule

Kosten Schulgebäude und Gymnastikhalle


DIN 276	AK	AA	Bezeichnung	Einheit m ²	Preis EUR	Menge m ² /EP	MWST 1,02586	Gesamtkosten EUR
335	46	11	PS-Hartschaum mit Mineralputz	1	102	2708	1,02586	283.359 €
			Fensteraustausch	1	350	1044	1,02586	374.850 €
Summe								658.209 €

Kosten Turnhalle

335	46	11	PS-Hartschaum mit Mineralputz	1	102	567	1,02586	59.330 €
			Fensteraustausch	1	350	364	1,02586	130.695 €
Summe ges.								190.025 €

Summe Schule und Turnhalle

848.234 €

Anne-Frank-Schule V01		Schulart: Grundschule, Föderschule, Baujahr: 1976; Turnhalle 1976							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 4323 m²	Schüler 200	Betriebszeit 1388 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 1148 m²	DIN-Felder 6	Betriebszeit 3150 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	386.456	89,4	1.932	278,5	906.658	520.201	453,0	86.700	165,1
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	423.685	98,0	2.118	305,4	993.999	570.314	496,6	95.052	181,1
Gesamtwärmebedarf berechnet	187.606	43,4	938	135,2	434.879	247.272	215,3	41.212	78,5
Differenz absolut	-236.078	-54,6	-1180,4	-170,1	-559.120	-323.042	-281,3	-53.840	-102,6
Differenz [%]	-55,7%				-56,2%		-56,6%		
Strombedarf gemessen	59.258	13,7	296	42,7	59.258	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)									
	Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude	248.737	172.937	0	421.674	91.966	142.102	0	0	187.606
Turnhalle	93.063	178.076	28.000	299.139	27.221	19.599	0	5.046	247.272
Summe	341.800	351.013	28.000	720.813	119.187	161.700	0	5.046	434.879
Anteil Turnhalle	27,2%	50,7%	100,0%	41,5%	22,8%	12,1%	0,0%	100,0%	56,9%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
	Bezugsgröße			5.472 m²	4.340 m²	3.042 m²	11.883 m²	22.800 m³	200	2269 h
		[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	341.800	49,3%	62,5	78,7	112,4	28,8	15,0	1709,0	150,7
Qv	Lüftungsverluste	351.013	50,7%	64,2	80,9	115,4	29,5	15,4	1755,1	154,7
Ql	Summe Verluste	692.813	100%	126,6	159,6	227,8	58,3	30,4	3464,1	305,4
Qs	Solare Gewinne	119.187	17,2%	21,8	27,5	39,2	10,0	5,2	595,9	52,5
Qi	Interne Gewinne	161.700	23,3%	29,6	37,3	53,2	13,6	7,1	808,5	71,3
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	280.888	40,5%	51,3	64,7	92,3	23,6	12,3	1404,4	123,8
Qh	Heizwärmebedarf	411.925	59,5%	75,3	94,9	135,4	34,7	18,1	2059,6	181,6
Qtw	Wärmebedarf TWW	28.000	4,0%	5,1	6,5	9,2	2,4	1,2	140,0	12,3
Qst	Solkollektorsertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	28.000	4,0%	5,1	6,5	9,2	2,4	1,2	140,0	12,3
Qw	Wärmebedarf	439.925	63,5%	80,4	101,4	144,6	37,0	19,3	2199,6	193,9
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	5.046	0,7%	0,9	1,2	1,7	0,4	0,2	25,2	2,2
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	434.879	62,8%	79,5	100,2	143,0	36,6	19,1	2174,4	191,7
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	431.128	62,2%	78,8	99,3	141,7	36,3	18,9	2155,6	190,0
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	993.999	143,5%	181,7	229,0	326,8	83,6	43,6	4970,0	438,1

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ [%]	CO2-Äquivalent [t/a]	
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	fossil [kWh/a]	regenerativ [kWh/a]	solar [kWh/a]			
Wärme	Schule	386.456	24.667	411.124	464.570	4.111	0	468.681	0,9%	128,3
	Turnhalle	520.201	21.675	541.876	612.320	5.419	0	617.739	0,9%	169,1
	Summe Wärme	906.658	46.342	953.000	1.076.890	9.530	0	1.086.420	0,9%	297,3
Strom	Schule	59.258	0	59.258	157.034	20.148	0	177.182	11,4%	38,3
	Turnhalle	5.742	0	5.742	15.216	1.952	0	17.168	11,4%	3,7
	Summe Strom	65.000	0	65.000	172.250	22.100	0	194.350	11,4%	42,1
	Anteil Strom	6,7%	0,0%	6,4%	13,8%	69,9%	#DIV/0!	15,2%		12,4%
	Summe Schule	445.714	24.667	470.382	621.604	24.259	0	645.863	3,8%	166,6
	Summe Turnhalle	525.943	21.675	547.618	627.536	7.371	0	634.907	1,2%	172,8
	Gesamtsumme	971.658	46.342	1.018.000	1.249.140	31.630	0	1.280.770	2,5%	339,4

Albert-Schweitzer Schule - Gymnasium



Bei der Albert-Schweitzer Schule handelt es sich um einen Altbau aus dem Jahr 1911, der durch Pavillons 1973 und eine Turnhalle im Jahre 1987 erweitert wurde.

Bei der energetischen Bewertung der Bauteile wurde die Klassifizierung nach EnEV in Ansatz gebracht, so dass vor einer Sanierungsmaßnahme in jedem Falle eine Prüfung der Bauteilqualität (U-Werbestimmung) zu empfehlen ist.

Bei allen Konzepten zur energetischen Verbesserung ist unbedingt der Denkmalschutz zu beachten. Alle Maßnahmen sind mit der Behörde für Denkmalschutz abzusprechen bzw. die Behörde rechtzeitig in Kenntnis zu setzen.

Nach den vorliegenden Unterlagen besteht im energetischen Sinne Handlungsbedarf bei den folgenden Bauteilen der Schule:

Altbau / Neubau

- Wand gegen Außenluft
- Wand gegen Erdreich
- Wand gegen Kaltraum
- Dach gegen Außenluft

Pavillon

- Wand gegen Außenluft
- Dach gegen Außenluft

Turnhalle

- Wand gegen Außenluft
- Dach gegen Außenluft
- Boden gegen Erdreich

Die Fenster wurden mit einem U-Wert von 2,70 und einem dazugehörigen, nach DIN V 4108-4 angesetzten g-Wert berechnet. Auch dieser Wert ist vor einer Gebäudesanierung unbedingt konkret zu messen und eine mögliche Sanierung darauf abzustimmen. Sowohl im Altbau als auch im Neubau sind die flächenmäßigen Anteile an der Außenhülle bedeutend.



Bei der angedachten Sanierung und den dafür überschlägig ermittelten Kosten werden in der Folge die Bauteile Wand gegen Außenluft, Fenster, Türen, Außenwand und Dachfläche betrachtet. Sicher wäre auch eine Dämmmaßnahme des Kellerbodens sowie der Kelleraußenwände energetisch sinnvoll, allerdings findet eine Betrachtung dieser Variante keine Berücksichtigung, da diese nur mit erheblichen und kostenintensiven Aufwand möglich ist. Sollte jedoch - beispielsweise durch einen Feuchteschaden - ohnehin Arbeiten an den Bauteilen durchgeführt werden, zum Beispiel Abdichtungsarbeiten an der Kelleraußenwand, so ist das zusätzliche Anbringen von Dämmmaterial dringend zu empfehlen.

Wand gegen Außenluft

Aufgrund der unter Denkmalschutz stehenden Fassade wird der Vorschlag einer 6 cm starken, mit Gipskarton verkleideten, innenliegenden Wärmedämmung berechnet (eventueller Denkmalschutz ist zu prüfen). Bei dieser Lösung muss bedacht werden, dass das Aufbringen von Innendämmung eine Reduzierung der Klassenraumfläche bzw. aller an den innenliegenden Wänden liegenden Räumen zur Folge hat. Gleichzeitig erfordert das Einbringen große Sorgfalt und Genauigkeit und eine detaillierte Planung der Maßnahme.



Die Berechnung kann dabei nur eine grobe Schätzung sein, da das vorliegende Daten- und Planmaterial nur eine überschlagene Aufwands- und Materialbedarfsrechnung ermöglicht. Nach der Berechnung würde der Transmissionswärmeverlust durch die Wand von ca. 250.000 kWh/Jahr auf etwa 65.000 kWh/Jahr sinken, eine Reduzierung von ca. 74 %.

Fenster

Ein Austausch der Fenster wurde nicht berechnet, da ein U-Wert von 2,70 angenommen wurde und somit die Fenster als noch akzeptabel zu bewerten sind. Im Hinblick darauf, dass Fenster der heutigen Generation problemlos Werte von 1,1 erreichen, ist auch hier ein Austausch möglich. In Anbetracht der Tatsache, dass etwa 1.100 m² der Gebäudehülle aus Glas sind, liegen auch hier Energieeinsparpotentiale.



Dämmmaßnahmen Dach

Im Bereich des Daches sieht die Variante eine Dämmung der Dachsparren vor, die verhältnismäßig leicht zu realisieren ist. Dabei ist der Dachstuhl im Bestand entsprechend aufzunehmen und die Sparrenhöhe zu prüfen. Diese Möglichkeit hat den Vorteil, dass auch

der Dachraum als Klassen-/Aufenthaltsraum genutzt werden kann. Alternativ besteht die Möglichkeit die oberste Geschossdecke von oben mit entsprechendem Dämmmaterial auszulegen – eine effektive und sehr günstige energetische Maßnahme.



Sonstiges

Im Zuge der energetischen Sanierungsmaßnahmen ist es darüber hinaus sinnvoll, die Klassenräume mit modernen Raumthermostaten auszustatten. Ebenso können die Fenster mit Öffnungswächtern versehen werden, so dass die Heiztechnik an die Fensteröffnung gekoppelt wird. Bei gekippten bzw. geöffneten Fenstern wird der darunter befindliche Heizkörper geschlossen und Energieverschwendung minimiert. Dieser unmittelbare Effekt kann von den Nutzern wahrgenommen und auch leicht verstanden werden und ruft das Thema Energie ins Bewusstsein. Gleiches gilt für mögliche Bewegungsmelder hinsichtlich der Heizung und Lüftung oder auch der Beleuchtungssteuerung.

Es sollte eine Einweisung des Hausmeisters in die technischen Anlagen erfolgen, ebenso eine Einweisung der Lehrkräfte und den Hinweis auf Energiesparmaßnahmen durch das Nutzerverhalten. Vom Zeitpunkt her sollte eine solche Veranstaltung zu Beginn der Winterzeit, beispielsweise nach den Herbstferien stattfinden.

In den Projektwochen der Schule oder in Arbeitsgruppen könnten auch Projekte direkt zu diesem Thema angeboten werden, um Schülern und Kollegium Einsparpotentiale aufzuzeigen.

Turnhalle

Die Turnhalle ist insgesamt in einem durchschnittlichen Zustand.

Unabhängig der Betrachtung der Gebäudehülle sollte das gesamte Wärmeabgabesystem der Turnhalle einer Prüfung unterzogen werden, gerade im Hinblick auf ein Zusammenwirken mit einer neuen, verbesserten Fassade.



Dämmmaßnahmen Dach

Im Bereich des Daches sind ebenfalls Dämmmaßnahmen sinnvoll und möglich. Hier ist zu prüfen, ob nicht ohnehin Abdichtungsarbeiten nötig sind. In diesem Zusammenhang kann in einem Arbeitsgang eine neue Dämmung aufgebracht werden. Durch die vorhandenen, großen Dacheinschnitte der Fenster ist ebenfalls eine Überprüfung der Qualität der Fenster und deren U-Werten sinnvoll.

Dämmmaßnahmen der Außenwand

Die Wandflächen der Turnhalle und Umkleide bieten sich für die Aufbringung eines Wärmedämmverbundsystems an. Diese Maßnahme würde den Verlust über die Außenwandfläche auf ca. 1/3 des jetzigen Wertes reduzieren.



Neubau

Weitere Maßnahmen zur Verringerung des Wärmebedarfes sind am Neubau möglich, hierzu gehören die Verbesserung der Wärmedämmung im Dach und der Außenwand. Die entsprechenden Aufbauten und Einsparpotentiale sind den beigefügten Tabellen zu entnehmen.

Pavillion

Siehe Neubau



Kostenüberschlag der energetischen Verbesserungsmaßnahmen Albert Schweizer Schule - Schulgebäude_ V01

Kosten Schulgebäude Altbau


DIN 276	AK	AA	Bezeichnung	Einheit m ²	Preis EUR	Menge m ² /EP	MWST 1,02586	Gesamtkosten EUR
345	41	2	Polystyrolämmung	1	117	2783	1,02586	334.032 €
342	54	1	Gipskartonplatte; Einfachständer	1	90	2783	1,02586	256.948 €
353	1	11	Deckendämmung Mineralfaser		30	220	1,02586	6.771 €

Summe
597.750 €

Kosten Turnhalle

335	46	11	MWV, Mineralfaser, Mineralputz	1	102	667	1,02586	69.793 €
363	21	3	3lagige Bitumendachbahn 10 cm Dämmung	1	102	1257	1,02586	131.530 €
Summe								201.323 €

Summe ges.
799.074 €

A.-Schweitzer-Schule V01 Schulart: Gymnasium I Baujahr: 1911; Pavillon 1973; Turnhalle 1987									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF	Schüler	Betriebszeit	absolut	absolut	EBF	DIN-Felder	Betriebszeit
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	(1.096)	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	848.762	126,3	2.122	458,8	1.432.900	584.138	411,4	58.414	173,1
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	930.526	138,5	2.326	503,0	1.570.936	640.410	451,0	64.041	189,8
Gesamtwärmebedarf berechnet	430.516	64,1	1.076	232,7	703.525	273.009	192,3	27.301	80,9
Differenz absolut	-500.010	-74,4	-1250,0	-270,3	-867.411	-367.401	-258,7	-36.740	-108,9
Differenz [%]	-53,7%				-55,2%	-57,4%			
Strombedarf gemessen	246.900	36,8	617	133,5	246.900	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
	Schulgebäude	491.292	269.213	0	760.505	133.505	187.699	0	8.786	430.516
	Turnhalle	81.015	207.075	40.000	328.090	13.001	33.636	0	8.444	273.009
	Summe	572.307	476.288	40.000	1.088.595	146.505	221.335	0	17.230	703.525
	Anteil Turnhalle	14,2%	43,5%	100,0%	30,1%	8,9%	15,2%	0,0%	49,0%	38,8%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				8.138 m²	6.158 m²	4.066 m²	11.985 m²	36.086 m³	400	2613 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	572.307	54,6%	70,3	92,9	140,7	47,8	15,9	1430,8	219,1
Qv	Lüftungsverluste	476.288	45,4%	58,5	77,3	117,1	39,7	13,2	1190,7	182,3
Ql	Summe Verluste	1.048.595	100%	128,8	170,3	257,9	87,5	29,1	2621,5	401,4
Qs	Solare Gewinne	146.505	14,0%	18,0	23,8	36,0	12,2	4,1	366,3	56,1
Qi	Interne Gewinne	190.987	18,2%	23,5	31,0	47,0	15,9	5,3	477,5	73,1
Qsp	Speichermasse	30.348	2,9%	3,7	4,9	7,5	2,5	0,8	75,9	11,6
Qg	Summe Gewinne	367.840	35,1%	45,2	59,7	90,5	30,7	10,2	919,6	140,8
Qh	Heizwärmebedarf	680.755	64,9%	83,6	110,5	167,4	56,8	18,9	1701,9	260,6
Qtw	Wärmebedarf TWW	40.000	3,8%	4,9	6,5	9,8	3,3	1,1	100,0	15,3
Qst	Solarkollektorertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	40.000	3,8%	4,9	6,5	9,8	3,3	1,1	100,0	15,3
Qw	Wärmebedarf	720.755	68,7%	88,6	117,0	177,3	60,1	20,0	1801,9	275,9
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	17.230	1,6%	2,1	2,8	4,2	1,4	0,5	43,1	6,6
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	703.525	67,1%	86,4	114,2	173,0	58,7	19,5	1758,8	269,3
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	773.180	73,7%	95,0	125,6	190,1	64,5	21,4	1932,9	296,0
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.570.936	149,8%	193,0	255,1	386,3	131,1	43,5	3927,3	601,3

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			gesamt
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	848.762	44.672	893.433	1.009.580	8.934	0	1.018.514	0,9%	278,8
	Turnhalle	584.138	36.428	620.567	701.780	5.666	0	707.446	0,8%	190,2
	Summe Wärme	1.432.900	81.100	1.514.000	1.711.360	14.600	0	1.725.960	0,8%	469,0
Strom	Schule	246.900	0	246.900	654.285	83.946	0	738.231	11,4%	159,7
	Turnhalle	7.100	0	7.100	18.815	2.414	0	21.229	11,4%	4,6
	Summe Strom	254.000	0	254.000	673.100	86.360	0	759.460	11,4%	164,3
	Anteil Strom	15,1%	0,0%	14,4%	28,2%	85,5%	#DIV/0!	30,6%		25,9%
	Summe Schule	1.095.662	44.672	1.140.333	1.663.865	92.880	0	1.756.745	5,3%	438,5
	Summe Turnhalle	591.238	36.428	627.667	720.595	8.080	0	728.675	1,1%	194,8
	Gesamtsumme	1.686.900	81.100	1.768.000	2.384.460	100.960	0	2.485.420	4,1%	633,3

Kostenüberschlag der energetischen Verbesserungsmaßnahmen Albert Schweitzer - Schulgebäude_ V02

Kosten wie Variante 1 + zusätzlich

Kosten Schulgebäude Neubau

DIN 276	AK	AA	Bezeichnung	Einheit m²	Preis EUR	Menge m²/EP	MWST 1,02586	Gesamtkosten EUR
335	46	11	MWV, Mineralfaser, Mineralputz	1	102	282	1,025862	29.508 €
363	21	3	3lagige Bitumendachbahn 10 cm Dämmung	1	102	892	1,025862	93.337 €
Summe								122.845 €


Kosten Pavillon

335	46	11	MWV, Mineralfaser, Mineralputz	1	102	307	1,025862	32.124 €
363	21	3	3lagige Bitumendachbahn 10 cm Dämmung	1	102	320	1,025862	33.484 €
Summe								65.608 €

Kosten Turnhalle

335	46	11	MWV, Mineralfaser, Mineralputz	1	102	667	1,02586	69.793 €
363	21	3	3lagige Bitumendachbahn 10 cm Dämmung	1	102	1257	1,02586	131.530 €
Summe								201.323 €

Summe ges. 188.453 €

A.-Schweitzer-Schule V02		Schulart: Gymnasium I Baujahr: 1911; Pavillon 1973; Turnhalle 1987							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 6718 m²	Schüler 400	Betriebszeit 1850 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 1420 m²	DIN-Felder 10	Betriebszeit 3375 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	802.245	119,4	2.006	433,6	1.432.900	630.655	444,1	63.066	186,9
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	879.528	130,9	2.199	475,4	1.570.936	691.408	486,9	69.141	204,9
Gesamtwärmebedarf berechnet	374.595	55,8	936	202,5	647.637	273.042	192,3	27.304	80,9
Differenz absolut	-504.932	-75,2	-1262,3	-272,9	-923.299	-418.366	-294,6	-41.837	-124,0
Differenz [%]	-57,4%				-58,8%	-60,5%			
Strombedarf gemessen	246.900	36,8	617	133,5	246.900	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
	Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf	
									[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude	431.620	269.213	0	700.833	133.409	185.184	0	7.645	374.595	374.595
Turnhalle	81.015	207.075	40.000	328.090	12.991	33.612	0	8.445	273.042	273.042
Summe	512.635	476.288	40.000	1.028.923	146.400	218.796	0	16.089	647.637	647.637
Anteil Turnhalle	15,8%	43,5%	100,0%	31,9%	8,9%	15,4%	0,0%	52,5%	42,2%	

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				8.138 m²	6.158 m²	4.066 m²	11.985 m²	36.086 m³	400	2613 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	512.635	51,8%	63,0	83,2	126,1	42,8	14,2	1281,6	196,2
Qv	Lüftungsverluste	476.288	48,2%	58,5	77,3	117,1	39,7	13,2	1190,7	182,3
Ql	Summe Verluste	988.923	100%	121,5	160,6	243,2	82,5	27,4	2472,3	378,5
Qs	Solare Gewinne	146.400	14,8%	18,0	23,8	36,0	12,2	4,1	366,0	56,0
Qi	Interne Gewinne	190.849	19,3%	23,5	31,0	46,9	15,9	5,3	477,1	73,1
Qsp	Speichermasse	27.947	2,8%	3,4	4,5	6,9	2,3	0,8	69,9	10,7
Qg	Summe Gewinne	365.196	36,9%	44,9	59,3	89,8	30,5	10,1	913,0	139,8
Qh	Heizwärmebedarf	623.727	63,1%	76,6	101,3	153,4	52,0	17,3	1559,3	238,7
Qtw	Wärmebedarf TWW	40.000	4,0%	4,9	6,5	9,8	3,3	1,1	100,0	15,3
Qst	Solarkollektorbeitrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	40.000	4,0%	4,9	6,5	9,8	3,3	1,1	100,0	15,3
Qw	Wärmebedarf	663.727	67,1%	81,6	107,8	163,2	55,4	18,4	1659,3	254,1
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	16.089	1,6%	2,0	2,6	4,0	1,3	0,4	40,2	6,2
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	647.637	65,5%	79,6	105,2	159,3	54,0	17,9	1619,1	247,9
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	713.750	72,2%	87,7	115,9	175,5	59,6	19,8	1784,4	273,2
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.570.936	158,9%	193,0	255,1	386,3	131,1	43,5	3927,3	601,3

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
	Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent		
				fossil	regenerativ	solar			gesamt	
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]		
Wärme	Schule	802.245	42.223	844.468	954.249	8.445	0	962.694	0,9%	263,5
	Turnhalle	630.655	38.877	669.532	757.111	6.155	0	763.266	0,8%	205,5
	Summe Wärme	1.432.900	81.100	1.514.000	1.711.360	14.600	0	1.725.960	0,8%	469,0
Strom	Schule	246.900	0	246.900	654.285	83.946	0	738.231	11,4%	159,7
	Turnhalle	7.100	0	7.100	18.815	2.414	0	21.229	11,4%	4,6
	Summe Strom	254.000	0	254.000	673.100	86.360	0	759.460	11,4%	164,3
	Anteil Strom	15,1%	0,0%	14,4%	28,2%	85,5%	#DIV/0!	30,6%		25,9%
	Summe Schule	1.049.145	42.223	1.091.368	1.608.534	92.391	0	1.700.925	5,4%	423,2
	Summe Turnhalle	637.755	38.877	676.632	775.926	8.569	0	784.495	1,1%	210,1
	Gesamtsumme	1.686.900	81.100	1.768.000	2.384.460	100.960	0	2.485.420	4,1%	633,3

Eichendorffschule - Grundschule



Bei der Eichendorffschule handelt es sich um ein Schulgebäude aus dem Jahr 1959 und einen Altbau, in dem eine Musikschule untergebracht ist. Bei der energetischen Betrachtung wurden beide Baukörper zusammen untersucht. Der vorgefundene bauliche Zustand entspricht weitestgehend dem Baustandard dieser Zeit. Flächenmässig größer ist der Schulbau der 50er Jahre.

Als energetische Schwachstelle ist insbesondere die Einfachverglasung mit Stahlrahmen – ohne Dichtung – in allen Bereichen der 1959 errichteten Gebäude zu nennen. Da diese Fenster einen wesentlichen Anteil an der Gebäudehülle haben, ist hier ein Austausch in jedem Falle empfehlenswert, noch vor der Verbesserung der geschlossenen Fassadenfläche. Gleiches gilt für die Fensterflächen der Turnhalle.



Bei der betrachteten Veränderung und den überschlägig ermittelten Kosten einer energetischen Sanierung, werden in der Folge die Bauteile untersucht:

Schulbau - Wand gegen Außenluft

Schulbau - Fenster

Turnhalle - Boden gegen Außenluft

Turnhalle - Wand gegen Außenluft

Auf eine Untersuchung der Bauteile Boden gegen das Erdreich wird verzichtet. Die Bauteile Boden gegen Kaltraum, Dach gegen Außenluft, Wand gegen Erdreich sowie der Bauteile der Turnhalle Wand gegen Erdreich und Dach gegen Außenluft werden ebenfalls nicht betrachtet, da hier eine Verbesserung nur mit einem relativ großen Aufwand möglich ist bzw. die angenommenen U-Werte schon relativ günstige Werte aufweisen.

Dennoch sollte bei Instandsetzungsmaßnahmen der genannten Bauteile in jedem Falle eine Bewertung des energetischen Ist-Zustandes erfolgen, verbunden mit einer Abschätzung der Möglichkeit einer Verbesserung.

Fenster

Im Hinblick auf die Fensterflächen ist ein Austausch in jedem Falle sinnvoll. Die vorhandenen Fensterflächen tragen mit einem U-Wert von ca. 5,80 W/m²K wesentlich zu den Transmissionsverlusten des Gebäudes bei. Heute sind Fenster mit einem Wärmedämmwert von 1,4 bis 1,1 durchaus gängig, was zu einer jährlichen Einsparung von etwa 75% des Ausgangswertes der Fensterflächen führen würde. In diesem Zusammenhang sind ebenfalls die Türen zu erneuern.



Die bestehenden Fenster und Türen haben keinerlei Dichtungen und sind insgesamt in einem schlechten Zustand, bei einem Austausch erreicht man eine Reduzierung von 285.964 kWh/a auf 54.235 kWh/a (ca. 80%)

Wärmedämmung der Außenwandflächen

Die gewählten Varianten gehen von dem Aufbringen eines Wärmedämmsystems auf der Außenseite der Fassade aus, verbunden mit einer verputzten Wandoberfläche.

Damit erreicht man eine Reduzierung von 82% zur energetischen Verbesserung der Gebäudehülle.



Sonstiges

Im Zuge der energetischen Sanierungsmaßnahmen ist es darüber hinaus sinnvoll, die Klassenräume mit modernen Raumthermostaten auszustatten. Ebenso können die Fenster mit Öffnungswächtern versehen werden, so dass die Heiztechnik an die Fensteröffnung gekoppelt wird. Bei gekippten bzw. geöffneten Fenstern wird der darunter befindliche Heizkörper geschlossen und Energieverschwendung minimiert. Dieser unmittelbare Effekt kann von den Nutzern wahrgenommen und auch leicht verstanden werden und ruft das Thema Energie ins Bewusstsein. Gleiches gilt für mögliche Bewegungsmelder hinsichtlich der Heizung und Lüftung oder auch der Beleuchtungssteuerung.

Es sollte eine Einweisung des Hausmeisters in die technischen Anlagen erfolgen, ebenso eine Einweisung der Lehrkräfte und den Hinweis auf Energiesparmaßnahmen durch das Nutzerverhalten. Vom Zeitpunkt her sollte eine solche Veranstaltung zu Beginn der Winterzeit, beispielsweise nach den Herbstferien stattfinden.

In den Projektwochen der Schule oder in Arbeitsgruppen könnten auch Projekte direkt zu diesem Thema angeboten werden, um Schülern und Kollegium Einsparpotentiale aufzuzeigen.

Heizkörper

Der derzeitige Standort der Heizkörper ist direkt vor der Einfachverglasung. Bei einem Austausch der Fensterflächen sollte darüber nachgedacht werden, ob nicht ein Versetzen der Heizkörper möglich ist oder alternativ geschlossene Brüstungselemente zur Ausführung kommen sollten, um den hohen Energieverlust durch die Scheibe zu verhindern. Eine weitere Lösung stellt entsprechende, reflektierende Paneele dar, die zwischen Heizkörper und Fenster platziert werden.



Turnhalle

Die Turnhalle ist aufgrund ihres jüngeren Alters in einem besseren Zustand als das Schulgebäude, allerdings gibt es auch hier große Einsparpotentiale. Diese liegen insbesondere in der Außenwandfläche (Kalksandsteinmauerwerk), den Fenstern und des Bodens gegen Außenluft. Die aufgezeigten Varianten zeigen hierzu Lösungen für eine Verbesserung auf. Darüber hinaus kann eine energetische Sanierung des Bestandes auch sehr gut mit einer Verbesserung des Erscheinungsbildes einhergehen und zu einer Erhöhung der ästhetischen Qualität beitragen.

Heizung / Decke Turnhalle

Die Turnhalle wird über eine Deckenstrahlheizung erwärmt; hier ist in jedem Falle eine genaue U-Wertmessung des darüber liegenden Daches zu empfehlen. Der angenommene Schichtenaufbau der Halle ist unbedingt zu überprüfen. Es ist durchaus möglich, dass die zur Berechnung des Ist-Zustandes angenommenen Werte zu optimistisch angesetzt sind. Dadurch ist es möglich, dass - auch wenn der U-Wert wie angenommen bei $0,5 \text{ W/m}^2\text{k}$ liegt - eine energetische Sanierung durch das Aufbringen von Wärmedämmung durchaus sinnvoll wird.



Turnhalle Boden gegen Außenluft

Einsparpotentiale liegen ebenfalls bei der Außenfläche Boden gegen Luft der Turnhalle. Hier kann ebenfalls durch Aufbringung einer Außendämmung, der Wärmedurchgangskoeffizient verbessert werden, somit erreicht man eine Wärmeverlustreduzierung von 6.982 kWh/a auf 3.461 kWh/a .



Kostenüberschlag der energetischen Verbesserungsmaßnahmen Eichendorff-Schule

Kosten Schulgebäude/Altbau

DIN 276	AK	AA	Bezeichnung	Einheit m ²	Preis EUR	Menge m ² /EP	MWST 1,02586	Gesamtkosten EUR
335	46	11	PS-Hartschaum mit Mineralputz	1	102	485	1,02586	50.749 €
			Fensteraustausch	1	350	56	1,02586	20.107 €
Summe								70.856 €

Kosten Schulgebäude/"Neubau"


DIN 276	AK	AA	Bezeichnung	Einheit m ²	Preis EUR	Menge m ² /EP	MWST 1,02586	Gesamtkosten EUR
335	46	11	PS-Hartschaum mit Mineralputz	1	102	1740	1,02586	182.070 €
			Fensteraustausch	1	350	803	1,02586	288.319 €
Summe								470.389 €

Kosten Turnhalle

335	46	11	PS-Hartschaum mit Mineralputz	1	102	290	1,02586	30.345 €
			Fensteraustausch	1	350	250	1,02586	89.763 €
335	46	11	PS-Hartschaum mit Mineralputz	1	102	825	1,02586	86.326 €
Summe ges.								120.108 €

Summe Schule und Turnhalle

661.353 €

Eichendorff-Schule V01		Schulart: Grundschule I Baujahr: Schule 1959; Turnhalle 1983							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 2707 m²	Schüler 961	Betriebszeit 1480 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 794 m²	DIN-Felder 4	Betriebszeit 2700 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	620.256	229,1	645	419,1	880.542	260.286	327,8	65.072	96,4
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	680.007	251,2	708	459,5	965.368	285.360	359,4	71.340	105,7
Gesamtwärmebedarf berechnet	158.224	58,5	165	106,9	291.337	133.112	167,6	33.278	49,3
Differenz absolut	-521.783	-192,8	-543,0	-352,6	-674.031	-152.248	-191,7	-38.062	-56,4
Differenz [%]	-76,7%				-69,8%	-53,4%			
Strombedarf gemessen	52.030	19,2	54	35,2	52.030	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)									
	Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude	180.973	125.509	0	306.481	74.713	71.946	0	1.598	158.224
Turnhalle	43.858	89.299	22.000	155.156	8.898	9.029	0	4.117	133.112
Summe	224.830	214.807	22.000	461.638	83.611	80.975	0	5.715	291.337
Anteil Turnhalle	19,5%	41,6%	100,0%	33,6%	10,6%	11,2%	0,0%	72,0%	45,7%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				3.501 m²	3.355 m²	2.055 m²	6.548 m²	13.381 m³	961	2090 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	224.830	51,1%	64,2	67,0	109,4	34,3	16,8	234,0	107,6
Qv	Lüftungsverluste	214.807	48,9%	61,4	64,0	104,5	32,8	16,1	223,5	102,8
Ql	Summe Verluste	439.638	100%	125,6	131,0	213,9	67,1	32,9	457,5	210,4
Qs	Solare Gewinne	83.611	19,0%	23,9	24,9	40,7	12,8	6,2	87,0	40,0
Qi	Interne Gewinne	80.975	18,4%	23,1	24,1	39,4	12,4	6,1	84,3	38,7
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	164.586	37,4%	47,0	49,1	80,1	25,1	12,3	171,3	78,7
Qh	Heizwärmebedarf	275.052	62,6%	78,6	82,0	133,8	42,0	20,6	286,2	131,6
Qtww	Wärmebedarf TWW	22.000	5,0%	6,3	6,6	10,7	3,4	1,6	22,9	10,5
Qst	Solkollektorsertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtww	Summe TWW	22.000	5,0%	6,3	6,6	10,7	3,4	1,6	22,9	10,5
Qw	Wärmebedarf	297.052	67,6%	84,9	88,5	144,6	45,4	22,2	309,1	142,1
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	5.715	1,3%	1,6	1,7	2,8	0,9	0,4	5,9	2,7
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	291.337	66,3%	83,2	86,8	141,8	44,5	21,8	303,2	139,4
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	286.761	65,2%	81,9	85,5	139,5	43,8	21,4	298,4	137,2
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	965.368	219,6%	275,8	287,7	469,8	147,4	72,1	1004,5	461,9

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
	Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			gesamt	Anteil regenerativ [%]	CO2-Äquivalent [t/a]	
				fossil	regenerativ	solar				
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]		[kWh/a]			
Wärme	Schule	620.256	25.844	646.100	730.093	6.461	0	736.554	0,9%	201,6
	Turnhalle	260.286	16.614	276.900	312.897	2.769	0	315.666	0,9%	86,4
	Summe Wärme	880.542	42.458	923.000	1.042.990	9.230	0	1.052.220	0,9%	288,0
Strom	Schule	52.030	0	52.030	137.880	17.690	0	155.570	11,4%	33,7
	Turnhalle	3.970	0	3.970	10.521	1.350	0	11.870	11,4%	2,6
	Summe Strom	56.000	0	56.000	148.400	19.040	0	167.440	11,4%	36,2
Anteil Strom	6,0%	0,0%	5,7%	12,5%	67,4%	#DIV/0!	13,7%			11,2%
Summe Schule	672.286	25.844	698.130	867.973	24.151	0	892.124	2,7%	235,2	
Summe Turnhalle	264.256	16.614	280.870	323.418	4.119	0	327.536	1,3%	89,0	
Gesamtsumme	936.542	42.458	979.000	1.191.390	28.270	0	1.219.660	2,3%	324,2	

Friedrich-Ebert-Schule - Grundschule



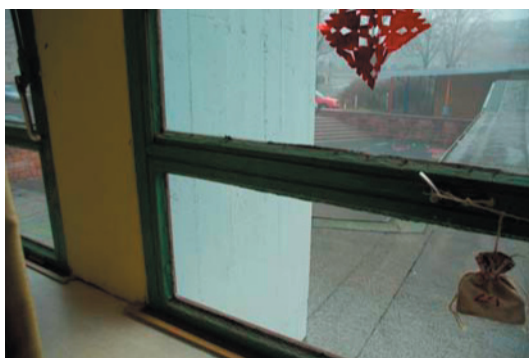
Der Zustand der Schule ist entsprechend des Baujahres von 1954/56, ebenso wie der des Schulpavillons von 1973.

Nach den Unterlagen des Gebäudekatasters wurden die Dächer der Turnhalle sowie der „Gebäude 5 und 6“ 1998 saniert und laut den vorliegenden Unterlagen die Abdichtung erneuert. 1993 wurde bei „Gebäude 3“ eine Asbestsanierung durchgeführt.

Soweit bekannt, steht die Schule nicht unter Denkmalschutz, jedoch ist das gesamte Erscheinungsbild der Schule sehr individuell und hat unter architektonisch-gestalterischem Gesichtspunkt einen eigenen und sicher erhaltenswerten Charakter.

Dies sollte bei der Erarbeitung der Sanierungskonzepte in jedem Falle berücksichtigt werden. Einsparpotentiale bestehen insbesondere im Bereich der Verglasung, da die einfachverglasten Fensterflächen erhebliche Möglichkeiten der Einsparung bieten.

Bei der Berechnung der Ursprungsvariante (Ist-Zustand) sind weitestgehend alle Fenster des Schulgebäudes mit einem U-Wert von $5,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ (und einem dazugehörigen, nach DIN V 4108-4 angesetzten g-Wert berechnet) in Ansatz gebracht worden. Dies entspricht nach der Bestandaufnahme auch dem Zustand der Verglasung.



Bei der betrachteten Veränderung und den überschlägig ermittelten Kosten von einer energetischen Sanierung, werden in der Folge in Variante 1 alle Bauteile betrachtet und Vorschläge zur energetischen Verbesserung gemacht, gleich ob dies in der Praxis „rentabel“ ist. Durch die gewählten Sanierungsmaßnahmen sieht man in der Auflistung die energetischen Verbesserungen recht deutlich.

Dies sind folgende Bauteile mit Wärmeverlustverbesserungen:

Pavillon, Dach gegen Außenluft (28.668 kWh/a auf 16.016 kWh/a _ 45 %)

Pavillon, Boden gegen Erdreich (37.467 kWh/a auf 10.657 kWh/a _ 72 %)

Pavillon, Wand gegen Außenluft (44.460 kWh/a auf 5.400 kWh/a _ 88 %)

Pavillon, Wand gegen Erdreich (10.463 kWh/a auf 1.850 kWh/a _ 83 %)

Schulgebäude, Dach gegen Außenluft (54.915 kWh/a auf 12.779 kWh/a _ 77%)

Schulgebäude, Wand gegen Außenluft (132.868 kWh/a auf 19.916 kWh/a _ 85%)

Schulgebäude, Boden gegen Erdreich (20.855 kWh/a auf 6.351 kWh/a _ 70%)

Schulgebäude, Boden gegen Außenluft (15.458 kWh/a auf 3.612 kWh/a _ 77%)

Turnhalle, Wand gegen Außenluft (31.901 kWh/a auf 4.610 kWh/a _ 85%)

Turnhalle Boden gegen Erdreich (14.848 kWh/a auf 4.271 kWh/a _ 72%)

Sowie wie o.g. alle Fenster der Gebäude und Turnhalle.

(293.384 kWh/a auf 55.642 kWh/a _ 82%)

Wand gegen Außenluft Schule und Turnhalle

Für die Schule, als auch für die Turnhalle wird gleichermaßen ein Wärmedämmverbundsystem, bestehend aus 10 cm PUR, und einem Wärmedämmputz in Ansatz gebracht; wodurch eine U-Wertverbesserung bis hin zu einem Wert von 0,26 W/m²K erzielt wird. Bei der detaillierten Ausarbeitung einer solchen Sanierungsvariante ist darauf zu achten, dass der Charakter der Schule erhalten bleibt. Dabei muss auch die Möglichkeit einer Doppelfassade angedacht werden. Die „Rippenarchitektur“ ist in jedem Falle zu erhalten. Gleiches gilt für die Turnhalle.



Fenster

Ein Austausch der Fenster muss in jedem Falle eine Option sein, da die vorhandene Verglasung entscheidenden Anteil an den hohen Wärmeverlusten des Gebäudes hat.

Die vorhandenen Fensterflächen mit Einfachverglasung aller Gebäude einschließlich der Turnhalle sind ca. 900 m² groß und tragen mit einem U-Wert von ca. 5,80 W/m²K wesentlich zu den Transmissionsverlusten des Gebäudes bei. Heute sind Fenster mit einem Wärmedämmwert von 1,4 bis 1,1 durchaus gängig, was zu einer jährlichen Einsparung von etwa 75% des Ausgangswertes der Fensterflächen führen würde. In diesem Zusammenhang sind ebenfalls die Türen zu erneuern.



Dämmmassnahmen Dach

Im Bereich des Daches sieht die Variante ebenfalls eine Dämmung vor, da der vorhandene Dachaufbau mit einem U-Wert von etwa 1,2 durchaus noch verbessert werden kann. Bei der Turnhalle sind auf Grund der erfolgten Sanierung und der bereits eingebauten Dämmung keine zusätzlichen Maßnahmen vorgesehen.



Dämmung der Elemente Wand gegen Erdreich und Boden gegen Erdreich

Im Falle des Bodens wird von einem kompletten Ausbau des vorhandenen Bodenbelages ausgegangen, der nur dann vertretbar ist, wenn ohnehin ein Austausch und eine Erneuerung anstehen würden.

Gleiches gilt für die Aufbringung einer Perimeterdämmung. Das Beispiel soll jedoch auch dazu dienen, aufzuzeigen, welchen Einsparungen bei einer energetischen Verbesserung dieser Bauteile möglich sind.

Sonstiges

Im Zuge der energetischen Sanierungsmaßnahmen ist es darüber hinaus sinnvoll, die Klassenräume mit modernen Raumthermostaten auszustatten. Ebenso können die Fenster mit Öffnungswächtern versehen werden, so dass die Heiztechnik an die Fensteröffnung gekoppelt wird. Bei gekippten bzw. geöffneten Fenstern wird der darunter befindliche Heizkörper geschlossen und Energieverschwendung minimiert. Dieser unmittelbare Effekt kann von den Nutzern wahrgenommen und auch leicht verstanden werden und ruft das Thema Energie ins Bewusstsein.

Gleiches gilt für mögliche Bewegungsmelder hinsichtlich der Heizung und Lüftung oder auch der Beleuchtungssteuerung.

Es sollte eine Einweisung des Hausmeisters in die technischen Anlagen erfolgen, ebenso eine Einweisung der Lehrkräfte und den Hinweis auf Energiesparmaßnahmen durch das Nutzerverhalten. Vom Zeitpunkt her sollte eine solche Veranstaltung zu Beginn der Winterzeit, beispielsweise nach den Herbstferien stattfinden.

In den Projektwochen der Schule oder in Arbeitsgruppen könnten auch Projekte direkt zu diesem Thema angeboten werden, um Schülern und Kollegium Einsparpotentiale aufzuzeigen.

Kostenüberschlag der energetischen Verbesserungsmaßnahmen Friedrich-Ebert-Schule

Kosten Pavillion

DIN	AK	AA	Bezeichnung	Einheit	Preis	Menge	MWST	Gesamtkosten
276				m²	EUR	m²/EP	1,02586	EUR
353	1	11	Deckendämmung Mineralfaser	1	28	1015	1,02586	29.155 €
			Fenster austausch	1	350	144	1,02586	51.703 €
393	7	33	Estrich und Plattenbeläge abbrechen	1	14,5	1015	1,02586	15.098 €
352	12	21	PUR Hartschaum Dämmplatten	1	26	1015	1,02586	27.072 €
352	1	11	Zementestrich	1	12	1015	1,02586	12.495 €
352	22	12	Linoleumbelag	1	38	1015	1,02586	39.567 €
335	24	32	PUR Hartschaum Dämmplatten	1	22	186	1,02586	4.198 €

Summe

179.289 €

Kosten Turnhalle

335	13	12	WDVS Außenwand, mineralischer Putz	1	99	467	1,02586	47.429 €
			Fenster austausch	1	350	196	1,02586	70.374 €
393	7	33	Estrich und Plattenbeläge abbrechen	1	14,5	608	1,02586	9.044 €
352	12	21	PUR Hartschaum Dämmplatten	1	26	608	1,02586	16.217 €
352	1	11	Zementestrich	1	12	608	1,02586	7.485 €
352	22	12	Linoleumbelag	1	38	608	1,02586	23.702 €

Summe ges.

117.803 €

Kosten Geb. 2

DIN	AK	AA	Bezeichnung	Einheit	Preis EUR	Menge m ² /EP	MWST 1,02586	Gesamtkosten EUR
276				m ²				
353	1	2	PS-Hartschaum	1	25	416	1,02586	10.669 €
363	12	2	Bitumenbahn 3-lagig	1	71	416	1,02586	30.300 €
			Fensteraustausch	1	350	294	1,02586	105.561 €
335	13	12	WDVS Außenwand, mineralischer Putz	1	99	745	1,02586	75.662 €
393	7	33	Estrich und Plattenbeläge abbrechen	1	14,5	340	1,02586	5.057 €
352	12	21	PUR Hartschaum Dämmplatten	1	26	340	1,02586	9.069 €
352	1	11	Zementestrich	1	12	340	1,02586	4.186 €
352	22	12	Linoleumbelag	1	38	340	1,02586	13.254 €
335	13	12	WDVS Außenwand, mineralischer Putz	1	99	72	1,02586	7.312 €

Summe


227.250 €

Kosten Geb. 3

DIN	AK	AA	Bezeichnung	Einheit	Preis	Menge	MWST	Gesamtkosten
276				m ²	EUR		1,02586	EUR
353	1	2	PS-Hartschaum	1	25	361	1,02586	9.258 €
363	12	2	Bitumenbahn 3-lagig	1	71	361	1,02586	26.294 €
			Fensteraustausch	1	350	254	1,02586	91.199 €
335	13	12	WDVS Außenwand, mineralischer Putz	1	99	662	1,02586	67.233 €
393	7	33	Estrich und Plattenbeläge abbrechen	1	14,5	252	1,02586	3.748 €
352	12	21	PUR Hartschaum Dämmplatten	1	26	252	1,02586	6.721 €
352	1	11	Zementestrich	1	12	252	1,02586	3.102 €
352	22	12	Linoleumbelag	1	38	252	1,02586	9.824 €
335	13	12	WDVS Außenwand, mineralischer Putz	1	99	109	1,02586	11.070 €
			Summe					197.733 €

Gesamtsumme

722.075 €

Friedrich Ebert Schule V02 Schulart: Grundschule I Baujahr: Schulhaus 1954; Schulhaus 1959; TH 1959; Schulpavillon: 1973									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 3412 m²	Schüler 270	Betriebszeit 1295 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 608 m²	DIN-Felder 3	Betriebszeit 3150 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	448.198	131,4	1.660	346,1	585.736	137.537	226,2	45.846	43,7
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	491.375	144,0	1.820	379,4	642.162	150.787	248,0	50.262	47,9
Gesamtwärmebedarf berechnet	340.140	99,7	1.260	262,7	447.033	106.893	175,8	35.631	33,9
Differenz absolut	-151.235	-44,3	-560,1	-116,8	-195.128	-43.894	-72,2	-14.631	-13,9
Differenz [%]	-30,8%				-30,4%	-29,1%			
Strombedarf gemessen	53.960	15,8	200	41,7	53.960	0	0,0	0	0,0

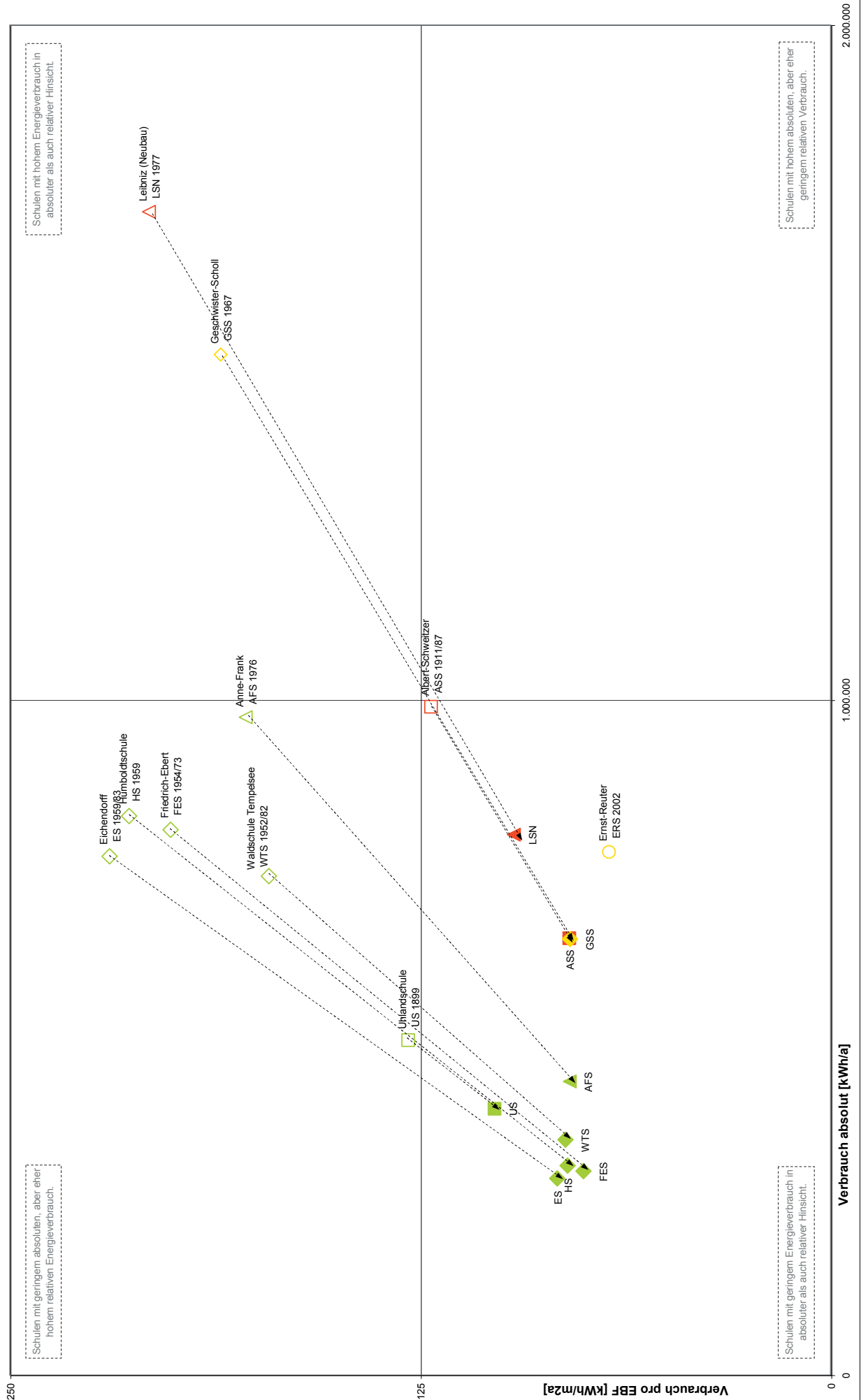
Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
	Schulgebäude	304.063	131.494	0	435.557	68.082	27.334	0	0	340.140
	Turnhalle	42.000	80.516	19.000	141.516	12.040	20.402	0	2.181	106.893
	Summe	346.063	212.010	19.000	577.073	80.122	47.736	0	2.181	447.033
	Anteil Turnhalle	12,1%	38,0%	100,0%	24,5%	15,0%	42,7%	0,0%	100,0%	23,9%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
		Bezugsgröße		4.020 m²	3.467 m²	2.340 m²	8.169 m²	15.054 m³	270	2223 h
		[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	346.063	62,0%	86,1	99,8	147,9	42,4	23,0	1281,7	155,7
Qv	Lüftungsverluste	212.010	38,0%	52,7	61,2	90,6	26,0	14,1	785,2	95,4
Ql	Summe Verluste	558.073	100%	138,8	161,0	238,5	68,3	37,1	2066,9	251,1
Qs	Solare Gewinne	80.122	14,4%	19,9	23,1	34,2	9,8	5,3	296,7	36,1
Qi	Interne Gewinne	47.736	8,6%	11,9	13,8	20,4	5,8	3,2	176,8	21,5
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	127.858	22,9%	31,8	36,9	54,6	15,7	8,5	473,5	57,5
Qh	Heizwärmebedarf	430.215	77,1%	107,0	124,1	183,9	52,7	28,6	1593,4	193,6
Qtww	Wärmebedarf TWW	19.000	3,4%	4,7	5,5	8,1	2,3	1,3	70,4	8,5
Qst	Solkollektorsertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtww	Summe TWW	19.000	3,4%	4,7	5,5	8,1	2,3	1,3	70,4	8,5
Qw	Wärmebedarf	449.215	80,5%	111,7	129,6	192,0	55,0	29,8	1663,8	202,1
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	2.181	0,4%	0,5	0,6	0,9	0,3	0,1	8,1	1,0
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	447.033	80,1%	111,2	128,9	191,0	54,7	29,7	1655,7	201,1
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	433.501	77,7%	107,8	125,0	185,3	53,1	28,8	1605,6	195,1
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	642.162	115,1%	159,7	185,2	274,4	78,6	42,7	2378,4	288,9

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	fossil	regenerativ	solar	gesamt		
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	448.198	79.094	527.292	601.113	0	0	601.113	0,0%	131,3
	Turnhalle	137.537	28.170	165.708	188.907	0	0	188.907	0,0%	41,3
	Summe Wärme	585.736	107.264	693.000	790.020	0	0	790.020	0,0%	172,6
Strom	Schule	53.960	0	53.960	142.994	18.346	0	161.340	11,4%	34,9
	Turnhalle	3.040	0	3.040	8.056	1.034	0	9.090	11,4%	2,0
	Summe Strom	57.000	0	57.000	151.050	19.380	0	170.430	11,4%	36,9
	Anteil Strom	8,9%	0,0%	7,6%	16,1%	100,0%	#DIV/0!	17,7%		17,6%
	Summe Schule	502.158	79.094	581.252	744.107	18.346	0	762.454	2,4%	166,2
	Summe Turnhalle	140.577	28.170	168.748	196.963	1.034	0	197.996	0,5%	43,2
	Gesamtsumme	642.736	107.264	750.000	941.070	19.380	0	960.450	2,0%	209,4

Graphiken zu den Sanierungsmassnahmen

Vergleich Energieverbrauch für Wärme Schulgebäude und Turnhalle im Bestand (leer) und im sanierten Zustand (voll) - absoluter Wert / pro Energiebezugsfläche

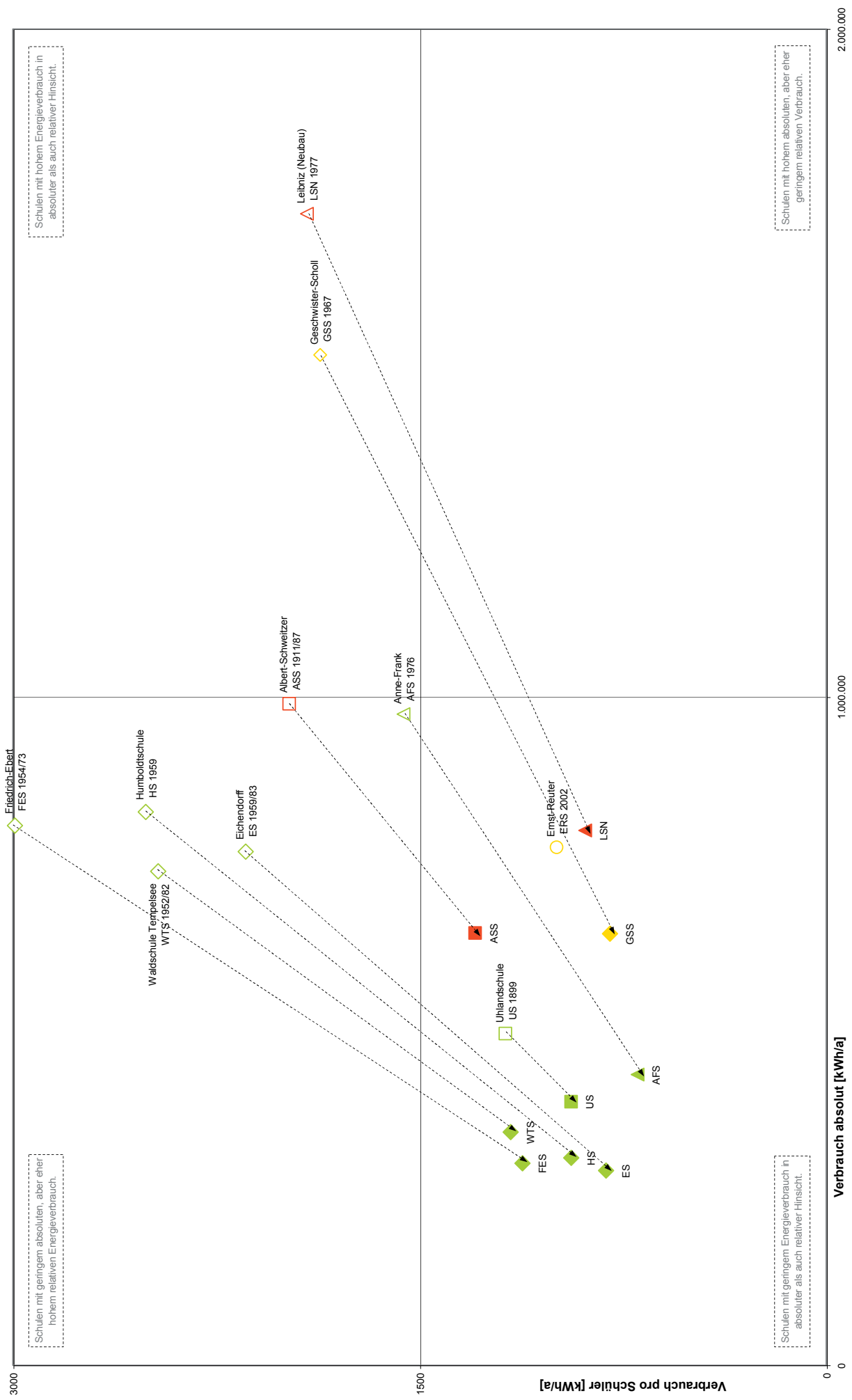


Vergleich Energieverbrauch für Wärme des Bestandsgebäudes (leer) und im sanierten Zustand (voll) – absoluter Wert / pro Energiebezugsfläche

Die Graphik zeigt die unterschiedlichen Einspareffekte für jede der betrachteten Schulen. Im sanierten Zustand weisen alle Schulen ähnliche Werte hinsichtlich des relativen Verbrauches auf (y-Werte sind alle entlang einer Linie bei ca. 80 kWh/m²a). Dieser Wert orientiert sich an der Ernst-Reuter Schule, das heißt, die Schulen haben nach der Sanierung einen energetischen Standard, der etwa der nach der Wärmeschutzverordnung 1995 entspricht.

Die Einspareffekte werden bei den betrachteten Varianten in erster Linie über eine Verbesserung der Hüllfläche erreicht; hierzu gehören Maßnahmen wie Fassadendämmung, Austausch der Fenster, Dämmung der obersten Geschossdecke gegen den Kaltraum bzw. das Einbringen von Dämmung im Dach gegen Außenluft usw.; näheres siehe den Variantenbeschreibungen der Schulen.

Vergleich Energieverbrauch für Wärme Schulgebäude und Turnhalle im Bestand (leer) und im sanierten Zustand (voll) - absoluter Wert / pro Schüler



Schulen mit hohem Energieverbrauch in absoluter als auch relativer Hinsicht.

Schulen mit geringem absoluten, aber eher höherem relativen Energieverbrauch.

Schulen mit hohem absoluten, aber eher geringem relativen Verbrauch.

Schulen mit geringem Energieverbrauch in absoluter als auch relativer Hinsicht.

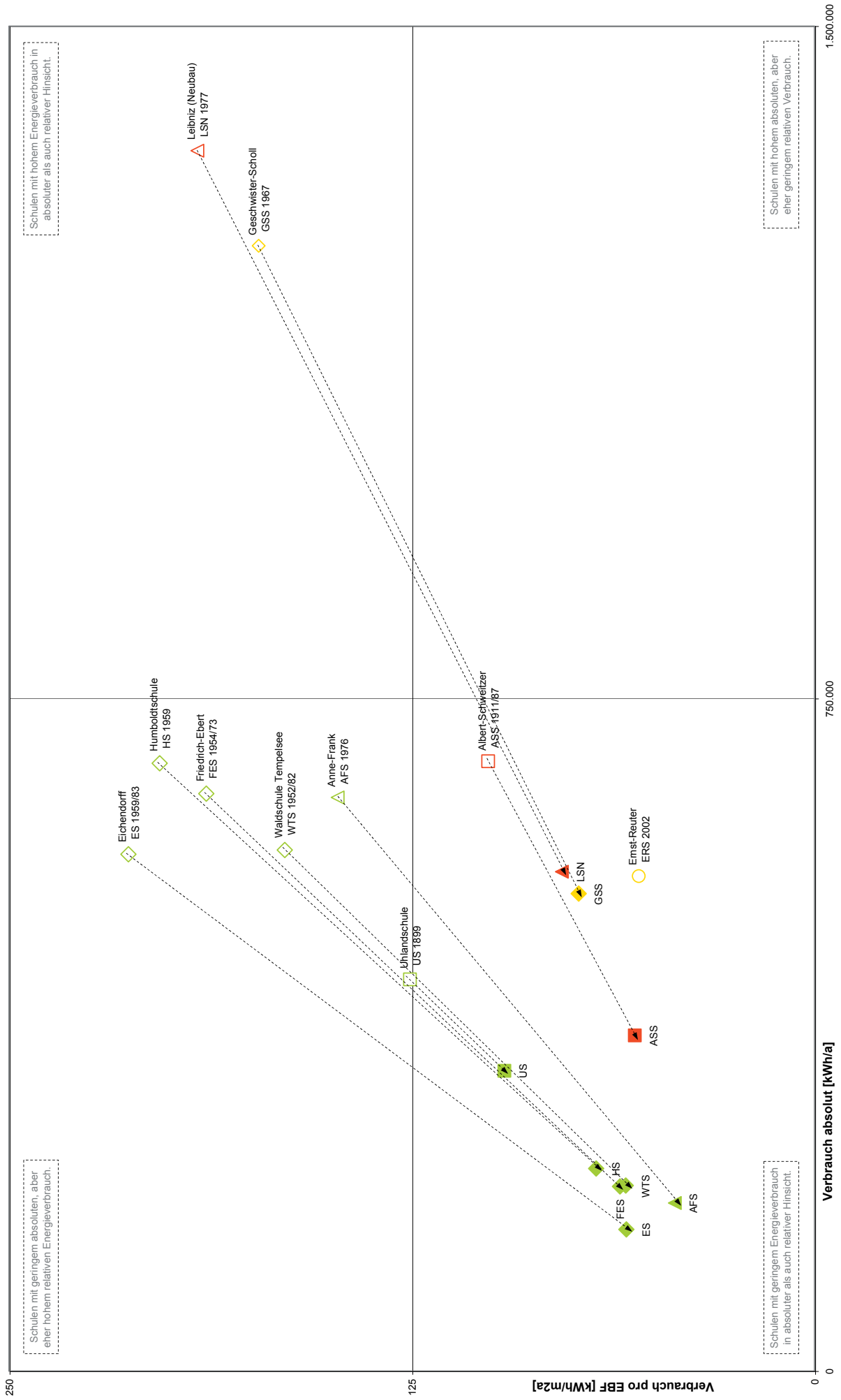
Verbrauch absolut [kWh/a]

Verbrauch pro Schüler [kWh/a]

Vergleich Energieverbrauch für Wärme aller Bestandsgebäude (leer) und im sanierten Zustand (voll) – absoluter Wert / pro Schüler

Bei dieser Graphik sind die Ergebnisse weniger eindeutig als bei der zuvor beschriebenen Graphik. Zwar sind die Verbesserungen gegenüber dem Bestand deutlich ablesbar, jedoch findet sich keine Häufung entlang eines Wertes. Bei dieser Betrachtung ist anzumerken, dass die Werte abhängig von den Schülerzahlen der jeweiligen Schule sind und damit gewissen Schwankungen unterliegen.

Vergleich Energieverbrauch für Wärme des Schulgebäudes im Bestand (leer) und im sanierten Zustand (voll) - absolut Wert / pro Energiebezugsfläche

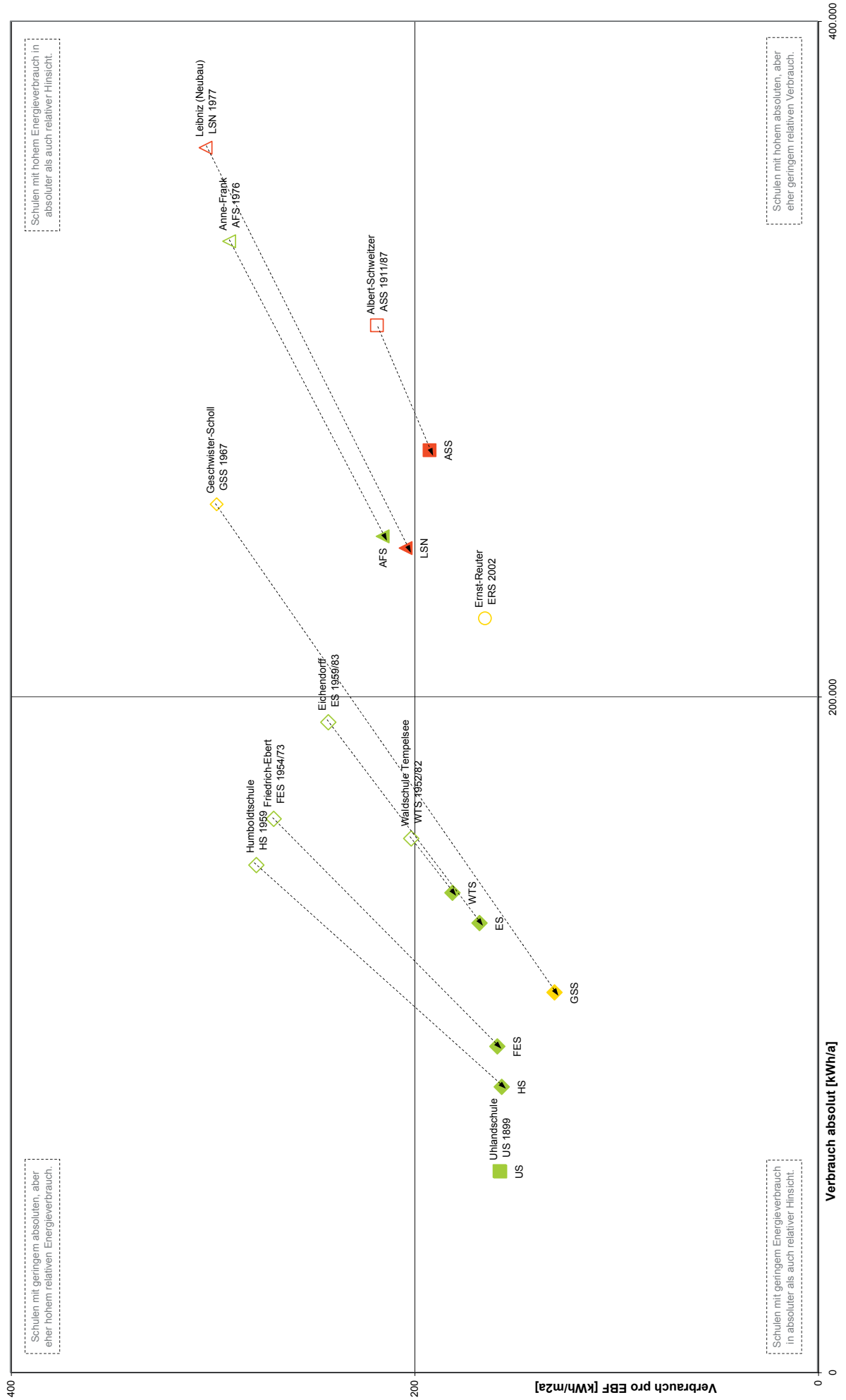


Vergleich Energieverbrauch für Wärme der Schulanlagen im Bestand (leer) und im sanierten Zustand (voll) – absoluter Wert / pro Energiebezugsfläche

Im Vergleich der Schulgebäude hinsichtlich ihres Energieverbrauches im sanierten Zustand ist ähnlich der Betrachtung der Gesamtanlage eine Häufung der Schulen im unteren linken Quadranten zu erkennen.

Hinsichtlich des relativen Verbrauches pro Geschossfläche des Schulgebäudes sind beinahe alle Gebäude auf das Niveau der Ernst-Reuter Schule zu sanieren, die Schwankungsbreite ist etwas stärker als bei dem Vergleich der Gesamtanlagen.

Vergleich Energieverbrauch für Wärme der Turnhalle im Bestand (leer) und im sanierten Zustand (voll) - absolut Wert / pro Energiebezugsfläche



Vergleich Energieverbrauch für Wärme der Turnhalle im Bestand (leer) und im sanierten Zustand (voll) – absoluter Wert / pro Energiebezugsfläche

Alle Sporthallen verbessern sich deutlich und können im sanierten Zustand das Niveau der Ernst-Reuter Schule erreichen. Offensichtlich ist wieder die Häufung der Turnhallen rund um einen relativen Verbrauchswert; dieser liegt allerdings mit ca. 160 kWh/m²a knapp doppelt so hoch wie der der Schulgebäude alleine.

Um diesen Wert weiter zu senken, sollte auf eine möglichst luftdichte Ausführung der Gebäudehülle geachtet werden, der notwendige Luftwechsel der Sporthalle muss dann über eine mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erfolgen. Die oftmals angetroffenen, gekippten Oberlichter der Turnhallen bestätigen die Sinnhaftigkeit dieses Ansatzes.

Geschwister-Scholl Schule - Grundschule



Bei der Geschwister-Scholl-Schule handelt es sich um ein Schulgebäude, das 1967 errichtet wurde. Der vorgefundene bauliche Zustand entspricht weitestgehend dem Baustandard dieser Zeit und kann als sehr schlecht bezeichnet werden, ebenso wie der Zustand der im gleichen Jahr erbauten Turnhalle.

Der „neue“ Schulbau aus dem Jahre 1984 weist die für diese Zeit üblichen Konstruktionsmerkmale auf. Der im letzten Jahr fertig gestellte Pavillon entspricht voll den bestehenden energetischen Anforderungen an Gebäude. Hier besteht kein Handlungsbedarf.

Als energetische Schwachstelle ist insbesondere die Einfachverglasung mit Stahlrahmen - ohne Dichtung - in allen Bereichen der Gebäude der 60er Jahre zu nennen. Da diese Fenster einen wesentlichen Anteil an der Gebäudehülle haben, ist hier ein Austausch in jedem Falle empfehlenswert, noch vor der Verbesserung der geschlossenen Fassadenfläche. Gleiches gilt für die Mauerwerksflächen und die geschlossenen Elemente im Bereich der Fenster. Hier sind massive Undichtigkeiten und sehr schlechte U-Werte vorhanden.

Bei der betrachteten Veränderung und den überschlägig ermittelten Kosten von einer energetischen Sanierung, werden in der Folge die Bauteile Fenster, Türen, Außenwand und Dachfläche betrachtet.

Sicher wäre auch eine Dämmmaßnahme des Kellerbodens bzw. der erdberührenden Bauteile energetisch sinnvoll, allerdings findet eine Betrachtung dieser Variante keine Berücksichtigung, da diese nur mit erheblichen und kostenintensiven Aufwand möglich ist. Sollte jedoch - beispielsweise durch einen Feuchteschaden - ohnehin Arbeiten an den Bauteilen durchgeführt werden, zum Beispiel Abdichtungsarbeiten an der Kelleraußenwand, so ist das zusätzliche Anbringen von Dämmmaterial dringend zu empfehlen.

Fenster

Im Hinblick auf die Fensterflächen ist ein Austausch in jedem Falle sinnvoll. Die vorhandenen Fensterflächen sind ca. 1300 m² groß und tragen mit einem u-Wert von ca. 5,80 W/m²K wesentlich zu den Transmissionsverlusten des Gebäudes bei. Heute sind Fenster mit einem Wärmedämmwert von 1,4 bis 1,1 durchaus gängig, was zu einer jährlichen Einsparung von etwa 75% des Ausgangswertes der Fensterflächen führen würde. In diesem Zusammenhang sind ebenfalls die Türen zu erneuern.

Darüber hinaus sollte in jedem Fall über einen außenliegenden Sonnenschutz als Protektion vor Überhitzung der Klassenräume im Sommer nachgedacht werden.



Wärmedämmung der Außenwandflächen

Die gewählten Varianten gehen von dem Aufbringen eines Wärmedämmsystems auf der Außenseite der Fassade aus. Ebenso können aber auch Paneele als Fassade ausgeführt werden. Mit entsprechend variierenden Kosten ist zu rechnen. Aus der Sicht des Verfassers ist sicher eine kostengünstige Lösung mit einem Wärmedämmverbundsystem architektonisch vertretbar.



Dämmassnahmen Dach

Im Bereich des Daches sind ebenfalls Dämmmaßnahmen sinnvoll und möglich. Per Augenschein sind weite Teile des Daches abdichtungsbedürftig, worauf auch der Hausmeister bei dem Besuch vor Ort hinwies. Hier könnte bei einer bevorstehenden Dachsanierung leicht und kostengünstig Dämmung aufgebracht werden.



Im Bereich des aufgeständerten Schulgebäudes ist zu prüfen, in wie weit hier eine zusätzliche Dämmung von unten aufgebracht werden kann. Dies ist energetisch in jedem Falle erstrebenswert und konstruktiv sicher möglich



Sonstiges

Im Zuge der energetischen Sanierungsmaßnahmen ist es darüber hinaus sinnvoll, die Klassenräume mit modernen Raumthermostaten auszustatten. Ebenso können die Fenster mit Öffnungswächtern versehen werden, so dass die Heiztechnik an die Fensteröffnung gekoppelt wird. Bei gekippten bzw. geöffneten Fenstern wird der darunter befindliche Heizkörper geschlossen und Energieverschwendung minimiert. Dieser unmittelbare Effekt kann von den Nutzern wahrgenommen und auch leicht verstanden werden und ruft das Thema Energie ins Bewusstsein.

Gleiches gilt für mögliche Bewegungsmelder hinsichtlich der Heizung und Lüftung oder auch der Beleuchtungssteuerung.

Es sollte eine Einweisung des Hausmeisters in die technischen Anlagen erfolgen, ebenso eine Einweisung der Lehrkräfte und den Hinweis auf Energiesparmaßnahmen durch das Nutzerverhalten. Vom Zeitpunkt her sollte eine solche Veranstaltung zu Beginn der Winterzeit, beispielsweise nach den Herbstferien stattfinden.

In den Projektwochen der Schule oder in Arbeitsgruppen könnten auch Projekte direkt zu diesem Thema angeboten werden, um Schülern und Kollegium Einsparpotentiale aufzuzeigen.

Turnhalle

Die Turnhalle ist insgesamt in einem sehr schlechten Zustand. Hier sind Feuchteprobleme in der Halle insbesondere in den Umkleiden zu nennen, aus den - auch im Hallenbereich - Schimmelbefall herrührt. Vor einer Sanierung ist hier in jedem Falle eine entsprechende fachgerechte Behandlung erforderlich.



Darüber hinaus treffen für die Turnhalle im Prinzip die gleichen Maßnahmenpakete zu, wie für die Schule. Auch hier sollten, sowohl die Wand- und Dachflächen gedämmt, als auch die Fenster ausgetauscht werden.

An den Fensterseiten der Turnhalle, ist eine komplette Glasfassade empfehlenswert. Die ausgeprägten Stahlbetonrippen stellen beim reinen Austauschen der Fenster enorme Wärmebrücken dar, die nur sehr schwierig zu beheben sind. Durch eine Glasfassade auf der Außenseite der Stahlbetonrippen ist dieses Problem einfach behoben. Auf der Innenseite werden die Gefache, die entstehen, mit einem Gitter geschützt bzw. verschlossen.

Dämmmassnahmen Dach

Im Bereich des Daches sind ebenfalls Dämmmassnahmen sinnvoll und möglich. Hier ist ohnehin der bestehende Feuchteschaden bzw. die Undichtigkeiten zu beseitigen. In diesem Zusammenhang kann in einem Arbeitsgang eine neue Dämmung aufgebracht werden.

Wärmeerzeugung und Verteilung in der Turnhalle

Das gesamte Wärmeabgabesystem der Turnhalle sollte einer Prüfung unterzogen werden, gerade im Hinblick auf ein Zusammenwirken mit einer neuen, verbesserten Fassade.

Die Verteilung der Heizung/ Lüftung befindet sich auf dem Dach der Umkleideräume und muss bei Sanierung des Daches, Einbau der neuen Dämmung und Dachdichtung, eventuell umgebaut werden, um die Kanäle bzw. die Anlage der neuen Dachhöhe anzupassen.



Kostenüberschlag der energetischen Verbesserungsmaßnahmen Geschwister-Scholl

Kosten Gebäude 1

DIN	AK	AA	Bezeichnung	Einheit	Preis	Menge	MWST	Gesamtkosten	% für Mehraufwand
276				m²	EUR		1,02586	EUR	
335	13	12	WDVS Außenwand, mineralischer Putz	1	80	1940	1,02586	159.214 €	5
363	21	13	Dachdämmung, PS	1	25	2038	1,02586	52.268 €	0
363	12	2	Dachdichtung 2- lagig Bitumenschweißbahn	1	64	2038	1,02586	133.805 €	5
394	7	41	Dachbeläge abbrechen	1	18	2038	1,02586	37.633 €	0
			Umbau- und Änderungspauschale für div. Teile	1	10000	1	1,02586	10.000 €	0
394	11	3	Fenster ausbau und entsorgen	1	134	1245	1,02586	171.145 €	0
334	21	3	Fenster einbau, U- Wert 1,1, nach RAL	1	216	1245	1,02586	275.875 €	5
334	61	22	Hauseingangstüre VSG- Verglas	1	600	50	1,02586	30.776 €	5
392	1	2	Mauergerüst	1	5	3185	1,02586	16.337 €	
Summe ges.								887.051 €	917.035 €

Kosten Gebäude 2

DIN	AK	AA	Bezeichnung	Einheit	Preis	Menge	MWST	Gesamtkosten	% für Mehraufwand
276				m²	EUR		1,02586	EUR	
335	13	12	WDVS Außenwand, mineralischer Putz, Fassade	1	80	1193	1,02586	97.908 €	10
335	13	12	WDVS Außenwand, mineralischer Putz, Boden von unten gegen Außenluft	1	80	218	1,02586	17.891 €	15
363	21	13	Dachdämmung, PS	1	25	1403	1,02586	35.982 €	5
363	12	2	Dachdichtung 2- lagig Bitumenschweißbahn	1	64	1403	1,02586	92.114 €	5
394	7	41	Dachbeläge abbrechen	1	24	1403	1,02586	34.543 €	0
			Umbau- und Änderungspauschale für div. Teile	1	10000	1	1,02586	10.000 €	0
394	11	3	Fenster ausbau	1	134	582	1,02586	80.005 €	0
334	21	3	Fenstereinbau U1,1-1,4	1	216	582	1,02586	128.963 €	5
334	61	22	Hauseingangstüre VSG-Verglasung	1	600	4	1,02586	2.462 €	5
392	1	2	Gerüst	1	5	1775	1,02586	9.105 €	
Summe ges.								508.973 €	534.424 €

Kosten Gebäude 3

DIN	AK	AA	Bezeichnung	Einheit	Preis	Menge	MWST	Gesamtkosten
276				m ²	EUR		1,02586	EUR

Nicht notwendig Gebäude in gutem Zustand

Kosten Turnhalle

DIN	AK	AA	Bezeichnung	Einheit	Preis	Menge	MWST	Gesamtkosten	% für Mehraufwand
276				m ²	EUR		1,02586	EUR	
335	13	12	WDVS Außenwand, mineralischer Putz	1	99	457	1,02586	46.413 €	10
363	21	13	Dachdämmung, PS	1	25	938	1,02586	24.056 €	5
363	12	2	Dachdichtung 2- lagig Bitumenschweißbahn	1	64	938	1,02586	61.585 €	5
394	7	41	Dachbeläge abbrehen	1	24	938	1,02586	23.094 €	0
			Umbau- und Änderungspauschale für div. Teile	1	7500	1	1,02586	7.500 €	0
394	11	3	Fenster Ausbau	1	134	286	1,02586	39.315 €	0
334	21	3	Fenster Einbau U1,1-1,4	1	216	26	1,02586	5.761 €	5
			Fensterfassade, mit Tragkonstruktion, und innenseitiger Schutzgitter	1	450	260	1,02586	120.026 €	0
393	7	33	Estrich und Plattenbeläge abbrehen	1	14,5	608	1,02586	9.044 €	0
352	12	21	PUR Hartschaum Dämmplatten	1	26	608	1,02586	16.217 €	0
352	1	11	Zementestrich	1	12	608	1,02586	7.485 €	5
352	22	12	Limoleumbelag	1	38	608	1,02586	23.702 €	5
			Arbeiten und Umbauten an die Heizungs-, und Lüftungsanlage auf dem Dach der Umkleide aufgrund der neuen Dachdämmung und Dichtung	1	5000	1		5.000 €	0
392	1	2	Gerüst	1	5	457	1,02586	2.344 €	


Summe ges.

391.542 €

402.312 €

Summe global

1.853.771 €

Geschwister-Scholl-Schule V01 Schulart: Haupt- und Realschule mit Förderstufe Baujahr: Schule 1967 / 1984; Turnhalle 1967									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 7277 m²	Schüler 810	Betriebszeit 1295 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 863 m²	DIN-Felder 8	Betriebszeit 2250 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	942.794	129,6	1.164	728,0	1.138.242	195.447	226,5	24.431	86,9
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.033.617	142,0	1.276	798,2	1.247.892	214.275	248,3	26.784	95,2
Gesamtwärmebedarf berechnet	532.646	73,2	658	411,3	645.417	112.770	130,7	14.096	50,1
Differenz absolut	-500.971	-68,8	-618,5	-386,8	-602.476	-101.505	-117,6	-12.688	-45,1
Differenz [%]	-48,5%				-48,3%	-47,4%			
Strombedarf gemessen	125.685	17,3	155	97,1	125.685	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		544.814	316.836	0	861.650	251.008	72.615	0	5.380	532.646
Turnhalle		53.838	74.137	34.000	161.975	32.540	14.363	0	2.301	112.770
Summe		598.652	390.973	34.000	1.023.625	283.548	86.979	0	7.682	645.417
Anteil Turnhalle		9,0%	19,0%	100,0%	15,8%	11,5%	16,5%	0,0%	30,0%	17,5%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
		Bezugsgröße		8.140 m²	6.697 m²	4.735 m²	16.174 m²	32.791 m³	810	1773 h
		[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	598.652	60,5%	73,5	89,4	126,4	37,0	18,3	739,1	337,7
Qv	Lüftungsverluste	390.973	39,5%	48,0	58,4	82,6	24,2	11,9	482,7	220,6
Ql	Summe Verluste	989.625	100%	121,6	147,8	209,0	61,2	30,2	1221,8	558,3
Qs	Solare Gewinne	283.548	28,7%	34,8	42,3	59,9	17,5	8,6	350,1	160,0
Qi	Interne Gewinne	86.979	8,8%	10,7	13,0	18,4	5,4	2,7	107,4	49,1
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	370.527	37,4%	45,5	55,3	78,3	22,9	11,3	457,4	209,0
Qh	Heizwärmebedarf	619.098	62,6%	76,1	92,4	130,7	38,3	18,9	764,3	349,3
Qtw	Wärmebedarf TWW	34.000	3,4%	4,2	5,1	7,2	2,1	1,0	42,0	19,2
Qst	Solkollektorsertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	34.000	3,4%	4,2	5,1	7,2	2,1	1,0	42,0	19,2
Qw	Wärmebedarf	653.098	66,0%	80,2	97,5	137,9	40,4	19,9	806,3	368,5
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	7.682	0,8%	0,9	1,1	1,6	0,5	0,2	9,5	4,3
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	645.417	65,2%	79,3	96,4	136,3	39,9	19,7	796,8	364,1
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	637.462	64,4%	78,3	95,2	134,6	39,4	19,4	787,0	359,6
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.247.892	126,1%	153,3	186,3	263,5	77,2	38,1	1540,6	704,0

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			gesamt
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	942.794	39.283	982.077	1.109.747	9.821	0	1.119.568	0,9%	306,4
	Turnhalle	195.447	12.475	207.923	234.953	2.079	0	237.032	0,9%	64,9
	Summe Wärme	1.138.242	51.758	1.190.000	1.344.700	11.900	0	1.356.600	0,9%	371,3
Strom	Schule	125.685	0	125.685	333.065	42.733	0	375.798	11,4%	81,3
	Turnhalle	4.315	0	4.315	11.435	1.467	0	12.902	11,4%	2,8
	Summe Strom	130.000	0	130.000	344.500	44.200	0	388.700	11,4%	84,1
	Anteil Strom	10,3%	0,0%	9,8%	20,4%	78,8%	#DIV/0!	22,3%		18,5%
	Summe Schule	1.068.479	39.283	1.107.762	1.442.813	52.554	0	1.495.366	3,5%	387,7
	Summe Turnhalle	199.762	12.475	212.238	246.387	3.546	0	249.934	1,4%	67,7
	Gesamtsumme	1.268.242	51.758	1.320.000	1.689.200	56.100	0	1.745.300	3,2%	455,4

Humboldtschule - Grundschule



Bei der Humboldtschule handelt es sich um ein Schulgebäude, das 1959 errichtet wurde. Der vorgefundene bauliche Zustand entspricht weitestgehend dem Baustandard dieser Zeit.

Als energetische Schwachstelle ist insbesondere die Einfachverglasung mit Stahlrahmen – ohne Dichtung – in allen Bereichen der Gebäude zu nennen. Da diese Fenster einen wesentlichen Anteil an der Gebäudehülle haben, ist hier ein Austausch in jedem Falle empfehlenswert, noch vor der Verbesserung der geschlossenen Fassadenfläche.

Bei der betrachteten Veränderung und den überschlägig ermittelten Kosten von einer energetischen Sanierung, werden in der Folge die Bauteile Fenster, Türen, Außenwand und Dachfläche betrachtet. Sicher wäre auch eine Dämmmaßnahme des Kellerbodens sowie der Kelleraußenwände energetisch sinnvoll, allerdings findet eine Betrachtung dieser Variante keine Berücksichtigung, da diese nur mit erheblichen und kostenintensiven Aufwand möglich ist. Sollte jedoch - beispielsweise durch einen Feuchteschaden – ohnehin Arbeiten an den Bauteilen durchgeführt werden, zum Beispiel Abdichtungsarbeiten an der Kelleraußenwand, so ist das zusätzliche Anbringen von Dämmmaterial dringend zu empfehlen.

Fenster

Im Hinblick auf die Fensterflächen ist ein Austausch in jedem Falle sinnvoll. Die vorhandenen Fensterflächen sind ca. 1300 m² groß und tragen mit einem u-Wert von ca. 5,80 W/m²K wesentlich zu den Transmissionsverlusten des Gebäudes bei. Heute sind Fenster mit einem Wärmedämmwert von 1,4 bis 1,1 durchaus gängig, was zu einer jährlichen Einsparung von etwa 75% des Ausgangswertes der Fensterflächen führen würde. In diesem Zusammenhang sind ebenfalls die Türen zu erneuern.



Wärmedämmung der Außenwandflächen

Die gewählten Varianten gehen von dem Aufbringen eines Wärmedämmsystems auf der Außenseite der Fassade aus. Eine Verkleidung der Wandfläche kann dann mit verschiedenen Materialien erfolgen. Soll aus architektonischen Gründen beispielsweise der Betoncharakter erhalten bleiben, so ist eine vorgehängte Fassadenkonstruktion aus Betonelementen möglich (inwieweit hier eine Verankerung an der bestehenden Wand erfolgen kann, ist zu prüfen, alternativ mit separater, davorliegender Tragkonstruktion). Ebenso können verschiedene Paneele oder auch Putz als Fassade ausgeführt werden. Mit entsprechend variierenden Kosten ist zu rechnen. Aus der Sicht des Verfassers ist sicher eine kostengünstige Lösung mit einem Wärmedämmverbundsystem architektonisch vertretbar.



Dämmmaßnahmen Dach

Im Bereich des Daches sind ebenfalls Dämmmaßnahmen sinnvoll und möglich. Hier ist zu prüfen, ob nicht ohnehin Abdichtungsarbeiten nötig sind. In diesem Zusammenhang kann in einem Arbeitsgang eine neue Dämmung aufgebracht werden.

Im Bereich des aufgeständerten Schulgebäudes ist zu prüfen, inwieweit hier eine zusätzliche Dämmung von unten aufgebracht werden kann. Dies ist energetisch in jedem Falle erstrebenswert und konstruktiv sicher möglich.

Sonstiges

Im Zuge der energetischen Sanierungsmaßnahmen ist es darüber hinaus sinnvoll, die Klassenräume mit modernen Raumthermostaten auszustatten. Ebenso können die Fenster mit Öffnungswächtern versehen werden, so dass die Heiztechnik an die Fensteröffnung gekoppelt wird. Bei gekippten bzw. geöffneten Fenstern wird der darunter befindliche Heizkörper geschlossen und Energieverschwendung minimiert. Dieser unmittelbare Effekt kann von den Nutzern wahrgenommen und auch leicht verstanden werden und ruft das Thema Energie ins Bewusstsein.

Gleiches gilt für mögliche Bewegungsmelder hinsichtlich der Heizung und Lüftung oder auch der Beleuchtungssteuerung.

Es sollte eine Einweisung des Hausmeisters in die technischen Anlagen erfolgen, ebenso eine Einweisung der Lehrkräfte und den Hinweis auf Energiesparmaßnahmen durch das Nutzerverhalten. Vom Zeitpunkt her sollte eine solche Veranstaltung zu Beginn der Winterzeit, beispielsweise nach den Herbstferien stattfinden.

In den Projektwochen der Schule oder in Arbeitsgruppen könnten auch Projekte direkt zu diesem Thema angeboten werden, um Schülern und Kollegium Einsparpotentiale aufzuzeigen.

Turnhalle

Die Turnhalle ist insgesamt in einem sehr schlechten Zustand. Hier sind insbesondere Feuchteprobleme in der Halle zu nennen, aus den – auch im Hallenbereich – starker Schimmelbefall herrührt. Vor einer Sanierung ist hier in jedem Falle eine entsprechende fachgerechte Behandlung erforderlich.

Darüber hinaus treffen für die Turnhalle im Prinzip die gleichen Maßnahmenpakete zu, wie für die Schule, auch hier sollten sowohl die Wand- und Dachflächen gedämmt, als auch die Fenster ausgetauscht werden.



Dämmmaßnahmen Dach

Im Bereich des Daches sind ebenfalls Dämmmaßnahmen sinnvoll und möglich. Hier ist zu prüfen, ob nicht ohnehin Abdichtungsarbeiten nötig sind. In diesem Zusammenhang kann in einem Arbeitsgang eine neue Dämmung aufgebracht werden.



Wärmeerzeugung und Verteilung in der Turnhalle

Das gesamte Wärmeabgabesystem der Turnhalle sollte einer Prüfung unterzogen werden, gerade im Hinblick auf ein Zusammenwirken mit einer neuen, verbesserten Fassade.




Kostenüberschlag der energetischen Verbesserungsmaßnahmen Humboldtschule - Schulgebäude_ V01

Kosten Schulgebäude

DIN 276	AK	AA	Bezeichnung	Einheit m²	Preis EUR	Menge m²/EP	MWST 1,02586	Gesamtkosten EUR
335	46	11	MWV, Mineralfaser, Mineralputz	1	102	1484	1,02586	155.283 €
			Fensteraustausch Türen	1	350 2000	1292 67	1,02586 1,02586	463.895 € 137.466 €
363	21	3	3lagige Bitumendachbahn 10 cm Dämmung	1	102	1524	1,025862	159.468 €
Summe								916.111 €

Kosten Turnhalle

335	46	11	MWV, Mineralfaser, Mineralputz	1	102	383	1,02586	40.076 €
			Fensteraustausch	1	350	207	1,02586	74.324 €
363	21	3	3lagige Bitumendachbahn 10 cm Dämmung	1	102	540	1,025862	56.504 €
Summe								170.905 €
Summe ges.								1.087.016 €

Humboldtschule V01		Schulart: Schulart I Baujahr: Schule: 1959; Turnhalle: 1959							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 3336 m²	Schüler 330	Betriebszeit 1480 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 540 m²	DIN-Felder 3	Betriebszeit 2250 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	510.570	153,0	1.547	345,0	684.320	173.750	321,8	54.297	77,2
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	559.755	167,8	1.696	378,2	750.243	190.488	352,8	59.528	84,7
Gesamtwärmebedarf berechnet	257.565	77,2	780	174,0	345.216	87.651	162,3	27.391	39,0
Differenz absolut	-302.190	-90,6	-915,7	-204,2	-405.027	-102.837	-190,4	-32.137	-45,7
Differenz [%]	-54,0%				-54,0%	-54,0%			
Strombedarf gemessen	45.300	13,6	137	30,6	45.300	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
	Schulgebäude	296.272	124.471	0	420.743	110.272	50.304	0	2.602	257.565
	Turnhalle	44.848	47.669	19.600	112.117	9.274	12.481	0	2.711	87.651
	Summe	341.120	172.140	19.600	532.860	119.546	62.786	0	5.313	345.216
	Anteil Turnhalle	13,1%	27,7%	100,0%	21,0%	7,8%	19,9%	0,0%	51,0%	25,4%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				3.876 m²	3.172 m²	2.414 m²	8.143 m²	13.828 m³	330	1865 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	341.120	66,5%	88,0	107,5	141,3	41,9	24,7	1033,7	182,9
Qv	Lüftungsverluste	172.140	33,5%	44,4	54,3	71,3	21,1	12,4	521,6	92,3
Ql	Summe Verluste	513.260	100%	132,4	161,8	212,6	63,0	37,1	1555,3	275,2
Qs	Solare Gewinne	119.546	23,3%	30,8	37,7	49,5	14,7	8,6	362,3	64,1
Qi	Interne Gewinne	62.786	12,2%	16,2	19,8	26,0	7,7	4,5	190,3	33,7
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	182.332	35,5%	47,0	57,5	75,5	22,4	13,2	552,5	97,8
Qh	Heizwärmebedarf	330.928	64,5%	85,4	104,3	137,1	40,6	23,9	1002,8	177,4
Qtw	Wärmebedarf TWW	19.600	3,8%	5,1	6,2	8,1	2,4	1,4	59,4	10,5
Qst	Solarkollektorsertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	19.600	3,8%	5,1	6,2	8,1	2,4	1,4	59,4	10,5
Qw	Wärmebedarf	350.528	68,3%	90,4	110,5	145,2	43,0	25,3	1062,2	188,0
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	5.313	1,0%	1,4	1,7	2,2	0,7	0,4	16,1	2,8
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	345.216	67,3%	89,1	108,8	143,0	42,4	25,0	1046,1	185,1
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	337.639	65,8%	87,1	106,4	139,9	41,5	24,4	1023,1	181,0
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	750.243	146,2%	193,6	236,5	310,8	92,1	54,3	2273,5	402,3

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			gesamt
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	510.570	32.590	543.159	613.770	5.432	0	619.202	0,9%	169,5
	Turnhalle	173.750	11.090	184.841	208.870	1.848	0	210.718	0,9%	57,7
	Summe Wärme	684.320	43.680	728.000	822.640	7.280	0	829.920	0,9%	227,1
Strom	Schule	45.300	0	45.300	120.045	15.402	0	135.447	11,4%	29,3
	Turnhalle	2.700	0	2.700	7.155	918	0	8.073	11,4%	1,7
	Summe Strom	48.000	0	48.000	127.200	16.320	0	143.520	11,4%	31,1
	Anteil Strom	6,6%	0,0%	6,2%	13,4%	69,2%	#DIV/0!	14,7%		12,0%
	Summe Schule	555.870	32.590	588.459	733.815	20.834	0	754.649	2,8%	198,8
	Summe Turnhalle	176.450	11.090	187.541	216.025	2.766	0	218.791	1,3%	59,4
	Gesamtsumme	732.320	43.680	776.000	949.840	23.600	0	973.440	2,4%	258,2

Kostenüberschlag der energetischen Verbesserungsmaßnahmen Humboldtschule - Schulgebäude_ V02

Kosten Schulgebäude

DIN	AK	AA	Bezeichnung	Einheit m²	Preis EUR	Menge m²/EP	MWST 1,02586	Gesamtkosten EUR
276								
			Fensteraustausch	1	350	1292	1,02586	463.895 €
			Türen	1	2000	67	1,02586	137.466 €
363	21	3	3lagige Bitumendachbahn 10 cm Dämmung	1	102	1524	1,025862	159.468 €


Summe
760.829 €

Kosten Turnhalle

			Fensteraustausch	1	350	207	1,02586	74.324 €
363	21	3	3lagige Bitumendachbahn 10 cm Dämmung	1	102	540	1,025862	56.504 €

Summe
130.828 €

Summe ges.
891.657 €

Humboldtschule V02		Schulart:Schulart I Baujahr: Schule: 1959; Turnhalle: 1959							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 3336 m²	Schüler 330	Betriebszeit 1480 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 540 m²	DIN-Felder 3	Betriebszeit 2250 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	498.449	149,4	1.510	336,8	684.320	185.871	344,2	58.085	82,6
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	546.466	163,8	1.656	369,2	750.243	203.777	377,4	63.680	90,6
Gesamtwärmebedarf berechnet	225.993	67,7	685	152,7	310.265	84.273	156,1	26.335	37,5
Differenz absolut	-320.473	-96,1	-971,1	-216,5	-439.977	-119.504	-221,3	-37.345	-53,1
Differenz [%]	-58,6%				-58,6%	-58,6%			
Strombedarf gemessen	45.300	13,6	137	30,6	45.300	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)									
	Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
Schulgebäude	337.269	124.471	0	461.740	183.608	49.856	0	2.283	225.993
Turnhalle	44.848	47.669	19.600	112.117	12.868	12.370	0	2.606	84.273
Summe	382.117	172.140	19.600	573.857	196.476	62.227	0	4.889	310.265
Anteil Turnhalle	11,7%	27,7%	100,0%	19,5%	6,5%	19,9%	0,0%	53,3%	27,2%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro	pro	pro Fläche	pro	pro	pro	pro
				EBF	Nutzfläche	Klassen	Hüllfläche	Volumen	Schüler	Betrieb
	Bezugsgröße			3.876 m²	3.172 m²	2.414 m²	8.143 m²	13.828 m³	330	1865 h
		[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	382.117	68,9%	98,6	120,5	158,3	46,9	27,6	1157,9	204,9
Qv	Lüftungsverluste	172.140	31,1%	44,4	54,3	71,3	21,1	12,4	521,6	92,3
Ql	Summe Verluste	554.257	100%	143,0	174,7	229,6	68,1	40,1	1679,6	297,2
Qs	Solare Gewinne	196.476	35,4%	50,7	61,9	81,4	24,1	14,2	595,4	105,3
Qi	Interne Gewinne	62.227	11,2%	16,1	19,6	25,8	7,6	4,5	188,6	33,4
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	258.702	46,7%	66,7	81,6	107,2	31,8	18,7	783,9	138,7
Qh	Heizwärmebedarf	295.555	53,3%	76,3	93,2	122,4	36,3	21,4	895,6	158,5
Qtw	Wärmebedarf TWW	19.600	3,5%	5,1	6,2	8,1	2,4	1,4	59,4	10,5
Qst	Solarkollektorsertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	19.600	3,5%	5,1	6,2	8,1	2,4	1,4	59,4	10,5
Qw	Wärmebedarf	315.155	56,9%	81,3	99,4	130,6	38,7	22,8	955,0	169,0
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	4.889	0,9%	1,3	1,5	2,0	0,6	0,4	14,8	2,6
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	310.265	56,0%	80,0	97,8	128,5	38,1	22,4	940,2	166,4
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	302.265	54,5%	78,0	95,3	125,2	37,1	21,9	916,0	162,1
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	750.243	135,4%	193,6	236,5	310,8	92,1	54,3	2273,5	402,3

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
	Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie				Anteil regenerativ [%]	CO2-Äquivalent [t/a]	
				fossil	regenerativ	solar	gesamt			
				[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]			
Wärme	Schule	498.449	31.816	530.265	599.199	5.303	0	604.502	0,9%	165,4
	Turnhalle	185.871	11.864	197.735	223.441	1.977	0	225.418	0,9%	61,7
	Summe Wärme	684.320	43.680	728.000	822.640	7.280	0	829.920	0,9%	227,1
Strom	Schule	45.300	0	45.300	120.045	15.402	0	135.447	11,4%	29,3
	Turnhalle	2.700	0	2.700	7.155	918	0	8.073	11,4%	1,7
	Summe Strom	48.000	0	48.000	127.200	16.320	0	143.520	11,4%	31,1
Anteil Strom	6,6%	0,0%	6,2%	13,4%	69,2%	#DIV/0!	14,7%			12,0%
Summe Schule	543.749	31.816	575.565	719.244	20.705	0	739.949	2,8%	194,8	
Summe Turnhalle	188.571	11.864	200.435	230.596	2.895	0	233.491	1,2%	63,4	
Gesamtsumme	732.320	43.680	776.000	949.840	23.600	0	973.440	2,4%	258,2	

Überschlägige Kosten Nutzen Rechnung

	Energiebedarf [kWh/a] Rechenwerte			Betriebskosten [€/a] real					
	Schule	Turnhalle	Summe	Schule	Rest	Turnhalle	Rest	Summe	Rest
AFS	640.000	335.000	975.000	40.900 €	100%	21.400 €	100%	62.300 €	100%
v.1	187.500	247.500	435.000	12.000 €	29,3%	15.800 €	73,8%	27.800 €	44,6%
v.2			0	0 €	0,0%	0 €	0,0%	0 €	0,0%
ASS	680.000	310.000	990.000	68.000 €	100%	31.000 €	100%	99.000 €	100%
v.1	430.500	273.000	703.500	43.100 €	63,4%	27.300 €	88,1%	70.400 €	71,1%
v.2	374.500	273.000	647.500	37.500 €	55,1%	27.300 €	88,1%	64.800 €	65,5%
ES	576.500	192.500	769.000	45.600 €	100%	15.200 €	100%	60.800 €	100%
v.1	158.000	133.000	291.000	12.500 €	27,4%	10.500 €	69,1%	23.000 €	37,8%
v.2			0	0 €	0,0%	0 €	0,0%	0 €	0,0%
FES	644.000	164.000	808.000	33.200 €	100%	8.400 €	100%	41.600 €	100%
v.1	206.000	96.500	302.500	10.600 €	31,9%	5.000 €	59,5%	15.600 €	37,5%
v.2			0	0 €	0,0%	0 €	0,0%	0 €	0,0%
GSS	1.255.000	257.000	1.512.000	65.200 €	100%	13.400 €	100%	78.600 €	100%
v.1	532.500	112.500	645.000	27.700 €	42,5%	5.800 €	43,3%	33.500 €	42,6%
v.2			0	0 €	0,0%	0 €	0,0%	0 €	0,0%
HS	678.000	150.000	828.000	38.600 €	100%	8.600 €	100%	47.200 €	100%
v.1	257.500	87.500	345.000	14.700 €	38,1%	5.000 €	58,1%	19.700 €	41,7%
v.2	226.000	84.500	310.500	12.900 €	33,4%	4.800 €	55,8%	17.700 €	37,5%
LSN	1.361.000	362.500	1.723.500	81.300 €	100%	21.700 €	100%	103.000 €	100%
v.2	730.000	273.000	1.003.000	43.600 €	53,6%	16.300 €	75,1%	59.900 €	58,2%
v.1	557.000	244.000	801.000	33.200 €	40,8%	14.600 €	67,3%	47.800 €	46,4%
US	437.000	59.500	496.500	42.800 €	100%	5.800 €	100%	48.600 €	100%
v.1	335.000	59.500	394.500	19.700 €	46,0%	3.500 €	60%	23.160 €	47,7%
v.2			0	0 €	0,0%	0 €	0,0%	0 €	0,0%
WTS	581.000	158.000	739.000	34.400 €	100%	9.300 €	100%	43.700 €	100%
v.1	207.000	142.000	349.000	12.200 €	35,5%	8.400 €	90,3%	20.600 €	47,1%
v.2			0	0 €	0,0%	0 €	0,0%	0 €	0,0%

Summe und Mittelwert Energieverbrauch und Betriebskosten der neun Schulen im gegenwärtigen Zustand (unsaniert)									
S ist	6.852.500	1.988.500	8.841.000	450.000 €	76,9%	134.800 €	23,1%	584.800 €	100%
? ist	761.389	220.944	982.333	50.000 €		14.978 €		64.978 €	

Summe und Mittelwert Energieverbrauch und Betriebskosten der neun Schulen der Sanierungsvariante v.1									
S v.1	3.044.000	1.424.500	4.468.500	196.100 €	43,6%	97.600 €	72,4%	293.660 €	50,2%
? v.1	338.222	158.278	496.500	21.789 €		10.844 €		32.629 €	

Die CO₂-Emission dieser neun für eine Sanierung vorgeschlagenen Schulen beträgt gegenwärtig 2.974 Tonnen im Jahr. Wird jeweils die Sanierung v.1 umgesetzt, sinkt dieser Wert auf 1.339 Tonnen, eine jährliche Einsparung von 1.635 t (55%). Wird die Investition über die nächsten 20 Jahre betrachtet, dann kostet das eingesparte Kilogramm CO₂ umgerechnet 0,25€.

	Investitionskosten [€] Schätzwerte			Betriebskosten-Einsparung pro Jahr [€/a] real					
	Schule	Turnhalle	Summe	Schule	Rendite	Turnhalle	Rendite	Summe	Rendite
AFS									
v.1	658.209 €	190.025 €	848.234 €	28.900 €	4,4%	5.600 €	2,9%	34.500 €	4,1%
v.2			-	-		-		-	
ASS									
v.1	597.750 €	201.323 €	799.073 €	24.900 €	4,2%	3.700 €	1,8%	28.600 €	3,6%
v.2	786.203 €	201.323 €	987.526 €	30.500 €	3,9%	3.700 €	1,8%	34.200 €	3,5%
ES									
v.1	541.245 €	120.108 €	661.353 €	33.100 €	6,1%	4.700 €	3,9%	37.800 €	5,7%
v.2			-	-		-		-	
FES									
v.1	604.272 €	117.803 €	722.075 €	22.600 €	3,7%	3.400 €	2,9%	26.000 €	3,6%
v.2			-	-		-		-	
GSS									
v.1	1.451.459 €	402.312 €	1.853.771 €	37.500 €	2,6%	7.600 €	1,9%	45.100 €	2,4%
v.2			-	-		-		-	
HS									
v.1	760.829 €	130.828 €	891.657 €	23.900 €	3,1%	3.600 €	2,8%	27.500 €	3,1%
v.2	916.111 €	170.905 €	1.087.016 €	25.700 €	2,8%	3.800 €	2,2%	29.500 €	2,7%
LSN									
v.2	1.043.837 €	214.857 €	1.258.694 €	37.700 €	3,6%	5.400 €	2,5%	43.100 €	3,4%
v.1	1.586.042 €	383.239 €	1.969.281 €	48.100 €	3,0%	7.100 €	1,9%	55.200 €	2,8%
US									
v.1	1.159.932 €	0 €	1.159.932 €	23.100 €	2,0%	2.300 €	#DIV/0!	25.440 €	2,2%
v.2			-	-		-		-	
WTS									
v.1	441.115 €	65.831 €	506.946 €	22.200 €	5,0%	900 €	1,4%	23.100 €	4,6%
v.2			-	-		-		-	

Summe und Mittelwert der Investitionskosten und Einspareffekte der Sanierungsvariante v.1									
S v.1	6.817.533 €	1.377.256 €	8.194.789 €	231.700 €	3,4%	36.300 €	2,6%	268.040 €	3,3%
? v.1	806.516 €	160.343 €	966.859 €	28.211 €	3,5%	4.133 €	2,6%	32.349 €	3,3%

Annahme: Notwendige Aufwendungen für reine Instandhaltung ohne Energie-Einspar-Effekte in Höhe von 1400000 € für die Schulgebäude und in Höhe von 600000 € für die Turnhallen. Gesamtsumme Instandhaltung 2000000 € auf 10 Jahre									
S v.1	5.417.533 €	777.256 €	6.194.789 €	231.700 €	4,3%	36.300 €	4,7%	268.040 €	4,3%
? v.1	650.961 €	85.343 €	736.304 €	28.211 €	4,3%	4.133 €	4,8%	32.349 €	4,4%

Annahme: Zuschüsse des Bundes und der Länder (durch aktuelle und zukünftige Förderprogramme) und der Stadt Offenbach selbst (Vorschlag: CO2-Reduzierungs-Programm) in Höhe von 15% der gesamten Sanierungssumme									
S v.1	4.394.903 €	570.668 €	4.965.571 €	231.700 €	5,3%	36.300 €	6,4%	268.040 €	5,4%
? v.1	537.335 €	59.519 €	596.855 €	28.211 €	5,3%	4.133 €	6,9%	32.349 €	5,4%

Unter der Annahme einer 5%igen Energiepreissteigerung müßten in den nächsten 20 Jahren ca. 19,6 Mio. Euro allein für Heizwärme gezahlt werden. Wird die Sanierungsvariante v.1 umgesetzt, sinken die laufenden Kosten in diesem Zeitraum auf 9,8 Mio. Euro, eine Summe, geringer als die Investitionskosten.

Leibnizschule (Neubau) - Gymnasium



Bei der Leibnizschule (Neubau) handelt es sich um ein Schulgebäude, das 1977 errichtet wurde. Der bauliche Zustand entspricht in allen Bereichen dem Baustandard dieser Zeit.

Als energetische Schwachstellen sind insbesondere die Einfachverglasung im Eingangsbereich zu nennen sowie die gesamten wärmeumfassenden Bauteile.

Bei der betrachteten Veränderung und den überschlägig ermittelten Kosten von einer energetischen Sanierung, werden in der Folge die Bauteile Fenster, Türen, Außenwand, Wandflächen gegen angrenzende unbeheizte Räume (Kalträume) und Dachfläche betrachtet.

Sicher wären auch Dämmmaßnahmen des Kellerbodens sowie der Kelleraußenwände energetisch sinnvoll, allerdings findet eine Betrachtung dieser Variante keine Berücksichtigung, da diese nur mit erheblichen und kostenintensiven Aufwand möglich sind. Sollte jedoch - beispielsweise durch einen Feuchteschaden - ohnehin Arbeiten an den Bauteilen durchgeführt werden, beispielsweise Abdichtungsarbeiten an der Kelleraußenwand, so ist das zusätzliche Anbringen von Dämmmaterial dringend zu empfehlen.

Wärmedämmung der Außenwandflächen

Die gewählten Varianten gehen von dem Aufbringen eines Wärmedämmsystems auf der Außenseite der Fassade aus. Eine Verkleidung der Wandfläche kann dann mit verschiedenen Materialien erfolgen. Soll aus architektonischen Gründen beispielsweise der Betoncharakter erhalten bleiben, so ist eine vorgehängte Fassadenkonstruktion aus Betonelementen möglich (inwieweit hier eine Verankerung an der bestehenden Wand erfolgen kann, ist zu prüfen, alternativ mit separater, davorstehender Tragkonstruktion). Ebenso können verschiedenste Paneele oder auch Putz als Fassade ausgeführt werden. Mit entsprechend variierenden Kosten ist zu rechnen.

Fenster

Im Hinblick auf die Fensterflächen ist ein Austausch in jedem Falle sinnvoll. Dabei ist aus gestalterischer Sicht darauf zu achten, dass der rahmenlose und nahezu fugenfreie Charakter im Inneren der Pausenhalle gewahrt bleibt.



Dämmmaßnahmen Dach

Im Bereich des Daches sind ebenfalls Dämmmaßnahmen sinnvoll und möglich. Hier ist zu prüfen, ob nicht ohnehin Abdichtungsarbeiten nötig sind. In diesem Zusammenhang kann in einem Arbeitsgang eine neue Dämmung aufgebracht werden und würde sich der Transmissionswärmeverlust von 300.209 kWh/a auf 57.328 kWh/a senken (ca. 80%).



Heizkörper

Die Heizkörper sind im Bestand im Bereich der Pausenhalle direkt vor der Einfachverglasung platziert, in den Klassenzimmern in Heizkörpernischen. Im Falle einer Außendämmmaßnahme ist ein verbleibt in den Nischen sicher vertretbar, da die Dämmwirkung der Wand durch die neu aufzubringende Wärmedämmung erzielt wird und der Bestandshülle eine untergeordnete Rolle zufällt.



Hinsichtlich der Heizkörper vor den Fensterflächen ist in jedem Falle eine Abschottung der warmen Oberfläche gegenüber der Fensterfläche (auch bei Austausch) sinnvoll. Hier sind beispielsweise Lösungen in Verbindung mit Sitzflächen etc. möglich und vorstellbar.

Windfang

Aus energetischer Sicht sollten die Heizkörper im Windfang demontiert werden.



Sonstiges

Im Zuge der energetischen Sanierungsmaßnahmen ist es darüber hinaus sinnvoll, die Klassenräume mit modernen Raumthermostaten auszustatten. Ebenso können die Fenster mit Öffnungswächtern versehen werden, so dass die Heiztechnik an die Fensteröffnung gekoppelt wird. Bei gekippten bzw. geöffneten Fenstern wird der darunter befindliche Heizkörper geschlossen und Energieverschwendung minimiert. Dieser unmittelbare Effekt kann von den Nutzern wahrgenommen und auch leicht verstanden werden und ruft das Thema Energie ins Bewusstsein. Gleiches gilt für mögliche Bewegungsmelder hinsichtlich der Heizung und Lüftung oder auch der Beleuchtungssteuerung.

Es sollte eine Einweisung des Hausmeisters in die technischen Anlagen erfolgen, ebenso eine Einweisung der Lehrkräfte und den Hinweis auf Energiesparmaßnahmen durch das Nutzerverhalten. Vom Zeitpunkt her sollte eine solche Veranstaltung zu Beginn der Winterzeit, beispielsweise nach den Herbstferien stattfinden.

In den Projektwochen der Schule oder in Arbeitsgruppen könnten auch Projekte direkt zu diesem Thema angeboten werden, um Schülern und Kollegium Einsparpotentiale aufzuzeigen.

Turnhalle

Für die Turnhalle treffen im Prinzip die gleichen Maßnahmenpakete zu wie für die Schule. Auch hier sollten sowohl die Wand- und Dachflächen gedämmt, als auch die Fenster ausgetauscht werden.



Dämmmaßnahmen Dach

Im Bereich des Daches sind ebenfalls Dämmmaßnahmen sinnvoll und möglich. Hier ist zu prüfen, ob nicht ohnehin Abdichtungsarbeiten nötig sind. In diesem Zusammenhang kann in einem Arbeitsgang eine neue Dämmung aufgebracht werden.

Wärmeerzeugung und Verteilung in der Turnhalle

Die Lüftungsanlage der Turnhalle sollte einer Prüfung unterzogen werden, auch im Hinblick auf die Installation einer Wärmerückgewinnungsanlage. Eine Kostenschätzung kann auf der Basis der erfolgten Datenaufnahme nicht erfolgen. Hier ist eine entsprechende Fachfirma / Planungsbüro zu konsultieren.




Kostenüberschlag der energetischen Verbesserungsmaßnahmen Leibnizschule - Schulgebäude_ V01

Kosten Schulgebäude

DIN 276	AK	AA	Bezeichnung	Einheit m ²	Preis EUR	Menge m ² /EP	MWST 1,02586	Gesamtkosten EUR
335	46	11	MWV, Mineralfaser, Mineralputz	1	102	1317	1,02586	137.808 €
335	43	11	großformatige Faserzementplatten	1	112	1317	1,02586	151.319 €
			Fenster austausch	1	350	1688	1,02586	606.079 €
			Türen	1	2000	19	1,02586	38.983 €
353	1	11	Deckendämmung Mineralfaser 10 cm	1	28	2462	1,025862	70.719 €
	11	2	Deckenbekleidung aus Gips-Feuersch.	1	54	2462	1,025862	136.386 €
363	21	3	3lagige Bitumendachbahn 10 cm Dämmung	1	102	3811	1,025862	398.775 €
345	2	24	GKB-I-Verbundpl. Dämmung + Lattung	1	42	1067	1,025862	45.973 €
Summe								1.586.042 €

Kosten Turnhalle

	46	11	MWV, Mineralfaser, Mineralputz	1	102	767	1,02586	80.257 €
335	43	11	großformatige Faserzementplatten	1	112	767	1,02586	88.126 €
			Fenster austausch	1	350	233	1,02586	83.659 €
			Türen	1	2000	3	1,02586	6.155 €
363	21	3	3lagige Bitumendachbahn 10 cm Dämmung	1	102	1195	1,025862	125.042 €
Summe								383.239 €
Summe ges.								1.969.282 €

Leibniz Schule Neubau V01 Schulart: Gymnasium Baujahr: Schule 1977; Turnhalle 1977									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 7106 m ²	Schüler 900	Betriebszeit 2405 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 1195 m ²	DIN-Felder 6	Betriebszeit 3375 h
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	1.042.830	146,8	1.159	433,6	1.490.006	447.175	374,1	74.529	132,5
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.143.290	160,9	1.270	475,4	1.633.543	490.253	410,2	81.709	145,3
Gesamtwärmebedarf berechnet	556.872	78,4	619	231,5	800.745	243.873	204,0	40.645	72,3
Differenz absolut	-586.417	-82,5	-651,6	-243,8	-832.798	-246.381	-206,1	-41.063	-73,0
Differenz [%]	-51,3%				-51,0%	-50,3%			
Strombedarf gemessen	165.024	23,2	183	68,6	165.024	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
	Schulgebäude	362.310	503.743	0	866.053	143.843	159.712	0	5.625	556.872
	Turnhalle	68.614	191.630	28.000	288.244	12.713	26.681	0	4.977	243.873
	Summe	430.923	695.373	28.000	1.154.297	156.557	186.393	0	10.602	800.745
	Anteil Turnhalle	15,9%	27,6%	100,0%	25,0%	8,1%	14,3%	0,0%	46,9%	30,5%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				8.301 m ²	7.029 m ²	4.074 m ²	14.986 m ²	32.344 m ³	900	2890 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ³ a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	430.923	38,3%	51,9	61,3	105,8	28,8	13,3	478,8	149,1
Qv	Lüftungsverluste	695.373	61,7%	83,8	98,9	170,7	46,4	21,5	772,6	240,6
Ql	Summe Verluste	1.126.297	100%	135,7	160,2	276,5	75,2	34,8	1251,4	389,7
Qs	Solare Gewinne	156.557	13,9%	18,9	22,3	38,4	10,4	4,8	174,0	54,2
Qi	Interne Gewinne	186.393	16,5%	22,5	26,5	45,8	12,4	5,8	207,1	64,5
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	342.949	30,4%	41,3	48,8	84,2	22,9	10,6	381,1	118,7
Qh	Heizwärmebedarf	783.347	69,6%	94,4	111,4	192,3	52,3	24,2	870,4	271,1
Qtw	Wärmebedarf TWW	28.000	2,5%	3,4	4,0	6,9	1,9	0,9	31,1	9,7
Qst	Solarkollektorsertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	28.000	2,5%	3,4	4,0	6,9	1,9	0,9	31,1	9,7
Qw	Wärmebedarf	811.347	72,0%	97,7	115,4	199,2	54,1	25,1	901,5	280,7
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	10.602	0,9%	1,3	1,5	2,6	0,7	0,3	11,8	3,7
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	800.745	71,1%	96,5	113,9	196,6	53,4	24,8	889,7	277,1
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	764.149	67,8%	92,1	108,7	187,6	51,0	23,6	849,1	264,4
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.633.543	145,0%	196,8	232,4	401,0	109,0	50,5	1815,0	565,2

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie				Anteil regenerativ	CO ₂ -Äquivalent
					fossil	regenerativ	solar	gesamt		
					[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]		
Wärme	Schule	1.042.830	43.451	1.086.281	1.227.498	10.863	0	1.238.361	0,9%	338,9
	Turnhalle	447.175	28.543	475.719	537.562	4.757	0	542.319	0,9%	148,4
	Summe Wärme	1.490.006	71.994	1.562.000	1.765.060	15.620	0	1.780.680	0,9%	487,3
Strom	Schule	165.024	0	165.024	437.313	56.108	0	493.421	11,4%	106,8
	Turnhalle	5.976	0	5.976	15.837	2.032	0	17.869	11,4%	3,9
	Summe Strom	171.000	0	171.000	453.150	58.140	0	511.290	11,4%	110,6
	Anteil Strom	10,3%	0,0%	9,9%	20,4%	78,8%	#DIV/0!	22,3%		18,5%
	Summe Schule	1.207.854	43.451	1.251.305	1.664.811	66.971	0	1.731.782	3,9%	445,7
	Summe Turnhalle	453.152	28.543	481.695	553.399	6.789	0	560.188	1,2%	152,3
	Gesamtsumme	1.661.006	71.994	1.733.000	2.218.210	73.760	0	2.291.970	3,2%	598,0


Kostenüberschlag der energetischen Verbesserungsmaßnahmen Leibnizschule - Schulgebäude_ V02

Kosten Schulgebäude

DIN 276	AK	AA	Bezeichnung	Einheit m²	Preis EUR	Menge m²/EP	MWST 1,02586	Gesamtkosten EUR
			Fensteraustausch Türen	1 1	350 2000	1688 19	1,02586 1,02586	606.079 € 38.983 €
363	21	3	3lagige Bitumendachbahn 10 cm Dämmung	1	102	3811	1,025862	398.775 €
			Summe					1.043.837 €

Kosten Turnhalle

			Fensteraustausch Türen	1 1	350 2000	233 3	1,02586 1,02586	83.659 € 6.155 €
363	21	3	3lagige Bitumendachbahn 10 cm Dämmung	1	102	1195	1,025862	125.042 €
			Summe					214.857 €
			Summe ges.					1.258.694 €

Leibniz Schule Neubau V02		Schulart: Gymnasium I Baujahr: Schule 1977; Turnhalle 1977							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 7106 m ²	Schüler 900	Betriebszeit 2405 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 1195 m ²	DIN-Felder 6	Betriebszeit 3375 h
	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m ²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	1.091.383	153,6	1.213	453,8	1.491.017	399.634	334,3	66.606	118,4
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.196.520	168,4	1.329	497,5	1.634.652	438.132	366,6	73.022	129,8
Gesamtwärmebedarf berechnet	730.031	102,7	811	303,5	1.003.036	273.004	228,4	45.501	80,9
Differenz absolut	-466.489	-65,6	-518,3	-194,0	-631.616	-165.127	-138,2	-27.521	-48,9
Differenz [%]	-39,0%				-38,6%	-37,7%			
Strombedarf gemessen	165.024	23,2	183	68,6	165.024	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		537.518	503.743	0	1.041.261	143.986	159.870	0	7.374	730.031
Turnhalle		98.379	191.630	28.000	318.009	12.726	26.707	0	5.572	273.004
Summe		635.897	695.373	28.000	1.359.270	156.712	186.577	0	12.946	1.003.036
Anteil Turnhalle		15,5%	27,6%	100,0%	23,4%	8,1%	14,3%	0,0%	43,0%	27,2%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				8.301 m ²	7.029 m ²	4.074 m ²	14.986 m ²	32.344 m ³	900	2890 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ³ a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	635.897	47,8%	76,6	90,5	156,1	42,4	19,7	706,6	220,0
Qv	Lüftungsverluste	695.373	52,2%	83,8	98,9	170,7	46,4	21,5	772,6	240,6
Ql	Summe Verluste	1.331.270	100%	160,4	189,4	326,8	88,8	41,2	1479,2	460,6
Qs	Solare Gewinne	156.712	11,8%	18,9	22,3	38,5	10,5	4,8	174,1	54,2
Qi	Interne Gewinne	186.577	14,0%	22,5	26,5	45,8	12,5	5,8	207,3	64,6
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	343.289	25,8%	41,4	48,8	84,3	22,9	10,6	381,4	118,8
Qh	Heizwärmebedarf	987.981	74,2%	119,0	140,6	242,5	65,9	30,5	1097,8	341,9
Qtw	Wärmebedarf TWW	28.000	2,1%	3,4	4,0	6,9	1,9	0,9	31,1	9,7
Qst	Solarkollektorsertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	28.000	2,1%	3,4	4,0	6,9	1,9	0,9	31,1	9,7
Qw	Wärmebedarf	1.015.981	76,3%	122,4	144,5	249,4	67,8	31,4	1128,9	351,6
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	12.946	1,0%	1,6	1,8	3,2	0,9	0,4	14,4	4,5
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	1.003.036	75,3%	120,8	142,7	246,2	66,9	31,0	1114,5	347,1
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	969.794	72,8%	116,8	138,0	238,0	64,7	30,0	1077,5	335,6
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	1.634.652	122,8%	196,9	232,6	401,2	109,1	50,5	1816,3	565,6

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie				Anteil regenerativ	CO ₂ -Äquivalent
					fossil	regenerativ	solar	gesamt		
					[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]		
Wärme	Schule	1.091.383	45.474	1.136.858	1.284.649	11.369	0	1.296.018	0,9%	354,7
	Turnhalle	399.634	25.509	425.142	480.411	4.251	0	484.662	0,9%	132,6
	Summe Wärme	1.491.017	70.983	1.562.000	1.765.060	15.620	0	1.780.680	0,9%	487,3
Strom	Schule	165.024	0	165.024	437.313	56.108	0	493.421	11,4%	106,8
	Turnhalle	5.976	0	5.976	15.837	2.032	0	17.869	11,4%	3,9
	Summe Strom	171.000	0	171.000	453.150	58.140	0	511.290	11,4%	110,6
	Anteil Strom	10,3%	0,0%	9,9%	20,4%	78,8%	#DIV/0!	22,3%		18,5%
	Summe Schule	1.256.407	45.474	1.301.881	1.721.962	67.477	0	1.789.439	3,8%	461,5
	Summe Turnhalle	405.610	25.509	431.119	496.248	6.283	0	502.531	1,3%	136,5
	Gesamtsumme	1.662.017	70.983	1.733.000	2.218.210	73.760	0	2.291.970	3,2%	598,0

Uhlandschule



Bei der Uhlandschule handelt es sich um ein denkmalgeschütztes Gebäude, das im Jahre 1899 erbaut wurde. Das Gebäude ist Ende der 30er Jahre und Anfang der 70er Jahre erweitert worden. Die Turnhalle ist im Hauptgebäude integriert und bis auf kleine Anbauten unverändert. Die bauliche Substanz der Schule kann - unter Berücksichtigung des Baualters - als gut bezeichnet werden.

Im Keller sind einige Wände feucht, die aber zu Räumen gehören, die keinen schulisch-elementaren Funktionen unterliegen. Eine Kontrolle der anderen Wände hinsichtlich ihres Feuchtegehaltes ist zu empfehlen.

Die Heizung wurde in den 70er Jahren auf Elektro- Nachtspeicheröfen umgebaut. Die Elektroinstallation scheint, bis auf kleinere Umbauten und Reparaturen, die „Alte“ zu sein. Für die Speicherheizungen und deren Raumthermostate wurden die Leitungen im Unterputz eingebaut.

Die Elektroöfen wurden in Nischen unter die Fenster gestellt, in der Regel zwei Heizelemente pro Raum. Das Warmwasser wird über drei große Boiler gleichen Baualters erzeugt.



Die Fenster im Gebäude sind schlichte Holzrahmen - Sprossenfenster mit Einfachverglasung. Teilweise, wie im Pavillon und auch in einigen Räumen im Keller, sind diese Fenster aus Kunststoff mit Isolierverglasung älteren Datums, die nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik entsprechen.



Das Dach ist noch mit einer alten Bieberschwanzdeckung gedeckt und weist keine Undichtigkeiten auf. Eventuell sind einzelne Elemente auszutauschen. Der Dachstuhl ist insgesamt in einem guten Zustand. Die Dachfläche ist komplett außenseitig verschalt.

Die Bodenbalkenlage ist ebenfalls voll funktionstüchtig und die Schlackefüllungen in gutem Zustand. Eine nachträgliche Dämmung des Bodens hat bisher nicht stattgefunden.



Der Keller wird zum Teil genutzt und ist sanierungsbedürftig. Unter der Turnhalle, im rechten Flügel, werden die Räume zu Unterrichtszwecken genutzt. In diesen Räumen gibt es - per Augenschein - keine Feuchteprobleme; eine Überprüfung ist zu empfehlen.



Unter dem Hauptgebäude und dem linken Flügel sind starke Feuchteprobleme festzustellen. Der Putz ist durchfeuchtet und bröckelt von der Wand, zum Teil sind die Stahlträger der Kappendecken an den Mauern so stark gerostet, dass sie abgestützt werden müssen. Die Räume in diesen Bereichen sind zum Teil nicht oder nur bedingt nutzbar.



Eine Sanierung der Räume ist im Zuge einer energetischen Sanierung wichtig, eventuell sogar unumgänglich. Eventuell muss die Sanierungsmaßnahme auch von Außen vorgenommen werden.

Sanierungsvorschlag

Im ersten Schritt sollte die Gebäudehülle saniert bzw. energetisch optimiert werden, unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes.

Auf den Einbau von einer Innendämmung wird verzichtet, da der Kosten-, Nutzaufwand nicht gegeben ist. Das Gebäude hat auf Grund seiner länglichen Form und den hohen Räumen sehr viel Hüllfläche bei im Verhältnis wenig Nutzfläche. Aus den massiven Außenwände resultiert ein recht guter U-Wert.

Der finanzielle Aufwand, das Gebäude von Innen zu dämmen, kann bei den momentanen Energiepreisen als nicht wirtschaftlich angesehen werden.

Vorgeschlagen wird ein kompletter Austausch von Fenstern und Türen.

Dabei ist auf einen besonders dichten Einbau zu achten, um den ungewollten Wärmeverlust über Einbaufugen zu minimieren (Montage nach RAL).

Es sollte eventuell zusätzlich in Betracht gezogen werden, die Fenster zum Teil auch fest zu verglasen, um weitere Fugen zu minimieren.

Die Fenster sollten mindestens einen gesamt U-Wert (Fenster und Rahmen) von kleiner als 1,1 haben. Ebenso sollten alle Eingangstüren mit Doppelfalz, und umlaufenden Anschlägen und Dichtungen versehen werden, um eine maximale Dichtigkeit zu erreichen. Ein Windfang hinter den Türen, der in der Winterzeit geschlossen ist, ist empfehlenswert.

Die nachträgliche Ausstattung der Klassenzimmertüren mit einem Schall-Ex (Gummidichtung, die beim Schließen der Türe heruntergedrückt wird und unten die Schwelle abdichtet) und Dichtungen in den Falzen, wäre ebenso empfehlenswert, um den ungewollten Luftwechsel zwischen den beheizten Klassenzimmern und den nicht beheizten Fluren zu minimieren.

Das Dach bzw. die oberste Geschoßdecke zu unbeheizten Räumen ist zu dämmen. In die Sparren, sofern der Dachraum benötigt wird, sollte sparrnenfüllend Mineralwolle eingebracht werden. Auf eine besonders dichte Ausführung, der Dampfbremse, ist zu achten.

Die Kellerdecke ist von unten mit einer Dämmung zu versehen. Diese Dämmung sollte Feuchte unempfindlich sein, da im Falle, dass eine umfassende Sanierung der feuchten Wände im Keller nicht möglich ist, auch weiterhin mit erhöhten Feuchtwerten in der Luft und in den Wänden zu rechnen ist. Die Dämmung muss an den Wänden mind. 50 cm heruntergeführt werden, um die Wärmebrücken durch die Wände zu reduzieren. Dies ist unproblematisch, da die Räume nur als Nebenräume genutzt werden.

Eine Dichtigkeitsprüfung (Blower-Door Test) ist zwar nicht üblich, ist im zuvor genannten Fall aber zur Leckageortung und zur Optimierung der Hüllendichtigkeit sehr zu empfehlen.

Auf Wärmebrücken insbesondere an den Außenwänden wird nicht weiter eingegangen, da diese ohne größeren Aufwand, nicht zu beheben sind z.B. die Sandsteineinfassungen um die Fenster.

Als weitere Maßnahme wird die Heizungsanlage und Warmwasserbereitung geändert.

Aufgrund des Denkmalschutzes sind, wie oben beschrieben, energetische Verbesserungen der Gebäudehülle nur eingeschränkt möglich.

Aus diesem Grund sollte in Erwägung gezogen werden, die im Gebäude notwendige Energie für Wärme durch ein eigenes System „energetisch sinnvoll“ zu erzeugen.

Denkbar ist hier eine Kraftwärmekoppelanlage, beispielsweise auf der Basis von Pflanzenöl.

Bei einer solchen Anlage werden aus 100% der Endenergie in ca. 60% Wärme und 30 % Strom umgewandelt. Der eventuell zuviel erzeugte Strom kann ins Stromnetz mit Vergütung eingespeist werden.

Die Wärmeabgabe erfolgt über neu einzubauende Radiatoren.

Diese Radiatoren sollten auf der Innenseite des Raumes und an der Flurwand montiert werden, um die Leitungsführung zu verkürzen und die Montagekosten damit gering zu halten.

In den Fluren werden die Rohre an der Decke geführt und mit einer abgehängten Decke verkleidet.

Die zentrale Lage des Heizungskellers ermöglicht eine einfache und effektive Leitungsverteilung.

Als Aufstellort für die Anlage wird der ehemalige Heizungskeller gewählt. Eine Nutzung des vorhandenen Schornsteins ist zu prüfen.

Eine flächenmäßige Lagerung der Tanks ist im Keller vorhanden.

Kostenüberschlag der energetischen Verbesserungsmaßnahmen Uhlandschule

Kosten Schulgebäude Altbau

DIN	AK	AA	Bezeichnung	Einheit	Preis	Menge	MWST	Gesamtkosten	% Mehraufwand
276				m²	EUR	m²/EP	1,02586	EUR	
			Ausbau und Entsorgen der Nachtspeicheröfen	1	200	78	1,02586	16.003 €	0
364	41	1	Dämmen Schrägdach	1	27	224	1,02586	6.204 €	10
	41	11	Dämmen obere Geschosdecke, begehbar	1	45	1212	1,02586	55.951 €	10
353	1	2	Dämmen EG/Kellerdecke gegen Kaltraum	1		164	1,02586	0 €	20
			Ausmauern der Heizungsniessenchen mit Porenbeton, Ändern der Fensterbänke, Anpassen des Putz	1	350	78	1,02586	28.006 €	0
			Innendämmung der Wände gegen Außen	1		1212	1,02586	0 €	0
394	11	3	Fensterausbau und Entsorgen	1	134	1245	1,02586	171.145 €	0
334	21	3	Fenster, Einbau, U- Wert 1,1, nach RAL	1	216	1245	1,02586	275.875 €	5
334	61	22	Hauseingangstüre VSG- Verglast	1	600	50	1,02586	30.776 €	5
			Umbau- und Änderungspauschale für div. Teile	1	20000	1	1,02586	20.000 €	0
			Summe ges.					603.960 €	
								20.000 €	0
								625.508 €	

Kosten Pavillion

DIN	AK	AA	Bezeichnung	Einheit	Preis	Menge	MWST	Gesamtkosten	% Mehraufwand
276				m²	EUR		1,02586	EUR	
335	13	12	WDVS Außenwand, mineralischer Putz, Fassade	1	80	1193	1,02586	97.908 €	10
335	13	12	WDVS Außenwand, mineralischer Putz, Boden von unten gegen Außenluft	1	80	218	1,02586	17.891 €	15
363	21	13	Dachdämmung, PS	1	25	1403	1,02586	35.982 €	5
363	12	2	Dachdichtung 2-lagig Bitumenschweißbahn	1	64	1403	1,02586	92.114 €	5
394	7	41	Dachbeläge abbrechen	1	24	1403	1,02586	34.543 €	0
			Umbau- und Änderungspauschale für div. Teile	1	10000	1	1,02586	10.000 €	0
394	11	3	Fenster ausbau	1	134	582	1,02586	80.005 €	0
334	21	3	Fenster einbau U1,1-1,4	1	216	582	1,02586	128.963 €	5
334	61	22	Hauseingangstüre VSG- Verglast	1	600	4	1,02586	2.462 €	5
392	1	2	Mauergerüst	1	5	1775	1,02586	9.105 €	


Summe ges.

508.973 €

534.424 €

Summe global

1.159.931 €

Uhlandschule V01 Schulart: Grundschule I Baujahr: Schule 1899 / 1968; Turnhalle 1929									
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 3483 m²	Schüler 420	Betriebszeit 1480 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 378 m²	DIN-Felder 2	Betriebszeit 3375 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	412.661	118,5	983	278,8	486.000	73.339	193,8	36.670	21,7
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	452.414	129,9	1.077	305,7	532.818	80.404	212,4	40.202	23,8
Gesamtwärmebedarf berechnet	335.550	96,4	799	226,7	395.185	59.635	157,6	29.817	17,7
Differenz absolut	-116.864	-33,6	-278,2	-79,0	-137.633	-20.769	-54,9	-10.385	-6,2
Differenz [%]	-25,8%				-25,8%	-25,8%			
Strombedarf gemessen	78.000	22,4	186	52,7	78.000	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)										
		Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude		338.422	150.375	0	488.797	54.843	95.014	0	3.389	335.550
Turnhalle		0	54.839	16.000	70.839	0	9.987	0	1.217	59.635
Summe		338.422	205.214	16.000	559.636	54.843	105.002	0	4.606	395.185
Anteil Turnhalle		0,0%	26,7%	100,0%	12,7%	0,0%	9,5%	0,0%	26,4%	15,1%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
				3.861 m²	2.760 m²	2.345 m²	6.019 m²	15.422 m³	420	2428 h
	Bezugsgröße	[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	338.422	62,3%	87,7	122,6	144,3	56,2	21,9	805,8	139,4
Qv	Lüftungsverluste	205.214	37,7%	53,2	74,4	87,5	34,1	13,3	488,6	84,5
Ql	Summe Verluste	543.636	100%	140,8	197,0	231,9	90,3	35,3	1294,4	223,9
Qs	Solare Gewinne	54.843	10,1%	14,2	19,9	23,4	9,1	3,6	130,6	22,6
Qi	Interne Gewinne	56.136	10,3%	14,5	20,3	23,9	9,3	3,6	133,7	23,1
Qsp	Speicher Masse	48.866	9,0%	12,7	17,7	20,8	8,1	3,2	116,3	20,1
Qg	Summe Gewinne	159.845	29,4%	41,4	57,9	68,2	26,6	10,4	380,6	65,8
Qh	Heizwärmebedarf	383.791	70,6%	99,4	139,1	163,7	63,8	24,9	913,8	158,1
Qtw	Wärmebedarf TWW	16.000	2,9%	4,1	5,8	6,8	2,7	1,0	38,1	6,6
Qst	Solarkollektorertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	16.000	2,9%	4,1	5,8	6,8	2,7	1,0	38,1	6,6
Qw	Wärmebedarf	399.791	73,5%	103,5	144,9	170,5	66,4	25,9	951,9	164,7
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	4.606	0,8%	1,2	1,7	2,0	0,8	0,3	11,0	1,9
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	395.185	72,7%	102,4	143,2	168,5	65,7	25,6	940,9	162,8
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	463.441	85,2%	120,0	167,9	197,7	77,0	30,1	1103,4	190,9
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	532.818	98,0%	138,0	193,1	227,2	88,5	34,5	1268,6	219,5

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
					fossil	regenerativ	solar			
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[t/a]	
Wärme	Schule	412.661	0	412.661	1.204.970	0	0	1.204.970	0,0%	384,6
	Turnhalle	73.339	0	73.339	214.150	0	0	214.150	0,0%	68,4
	Summe Wärme	486.000	0	486.000	1.419.120	0	0	1.419.120	0,0%	453,0
Strom	Schule	78.000	0	78.000	206.700	26.520	0	233.220	11,4%	50,5
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	0,0
	Summe Strom	78.000	0	78.000	206.700	26.520	0	233.220	11,4%	50,5
	Anteil Strom	13,8%	#DIV/0!	13,8%	12,7%	100,0%	#DIV/0!	14,1%		10,0%
	Summe Schule	490.661	0	490.661	1.411.670	26.520	0	1.438.190	1,8%	435,1
	Summe Turnhalle	73.339	0	73.339	214.150	0	0	214.150	0,0%	68,4
	Gesamtsumme	564.000	0	564.000	1.625.820	26.520	0	1.652.340	1,6%	503,4

Waldschule Tempelsee - Gymnasium



Bei der Waldschule Tempelsee handelt es sich um einen Stahlskelettbau von 1952, der durch einen Erweiterungsbau 1963, einen Pavillion 1973, einen überdachten Durchgang 1979 sowie eine Turnhalle im Jahre 1982 erweitert wurde.

Bei der energetischen Bewertung der Bauteile wurde die Klassifizierung nach EnEV in Ansatz gebracht, so dass vor einer Sanierungsmaßnahme in jedem Falle eine Prüfung der Bauteilqualität (U-Werbbestimmung) zu empfehlen ist.

Nach den vorliegenden Unterlagen besteht im energetischen Sinne Handlungsbedarf bei den folgenden Bauteilen der Schule:

Hauptgebäude/Erweiterungsbau

- Wand gegen Außenluft
- Wand gegen Erdreich
- Dach gegen Außenluft
- Fenster

Pavillion

- Wand gegen Außenluft
- Dach gegen Außenluft

Turnhalle

- Wand gegen Außenluft
- Dach gegen Außenluft

Verbindungsgang

- Dach gegen Außenluft
- Fenster

Die auszutauschenden Fenster wurden mit einem U-Wert von 5,8 und einem dazugehörigen, nach DIN V 4108-4 angesetzten g-Wert berechnet. Auch dieser Wert ist vor einer Gebäudesanierung unbedingt konkret zu messen und eine mögliche Sanierung darauf abzustimmen. Sowohl im Altbau, als auch im Neubau sind die flächenmäßigen Anteile an der Außenhülle bedeutend.

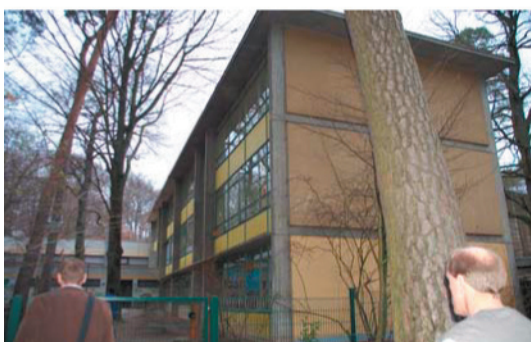


Bei der betrachteten Veränderung und den überschlägig ermittelten Kosten einer energetischen Sanierung, werden in der Folge die Bauteile Wand gegen Außenluft, Fenster, Türen und Dachfläche betrachtet.

Sicher wäre auch eine Dämmmaßnahme des Kellerbodens sowie der Kelleraußenwände energetisch sinnvoll, allerdings findet eine Betrachtung dieser Variante keine Berücksichtigung, da diese nur mit erheblichen und kostenintensiven Aufwand möglich ist. Sollte jedoch - beispielsweise durch einen Feuchteschaden - ohnehin Arbeiten an den Bauteilen durchgeführt werden (zum Beispiel Abdichtungsarbeiten an der Kelleraußenwand), so ist das zusätzliche Anbringen von Dämmmaterial dringend zu empfehlen.

Wand gegen Außenluft

Aufgrund der architektonisch interessanten Fassade und des in seine Umgebung integrierten Gesamtensembles des Haupt- sowie Nebengebäudes wird empfohlen, die Außenwände mit einer 8 cm starken, mit Gipskarton verkleideten, innenliegenden, zwischen Ständern angebrachten Wärmedämmung zu versehen. Bei dieser Lösung muss bedacht werden, dass das Aufbringen von Innendämmung eine Reduzierung des Klassenraumvolumens bzw. aller an den innenliegenden Wänden liegenden Räumen zur Folge hat. Gleichzeitig erfordert das Einbringen große Sorgfalt und Genauigkeit und eine detaillierte Planung der Maßnahme.



Die Berechnung kann dabei nur eine grobe Schätzung sein, da das vorliegende Daten- und Planmaterial nur eine überschlagene Aufwands- und Materialbedarfsrechnung ermöglicht. Nach der Berechnung würde der Transmissionswärmeverlust durch die Wand von ca. 70.000 kWh/Jahr auf etwa 16.000 kWh/Jahr sinken.

Fenster

Ein Austausch der Fenster ist an dieser Schule, vor allem in dem Haupt- sowie Nebengebäude, wie auch im Verbindungsgang, die energetisch sinnvollste Maßnahme, da hier die größten Energieeinsparungen zu erzielen sind. Mit einem Austausch der noch aus den 50er Jahren stammenden Fenster durch Fenster die dem heutigen Stand der Technik entsprechen ($U=1,1$) können nach der Berechnung ca. 243 kWh/Jahr eingespart werden, was annähernd 1/3 des heutigen Verbrauchs der gesamten Schule entspricht.



Dämmmaßnahmen Dach

Eine Sanierung des Dachs wird empfohlen. In den Berechnungen wird von der Aufbringung eines 10 cm starken Dämmpakets und der Abdichtung mit drei Lagen Bitumendachbahn ausgegangen.

Sonstiges

Im Zuge der energetischen Sanierungsmaßnahmen ist es darüber hinaus sinnvoll, die Klassenräume mit modernen Raumthermostaten auszustatten. Ebenso können die Fenster mit Öffnungswächtern versehen werden, so dass die Heiztechnik an die Fensteröffnung gekoppelt wird. Bei gekippten bzw. geöffneten Fenstern wird der darunter befindliche Heizkörper geschlossen und Energieverschwendung minimiert. Dieser unmittelbare Effekt kann von den Nutzern wahrgenommen und auch leicht verstanden werden und ruft das Thema Energie ins Bewusstsein.

Gleiches gilt für mögliche Bewegungsmelder hinsichtlich der Heizung und Lüftung oder auch der Beleuchtungssteuerung.

Es sollte eine Einweisung des Hausmeisters in die technischen Anlagen erfolgen, ebenso eine Einweisung der Lehrkräfte und den Hinweis auf Energiesparmaßnahmen durch das Nutzerverhalten. Vom Zeitpunkt her sollte eine solche Veranstaltung zu Beginn der Winterzeit, beispielsweise nach den Herbstferien stattfinden.

In den Projektwochen der Schule oder in Arbeitsgruppen könnten auch Projekte direkt zu diesem Thema angeboten werden, um Schülern und Kollegium Einsparpotentiale aufzuzeigen.

Turnhalle



Die Turnhalle ist insgesamt in einem durchschnittlichen Zustand.

Unabhängig der Betrachtung der Gebäudehülle sollte das gesamte Wärmeabgabesystem der Turnhalle einer Prüfung unterzogen werden, gerade im Hinblick auf ein Zusammenwirken mit einer neuen, verbesserten Fassade.

Die Fenster des Pavillons sowie der Turnhalle haben im Bestand einen besseren U-Wert als die Fenster der Schulgebäude, wodurch ein Austausch nicht dringend notwendig ist, dieser allerdings empfohlen wird.

Dämmmaßnahmen Dach

Im Bereich des Daches sind Dämmmaßnahmen ebenfalls sinnvoll und möglich, da diese in der nächsten Zeit durch die vorhandenen Mängel ohnehin anstehen. In diesem Zusammenhang kann in einem Arbeitsgang eine neue Dämmung aufgebracht werden.

Dämmmaßnahmen der Außenwand

Für die in den 80er Jahren angefügte Turnhalle wird die Anbringung eines WDVS, bestehend aus 10 cm Dämmung und einem mineralischem Putz vorgeschlagen. Diese Maßnahme hätte eine Reduzierung des Transmissionswärmeverlusts von ca. 12.000 kWh/Jahr auf ca. 4.000 kWh/Jahr zur Folge.

Pavillion

Dämmmaßnahmen der Außenwand

Für den in den 70er Jahren erbauten Pavillion wird ebenfalls die Anbringung eines WDVS, bestehend aus 10 cm Dämmung und einem mineralischem Putz vorgeschlagen. Diese Maßnahme hätte eine Reduzierung des Transmissionswärmeverlusts von ca. 25.000 kWh/Jahr auf ca. 6500 kWh/Jahr zur Folge.

Die Fenster des Pavillions haben im Bestand einen besseren U-Wert als die Fenster der Schulgebäude, wodurch ein Austausch nicht dringend notwendig ist, dieser allerdings empfohlen wird.



Dämmmaßnahmen Dach

Im Bereich des Pavillondaches sind Dämmmaßnahmen ebenfalls sinnvoll und möglich, da diese in der nächsten Zeit durch die vorhandenen Mängel ohnehin anstehen.

In diesem Zusammenhang kann in einem Arbeitsgang eine neue Dämmung aufgebracht werden.

Kostenüberschlag der energetischen Verbesserungsmaßnahmen Tempelsee

Kosten Schulgebäude

DIN	AK	AA	Bezeichnung	Einheit	Preis	Menge	MWST	Gesamtkosten
276				m ²	EUR	m ² /EP	1,02586	EUR
345	1	21	Dämmung zwischen Ständer, inkl.GKP	1	65	813	1,02586	54.212 €
			Fenster austausch	1	350	644	1,02586	231.229 €
345	1	21	Dämmung zwischen Ständer, inkl.GKP	1	65	388	1,02586	25.872 €
353	1	2	PS-Hartschaum	1	25	1045	1,02586	26.801 €
363	12	2	Bitumenbahn 3-lagig	1	71	1045	1,02586	76.114 €
Summe								
311.313 €								

Kosten Verbindungsgang

			Fenster austausch	1	350	162	1,02586	58.166 €
353	1	2	PS-Hartschaum	1	25	121	1,02586	3.103 €
363	12	2	Bitumenbahn 3-lagig	1	71	121	1,02586	8.813 €
Summe ges.								
61.270 €								

Kosten Turnhalle

335	46	11	PS-Hartschaum mit Mineralputz	1	102	373	1,02586	39.030 €
353	1	2	PS-Hartschaum	1	25	1045	1,02586	26.801 €
363	12	2	Bitumenbahn 3-lagig	1	71	1045	1,02586	76.114 €
Summe ges.								
65.831 €								

Kosten Pavillon


DIN 276	AK	AA	Bezeichnung	Einheit m ²	Preis EUR	Menge m ² /EP	MWST 1,02586	Gesamtkosten EUR
335	46	11	PS-Hartschaum mit Mineralputz	1	102	414	1,02586	43.320 €
353	1	2	PS-Hartschaum	1	25	256	1,02586	6.566 €
363	12	2	Bitumenbahn 3-lagig	1	71	256	1,02586	18.646 €

Summe

68.532 €

Summe Schule, Turnhalle und Pavillon

441.115 €

Waldschule Tempelsee V01		Schulart: Grundschule I Baujahr: Schule 1952 / 1978; Turnhalle 1982							
	Schulgebäude				Summe	Turnhalle			
	absolut	EBF 3536 m²	Schüler 300	Betriebszeit 1110 h	absolut (1,096)	absolut	EBF 785 m²	DIN-Felder 4	Betriebszeit 3150 h
	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Pers]	[kWh/h]	[kWh]	[kWh]	[kWh/m²]	[kWh/Feld]	[kWh/h]
Gesamtwärmeverbrauch gemessen	373.635	105,7	1.245	336,6	635.250	261.615	333,3	65.404	83,1
Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	409.629	115,9	1.365	369,0	696.446	286.817	365,4	71.704	91,1
Gesamtwärmebedarf berechnet	207.095	58,6	690	186,6	349.080	141.985	180,9	35.496	45,1
Differenz absolut	-202.533	-57,3	-675,1	-182,5	-347.366	-144.832	-184,5	-36.208	-46,0
Differenz [%]	-49,4%				-49,9%	-50,5%			
Strombedarf gemessen	45.000	12,7	150	40,5	45.000	0	0,0	0	0,0

Übersicht Energieströme (Rechenwerte)									
	Transmissionsverluste	Lüftungsverluste	Energiebedarf TWW	Wärmeverluste	solare Gewinne	interne Gewinne + Speicher	Solare Energieerzeugung	Einsparung Nutzer und Technik	Gesamtwärmebedarf
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Schulgebäude	224.084	124.046	0	348.130	95.080	43.863	0	2.092	207.095
Turnhalle	47.848	100.128	22.000	169.977	13.753	11.341	0	2.898	141.985
Summe	271.932	224.175	22.000	518.107	108.833	55.204	0	4.990	349.080
Anteil Turnhalle	17,6%	44,7%	100,0%	32,8%	12,6%	20,5%	0,0%	58,1%	40,7%

Heizwärmebedarf Schulgebäude und Turnhalle / absolut und relativ (Rechenwerte)										
	Wärmeströme	Wert absolut	Verteilung	pro EBF	pro Nutzfläche	pro Fläche Klassen	pro Hüllfläche	pro Volumen	pro Schüler	pro Betrieb
	Bezugsgröße			4.321 m²	2.903 m²	1.832 m²	7.461 m²	17.670 m³	300	2130 h
		[kWh/a]	[%]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m³a]	[kWh/Pers]	[kWh/h]
Qt	Transmissionsverluste	271.932	54,8%	62,9	93,7	148,4	36,4	15,4	906,4	127,7
Qv	Lüftungsverluste	224.175	45,2%	51,9	77,2	122,4	30,0	12,7	747,2	105,2
Ql	Summe Verluste	496.107	100%	114,8	170,9	270,8	66,5	28,1	1653,7	232,9
Qs	Solare Gewinne	108.833	21,9%	25,2	37,5	59,4	14,6	6,2	362,8	51,1
Qi	Interne Gewinne	55.204	11,1%	12,8	19,0	30,1	7,4	3,1	184,0	25,9
Qsp	Speichermasse	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qg	Summe Gewinne	164.037	33,1%	38,0	56,5	89,5	22,0	9,3	546,8	77,0
Qh	Heizwärmebedarf	332.070	66,9%	76,9	114,4	181,3	44,5	18,8	1106,9	155,9
Qtw	Wärmebedarf TWW	22.000	4,4%	5,1	7,6	12,0	2,9	1,2	73,3	10,3
Qst	Solkollektorsertrag	0	0,0%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qtw	Summe TWW	22.000	4,4%	5,1	7,6	12,0	2,9	1,2	73,3	10,3
Qw	Wärmebedarf	354.070	71,4%	81,9	122,0	193,3	47,5	20,0	1180,2	166,2
Qu	Minderung durch Nutzerintegration	4.990	1,0%	1,2	1,7	2,7	0,7	0,3	16,6	2,3
Q1	Gesamtwärmebedarf mit Einflussfaktoren	349.080	70,4%	80,8	120,2	190,5	46,8	19,8	1163,6	163,9
Q2	Gesamtwärmebedarf unter Normbedingungen	352.783	71,1%	81,7	121,5	192,6	47,3	20,0	1175,9	165,6
Q3	Gesamtwärmeverbrauch witterungsbereinigt	696.446	140,4%	161,2	239,9	380,1	93,3	39,4	2321,5	327,0

Energie- und Umweltbilanz nach Realverbrauch (nicht witterungsbereinigt)										
		Nutzenergie	Summe Verluste	Endenergie	Primär-Energie			Anteil regenerativ	CO2-Äquivalent	
		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	fossil	regenerativ	solar	gesamt		regenerativ [%]
Wärme	Schule	373.635	23.849	397.484	449.157	3.975	0	453.132	0,9%	124,0
	Turnhalle	261.615	10.901	272.516	307.943	2.725	0	310.668	0,9%	85,0
	Summe Wärme	635.250	34.750	670.000	757.100	6.700	0	763.800	0,9%	209,0
Strom	Schule	45.000	0	45.000	119.250	15.300	0	134.550	11,4%	29,1
	Turnhalle	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	0,0
	Summe Strom	45.000	0	45.000	119.250	15.300	0	134.550	11,4%	29,1
	Anteil Strom	6,6%	0,0%	6,3%	13,6%	69,5%	#DIV/0!	15,0%		12,2%
	Summe Schule	418.635	23.849	442.484	568.407	19.275	0	587.682	3,3%	153,1
	Summe Turnhalle	261.615	10.901	272.516	307.943	2.725	0	310.668	0,9%	85,0
	Gesamtsumme	680.250	34.750	715.000	876.350	22.000	0	898.350	2,4%	238,2

Teil D Ökologie und Umwelt

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit den ökologischen Werten der Schulen und vergleicht die Gebäude hinsichtlich ihres Primärenergieverbrauchs sowie der CO²-Emissionen.

Bei dieser Betrachtung werden die gemessenen Verbrauchswerte, also die realen Verbräuche gegenübergestellt.

Aufgezeigt werden diese Zusammenhänge für:

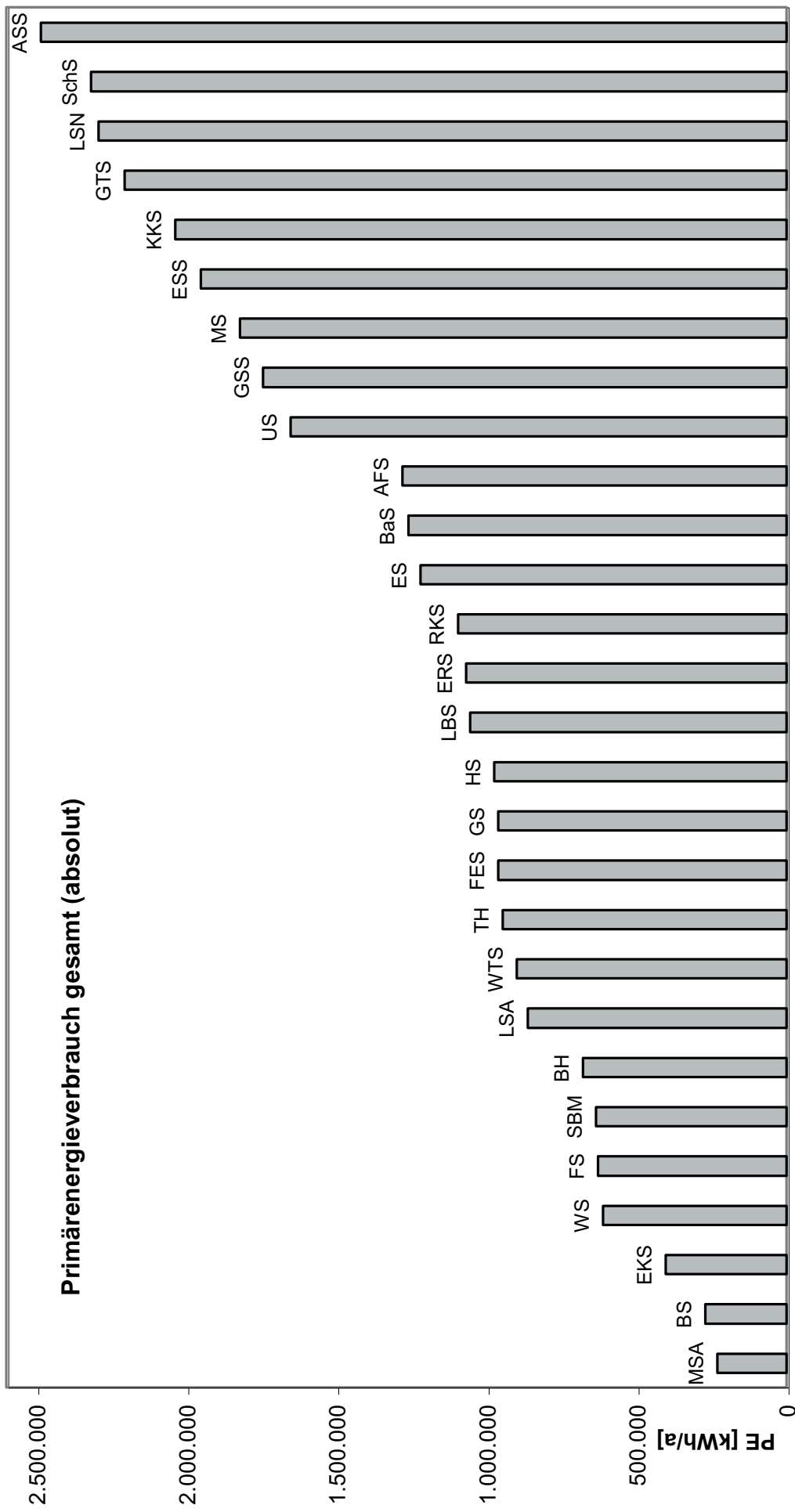
- den Primärenergieverbrauch für Strom (absolut),
- den Primärenergieverbrauch gesamt (absolut),
- den Primärenergieverbrauch für Wärme (absolut),
- den Primärenergieverbrauch für Wärme (pro Energiebezugsfläche),
- den Primärenergieverbrauch für Wärme (pro Schüler),
- den Primärenergieverbrauch gesamt (pro Schüler),
- die CO²- Emission für Wärme (absolut),
- die CO²- Emission für Strom (absolut),
- die CO²-Emissionen (gesamt),
- die CO²-Emission für Wärme (pro EBF) und
- die CO²-Emission für Wärme (pro Schüler).

Gerade im Hinblick auf Sanierungsmaßnahmen, die das Ziel verfolgen den Primärenergieverbrauch der Schulgebäude und Turnhallen zu reduzieren, liefern die graphischen Darstellungen wichtige Hinweise und zeigen den Stand der Baukörper auf.

Gleiches gilt für Maßnahmen, die eine Reduzierung des CO²- Ausstoßes zum Ziel haben, ein Ziel, zudem sich die Stadt Offenbach im Rahmen des Beitritts zum kommunalen Klimaschutzbündnis verpflichtet hat. Sollten unter diesem Gesichtspunkt Veränderungs-/ Verbesserungsmaßnahmen auch an Schulen angestrebt werden, so enthalten die hier aufgezeigten Darstellungen entscheidende Zusammenhänge.

Sie dokumentieren den Ist-Zustand und zeigen im Zusammenhang mit den in Abschnitt 3 beschriebenen Sanierungsvarianten Einsparpotentiale auf – zunächst auf Maßnahmen an der Gebäudehülle beschränkt.

Bei der Betrachtung des Primärenergieverbrauchs und der CO²-Emissionen spielt auch die Anlagentechnik zur Erzeugung der Wärme sowie der Stromverbrauch eine entscheidende Rolle. Dies zeigt sich beispielsweise bei der Uhlandschule, die bei dieser Betrachtung durch ihre strombetriebenen Nachtspeicheröfen schlechte Werte aufweist.



Primärenergieverbrauch gesamt (absolut)

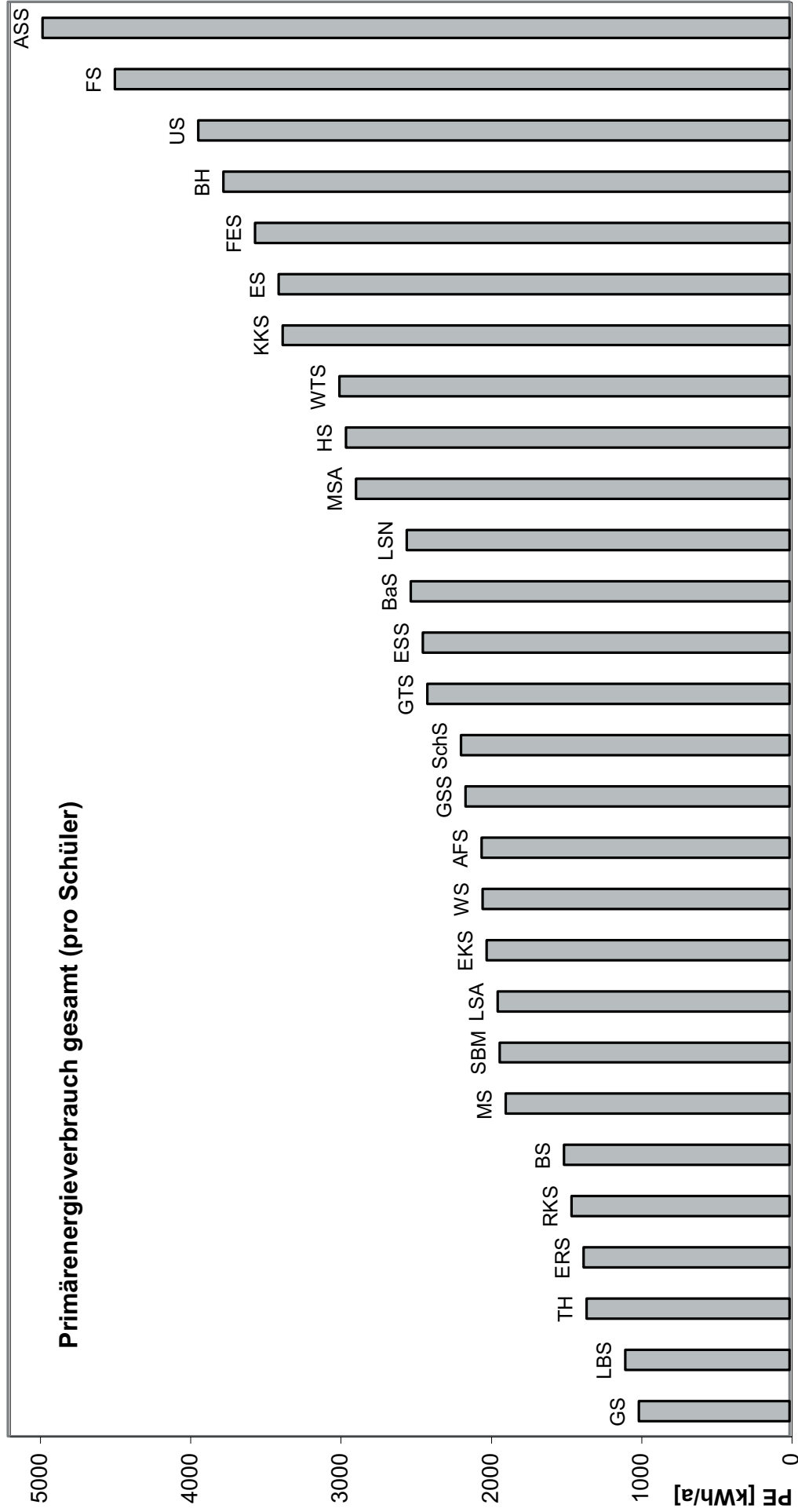
In dieser Graphik ist für Schule und Turnhalle gemeinsam der Primärenergieverbrauch dargestellt. Dieser Verbrauchswert beinhaltet sowohl den Verbrauch für Strom, als auch den Verbrauch der Primärenergie für die Wärmeerzeugung.

Auch hier spiegelt sich in einem gewissen Umfang die Größe der Schule wieder.

Allerdings hat auch die Art der Energieerzeugung einen wesentlichen Einfluss auf den Wert.

Die Albert-Schweitzer Schule hat in dieser Betrachtung den größten Wert, gefolgt von der Schillerschule.

Am unteren Rand der Graphik finden sich kleine Schulen, wie die Außenstelle der Mathildenschule und die Schule Bieber Waldhof.

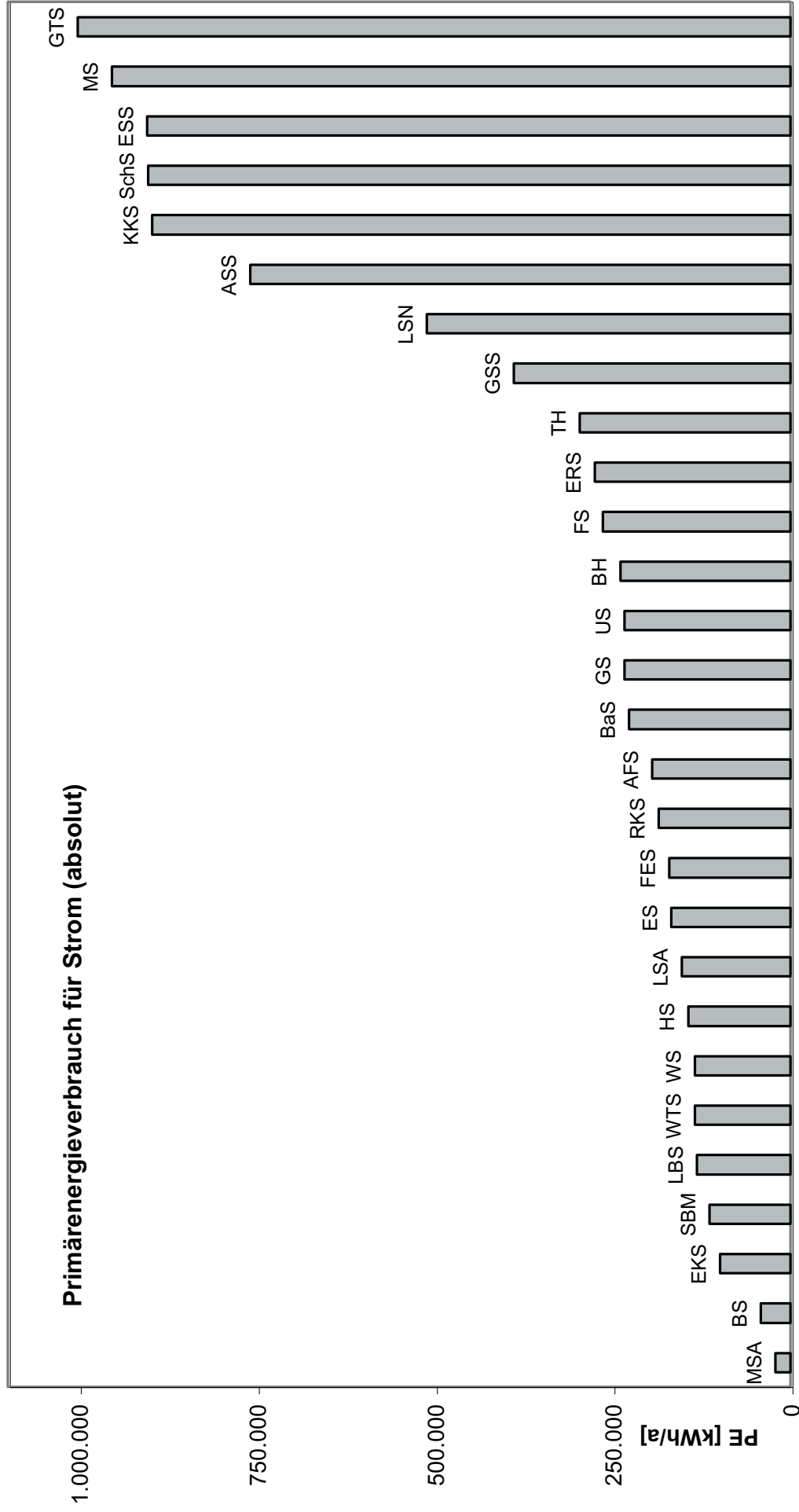


Primärenergieverbrauch gesamt (pro Schüler)

Diese Graphik zeigt den Primärenergieverbrauch von Schule und Turnhalle bezogen auf die Schüler.

Hier ist die Zahl der Schüler in gewisserweise variabel, jedoch ist die Größe der Schule dadurch mit einbezogen. Den schlechtesten Wert hat auch hier die Albert - Schweitzer Schule, gefolgt von der Fröbelschule.

An dritter Stelle liegt - bedingt durch den hohen Stromverbrauch die Uhlandschule.

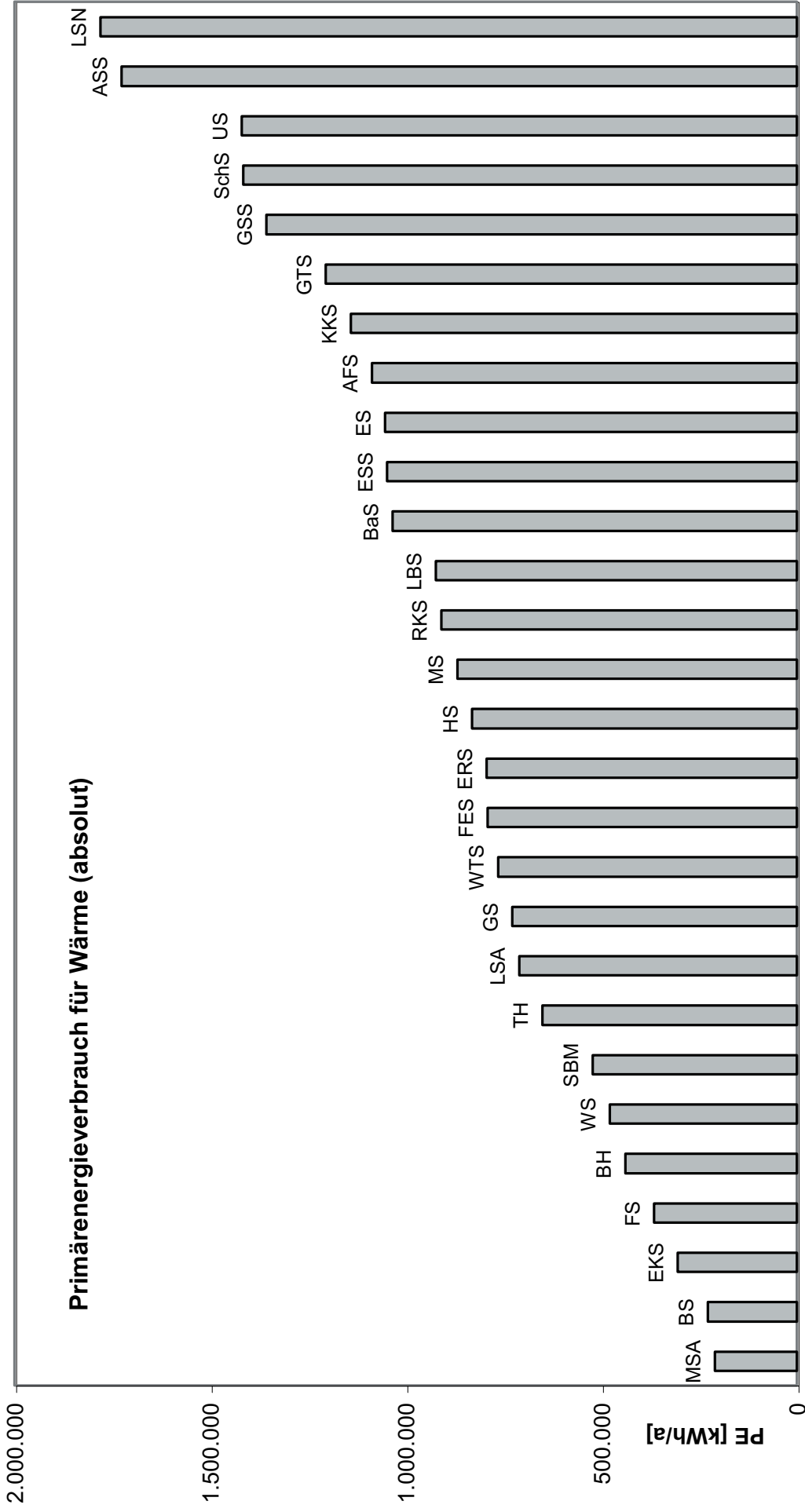


Primärenergieverbrauch für Strom (absolut)

Diese Graphik zeigt, quantitativ geordnet, den absoluten (gemessenen) Stromverbrauch der Schulen. Dabei kann allgemein gesagt werden, dass der Verbrauch nach Größe der Schule zunimmt.

Unabhängig dieser Tatsache lässt die Graphik erkennen, dass nach einem schwach-stetigen Anstieg der Schulen zwischen der Leibnizschule Neubau und der Albert-Schweitzer Schule ein starker Anstieg zu verzeichnen ist.

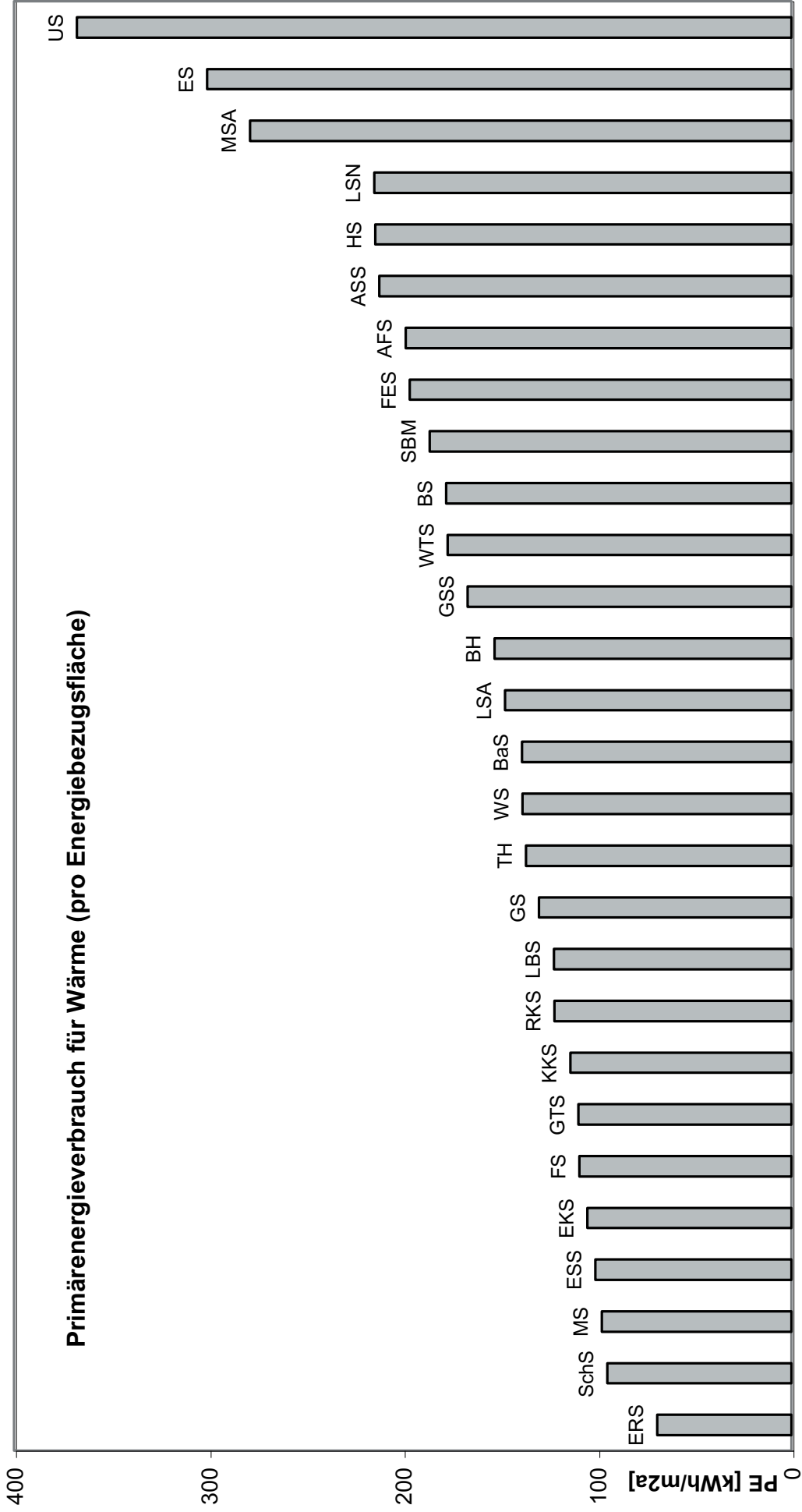
Den höchsten Wert haben die Mathildenschule und die Berufsschule Gewerblich-Technische.



Primärenergieverbrauch für Wärme (absolut)

Diese Graphik zeigt den eingesetzten Primärenergiebedarf für Wärme der betrachteten Schulen. Auch hier ist eine Grundordnung der Schulen in ihrer Größe feststellbar. Darüber hinaus ist auffällig, dass die Uhlandschule (mit Nachtspeicheröfen und damit primärenergetisch sich nachteilig auswirkendem Strom beheizt) an die dritte Stelle rückt. Vor ihr liegen die Albert-Schweitzer Schule und die Leibnizschule Neubau.

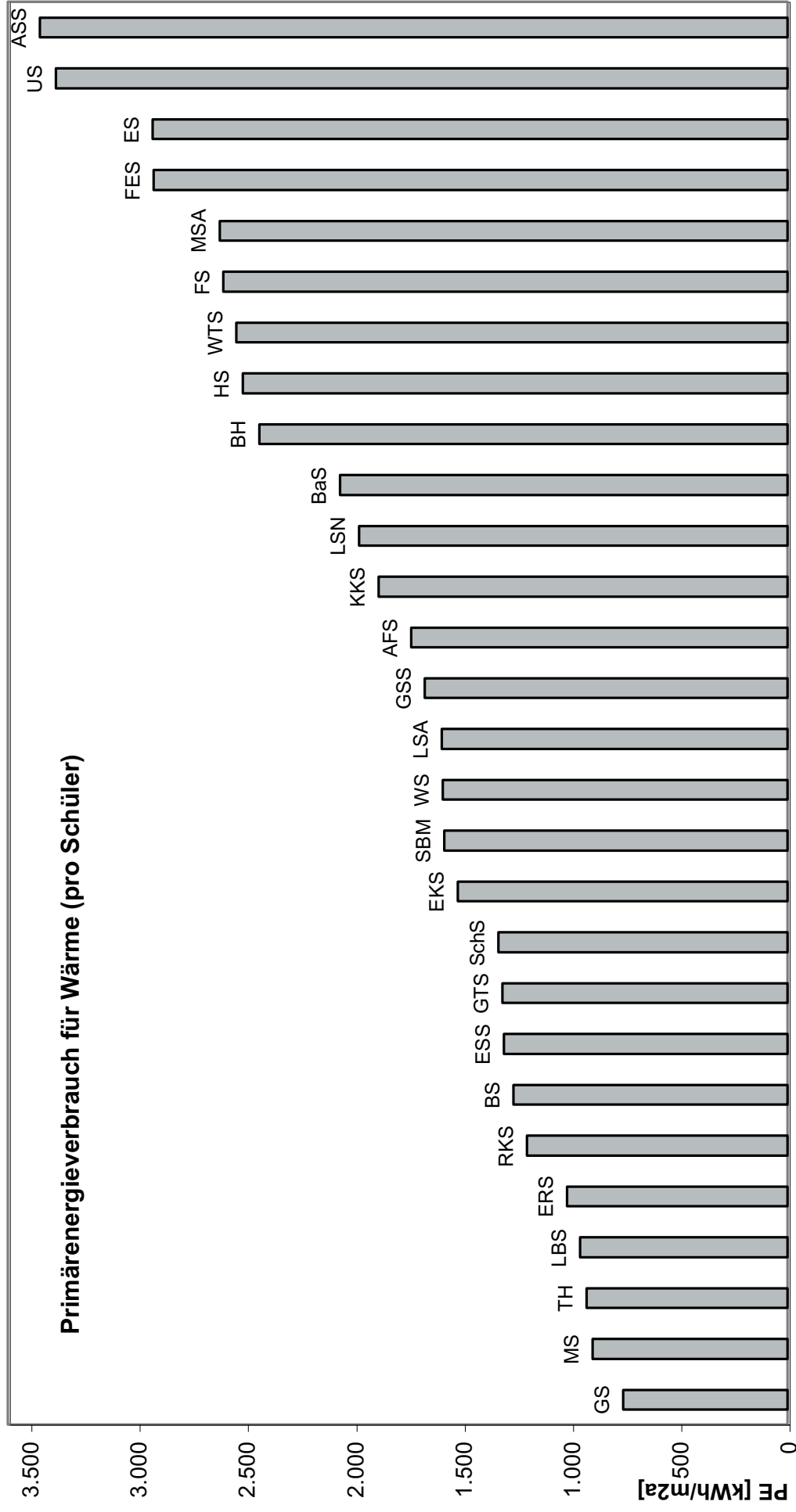
Primärenergieverbrauch für Wärme (pro Energiebezugsfläche)



Primärenergieverbrauch für Wärme (pro Energiebezugsfläche)

Diese Graphik bezieht die verbrauchte Primärenergie für die Wärmeerzeugung auf die Energiebezugsfläche und macht so die Schulen hinsichtlich der Bezugsfläche vergleichbar. Erwartungsgemäß liegt hier die Uhlandschule aufgrund ihrer Wärmeerzeugung durch Strom an erster Stelle. Ihr folgt die Eichendorffschule gefolgt von der Mathildenschule Außenstelle, also zwei Schulen, die in den 50er Jahren erbaut worden sind.

Am schonensten im Hinblick auf den Primärenergieverbrauch pro Energiebezugsfläche und damit mit dem geringsten Wert berechnet ist die Ernst-Reuter-Schule, die baulich jüngste untersuchte Schule.



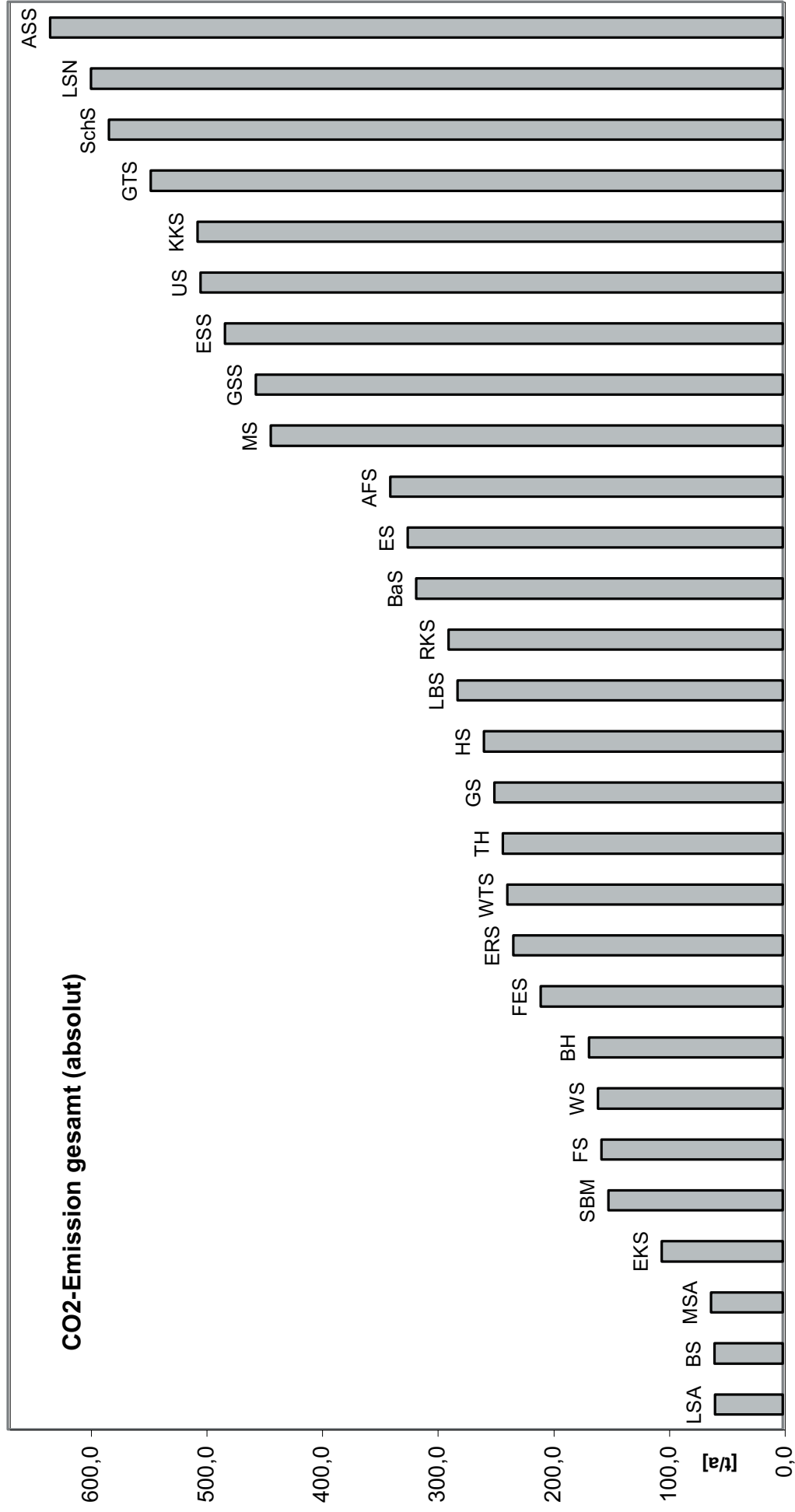
Primärenergieverbrauch für Wärme (pro Schüler)

Diese Auswertung bezieht die verbrauchte Primärenergie auf die Schüler.

Auch wenn die Schülerzahlen Jahr für Jahr in einem gewissen Spektrum schwanken, so lassen sich doch diesbezüglich - unter Berücksichtigung der anderen Graphiken - Aussagen hinsichtlich des Umgangs mit Energie treffen.

Wieder findet sich die mit Nachtstrom beheizte Uhlandschule an der Spitze, die jedoch von der Albert-Schweitzer Schule noch übertroffen wird.

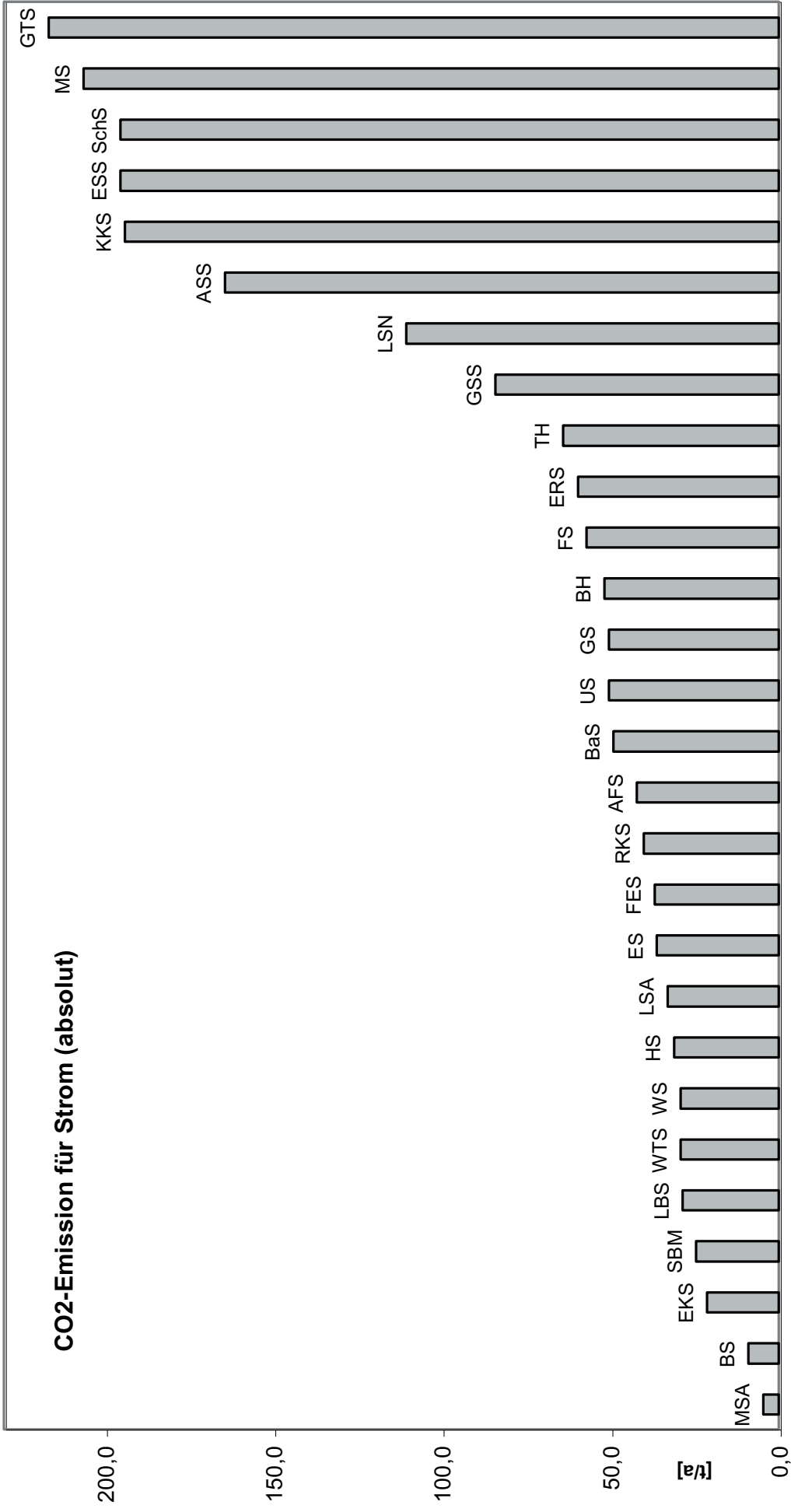
Goetheschule und Mathildenschule liegen in dieser Betrachtung vorne und haben von allen untersuchten Schulen den geringsten Primärenergieverbrauch für Wärme pro Schüler.



CO²-Emissionen (gesamt)

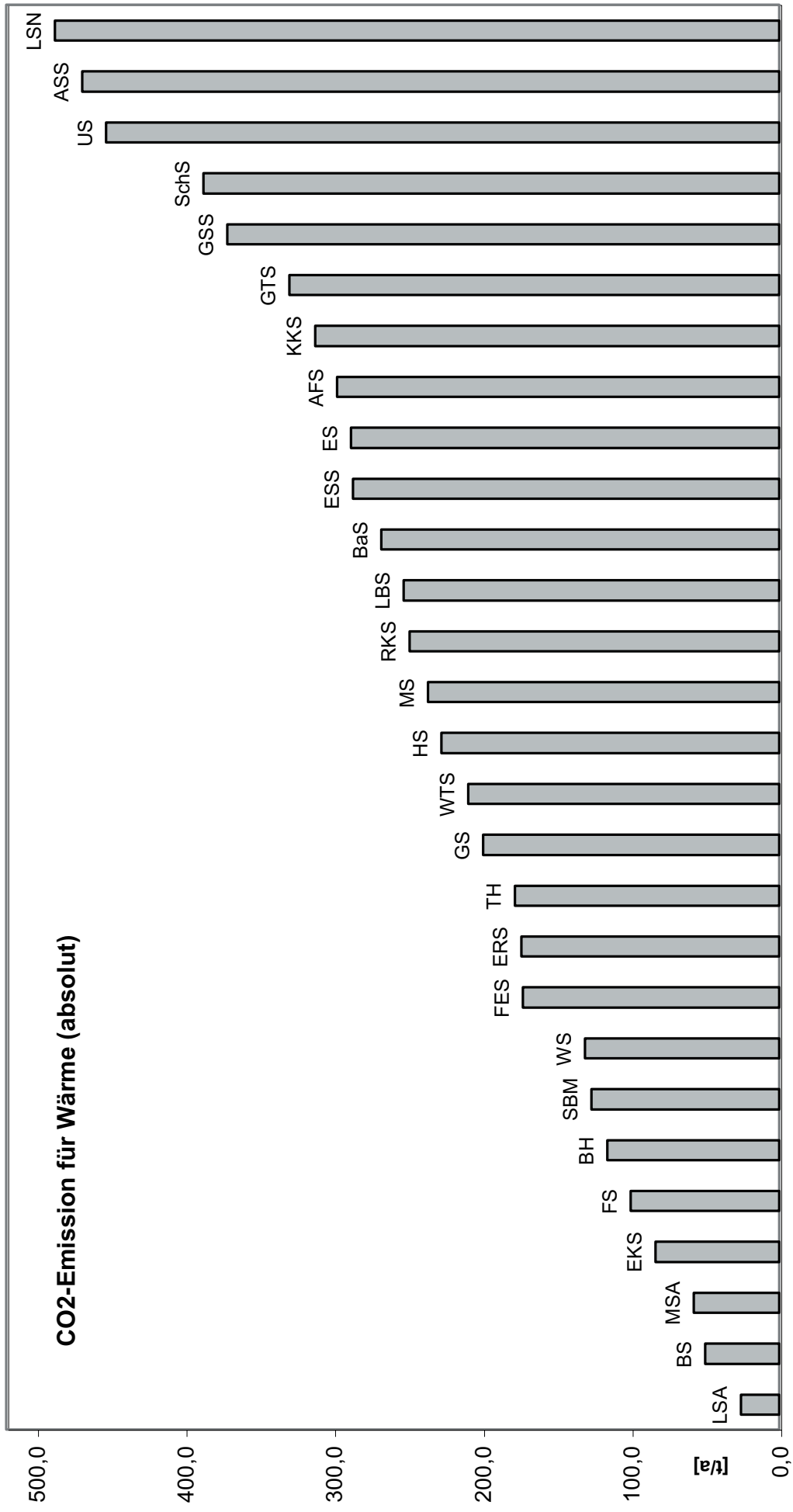
Bei der Analyse der gesamten CO² - Emissionen der Schule steht die Albert-Schweitzer Schule an erster Stelle, gefolgt von der Leibnizschule und der Schillerschule. Kleine Schulen weisen hier niedrigere Werte auf.

CO2-Emission für Strom (absolut)



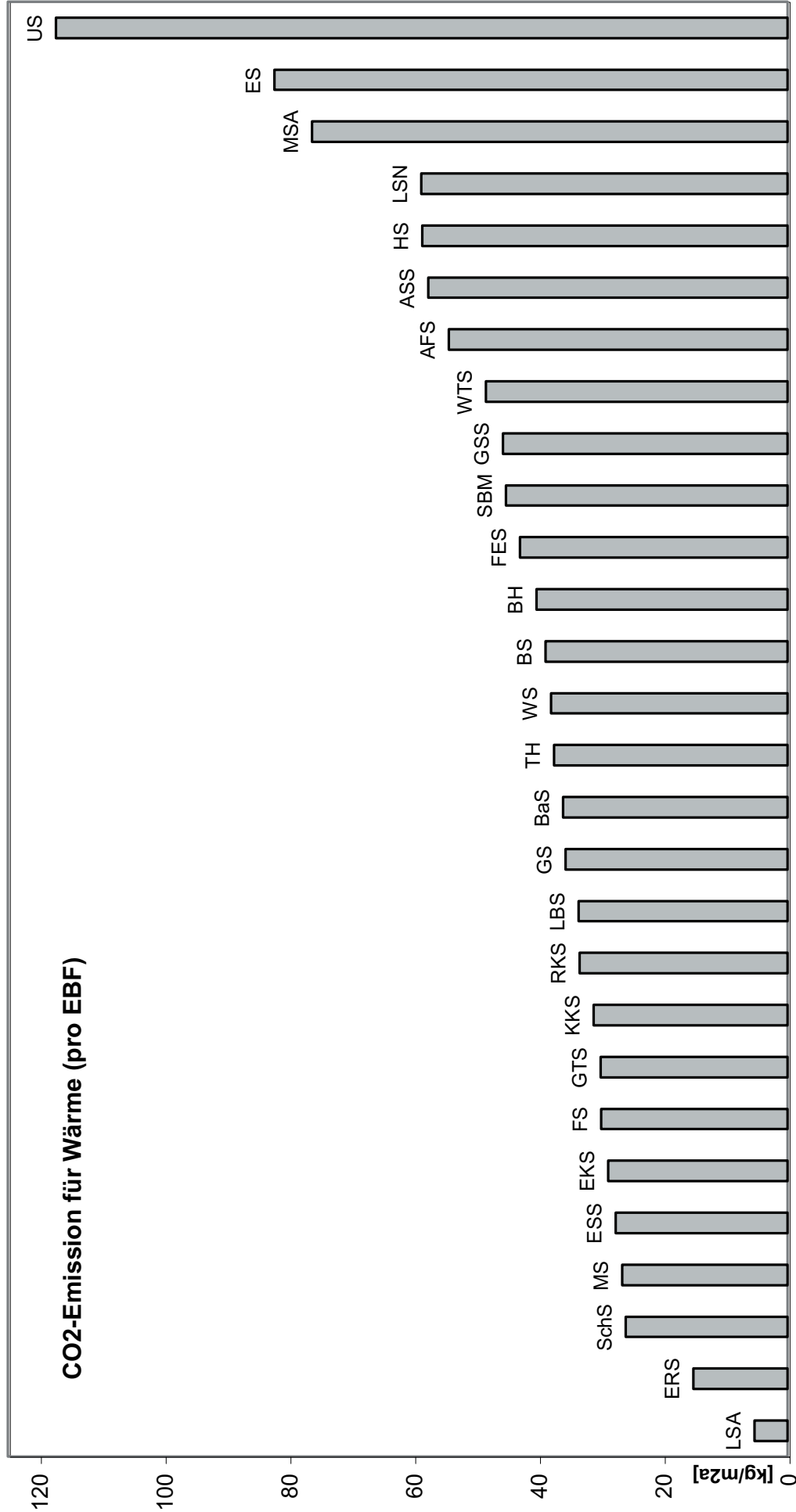
CO²-Emission für Strom (absolut)

Bei dieser Betrachtung schneidet die Gewerblich-Technische Schule am schlechtesten ab, da sie wie bei der Graphik 'Kosten für Strom' beschrieben, den größten Strom - und damit auch die größte CO² - Emission zu Folge hat, gefolgt von der Mathildenschule und der Schillerschule.



CO²- Emission für Wärme (absolut)

Bei dieser Auswertung spielt die Betrachtung der Größe der Schule eine nicht untergeordnete Rolle. Dennoch schneidet die Leibnizschule Altbau am besten ab, da diese mit einer CO² - günstigen Holz - Pelletheizung gewärmt wird. Die schon im Hinblick auf die Primärenergie ungünstigen Schulen, wie Leibnizschule Neubau und Albert-Schweitzer Schule liegen auch hier bei den schlechten Werten vorne.

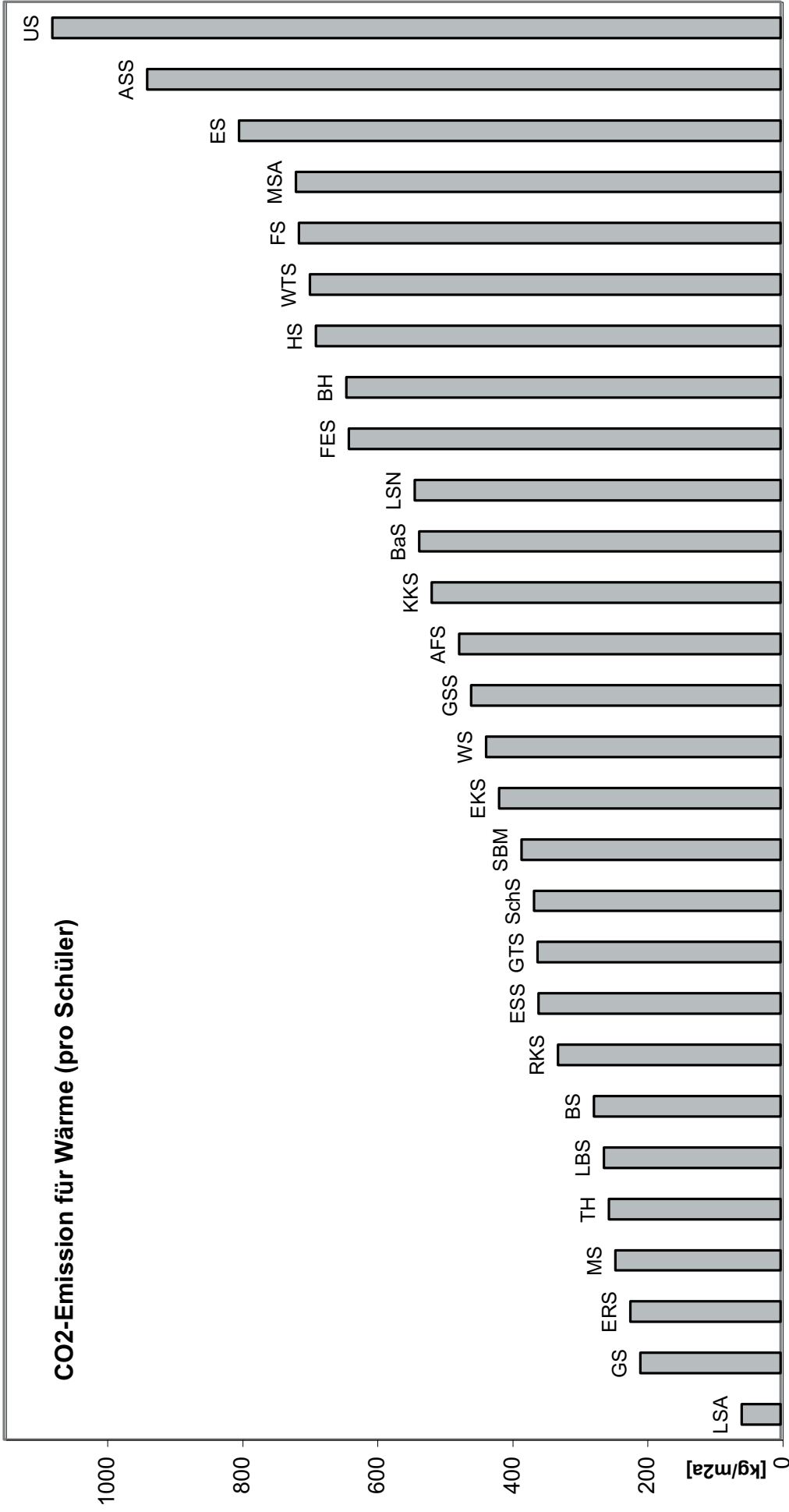


CO²-Emission für Wärme (pro EBF)

Die Graphik ermöglicht den Vergleich der Schulen im Hinblick auf die CO² - Emissionen pro Energiebezugsfläche. Hier schneidet die Uhlandschule bedingt durch die Wärmeerzeugung (Strom) am schlechtesten ab, gefolgt von der Eichendorffschule und der Mathildenschule Aussenstelle.

Am günstigen schneidet die Leibnizschule Altbau ab (Turnhalle im Schulgebäude integriert und somit energetisch besser) sowie die Ernst-Reuter Schule (neuster Schulbau) ab.

CO2-Emission für Wärme (pro Schüler)

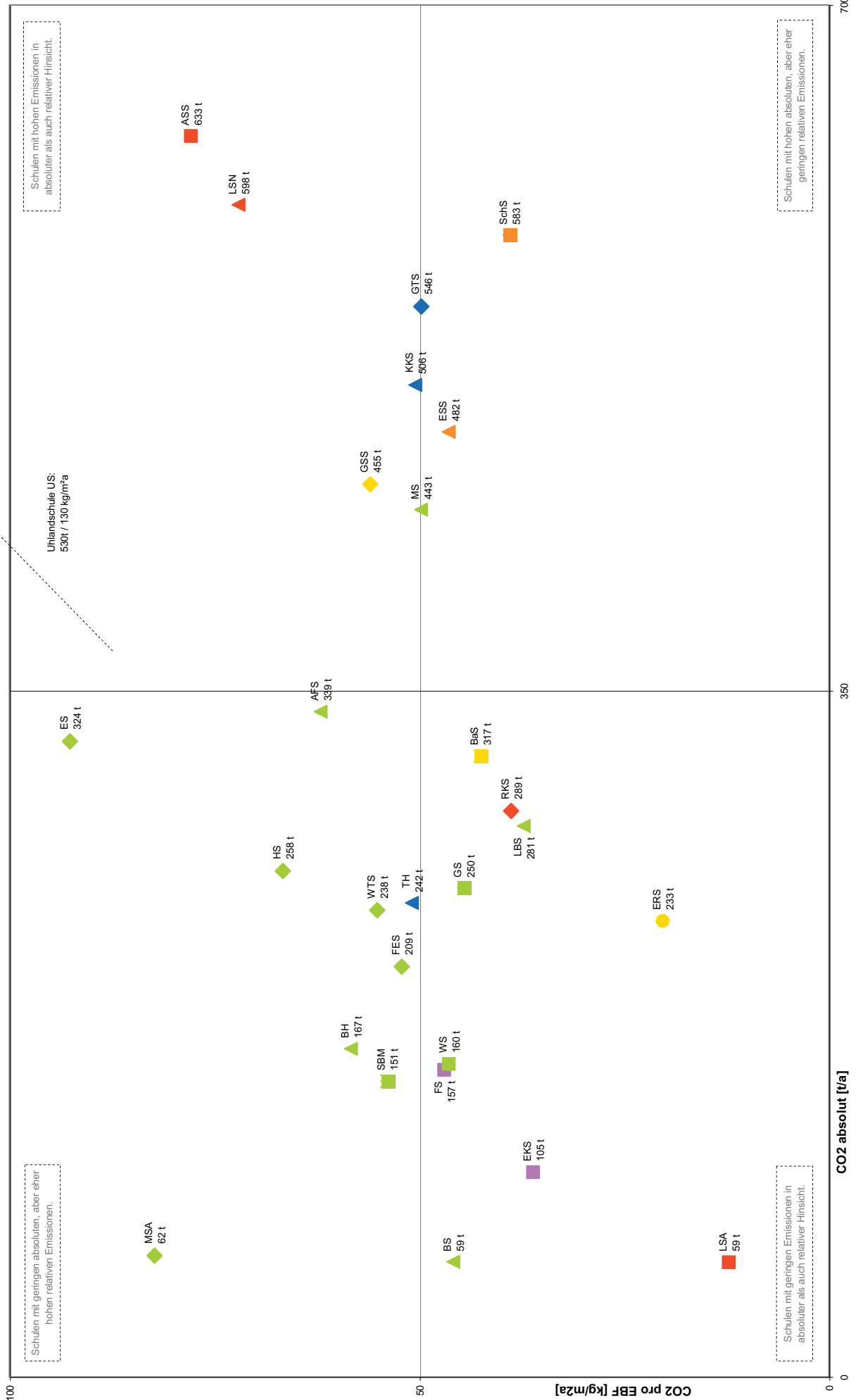


CO²-Emission für Wärme (pro Schüler)

Die Graphik ermöglicht den Vergleich der Schulen im Hinblick auf die CO² - Emissionen pro Schüler und ermöglicht einen Vergleich der einzelnen Schulen zueinander.

Auch hier schneidet die Uhlandschule bedingt durch die Wärmeerzeugung (Strom) am schlechtesten ab, gefolgt von der Albert-Schweitzer Schule und dann mit etwas Abstand, der Eichendorffschule und die Mathildenschule Aussenstelle. Am günstigsten sind die Leibnizschule Altbau, die Goetheschule sowie die Ernst-Reuter Schule (neuster Schulbau).

CO₂-Emission infolge Gesamt-Energiekonsum (Strom+Wärme) - absolut Wert / pro Energiebezugsfläche



Schulen mit geringen absoluten, aber eher hohen relativen Emissionen.

Schulen mit hohen Emissionen in absoluter als auch relativer Hinsicht.

Schulen mit geringen Emissionen in absoluter als auch relativer Hinsicht.

Schulen mit hohen absoluten, aber eher geringen relativen Emissionen.

CO₂ absolut [t/a]

350

700

CO²-Emission infolge Gesamt-Energiekonsum (Strom + Wärme) - absolut Wert / pro Energiebezugsfläche

In dieser Graphik wird aufgezeigt, welche Schule bezogen auf die Energiebezugsflächen den größten CO² - Ausstoß aufweisen. Dabei werden die Energien Strom und Wärme addiert - also die Gesamtemissionen zu Grunde gelegt.

Mit großem Abstand weist die Uhlandschule den schlechtesten relativen Wert auf. Die Abweichung zu den anderen Schulen ist so groß, dass sie sogar aus der Graphik herausfällt. Auch in der absoluten Betrachtung liegt der Wert bei 530 Tonnen pro Jahr und damit an fünfter Stelle.

Spitzenreiter bei der Absolutwertbetrachtung ist die Albert-Schweitzer Schule mit 633 Tonnen pro Jahr, gefolgt von der Leibnizschule Neubau und der Schillerschule, die allerdings im Bezug auf die CO² - Emission pro Energiebezugsfläche gute Werte aufweist.

Bezogen auf die Energiebezugsfläche liegt die Eichendorffschule mit einem Wert von 92,6 kg/m²a hinter der Uhlandschule und erzeugt somit die zweitgrößte Menge CO² bezogen auf die Fläche.

Gute Ergebnisse in der Betrachtung insgesamt liefern die Leibnizschule Altbau mit einem Absolutwert von 59t /a und 12,2kg/m²a relativ sowie die Ernst-Reuter Schule mit 233t/a und 20,3 kg/m²a.