

Science College Overbach

Bestätigen die Messergebnisse die nach DIN V 18599 vorausgerechneten Bedarfswerte?



Dipl.-Ing. (FH) Sascha Röther
Solar-Institut Jülich, FH-Aachen
EnEff:Schule-Workshop Olbersdorf, 25.10.2012



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

Themen

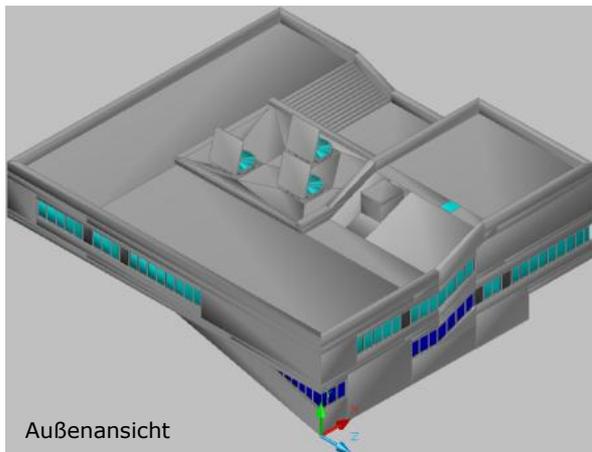
Inhalte

- Berechnung nach DIN V 18599
 - Zonierung
 - Bauteile
 - Anlagentechnik
 - Ergebnisse
- Verbrauchswerte aus Monitoring
 - Daten-Ausgangslage
 - Berechnung der Kennwerte
 - Ergebnisse
- Vergleich, Fazit

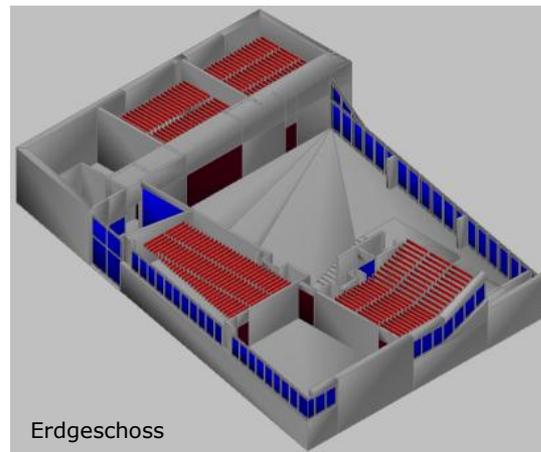
Berechnung nach DIN V 18599

Gebäudebeschreibung

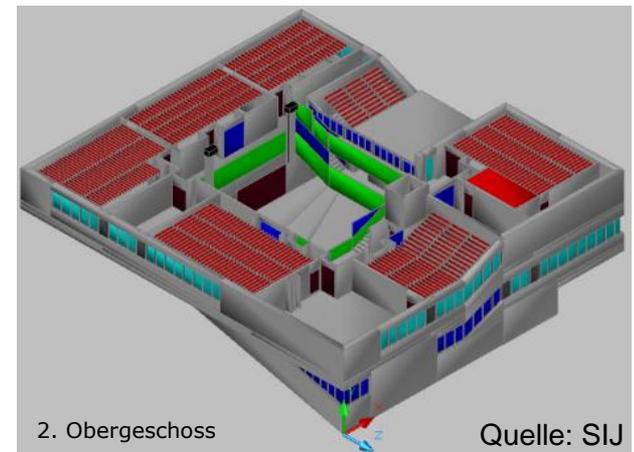
- Gebäude in Massivbauweise
- spiralförmig um zentrales Forum
- 5 gegeneinander versetzte Geschossebenen
- Verschiedene Unterrichtsräume



Außenansicht



Erdgeschoss



2. Obergeschoss

Quelle: SIJ

Berechnung nach DIN V 18599

Zonierung

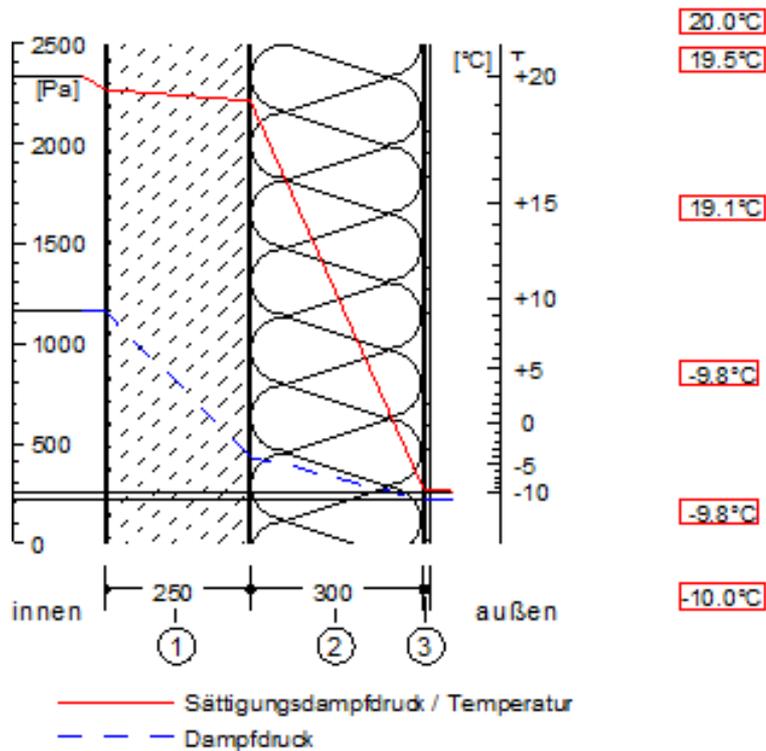
Zone	Typ (DIN V 18599)	A _{NGF} [m ²]	V [m ³]
<1> Unterricht Nord	Klassenzimmer (8)	228	683
<2> Unterricht Ost	Klassenzimmer (8)	233	880
<3> Unterricht Süd	Klassenzimmer (8)	135	405
<4> Unterricht West	Klassenzimmer (8)	191	604
<5> Sammlung	Sonstige Aufenthaltsräume (17)	217	652
<6> Forum	Sonstige Aufenthaltsräume (17)	454	1952
<7> Verkehrsflächen	Verkehrsflächen (19)	101	326
<8> Sanitärräume	Sanitärraum (16)	68	210
<9> Technik	Lager, Technik (20)	235	431
	Summe	1.860	6.142

Alle Berechnungs-Ergebnisse zur DIN V 18599 basieren auf dem EnEV-Nachweis vom 22.02.2010.
(ifas – Institut für akustische Signalanalyse)

Berechnung nach DIN V 18599

Bauteile (opak)

- Außenwand mit WDVS



(1) Beton

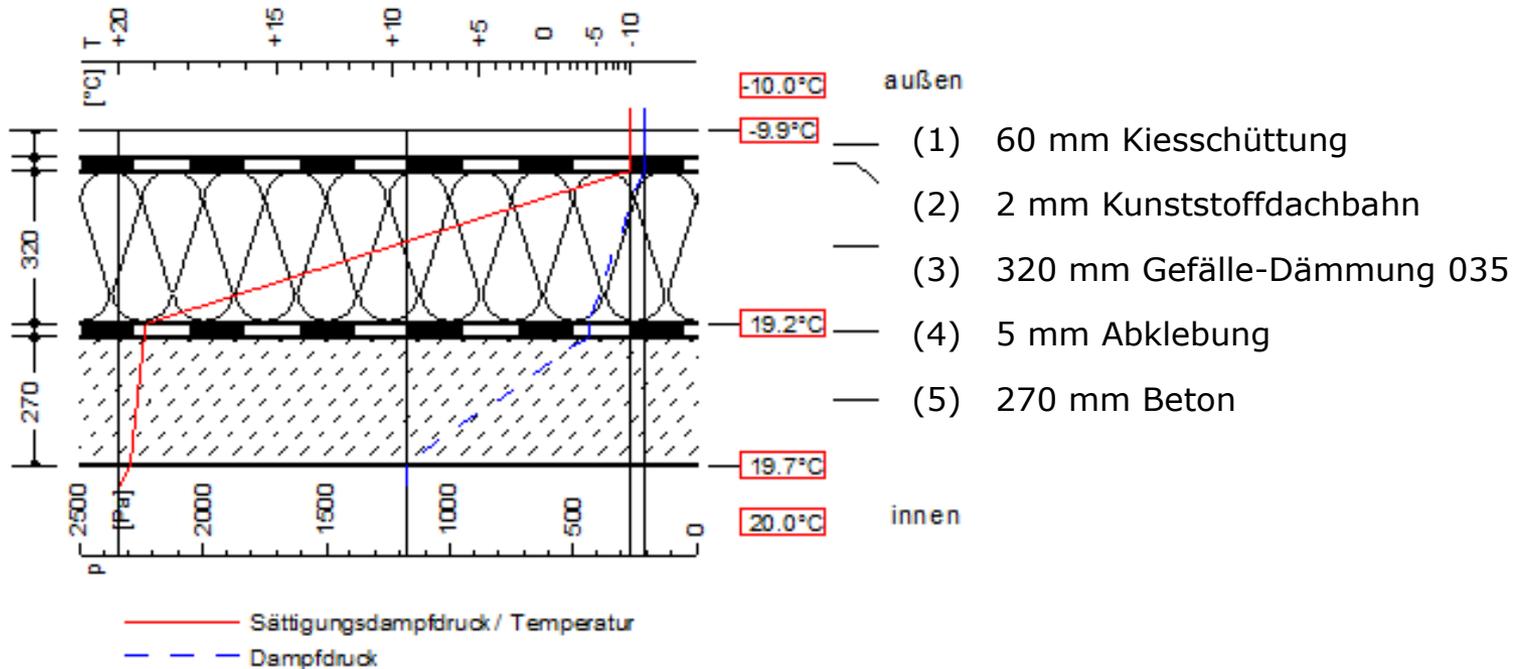
(2) WDVS: EPS-Dämmung 040

(3) WDVS: Außenputz

Berechnung nach DIN V 18599

Bauteile (opak)

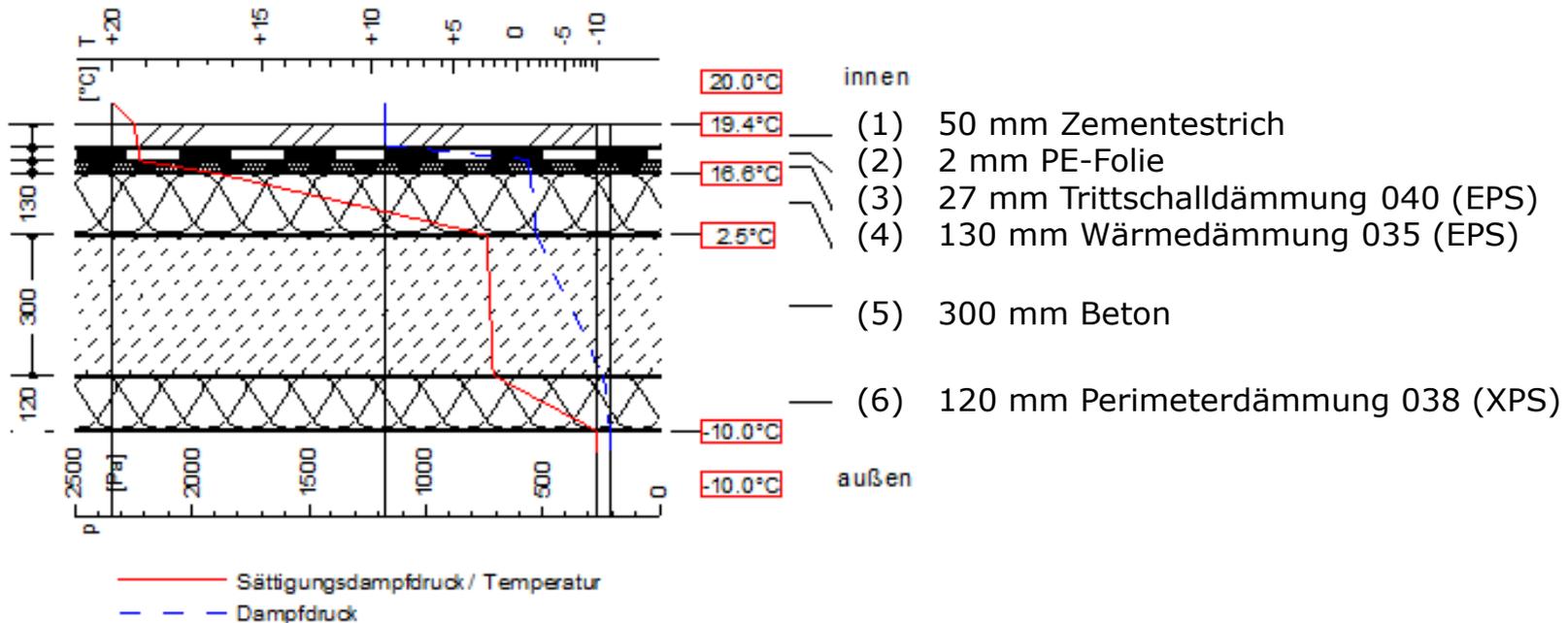
- Flachdach massiv



Berechnung nach DIN V 18599

Bauteile (opak)

- Bodenplatte



Berechnung nach DIN V 18599

Bauteile (opak)

Bauteil	U-Wert [W/(m ² K)]	Fläche A [m ²]		H _T [W/K]	
Außenwand mit WDVS	0,147	879	26 %	129	20 %
Flachdach massiv	0,106	769	23 %	82	13 %
Bodenplatte	0,127	811	24 %	36	6 %
Decke über Außenluft	0,126	234	7 %	29	5 %
Dachterrasse Freiklasse	0,106	129	4 %	14	2 %
Flachdach Forum	0,107	125	4 %	13	2 %
Wände gegen Erdreich	0,191	40	1 %	5	1 %
Pfosten-Riegel-Fassade mit VIP	0,827	5	0 %	4	1 %
	Summe	2.992	89 %	313	49 %

Interne Berechnung mit reellen Zahlen, Zwischenergebnisse sind auf ganze Zahlen gerundet.
Wärmeverluste ohne Wärmebrückenzuschlag

Berechnung nach DIN V 18599

Bauteile (transparent)

- Fensterbänder (Obergeschoss)
 - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung
 - $U_g = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 - $g = 0,33$ (EControl-Glas hell)
 - $T_v = 0,41$ (EControl-Glas hell)
 - Aluminium-Rahmenprofile, thermisch getrennt
 - $U_f = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
 - 26 % Rahmenanteil
 - verbesserter Randverbund
 - $\psi = 0,08 \text{ W}/(\text{mK})$
 - **Gesamt-U-Wert $U_w = 0,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$**



Berechnung nach DIN V 18599

Bauteile (transparent)

Bauteil	U-Wert [W/(m ² K)]	Fläche A [m ²]		H _T [W/K]	
Fensterband	0,800	202	6 %	162	25 %
Pfosten-Riegel-Fassade Süd	1,000	63	2 %	63	10 %
Oberlicht Forum	1,500	22	1 %	33	5 %
Pfosten-Riegel-Fassade Ost	0,900	22	1 %	19	3 %
Fenster RWA Forum	1,200	16	0 %	19	3 %
Pfosten-Riegel-Fassade Nord	1,100	15	0 %	17	3 %
Lichtkuppel	2,000	3	0 %	6	1 %
Fluchttür OG	1,100	4	0 %	4	1 %
Tür zu Dachterrasse	1,300	3	0 %	4	1 %
	Summe	350	11 %	327	51 %

Interne Berechnung mit reellen Zahlen, Zwischenergebnisse sind auf ganze Zahlen gerundet.
Wärmeverluste ohne Wärmebrückenzuschlag

Berechnung nach DIN V 18599

Gebäudedaten

Beheiztes Gebäudevolumen (Bruttovolumen)	$V_e = 8.556 \text{ m}^3$
Wärmeübertragende Umfassungsfläche	$A = 3.342 \text{ m}^2$
A/V_e -Verhältnis	$A/V_e = 0,39 \text{ m}^{-1}$
Nettoluftvolumen	$V = 6.142 \text{ m}^3$
Nettogrundfläche	$A_{\text{NGF}} = 1.860 \text{ m}^2$
Fensterflächenanteil des Gebäudes	$f = 27 \%$

Berechnung nach DIN V 18599

Anlagentechnik - Lüftung

- Gebäudedichtheit mit RLT-Anlage:
 - $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$
- Luftaustausch zwischen Zonen:
 - Zuluft Forum
 - Abluft Sammlung, Sanitärräume, Technik
- Wärmerückgewinnung bei Zuluft 75 %
- Keine Befeuchtung => daher auch keine Feuchterückgewinnung
- Spezifische Leistungsaufnahme:
 - Zuluft $0,25 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$
 - Abluft $0,32 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$

Berechnung nach DIN V 18599

Anlagentechnik - Lüftung

Zone	V_A [m ³ /(m ² h)]	Luftwechsel		Fenster n_{win} [h ⁻¹]	Lüftungsanlage	
		n_{nutz} [h ⁻¹]	n_{inf} [h ⁻¹]		$n_{m,ZUL}$ [h ⁻¹]	$t_{v,m}$ [h/d]
<1> Unterricht Nord	10,00	3,33	0,07	0,57	1,90	9
<2> Unterricht Ost	10,00	2,64	0,07	0,34	1,82	9
<3> Unterricht Süd	10,00	3,33	0,07	0,36	2,47	9
<4> Unterricht West	10,00	3,16	0,07	0,29	2,48	9
<5> Sammlung	7,00	2,33	0,11	0,10	-	13
<6> Forum	7,00	1,63	0,03	0,58	0,65	13
<7> Verkehrsflächen	0,00	0,00	0,07	0,10	-	-
<8> Sanitärräume	15,00	4,84	0,11	0,10	-	13
<9> Technik	0,15	0,08	0,11	0,10	-	13

Berechnung nach DIN V 18599

Anlagentechnik - Heizung

- Flächenheizung:
 - Deckenheizung Warmwasser, PI-Regler
Verlegeflächen mit doppelter Mindestdämmung nach EN 1264
 - Zweirohrnetz mit innen liegenden Strängen
 - VL-/RL-Temperatur (Auslegung) 25 / 23 °C
 - Pumpe ungeregelt
- Wärmepumpe:
 - Sole-Wasser-Wärmepumpe handelsüblich 26 kW
 - Energieträger Strom-Mix
 - Leistungszahl (COP) 4,5 bei B0/W35 mit Korrektur auf $T_{VL} = 25 \text{ °C} \Rightarrow \text{COP} = 6,1$

Berechnung nach DIN V 18599

Anlagentechnik - Kühlung

- Raumklimasystem:
 - Raumkühlung Kaltwasser 18 / 20 °C (BKT)
- Kälteverteilung:
 - Kaltwasserkreis = Heizkreis =
Betonkernaktivierung
 - Kälteleistung der Versorgungseinheit 25 kW
 - Pumpenleistung 750 W
- Kälteerzeuger:
 - Nicht vorhanden bzw. Kühlung über Erdsonden

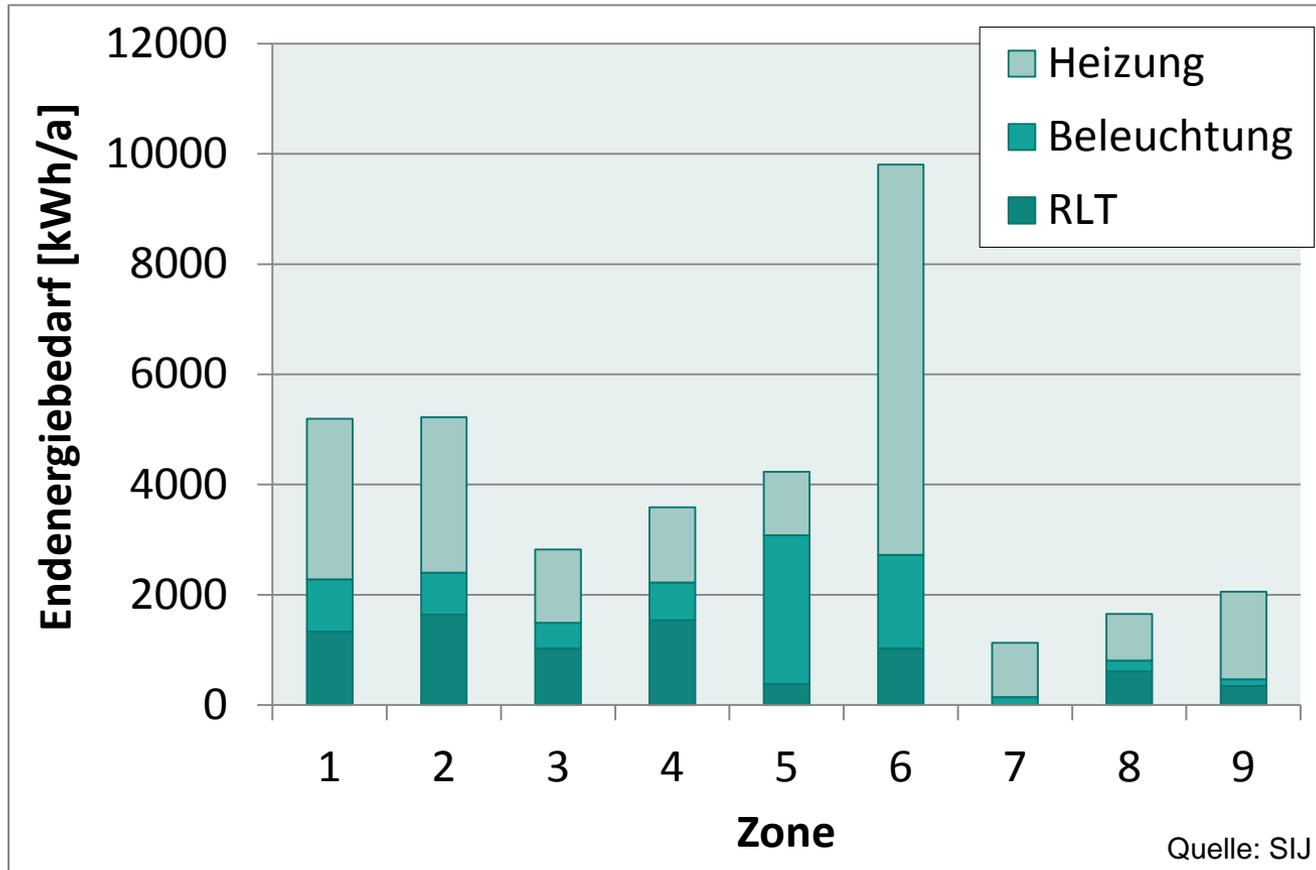
Berechnung nach DIN V 18599

Anlagentechnik - Beleuchtung

- Tageslichtversorgung:
 - Über vertikale Fassaden und Dachoberlichter
 - Verbauungsindex mit $I_v = 0,9$ angenommen
- Kunstlichtversorgung:
 - Präsenzkontrolle, Autark abschaltend
 - Elektrische Anschlussleistung über Tabellenverfahren
 - Stabförmige Leuchtstofflampen
 - Vorschaltgeräte EVG elektronisch
 - Direkte Beleuchtung
 - Beleuchtungsbereiche mit 300, 200 und 100 lux

Berechnung nach DIN V 18599

Ergebnisse – Endenergiebedarf nach Zonen



Zone

- <1> Unterricht Nord
- <2> Unterricht Ost
- <3> Unterricht Süd
- <4> Unterricht West
- <5> Sammlung
- <6> Forum
- <7> Verkehrsflächen
- <8> Sanitärräume
- <9> Technik

Es handelt sich um Jahressummen aus den Prozessbereichen ohne Hilfsenergie

Berechnung nach DIN V 18599

Ergebnisse – Energiebedarf der Energieträger

Energieträger	Prozessbereich	Endenergie [kWh/a]	f_p	Q_p [kWh/a]
Strom-Mix	Heizwärme	20.070	2,7	54.189
Strom-Mix	Luftförderung	7.906	2,7	21.346
Strom-Mix	Beleuchtung	7.722	2,7	20.849
Strom-Mix	Hilfsenergie	7.691	2,7	20.765

- Endenergiebedarf:
 - Hilfsenergie 4,1 kWh/(m²a)
 - Strom-Mix 19,2 kWh/(m²a)
- Jahres-Primärenergiebedarf
 - $Q_p = 117.149$ kWh/a

Berechnung nach DIN V 18599

Ergebnisse

- vom Energieausweis

[kWh/(m ² a)]	RLT	Beleuchtg.	Klima	Warmwasser	Heizung	Summe
Nutzenergiebedarf	4,3	4,2	7,6	0,0	44,3	60,3
Endenergiebedarf	4,3	4,2	1,1*	0,0	13,8	23,3
Primärenergiebedarf	11,5	11,2	3,1*	0,0	37,2	63,0

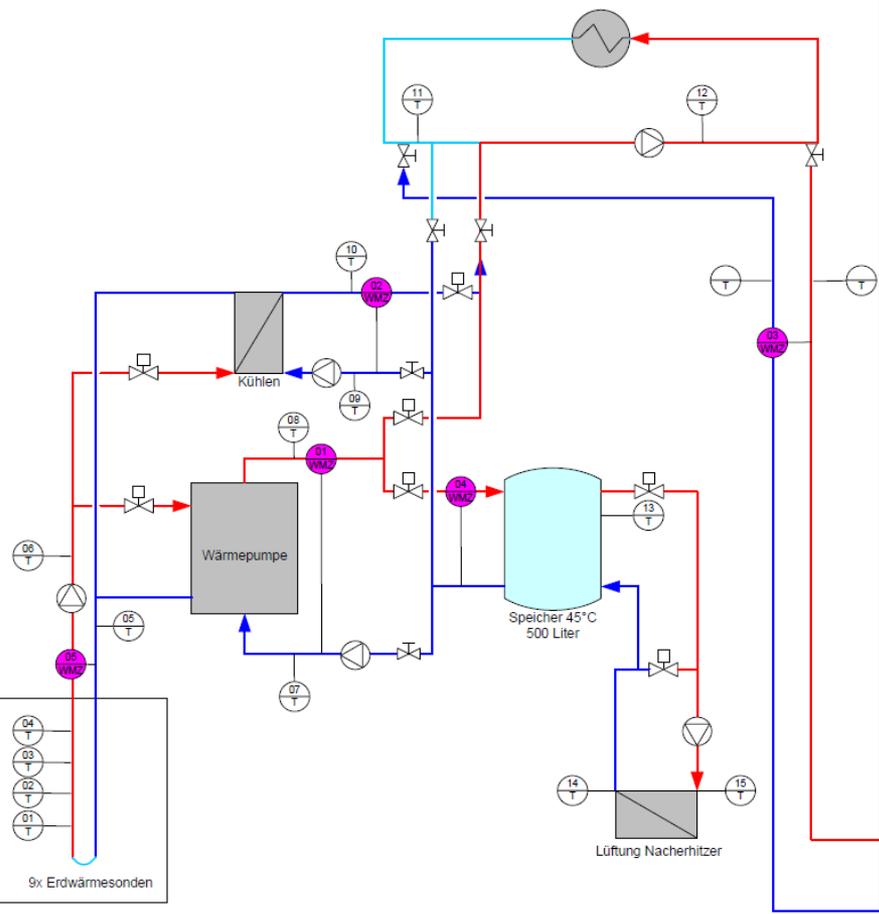
- Nachweis thermische Hülle
 - $H'_T = 0,23 < 0,68 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
 - **H'_T liegt 66 % unter EnEV 2007**
- Nachweis des Primärenergiebedarfs
 - $q_p = 63 \text{ kWh/(m}^2\text{a)} < q_{p,Ref} = 192 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$
 - **Primärenergiebedarf liegt 67 % unter EnEV 2007**

* Hilfsenergie für Kühlung wird im Energieausweis nicht berücksichtigt!

Verbrauchswerte aus Monitoring

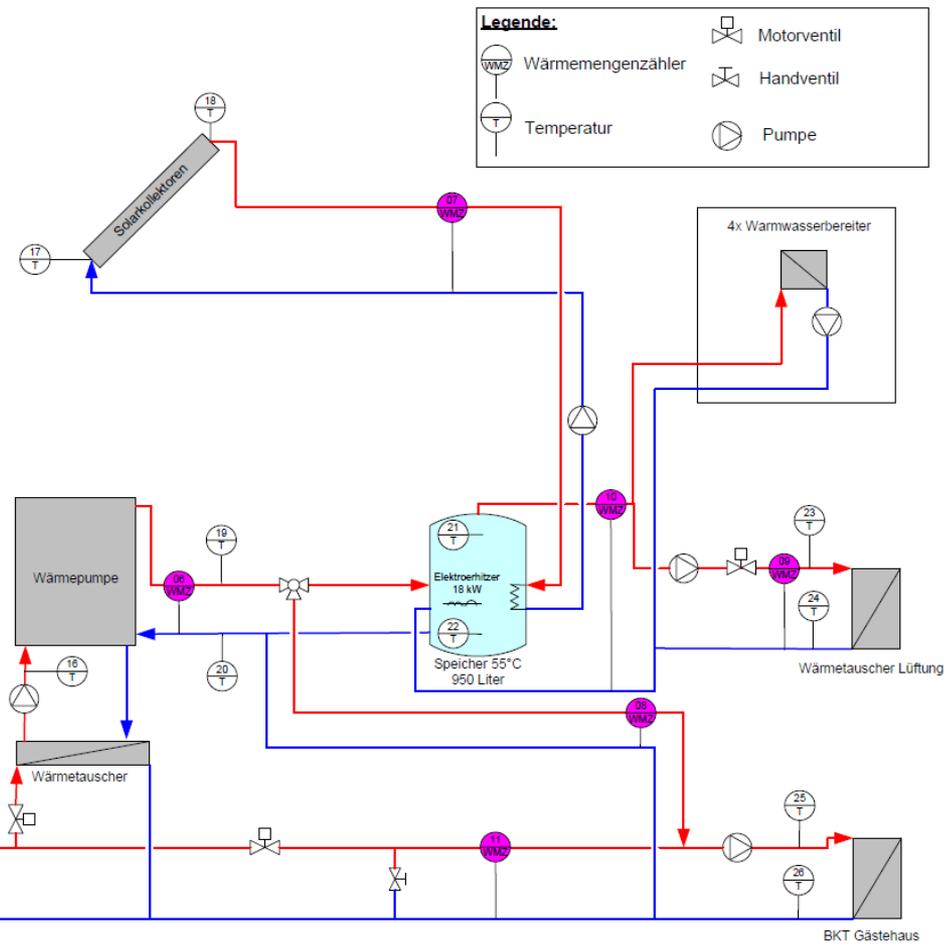
Daten-Ausgangslage – Wärmemengenzähler

Science College



Gästehaus

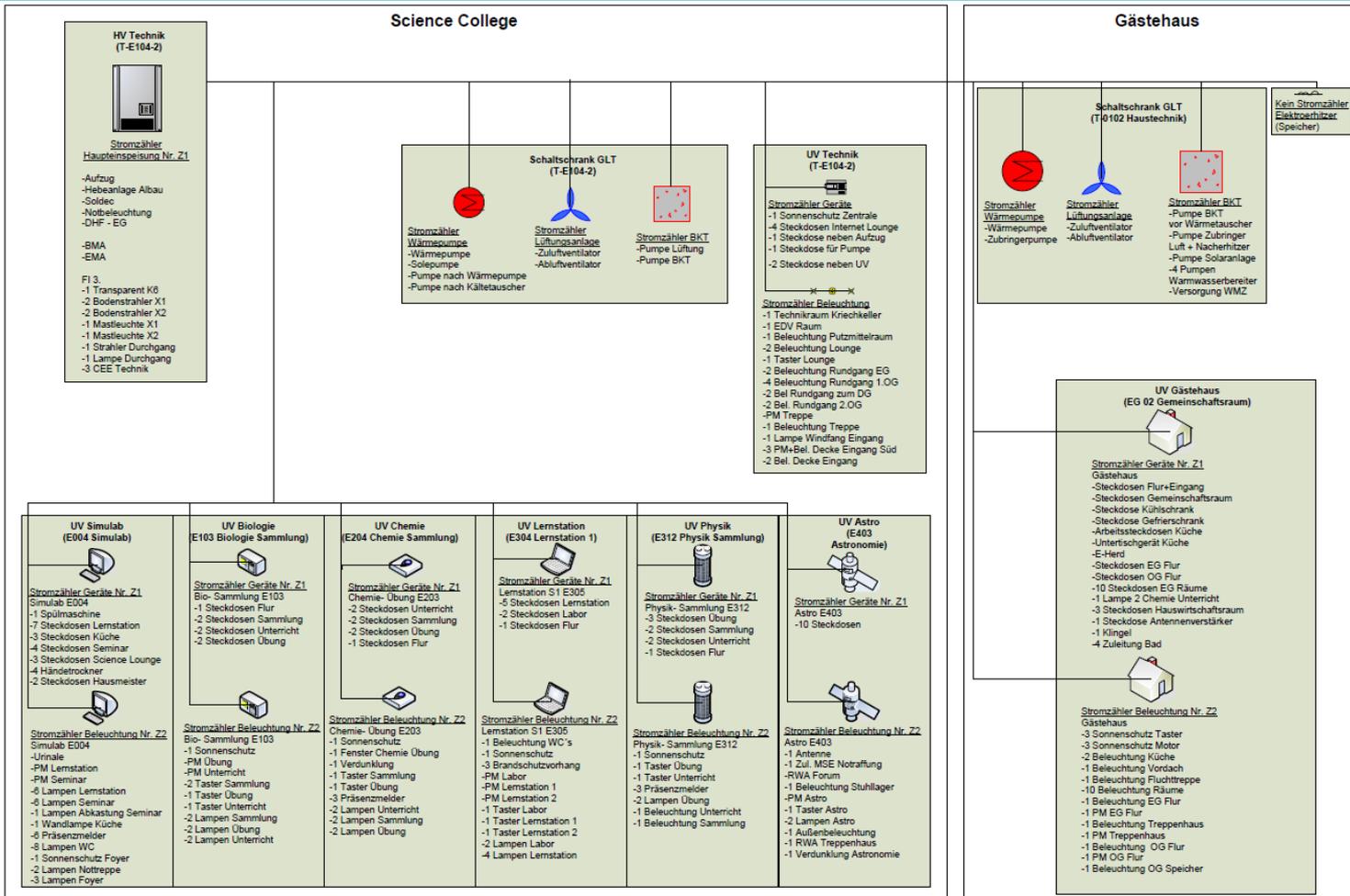
Quelle: SIJ



BKT Gästehaus

Verbrauchswerte aus Monitoring

Daten-Ausgangslage – Stromzähler

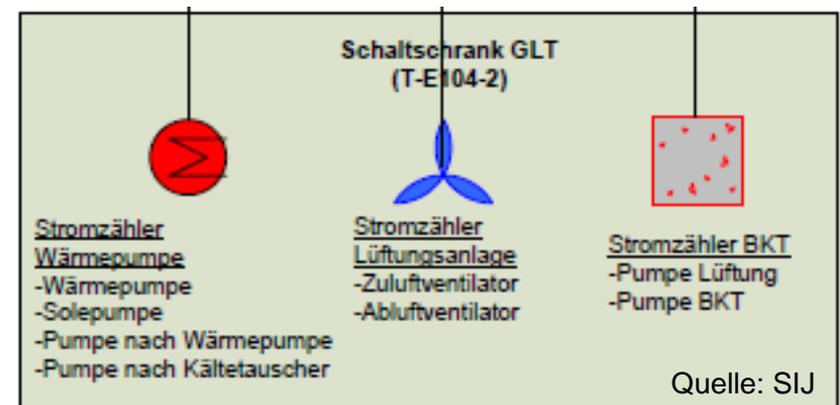


Quelle: SIJ

Verbrauchswerte aus Monitoring

Daten-Ausgangslage – Stromzähler

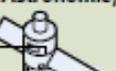
- Wärmepumpe
 - Zähler beinhaltet insgesamt 3 Bilanz-Grenzen
 - Pumpen müssen über Betriebszeit und Leistung rausgerechnet werden!
 - Zähler enthält auch die Kühlpumpe
 - Arbeitszahl kann über Betrieb der Kühlpumpe bestimmt werden
- Lüftungsanlage
 - nur Ventilator Energie
- Pumpen / Hilfsenergie
 - Strom der BKT- und Zubringerpumpe Heizregister



Verbrauchswerte aus Monitoring

Daten-Ausgangslage – Stromzähler

- Beleuchtung
- Nicht nur Lampen angeschlossen!

UV Simulab (E004 Simulab)	UV Biologie (E103 Biologie Sammlung)	UV Chemie (E204 Chemie Sammlung)	UV Lernstation (E304 Lernstation 1)	UV Physik (E312 Physik Sammlung)	UV Astro (E403 Astronomie)
 Stromzähler Geräte Nr. Z1 Simulab E004 -1 Spülmaschine -7 Steckdosen Lernstation -3 Steckdosen Küche -4 Steckdosen Seminar -3 Steckdosen Science Lounge -4 Händetrockner -2 Steckdosen Hausmeister	 Stromzähler Geräte Nr. Z1 Bio- Sammlung E103 -1 Steckdosen Flur -2 Steckdosen Sammlung -2 Steckdosen Unterricht -2 Steckdosen Übung	 Stromzähler Geräte Nr. Z1 Chemie- Übung E203 -2 Steckdosen Unterricht -2 Steckdosen Sammlung -2 Steckdosen Übung -1 Steckdosen Flur	 Stromzähler Geräte Nr. Z1 Lernstation S1 E305 -5 Steckdosen Lernstation -2 Steckdosen Labor -1 Steckdosen Flur	 Stromzähler Geräte Nr. Z1 Physik- Sammlung E312 -3 Steckdosen Übung -2 Steckdosen Sammlung -2 Steckdosen Unterricht -1 Steckdosen Flur	 Stromzähler Geräte Nr. Z1 Astro E403 -10 Steckdosen
 Stromzähler Beleuchtung Nr. Z2 Simulab E004 -Urinale -PM Lernstation -PM Seminar -6 Lampen Lernstation -6 Lampen Seminar -1 Lampen Abkantung Seminar -1 Wandlampe Küche -6 Präsenzmelder -8 Lampen WC -1 Sonnenschutz Foyer -2 Lampen Notterrepp -3 Lampen Foyer	 Stromzähler Beleuchtung Nr. Z2 Bio- Sammlung E103 -1 Sonnenschutz -PM Übung -PM Unterricht -2 Taster Sammlung -1 Taster Übung -1 Taster Unterricht -2 Lampen Sammlung -2 Lampen Übung -2 Lampen Unterricht	 Stromzähler Beleuchtung Nr. Z2 Chemie- Übung E203 -1 Sonnenschutz -1 Fenster Chemie Übung -1 Verdunklung -1 Taster Sammlung -1 Taster Übung -3 Präsenzmelder -2 Lampen Unterricht -2 Lampen Sammlung -2 Lampen Übung	 Stromzähler Beleuchtung Nr. Z2 Lernstation S1 E305 -1 Beleuchtung WC's -1 Sonnenschutz -3 Brandschutzvorhang -PM Labor -PM Lernstation 1 -PM Lernstation 2 -1 Taster Labor -1 Taster Lernstation 1 -1 Taster Lernstation 2 -2 Lampen Labor -4 Lampen Lernstation	 Stromzähler Beleuchtung Nr. Z2 Physik- Sammlung E312 -1 Sonnenschutz -1 Taster Übung -1 Taster Unterricht -3 Präsenzmelder -2 Lampen Übung -1 Beleuchtung Unterricht -1 Beleuchtung Sammlung	 Stromzähler Beleuchtung Nr. Z2 Astro E403 -1 Antenne -1 Zul. MSE Nottraffung -RWA Forum -1 Beleuchtung Stuhllager -PM Astro -1 Taster Astro -2 Lampen Astro -1 Außenbeleuchtung -1 RWA Treppenhaus -1 Verdunklung Astronomie

Quelle: SIJ

Verbrauchswerte aus Monitoring

Berechnung der Kennwerte

Heizung

Nutzenergie =

$$WMZ_{WP \text{ Heizen}} - WMZ_{Nahw. \text{ Heizen}}$$

Endenergie =

$$PEL_{WP \text{ ohne Nahw.}} + PEL_{Solep. \text{ ohne Nahw.}} + PEL_{Solep. \text{ RLT-Betrieb}} + PEL_{Heizp. \text{ ohne Nahw.}} + PEL_{Heizp. \text{ RLT-Betrieb}} + PEL_{BKT-Pumpe \text{ Heizen}}$$

Primärenergie =

$$Endenergie * f_p(2,7)$$

*
Klima-
faktor

Verbrauchswerte aus Monitoring

Berechnung der Kennwerte

Klima

Nutzenergie =

Endenergie =

Primärenergie =

$$WMZ_{\text{BKT Kühlen}} - WMZ_{\text{Nahw. Kühlen}}$$

$$PEL_{\text{Solep. ohne Nahw.}} + PEL_{\text{Kühlp. ohne Nahw.}} + PEL_{\text{BKT-Pumpe Kühlen}}$$

$$\text{Endenergie} * f_p (2,7)$$

Verbrauchswerte aus Monitoring

Berechnung der Kennwerte

Beleuchtung

Nutzenergie =

Endenergie =

Primärenergie =

Summe($PE_{UV\text{ Licht}}$)

Nutzenergie

Endenergie
*
 $f_p (2,7)$

Verbrauchswerte aus Monitoring

Berechnung der Kennwerte

Lüftung

Nutzenergie =

Endenergie =

Primärenergie =

PE_{RLT}

Nutzenergie

Endenergie
*
 $f_p (2,7)$

Verbrauchswerte aus Monitoring

Ergebnisse

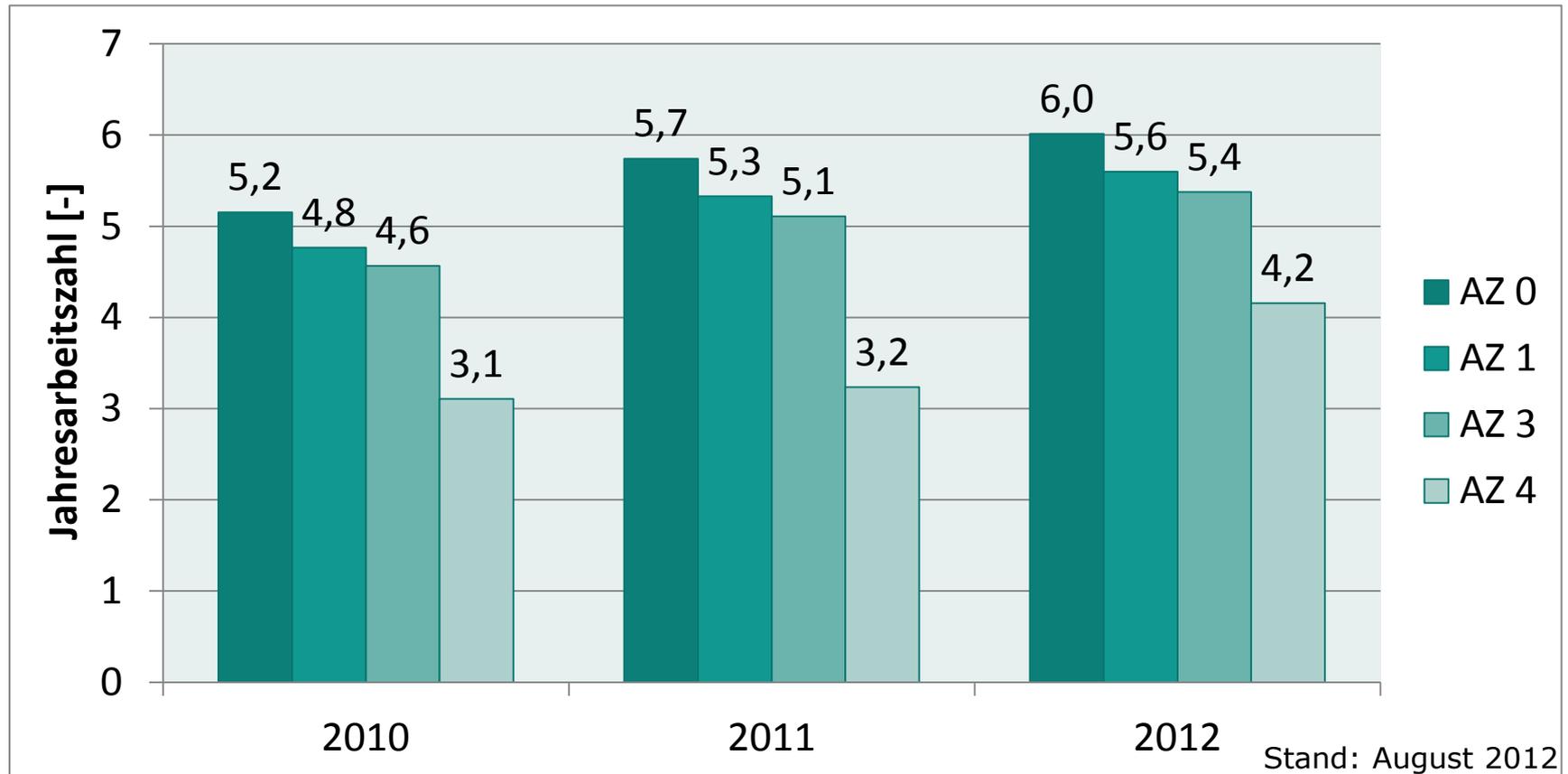
- Messergebnisse aus 2010 und 2011

Einheit: [kWh/(m ² a)]	Science College 2010			Science College 2011		
	Nutz- energie	End- energie	Primär- energie	Nutz- energie	End- energie	Primär- energie
Beleuchtung *	6,3	6,3	17,0	6,6	6,6	17,9
Heizung	31,1	11,5	30,9	27,0	9,9	26,8
Kühlung	5,0	0,7	1,9	4,6	0,8	2,0
Lüftung	2,7	2,7	7,4	2,9	2,9	7,8
Summe	45,1	21,2	57,2	41,1	20,2	54,6

* Bei den Stromzählern für die Beleuchtung wurden bei der Ausführung leider nicht nur die Lampen aufgeschaltet. Der Stromverbrauch beinhaltet unter anderem noch den Serverraum, Urinale, Präsenzmelder, Sonnenschutz, Verdunklung, RWA, etc.

Verbrauchswerte aus Monitoring

Ergebnisse – JAZ Wärmepumpe 2010, 2011



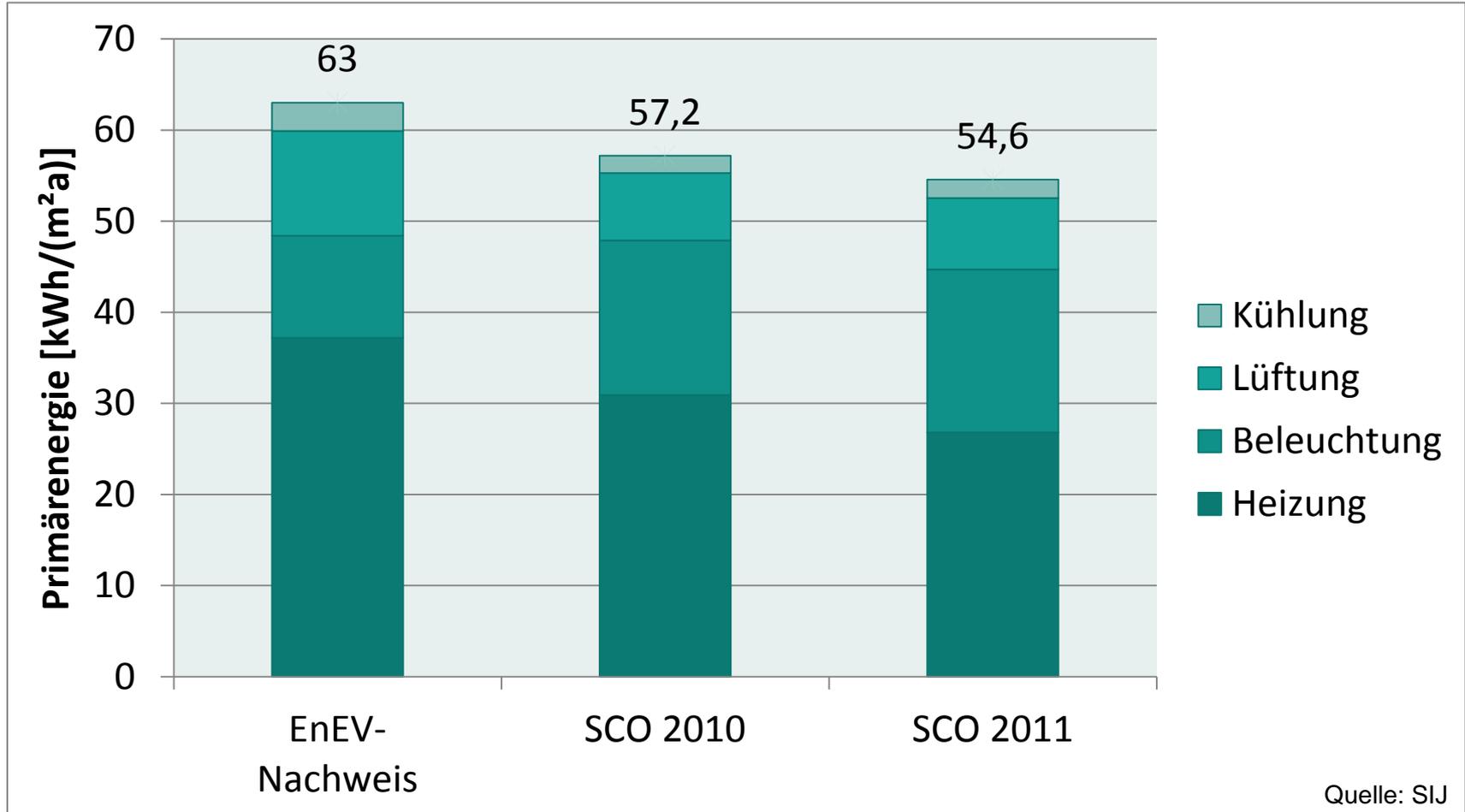
Bilanzgrenzen nach Fraunhofer ISE (Wärmepumpen Effizienz)

In AZ 4 sind erfasst: Verdichter, Solepumpe, Heizpumpe, BKT-Pumpe, RLT-Pumpe

Quelle: SIJ

Vergleich, Fazit

Vergleich



Vergleich, Fazit

Fazit

- Berechnung und Messung sind nur bedingt vergleichbar:
 - Realer Betrieb unterscheidet sich von DIN-konformer Nutzung teilweise erheblich
 - Luftmengen und Anwesenheit
 - Abbildung der Kühlung über Erdsonden im Programm nur bedingt möglich
 - Korrekter Wärmerückgewinnungsgrad nicht einstellbar (max 75 %, eigentlich 80 %)
 - Luftüberströmung von Klassenzimmer in Sammlung nicht abbildbar
 - * Hilfsenergie für Kühlung wird im Energieausweis nicht berücksichtigt

Vergleich, Fazit

Fazit

- Die Lüftung und Heizung haben die Werte der Berechnung deutlich untertroffen.
- Die Beleuchtung fällt im Betrieb deutlich höher aus, Grund dafür sind vermutlich die zusätzlich angeschlossenen Verbraucher.
- Frage: „Bestätigen die Messergebnisse die nach DIN V 18599 vorausgerechneten Bedarfswerte?“
- Antwort: „Insgesamt gesehen treffen die Messergebnisse die berechneten Werte recht gut. Durch die Einschränkungen bei der Eingabe werden die einzelnen Prozessbereiche aber zu hoch berechnet.“

Science College Overbach

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.