



Energetische Gebäudesimulation als Werkzeug zur optimalen Planung

Dipl.-Ing. Christof Hewing

26.05.2011



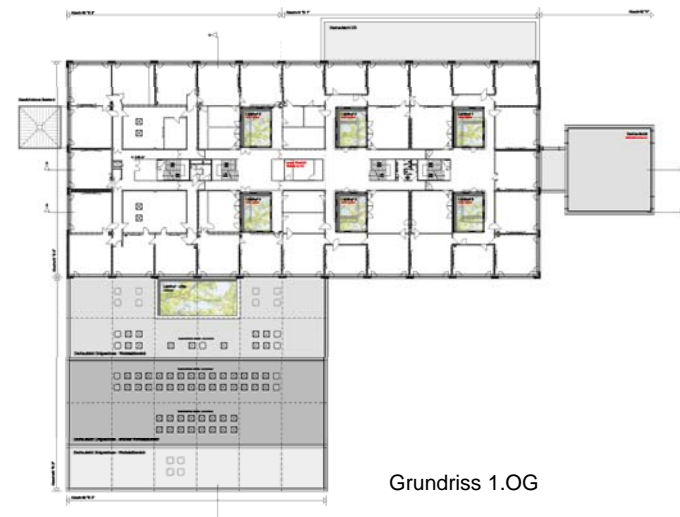
Die **Simulation** oder **Simulierung** ist eine **Vorgehensweise zur Analyse von Systemen**, die für die theoretische oder formelmäßige Behandlung zu kompliziert sind. Dies ist **überwiegend bei dynamischem Systemverhalten** gegeben. Bei der Simulation werden Experimente an einem Modell durchgeführt, um Erkenntnisse über das reale System zu gewinnen. [...]*Realisierung* eines Simulationsmodells. Letzteres stellt eine Abstraktion des zu simulierenden Systems dar (Struktur, Funktion, Verhalten). [...] Deswegen ist der erste Schritt einer Simulation stets die Modellfindung. [...] **Ist ein vorhandenes Modell geeignet, um Aussagen über die zu lösende Problemstellung zu machen, müssen lediglich die Parameter des Modells eingestellt werden.** Das Modell, respektive die Simulationsergebnisse können dann für Rückschlüsse auf das Problem und seine Lösung genutzt werden.... (Quelle Wikipedia)



Der Simulator

Definition

agn 



Grundriss 1.OG

Technische Schulen | Steinfurt

Sanierung | Leistung Generalplanung LPH 1-9 | Bauzeit 2009 – 2011

BGF 10.900 m² Schulgebäude, 2.760 m² Sporthalle | BRI 46.930 m³ Schulgebäude, 18.390 m³ Sporthalle

Bauherr Kreis Steinfurt | Projektleiter C. Scharlau | Projektleiter TGA: C. Hewing





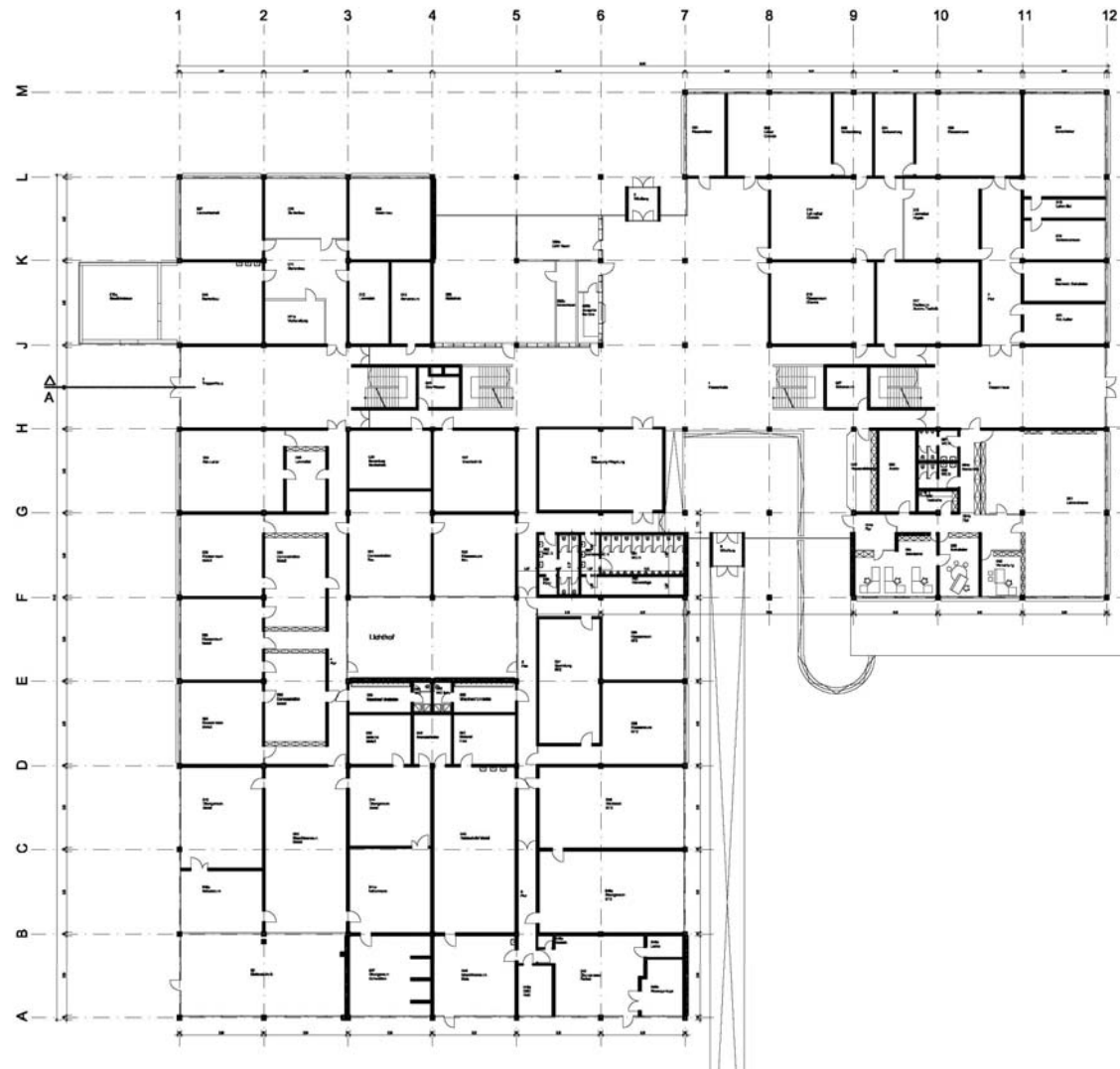
Technische Schulen | Steinfurt | Bestand
Quelle: Diplomarbeit Thomas Grothaus 09/2008



Technische Schulen | Steinfurt | Bestand
Quelle: Diplomarbeit Thomas Grothaus 09/2008

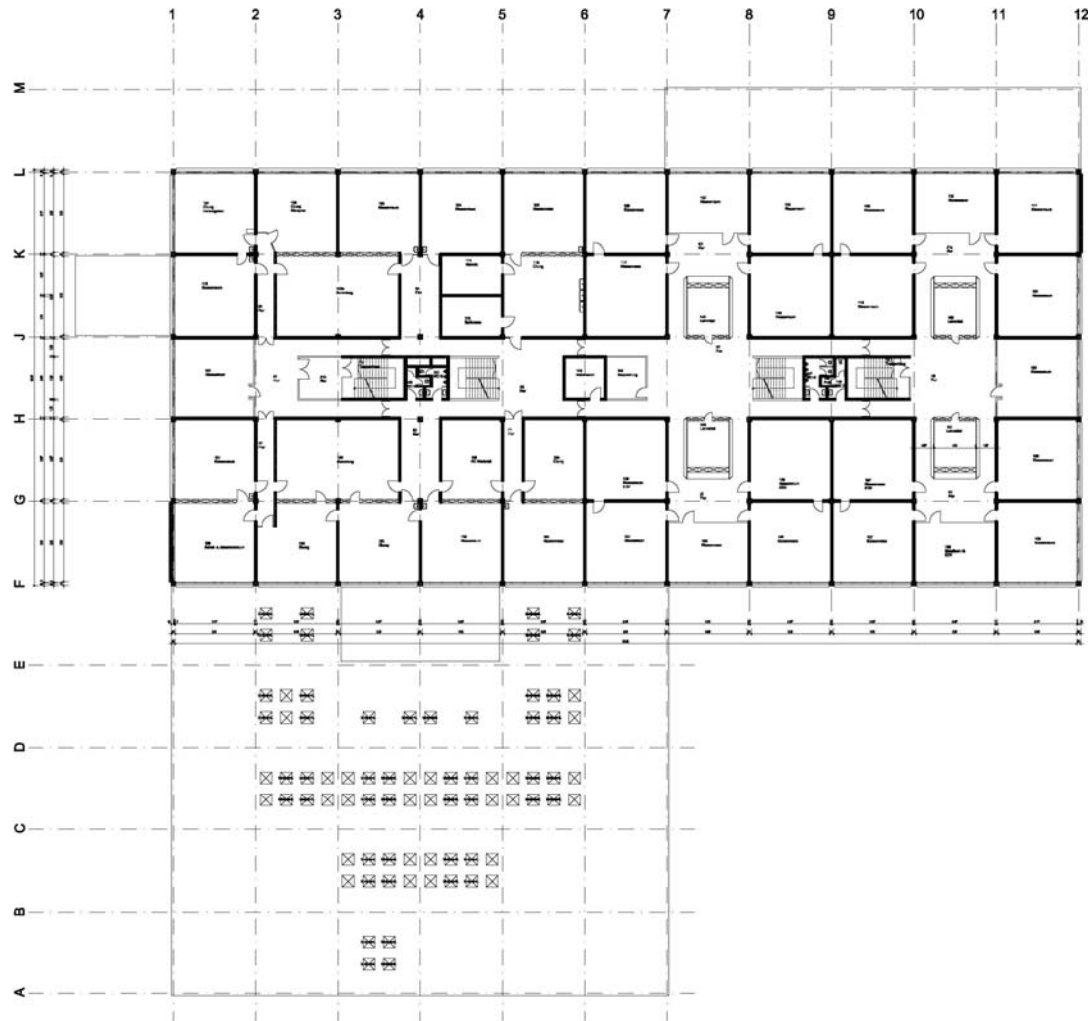


Technische Schulen | Steinfurt | Bestand
Quelle: Diplomarbeit Thomas Grothaus 09/2008

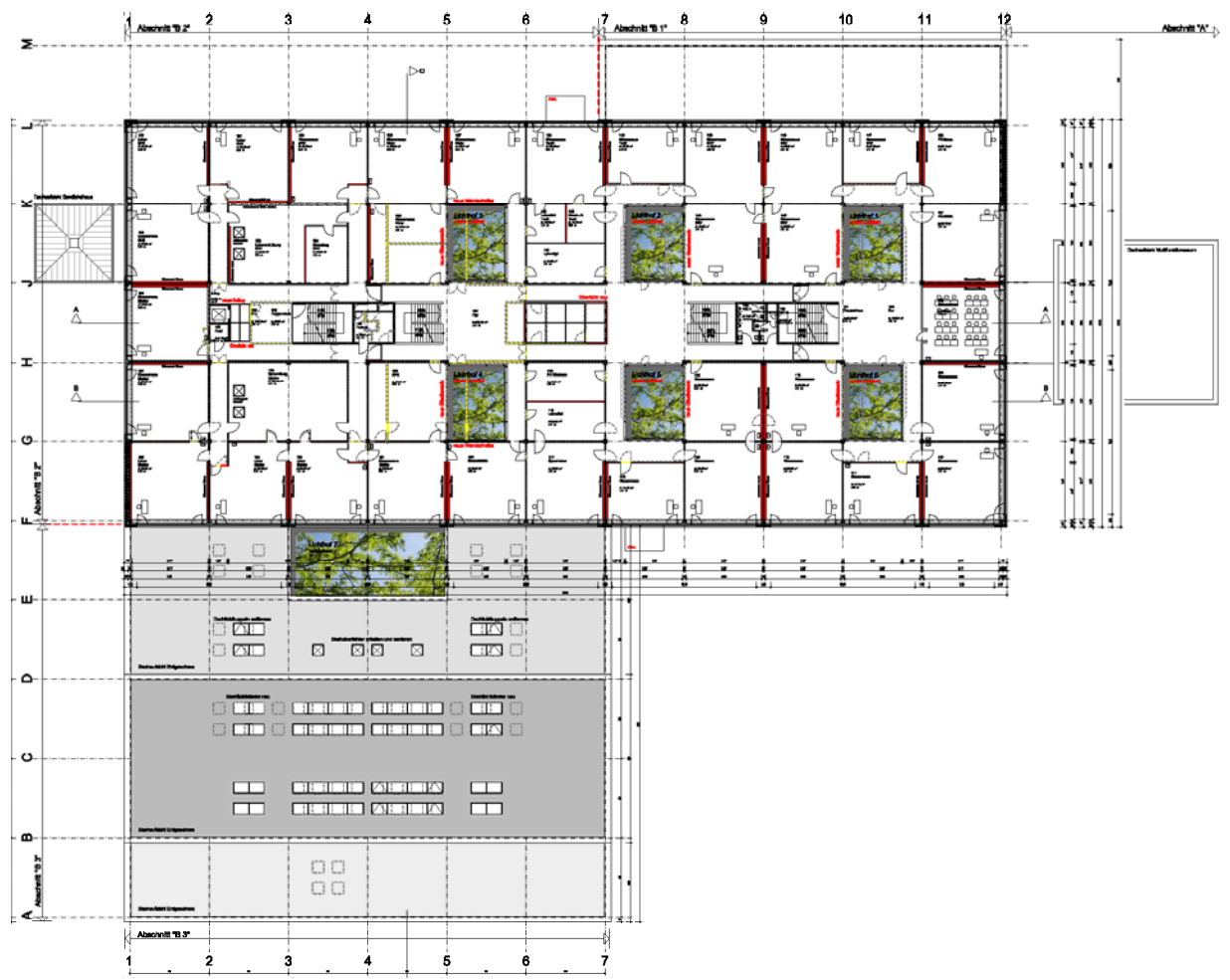


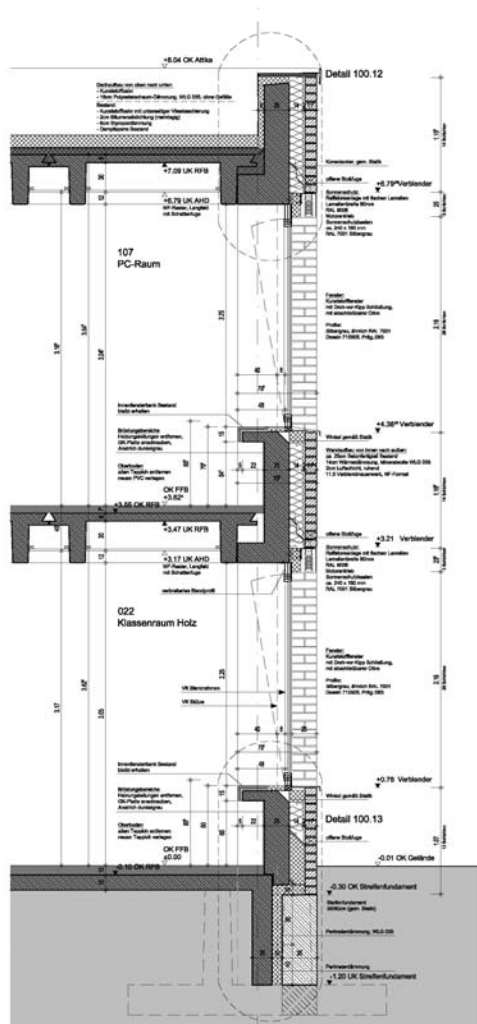
Technische Schulen | Grundriss Bestand EG





Technische Schulen | Grundriss Bestand OG

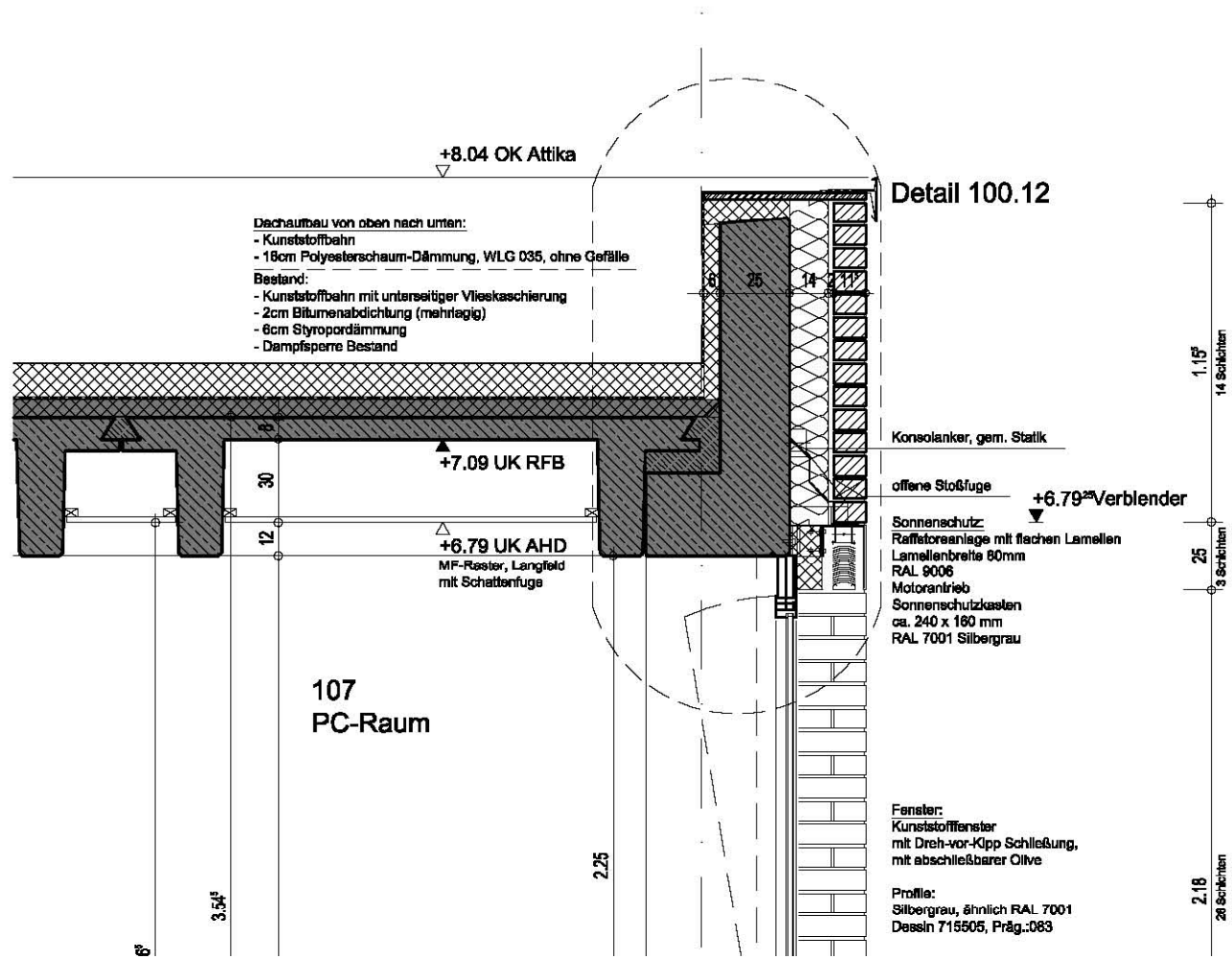


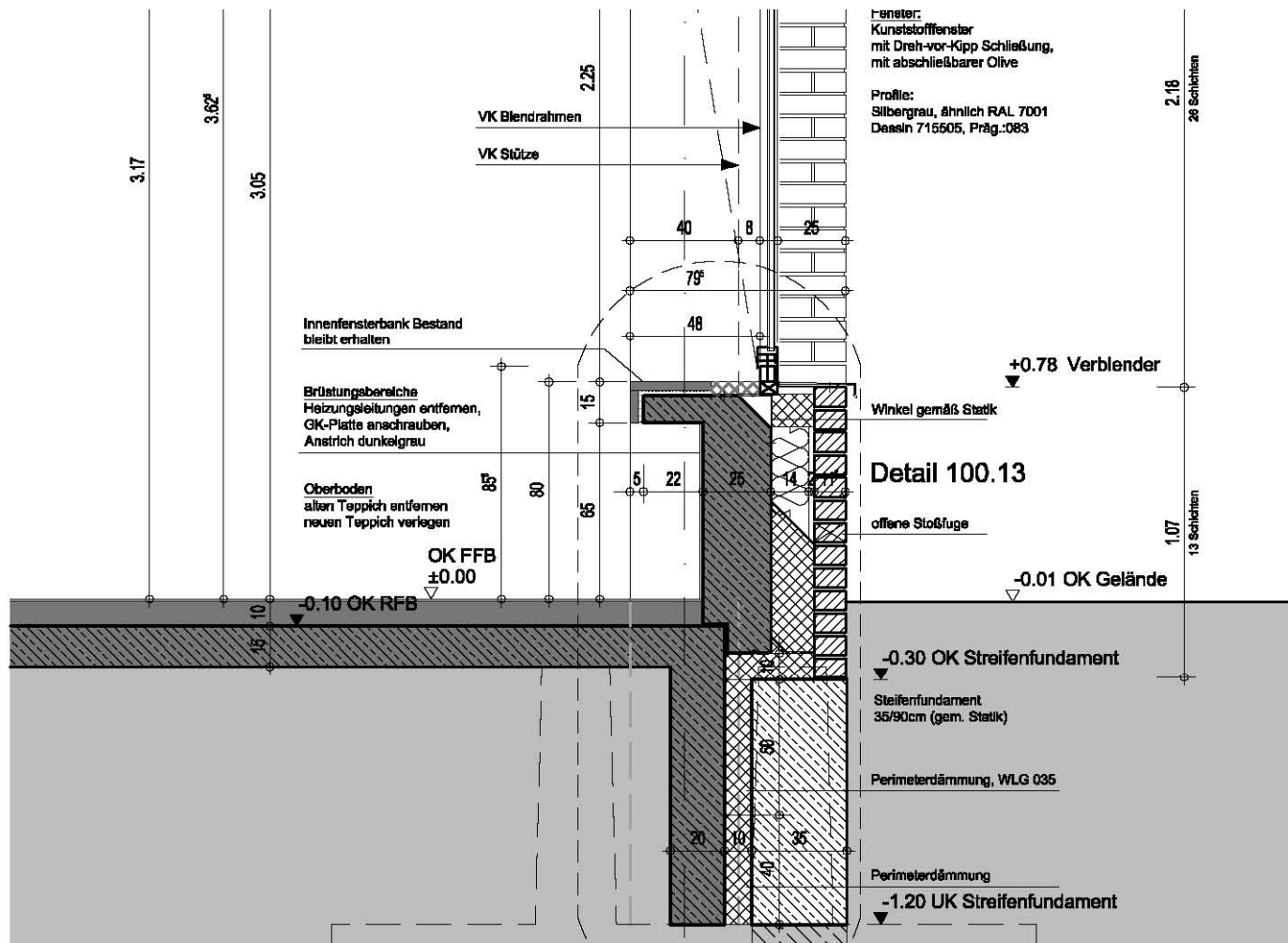


Optimierung der Gebäudehülle

Varianteuntersuchung zu:

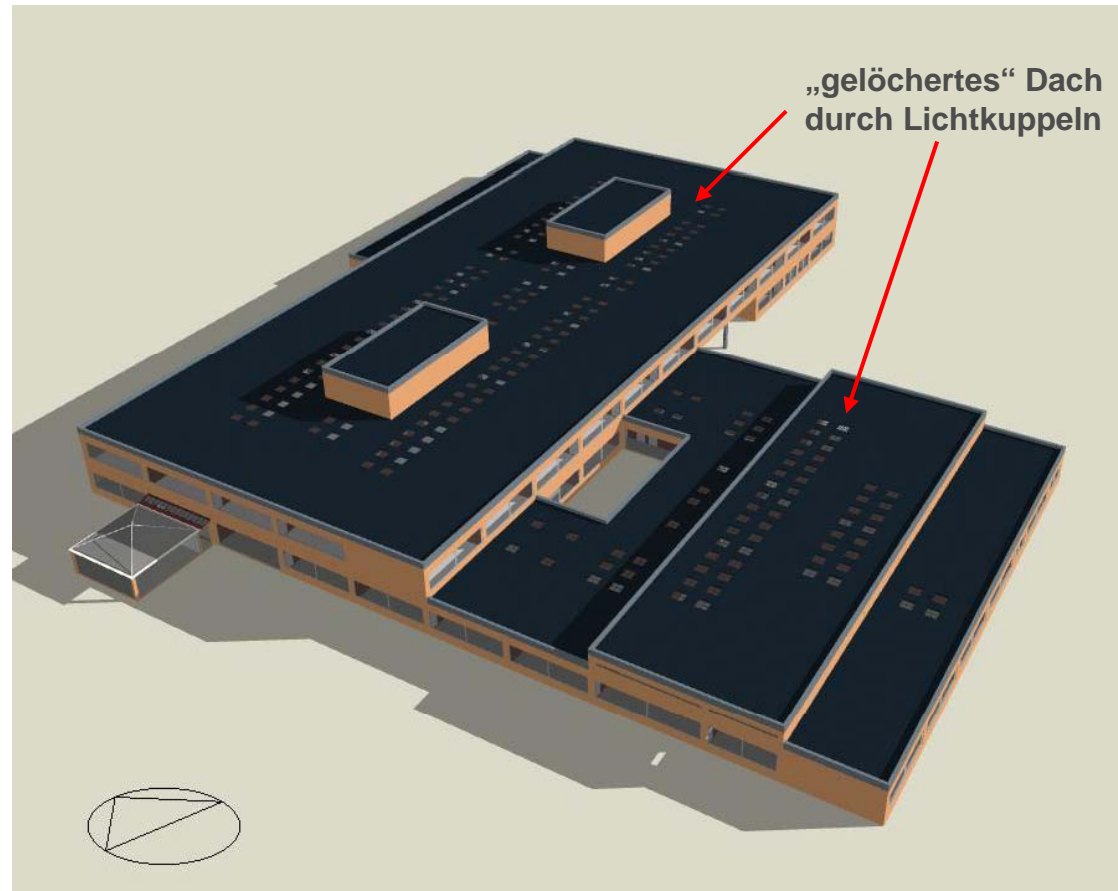
- Dachdämmung
- Fensterqualitäten
- Fassadendämmung
- Fundamentdämmung
- Kältebrücken

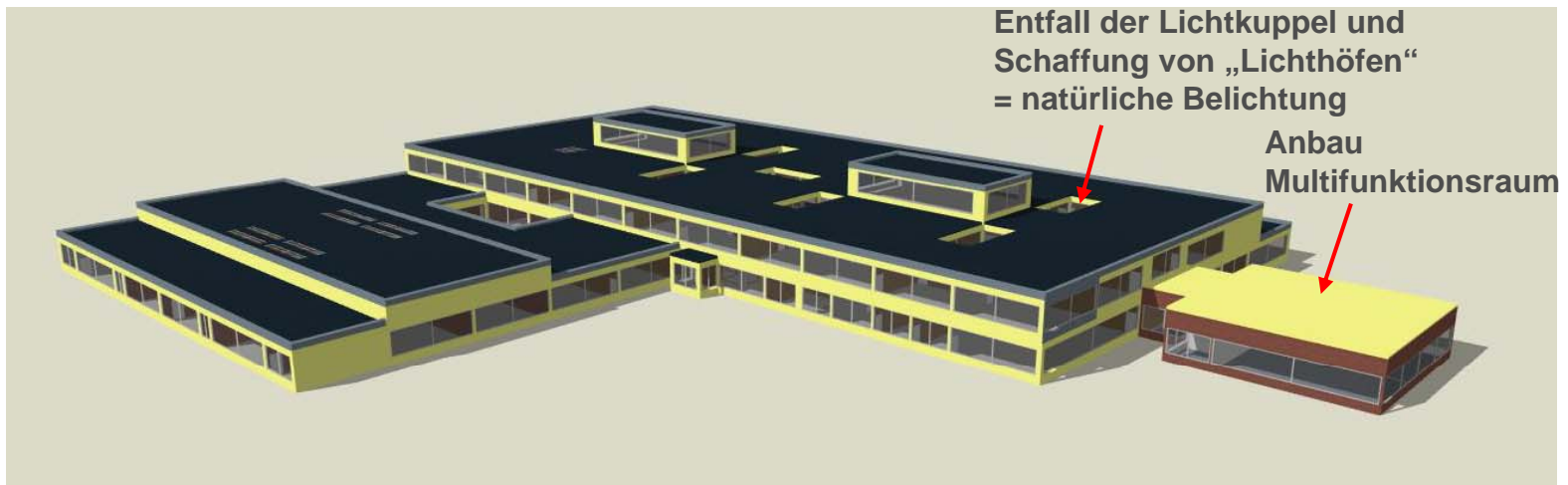
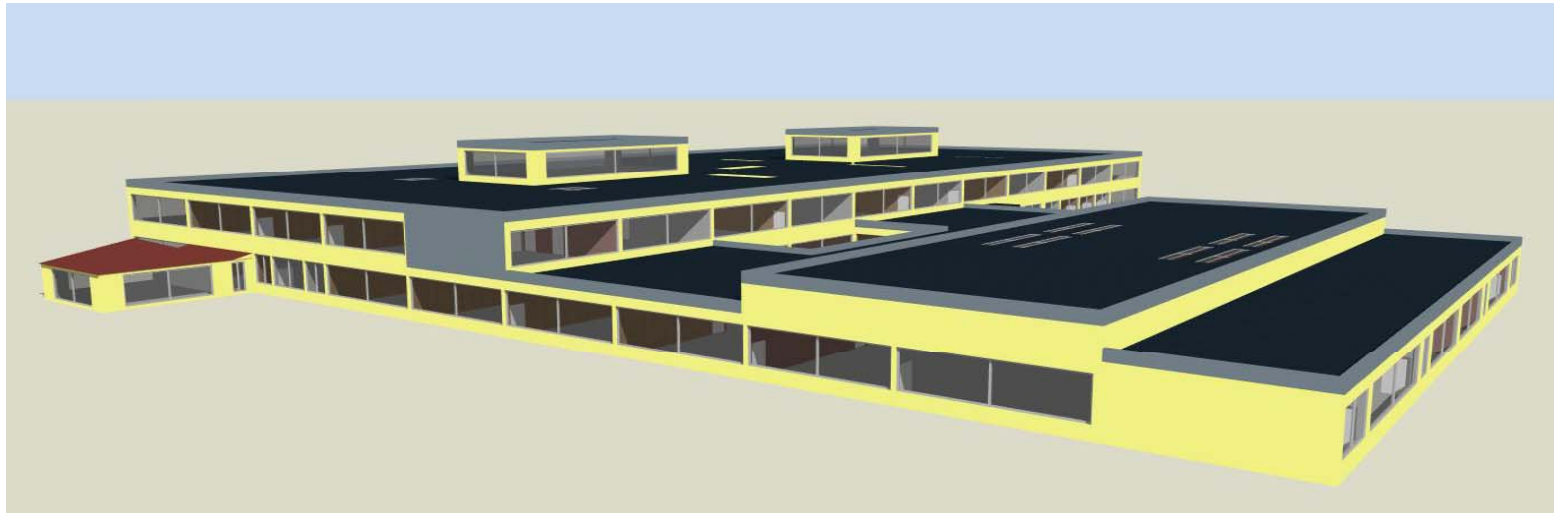


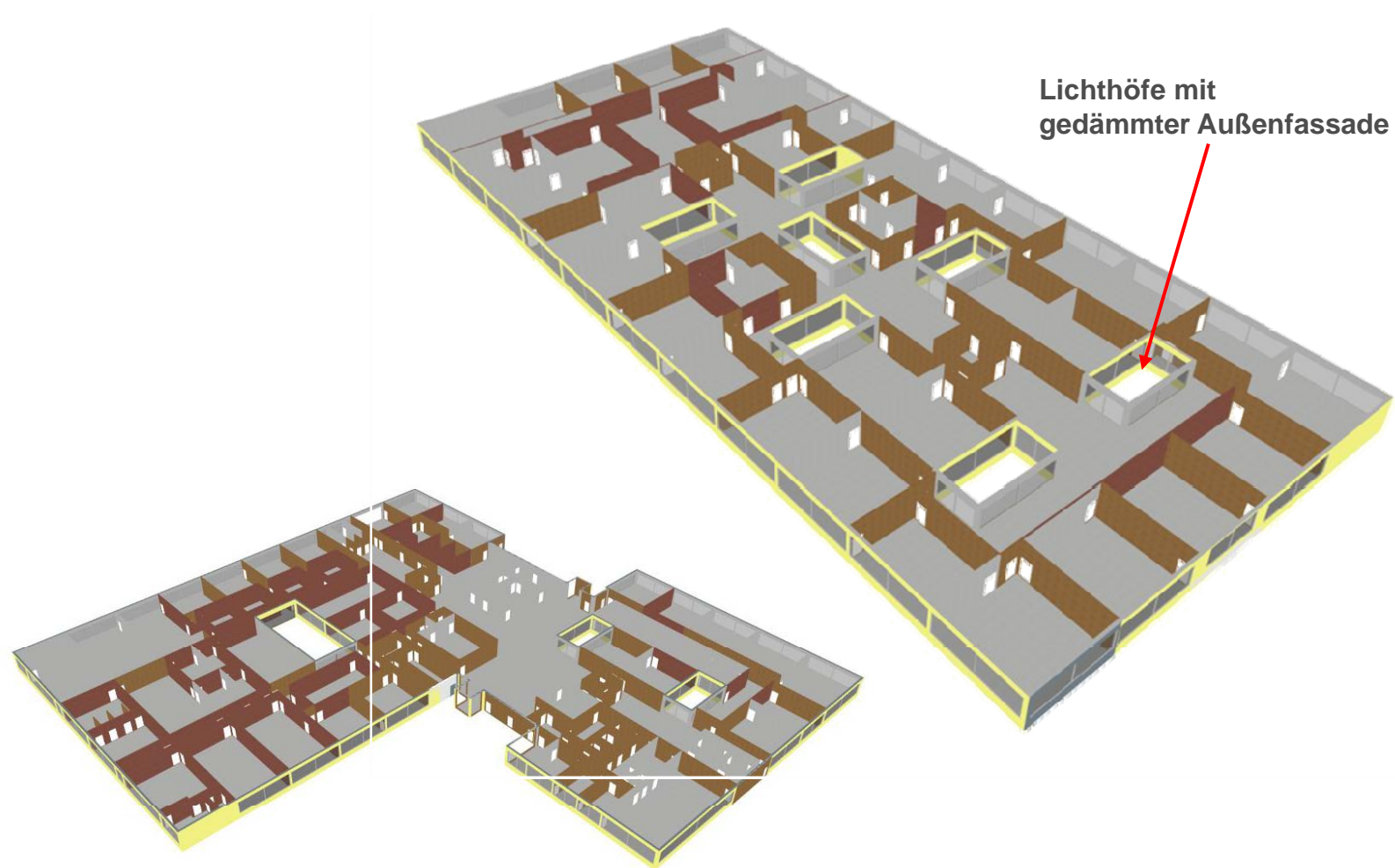


3-Dimensionale Eingabe des Gebäudes in das CAD - System

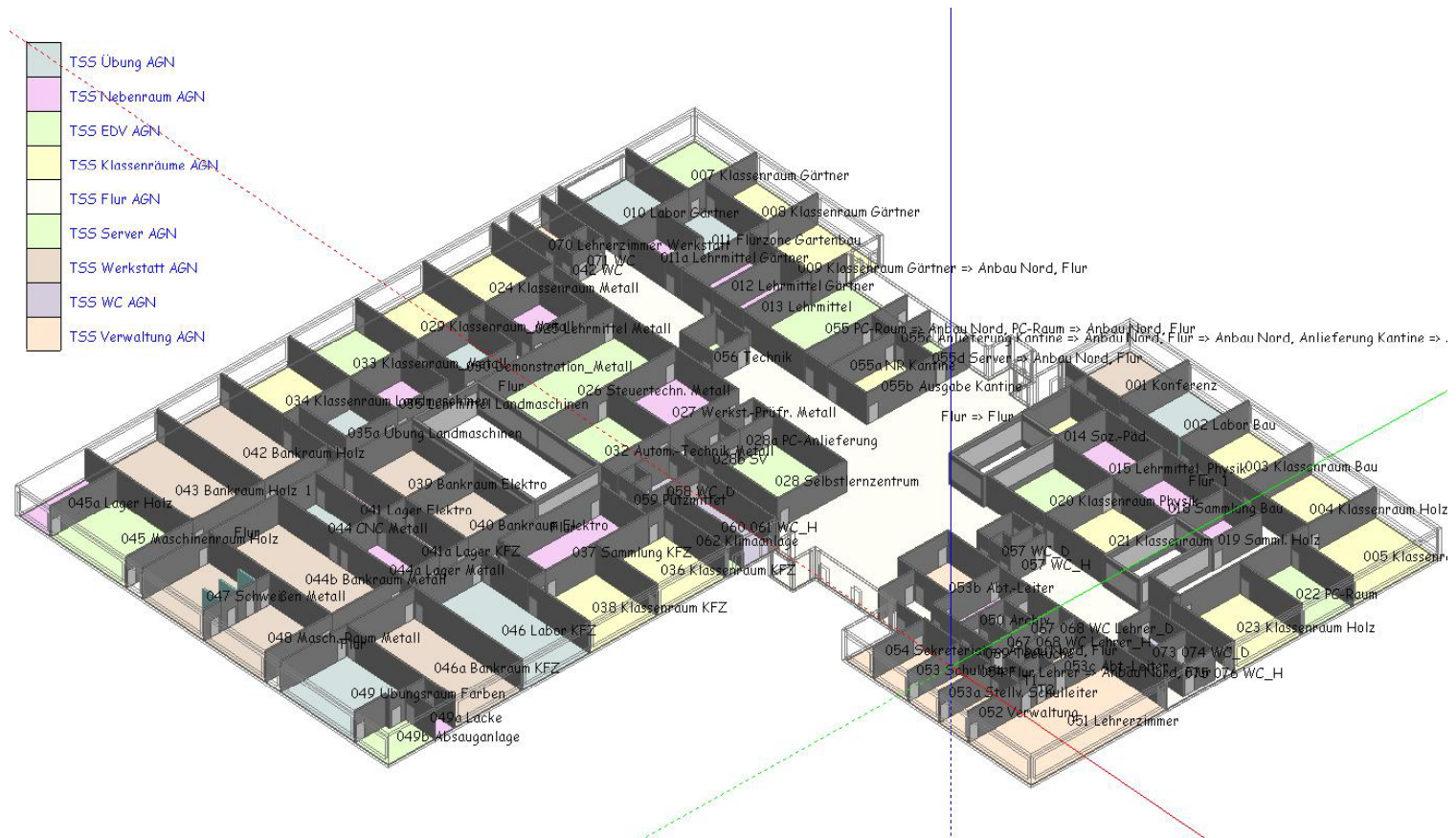








Lichthöfe mit
gedämmter Außenfassade



Grundlagen zur Simulationsberechnung

- Wetterdatensatz / Testreferenzjahr TRY
- Geografische Lage (Location Tab)
- Wand-, Dach-, Fußbodenkonstruktion (Construction Tab)
- interne Lasten entsprechend dem Nutzerprofil/Nutzervorgaben (Beleuchtung, Computer, Maschinen)
- Belegungs- und Nutzungszeiten
- Ermittlung Energiebedarf vor der Sanierung
- ggf. Definition von Zielwerten (z.B: kWh/(m²xa))

Definition der Randbedingungen

Profiles							
M...	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	5:00 - 16:15	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:00	Absenk	18:00 - 00:00
Feb	5:00 - 16:15	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:00	Absenk	18:00 - 00:00
Mar	5:00 - 16:15	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:00	Absenk	18:00 - 00:00
Apr	5:00 - 16:15	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:00	Absenk	18:00 - 00:00
May	5:00 - 16:15	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:00	Absenk	18:00 - 00:00
Jun	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Jul	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Aug	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Sep	5:00 - 16:15	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:00	Absenk	18:00 - 00:00
Oct	5:00 - 16:15	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:00	Absenk	18:00 - 00:00
Nov	5:00 - 16:15	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:00	Absenk	18:00 - 00:00
Dec	5:00 - 16:15	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:45	6:00 - 15:00	Absenk	18:00 - 00:00

Activity Template

Template TSS Klassenräume AGN

Sector General

Zone type 1-Standard

Zone multiplier 1

Include zone

Occupancy

Density (people/m2) 0,3500

Schedule TSS Belegung allgemein DIN 18599

Metabolic

Activity Person nach DIN 18599

Factor (Men=1.00, Women=0.85, Children... 0,90

Clothing

Winter clothing (clo) 1,00

Summer clothing (clo) 0,50

DHW

Environmental Control

Heating Setpoint Temperatures

Heating (°C) 20,0

Heating set back (°C) 16,0

Cooling Setpoint Temperatures

Cooling (°C) 26,0

Cooling set back (°C) 30,0

Ventilation Setpoint Temperatures

Natural Ventilation

Nat vent cooling (°C) 0,0

Max in-out delta T (deltaC) -50,0

Mechanical Ventilation

Mech vent cooling (°C) 30,0

Max in-out delta T (deltaC) -50,0

Minimum Fresh Air

Fresh air (l/s-person) 0,000

Mech vent per area (l/s-m2) 0,000

Lighting

Target Illuminance (lux) 300

Default display lighting density (W/m2) 0

Computers On

Office Equipment On

Eingabe aller
Gebäude-Parameter

Activity Template

- Template** TSS Klassenräume AGN **Zone**
- Sector General
- Zone type 1-Standard
- Zone multiplier 1
- Include zone

Occupancy

- Density (people/m2) 0,3500 **Belegungsdichte**
- Schedule TSS Belegung allgemein DIN 18599

Metabolic

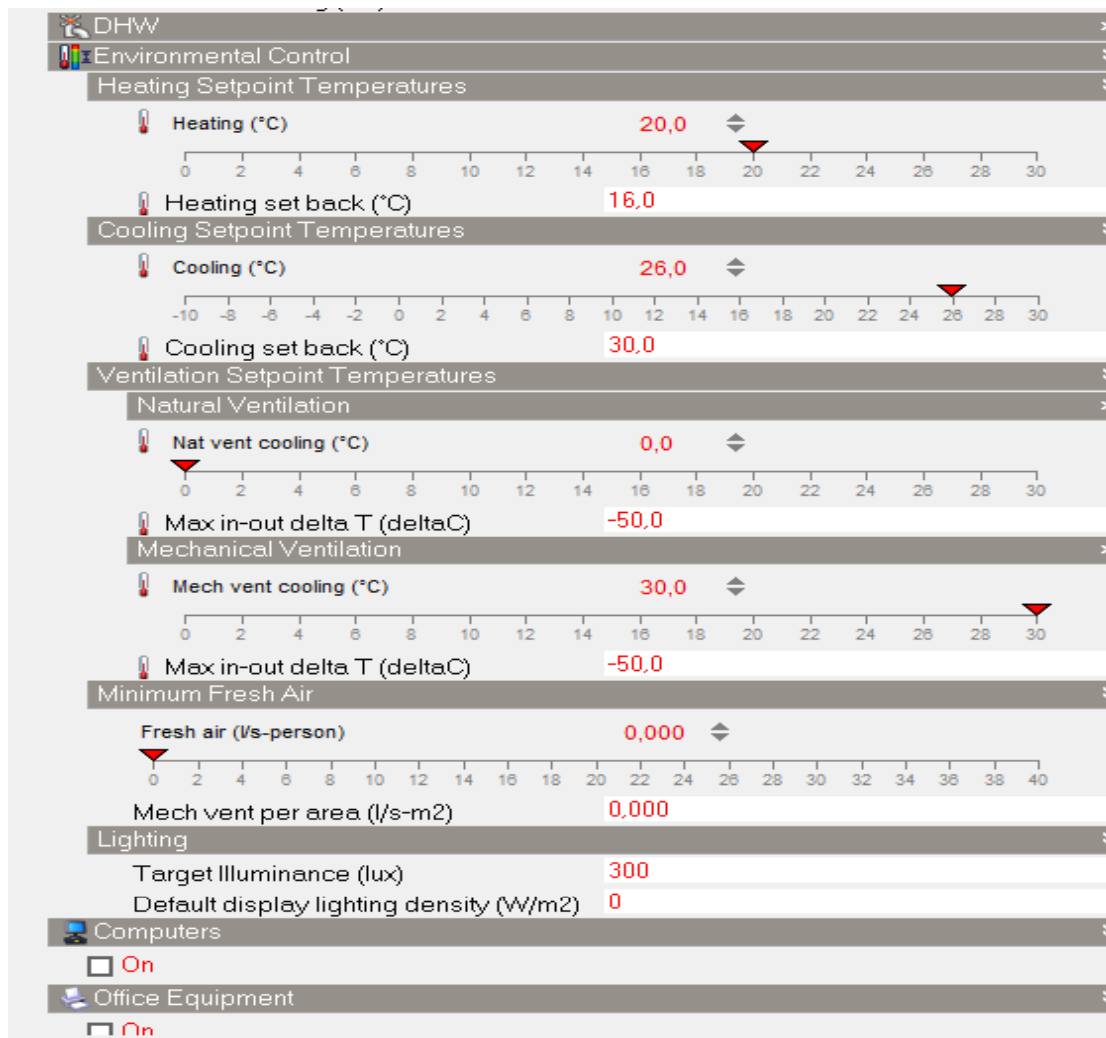
- Activity** Person nach DIN 18599 **Aktivitätsgrad**
- Factor (Men=1.00, Women=0.85, Children...) 0,90

Clothing

- Winter clothing (clo) 1,00
- Summer clothing (clo) 0,50

DHW

Environmental Control



Heiz-Grenz-Temperatur

Kühl-Grenz-Temperatur

Mechanische Lüftung

Beleuchtung

Constructions Data

Layers Surface properties Image Calculated

Cross Section

Outer surface

115,00mm Außenklinker

35,00mm Mundus Stein für Perlite

60,00mm Wärme dämmung Außenwände

240,00mm Kalksandstein

15,00mm Kalkputz(not to scale)

Inner surface

Beispiel: Klinker-Außenwand gedämmt

Constructions Data

Layers Surface properties Image Calculated

Inner surface

Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	2,152
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5,540
Surface resistance (m ² -K/W)	0,130

Outer surface

Convective heat transfer coefficient (W/m ² -K)	19,870
Radiative heat transfer coefficient (W/m ² -K)	5,130
Surface resistance (m ² -K/W)	0,040

No Bridging

U-Value surface to surface (W/m ² -K)	0,361
R-Value (m ² -K/W)	2,943
U-Value (W/m²-K)	0,340

With Bridging (BS EN ISO 6946)

Km - Internal heat capacity (KJ/m ² -K)	197,3800
Upper resistance limit (m ² -K/W)	2,943
Lower resistance limit (m ² -K/W)	2,943
U-Value surface to surface (W/m ² -K)	0,361
R-Value (m ² -K/W)	2,943
U-Value (W/m²-K)	0,340

Berechnung des Bestandsgebäudes vor der Sanierungsplanung

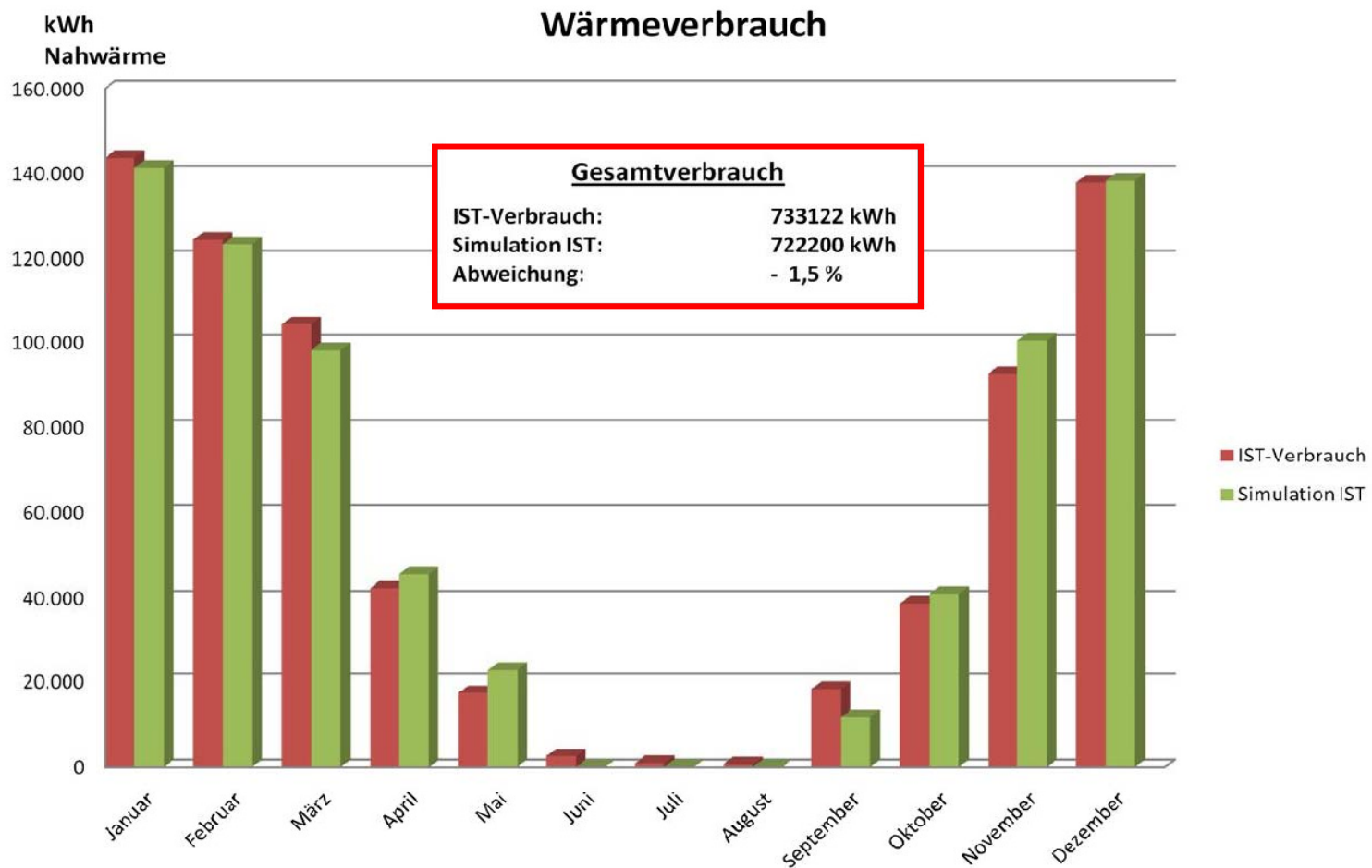
Auszug aus einer Diplomarbeit als vorbereitende Maßnahme einer energetischen Sanierung.

Vergleich standardisierter Dämmmaßnahmen.

Quelle: Diplomarbeit Thomas Grothaus 09/2008

Ergebnisse der Simulationsberechnung

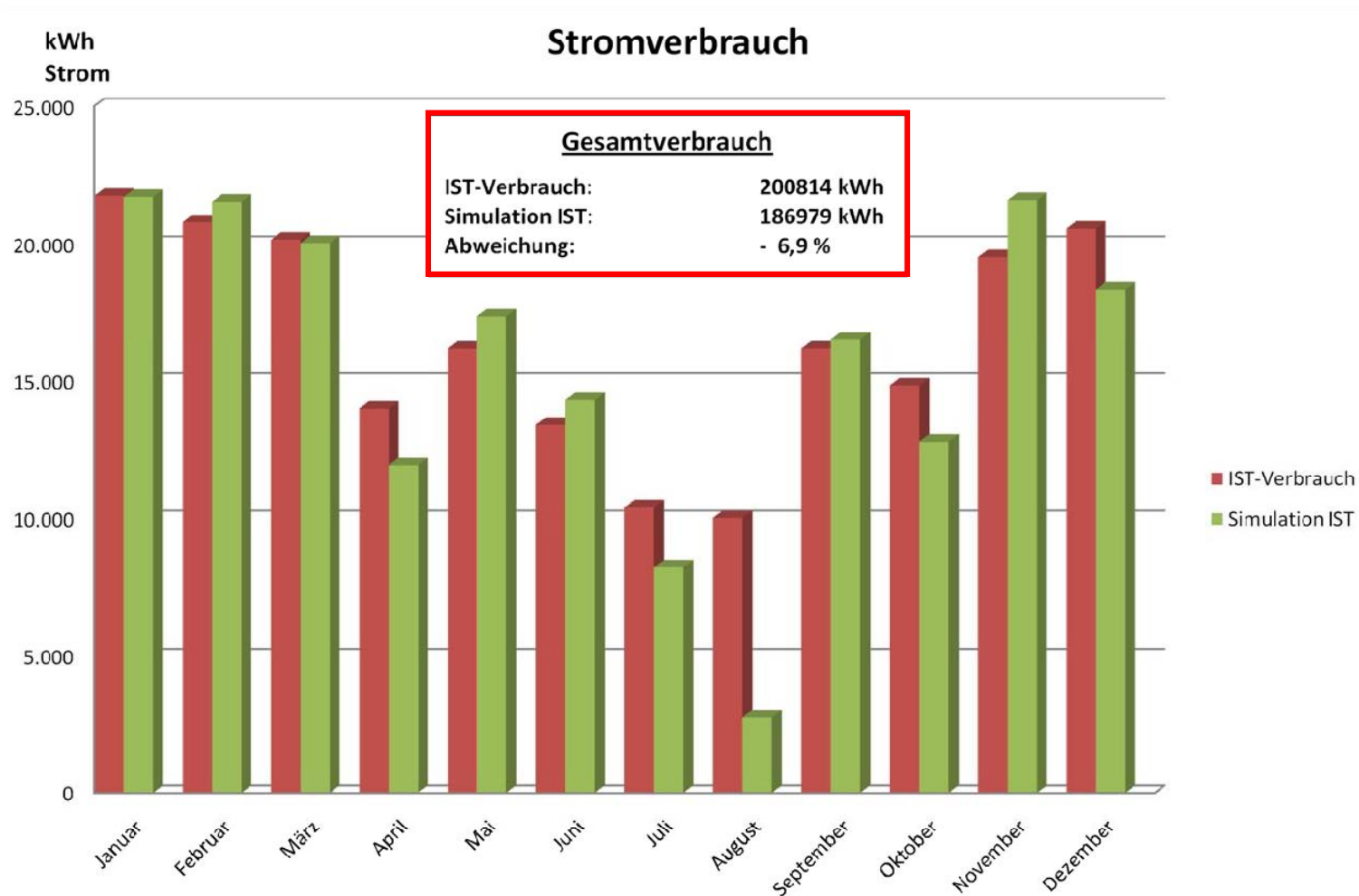
agn 



Technische Schulen | Vergleichsberechnung

Prüfung der Berechnung Bestandsgebäude und Vergleich mit dem tatsächlichen Wärmebedarf

Quelle: Diplomarbeit Thomas Grothaus 09/2008

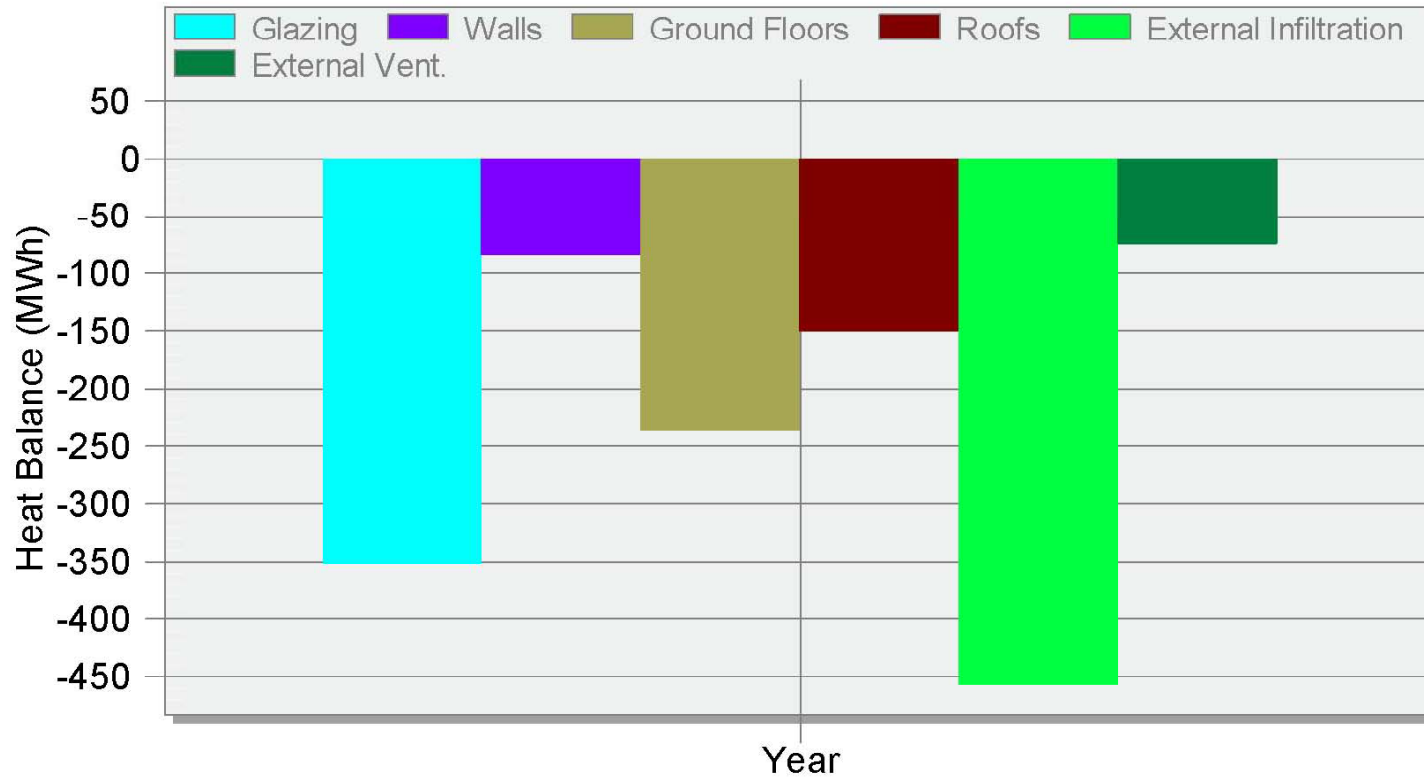


Technische Schulen | Vergleichsberechnung

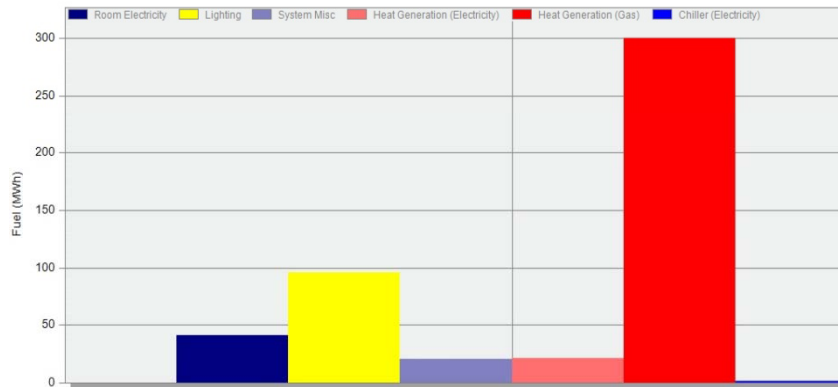
Prüfung der Berechnung Bestandsgebäude und Vergleich mit dem tatsächlichen Strombedarf

Quelle: Diplomarbeit Thomas Grothaus 09/2008

Fabric and Ventilation - Technische Schulen IST, Technische Schulen Steinfurt
 EnergyPlus Output 1 Jan - 31 Dec, Annual Evaluation

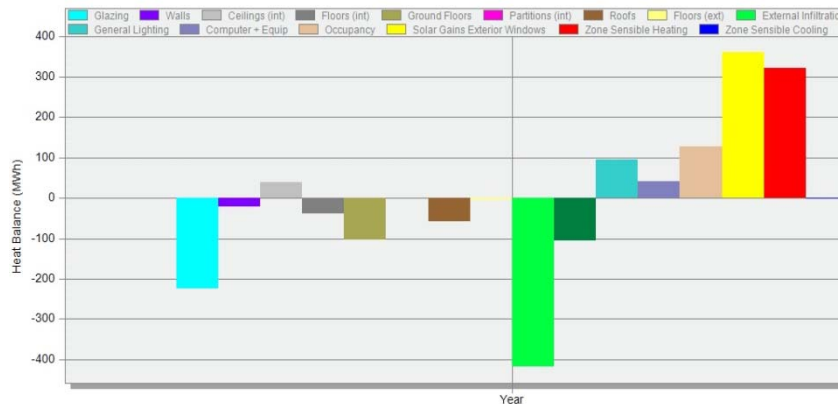


Temperatures, Heat Gains and Energy Consumption - Technische Schulen KfW-40, Technische Schulen Steinfurt
EnergyPlus Output 1 Jan - 31 Dec, Annual



Energiebedarf:

(Gelb) - Beleuchtung .ca. 95 MWh/a
(Rot) - Heizenergie. .ca. **280** MWh/a



Energieflussdiagramm:

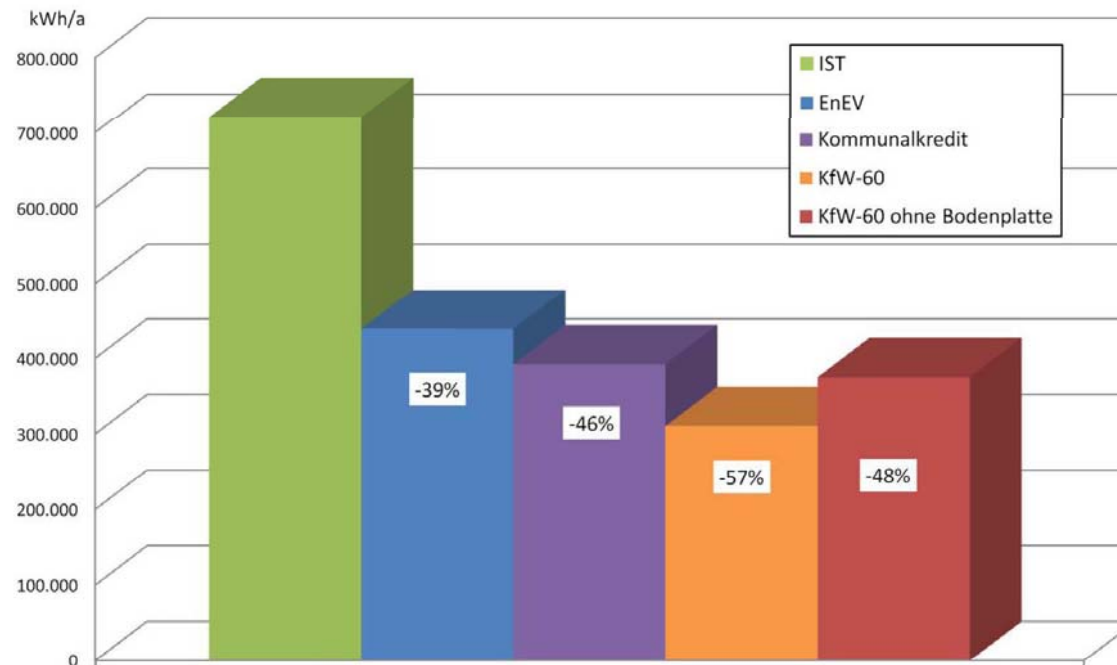
nach unten: Energieabfluss

- Glazing (Fenster)
- Roof (Dachflächen/Decken)
- Walls (Wände)
- Groundfloors (Sohle)

nach oben: Energiezufluss

- Solar Gains Exterior Windows (Solare Einstrahlung)
- Zone Sensible Heating (Heizenergie)
- Computer und Maschinen
- General Lighting (Grundbeleuchtung)
- usw.

Vergleich unterschiedlicher Dämmstandards



Ergebnis / Wirtschaftlichkeit

„Die Simulationen zeigen, dass durch Sanierungsmaßnahmen an der Außenhülle des Gebäudes Einsparungen im Wärmebedarf bis zu 57% möglich sind. Dies gelingt allerdings nur, wenn auch die Dämmung der Bodenplatte verbessert wird. Ohne Veränderungen an der Bodenplatte lassen sich aber trotzdem noch 48% einsparen.“ [...]

**Ergebnisse der Simulationsberechnung
Berechnung und Nachweise zum Sanierungskonzept**



Im Rahmen der Planungen durch das Büro agn, wurden folgende Änderungen am DesignBuilder-Modell durchgeführt / simuliert:

Zeichnerische und bauphysikalische Änderungen am Modell

- Fenstermaße vergrößert
- Außenwandaufbau inkl. verstärkte Dämmung lt. Schnitt (EnEV 2009)
- Dachaufbau mit 16cm starker Dämmung des Flachdachs
- Innenhöfe zeichnerisch in das Modell eingefügt
- Innenwände nach dem Planungsgrundriss Stand Juli 2009 gezeichnet
- Anbauten im Norden und Süden, Mehrzweckraum berücksichtigt

Durchgeführte Änderungen am Nutzungsprofil

- Jährliche Nutzung inkl. Schulferienkalender 2009 für NRW
- Anpassung der Raumnutzungsprofile an den geplanten Betrieb der Schule
- Änderung der durchschnittlichen Lichtleistung auf 15W/m² für alle Räume (ausgenommen Werkstattbereiche mit erhöhten Decken: 20 W/m²)
- Einsatz von Klimawänden im neuen Modell
- Klassenräume: Reine Lüftungs- und Heizwände in den Klassenräumen (Südräume im 1.OG, EDV-Räume zusätzlich mit Kühlung [26 °C Auslegungsfall])
- Verwaltungsbereich ohne Lüftung, aber mit Kühlung
- Flure und Nebenräume, sowie Werkstattbereich mit Fensterlüftung
- Betrieb der Heizungsanlage nur von April bis Oktober

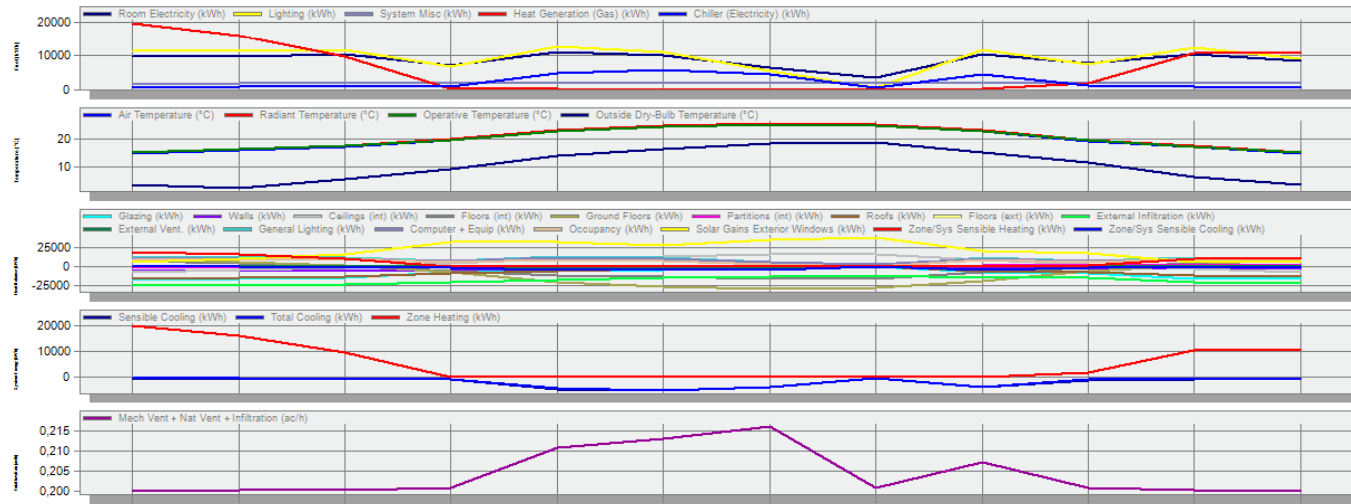
**Ergebnisse der Simulationsberechnung
Berechnung und Nachweise zum Sanierungskonzept**

Durchgeführte Änderungen am Nutzungsprofil

- Klassenräume: Nutzung von 8 – 15 Uhr (Unterbrechung von 10 – 12 Uhr)
Angenommene Klassenstärken von 20 – 25 Schüler
Aufheizung der Räume auf 20 °C Innentemperatur
- EDV-Räume wie Klassenräume, jedoch
Zusätzliche Raumkühlung, ca. 20 PCs pro EDV-Raum (150 W/PC)
- Nebenräume und Flurbereiche Nutzungszeiten von 10 - 12 Uhr
0 – 10 Personen je nach Raum
15 °C im Flur und Lagerräumen, 20 °C in Übungsräumen
- Werkstattbereich Nutzung von 8 – 13 Uhr
18 °C Innentemperatur
Erhöhte Lichtleistung von 20 W/m²
ca. 15 Personen pro Werkstattraum
- Verwaltung Nutzungszeit von 8 – 15 Uhr
Ca. 1-2 Personen pro Verwaltungsraum
1-3 EDV-Geräte mit Einzelleistungen von 150 W/m²
- Lehrerzimmer Nutzung von 10 – 12 Uhr
20°C Innentemperatur
Ca. 30-35 Personen
- EDV-Raum Betriebszeit 8760 h/a
5 kW EDV-Leistung
Kühlung des EDV-Raumes

Ergebnisse der Simulationsberechnung
Berechnung und Nachweise zum Sanierungskonzept

Temperatures, Heat Gains and Energy Consumption - Technische Schulen IST, Technische Schulen Steinfurt
1 Jan - 31 Dec, Monthly

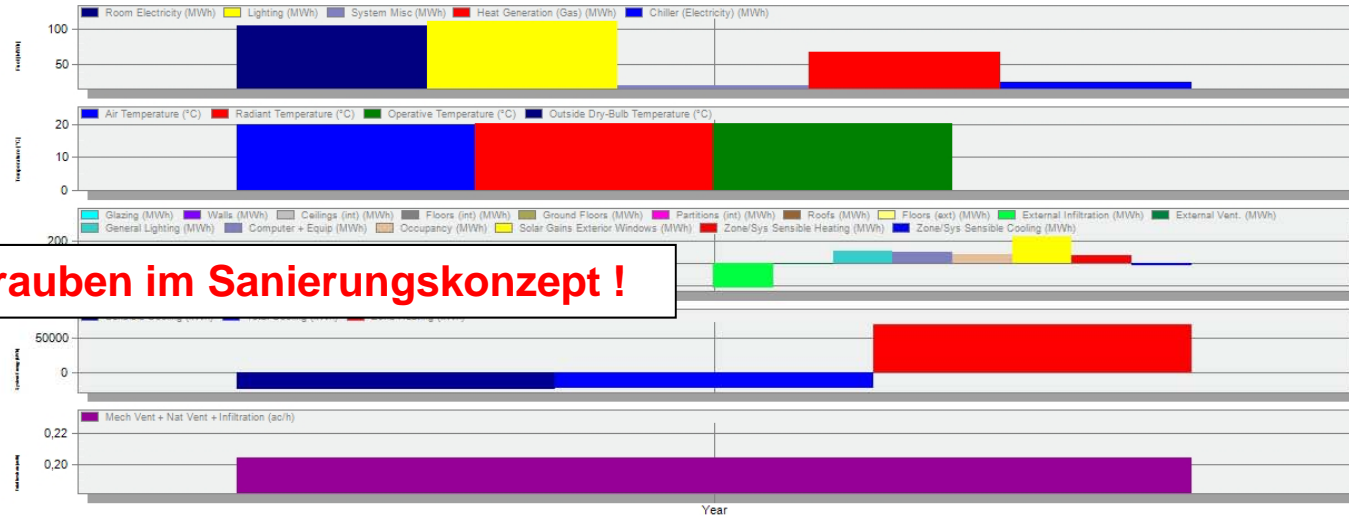


Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Room Electricity (kWh)	9719,10	9782,36	10426,33	7147,00	11133,56	9975,93	6536,56	3354,02	10329,55	7597,41	10329,55	8304,64
Lighting (kWh)	11226,99	11485,98	11816,96	6652,25	12557,89	11078,59	5433,18	567,28	11677,83	7378,77	12264,32	8934,71
System Misc (kWh)	1610,33	1782,87	1725,36	1782,87	1725,36	1782,87	1782,87	1725,36	1782,87	1725,36	1782,87	1782,87
Heat Generation (Gas) (kWh)	19781,61	15846,39	9656,14	35,70	25,34	0,00	0,00	0,00	5,48	1726,20	10564,33	10634,71
Chiller (Electricity) (kWh)	651,68	708,32	931,93	872,99	4707,70	5635,60	4585,09	363,04	4302,79	1130,90	955,78	577,70
Air Temperature (°C)	15,04	16,11	17,34	19,52	22,73	24,43	25,22	24,82	22,79	19,43	17,28	14,89
Radiant Temperature (°C)	15,26	16,45	17,73	20,05	23,11	24,82	25,57	25,13	23,13	19,80	17,60	15,31
Operative Temperature (°C)	15,15	16,28	17,54	19,79	22,92	24,63	25,39	24,98	22,96	19,61	17,44	15,10
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	3,50	2,52	5,40	9,19	13,96	16,37	18,64	18,77	15,35	11,80	6,31	3,74
Glazing (kWh)	-17401,61	-16672,71	-14507,05	-7456,57	-5555,96	-5067,99	-1146,78	265,06	-6911,19	-8508,23	-15762,21	-16599,74
Walls (kWh)	-5909,61	-5161,96	-5542,75	-4414,90	-5125,18	-2605,17	-1737,55	-1733,69	-1938,37	-2079,45	-3402,07	-2986,15
Ceilings (int) (kWh)	-8077,48	-4487,67	-1932,38	4992,01	10182,93	13075,36	15950,88	16042,07	8651,55	2565,94	-3173,23	-7109,42
Floors (int) (kWh)	7408,28	4525,45	1681,29	-5544,80	-11662,45	-12855,06	-15838,55	-15903,21	-8162,83	-1933,10	4135,49	8400,74
Ground Floors (kWh)	10407,63	5515,64	905,04	-7870,76	-21259,64	-26122,49	-30004,36	-28074,52	-19368,80	-6587,20	2087,03	11665,63
Partitions (int) (kWh)	-930,07	136,28	-292,74	-815,50	-2195,91	391,61	306,45	213,21	896,64	1113,10	1598,95	2156,32
Roofs (kWh)	-16829,13	-15153,00	-13423,82	-8324,33	-6033,01	-2438,46	-558,30	-797,51	-5405,99	-7934,85	-12292,78	-13526,35
Floors (ext) (kWh)	-24,88	-25,36	-24,48	-19,70	-16,94	-14,51	-12,23	-11,35	-13,85	-15,36	-22,06	-24,13
External Infiltration (kWh)	-23492,32	-25357,71	-24308,56	-20155,15	-17429,54	-15243,86	-12864,63	-11816,68	-14198,08	-15235,05	-21548,07	-22914,10
External Vent. (kWh)	-57,55	-62,64	-81,85	-137,13	-1052,24	-1284,13	-968,57	-76,33	-791,87	-137,73	-67,48	-45,25
General Lighting (kWh)	11226,99	11485,98	11816,96	6652,25	12557,89	11078,59	5433,18	567,28	11677,83	7378,77	12264,32	8934,71
Computer + Equip (kWh)	9719,10	9782,36	10426,33	7147,00	11133,56	9975,93	6536,56	3354,02	10329,55	7597,41	10329,55	8304,64
Occupancy (kWh)	8758,98	9201,05	9573,64	5345,29	9503,53	7935,45	3903,63	3552,98	8833,74	5776,57	9583,87	6885,76
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	5247,40	10562,56	16533,73	32060,74	31866,31	28417,54	36202,79	38705,88	19947,63	17017,63	5276,28	5472,37
Zone/Sys Sensible Heating (kWh)	19781,61	15846,39	9656,14	35,70	25,34	0,00	0,00	0,00	5,48	1726,20	10564,33	10634,71
Zone/Sys Sensible Cooling (kWh)	-611,25	-684,49	-980,89	-1035,29	-4571,48	-5056,82	-3941,90	-303,48	-3969,53	-1207,50	-961,75	-557,41
Sensible Cooling (kWh)	-633,97	-708,58	-1006,56	-1050,90	-4605,13	-5087,50	-3965,65	-305,27	-3998,68	-1224,18	-987,63	-575,82
Total Cooling (kWh)	-586,51	-637,48	-838,74	-785,69	-4236,93	-5072,04	-4126,58	-326,73	-3872,51	-1017,81	-860,20	-519,93
Zone Heating (kWh)	19781,61	15846,39	9656,14	35,70	25,34	0,00	0,00	0,00	5,48	1726,20	10564,33	10634,71
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ach)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21	0,22	0,20	0,21	0,20	0,20	0,20

Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul
Room Electricity (kWh)	9719,10	9782,36	10426,33	7147,00	11133,56	9975,93	6536,56
Lighting (kWh)	11226,99	11485,98	11816,96	6652,25	12557,89	11078,59	5433,18
System Misc (kWh)	1610,33	1782,87	1725,36	1782,87	1725,36	1782,87	1782,87
Heat Generation (Gas) (kWh)	19781,61	15846,39	9656,14	35,70	25,34	0,00	0,00
Chiller (Electricity) (kWh)	651,68	708,32	931,93	872,99	4707,70	5635,60	4585,09
Air Temperature (°C)	15,04	16,11	17,34	19,52	22,73	24,43	25,22
Radiant Temperature (°C)	15,26	16,45	17,73	20,05	23,11	24,82	25,57
Operative Temperature (°C)	15,15	16,28	17,54	19,79	22,92	24,63	25,39
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	3,50	2,52	5,40	9,19	13,96	16,37	18,64
Glazing (kWh)	-17401,61	-16672,71	-14507,05	-7456,57	-5555,96	-5067,99	-1146,78
Walls (kWh)	-5909,61	-5161,96	-5542,75	-4414,90	-5125,18	-2605,17	-1737,55
Ceilings (int) (kWh)	-8077,48	-4487,67	-1932,38	4992,01	10182,93	13075,36	15950,88
Floors (int) (kWh)	7408,28	4525,45	1681,29	-5544,80	-11662,45	-12855,06	-15838,55
Ground Floors (kWh)	10407,63	5515,64	905,04	-7870,76	-21259,64	-26122,49	-30004,36
Partitions (int) (kWh)	-930,07	136,28	-292,74	-815,50	-2195,91	391,61	306,45
Roofs (kWh)	-16829,13	-15153,00	-13423,82	-8324,33	-6033,01	-2438,46	-558,30
Floors (ext) (kWh)	-24,88	-25,36	-24,48	-19,70	-16,94	-14,51	-12,23
External Infiltration (kWh)	-23492,32	-25357,71	-24308,56	-20155,15	-17429,54	-15243,86	-12864,63
External Vent. (kWh)	-57,55	-62,64	-81,85	-137,13	-1052,24	-1284,13	-968,57
General Lighting (kWh)	11226,99	11485,98	11816,96	6652,25	12557,89	11078,59	5433,18
Computer + Equip (kWh)	9719,10	9782,36	10426,33	7147,00	11133,56	9975,93	6536,56
Occupancy (kWh)	8758,98	9201,05	9573,64	5345,29	9503,53	7935,45	3552,98
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	5247,40	10562,56	16533,73	32060,74	31866,31	28417,54	36202,79
Zone/Sys Sensible Heating (kWh)	19781,61	15846,39	9656,14	35,70	25,34	0,00	0,00
Zone/Sys Sensible Cooling (kWh)	-611,25	-684,49	-980,89	-1035,29	-4571,48	-5056,82	-3941,90
Sensible Cooling (kWh)	-633,97	-708,58	-1006,56	-1050,90	-4605,13	-5087,50	-3965,65
Total Cooling (kWh)	-586,51	-637,48	-838,74	-785,69	-4236,93	-5072,04	-4126,58
Zone Heating (kWh)	19781,61	15846,39	9656,14	35,70	25,34	0,00	0,00
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21	0,21	0,22

Simulation Gebäude gesamt | monatlich



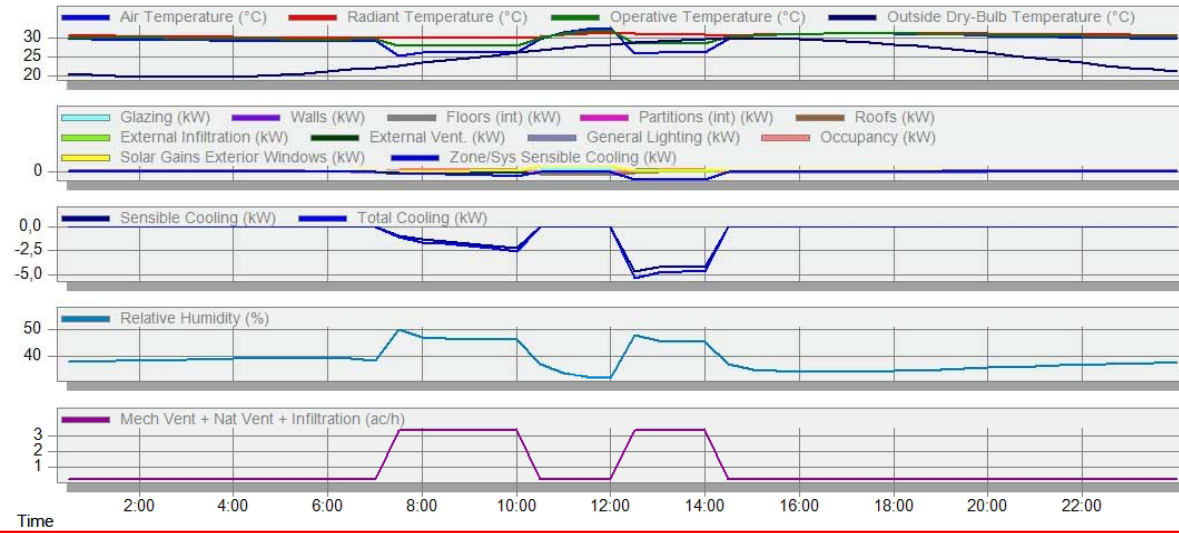


Stellschrauben im Sanierungskonzept !

Room Electricity (MWh)	104,64	215 MWh Strom	
Lighting (MWh)	111,07		
System Misc (MWh)	20,99		
Heat Generation (Gas) (MWh)	68,28		68 MWh Wärme
Chiller (Electricity) (MWh)	25,42		
Air Temperature (°C)	19,99		
Radiant Temperature (°C)	20,35		
Operative Temperature (°C)	20,17		
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	0,00		
Glazing (MWh)	-115,32	- 115 MWh Fenster/Glas	
Walls (MWh)	-42,64		
Ceilings (int) (MWh)	46,68		
Floors (int) (MWh)	-45,75		
Ground Floors (MWh)	-108,71	- 108 MWh Sohle	
Partitions (int) (MWh)	2,58		
Roofs (MWh)	-102,72	- 102 MWh Dach	
Floors (ext) (MWh)	-0,22		
External Infiltration (MWh)	-224,58	- 224 MWh Infiltration	
External Vent. (MWh)	-4,76		
General Lighting (MWh)	111,07		
Computer + Equip (MWh)	104,64		
Occupancy (MWh)	85,34		
Solar Gains Exterior Windows (MWh)	247,31	247 MWh Solare Gewinne durch Außenfenster	
Zone/Sys Sensible Heating (MWh)	68,28		
Zone/Sys Sensible Cooling (MWh)	-23,88		
Sensible Cooling (kWh)	-24149,86		
Total Cooling (kWh)	-22881,16		
Zone Heating (kWh)	68275,89		
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ach)	0,20		

Temperature and Heat Gains - OG, 132 Klassenraum Elektro

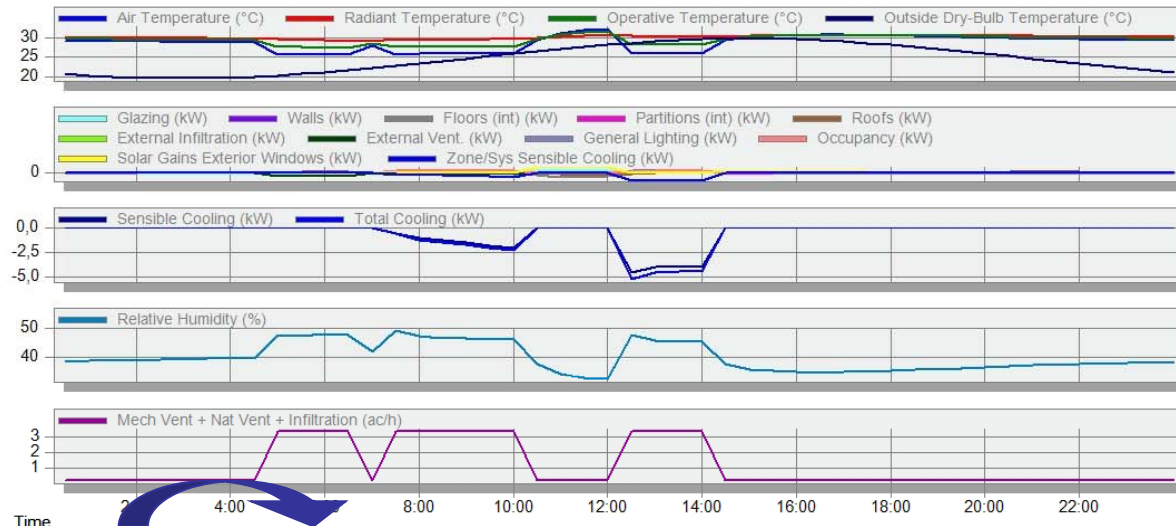
15 Jul, Sub-hourly



Time	2:00	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
Air Temperature (°C)	29.44	29.18	29.06	25.99	26.00	32.74	26.00	30.99	31.03	30.54	30.08
Radiant Temperature (°C)	30.40	30.16	29.96	29.98	30.03	31.26	30.76	30.99	31.13	31.06	30.86
Operative Temperature (°C)	29.92	29.67	29.51	27.99	28.02	32.00	28.38	30.99	31.08	30.80	30.47
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	19.68	19.68	21.01	23.32	25.98	28.29	29.62	29.62	28.29	25.98	23.32
Glazing (kW)	-0.19	-0.20	-0.15	0.07	0.23	1.02	0.26	0.13	0.04	-0.09	-0.16
Walls (kW)	0.03	0.04	0.05	0.06	0.04	-0.13	0.02	-0.04	-0.03	-0.02	0.00
Floors (int) (kW)	-0.24	-0.22	-0.24	-0.16	-0.22	-1.89	0.01	-0.44	-0.44	-0.35	-0.28
Partitions (int) (kW)	0.19	0.21	0.19	0.30	0.11	-0.67	0.19	-0.21	-0.11	0.03	0.12
Roofs (kW)	0.32	0.29	0.21	0.01	-0.02	-0.82	0.17	0.11	0.20	0.35	0.40
External Infiltration (kW)	-0.15	-0.16	-0.15	-0.08	-0.03	-0.08	0.05	-0.02	-0.05	-0.09	-0.12
External Vent. (kW)	0.00	0.00	0.00	-1.25	-0.51	0.00	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00
General Lighting (kW)	0.00	0.00	0.00	1.03	1.03	0.00	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00
Occupancy (kW)	0.00	0.00	0.00	1.38	1.36	0.00	1.36	0.00	0.00	0.00	0.00
Solar Gains Exterior Windows (kW)	0.00	0.00	0.11	0.17	0.29	2.74	0.27	0.54	0.38	0.11	0.00
Zone/Sys Sensible Cooling (kW)	0.00	0.00	0.00	-1.38	-2.24	0.00	-4.19	0.00	0.00	0.00	0.00
Sensible Cooling (kW)	0.00	0.00	0.00	-1.36	-2.24	0.00	-4.19	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Cooling (kW)	0.00	0.00	0.00	-1.61	-2.53	0.00	-4.60	0.00	0.00	0.00	0.00
Relative Humidity (%)	38.23	38.90	39.21	47.17	46.11	31.37	45.24	34.09	34.33	35.53	36.59
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0.20	0.20	0.20	3.40	3.40	0.20	3.40	0.20	0.20	0.20	0.20

Temperature and Heat Gains - OG, 133 Klassenraum 6

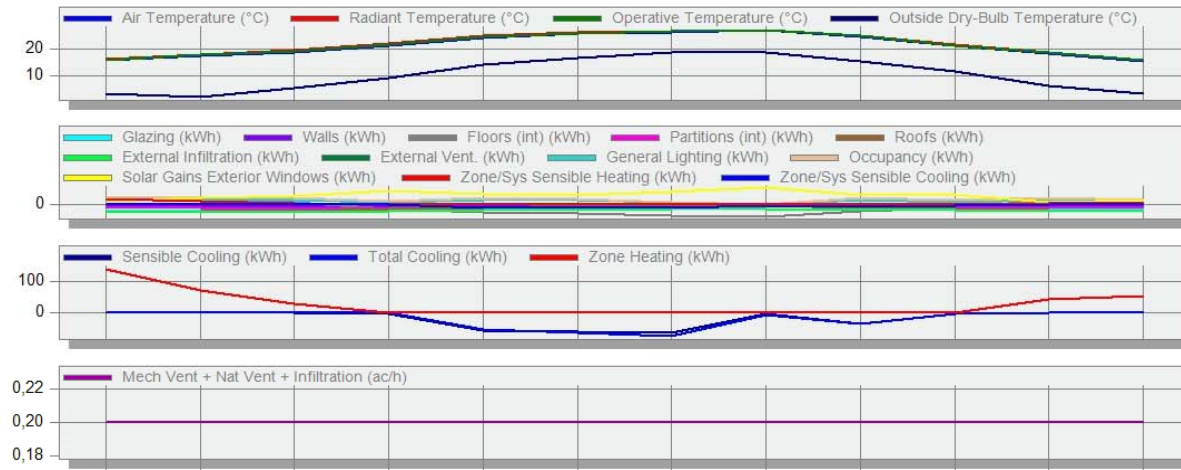
15 Jul, Sub-hourly



Time	2:00	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
Air Temperature (°C)	29,13	28,92	25,64	26,00	26,00	32,46	26,00	30,67	30,65	30,14	29,70
Radiant Temperature (°C)	30,08	29,90	29,38	29,55	29,67	30,87	30,39	30,59	30,69	30,62	30,45
Operative Temperature (°C)	29,61	29,41	27,51	27,77	27,84	31,67	28,19	30,63	30,67	30,38	30,07
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	19,68	19,68	21,01	23,32	25,98	28,29	29,62	29,62	28,29	25,98	23,32
Glazing (kW)	-0,20	-0,21	-0,11	0,08	0,24	1,11	0,28	0,14	0,05	-0,09	-0,17
Walls (kW)	0,05	0,08	0,29	0,08	0,03	-0,37	-0,02	-0,13	-0,11	-0,06	-0,01
Floors (int) (kW)	-0,20	-0,17	0,30	-0,23	-0,30	-1,96	-0,10	-0,46	-0,45	-0,34	-0,26
Partitions (int) (kW)	0,16	0,18	0,46	0,11	0,04	-0,57	0,09	-0,17	-0,10	0,01	0,09
Roofs (kW)	0,30	0,25	0,54	-0,09	-0,12	-0,90	0,13	0,11	0,23	0,39	0,42
External Infiltration (kW)	-0,15	-0,16	-0,10	-0,08	-0,03	-0,08	0,06	-0,02	-0,05	-0,09	-0,11
External Vent. (kW)	0,00	0,00	-1,60	-1,30	-0,53	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00
General Lighting (kW)	0,00	0,00	0,00	1,06	1,06	0,00	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Occupancy (kW)	0,00	0,00	0,00	1,43	1,41	0,00	1,41	0,00	0,00	0,00	0,00
Solar Gains Exterior Windows (kW)	0,00	0,00	0,12	0,18	0,31	2,95	0,29	0,58	0,41	0,12	0,00
Zone/Sys Sensible Cooling (kW)	0,00	0,00	0,00	-1,11	-2,08	0,00	-4,07	0,00	0,00	0,00	0,00
Sensible Cooling (kW)	0,00	0,00	0,00	-1,10	-2,08	0,00	-4,07	0,00	0,00	0,00	0,00
Total Cooling (kW)	0,00	0,00	0,00	-1,31	-2,37	0,00	-4,47	0,00	0,00	0,00	0,00
Relative Humidity (%)	38,94	39,50	48,01	47,33	46,25	31,95	45,33	34,78	35,13	36,39	37,43
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0,20	0,20	3,40	3,40	3,40	0,20	3,40	0,20	0,20	0,20	0,20

Temperature and Heat Gains - OG, 132 Klassenraum Elektro

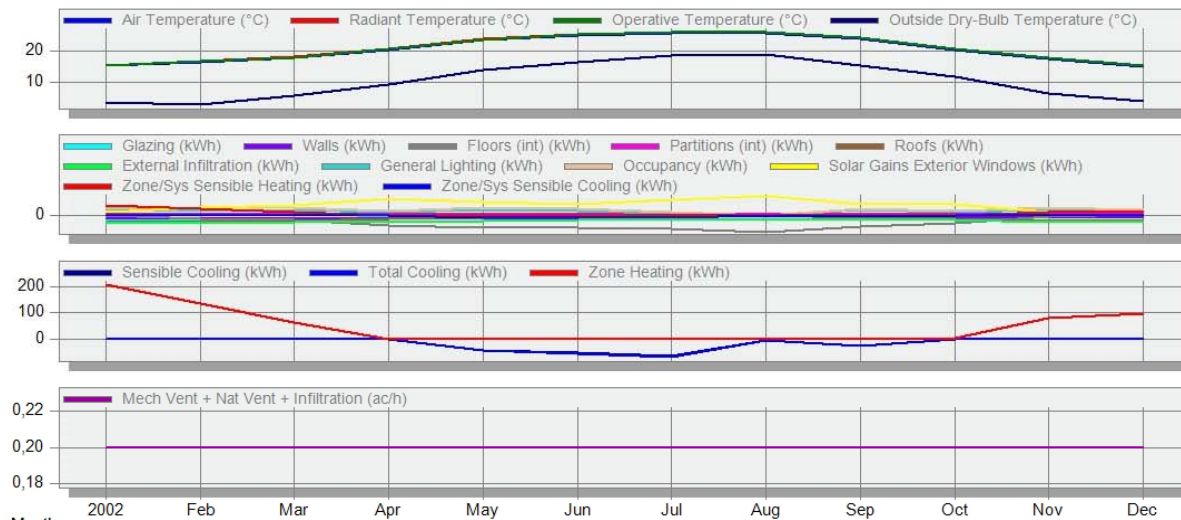
1 Jan - 31 Dec, Monthly



Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°C)	15,73	17,44	18,74	21,17	24,03	25,39	26,00	26,57	24,40	20,93	18,24	15,40
Radiant Temperature (°C)	15,99	17,95	19,28	21,73	24,57	25,94	26,53	26,95	24,84	21,40	18,71	15,93
Operative Temperature (°C)	15,86	17,69	19,01	21,45	24,30	25,67	26,26	26,76	24,62	21,16	18,48	15,67
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	3,50	2,52	5,40	9,19	13,96	16,37	18,64	18,77	15,35	11,80	6,31	3,74
Glazing (kWh)	-130,75	-116,29	-102,05	-32,66	-35,15	-30,61	10,50	35,07	-38,11	-46,34	-124,09	-118,35
Walls (kWh)	-38,38	-29,41	-32,40	-27,90	-28,46	-16,07	-9,99	-11,81	-13,58	-11,46	-19,52	-15,17
Floors (int) (kWh)	119,72	87,01	51,36	-95,63	-158,24	-191,30	-230,25	-264,83	-148,03	-56,56	104,19	129,24
Partitions (int) (kWh)	-68,08	-75,63	-84,16	-75,91	-64,59	-30,34	-19,81	-41,52	-52,15	-60,10	-58,63	-47,49
Roofs (kWh)	-170,07	-149,16	-133,16	-93,13	-62,09	-28,22	-8,88	-19,32	-67,23	-85,69	-118,31	-127,29
External Infiltration (kWh)	-155,59	-174,07	-169,76	-146,27	-125,37	-106,92	-90,37	-95,32	-107,88	-113,93	-146,46	-149,72
External Vent. (kWh)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
General Lighting (kWh)	97,53	102,67	107,80	61,60	118,07	102,67	51,33	5,13	107,80	66,73	107,80	77,00
Occupancy (kWh)	143,38	150,92	158,47	88,92	161,71	137,45	64,43	6,65	147,40	95,76	158,44	113,19
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	75,16	151,74	192,36	338,93	263,39	234,14	311,41	403,68	220,51	226,72	60,46	95,12
Zone/Sys Sensible Heating (kWh)	141,47	69,98	27,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	44,05	52,79
Zone/Sys Sensible Cooling (kWh)	0,00	0,00	0,00	-2,48	-57,00	-60,97	-65,87	-5,33	-36,66	-4,91	0,00	0,00
Sensible Cooling (kWh)	0,00	0,00	0,00	-2,49	-57,17	-61,10	-66,15	-5,34	-36,75	-4,93	0,00	0,00
Total Cooling (kWh)	0,00	0,00	0,00	-1,30	-54,34	-63,87	-73,44	-6,17	-36,46	-2,92	0,00	0,00
Zone Heating (kWh)	141,47	69,98	27,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	44,05	52,79
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

Temperature and Heat Gains - OG, 133 Klassenraum 6

1 Jan - 31 Dec, Monthly



Month	2002	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Air Temperature (°C)	15,18	16,51	17,70	20,32	23,39	25,09	25,71	25,89	23,98	20,33	17,45	14,95
Radiant Temperature (°C)	15,25	16,77	18,05	20,80	23,80	25,55	26,17	26,17	24,32	20,72	17,77	15,33
Operative Temperature (°C)	15,24	16,51	17,67	20,32	23,39	25,09	25,71	25,89	24,15	20,59	17,64	15,11
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	15,18	16,51	17,70	20,32	23,39	25,09	25,71	25,89	23,98	20,33	17,45	14,95
Glazing (kWh)	0,16	1,3	42,5	54,3	55,2	63,4	26,3	36,4				
Walls (kWh)	-64,07	-72,01	-76,90	-69,47	-74,79	-42,20	-20,06	-33,06	-33,20	-29,00	-44,90	-41,00
Floors (int) (kWh)	-11,61	-76,90	-108,79	-216,54	-264,20	-265,54	-300,76	-367,55	-256,88	-174,27	-33,18	18,38
Partitions (int) (kWh)	10,27	24,21	31,21	18,29	19,74	22,93	17,78	18,10	23,09	23,98	38,32	26,93
Roofs (kWh)	-162,32	-144,14	-127,84	-85,21	-58,58	-26,19	-4,16	-14,19	-63,31	-80,70	-114,14	-129,03
External Infiltration (kWh)	-153,96	-169,13	-162,14	-140,83	-121,70	-107,11	-89,98	-90,19	-106,52	-110,24	-141,79	-149,20
General Lighting (kWh)	101,04	106,36	111,68	63,81	22,31	106,36	53,18	5,32	111,68	69,13	111,68	79,77
Occupancy (kWh)	148,53	156,35	164,16	93,10	169,26	143,43	67,17	7,01	154,17	99,90	164,16	117,26
Solar Gains Exterior Windows (kWh)	80,95	163,42	207,18	365,03	263,67	252,17	335,39	434,77	237,49	244,18	65,11	102,45
Zone/Sys Sensible Heating (kWh)	209,76	135,12	65,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,29	79,98	97,41
Zone/Sys Sensible Cooling (kWh)	0,00	0,00	0,00	-0,46	-45,21	-52,92	-62,58	-4,47	-26,26	-2,37	0,00	0,00
Sensible Cooling (kWh)	0,00	0,00	0,00	-0,46	-45,32	-52,92	-62,83	-4,48	-26,32	-2,38	0,00	0,00
Total Cooling (kWh)	0,00	0,00	0,00	-0,16	-42,58	-55,22	-69,83	-5,19	-26,34	-1,10	0,00	0,00
Zone Heating (kWh)	209,76	135,12	65,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,29	79,98	97,41
Mech Vent + Nat Vent + Infiltration (ac/h)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

Temperatures, Heat Gains and Energy Consumption - Technische Schulen IST, Technische Schulen Steinfurt
 EnergyPlus Output 1 Jan - 31 Dec, Annual Educational



Energiebedarf:

- (Gelb) - Beleuchtung 111 MWh/a
- (Rot) - Heizenergie 69 MWh/a
- (Blau) - Kühlenergie 23 MWh/a

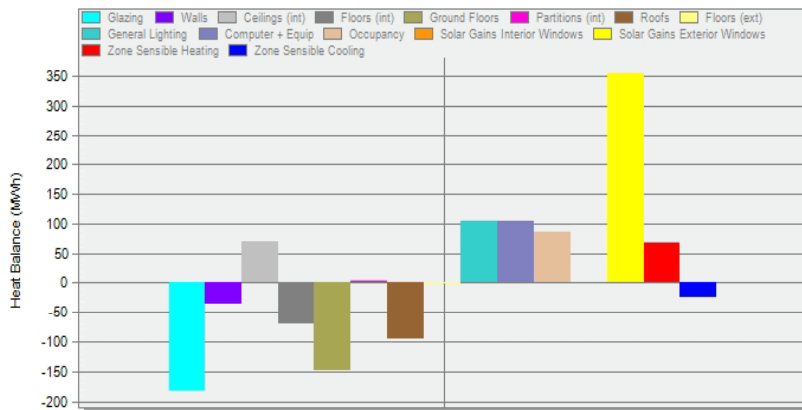
Energieflussdiagramm:

nach unten: Energieabfluss

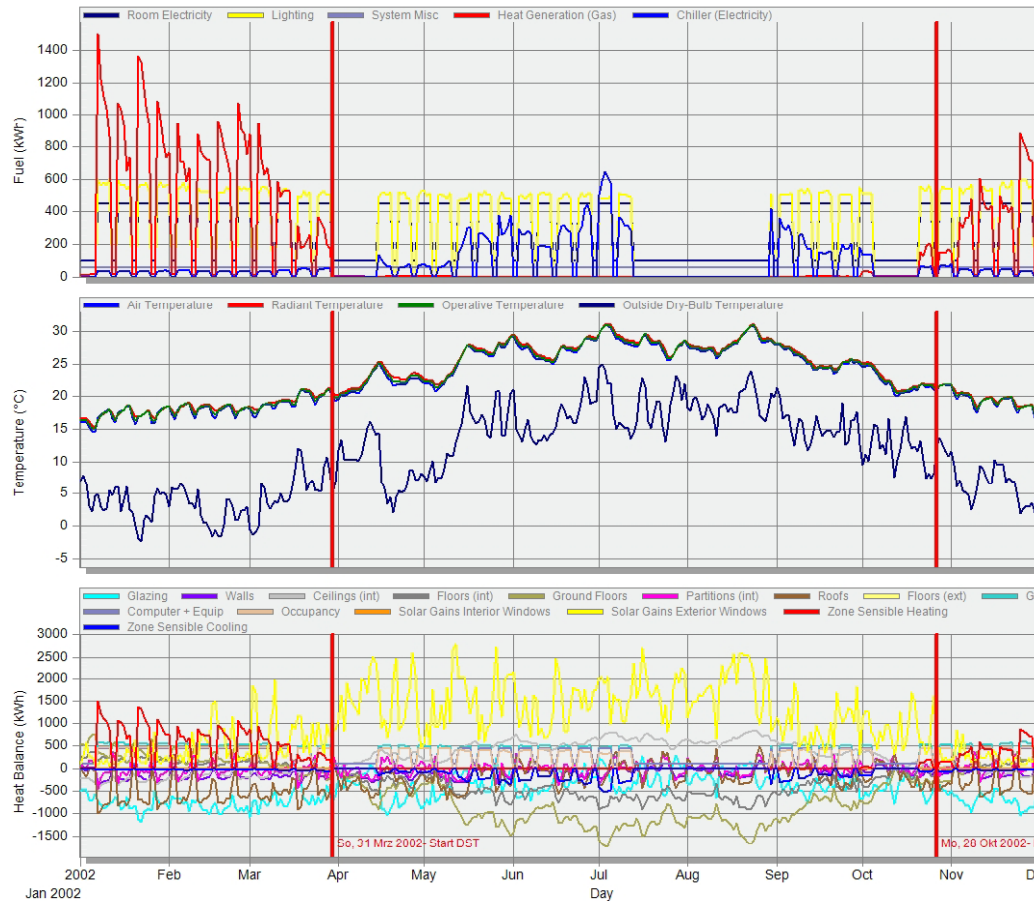
- Glazing (Fenster)
- Roof (Dachflächen/Decken)
- Walls (Wände)
- Groundfloors (Sohle)

nach oben: Energiezufluss

- Solar Gains Exterior Windows (Solare Einstrahlung)
- Zone Sensible Heating (Heizenergie)
- Computer und Maschinen
- General Lighting (Grundbeleuchtung)
- usw.



Temperatures, Heat Gains and Energy Consumption - Technische Schulen IST, Technische Schulen Steinfurt
EnergyPlus Output
1 Jan - 31 Dec, Daily



Energieflussdiagramm - monatlich:

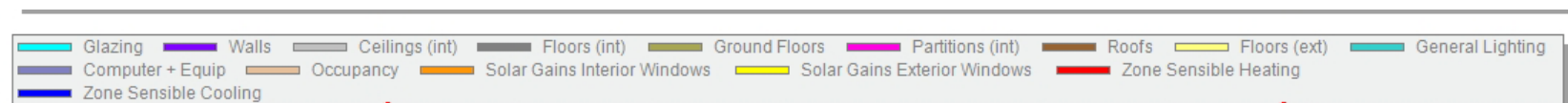
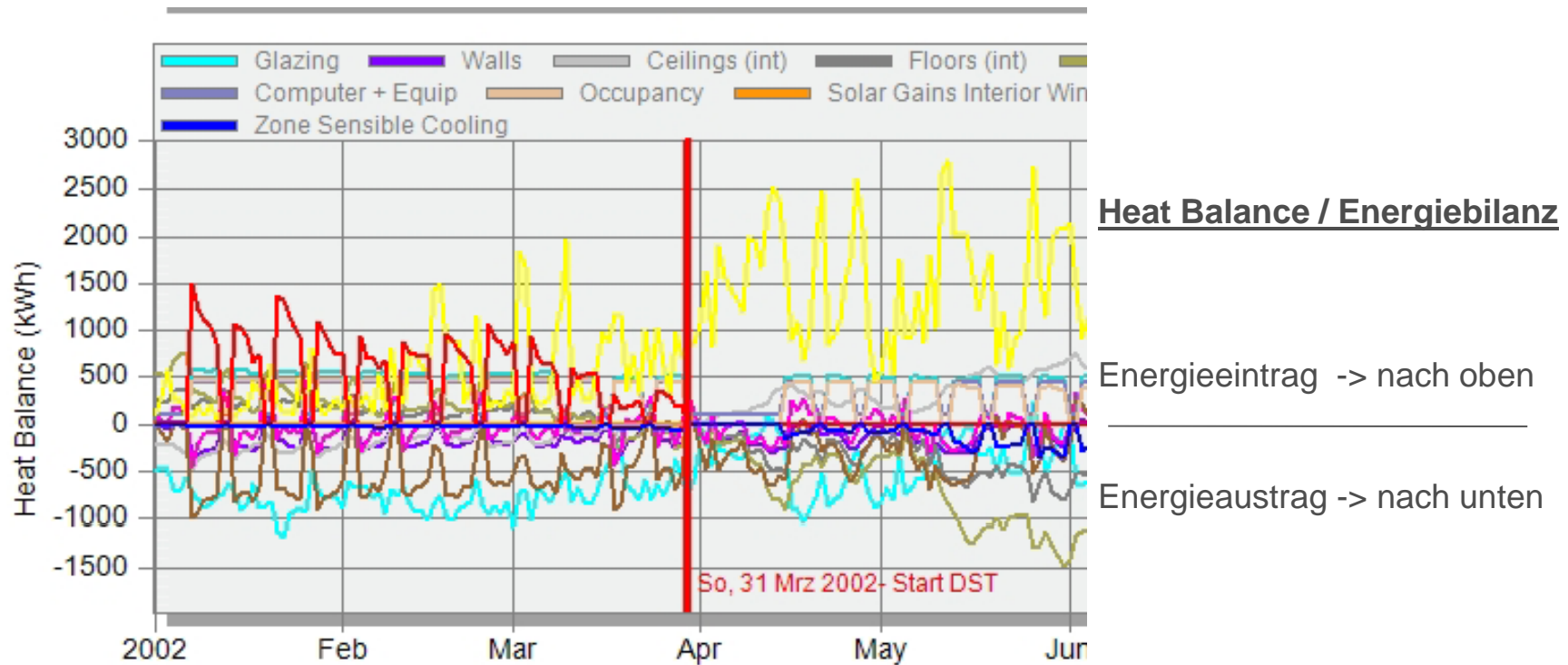
- Heizenergie (rot)
- Beleuchtung (gelb)
- Kühlenergie (blau)

Temperaturdiagramm

Innentemperatur - operativ -
Außentemperatur (blau)

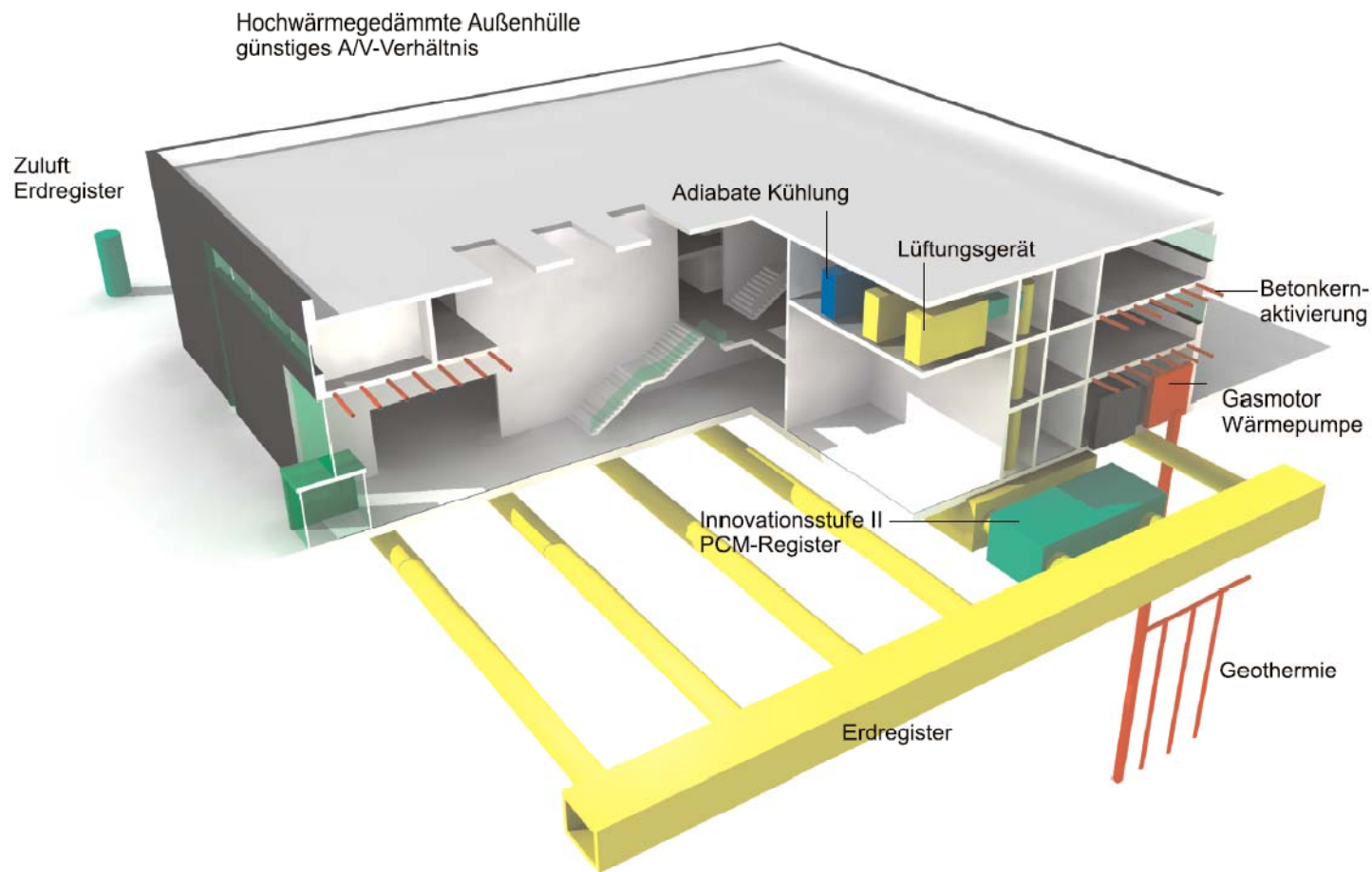
Heat Balance / Energiebilanz

Energieeintrag -> nach oben
Energieaustrag -> nach unten



**Projektbeispiel Innenraumklima
FH Ostfalia | Standort Salzgitter**



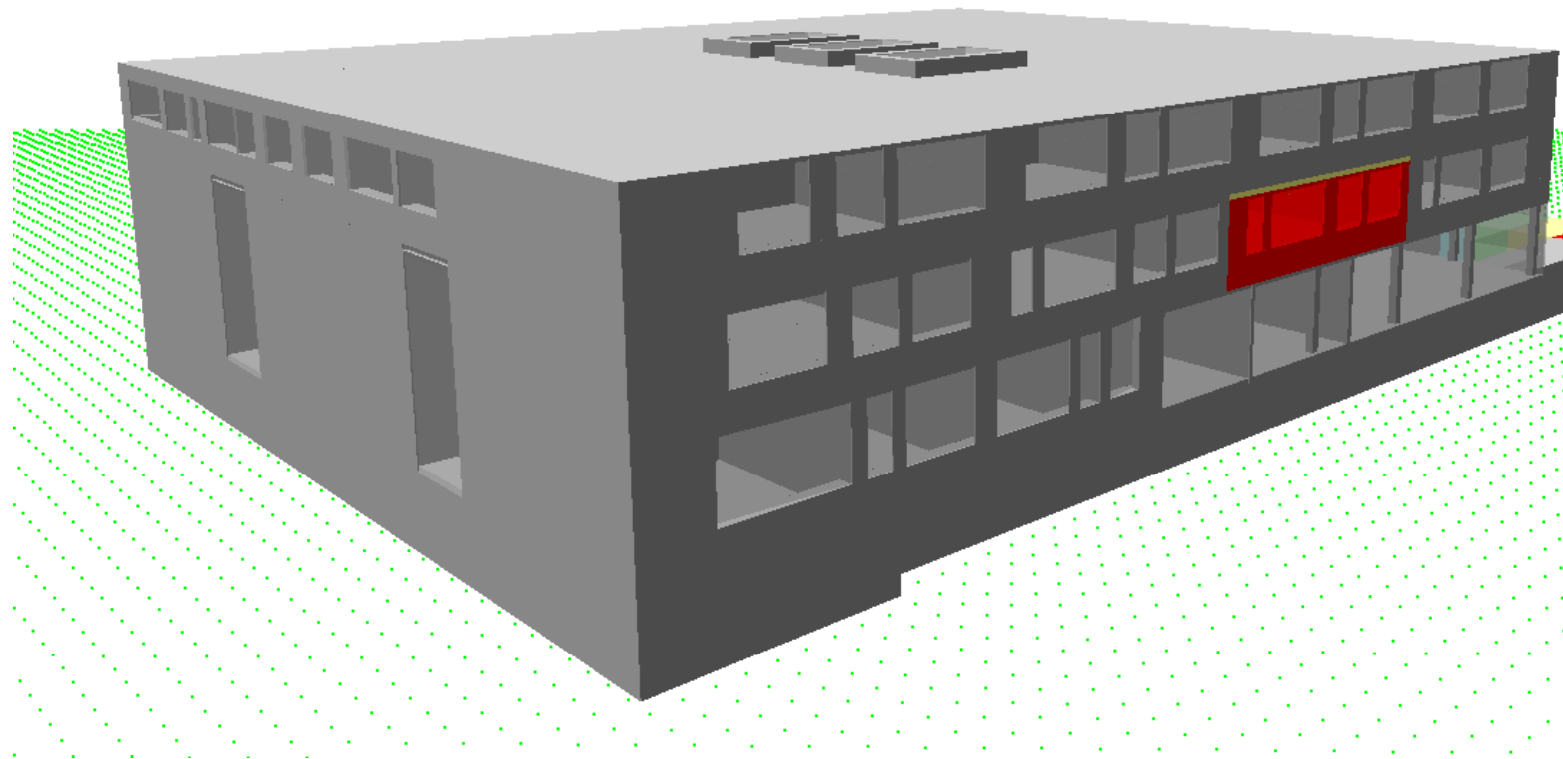


FH Ostfalia | Standort Salzgitter

Pilotprojekt für ein Seminar- und Hörsaalgebäude mit einem energetischen Konzept zur Einhaltung vorgegebener Energiebedarfs-Grenzwerte



Überprüfung des technischen Konzeptes durch Simulation
(Auszug aus einer thermischen Gebäudesimulation)



FH Ostfalia | Standort Salzgitter
Thermische Simulation Seminarraum 1.OG



Nutzerprofil:

Datum: 12.06.2009
 Projekt: FH Braunschweig / Wolfenbüttel, Standort Salzgitter-Calbecht
 Neubau eines Hörsaal- und Seminargebäudes
 Bereich: Seminarraum 1.OG
 Nutzfläche: 99,63 m²

	von, bis	von, bis	von, bis	von, bis
normale Nutzung:	01.03.-10.07.	20.09.-19.12.	03.01.-31.01.	
ohne Nutzung: (Ferien)	01.02.-28.02.	11.07.-19.09.	20.12.-02.01.	

Beamer: 400 W
 Notebooks: 30% v. 50*30W

451 lux
 680 W
 Beleuchtung: (Wi. - GLZ = 1)
 [lux] (So. - GLZ = 0,4)

max. Nutzerzahl: 50
 [-] 70 W/Pers.

max Geräteleast: 750 W
 [W/m²] 7,5 W/m²

Werktag	
Tagesprofil Beleuchtung	
Zeit	(1 = an)
0 - 1	0
1 - 2	0
2 - 3	0
3 - 4	0
4 - 5	0
5 - 6	0
6 - 7	0
7 - 8	0
8 - 9	1
9 - 10	1
10 - 11	1
11 - 12	1
12 - 13	1
13 - 14	0
14 - 15	1
15 - 16	1
16 - 17	1
17 - 18	1
18 - 19	1
19 - 20	0
20 - 21	0
21 - 22	0
22 - 23	0
23 - 24	0

Werktag	
Tagesprofil Nutzer	
Zeit	Anwesenheit [%]
0 - 1	0
1 - 2	0
2 - 3	0
3 - 4	0
4 - 5	0
5 - 6	0
6 - 7	0
7 - 8	0
8 - 9	0,8
9 - 10	1
10 - 11	1
11 - 12	1
12 - 13	0,8
13 - 14	0
14 - 15	0,8
15 - 16	1
16 - 17	1
17 - 18	0,8
18 - 19	0,6
19 - 20	0
20 - 21	0
21 - 22	0
22 - 23	0
23 - 24	0

Werktag	
Tagesprofil Geräteleast	
Zeit	[%]
0 - 1	0
1 - 2	0
2 - 3	0
3 - 4	0
4 - 5	0
5 - 6	0
6 - 7	0
7 - 8	0
8 - 9	0,8
9 - 10	1
10 - 11	1
11 - 12	1
12 - 13	0,8
13 - 14	0
14 - 15	0,8
15 - 16	1
16 - 17	1
17 - 18	0,8
18 - 19	0,6
19 - 20	0
20 - 21	0
21 - 22	0
22 - 23	0
23 - 24	0

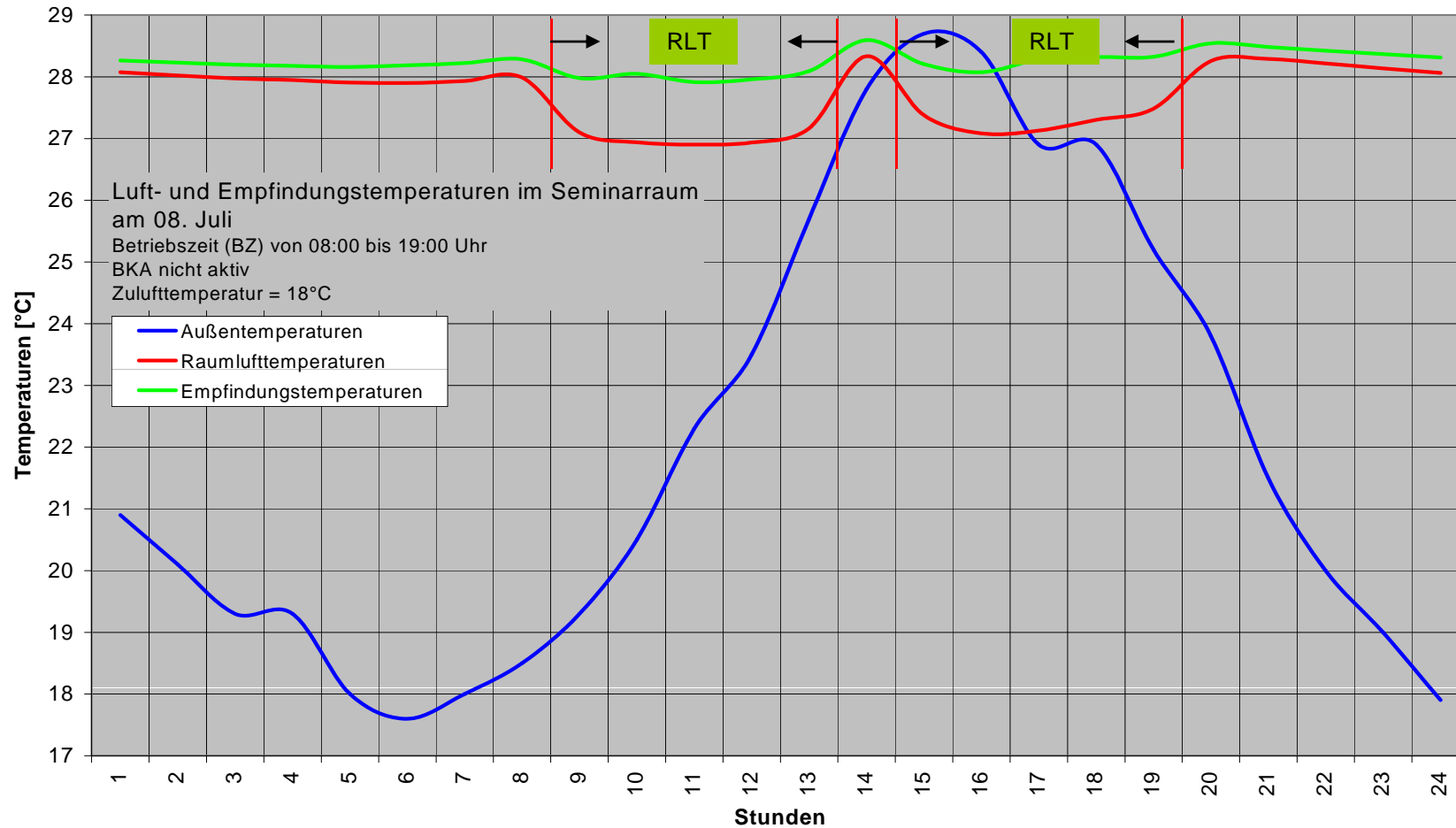
Haustechnik	Betriebszeit		
	von	bis	
Infiltration [1/h]:	0,1	durchgehend	
Lüftungsart:	mechanisch		
RLT [m ³ /h]:	1800	08:00	19:00
Zulufttemperatur Winter [°C]	18	08:00	19:00
Zulufttemperatur Sommer [°C]	18	08:00	19:00
Heizungssystem:	Heizkörper		
max. Heizleistung [W]	2491		
spez. Heizleistung [W/m ²]	25		
Systemfläche [m ²]			
Kühlsystem:			
max Kühlleistung [W]			
spez. Kühlleistung [W/m ²]			
Systemfläche [m ²]			
BTT:			
Systemfläche [m ²]	74		
spez. Massenstrom [kg/(hm ²)]	10	19:00	08:00
Vorlauftemperatur Sommer [°C]	ohne		
Vorlauftemperatur Winter [°C]	20	19:00	08:00

Untersuchung verschiedener technischer Anlagenvarianten:

- RLT-Anlage mit Luft - Erdregister, keine zusätzliche Kühlung (Variante 1a)
- RLT-Anlage mit Luft - Erdregister, zusätzliche Kühlung über Betonkernaktivierung (Kühlenergie aus Geothermiefeld) (Variante 1b)
- RLT –Anlage ohne Luft – Erdregister, keine BKA-Kühlung, Luftspülung vor Betrieb / Nachtauskühlung (Variante 3b)

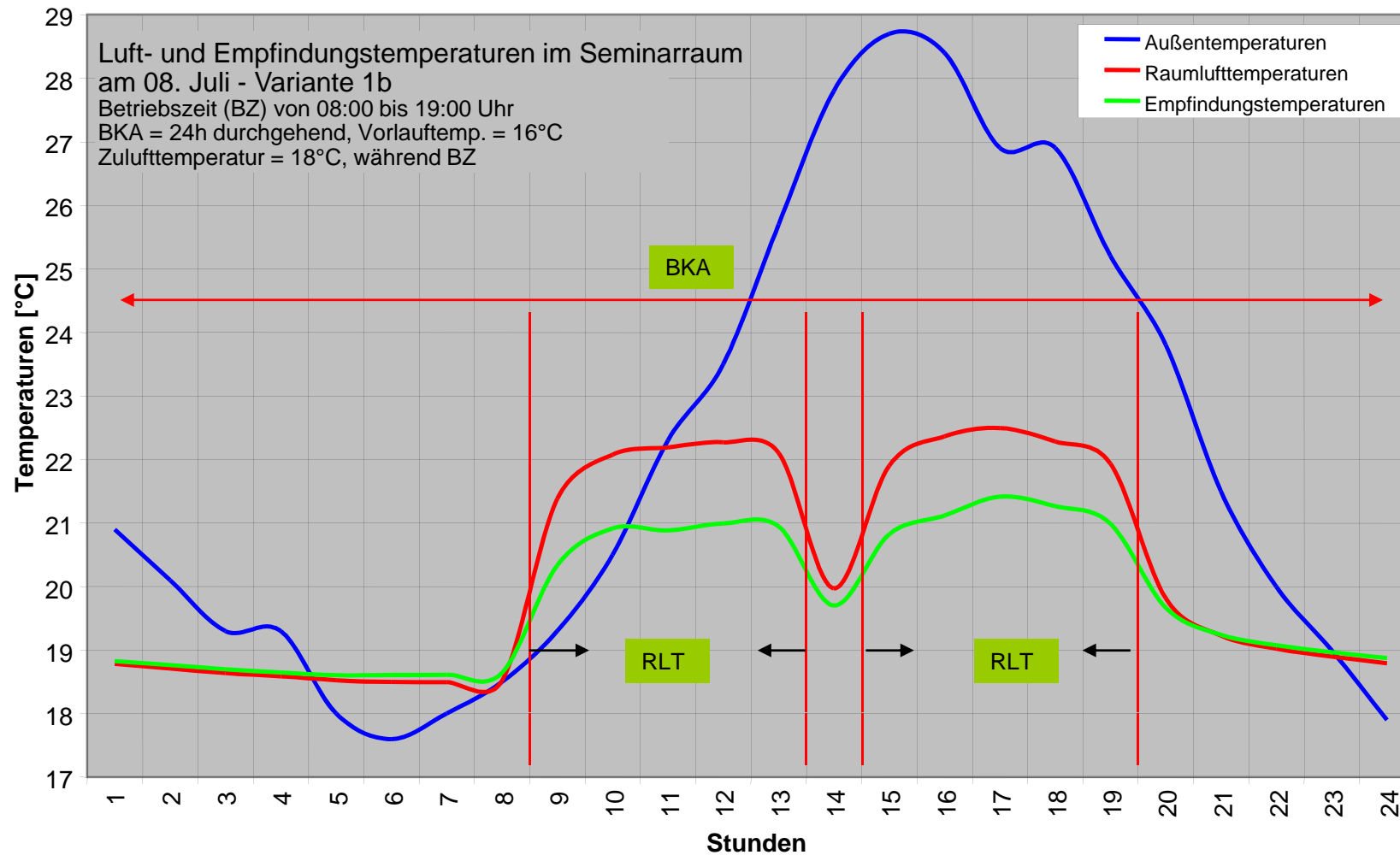
Variante 1a - RLT-Anlage mit Erdregister, keine zusätzliche Kühlung

Sommer



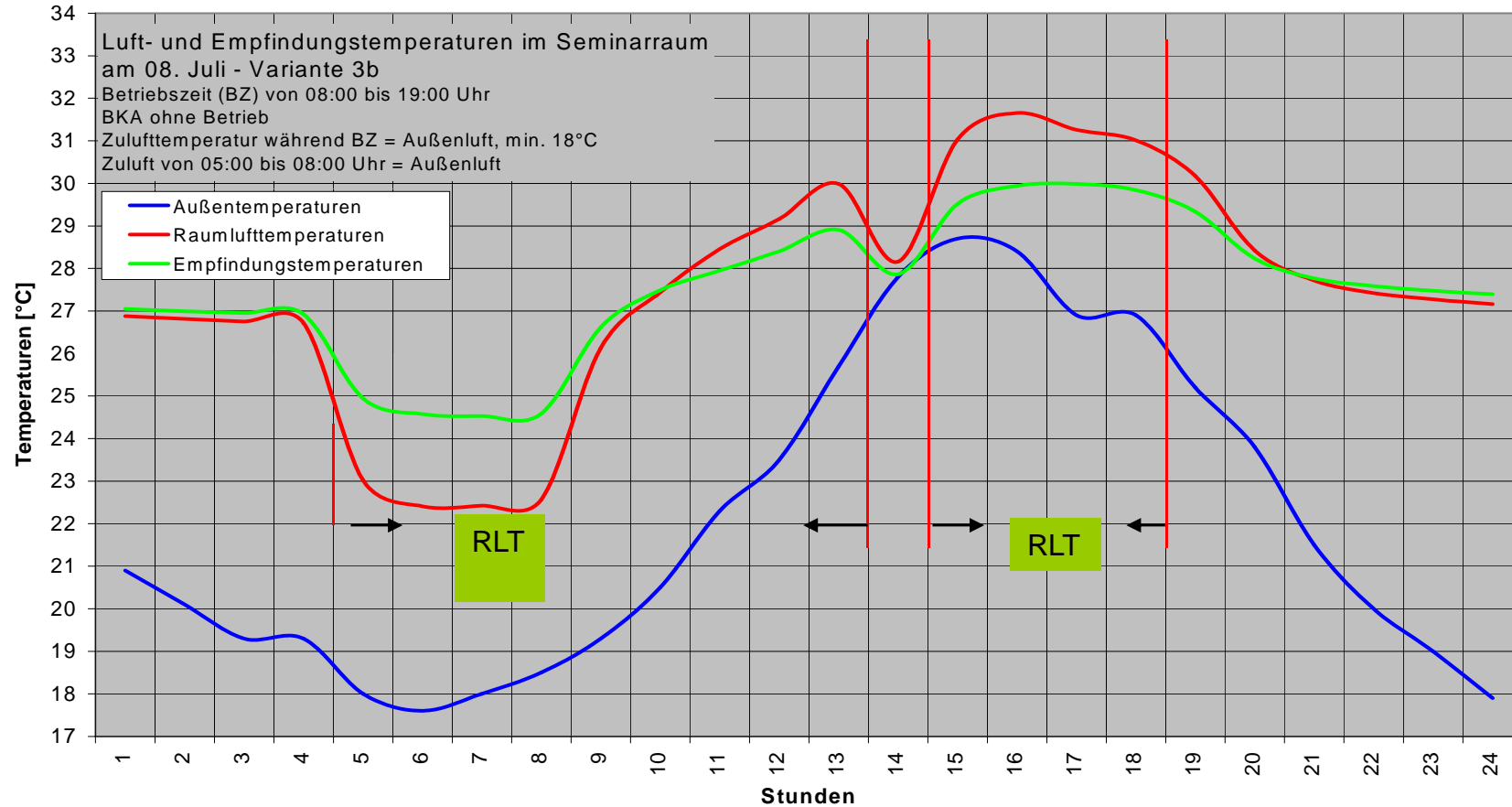
Variante 1b - RLT-Anlage mit Erdregister, Kühlung über Betonkernaktivierung

Sommer

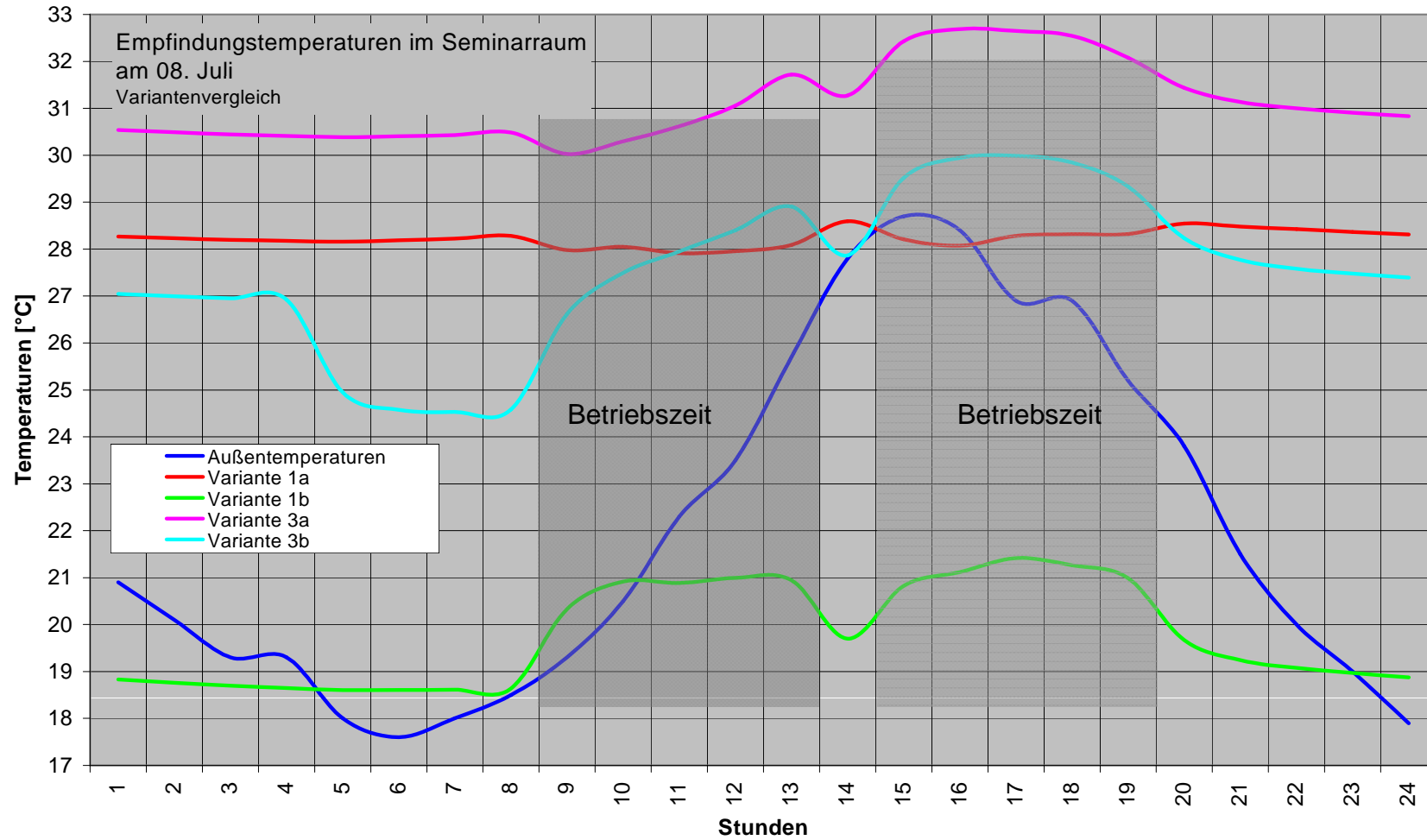


Variante 3b - kein ERG, keine BKA-Kühlung, Luftspülung vor Betrieb

Sommer



Variantenvergleich Sommer



1. Erkennen von „Problemräumen“ eines Gebäudes, bereits in der Planungsphase
2. Optimierungsberechnungen für ein behagliches Raumklima bei minimalem Technik – Einsatz (nur so viel installieren wie notwendig...)
3. Optimierung von Sanierungs- (Bau-)maßnahmen (Baustoffe, Wärmedämmung, Fenster, Sonnenschutz usw.)
4. Möglichkeit zur Aufstellung einer „Prioritätenliste“ für Einzelmaßnahmen
5. Bewertung von Varianten (Hochbau- und Technikmaßnahmen) unter „realen“ Nutzungsbedingungen des Gebäudes
6. Ermittlung von aktiven- und passiven Energiegewinnen
7. Optimale Anlagendimensionierung anhand dynamische Berechnungsergebnisse
8. Ermittlung der voraussichtlichen Heiz-, Kühlenergie und des Strombedarfs
9. Planungssicherheit für den Einsatz von „neuen“ Technologien
10. Reduzierung des Energieverbrauchs durch die sichere Analyse für Regelstrategien und Optimierung von Betriebszeiten

Fazit: Gebäudesimulation als Planungsinstrument

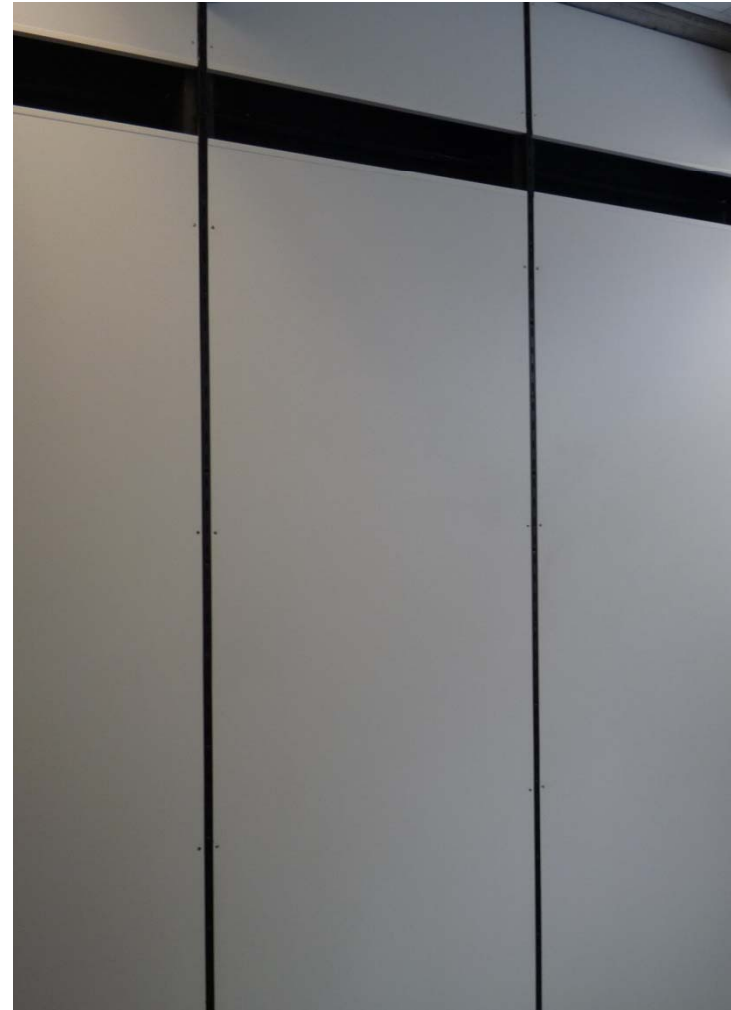


Simulationsergebnisse angewandt
Beispiel: Technische Schulen | Steinfurt





Klimawandsystem
Heizen – Lüften – Kühlen





Der Fortschritt lebt vom Austausch des Wissens...

Albert Einstein 1879-1955

Energetische Gebäudesimulation als Werkzeug zur optimalen Planung
Dipl.-Ing. Christof Hewing

26.05.2011

agn 