

Passivhaus Schulen der Stadt Offenbach

Anna Heep, Stadtplanung, Verkehrs- und Hochbaumanagement Stadt
Offenbach

Merle Stapp, HOCHTIEF Solutions AG

Prof. Dr. Harald Krause, B.Tec und Hochschule Rosenheim

**Passivhaustagung
2013**

© Merle Stapp / Prof. Dr. Harald Krause

Inhalt

1. Projektbeschreibung
2. Besondere Bedingungen in ÖPP-Projekten
3. Architektur
4. Passivhaus Zertifizierung
5. Energetische Kenndaten und Gebäudetechnik
6. Sommerlicher Wärmeschutz
7. Energetisches Bautagebuch
8. Erste Nutzererfahrung
9. Zusammenfassung

Warum Passivhaus-Standard

- ◆ Offenbach ist seit 1998 Mitglied im Klimabündnis mit dem Ziel, alle 5 Jahre den CO₂-Ausstoß um 10% zu reduzieren
- ◆ EU-Gebäuderichtlinie zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden
- ◆ Hessischer Energiegipfel – Umsetzungskonzept der Hessischen Landesregierung
- ◆ Kommunales Engagement zur Erzielung der Klimaschutzziele
- ◆ Beitrag zur Reduzierung des Energie- und CO₂-Verbrauchs kommunaler Gebäude
- ◆ Realisierung von nachhaltigen und ressourcenschonenden Bauweisen
- ◆ Ausübung der kommunalen Vorbildfunktion

Projektbeschreibung Grundschule Beethovenschule

Bausoll:

- ◆ Abriss Bestandsgebäude Beethovenschule
- ◆ Auslagerung Schulbetrieb in Interimscontainer auf Grundstück (zwei dreigeschossig Anlagen)
- ◆ Neubau Grundschule mit Betreuungsbereich und Zweifeldsporthalle, Cafeteria und Stadtteilbüro in Passivhausbauweise

Rahmendaten:

- ◆ BGF Schule: 7.978 m²
- ◆ BGF Sporthalle: 1.583 m²
- ◆ Grundstück: 10.203 m²
- ◆ Pausenhof: ca. 3.500 m² (Optional + 4.540m²)

Planungs-/ Bauzeit:

- ◆ 01.07.10 – 31.08.12/ 07.12.12

Architekturbüro Heimel & Wirth, Frankfurt



Projektbeschreibung Grundschule Beethovenschule (Forts.)



Quelle: Hochtief Solutions AG

Passivhaustagung 2013
Passivhausschulen Offenbach / 5

© Merle Stapp / Prof. Dr. Harald Krause

Projektbeschreibung Grundschule Beethovenschule (Forts.)



Quelle: Hochtief Solutions AG

Passivhaustagung 2013
Passivhausschulen Offenbach / 6

© Merle Stapp / Prof. Dr. Harald Krause

Projektbeschreibung Grundschule Beethovenschule (Forts.)



Quelle: Hochtief Solutions AG

Passivhaustagung 2013
Passivhausschulen Offenbach / 7

© Merle Stapp / Prof. Dr. Harald Krause

Projektbeschreibung Grundschule Beethovenschule (Forts.)



Quelle: Hochtief Solutions AG

Passivhaustagung 2013
Passivhausschulen Offenbach / 8

© Merle Stapp / Prof. Dr. Harald Krause

Projektbeschreibung Berufsschulzentrum Buchhügel

Bausoll:

- ◆ Sanierung Bestandsgebäude THS (Niedrigenergie Basic)
- ◆ Neubau Dreifeldsporthalle THS/ KKS (Passivhaus/ Niedrigenergie Plus)
- ◆ Neubau Erweiterungsgebäude THS/ KKS (Passivhaus)
- ◆ Auslagerung Bestandspavillons in Interimscontainer auf Grundstück (zwei eingeschossige Anlagen)

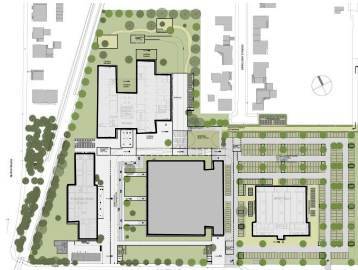
Rahmendaten:

- ◆ BGF Bestandsgebäude: 5.744 m²
- ◆ BGF Sporthalle: 2.157 m²
- ◆ BGF Erweiterungsneubau: 9.429 m²
- ◆ Grundstück: 45.300 m²

Planungs-/ Bauzeit:

- ◆ 01.07.10 – 31.08.13

Architekten: hhp Objektplan, Frankfurt



Projektbeschreibung Berufsschulzentrum Buchhügel (Forts.)



Quelle: Hochtief Solutions AG

Projektbeschreibung Berufsschulzentrum Buchhügel (Forts.)



Quelle: Hochtief Solutions AG

Projektbeschreibung Berufsschulzentrum Buchhügel (Forts.)



Quelle: Hochtief Solutions AG

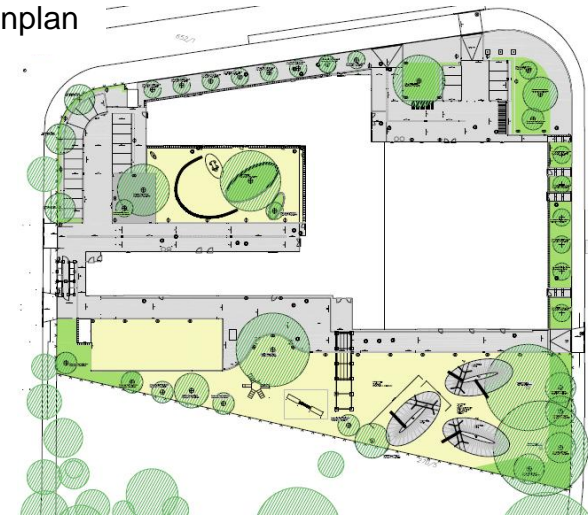


- ◆ Öffentlich-Private-Partnerschaft
- ◆ Partnerschaftliche Zusammenarbeit der Privatwirtschaft mit der öffentlichen Hand
- ◆ Betrachtung der Gebäude von der Angebots-, über die Bauphase in eine 20-jährige Betriebsphase
 - > Optimierung Lebenszykluskosten
- ◆ Betrachtung sowohl der Erstinvest- als auch der Betriebskosten
- ◆ Einbeziehung des Fachwissens aller Beteiligten schon in der Angebotsphase (Klärung wesentlicher Detailpunkte)
 - > Der PHPP-Nachweis wird erstmals aufgestellt und während der Bauphase kontinuierlich gepflegt!

Ziele:

- ◆ Effiziente und langfristige Verwaltung und Bewirtschaftung der Objekte bei maximaler Verfügbarkeit und wirtschaftlich optimiertem Betrieb der gebäudetechnischen Anlagen
 - ◆ Sicherung des Werterhaltes der Gebäude
 - ◆ Garantie der Mengen an Wärmeenergie, Strom und Wasser als maximalen Verbrauch
 - ◆ Enge Abstimmung der Beteiligten in Bau- und Betriebsphase
 - ◆ Facility Management verantwortlich für den Betrieb, die Instandhaltung und Wartung, die Gewährleistungsverfolgung sowie die Steuerung und Überwachung der haustechnischen Anlagen
- > Umfangreiche Gebäudeleittechnik notwendig

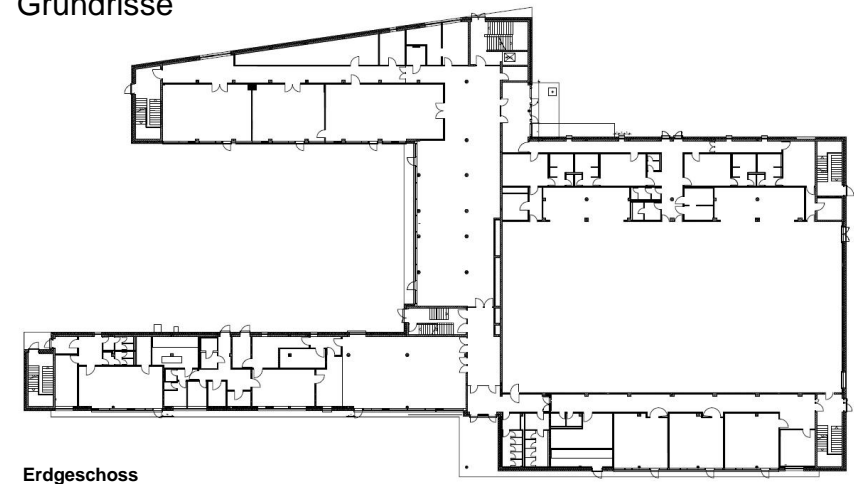
Freiflächenplan



Ansichten

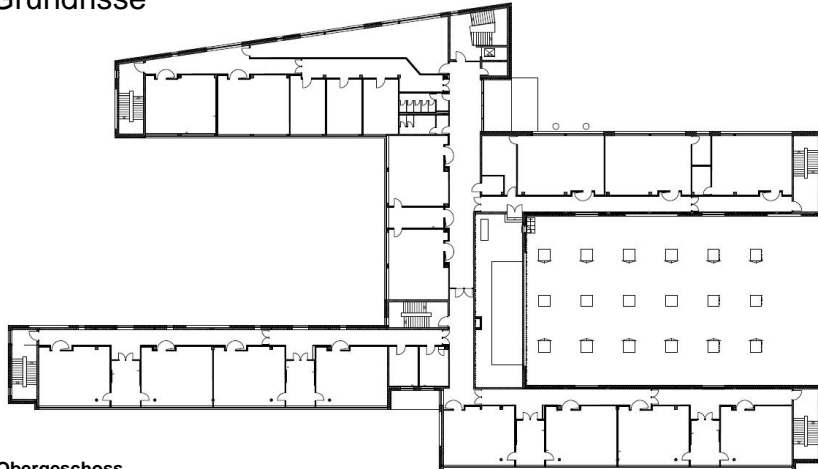


Grundrisse



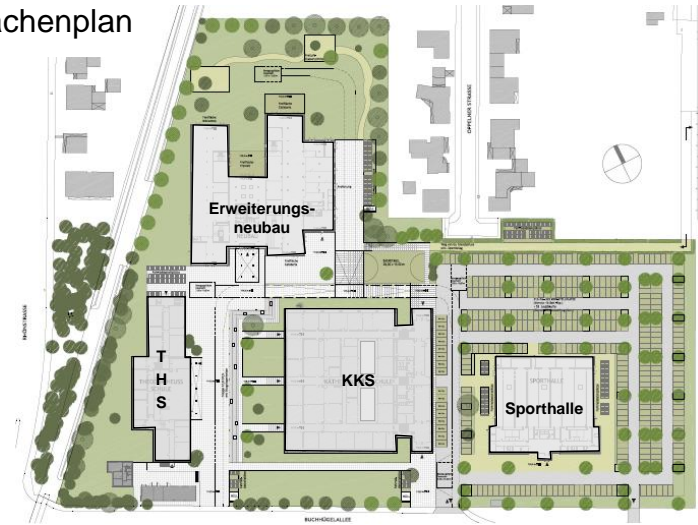
Erdgeschoss

Grundrisse



Obergeschoss

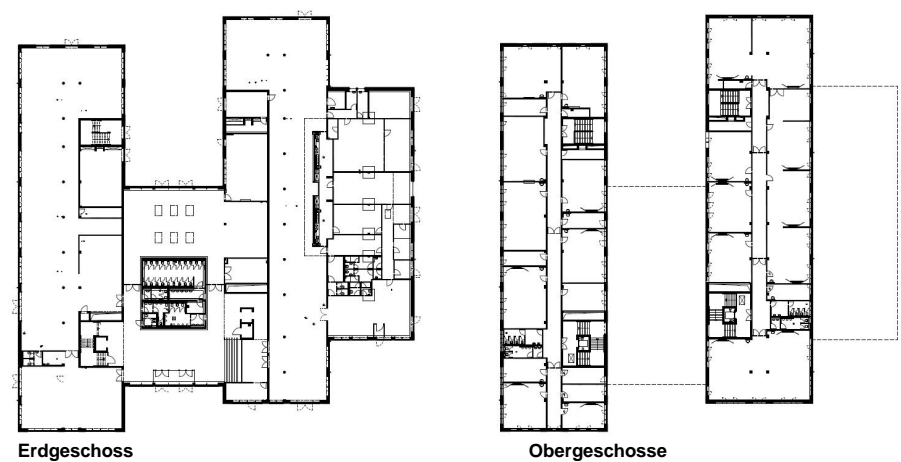
Freiflächenplan



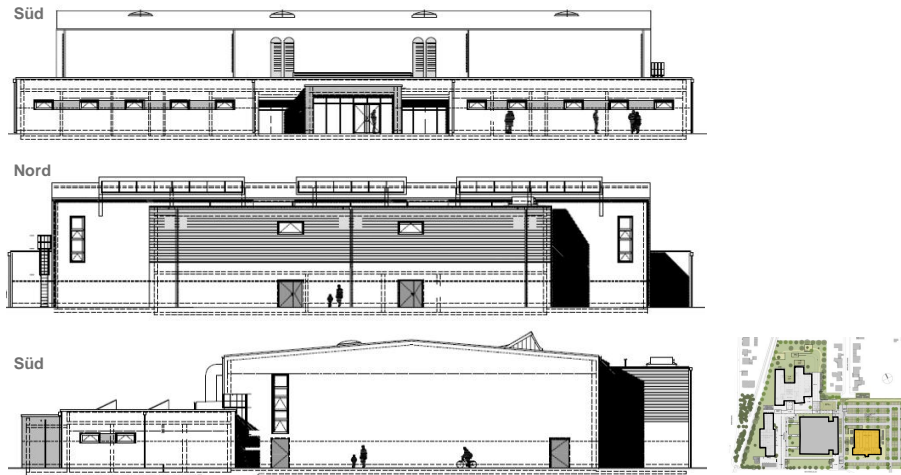
Ansichten Erweiterungsneubau



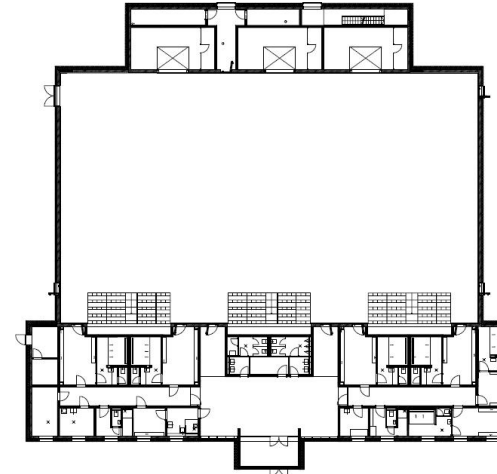
Grundriss Erweiterungsneubau



Ansichten Neubau 3-Feld-Sporthalle



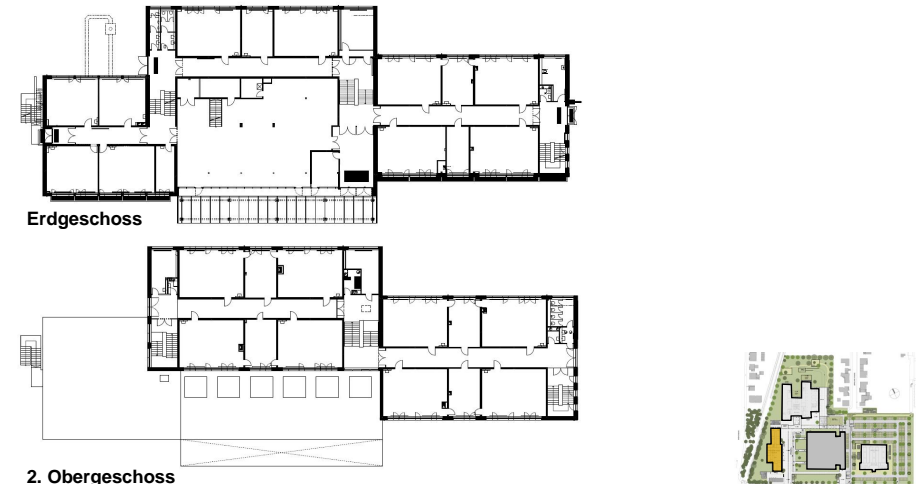
Grundriss Neubau 3-Feld-Sporthalle



Ansichten Sanierung Bestandsgebäude THS



Grundrisse Sanierung Bestandsgebäude THS



- ◆ Zertifizierung, Begleitung
- ◆ Übersicht U-Werte, blower door Ergebnisse, Wärmebrückenzuschläge
- ◆ Heizungs- Lüftungstechnik
- ◆ Kühlbedarf EDV-Räume
- ◆ End- und Primärenergiebilanzen

- ◆ Passivhaus-Zertifizierung für
 - Grundschule Beethovenschule inkl. Sporthalle
 - Erweiterungsbau Berufsschulzentrum Buchhügel
- ◆ Für die Sporthalle Buchhügel war aufgrund verschiedener Energiestandards von Umkleide- und Hallenbereich keine Zertifizierung möglich
- ◆ Umkleidebereich der Sporthalle wurde „Passivhaus geeignet“ ausgeführt

Gebäudehülle Beethovenschule

Bauteil	Aufbau	Fläche in m ²	U-Wert in W/(m ² K)
Außenwand Außenluft	Stahlbeton, Kalksandstein, 300mm WDVS	3686	0,110 bis 0,113
Außenwand Erdreich	Stahlbeton, Kalksandstein, 300mm Perimeterdämmung	834	0,113 bis 0,116
Dach, Decken	Stahlbeton 240-560mm Gefälledämmung	3874	0,100
Bodenplatte	Bodenaufbau, Dämmung, Stahlbeton, Dämmung	3576	0,132 bis 0,135
Fenster	Holz-Alu-Fenster; PR- Fassade	1446	0,74
Wärmebrücken		Länge in m	Psi-Wert in W/(mK)
Außenluft	Kanten u.a.	1029	-0,011
Perimeter	Bodenplatte-Außenwand	427	0,021
Erdreich	Innenwände-Bodenplatte	691	0,063

Gebäudehülle Buchhügel Erweiterungsneubau

Bauteil	Aufbau	Fläche in m ²	U-Wert in W/(m ² K)
Außenwand Außenluft	Stahlbeton, 300mm WDVS	3163	0,110 bis 0,113
Außenwand Erdreich	Stahlbeton, 300mm Perimeterdämmung	1072	0,113 bis 0,116
Dach, Decken	Stahlbeton 230-580mm Gefälledämmung	3571	0,102
Bodenplatte	Bodenaufbau, Dämmung, Stahlbeton, Dämmung	3585	0,121 bis 0,162
Fenster	Holz-Alu-Fenster; PR- Fassade	1390	0,78
Wärmebrücken		Länge in m	Psi-Wert in W/(mK)
Außenluft	Kanten u.a.	1341	-0,017
Perimeter	Bodenplatte-Außenwand	315	0,067
Erdreich	Innenwände-Bodenplatte	521	0,118

- ◆ Fernwärmeanschluss, PE-Faktor 0,6 bis 0,7
- ◆ Beheizung/Kühlung über Lüftungsanlage
 - Umluftbetrieb für Aufheizbetrieb oder außerhalb der Nutzungszeiten
 - Volumenstromregelung in Abhängigkeit der Präsenz bzw. CO₂-Konzentrationen bzw. Heizlast
 - Indirekte adiabate Kühlung
 - Minimierung der Druckverluste
 - Mittlere Wärmebereitstellungsgrade > 80% (inkl. Küchenlüftung)
 - Frischluftdimensionierung 20 m³/h pro Person
 - Erhöhte mechanische Nachtlüftung im Sommer
- ◆ Heizkörper in den Umkleideräumen
- ◆ Thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung (Sporthalle, Küche)
- ◆ Effiziente Küchengeräte
- ◆ Gebäudeleittechnik für Beleuchtung, Heizung, Lüftung, Sonnenschutz und Erfassung der Energieverbrauchsdaten

Zusammenfassung Lüftung
Beethovenschule

- ◆ PHPP Blatt Zusatz-Lüftung sehr hilfreich

Ergebnisse der Lüftungsauslegung und Geräteauswahl:

Lüftungs- gerät Nr.	Bezeichnung der Anlage	Auslegung		Mittelw. / Jahr		Luftwech. 1/h
		V _{ZU} m ³ /h	V _{AB} m ³ /h	V _{ZU} m ³ /h	V _{AB} m ³ /h	
1	Klassenräume	11000	11000	2569	2569	---
2	Betreuung	1000	1000	280	280	
3	Stadtteiltreff	1200	1200	464	464	
4	Sporthalle	12000	12000	4050	4050	
5	Küche	9700	9700	1928	1928	
6	WC-Anlagen	800	800	310	310	
7						
8						
9						
10						

Ergebnis Gesamtanlage **35700 35700 9601 9601 0,38**

effekt. Wärmebe- reitstellungsgrad	spez.- Leistungs- aufnahme
80%	0,38
85%	0,36
85%	0,39
90%	0,50
68%	0,52
86%	0,39

82% 0,46

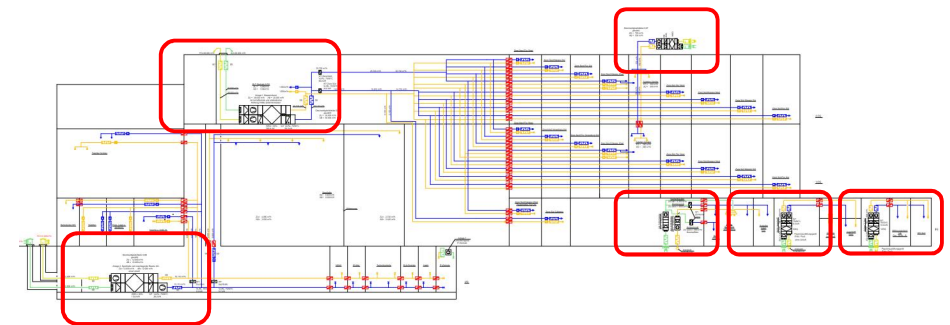
PHPP Blatt Zusatz-Lüftung

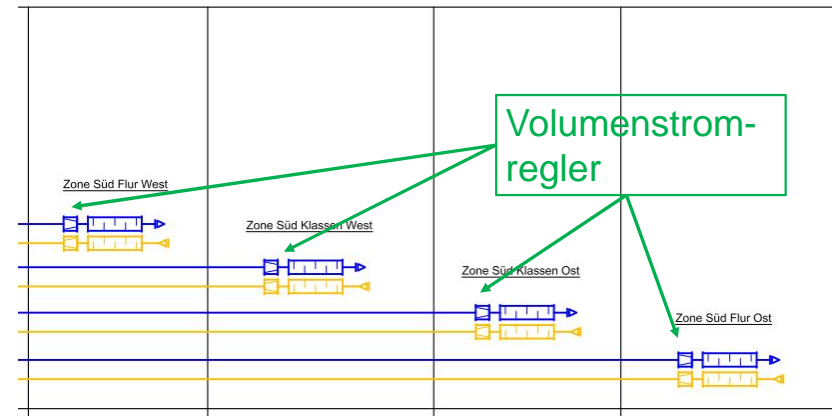
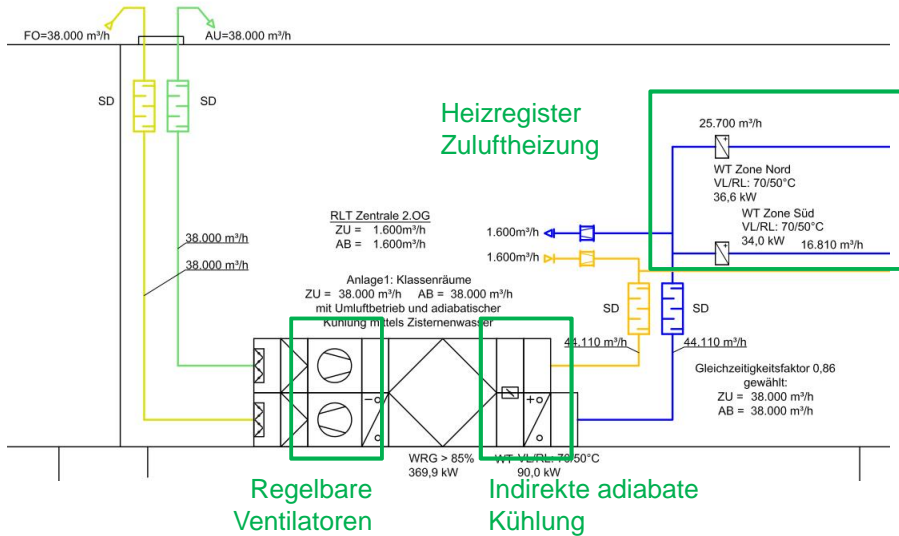
Ermittlung des mittleren energetisch relevanten Außenluftvolumenstroms

		Klassenräume			
		Raumvolumen	7273 m ³		
		Nennluftvolumenstrom	8984 m ³ /h		
		% vom Nennluftwechsel	Volumenstrom	Luftwechselrate	
Schulbetrieb Heizperiode					
00:00 - 6:00 Uhr		Nachtbetrieb	6	0%	0
6:00 - 7:30 Uhr		Spülphase	1,5	0%	0,00
7:30 - 16:00 Uhr		Schulbetrieb	8,5	100%	794
16:00 - 17:30 Uhr		Spülphase	1,5	10%	1,09
17:30 - 20:00 Uhr		Absenkbetrieb	2,5	10%	0,11
20:00 - 24:00 Uhr		Nachtbetrieb	4	10%	0,11
		tagesmittlerer Volumenstrom	24		3325 m ³ /h
Ferienzeit - Wochenende - Sommer					
0.00 - 24.00		nach Bedarf	24		6431
		tagesmittlerer Volumenstrom	24		6431 m ³ /h

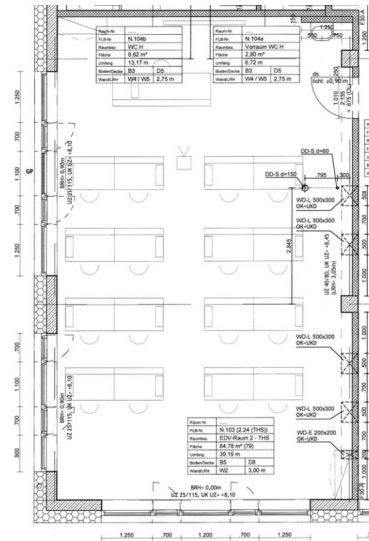
Raumbezeichnung	Volumenstrom je Raum	Luftwechsel je Raum	Nutzungszeiten Std./Tag	Wochen	Faktor Red.1	Zeitanteil Red.1	Faktor Red.2	Zeitanteil Red.2	Faktor Red.3	Zeitanteil Red.3
Klassenräume	14467,9	11000	11000	0,76	14	5	44	100%	57%	30%
Betreuung	792,4	1000	1000	1,26	13	5	52	100%	62%	60%
Stadtteiltreff	316,7	1200	1200	3,79	13	5	52	100%	100%	8%
Sporthalle	9391,1	12000	12000	1,28	18	7	52	100%	8%	92%
Küche	492,3	9700	9700	19,70	9	5	52	100%	67%	26%
WC-Anlagen	133,3	800	800	6,00	13	5	52	100%	100%	21%

Strangschema Lüftung
Beethovenschule





- ◆ Nach PHPP ist sommerlicher WS für Gesamtgebäude erfüllt
- ◆ Da leichte Bauweise, keine freie Nachtlüftung und kein EWÜ, musste ventilatorgestützte Lüftung mit adiabater Kühlung umgesetzt werden (deshalb höherer Strombedarf für Lüftung im Sommer)
- ◆ Für kritische Räume, speziell für EDV-Räume wurden Raumsimulationen durchgeführt



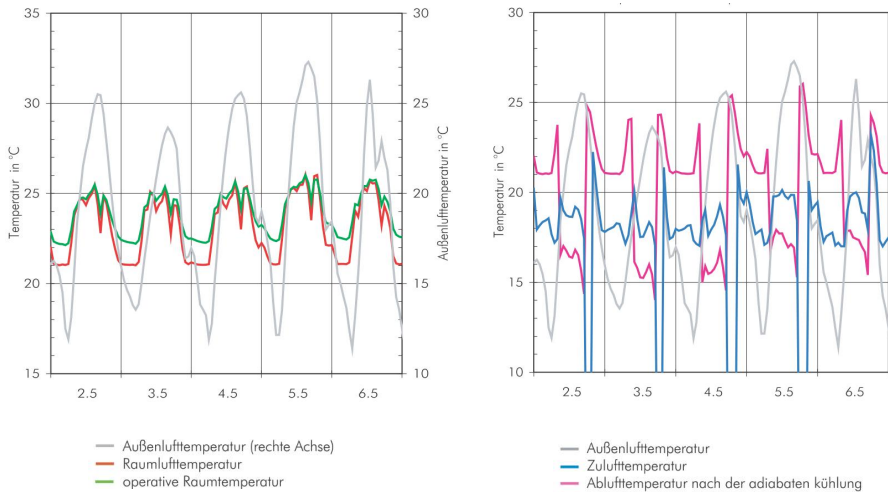
Quelle: Bericht ITA Weimar mbH

Untersucht wurde:

- ◆ Verschiedene Speichermassen durch unterschiedliche Decken
- ◆ Kühlung durch freie Lüftung
- ◆ Kühlung ventilatorgestützt mit adiabater Kühlung

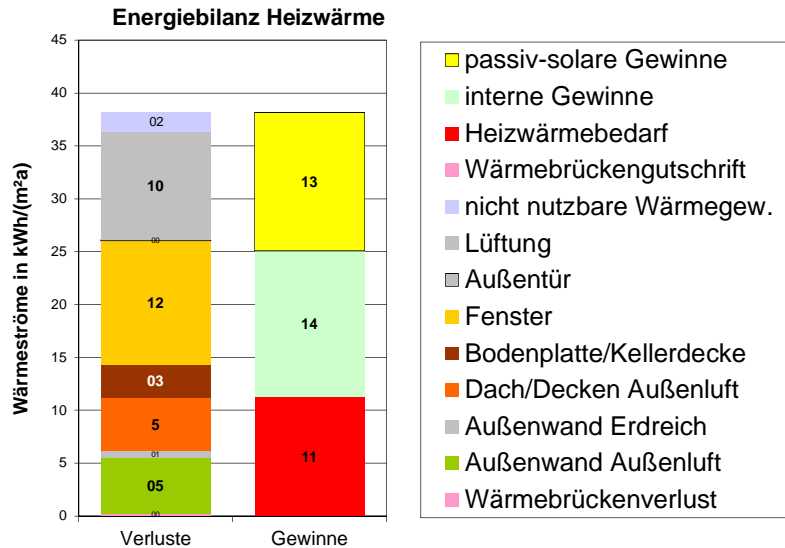
Variante	geschlossene schallabsorbierende Unterdecke in %	maximale Luftwechselrate fach/h ¹		Computer-technik	Stunden der freien Kühlung außerhalb der Nutzungszeit	Überschreitung der Raumlufttemperatur von 25 °C während der Nutzungszeit		
		während der Nutzungszeit	außerhalb der Nutzungszeit 2,3)			in h	in % bezogen auf die Nutzungszeit	in % bezogen auf die Jahresstunden
1 A	100				1881	114	6,0	1,3
1 B	0	2,5	2,5	ja	1809	91	4,8	1,0
1 C	45				1808	98	5,1	1,1
2 A	100				1720	52	2,7	0,6
2 B	0	1,9	1,9	nein	1725	43	2,3	0,5
2 C	45				1728	46	2,4	0,5
3 A	100				1363	19	1,0	0,2
3 B	0	2,5	1,9	nein	1368	9	0,5	0,1
3 C	45				1370	13	0,7	0,2

Quelle: Bericht ITA Weimar mbH



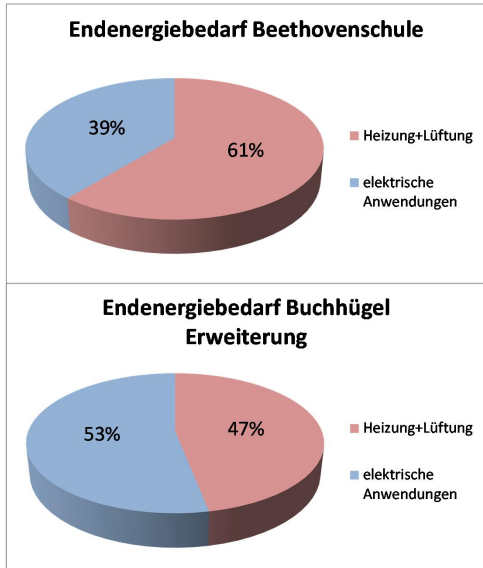
Quelle: Bericht ITA Weimar mbH

Gebäudekennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	6943,9 m ²		
Verwendet:	Monatsverfahren	Zertifizierungsanforderungen	Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	11 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	ja
Heizlast:	11 W/m ²	10 W/m ²	n.a.
Drucktest-Ergebnis:	0,5 h ⁻¹	0,6 h ⁻¹	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Kühlung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	85 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	40 kWh/(m ² a)		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	kWh/(m ² a)		
Übertemperaturhäufigkeit:	0 %	über 25 °C	
Energiekennwert Nutzkälte:	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	
Energiekennwert Entfeuchtung:	kWh/(m ² a)		
Kühllast:	6 W/m ²		

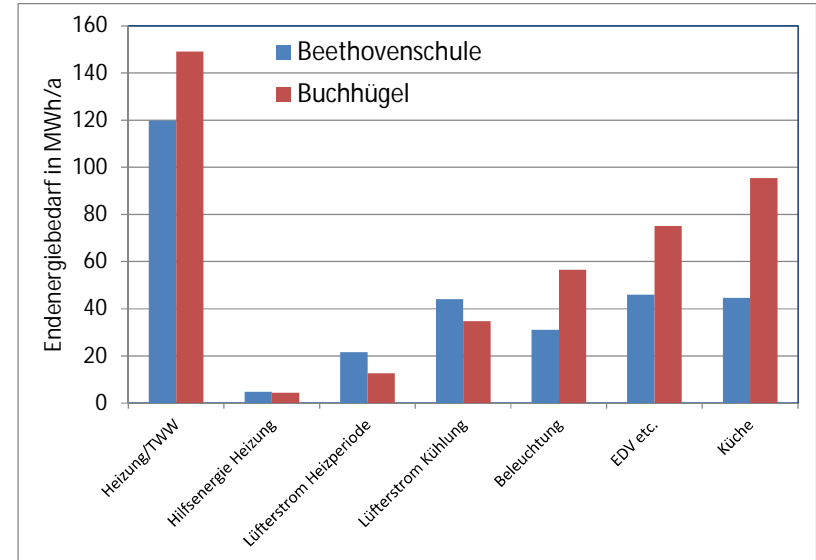


Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	7258,8 m ²		
Verwendet:	Monatsverfahren	PH-Zertifikat:	Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	10 kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	ja
Drucktest-Ergebnis:	0,5 h ⁻¹	0,6 h ⁻¹	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Kühlung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	112 kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)	ja
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	30 kWh/(m ² a)		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:	kWh/(m ² a)		
Heizlast:	10 W/m ²	über 25 °C	
Übertemperaturhäufigkeit:	0 %	15 kWh/(m ² a)	
Energiekennwert Nutzkälte:	kWh/(m ² a)		
Kühllast:	4 W/m ²		

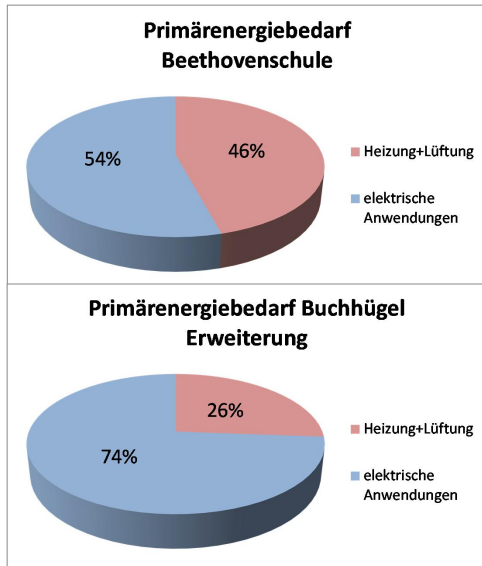
Vergleich Endenergiebedarf



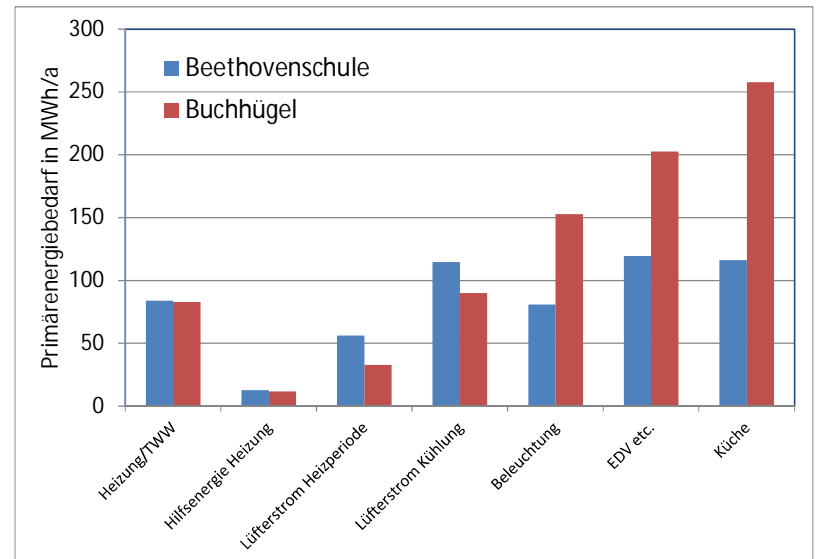
Vergleich Endenergiebedarf




Vergleich Primärenergiebedarf



Vergleich Primärenergiebedarf



Energetisches Bautagebuch
Beethovenschule
BV: PPP Schulen Offenbach - BE05153
Solutions AG
Bericht-Nr.: 20

Bearbeiter:  Datum: 31.05.2011 Seite 1
 Witterung: Uhrzeit: 8.00 Uhr Temp.: 9° C Sonstg.: Bewölkt
 Uhrzeit: 12.00 Uhr Temp.: 18° C Sonstg.: Regen
 Uhrzeit: 16.00 Uhr Temp.: 17° C Sonstg.: Regen

1. Personal-Einsatz

Schicht von - bis	Eigenes Personal							Nachuntersnehmer				Summe	Ges- summe	
	Arbeits- zeit	Ferien-Meister	Werk- zeiger	Sauber- arbeiter	Fach- arbeits-	Außer- abwärtig	Summe	Arbeits- zeit	Ferien-Meister	Werk- zeiger	Fach- arbeits-			
7.00 - 18.00													0	0
													0	0

2. Geräte:

3. Vertragliche Leistungen:

Firma	Vertragliche Leistungen		AK
Pekato	Rohbau	Verlegen von Perimeterdämmung im UG an der Wand Achse V 4 bis 8 und 8 mit 3 X 10 cm Roofmate SL-A	
		Abnahme der Dämmung bis ca. -2m und Freigabe zur Verfüllung des Arbeitsraums	

Erste Nutzererfahrungen
„unzensiert“

- ◆ Umstellung im Nutzerverhalten von alten Bestandsgebäuden auf technisch anspruchsvolle Gebäude bedarf einer erhöhten Aufklärung und Einweisung
- ◆ Durch die Automatisierung der Technik fühlt der Nutzer sich zum Teil fremdbestimmt
- ◆ Nutzerwünsche z.B. bezogen auf die Raumtemperatur müssen abhängig von den energetischen Anforderungen beurteilt werden
- ◆ Abweichungen von tatsächlichen Nutzungszeiten mit den projektierten Werten im PHPP müssen abgeglichen werden

Dow
Building Solutions
ROOFMATE™ SL-A
 Extruded Polystyrene Foam

Product made in France, Plant 50F3
 Dow Europe GmbH
 Bachstr. 3
 CH 8810 Horgen
 Switzerland
 The licensee of The Dow Chemical Company ("Dow") or
 its affiliated companies.

Extrudierter Polystyrol Hartschaum
 Espuma de Poliestireno Extrudado
 Extrudovaný polystyrén
 Extrudowana pianka polistyrenowa

Thickness/mm size: (mm) Boards m²/bundle
120 x600x1250 3 2.25

CE 03
 $R_D = 3.35 \text{ m}^2 \text{ K/W}$
 $\lambda_D = 0.036 \text{ W/mK}$
 $d = 120 \text{ mm}$
 Euroclass E

XPB - EN 13164 - T1 - C810V(300 - CC(2)1.6(50)130 - W(1)1.0(7 - W(1)3
 - FT2 - DB(TH) - DL1(2)6

ISO 9001
 D44-120-81
 C24-224(LKD)
 Z-23.5-225 (PM)
 Z-23.5-128 (AP)
 Z-23.5-128 (AP)
 X-0.037VWmk

ISO 9001
 ISO 14001
 ISO 45001
 ACEM

ISO 9001
 ISO 14001
 ISO 45001
 KOBRA
 KOBRA
 KOBRA
 KOBRA

ASBETA
 XPB-G30
 Schweiz
 BKZ 5.1

D44-D44-01-01-DUK-01-DEO-01
 in-WAR WZ-PW-01-PB-01

BRL 4710 - KB1610
 BRL 1301 - WB1817



Erste Nutzererfahrungen (Forts.)

- ◆ Um auf die Wünsche der Nutzer reagieren zu können, ist ein ausreichender Puffer für den Heizwärme- und Primärenergiebedarf im PHPP sinnvoll
- ◆ Nachbetreuung sowie Nachjustieren der Anlagentechnik notwendig
- ◆ Auf Grund von einer hohen Anzahl von Wärmequellen im Raum (z.B. EDV-Raum mit bis zu 30 PCs) ist zum Teil das „Kühlen“ der Räume auch im Winter notwendig

- ◆ 2 PHI zertifizierte Schulgebäude wurden in einem ÖPP Projekt errichtet
- ◆ PHPP als energetisches Planungs- und Nachweiswerkzeug
- ◆ Strombedarf entscheidend für Primärenergiekennwerte
- ◆ Leichte Bauweise: max. Übertemperaturhäufigkeiten mit adiabater Kühlung einzuhalten
- ◆ Erste Nutzerrückmeldungen liegen vor

Die Grundschule Beethovenschule beim Tag der Architektur!
Besichtigungen am Samstag, 29.06.2013
12:15, 13:15 und 14.15 Uhr