

# 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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 m<sup>2</sup>
- ◆ BGF Sporthalle: 1.583 m<sup>2</sup>
- ◆ Grundstück: 10.203 m<sup>2</sup>
- ◆ Pausenhof: ca. 3.500 m<sup>2</sup> (Optional + 4.540m<sup>2</sup>)

### 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 m<sup>2</sup>
- ◆ BGF Sporthalle: 2.157 m<sup>2</sup>
- ◆ BGF Erweiterungsneubau: 9.429 m<sup>2</sup>
- ◆ Grundstück: 45.300 m<sup>2</sup>

## 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

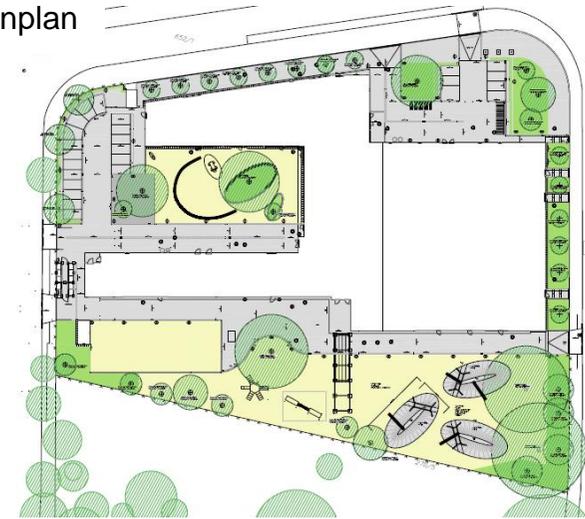


- ◆ Öffentlich-Private-Partnerschaft
- ◆ Partnerschaftliche Zusammenarbeit der Privatwirtschaft mit der öffentlichen Hand
- ◆ Betrachtung der Gebäude von der Angebots-, über die Bauphase in eine 20-jährige Betriebsphase
  - > Optimierung Lebenszykluskosten
- ◆ Betrachtung sowohl der Erstinvest- als auch 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

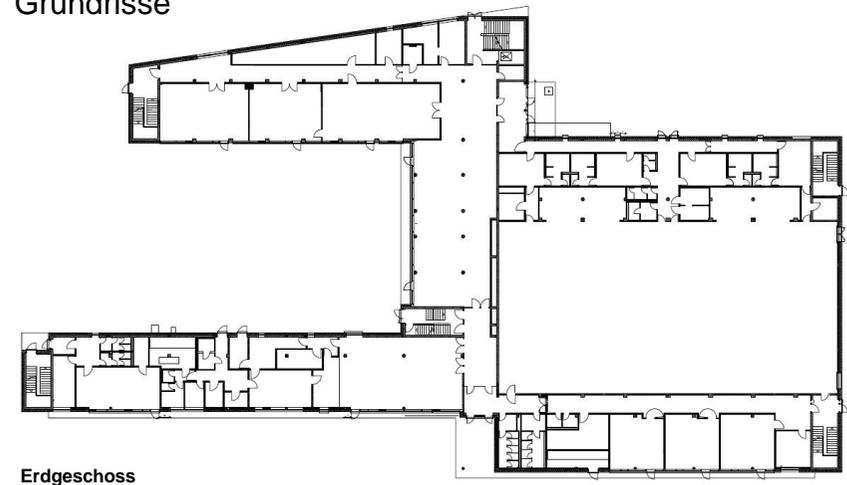
## Freiflächenplan



## Ansichten

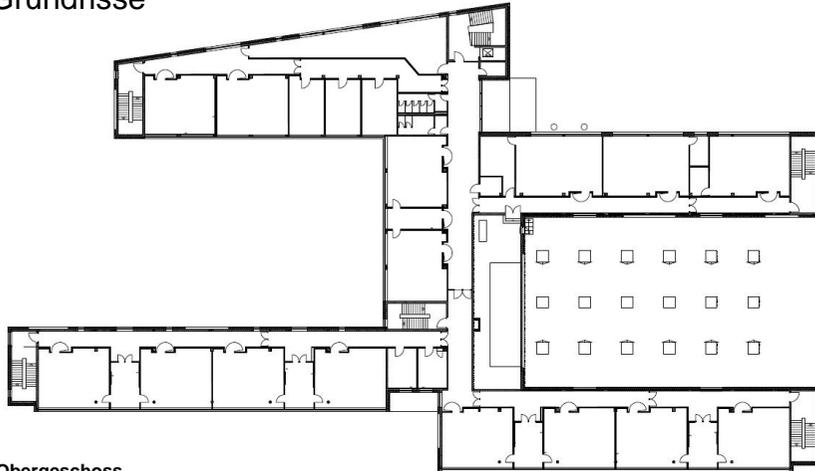


## Grundrisse



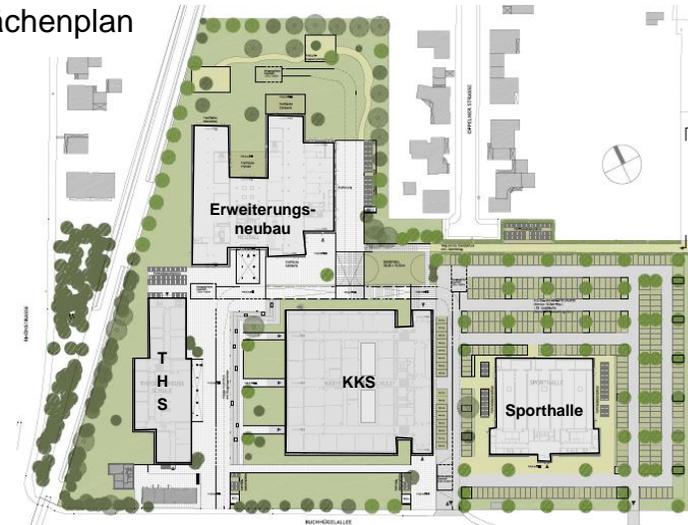
Erdgeschoss

Grundrisse



Obergeschoss

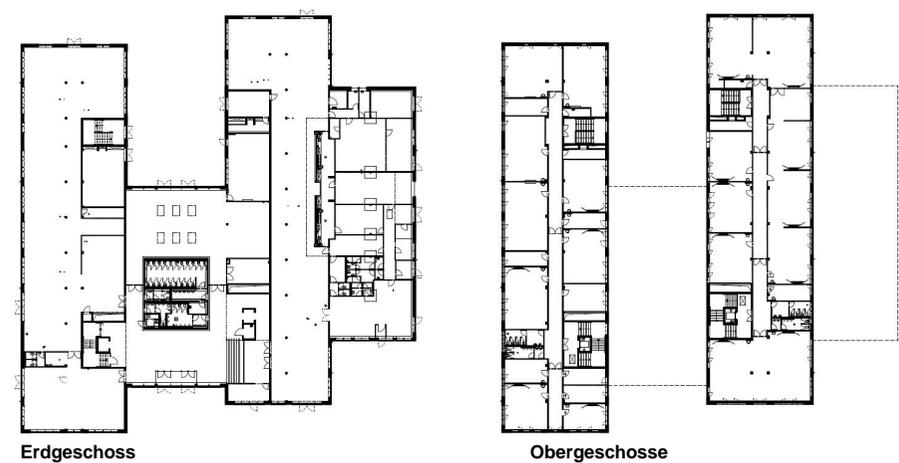
Freiflächenplan



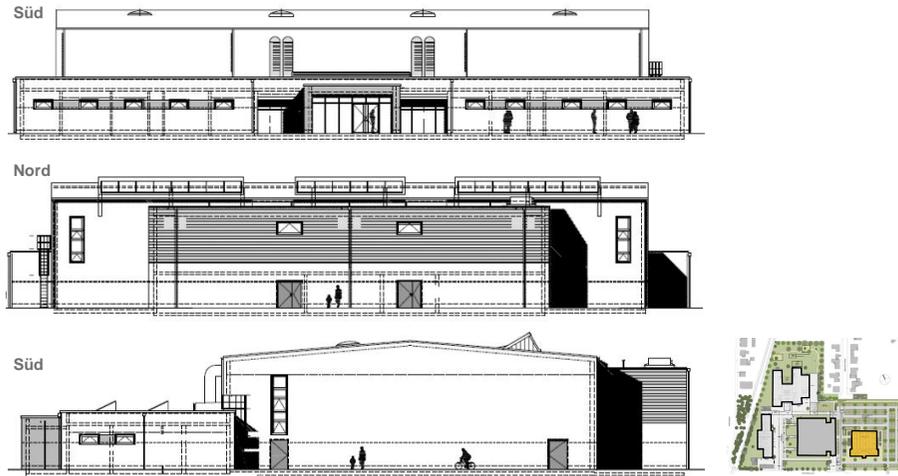
Ansichten Erweiterungsneubau



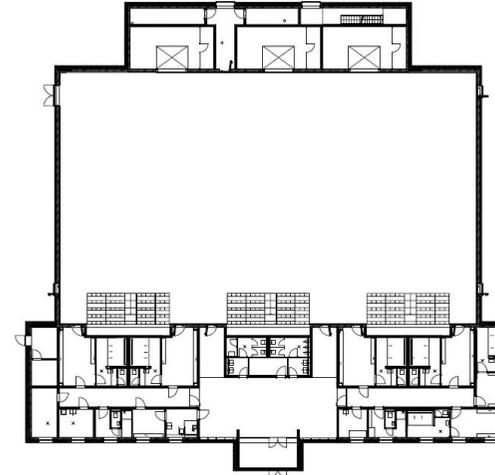
Grundriss Erweiterungsneubau



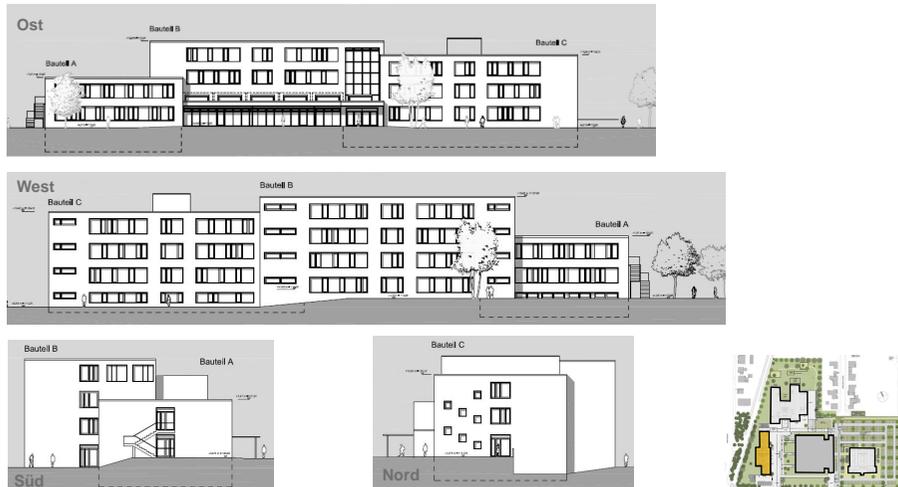
### Ansichten Neubau 3-Feld-Sporthalle



### 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

## Gebäudehülle Beethovenschule

Bauteil	Aufbau	Fläche in m <sup>2</sup>	U-Wert in W/(m <sup>2</sup> 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

- ◆ 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 Buchhügel Erweiterungsbau

Bauteil	Aufbau	Fläche in m <sup>2</sup>	U-Wert in W/(m <sup>2</sup> 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. CO<sub>2</sub>-Konzentrationen bzw. Heizlast
  - Indirekte adiabate Kühlung
  - Minimierung der Druckverluste
  - Mittlere Wärmebereitstellungsgrade > 80% (inkl. Küchenlüftung)
  - Frischluftdimensionierung 20 m<sup>3</sup>/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 <sub>ZU</sub> m <sup>3</sup> /h	V <sub>AB</sub> m <sup>3</sup> /h	V <sub>ZU</sub> m <sup>3</sup> /h	V <sub>AB</sub> m <sup>3</sup> /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

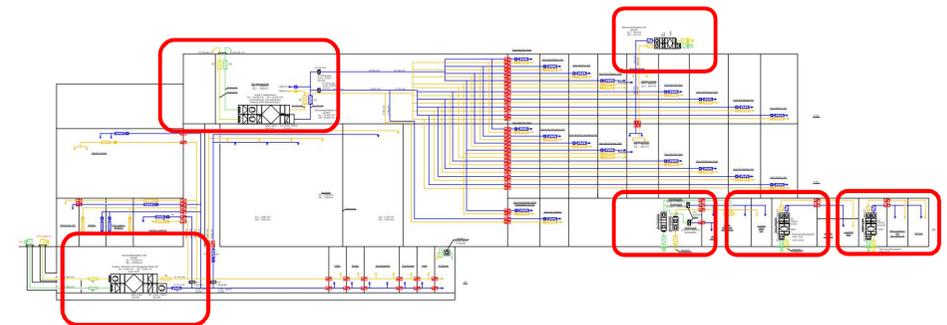
**82% 0,46**

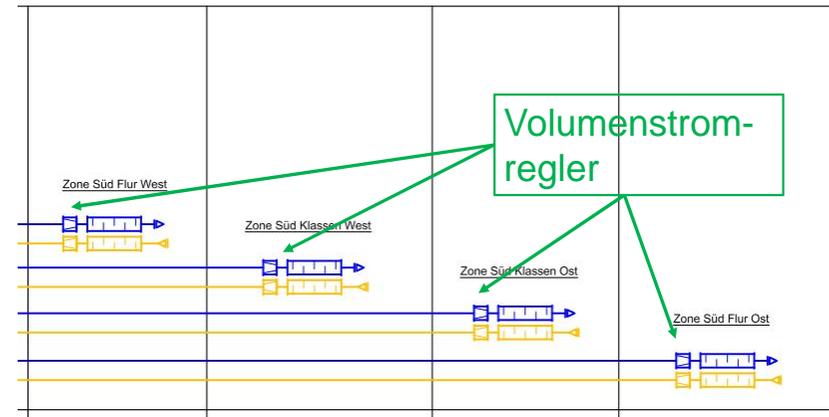
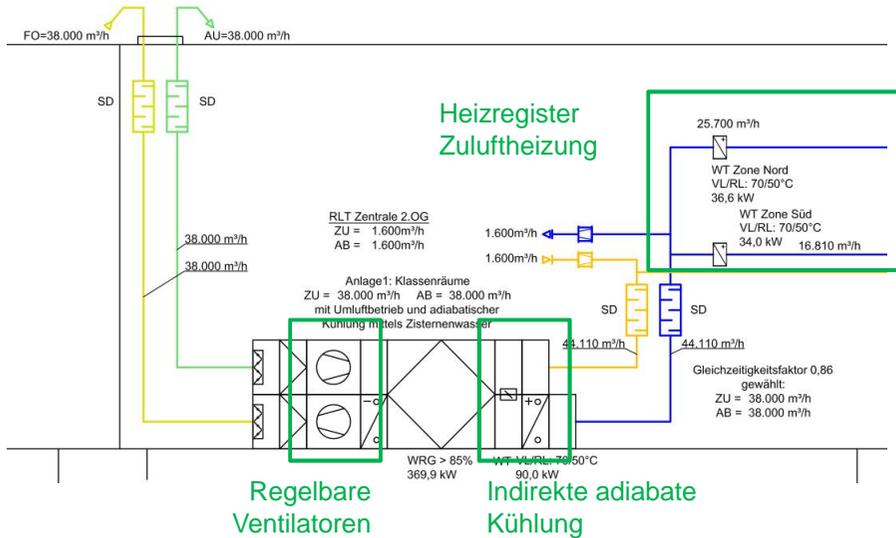
PHPP Blatt Zusatz-Lüftung

Ermittlung des mittleren energetisch relevanten Außenluftvolumenstroms

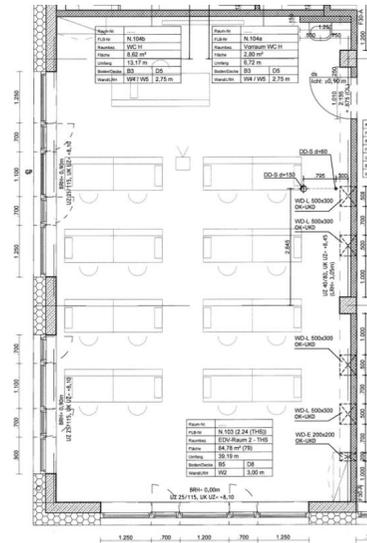
		Klassenräume				
		Raumvolumen	7273 m <sup>3</sup>			
		Nennluftvolumenstrom	8984 m <sup>3</sup> /h			
		% vom Nennluftwechsel	Volumenstrom	Luftwechselrate		
<b>Schulbetrieb Heizperiode</b>						
00:00 - 6:00 Uhr		Nachtbetrieb	6	0%	0	0,00
6:00 - 7:30 Uhr		Spülphase	1,5	0%	0	0,00
7:30 - 16:00 Uhr		Schulbetrieb	8,5	100%	7940	1,09
16:00 - 17:30 Uhr		Spülphase	1,5	10%	794	0,11
17:30 - 20:00 Uhr		Absenkbetrieb	2,5	10%	794	0,11
20:00 - 24:00 Uhr		Nachtbetrieb	4	10%	794	0,11
		tagesmittlerer Volumenstrom	24		3325	m <sup>3</sup> /h
<b>Schulbetrieb Sommer</b>						
00:00 - 6:00 Uhr		Nachtkühlung	6	10%	794	0,11
6:00 - 7:30 Uhr		Spülphase	1,5	10%	794	0,11
7:30 - 16:00 Uhr		Schulbetrieb	8,5	100%	7940	1,09
16:00 - 17:30 Uhr		Spülphase	1,5	10%	794	0,11
17:30 - 20:00 Uhr		Absenkbetrieb	2,5	10%	794	0,11
20:00 - 24:00 Uhr		Nachtbetrieb	4	10%	794	0,11
		tagesmittlerer Volumenstrom	24		3325	m <sup>3</sup> /h
<b>Ferienzeit - Wochenende - Sommer</b>						
0.00 - 24.00		nach Bedarf	24		6431	0,88
		tagesmittlerer Volumenstrom	24		6431	m <sup>3</sup> /h

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



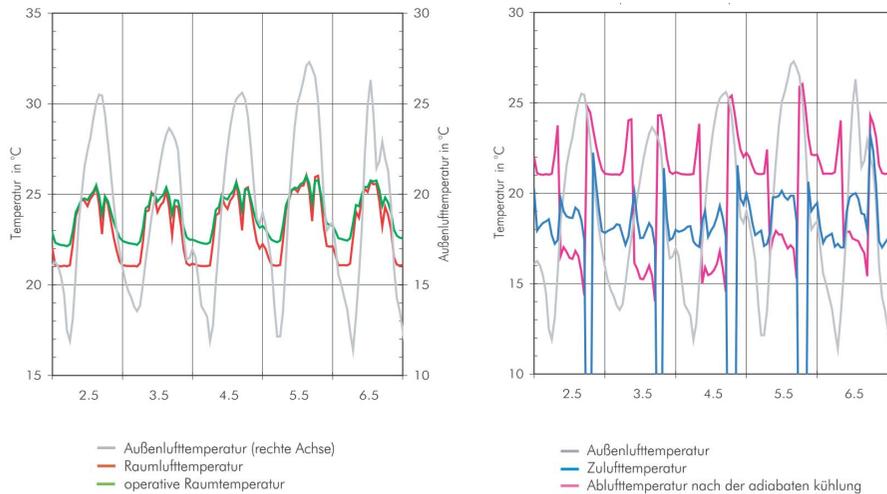
Quelle: Bericht ITA Weimar mbH

Untersucht wurde:

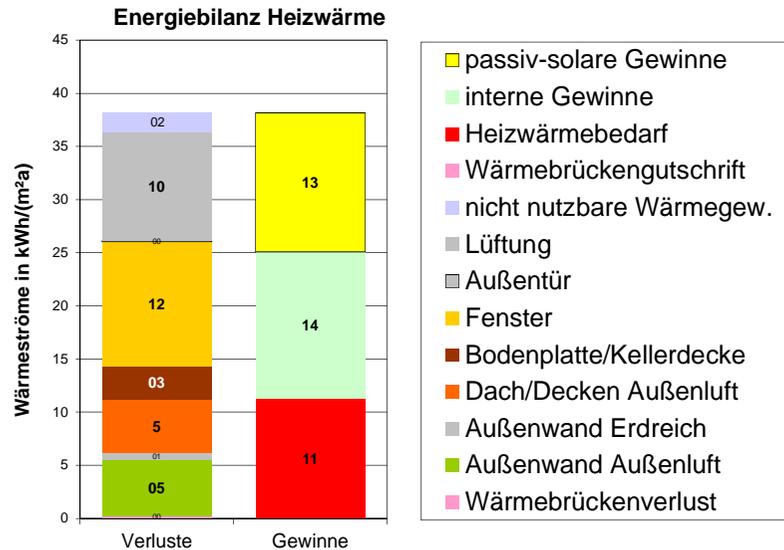
- Verschiedene Speichermassen durch unterschiedliche Decken
- Kühlung durch freie Lüftung
- Kühlung ventilatorgestützt mit adiabater Kühlung

Variante	geschlossene schallabsorbierende Unterdecke in %	maximale Luftwechselrate fach/h <sup>1</sup>		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

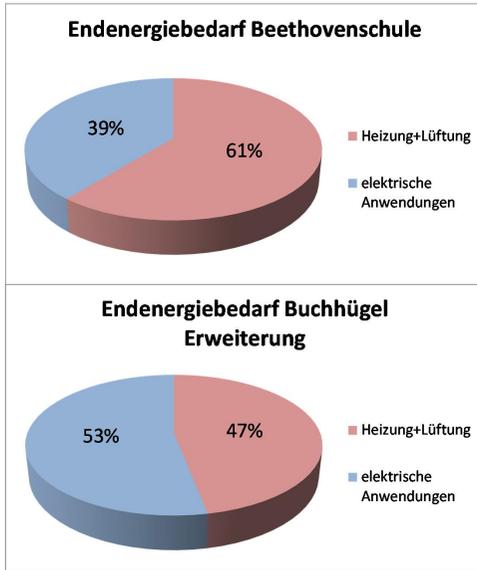


Gebäudekennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	6943,9 m <sup>2</sup>		
Verwendet:	Monatsverfahren	Zertifizierungsanforderungen	Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	11 kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	ja
Heizlast:	11 W/m <sup>2</sup>	10 W/m <sup>2</sup>	n.a.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

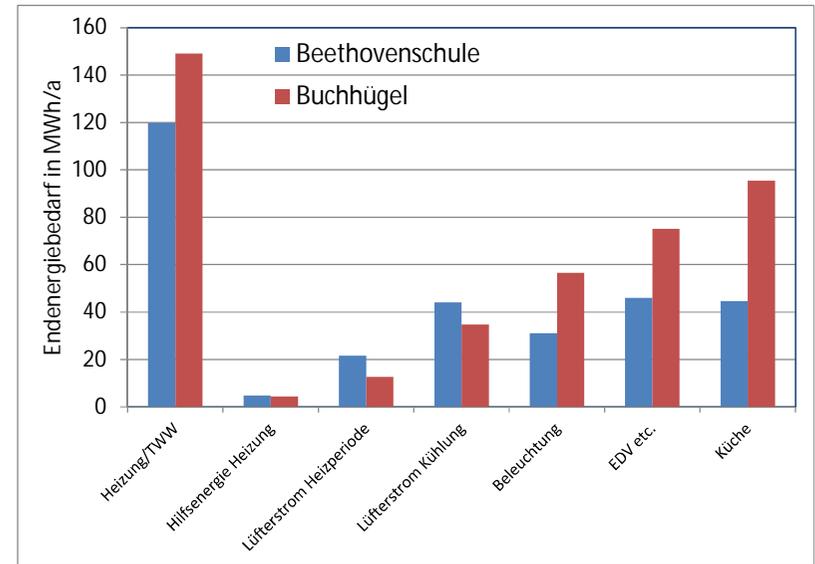


Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche			
Energiebezugsfläche:	7258,8 m <sup>2</sup>		
Verwendet:	Monatsverfahren	PH-Zertifikat:	Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	10 kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	ja
Drucktest-Ergebnis:	0,5 h <sup>-1</sup>	0,6 h <sup>-1</sup>	ja
Primärenergie-Kennwert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

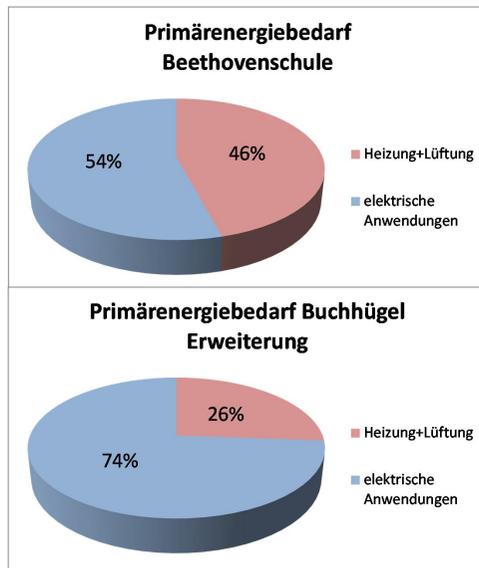
# Vergleich Endenergiebedarf



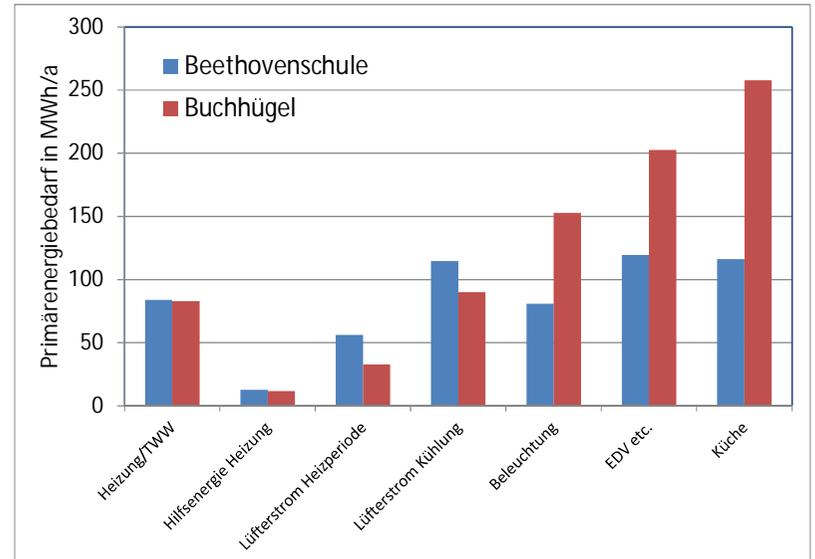
# Vergleich Endenergiebedarf



# Vergleich Primärenergiebedarf



# Vergleich Primärenergiebedarf





- ◆ 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