

## Sanierung eines Bürogebäudes mit passivhaustauglichen Komponenten



Institut Wohnen und Umwelt GmbH

## Institut Wohnen und Umwelt

- ▶ Forschungseinrichtung des Landes Hessen und der Wissenschaftsstadt Darmstadt
- ▶ ca. 45 Mitarbeiter
- ▶ Forschungsthemen: Wohnen, Energie, integrierte nachhaltige Entwicklung
- ▶ Projekte in der Grundlagen- und anwendungsorientierten Forschung für Kommunen, Länder, Bund, EU, Unternehmen



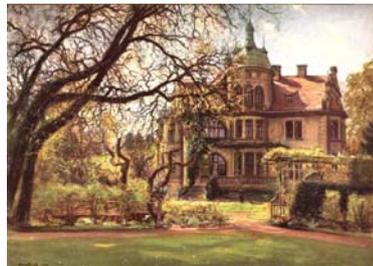
Ansicht des neuen IWU-Hauses, das mit Passivhaus-Komponenten saniert wurde

## Überblick

- 1 Standort und Randbedingungen
- 2 Sanierung mit passivhaustauglichen Komponenten
- 3 Thermisches Verhalten im Sommer
- 4 Serverlüftung
- 5 Kosten und Nutzen

3

## 1 Standort



4

# 1 Randbedingungen



# Überblick

- 1 Standort und Randbedingungen
- 2 Sanierung mit passivhaustauglichen Komponenten
- 3 Thermisches Verhalten im Sommer
- 4 Serverlüftung
- 5 Kosten und Nutzen

## 2 Sanierungskonzept



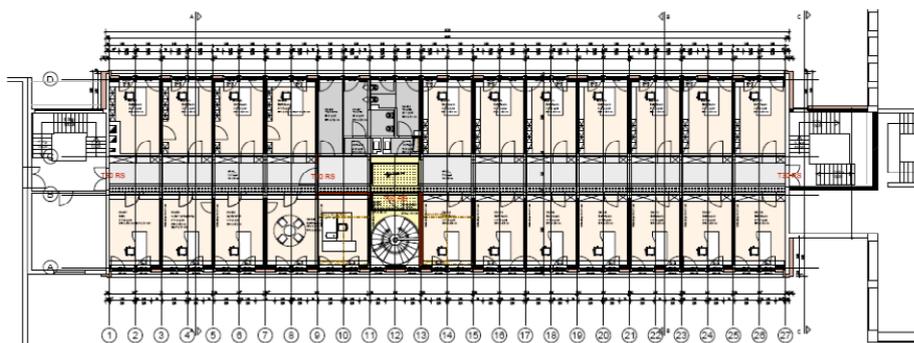
Sanierung mit passivhaustauglichen Komponenten gemäß Förderprogramm des Landes Hessen: Zielwert  $25 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBFa}}$

**Erreicht  $16,5 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBFa}}$**

(EBF = Nutzfläche + 60% der Verkehrs- und techn. Funktionsfläche)

7

## 2 Sanierungskonzept

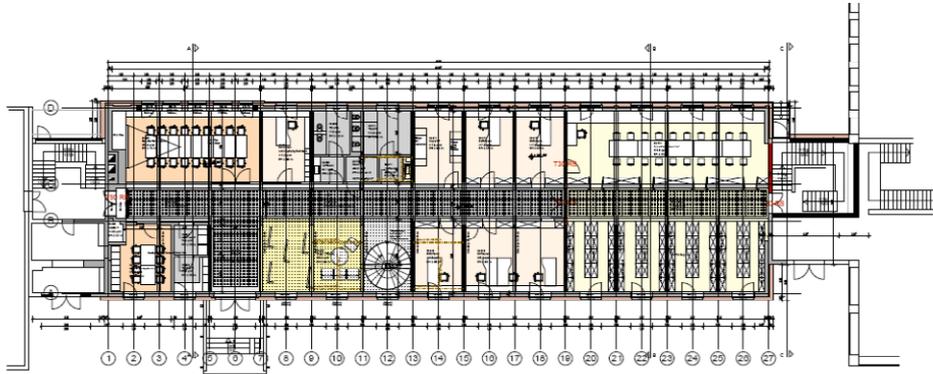


### 1. Obergeschoss

- 1 x GF
- 1 x Verwaltungschef
- 1 x Sekretariat
- 4 x Buchhaltung
- 15 x Büro
- 22 Mitarbeiter

8

## 2 Sanierungskonzept

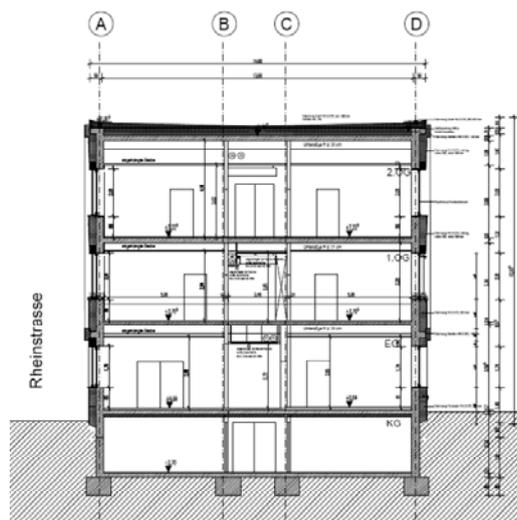


Erdgeschoss

- 1 x Büro mit Empfangsfunktion
  - 3 x Büro
  - 3 x Kombibüro
  - 1 x Bibliothek
- 8 Mitarbeiter

9

## 2 Sanierungskonzept



10

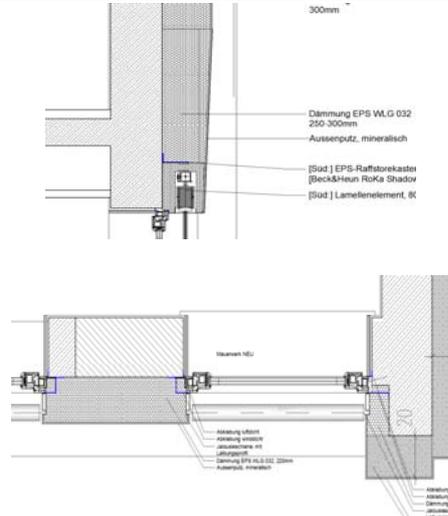
## 2 Sanierungskonzept



Außenwand: 20-30 cm Neopor



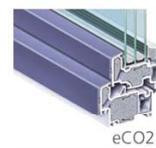
Perimeterdämmung: 30 cm EPS



## 2 Sanierungskonzept



eCO2



eCO2 Color

mit Aluminium Vorsatzblende

© 2009 - KOCHS GmbH



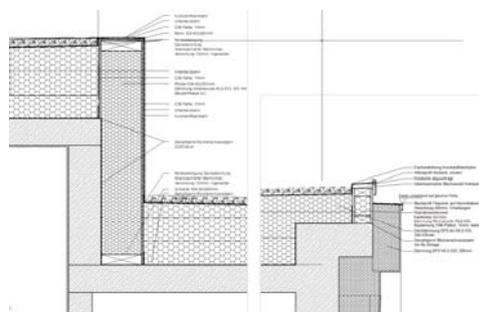
## 2 Sanierungskonzept

### -B-Plan W3 Darmstadt Beurteilungspegel EP

Punkt Nr.	Name	Geschoß	Nutz.	HR	OW tags dB(A)	OW nachts dB(A)	Lr tags dB(A)	Lr nachts dB(A)	dL tags dB(A)	dL nachts dB(A)
1	Rheinstraße	EG	MI	S	60	50	71,6	64,2	11,6	14,2
		1. OG			60	50	72,6	65,2	12,6	15,2
		2. OG			60	50	72,9	65,6	12,9	15,6
2	Rheinstraße	EG	MI	S	60	50	71,7	64,4	11,7	14,4
		1. OG			60	50	72,8	65,4	12,8	15,4
		2. OG			60	50	73,1	65,7	13,1	15,7
3	Rheinstraße	EG	MI	S	60	50	72,8	65,4	12,8	15,4
		1. OG			60	50	73,8	66,4	13,8	16,4
		2. OG			60	50	74,2	66,8	14,2	16,8
4	Rheinstraße	EG	MI	S	60	50	72,7	65,3	12,7	15,3
		1. OG			60	50	73,8	66,4	13,8	16,4
		2. OG			60	50	74,1	66,7	14,1	16,7
5	Rheinstraße	EG	MI	N	60	50	47,0	38,3	---	---
		1. OG			60	50	47,8	39,2	---	---
		2. OG			60	50	48,9	40,5	---	---
6	Rheinstraße	EG	MI	N	60	50	47,3	38,6	---	---
		1. OG			60	50	48,2	39,5	---	---
		2. OG			60	50	49,4	40,9	---	---

13

## 2 Sanierungskonzept



14

**Prüfbericht**  
über die Luftdichtheitsmessung

Das Gebäude/Objekt

Energetische Sanierung  
Bürogebäude IWU  
Rheinstraße 65  
64295 Darmstadt

hat am 30.09.2011  
bei der Messung der Luftdichtheit

folgenden Wert für die Luftwechselrate bei 50 Pascal erzielt:

$$n_{50} = 0,59 \text{ 1/h}$$

Die Anforderungen an die Luftdichtheit nach Passivhausinstitut betragen bei Gebäuden mit raumlufttechnischen Anlagen:

$$n_{50} \leq 0,6 \text{ 1/h}$$

Die Anforderungen der Vorschrift werden erfüllt.



- ▶ RLT-Anlage, 5.000 m<sup>3</sup>/h für Saal und Büroflächen
- ▶ Hocheffiziente Gegenstrom-WRG, 78%
- ▶ Drehzahlgeregelte Ventilatoren
- ▶ Büro 30 m<sup>3</sup>/Ph, Doppelbelegung möglich
- ▶ Geführte Zuluft ins Büro, Überströmung, zentrale geschossweise Absaugung im Flur
- ▶ 400 m<sup>2</sup> Regel
  
- ▶ Konferenz, Bibliothek: 3 Stufen
- ▶ Saal: Luftqualitätsregelung über VOC-Sensoren

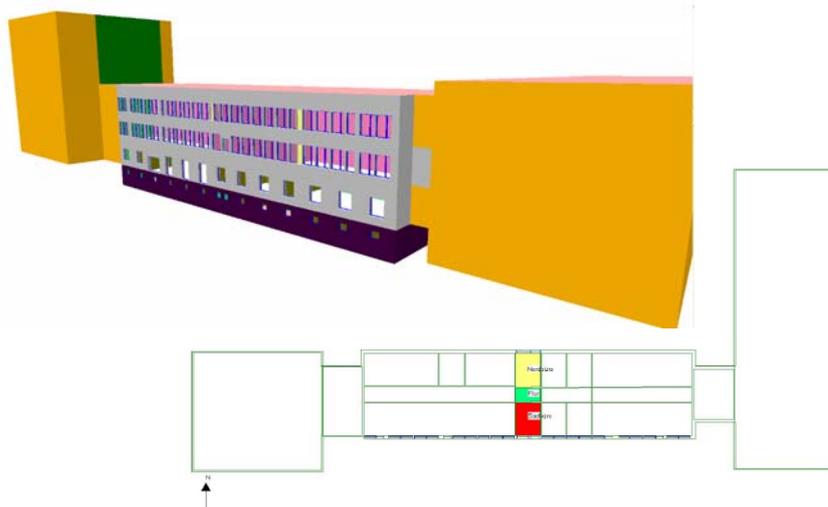


## Überblick

- 1 Standort und Randbedingungen
- 2 Sanierung mit passivhaustauglichen Komponenten
- 3 Thermisches Verhalten im Sommer
- 4 Serverlüftung
- 5 Kosten und Nutzen

17

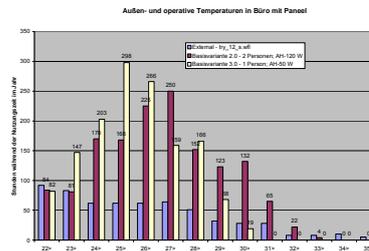
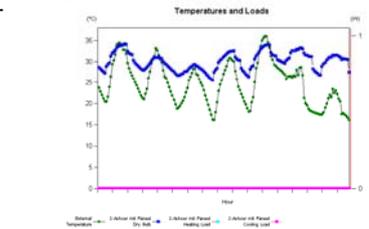
## 3 Thermische Simulation



18

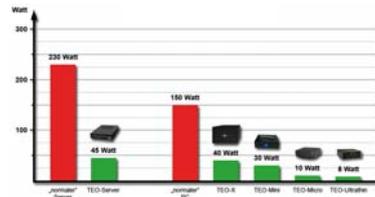
### 3 Erste Simulationsergebnisse

- ▶ Trotz außen liegendem Sonnenschutz und mechanischer Nachtlüftung mit 2-fachen Luftwechsel ergaben sich nach TRY 12 Extremjahr und bei dichter Belegung:
- ▶ Übertemperaturhäufigkeiten in Hitzeperioden von 100% pro Tag bezogen auf die Nutzungszeit!
- ▶ Mehrere Hundert h/a während der Nutzungszeit über 26°C Raumtemperatur.
- ▶ Schon am Morgen bei Arbeitsbeginn deutlich höhere Temperaturen innen als draußen.
- ▶ Wichtiger Einflussfaktor sind die internen Wärmequellen.



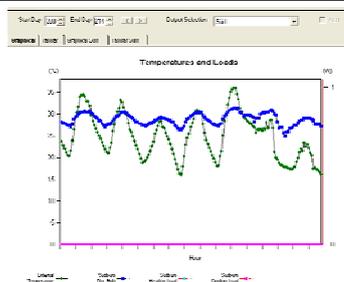
### 3 Maßnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz

- Senkung der internen Lasten
- ▶ Bei Neubeschaffung von PCs Zielwert im Normalbetrieb von 50 W pro Gerät inkl. externem Monitor
  - ▶ Doppelbelegung vorzugsweise bei Teilzeitkräften
- Sommerliche Nachtlüftung über motorische öffnbare Fenster und RLT-Anlage Südseite
- ▶ Außenliegender, variabler Sonnenschutz mit Lichtlenkfunktion
- Nordseite
- ▶ Verkleinerung der transparenten Fläche
  - ▶ Sonnenschutzverglasung
  - ▶ Innenliegender, hochreflektierender Blendschutz

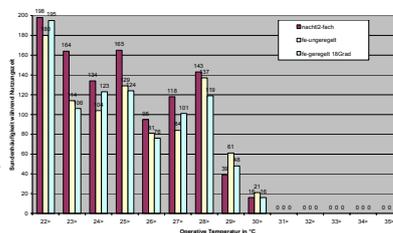


## Optimierte Simulationsergebnisse

- ▶ Temperaturspitzen in Hitzeperioden gebrochen, aber Übertemperaturhäufigkeiten in Hitzeperioden bezogen auf die Nutzungszeit pro Tag hoch.
- ▶ Raumtemperatur kann nachts auch in Hitzeperioden um ca. 3°C gesenkt werden.
- ▶ Deutliche Senkung der h/a über 26°C Raumtemperatur während der Nutzungszeit.



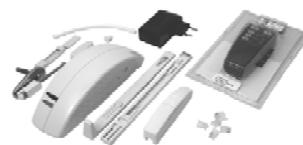
- ▶ Weitere Optimierungen in der Fensterlüftung und Kombination mit mechanischer Nachtlüftung
- ▶ Weitere Komfortverbesserung im Sommer nur durch aktive Kühlsysteme erreichbar.



21

## Motorische geregelte Fensterlüftung

- ▶ Das Gerät öffnet/schließt das Fenster (in Dreh- oder Kippstellung) und verriegelt es über den normalen Fensterbeschlag. Ent- und Verriegeln erfolgen über die Bewegung des Vierkants des Fensters (Drehbeschlag), das Öffnen und Schließen über die Gestängebewegung am Fensterantrieb.
- ▶ Direktmontage statt dem üblichen Drehgriff auf Falzgetriebe (Vierkant) des Fensters. Einfache Nachrüstung.
- ▶ Zentrale Ansteuerung über die MSR der RLT-Anlage.



22

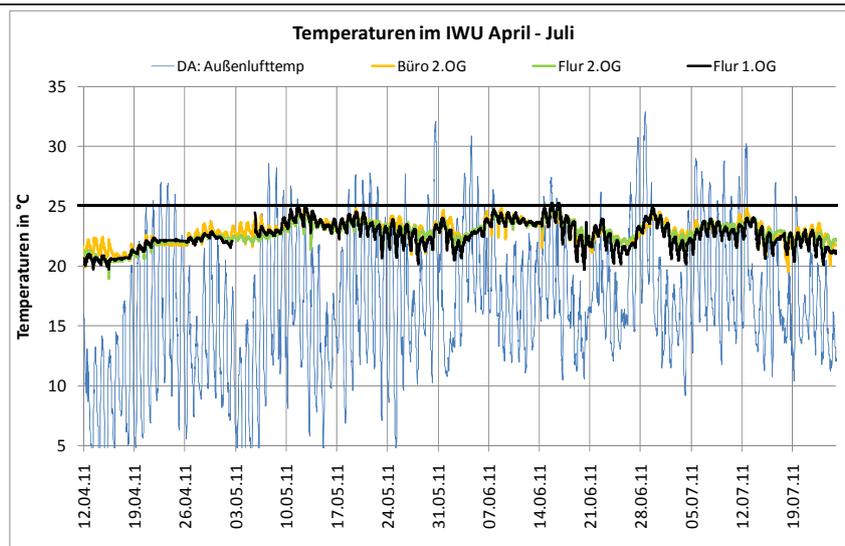
### 3 Nachtlüftung und Einbruchschutz (WK2)

- ▶ Auf der Hofseite des Gebäudes ist eine **Videouberwachung** mit Übertragung eines Live-Bildes an einen ständig besetzten Wachdienst vorhanden.
- ▶ Fenster im EG müssen wegen der geringen Höhe nachts geschlossen bleiben und können deshalb nicht zur Nachtlüftung genutzt werden.
- ▶ Fenster im 1. OG dürfen nachts in Kippstellung bleiben, müssen allerdings auf der Innenseite durch beidseitig in der Laibung befestigte **Querstangen** gegen Aufdrücken gesichert sein.
- ▶ Fenster im 2. OG können aufgrund der Höhe nachts in Kippstellung bleiben.



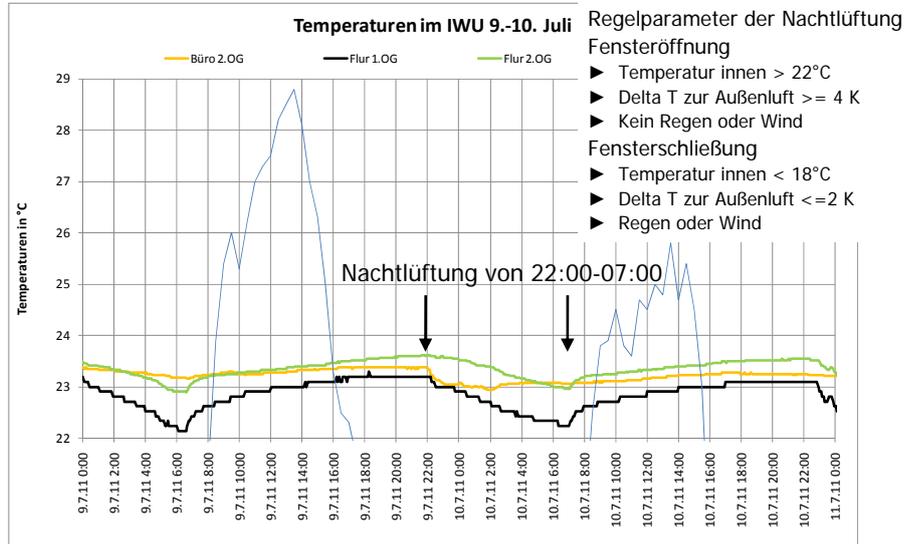
23

### 3 Erste Messergebnisse



24

### 3 Erste Messergebnisse



25

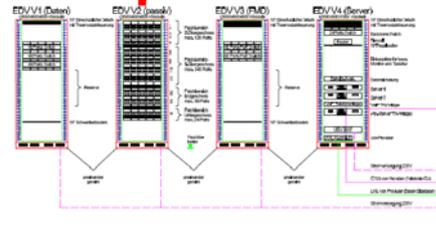
## Überblick

- 1 Standort und Randbedingungen
- 2 Sanierung mit passivhaustauglichen Komponenten
- 3 Thermisches Verhalten im Sommer
- 4 Serverlüftung
- 5 Kosten und Nutzen

26

## 4 Sommerproblem Serverraum

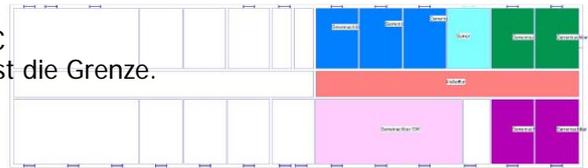
- ▶ Wärmelast im Serverraum von ca. 18 m<sup>2</sup> ca. 1 kW Strich (Server, Switches, Festplatten, Telefonanlage, USV)



- ▶ Keller liegt außerhalb der wärmedämmenden Hülle und ist gegen das Erdreich ungedämmt

- ▶ Interne Wärmequellen durch Verteilungen der Heizung im Flur

- ▶ Erfahrungswert: 35°C Raumlufttemperatur ist die Grenze.



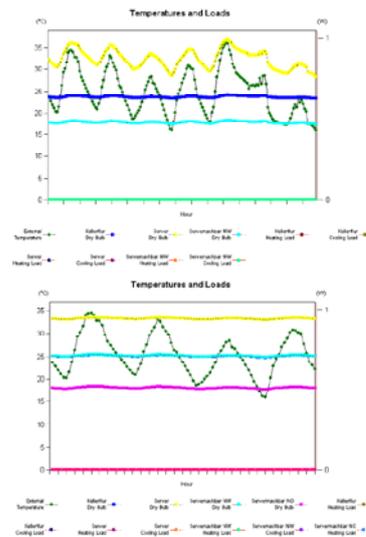
27

## 4 Passive Konditionierung

- ▶ Wärmeabfuhr über ungedämmte, ans Erdreich grenzende Bauteile reicht nicht aus.

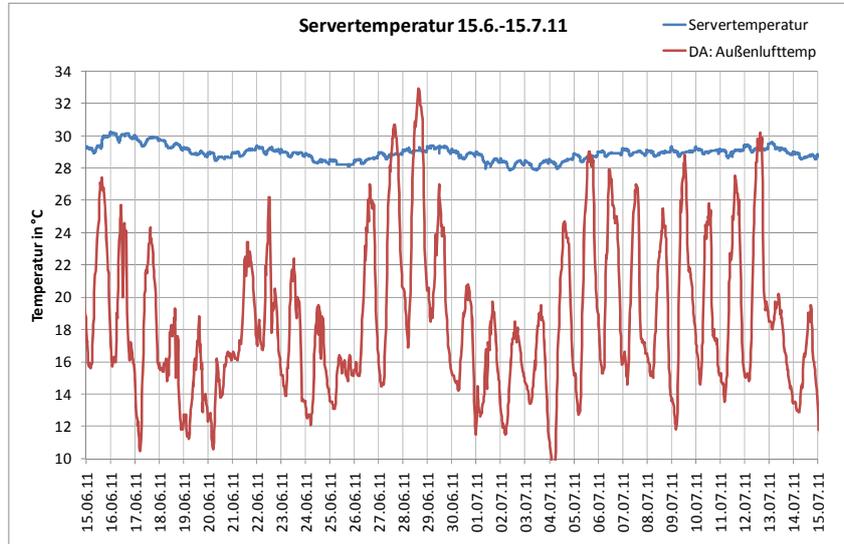
- ▶ Lüftung nur mit Außenluft (200 m<sup>3</sup>/h) überschreitet den Grenzwert in sommerlichen Hitzeperioden

- ▶ Umluftlösung im Sommer



28

## 4 Erste Ergebnisse



29

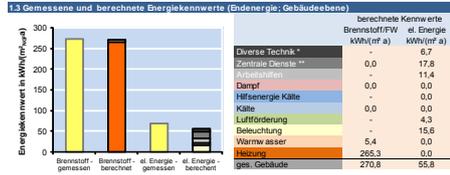
## Überblick

- 1 Standort und Randbedingungen
- 2 Sanierung mit passivhaustauglichen Komponenten
- 3 Thermisches Verhalten im Sommer
- 4 Serverlüftung
- 5 Kosten und Nutzen

30

## 5 Nutzen

### Vor der Sanierung



	Brennstoff / Fernwärme	Elektrische Energie
gemessener Verbrauch	272 kWh/(m²a)	68 kWh/(m²a)
berechneter Bedarf	453 kWh/(m²a)	93 kWh/(m²a)
Verh. Bedarf/Verbrauch - f <sub>lv</sub>	1,00	0,82

**1.4 Berechnungseinstellungen**

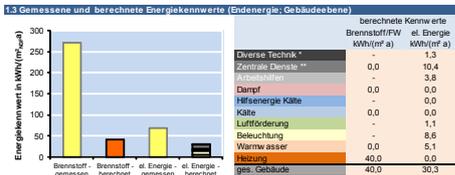
TEK-Tool\_Version: 5.5

Flächen der therm. Geb.-hülle	objektspez.
Zonenzuweisung	automatisch
Stoffwerte therm. Geb.-Hülle	objektspez.
Zonenzuweisung	automatisch
Nutzungszeiten	objektspez.
interne Wärmequellen	objektspez.
Raumtemperaturen	objektspez.

**1.5 Teilenergiekennwerte und CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Gebäudeebene**

	Nutzenergie		Endenergie		Primär-energie	CO <sub>2</sub> -Emission
	Zonen/RLT	Erzeuger	Brennstoff kWh/(m² a)	el. Energie kWh/(m² a)		
Heizung	216,7	235,3	265,3	0,0	269,2	72,8
Warmwasser	3,6	4,8	5,4	0,0	5,5	1,5
Beleuchtung	-	-	-	15,6	40,7	9,9
Luftförderung	-	-	-	4,3	11,1	2,7
Kälte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hilfsenergie Kälte	-	-	-	0,0	0,0	0,0
Dampf	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0
Arbeitsstätten	-	-	-	11,4	29,6	7,2
Zentrale Dienste	-	-	-	17,8	46,3	11,3
Diverse Technik	-	-	-	6,7	17,3	4,2
gesamt	220,3	240,1	270,8	55,8	419,7	109,6

### Nach der Sanierung



	Brennstoff / Fernwärme	Elektrische Energie
gemessener Verbrauch	271 kWh/(m²a)	67 kWh/(m²a)
berechneter Bedarf	453 kWh/(m²a)	93 kWh/(m²a)
Verh. Bedarf/Verbrauch - f <sub>lv</sub>	0,15	0,45

**1.4 Berechnungseinstellungen**

TEK-Tool\_Version: 5.5

Flächen der therm. Geb.-hülle	objektspez.
Zonenzuweisung	automatisch
Stoffwerte therm. Geb.-Hülle	objektspez.
Zonenzuweisung	automatisch
Nutzungszeiten	objektspez.
interne Wärmequellen	objektspez.
Raumtemperaturen	objektspez.

**1.5 Teilenergiekennwerte und CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Gebäudeebene**

	Nutzenergie		Endenergie		Primär-energie	CO <sub>2</sub> -Emission
	Zonen/RLT	Erzeuger	Brennstoff kWh/(m² a)	el. Energie kWh/(m² a)		
Heizung	23,5	35,5	40,0	0,0	40,6	11,7
Warmwasser	3,0	3,0	0,0	5,1	13,2	3,5
Beleuchtung	-	-	-	8,6	22,4	5,5
Luftförderung	-	-	-	1,1	3,0	0,7
Kälte	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0
Hilfsenergie Kälte	-	-	-	0,0	0,0	0,0
Dampf	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0
Arbeitsstätten	-	-	-	3,8	9,9	2,4
Zentrale Dienste	-	-	-	10,4	26,9	6,8
Diverse Technik	-	-	-	1,3	3,4	0,8
gesamt	26,5	38,5	40,0	30,3	119,4	29,2

31

## 5 Kosten

- **Gesamtbaukosten:** 1100 €/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>
- **Neubau (BKI, Std. mittel)** 1500 €/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>
- **Energiebedingte Mehrkosten der PH-Modernisierung:** 398 €/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>
- Abzgl. Förderung ca.: 100 €/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>
- Instandhaltungsanteil: 135 €/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>
- Beleuchtung: 17 €/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>
- **Summe mit Förderung:** 451 €/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>
- **Summe ohne Förderung:** 551 €/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>

- **Mietaufschlag**
- Instandhaltungsanteil und Beleuchtung in der Grundmiete enthalten.
- PH 1,80 €/m<sup>2</sup>Mon

- **Mittlere Energiekosten vor Sanierung** (rechnerisch über Betrachtungszeit, 3% Preissteigerung):

- Brennstoff (6 ct/kWh) 1,72 €/m<sup>2</sup>Mon
- Strom (15 ct/kWh) 0,89 €/m<sup>2</sup>Mon

- **Mittlere Energiekosten nach Sanierung:**

- Brennstoff 0,25 €/m<sup>2</sup>Mon
- Strom 0,48 €/m<sup>2</sup>Mon

- **Einsparung mittlere Energiekosten:**

- Brennstoff 1,46 €/m<sup>2</sup>Mon
- Brennstoff und Strom 1,87 €/m<sup>2</sup>Mon

32

## Fazit

- ▶ Die Sanierung zum Fast-Passivhaus ist zu vertretbaren Kosten gelungen. Die Energiekosteneinsparung liegt in der Größenordnung des Mietaufschlags für die Passivhaus-Sanierung.
- ▶ Das Sanierungskonzept ist übertragbar auf viele andere, einfache Bürogebäude dieses Typs.
- ▶ Probleme und Risiken in Planung und Umsetzung des Sanierungsvorhabens lagen in den Bereichen Brandschutz, Statik, Barrierefreiheit, da die Gebäudesubstanz heutigen Anforderungen nicht gerecht werden konnte. Für den erfahrenen Architekten sind die Passivhauskomponenten gut planbar.
- ▶ Ein Projekt zum Monitoring und zur Betriebsoptimierung ist aufgelegt und soll die rechnerisch ermittelten Einsparungen bestätigen.

## Vielen Dank

