



TECHNIK  
HOCHSCHULE MAINZ  
UNIVERSITY OF  
APPLIED SCIENCES

# „Energieeffizientes Bauen“ am Beispiel eines Hotelneubaus in Ingelheim am Rhein

Masterarbeit Laura Stiehl

# Gliederung

- 1 Anlass, Ziele und Methoden
- 2 Aufbau der Masterarbeit
- 3 Vorstellung des Praxisbeispiels
- 4 Rechnergestützte Wärmebedarfsrechnung nach DIN V 18599
- 5 Wärmebrückenberechnung nach DIN 4108-2
- 6 Kälteerzeugung bei Hotelneubauten
- 7 Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes
- 8 Zusammenfassung

# 1 Anlass, Ziele und Methoden

## 1.1 Anlass

Anlässlich ....

.... der großen Energiewände

.... steigender Energiekosten

.... der verschärften Vorschriften der Energieeinsparverordnung

Diese Masterarbeit wurde mit der Bauunternehmung Karl Gemünden GmbH & Co. KG als Praxispartner durchgeführt.

# 1 Anlass, Ziele und Methoden

## 1.2 Ziel

- Wie beeinflusst die eingesetzte Anlagentechnik den Jahresprimärenergiebedarf von Hotelneubauten und welches Einsparpotential resultiert daraus?
- Ist die detaillierte Wärmebrückenberechnung der pauschalierten Wärmebrückenerfassung vorzuziehen?
- Stellt die Betonkernaktivierung eine empfehlenswerte Alternative zu herkömmlichen Kühlsystemen für den Betrieb von Hotels dar?
- Durch welche Einflussgrößen wird der sommerliche Wärmeschutz von Nichtwohngebäuden maßgebend beeinflusst?

# 1 Anlass, Ziele und Methoden

## 1.3 Methoden

- Erstellung eines 3D-Gebäudemodells als Grundlage für die rechnergestützte Wärmebedarfsrechnung
- Anwendung folgender rechtlicher Grundlagen:
  - Energieeinsparverordnung 2014
  - DIN V 18599
  - DIN 4108-2 , DIN 4108-6 , DIN 4108-4
- Rechnergestützte Psi-Wert-Ermittlung mit der Software ZUB ARGOS Pro 2014
- Durchführung einer Simulation des sommerlichen Wärmeschutzes mit Hilfe der Software ETU-Planer

# 2 Aufbau der Masterarbeit

1 Einleitung

2 Grundlagen

3 Energieeffizientes Bauen

3.1 Rechnergestützte Wärmebedarfsrechnung

3.2 Wärmebrückenberechnung nach DIN 4108-2

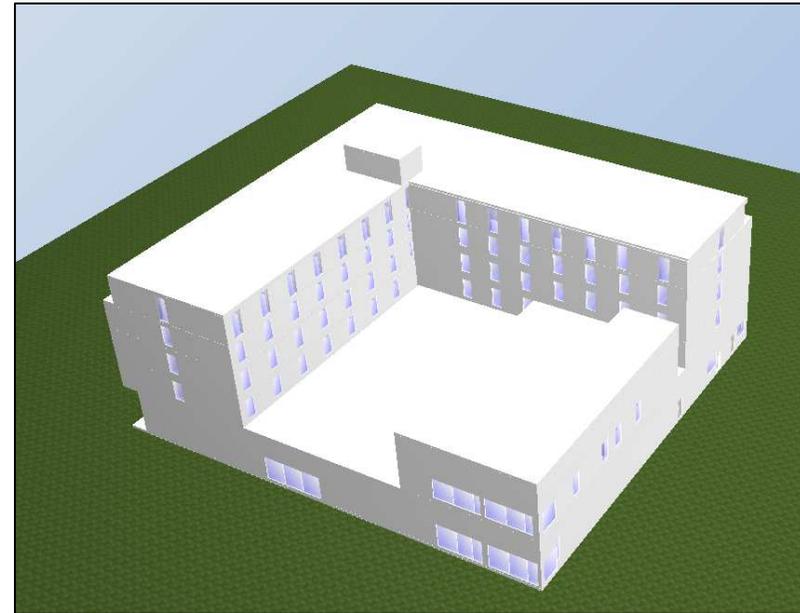
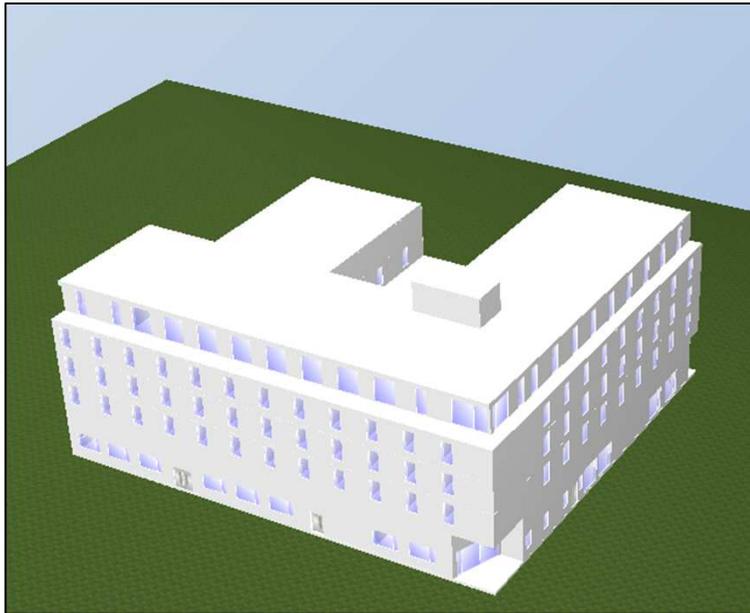
3.3 Kälteerzeugung bei Hotelneubauten

3.4 Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes

4 Zusammenfassung und Fazit

# 3 Vorstellung des Praxisbeispiels

Praxisbeispiel: „Neubau Hotel Saalwächter mit Geschäftshaus“



## 4 Rechnergestützte Wärmebedarfsrechnung nach DIN V 18599

Die rechnergestützte Wärmebedarfsrechnung umfasst die Berechnung des Energiebedarfs getrennt nach Primärenergie, Endenergie und Nutzenergie für die Heizung, die Kühlung, die Lüftung, die Trinkwarmwassererzeugung und die Beleuchtung.

## 4 Rechnergestützte Wärmebedarfsrechnung nach DIN V 18599

### **Primärenergie:**

- Die in einer natürlichen Quelle gespeicherte Energie.
- Durch verlustbehaftete Prozesse in Energieträger umgewandelt (z.B. Benzin, elektrische Energie, Gas).

### **Endenergie:**

- Die Energie, welche den Verbraucher erreicht.
- Der Endenergiebedarf schließt die technischen Verluste durch die Bereitstellung, Speicherung, Verteilung und Übergabe der Energie und die erforderliche Hilfsenergie mit ein.

### **Nutzenergie:**

- Rechnerisch ermittelter Energiebedarf zur Aufrechterhaltung der festgelegten Konditionierung.
- Die Nutzenergie spiegelt die nutzbare Dienstleistung wieder (z.B. Wärme für Heizung, mechanische Arbeit für Motoren, Licht für Lampen).

# 4 Rechnergestützte Wärmebedarfsrechnung nach DIN V 18599

## **Vorgehensweise:**

### Schritt 1:

Erstellung eines 3D-Gebäudemodells anhand der Ausführungspläne

### Schritt 2:

Detaillierung des Modells durch die Klimarandbedingungen (Deutschland), die Gebäudenutzung (Nichtwohngebäude) und die pauschalisierte Wärmebrückenerfassung

### Schritt 3:

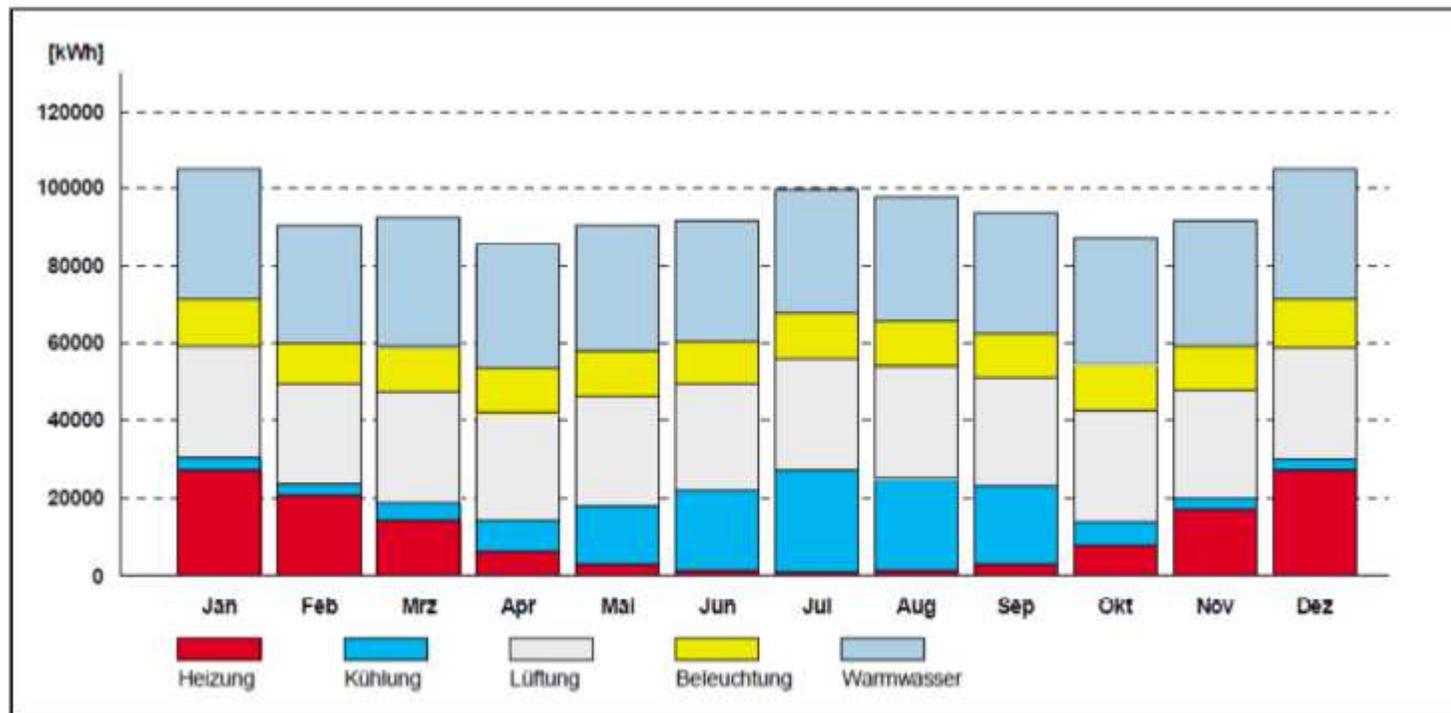
Festlegung und Erfassung der Anlagentechnik

### Schritt 4:

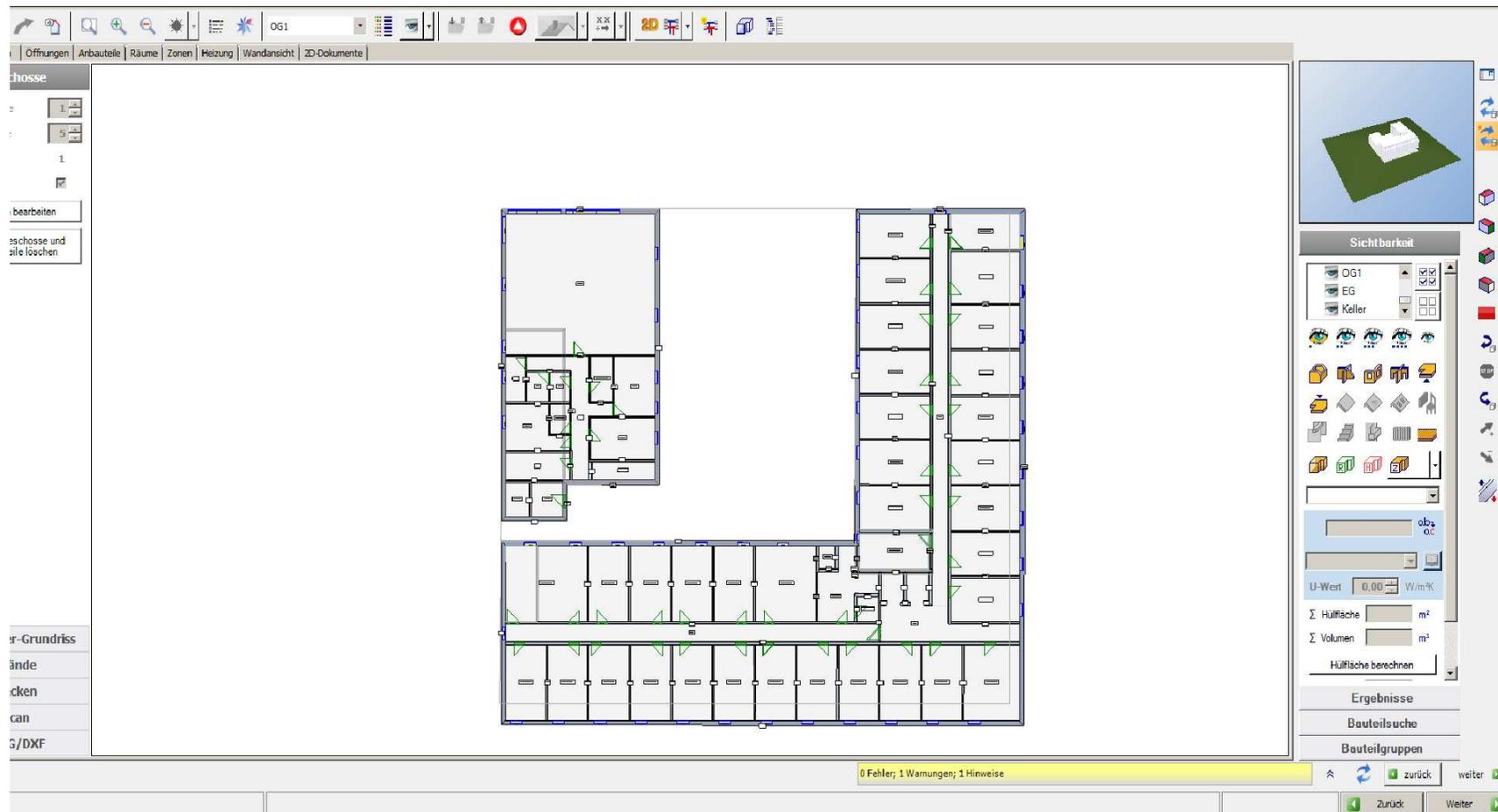
Rechnergestützte Wärmebedarfsrechnung

## 4 Rechnergestützte Wärmebedarfsrechnung nach DIN V 18599

Ergebnisse:



# 4 Rechnergestützte Wärmebedarfsrechnung nach DIN V 18599



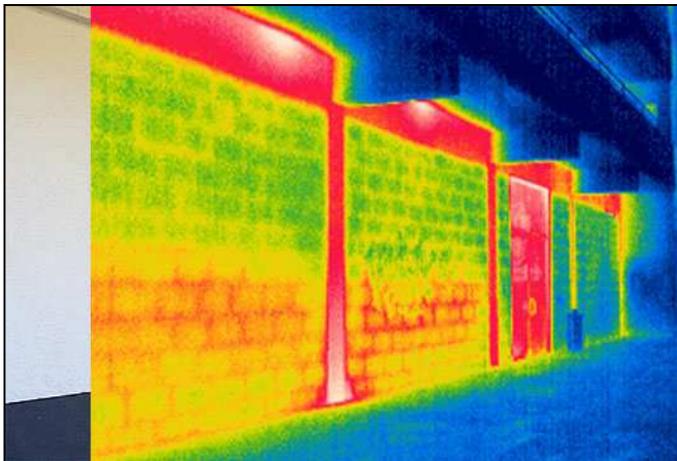
# 4 Rechnergestützte Wärmebedarfsrechnung nach DIN V 18599

The screenshot displays the 'Energieberater 18599' software interface. The main window title is 'Energieberater 18599' and the subtitle is 'HOTTGENROTH SOFTWARE ETU'. The project name is 'unbenannt' and the standard is 'DIN 18599:2011 - Nichtwohngebäude'. The climate is set to 'Deutschland'. The interface is divided into several sections:

- Navigation:** 'Projekt', 'Gebäude', 'Anlagentechnik', 'Ergebnisse' tabs. A sub-menu shows 'Zonen', 'Lüftung', 'Heizung', 'Kühlung', and 'Wasser'.
- Buttons:** 'EnEV', 'Frei', 'KfW', 'Ist-Zustand', 'Ist-Zustand', 'Variante'.
- Main Diagram:** 'Versorgung mit Luft, Wärme, Kälte und Warmwasser'. It shows a tree view of building zones (Hotelzimmer, Hotel: Verkehrsflächen, Hotel: Lobby, Büro, Personal, Hotel: Restaurant, Küche, Hotel: Lager, Technik, Archiv, H&M: Verkaufsraum, H&M: Lager, Technik, Nebenflächen, H&M: Büro, ohne) and their connections to various systems: Lüftungsanlage Heizung/Kühlung, Lüftungsanlage Hotel, Lüftungsanlage H&M, Heizung (Wärmepumpe [W] + Brennwert-Kessel, Wärmepumpe), Kühlung (Kälteerzeuger Hotel, Kälteerzeuger H&M), and Warmwasser (über Heizungs-Wärmepumpe, dezentral - Elektro-Durchlauferhitzer).
- Legend:** 'Versorgung der Zone Hotelzimmer'. It lists: Beleuchtung Zone 1; Lüftungsanlage Heizung/Kühlung; Lüftungsanlage Hotel; Heizung: Wärmepumpe [W] + Brennwert-Kessel; Kühlung: Kälteerzeuger Hotel; Warmwasser: über Heizungs-Wärmepumpe.
- Footer:** 'Gebäude: A\_NGF 6.393 m² - 5 Etagen', a color-coded energy efficiency scale, and a 'Zonen-Verwaltung' button with a list of zones Z1 to Z9.

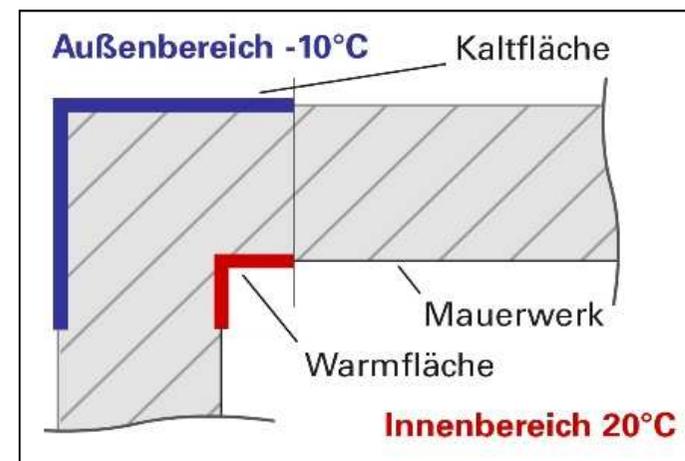
## 5 Wärmebrückenberechnung nach DIN 4108-2 Grundlagen

Wärmebrücken sind örtlich begrenzte Bereiche in der thermischen Hüllfläche eines Gebäudes mit einem erhöhten Wärmefluss. Diese sind geregelt in § 7 EnEV, welche die DIN 4108-2 als Berechnungsgrundlage vorsieht.



Quelle: [www.waermebrueckenportal.de](http://www.waermebrueckenportal.de)

Quelle:  
<http://www.kokar.de/wp-content/uploads/Wärmebrücke-klein.jpg>



## 5 Wärmebrückenberechnung nach DIN 4108-2 pauschalierte Wärmebrückenberücksichtigung

Zur Vereinfachung werden Wärmebrücken oftmals über Pauschalwerte berücksichtigt.

Fall 1: Der Regelfall

$$\Delta U_{WB} = 0,100 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Fall 2: Vorhandene Innendämmung

$$\Delta U_{WB} = 0,150 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Fall 3: Berücksichtigung des Beiblatts 2 der DIN 4108

$$\Delta U_{WB} = 0,050 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

## 5 Wärmebrückenberechnung nach DIN 4108-2 Rechnergestützte Psi-Wert-Ermittlung

Schritt 1: Modellierung und Materialien

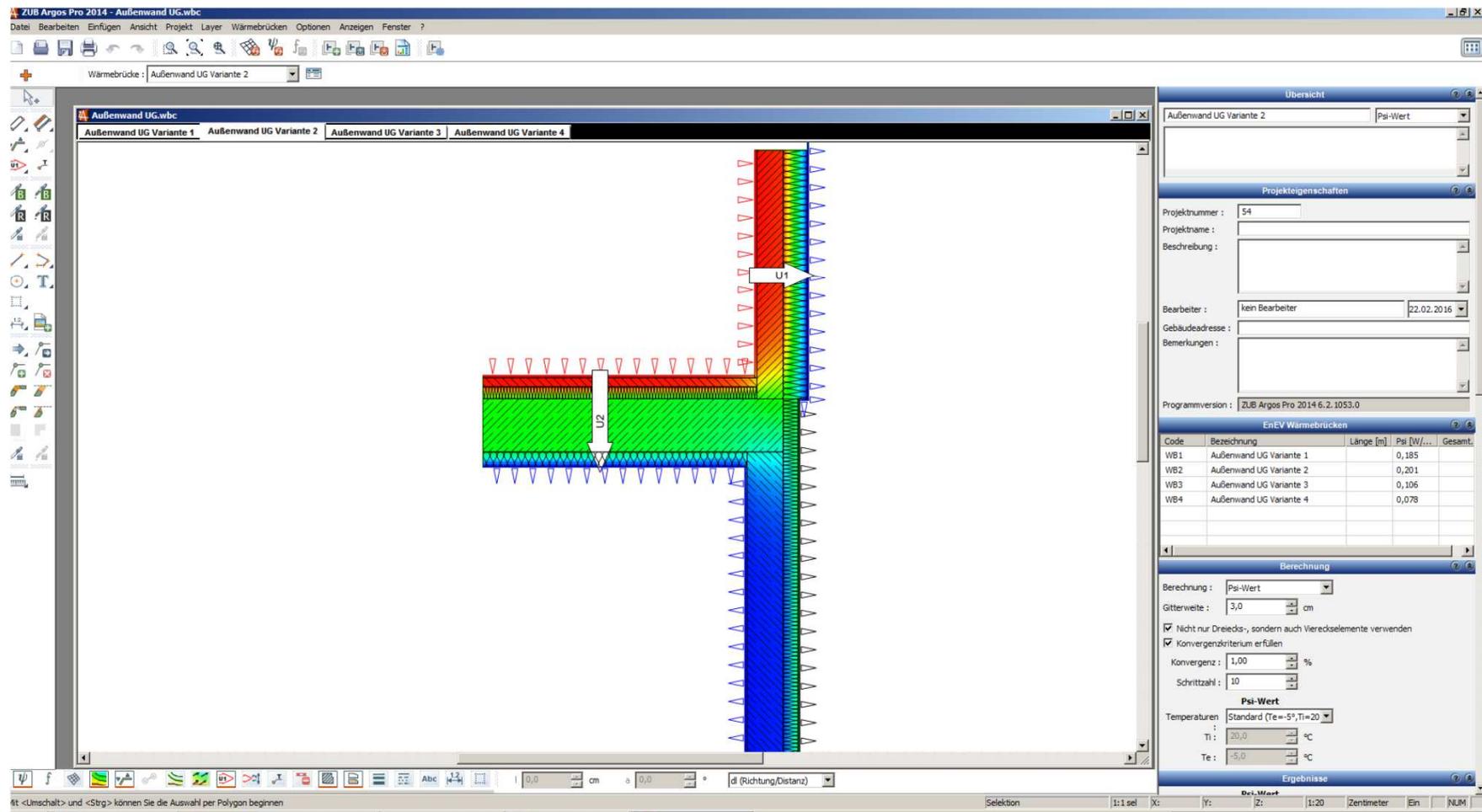
Schritt 2: Randbedingungen und ungestörte U-Werte

Schritt 3: Berechnung und Auswertung

Transmissionswärmedurchgang durch die Wärmebrücke in [W/K]:

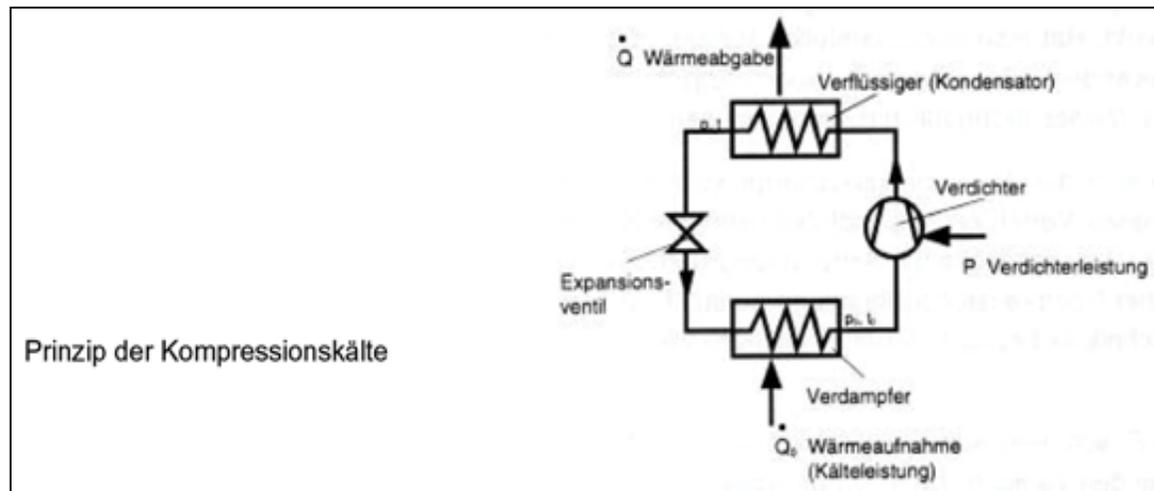
$$H_{WB} = \sum_j (\psi_j * l_j)$$

# 5 Wärmebrückenberechnung nach DIN 4108-2 Rechnergestützte Psi-Wert-Ermittlung



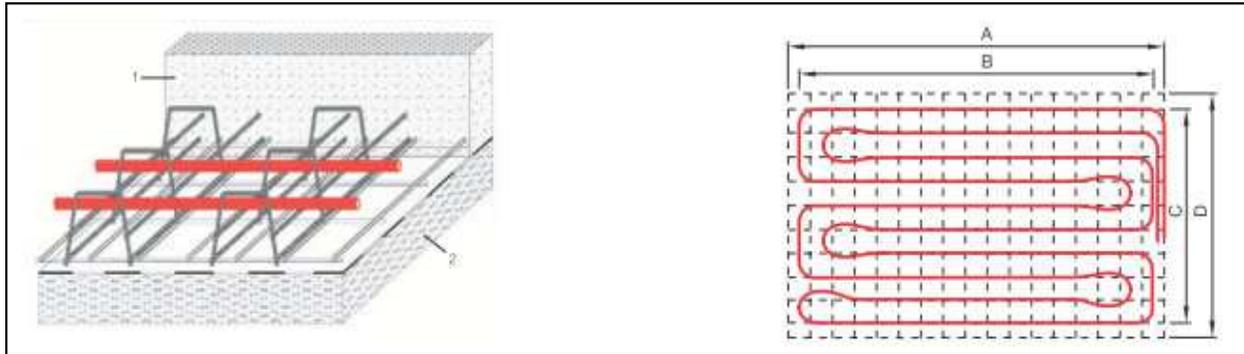
## 6 Kälteerzeugung bei Hotelneubauten Herkömmliche Kühlsysteme

Über 90 % aller installierten Anlagen der Kälte- und Klimatechnik basieren auf dem Kompressionskälteprozess. Eine Kompressionskältemaschine basiert auf dem Prinzip eines thermodynamischen Kreislaufes und besteht aus den Komponenten Verdampfer, Kompressor, Kondensator und Drosselventil.

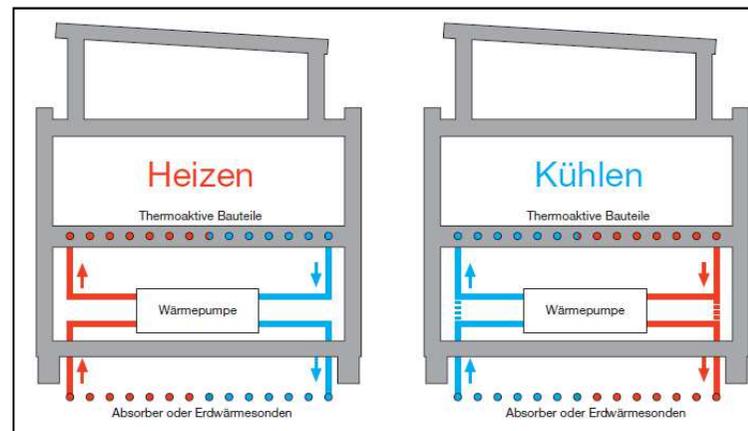


Quelle: [http://www.fluessigkeitskuehler.de/GRUNDL\\_1/Prinzip-Kompressionskalte.gif](http://www.fluessigkeitskuehler.de/GRUNDL_1/Prinzip-Kompressionskalte.gif)

## 6 Kälteerzeugung bei Hotelneubauten Betonkernaktivierung



Quelle: <http://technik-schindler.de/files/leistung2.jpg>



Quelle: [http://www.beton.org/fileadmin/beton-org/media/Wissen/Beton\\_und\\_Bautechnik/bin/effizienz.jpg](http://www.beton.org/fileadmin/beton-org/media/Wissen/Beton_und_Bautechnik/bin/effizienz.jpg)

## 6 Kälteerzeugung bei Hotelneubauten Betonkernaktivierung

### **Vorteile:**

- Geräuschloser Betrieb
- Kein Einsatz von raumbildstörenden Heizkörpern erforderlich
- Weitgehend energieneutral
- Steigerung des Wohnkomforts
- Vermeidung von Luftaufwirbelungen und Zugluft (optimale Wohnbedingungen für Allergiker)

### **Nachteile**

- Einsatz beschränkt auf Neubauten
- Thermisch träges System
- Heizleistung auf 20 W/m<sup>2</sup> begrenzt
- Kühlleistung auf 40 W/m<sup>2</sup> begrenzt
- Ausführung von abgehängten Decken und Doppelbodensystemen nicht möglich

## 7 Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes Grundlagen

Der sommerliche Wärmeschutz verfolgt in Mitteleuropa das Ziel mit baulichen Maßnahmen unzumutbare Innenraumtemperaturen, die maschinelle Kühlmaßnahmen zur Folge haben, zu vermeiden.

Grundsätzlich werden zwei Nachweisverfahren unterschieden:

- **Verfahren der Sonneintragskennwerte** gemäß DIN 4108-2:2013-02 Absatz 8.3 zur Begrenzung der Sonneneintragskennwerte
- **Verfahren mit dynamisch-thermischer Simulationsrechnung** gemäß DIN 4108-2:2013-02 Absatz 8.4 zur Begrenzung der Übertemperatur-Gradstunden

## 7 Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes Dynamisch-thermische Simulationsrechnung

### Verfahren mit dynamisch-thermischer Simulationsrechnung:

Bei der dynamisch-thermischen Simulationsrechnung ist nachzuweisen, dass im kritischen Raum der Anforderungswert der Übertemperaturgradstunden nicht überschritten wird.

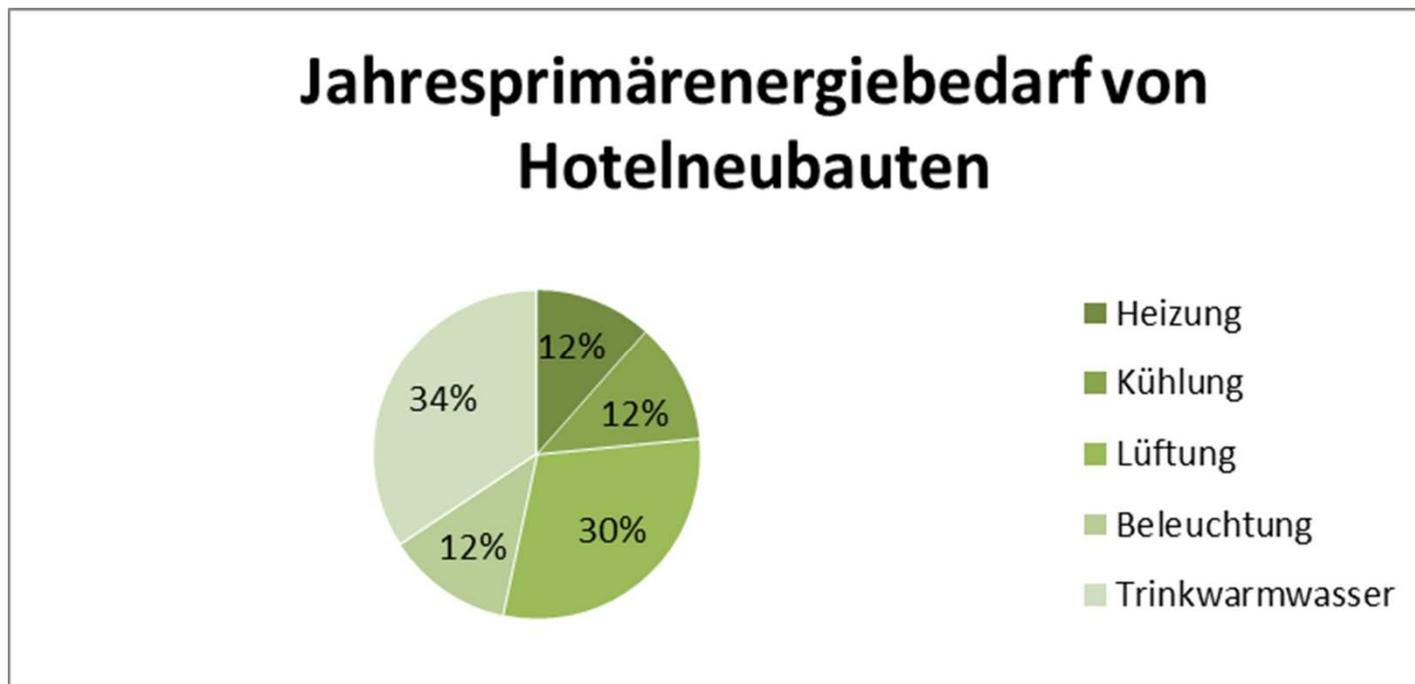
Sommerklimaregion	Bezugswert $\theta_{b,op}$ der Innentemperatur [°C]	Anforderungswert Übertemperaturgradstunden [Kh/a]	
		Wohngebäude	Nichtwohngebäude
A	25	1200	500
B	26		
C	27		

## 7 Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes Dynamisch-thermische Simulationsrechnung

Variante	Begrenzung der Kühlanlagenleistung [kW]	Begrenzung der Heizungsanlagenleistung [kW]	Sonnenschutz	Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes
Variante 1	0,00	0,00	kein Sonnenschutz	nicht erfüllt
Variante 2	0,00	200,00	kein Sonnenschutz	nicht erfüllt
Variante 3	230,00	200,00	kein Sonnenschutz	erfüllt
Variante 4	230,00	200,00	Jalousie 45° außen verschmutzt	erfüllt
Variante 5	230,00	200,00	Jalousie 45° außen, nicht verschmutzt	erfüllt
Variante 6	230,00	200,00	Jalousie 45° innen nicht verschmutzt	erfüllt
Variante 7	230,00	200,00	Jalousie 45° innen verschmutzt	erfüllt

# 8 Zusammenfassung

**Wie beeinflusst die eingesetzte Anlagentechnik den Jahresprimärenergiebedarf von Hotelneubauten und welches Einsparpotential resultiert daraus?**



# 8 Zusammenfassung

## **Ist die detaillierte Wärmebrückenberechnung der pauschalierten Wärmebrückenerfassung vorzuziehen?**

- Der Arbeitsaufwand der genauen Berechnung ist nur minimal höher als der Arbeitsaufwand der pauschalierten Erfassung.
- Die Wärmebrückenzuschläge der genauen Wärmebrückenerfassung sind im Vergleich zur pauschalierten Erfassung niedriger.

Das so entstehende Energieeinsparpotential rechtfertigt den erhöhten Aufwand in der Planungsphase eines Bauvorhabens durch eine genaue Wärmebrückenberücksichtigung.

# 8 Zusammenfassung

**Stellt die Betonkernaktivierung eine empfehlenswerte Alternative zu herkömmlichen Kühlsystemen für den Betrieb von Hotels dar?**

Für den Einsatz in einem Hotelneubau als alleiniges Kühlsystem ist die Betonkernaktivierung im aktuellen Entwicklungsstand nicht geeignet :

- Träges System mit niedrigen Leistungsgrenzen
- Einzelraumregelung nicht möglich
- Einsatz von abgehängten Decken und Doppelbodensystemen nicht möglich

# 8 Zusammenfassung

**Durch welche Einflussgrößen wird der sommerliche Wärmeschutz von Nichtwohngebäuden maßgebend beeinflusst?**

Der sommerliche Wärmeschutz von Nichtwohngebäuden wird durch die nachfolgenden Einflussgrößen maßgebend beeinflusst:

- Art der Sonnenschutzvorrichtung
- Lage der Sonnenschutzvorrichtung
- Farbe der Sonnenschutzvorrichtung
- Hinterlüftung der Sonnenschutzvorrichtung



TECHNIK  
HOCHSCHULE MAINZ  
UNIVERSITY OF  
APPLIED SCIENCES

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit