

## **ISAR-WÜRM-LECH IWL Neubau eines Büro- und Produktionsgebäudes**

Bauherr:  
ISAR-WÜRM-LECH IWL  
Werkstätten für behinderte Menschen  
GmbH  
Landsberg am Lech / Hauptverwaltung  
Rudolf-Diesel-Str. 1  
86899 Landsberg am Lech

Architekt:  
Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH  
Sportplatzweg 5  
A-6858 Schwarzach

Aussteller:  
Ingenieurbüro Hausladen GmbH  
Feldkirchener Straße 7a  
85551 Kirchheim

Tischvorlage 3:  
**Thermische Simulation Schreinerei**

Aufgestellt  
Kirchheim, 12.04.2012

Ingenieurbüro Hausladen GmbH



| Inhalt   | Seite |
|--|-------|
| 1.0 Einleitung                                   | 3     |
| 2.0 Randbedingungen Ausgangsfall                 | 4     |
| 3.0 Ergebnisse Ausgangsfall                      | 9     |
| 4.0 Variantenuntersuchungen                      | 15    |
| 5.0 sommerlicher Wärmeschutz gemäß<br>DIN 4108-2 | 20    |
| 6.0 Schallschutz und natürliche Lüftung          | 20    |

## 1.0 Einleitung

Die IWL GmbH plant Ihren Hauptstandort in Landsberg am Lech auszubauen. Die Entwicklung der Standorterweiterung erstreckt sich über mehrere Bauabschnitte. Der im Rahmen des ersten Bauabschnittes geplante Neubau soll zunächst die verschiedenen Arbeitsbereiche der Holzverarbeitung mit Produktions- und Lagerflächen zusammenfassen.

Für die Schreinerei, die sich im Erdgeschoss befindet, werden thermische Simulationen durchgeführt, mit denen unterschiedliche Varianten der Gebäudehülle und Gebäudetechnik verglichen werden können.

Es werden die operativen Raumtemperaturen für verschiedene Varianten berechnet. Des Weiteren wird der erzielte thermische Komfort im Sommer gemäß DIN EN 15251 bewertet.

Damit ist es möglich ein optimiertes Konzept für die Schreinerei zu entwickeln.



## 2.0 Randbedingungen Ausgangsfall

### Raumgeometrie

Grundfläche 1 949,8 m<sup>2</sup>

Volumen 12 673,8 m<sup>3</sup>

### Bauteilaufbauten

Die Bauteilaufbauten wurden gemäß der Tischvorlage Nr. 2 vom 21.3.2012 angesetzt. Hierbei wurde der Dämmstandard „Ausführungsvorschlag“ angesetzt.

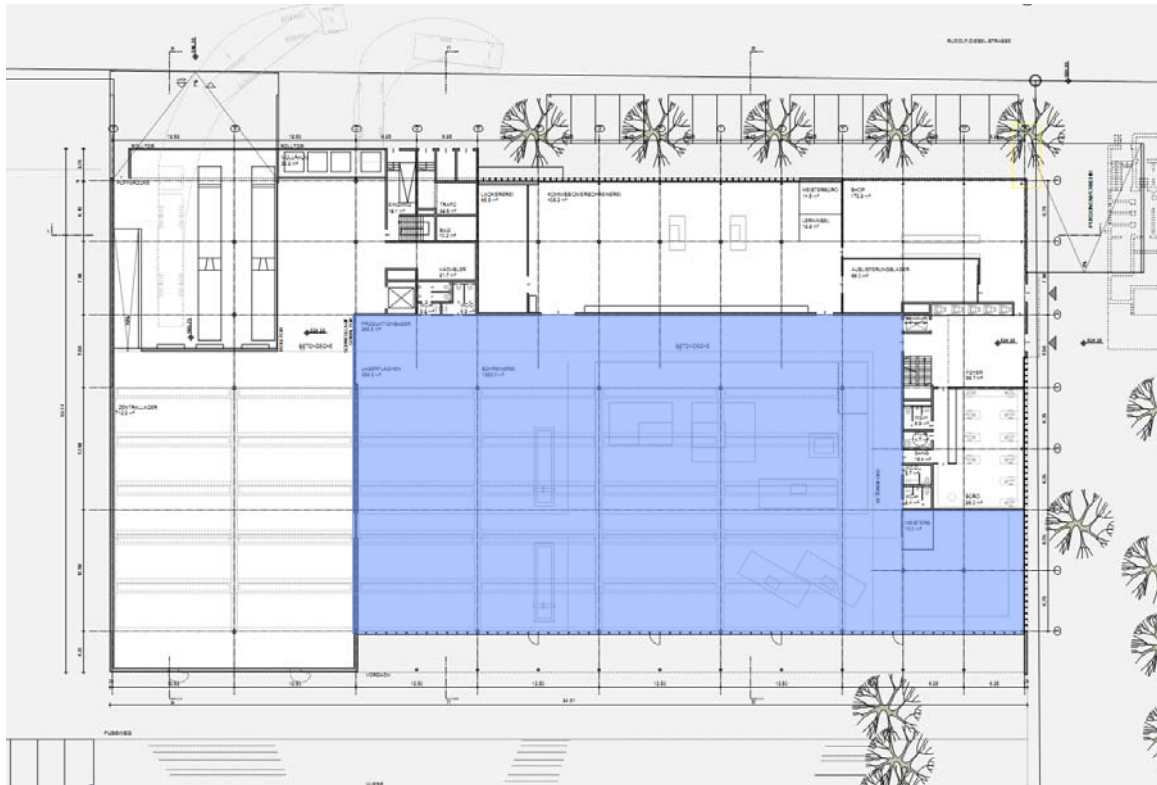
Der Boden besteht aus Beton mit Estrich und einem Bodenbelag aus Industrieparkett. Im Randbereich (5 m Abstand zu Fassade) ist der Boden unterseitig mit 10 cm XPS gedämmt (Bauteil B1.2). Der Rest des Bodens ist ungedämmt (Bauteil B1.1).

Die Außenwand wird in Holzständerbauweise (Bauteil B5.1) mit einem U-Wert von 0,16 W/m<sup>2</sup>K errichtet.

Das Dach wird ebenfalls in Holzbauweise erstellt (Bauteil B6.1 und B 7.1) und erreicht einen U-Wert von 0,15 Wh/m<sup>2</sup>K.

Ein Teil der Innenwände besteht aus statischen Gründen aus Beton. Die restlichen Innenwände bestehen aus einer Holzkonstruktion.

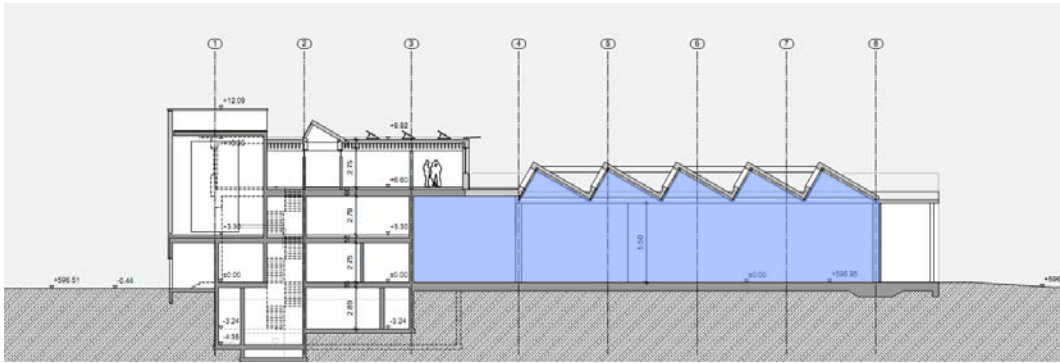
Die Decke zum Zwischengeschoss besteht aus Beton und die Speichermassen sind an die Raumluft angekoppelt (d.h. keine abgehängte Decke bzw. keine Schallschutzmaßnahmen).



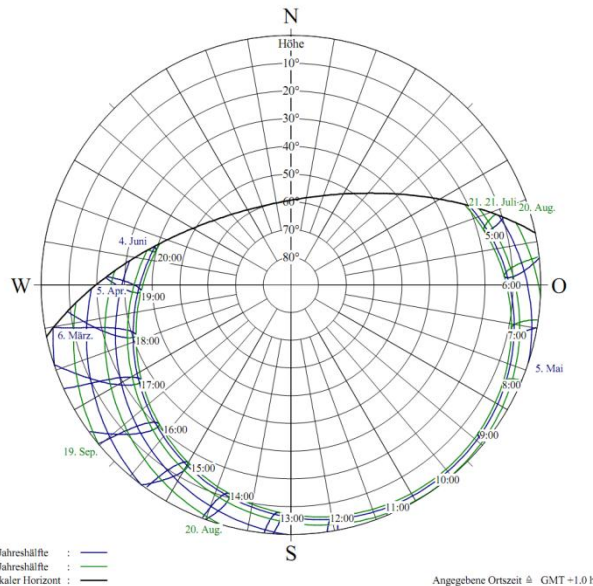
Grundriss Erdgeschoss







**Schnitt B-B**



**Einstrahlung auf Nordsheds**

### Blendschutz

An allen transparenten Fassaden ist mit direkter Sonneneinstrahlung zu rechnen. Daher sind die Blendschutzanforderungen mit dem Bauherrn abzustimmen. Die nebenstehende Graphik zeigt die Zeiten mit direkter Sonneneinstrahlung auf die Nordsheds. Da auch während der Nutzungszeiten mit direkter Sonneneinstrahlung durch die Sheds zu rechnen ist, muss auch hier der Blendschutz geprüft werden (z.B. Einsatz einer diffus streuenden Verglasung).

### Raumheizung

Die Raumheizung erfolgt über Deckenstrahlplatten auf 19 °C.

### Fenster und Sonnenschutz

Die Fassaden sind nach Süden und Osten orientiert. Über nordorientierte Sheddächer wird die Schreinerei auch in der Raumtiefe mit Tageslicht versorgt.

Die Fenster bestehen aus einer Zweischeibenverglasung mit einem Ug-Wert von 1,1 W/m<sup>2</sup>K. Das gesamte Fenster (incl. Rahmen) erreicht einen Uw-Wert von 1,3 W/m<sup>2</sup>K.

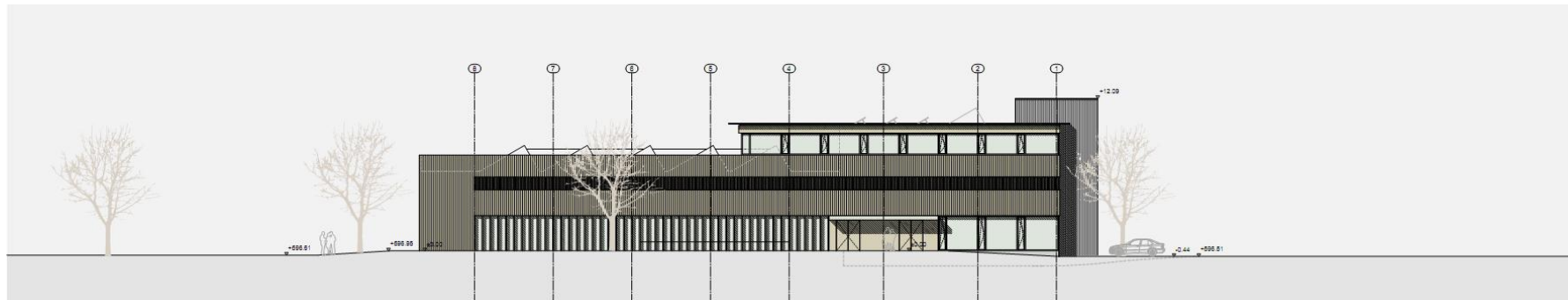
Zur Minimierung der sommerlichen Überhitzung wird davon ausgegangen, dass eine neutrale Sonnenschutzverglasung mit einem g-Wert von 0,37 und einer Lichttransmission von 68 % eingesetzt wird. Zusätzlich sorgt an der Südfassade ein Vordach für die Verschattung im Sommer. An der Ostfassade befinden sich zwei übereinander liegende Fensterbänder. Das untere Fensterband wird über feststehende vertikale Lamellen verschattet, die sich vor der Fassade befinden. Beim oberen Fensterband wird die Schalung der Fassade so weitergezogen, dass 50 % des Fensters verschattet werden.

Die Fenster haben folgende Größen:

|            |                                    |
|------------|------------------------------------|
| Süd:       | 367,8 m <sup>2</sup>               |
| Ost unten: | 30,0 m <sup>2</sup>                |
| Ost oben:  | 11,2 m <sup>2</sup>                |
| Nordshed:  | 420,9 m <sup>2</sup> (Neigung 60°) |



Ansicht Süd



Ansicht Ost

## Interne Wärmegewinne

Für die Schreinerei wird von folgenden Belegungszeiten ausgegangen:

Mo – Do: 7:30 – 16 Uhr  
Fr: 7:30 – 13 Uhr

Während der Betriebszeiten sind 40 Personen anwesend. Die sensible Wärmeabgabe liegt bei 100 W pro Person.

Die installierte Beleuchtungsleistung beträgt 12,5 W/m<sup>2</sup>. Ein Teil der Schreinerei wird mit Tageslicht versorgt.

In dem tageslichtversorgten Bereich (77 % der Gesamtfläche) schaltet sich das Kunstlicht ab, wenn die diffuse Einstrahlung (außen) über 125 W/m<sup>2</sup> ansteigt. Die Beleuchtung schaltet sich wieder ein, wenn die diffuse Einstrahlung unter 100 W/m<sup>2</sup> abfällt.

In dem nicht tageslichtversorgten Bereich (23 %) ist das Kunstlicht während der Belegungszeiten immer an.

Hinzu kommen die internen Wärmegewinne durch Maschinen. Es liegen keine Angaben zu der Wärmeabgabe der Maschinen vor. Es wird im Ausgangsfall davon ausgegangen, dass die internen Wärmegewinne bei 15 W/m<sup>2</sup> während der Betriebszeit liegen.

## Natürliche Lüftung

Die Lüftung in der Schreinerei erfolgt über Lüftungsklappen.

In der Südfassade befinden sich Kippflügel über die die Frischluft in die Schreinerei einströmen kann. Die Länge der Kippflügel beträgt 45,7 m, der freie Öffnungsspalt liegt bei 0,15 m. Insgesamt errechnet sich daraus ein freier Lüftungsquerschnitt von 6,8 m<sup>2</sup>.

Zusätzlich wird davon ausgegangen, dass sich in den Sheddächern ebenfalls Lüftungsklappen befinden und dass der freie Lüftungsquerschnitt in den Sheds ebenfalls mindestens 6,8 m<sup>2</sup> beträgt.

Der Luftwechsel ist abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen:

| Delta T | Luftwechsel          |
|---------|----------------------|
| 1 K     | 0,55 h <sup>-1</sup> |
| 2 K     | 0,79 h <sup>-1</sup> |
| 5 K     | 1,24 h <sup>-1</sup> |
| 10 K    | 1,76 h <sup>-1</sup> |

Die Lüftungsklappen werden über Motoren während der Betriebszeit automatisch geöffnet. Hier wird von folgender Regelstrategie ausgegangen:

### Lüftung zur Frischluftversorgung:

Die Lüftungsklappen werden geöffnet, sobald die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Raum über 800 ppm liegt. Aufgrund des hohen Raumvolumens steigt die

CO<sub>2</sub>-Konzentration relativ langsam an und es ist ausreichend, wenn im Winter die Fenster pro Tag 1 bis 2 mal geöffnet werden.

### Lüftung zur Abfuhr von Übertemperaturen:

Zusätzlich werden die Fenster im Sommer und in der Übergangszeit geöffnet, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Raumtemperatur > 23 °C und

Raumtemperatur > Außentemperatur

Zusätzlich wird von einem kontinuierlichen Grundluftwechsel aufgrund von Undichtigkeiten ausgegangen. Außerhalb der Betriebszeiten wird ein 0,1-facher Luftwechsel angenommen. Während der Betriebszeiten erhöht sich der Grundluftwechsel durch geöffnete Türen auf einen 0,2-fachen Luftwechsel.

## Mechanische Lüftung

Es gibt eine Späneabsaugung an den Maschinen. Die Späneabsaugung saugt die Späne ab, die Späne werden abgeschieden und anschließend wird die Luft wieder in die Schreinerei eingeleitet. Die Späneabsaugung fördert im Auslegungsfall eine Luftmenge von 60 000 m<sup>3</sup>/h. In der Späneabsaugung wird die Umluft im Winter abgekühlt, da die Umluft durch kühlere Bereiche des Gebäudes geführt wird. Im Sommer erwärmt sich die Luft durch die Abwärme der Ventilatoren. Es liegen aber keine genaueren Planungsangaben vor, daher wird die Späneabsaugung in der Simulation vernachlässigt bzw. die Ventilatorabwärme in die internen Wärmegewinne eingerechnet.

## Wetterdaten

Die Berechnung erfolgte mit den Testreferenzjahren aus dem Jahr 2010 des Deutschen Wetterdienstes. Landsberg liegt in der Testreferenz-Region 13 (Schwäbisch-fränkisches Stufenland und Alpenvorland) mit der Repräsentanzstation Mühldorf am Inn. Die Wetterdaten von Mühldorf wurden korrigiert und an die Bevölkerungsdichte und Höhenlage von Landsberg angepasst.

Die Berechnung erfolgte mit dem durchschnittlichen Wetterdatensatz. Basis sind die Wetterdaten im Zeitraum von 1988 bis 2007. Damit entsprechen die Ergebnisse der Simulationen einem durchschnittlichen Jahr. Es ergeben sich folgende Wetterdaten im Betrachtungszeitraum (1.1. bis 31.12.):

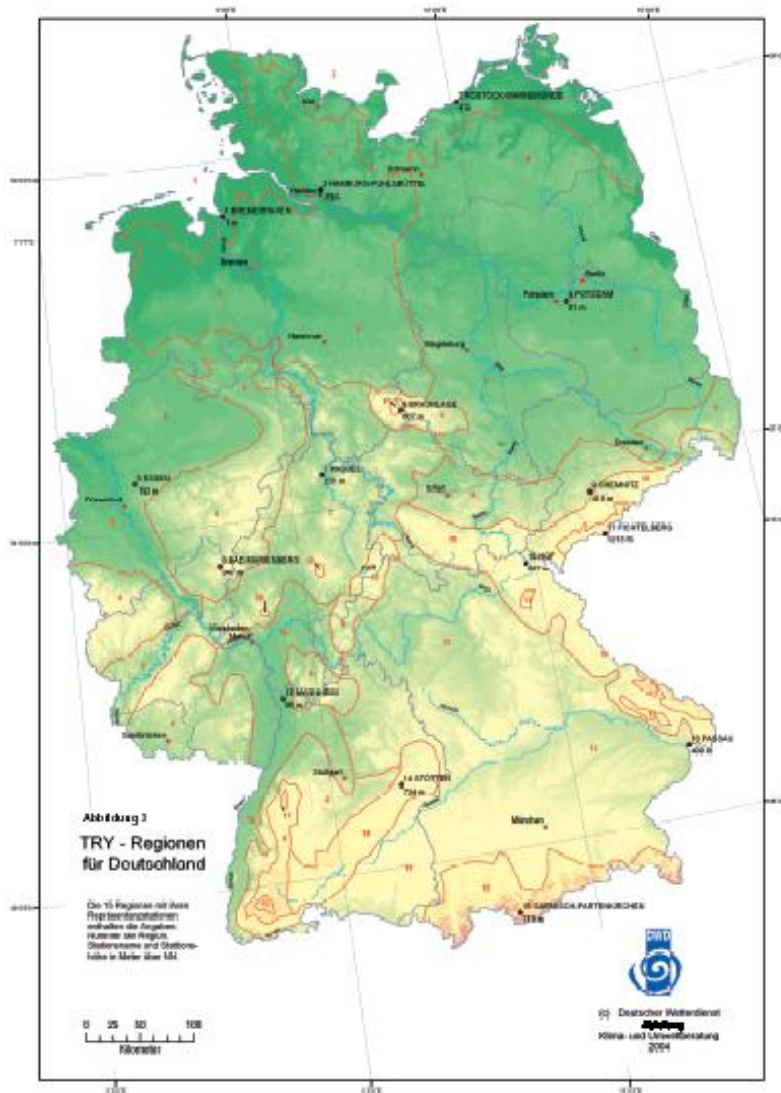
Außentemperatur:

|            |           |
|------------|-----------|
| Maximal    | 32,7 °C   |
| Minimal    | - 20,2 °C |
| Mittelwert | 8,2 °C    |

Globalstrahlung:

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| Maximal | 874 W/m <sup>2</sup>       |
| Summe   | 1.073 kWh/m <sup>2</sup> a |

Extreme Wettersituationen, z.B. besonders warmer Sommer, sind damit nicht berücksichtigt. Außerdem wurde eine mögliche Klimaveränderung in den nächsten Jahren ebenfalls nicht betrachtet.



### 3.0 Ergebnisse Ausgangsfall

Auf den folgenden Seiten sind die Ergebnisse für den Ausgangsfall dargestellt. Auf Seite 10 – 12 sieht man den Verlauf der operativen Raumtemperatur für eine Woche im Winter, in der Übergangszeit und im Sommer. Gleichzeitig sind auch die Außentemperatur und die Globalstrahlung (horizontale Einstrahlung auf eine unverschattete Fläche) dargestellt. Des Weiteren sieht man die Anwesenheitszeiten und die Luftwechselrate, die sich durch die geöffneten Klappen einstellt.

Im Winter bleiben die Lüftungsklappen meist geschlossen. Zur Mittagszeit öffnen sich die Klappen kurzzeitig zur Frischluftversorgung, da die CO<sub>2</sub>-Konzentration über den vorgegebenen Sollwert von 800 ppm ansteigt.

In der Übergangszeit steigen die Raumtemperaturen an, obwohl die Außentemperaturen vergleichsweise gering sind. Daher öffnen sich die Lüftungsklappen, um die Übertemperaturen abzulüften. Die Simulation zeigt, dass die gewünschte Temperatur von 23 °C weitgehend gehalten werden kann.

Im Sommer steigen die operativen Raumtemperaturen deutlich an und liegen nahezu immer über der Außentemperatur. Daher sind die Lüftungsklappen während der Betriebszeit kontinuierlich geöffnet.

Auf Seite 13 folgt eine Darstellung der operativen Raumtemperatur in Abhängigkeit von der Außentemperatur. Hier wurden nur die Temperaturen während der Betriebszeit ausgewertet. Bei einer Außentemperatur von 10 °C kann die Raumtemperatur zwischen 20 und 24 °C gehalten werden. Bei einer Außentemperatur von 20 °C liegt die Raumtemperatur zwischen 23 und 27 °C. Bei einer Außentemperatur von 30 °C bewegt sich die operative Raumtemperatur im Bereich zwischen 30 und 31 °C.

Auf Seite 14 wird der thermische Komfort gemäß DIN EN 15251 bewertet. Hier wird die operative Raumtemperatur über der mittleren Außentemperatur der letzten Tage dargestellt. Gemäß DIN EN 15251 wird in drei verschiedene Kategorien unterschieden. Bei allen Kategorien steigt gemäß DIN EN 15251 die zulässige Raumtemperatur mit der Außentemperatur an, da man davon ausgeht, dass die Nutzer durch die Wahl der Kleidung auf die ansteigenden Außentemperaturen reagieren. Mit zunehmender Kategorie steigt der Anteil der unzufriedenen Nutzer (PPD = predicted percent of dissatisfied people):

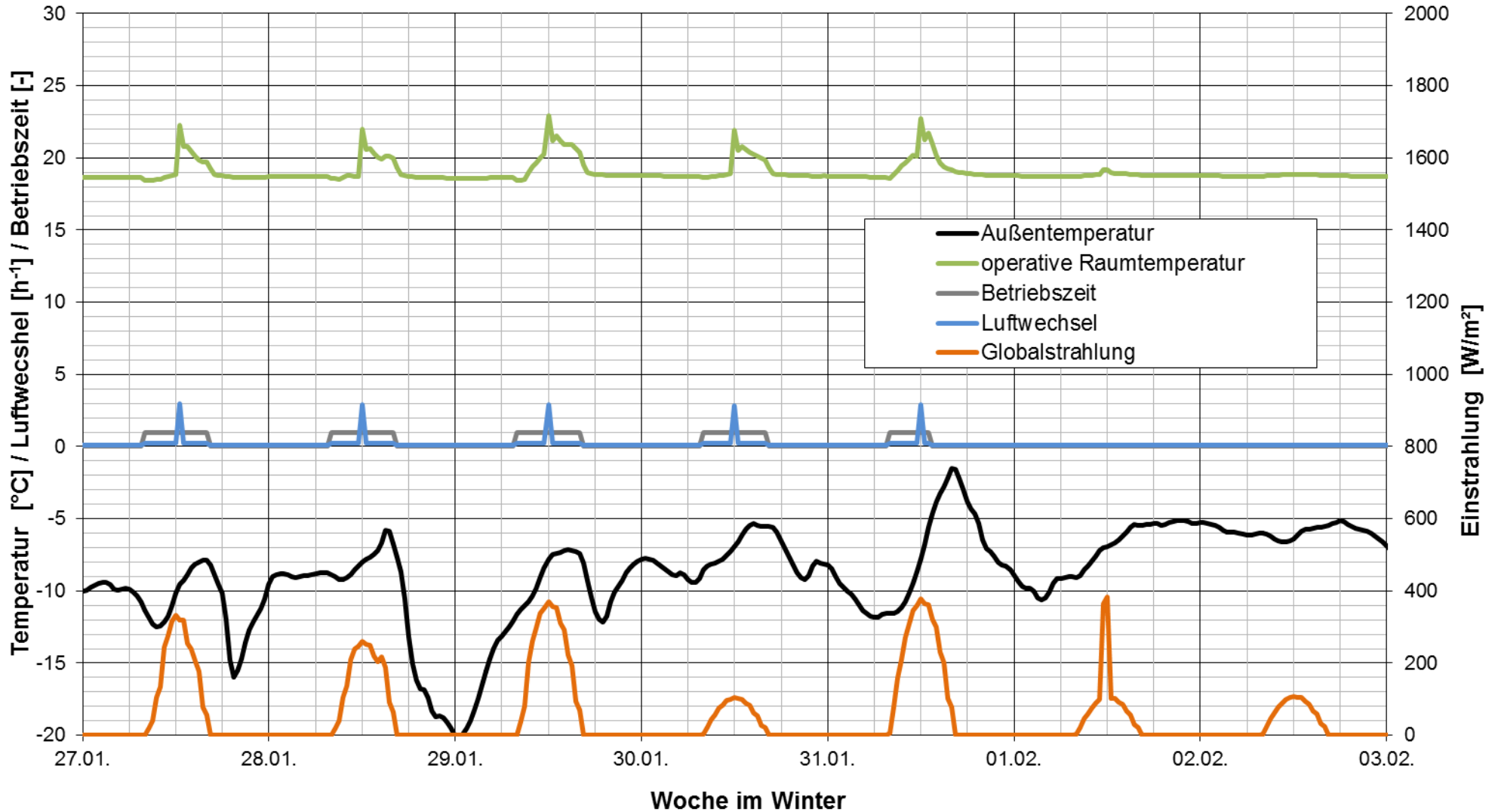
|               |            |
|---------------|------------|
| Kategorie I   | PPD < 6 %  |
| Kategorie II  | PPD < 10 % |
| Kategorie III | PPD < 15 % |

Die Bewertung gemäß DIN EN 15251 gilt für sitzende Tätigkeiten. Da die körperliche Aktivität in einer Schreinerei etwas höher ist, ist diese Bewertung nur bedingt anwendbar.



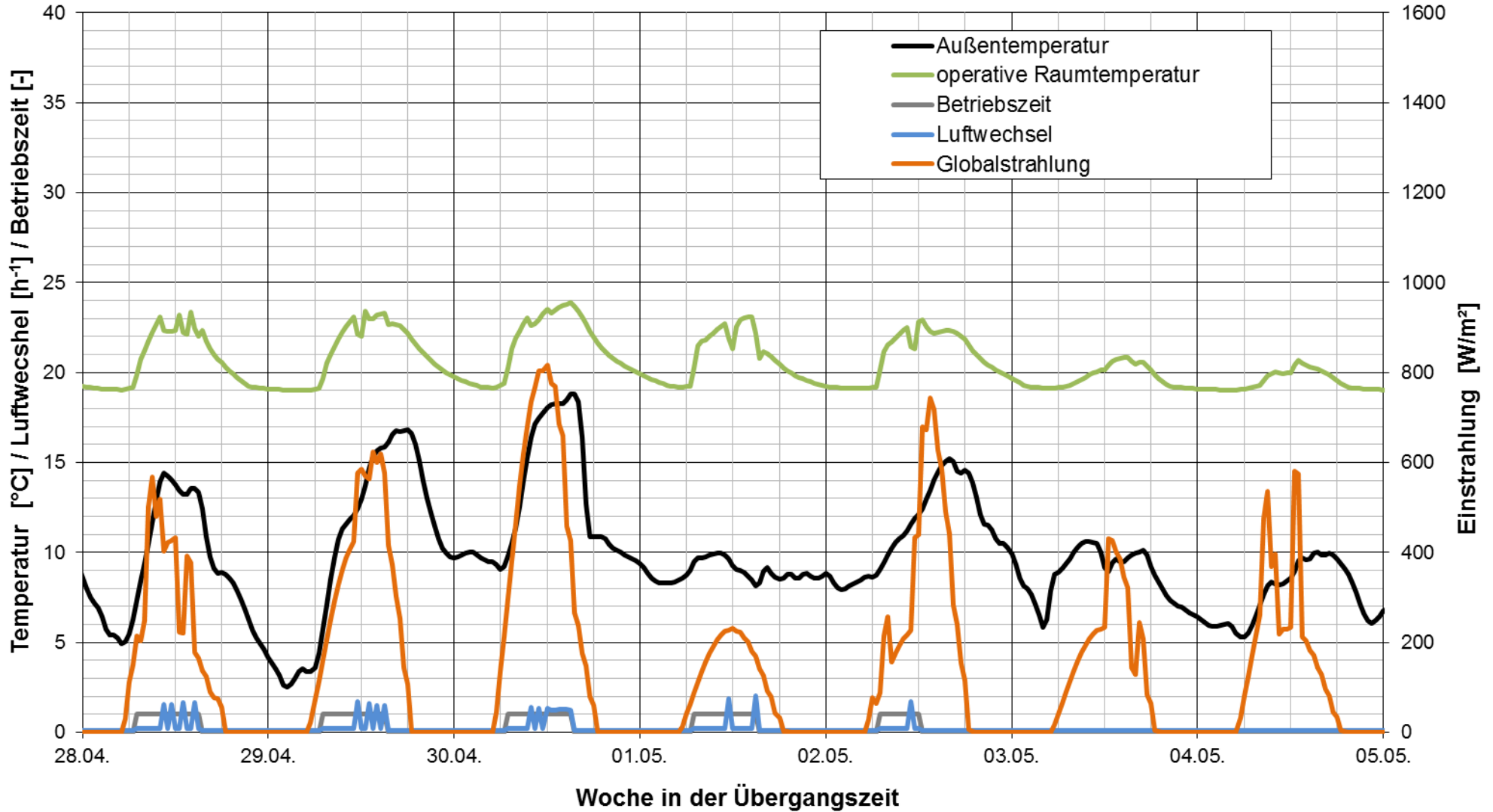
# Simulation Schreinerei

Verlauf der operativen Raumtemperatur



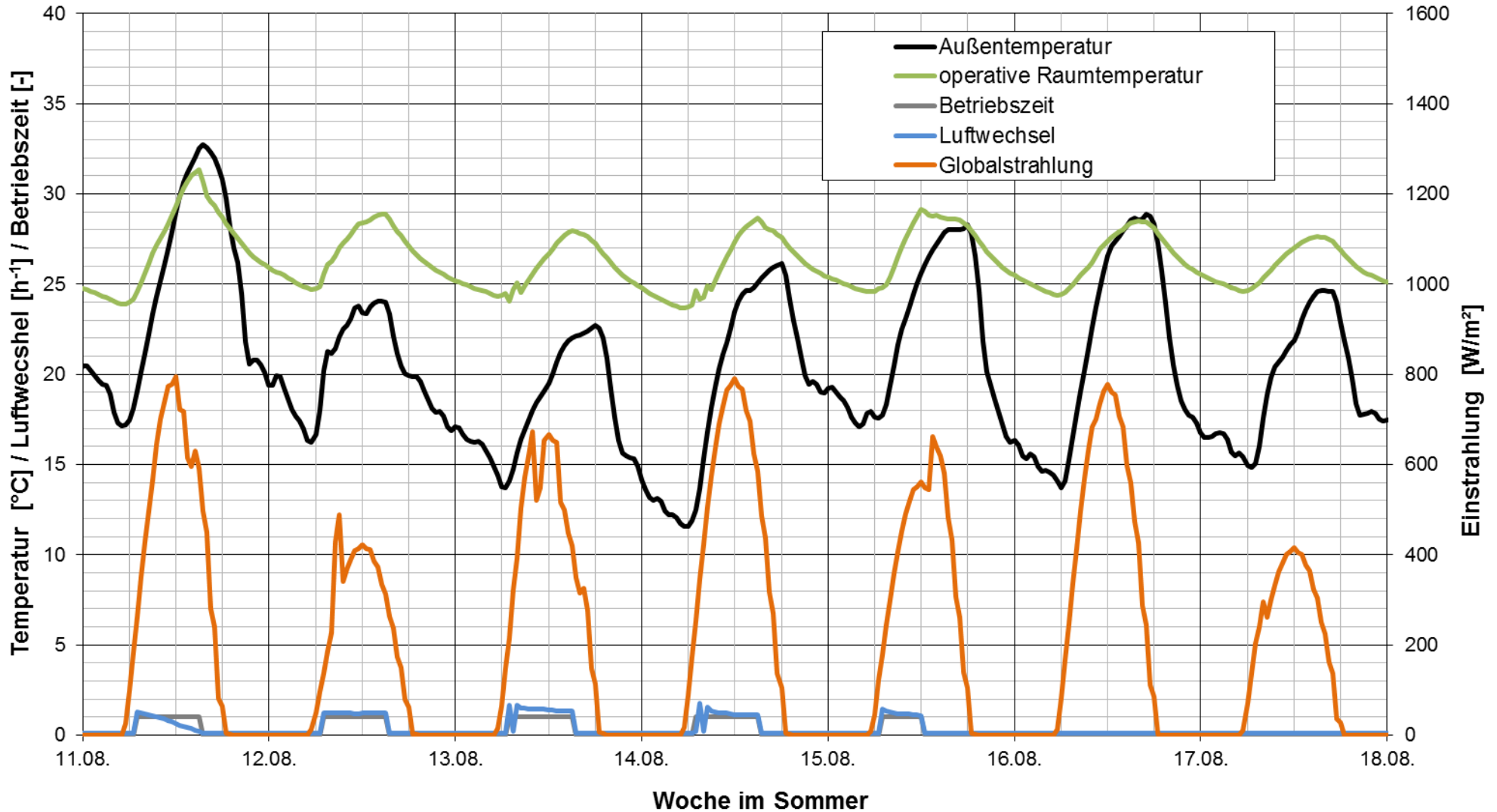
# Simulation Schreinerei

Verlauf der operativen Raumtemperatur



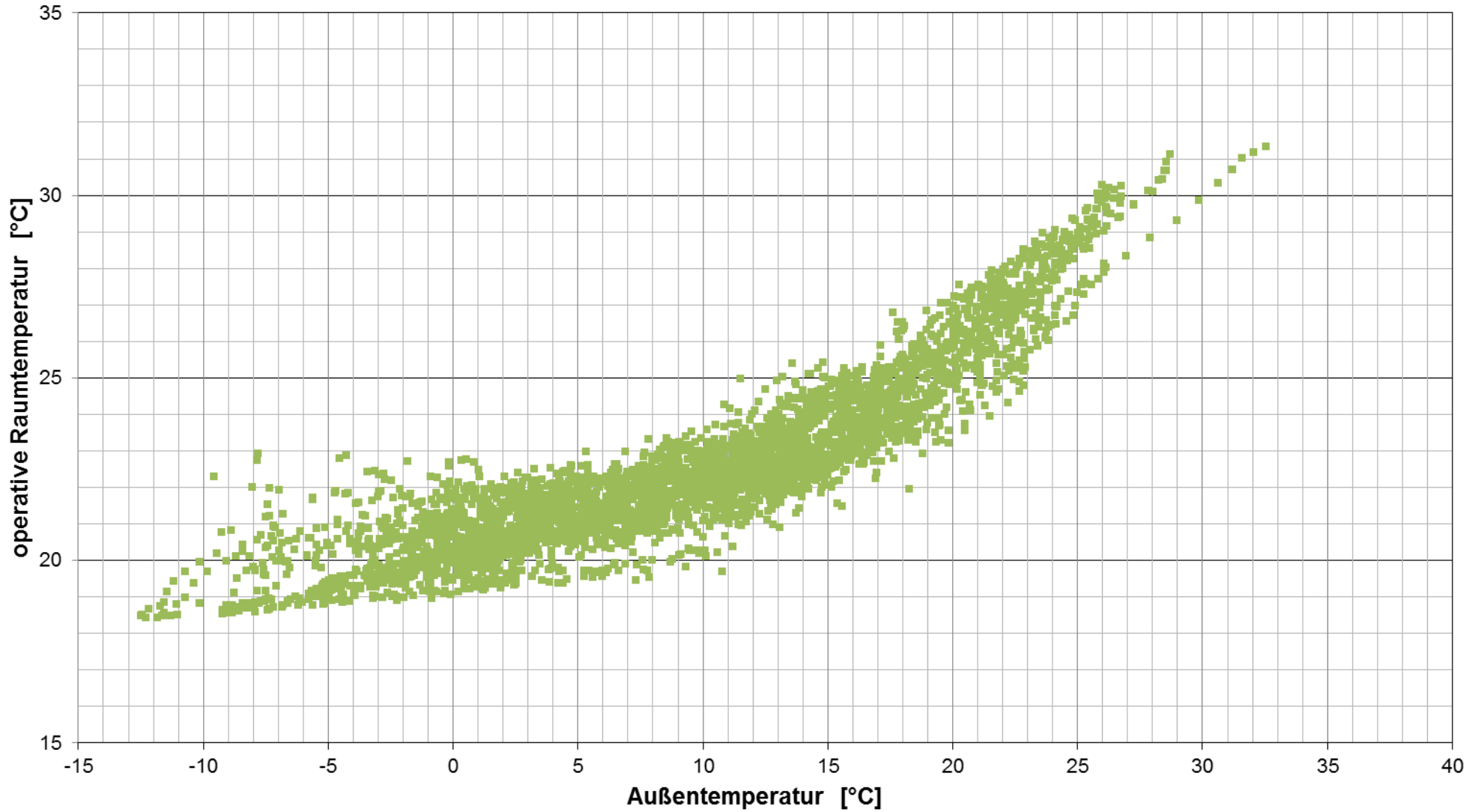
# Simulation Schreinerei

Verlauf der operativen Raumtemperatur



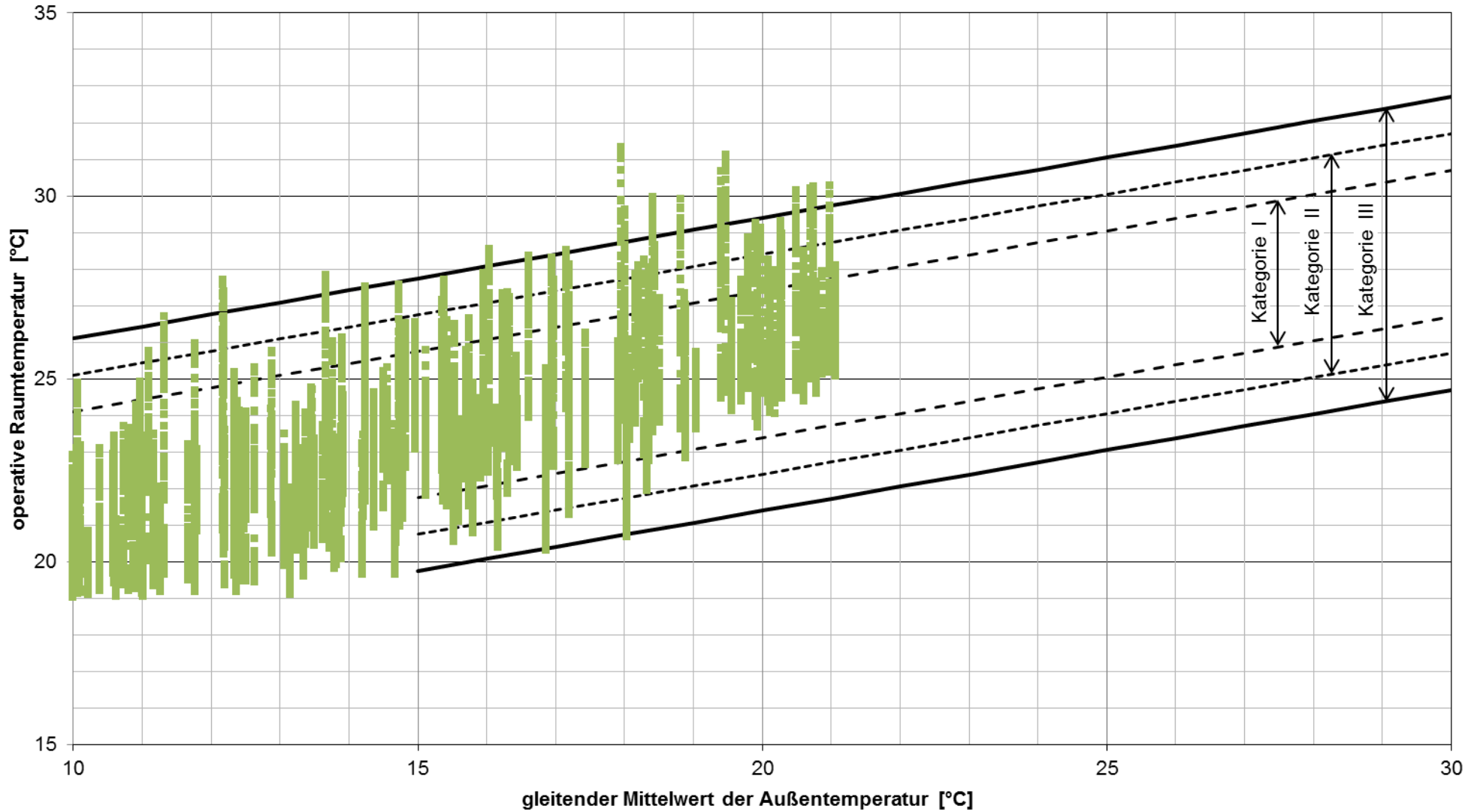
# Simulation Schreinerei

operative Raumtemperatur in Bezug zur Außentemperatur



# Simulation Schreinerei

Behaglichkeitskategorien gemäß DIN EN 15251 für ungekühlte Gebäude





## 4.0 Variantenuntersuchungen

Mit Hilfe von Variantenuntersuchungen wird das gewählte Konzept überprüft. In den folgenden Graphiken sind die Zahl der Überhitzungsstunden für den Ausgangsfall und mögliche Varianten dargestellt.

### Lüftungsstrategie

Auf Seite 16 ist der Einfluss der gewählten Lüftungsstrategie auf den sommerlichen Komfort erkennbar. Im Ausgangsfall werden tagsüber die Klappen geöffnet, um die Übertemperaturen abzulüften. Bei der Variante „ohne Taglüftung“ bleiben die Fenster tagsüber geschlossen. Sie werden nur geöffnet, wenn in der Schreinerei die CO<sub>2</sub>-Konzentration zu stark ansteigt. Es zeigt sich dass durch den Verzicht auf die Taglüftung die Raumtemperatur stark ansteigt. Daher sollte auf die automatisierte Taglüftung zur Abfuhr von Übertemperaturen nicht verzichtet werden. In der Variante „Tag- und Nachtlüftung“ werden die Klappen auch nachts geöffnet. Dadurch werden die Speichermassen nachts ausgekühlt. Aufgrund der vorwiegenden Bauweise aus Holz sind die Speichermassen in der Schreinerei eher gering. Daher ist der Vorteil der Nachtlüftung begrenzt. Dennoch wird die Umsetzung der Nachtlüftung empfohlen, da der Aufwand für die Realisierung einer Nachtlüftung gering ist, da hierfür keine zusätzlichen Klappen erforderlich sind, sondern nur die Regelstrategie geändert werden muss. Der Einbruchs- und Witterungsschutz ist jedoch zu prüfen.

Bei der Variante „Taglüftung mit erhöhter Luftmenge“ wurde geprüft, welche Vorteile eine Erhöhung des freien Lüftungsquerschnitts um den Faktor 3 bewirkt. Es zeigt sich, dass die operative Raumlufttemperatur dadurch noch etwas abgesenkt werden kann. Daher wäre eine Erhöhung des freien Lüftungsquerschnitts wünschenswert. Falls dies aus Kostengründen nicht realisierbar ist, könnten im Sommer zusätzlich die Türen geöffnet werden, um damit den freien Lüftungsquerschnitt zu erhöhen.

### Sonnenschutz

Auf Seite 17 ist der Einfluss der gewählten Sonnenschutzverglasung dargestellt. Im Ausgangsfall wird eine neutrale Sonnenschutzverglasung mit einem g-Wert von 0,37 und einer Lichttransmission von 68 % angesetzt. In der Variante „g-Wert 0,6“ wurde statt der Sonnenschutzverglasung eine Wärmeschutzverglasung mit einem g-Wert von 0,6 angenommen. Es zeigt sich, dass die Übertemperaturen stark zunehmen und daher auf den Einsatz einer Sonnenschutzverglasung nicht verzichtet werden kann. In der Variante „g-Wert 0,28“ wurde eine noch stärkere Sonnenschutzverglasung angesetzt. Dadurch kann die Zahl der Überhitzungsstunden noch weiter reduziert werden. Daher wird der Einsatz einer neutralen Sonnenschutzverglasung mit einem g-Wert von 0,28 empfohlen. Hierbei ist darauf zu achten, dass ein Glas mit einer hohen Lichttransmission ausgewählt wird.

Aktuell verfügbare Gläser erreichen durch hochselektive Beschichtungen kann bei einem g-Wert von 0,28 eine Lichttransmission von 60 %.

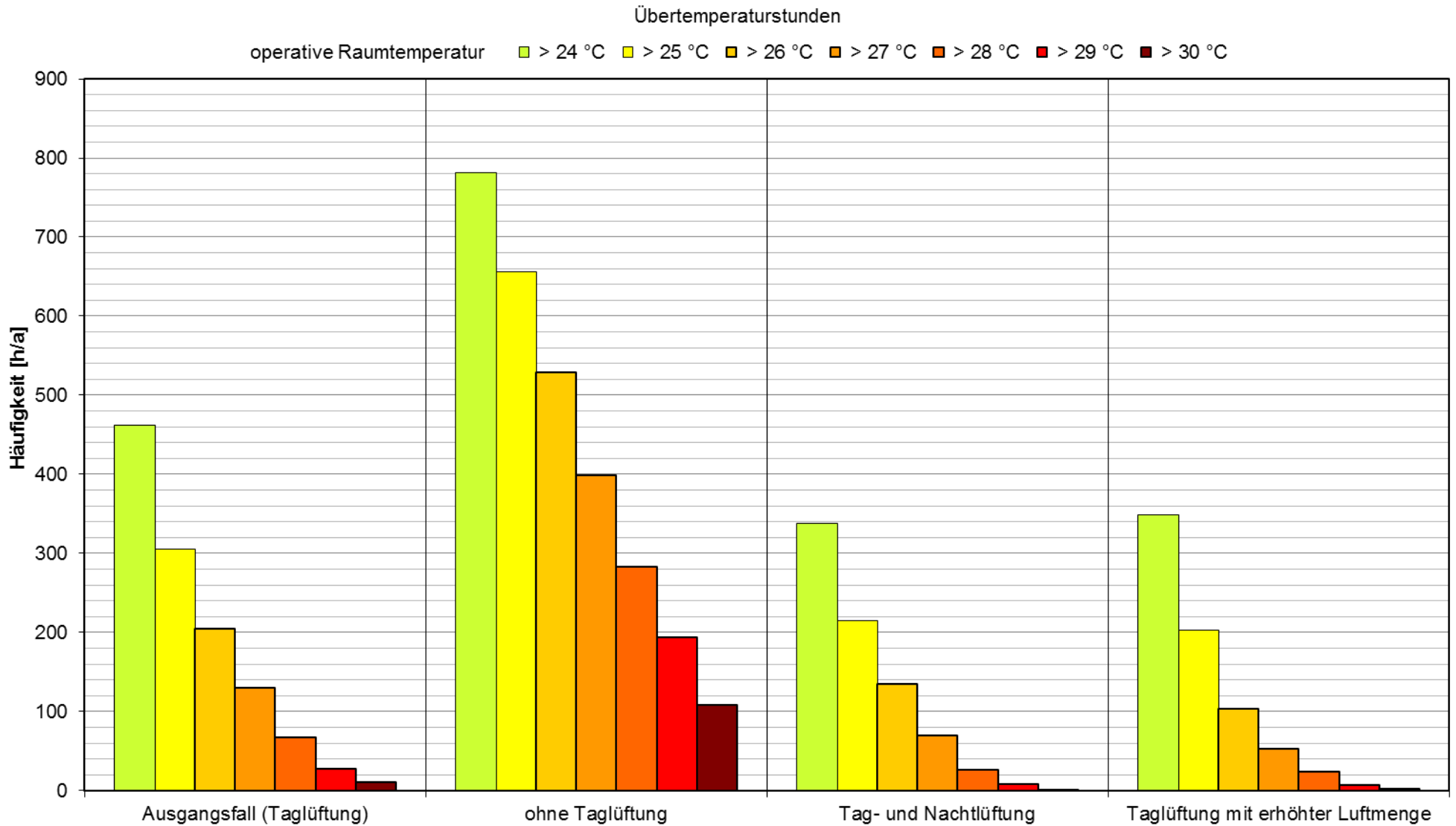
### Bodenplatte

Auf Seite 18 ist der Einfluss der Bodenplatte auf den sommerlichen Komfort dargestellt. Im Ausgangsfall wurde von einem Parkettbelag und einer Randstreifendämmung unter der Bodenplatte ausgegangen. Durch den Verzicht auf den Parkettbelag (vgl. Variante „Verzicht auf Parkett“) kann der sommerliche Komfort etwas verbessert werden, da sich die freiliegende Speichermasse erhöht. Die Variante „vollständige Dämmung der Bodenplatte“ zeigt, dass sich dadurch der sommerliche Komfort verschlechtert, da das Erdreich im Sommer nicht mehr zur Temperierung des Gebäudes beiträgt.

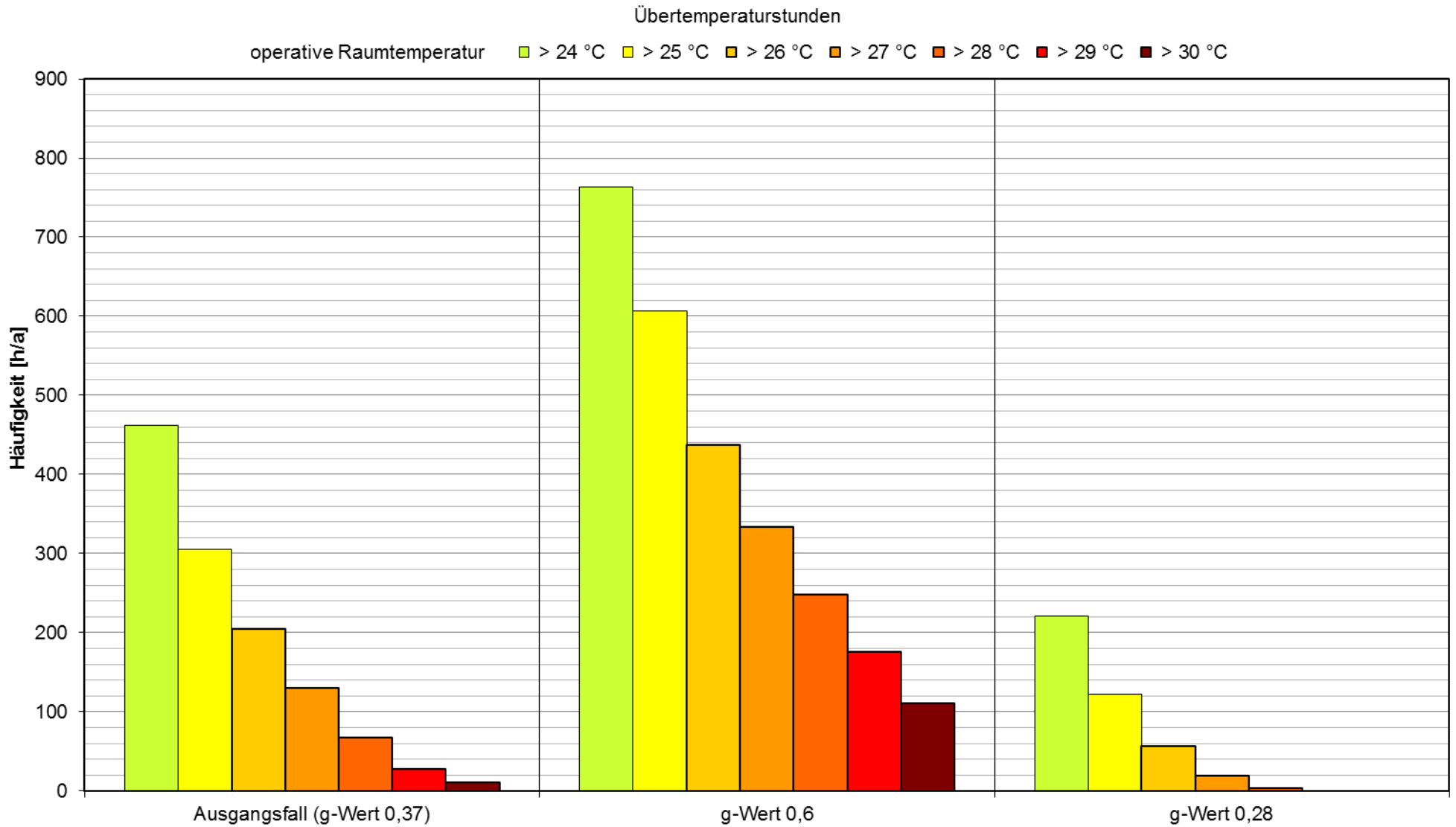
### Nutzung

Auf Seite 19 sieht man den Einfluss der angenommenen Nutzung auf den sommerlichen Komfort. Im Ausgangsfall wurde von einem Ein-Schichtbetrieb und internen Wärmegewinnen in Höhe von 15 W/m<sup>2</sup> ausgegangen. Die Variante „Ein-Schichtbetrieb, 30 W/m<sup>2</sup>“ zeigt die Auswirkung, wenn sich die internen Wärmegewinne auf 30 W/m<sup>2</sup> erhöhen. Die Varianten „Zwei-Schichtbetrieb, 15 W/m<sup>2</sup>“ und „Zwei-Schichtbetrieb, 30 W/m<sup>2</sup>“ zeigen die Auswirkungen, wenn für das gesamte Jahr Montag bis Freitag in zwei Schichten und am Samstag in einer Schicht gearbeitet werden würde.

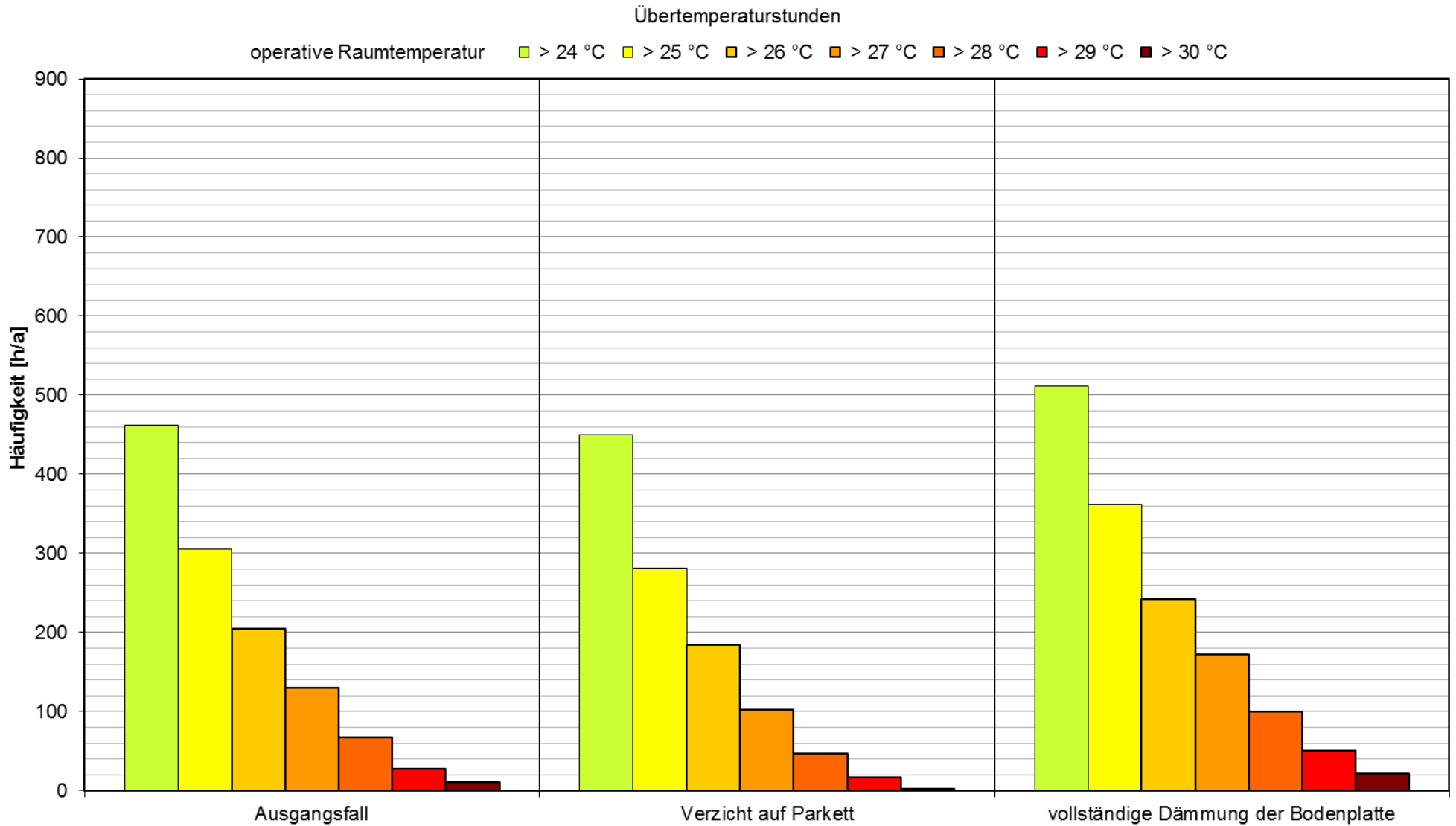
## Variantenuntersuchung Lüftungsstrategie



## Variantenuntersuchung Sonnenschutz



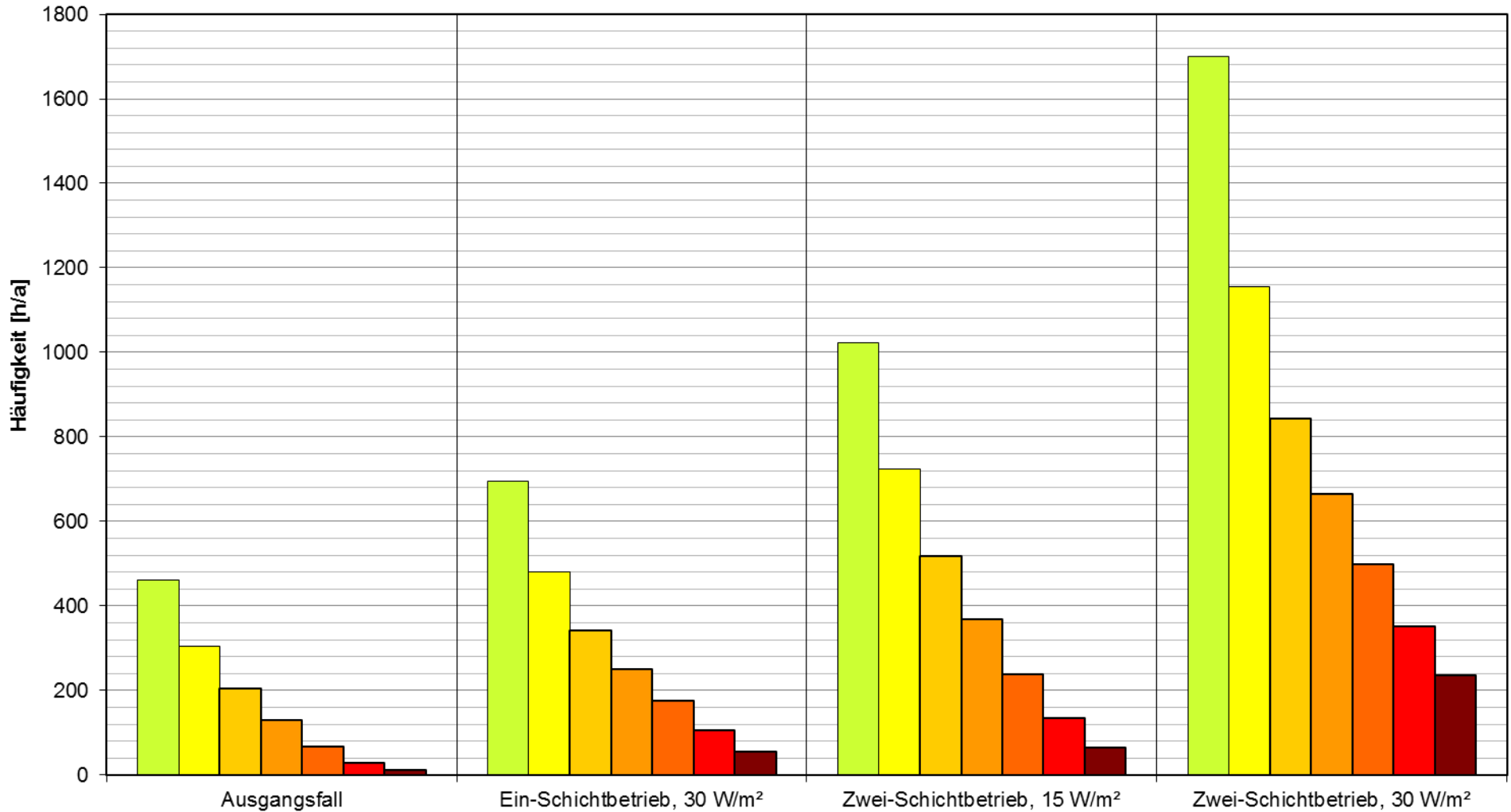
## Variantenuntersuchung Bodenplatte



## Variantenuntersuchung Nutzung

Übertemperaturstunden

operative Raumtemperatur    ■ > 24 °C    ■ > 25 °C    ■ > 26 °C    ■ > 27 °C    ■ > 28 °C    ■ > 29 °C    ■ > 30 °C





## **5.0 sommerlicher Wärmeschutz gemäß DIN 4108-2**

Gemäß EnEV 2009 muss der sommerliche Wärmeschutz gemäß DIN 4108 – 2 geprüft werden. Unsere ersten Berechnungen haben ergeben, dass die Anforderungen der DIN 4108 – 2 mit dem Ausgangsfall der thermischen Simulation nicht eingehalten werden. Der sommerliche Wärmeschutz gemäß DIN 4108 – 2 wäre beispielsweise eingehalten, wenn zusätzlich der g-Wert auf 0,28 reduziert wird und eine Nachtlüftung vorgesehen wird.

## **6.0 Schallschutz und natürliche Lüftung**

Zusätzlich ist zu prüfen, ob zusätzliche Schallschutzmaßnahmen in Kombination mit der natürlichen Lüftung erforderlich sind.

## **ISAR-WÜRM-LECH IWL Neubau eines Büro- und Produktionsgebäudes**

Bauherr:  
ISAR-WÜRM-LECH IWL  
Werkstätten für behinderte Menschen  
GmbH  
Landsberg am Lech / Hauptverwaltung  
Rudolf-Diesel-Str. 1  
86899 Landsberg am Lech

Architekt:  
Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH  
Sportplatzweg 5  
A-6858 Schwarzach

Aussteller:  
Ingenieurbüro Hausladen GmbH  
Feldkirchener Straße 7a  
85551 Kirchheim

Tischvorlage 5:  
**Thermische Simulation Büro**

Aufgestellt  
Kirchheim, 19.09.2012

Ingenieurbüro Hausladen GmbH



| <b>Inhalt</b>   | <b>Seite</b> |
|-----------------|--------------|
| Einleitung      | 3            |
| Randbedingungen | 4            |
| Ergebnisse      | 7            |
| Fazit           | 19           |

## Einleitung

Die IWL GmbH plant Ihren Hauptstandort in Landsberg am Lech auszubauen. Die Entwicklung der Standorterweiterung erstreckt sich über mehrere Bauabschnitte. Der im Rahmen des ersten Bauabschnittes geplante Neubau soll zunächst die verschiedenen Arbeitsbereiche der Holzverarbeitung mit Produktions- und Lagerflächen zusammenfassen.

Im Obergeschoss sollen Büroräume folgen. Für ein Eckbüro werden thermische Simulationen durchgeführt, mit denen unterschiedliche Varianten der Gebäudehülle und Gebäudetechnik verglichen werden können.

Es werden die operativen Raumtemperaturen für verschiedene Varianten berechnet. Des Weiteren wird der erzielte thermische Komfort im Sommer gemäß DIN EN 15251 bewertet.

Damit ist es möglich ein optimiertes Konzept für die Büros zu entwickeln.



## Randbedingungen

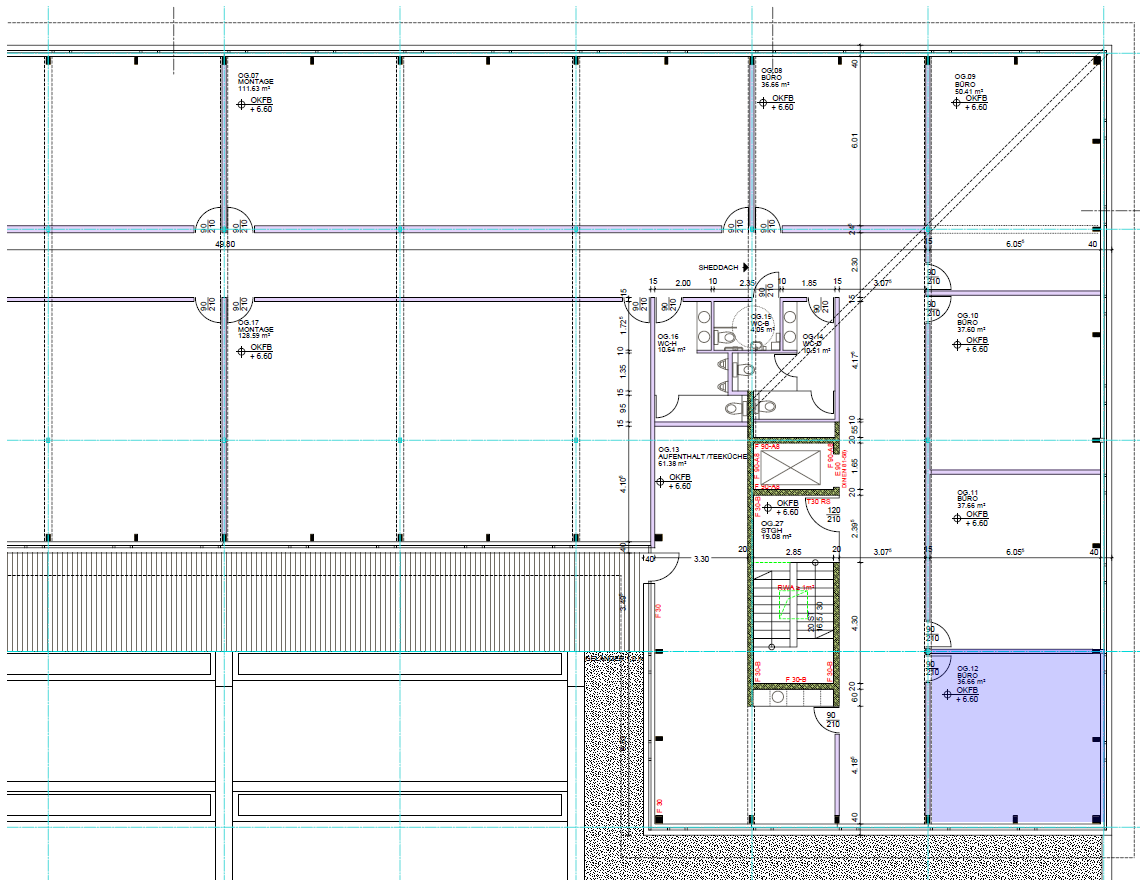
## Raumgeometrie

Grundfläche 36,66 m<sup>2</sup>  
Volumen 112,55 m<sup>3</sup>

## Bauteilaufbauten

Die Bauteilaufbauten wurden gemäß den Angaben in den Schnitten vom 15.08.2012 angesetzt:

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| <b>Außenwand:</b>  | <b>U = 0,18 W/m<sup>2</sup>K</b> |
| 25 mm OSB-Platte   | $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$    |
| 240 mm Zellulusedämmung<br>bzw. Holzständer                          | $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$    |
| 15 mm DWD-Platte   | $\lambda = 0,14 \text{ W/mK}$    |
| <b>Innenwand:</b>  | <b>U = 0,34 W/m<sup>2</sup>K</b> |
| 18 mm OSB-Platte   | $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$    |
| 100 mm Mineralwolle  | $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$    |
| 18 mm OSB-Platte   | $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$    |
| <b>Dach:</b>   | <b>U = 0,19 W/m<sup>2</sup>K</b> |
| 188 mm Mineralwolle  | $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$    |
| (äquivalenter Wert für Gefälledämmung mit<br>mind. 120 mm, Ø 200 mm) |                                  |
| 25 mm OSB-Platte   | $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$    |
| 35 mm HWL-Platte   | $\lambda = 0,09 \text{ W/mK}$    |
| <b>Boden:</b>  | <b>U = 0,34 W/m<sup>2</sup>K</b> |
| 20 mm Parkettboden   | $\lambda = 0,18 \text{ W/mK}$    |
| 90 mm Zement-Estrich   | $\lambda = 1,40 \text{ W/mK}$    |
| 400 mm Stahlbeton  | $\lambda = 2,50 \text{ W/mK}$    |



Grundriss Obergeschoss, östlicher Teil





## Fenster und Sonnenschutz

Die Fassaden sind nach Süden und Osten orientiert.

Die Fenster bestehen aus einer Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung mit einem Ug-Wert von 1,1 W/m<sup>2</sup>K und g=0,5. Das gesamte Fenster erreicht mit einem Rahmenanteil von 20% einen Uw-Wert von 1,3 W/m<sup>2</sup>K.

Zur Minimierung der sommerlichen Überhitzung wird davon ausgegangen, dass ein außenliegender variabler Sonnenschutz zum Einsatz kommt. Dieser erreicht einen Fc-Wert von 25% und wird geschlossen, wenn die solare Gesamtstrahlung auf die betroffene Fassade 180 W/m<sup>2</sup> übersteigt.

## Raumheizung/-kühlung

Die Raumheizung erfolgt über Heizkörper auf eine Lufttemperatur von 21°C im Winter, d.h. wenn das 48-Stunden-Mittel der Außenlufttemperatur weniger als 12°C beträgt. Die Heizkörper wurden als ideale Heizung ohne Regelverluste mit einem radiativen Anteil von 50% eingegeben.

Bei der Variante mit Fußbodenheizung/-kühlung wird diese mit einem Massestrom von 10 kg/m<sup>2</sup>h betrieben. Die Vorlauftemperatur beträgt im Winter 32°C, im Sommer 18°C. Geregelt wird auf operative Temperaturen von 20°C bzw. 24°C. Mit diesem System kann als Bodenbelag kein Parkett oder Teppich eingesetzt werden.

Das Umluftkühlgerät wird in der entsprechenden Variante als ideale Kühlung auf eine Raumlufttemperatur von 25°C angesetzt.

## Natürliche Lüftung

Die natürliche Lüftung der Büroräume erfolgt über Fenster in den Fassaden, die von den Nutzern bei folgenden Voraussetzungen geöffnet werden:

- Zur Frischluftversorgung wird davon ausgegangen, dass die Nutzer die Fenster so öffnen, sodass der hygienische Mindestluftwechsel sichergestellt ist. Daher wird dieser (30 m<sup>3</sup>/hPerson) während der Nutzungszeiten konstant angesetzt.
- Zusätzlich werden zwei Drehflügel im Sommer und in der Übergangszeit, d.h. wenn keine Heizungsfreigabe besteht, geöffnet (Öffnungsfläche 3,60 m<sup>2</sup>), wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:
  - Raumtemperatur > 24 °C und
  - Raumtemperatur > AußentemperaturFällt die Raumtemperatur unter 21°C oder steigt die Außentemperatur über die Raumtemperatur, werden die Fenster während der Anwesenheitszeiten wieder geschlossen. Außerhalb der Anwesenheitszeiten bleiben die beiden Fenster im Sommer und in der Übergangszeit über Nacht gekippt (Öffnungsfläche 1,12 m<sup>2</sup>), falls die Kriterien weiterhin erfüllt sind, wenn die Nutzer den Raum verlassen (Nachtlüftung).

Sind die Fenster geschlossen, wird von einem kontinuierlichen 0,14-fachen Grundluftwechsel aufgrund von Undichtigkeiten ausgegangen.

## Interne Wärmegevinne

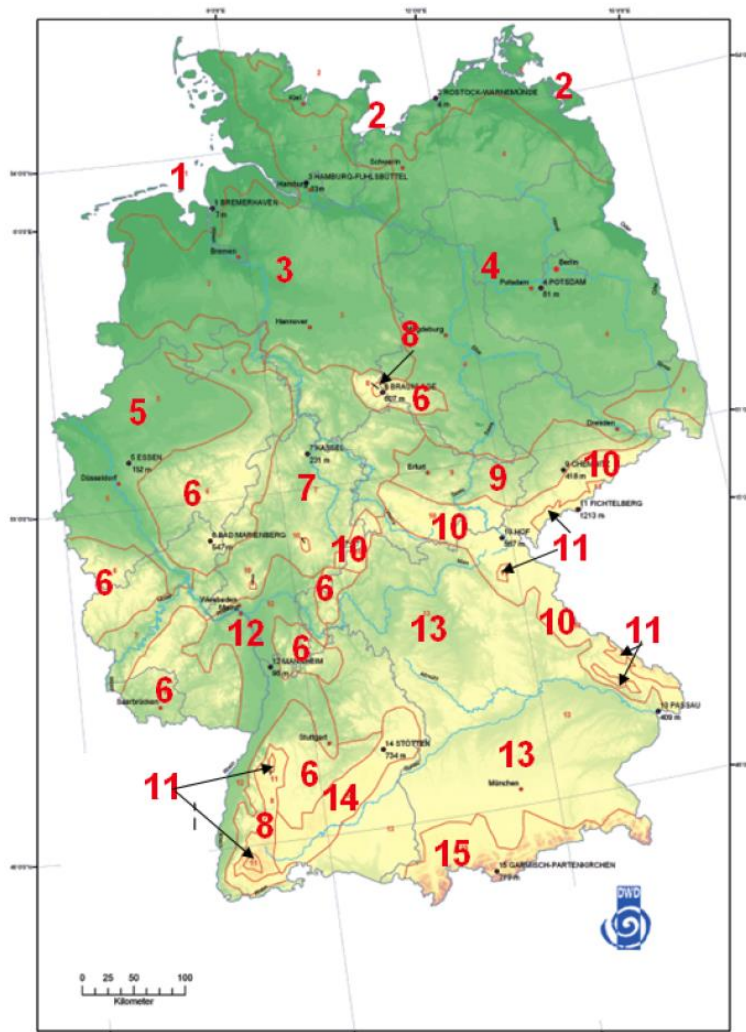
Für den Büroraum wird von den folgenden Belegungszeiten ausgegangen:

Mo – Fr: 8:00 - 17:00 Uhr

Während der Betriebszeiten sind 3 Personen anwesend. Die sensible Wärmeabgabe liegt bei 75 W pro Person.

Die installierte Beleuchtungsleistung beträgt 12 W/m<sup>2</sup>. Das Kunstlicht schaltet sich ab, wenn die diffuse Einstrahlung (außen) über 250 W/m<sup>2</sup> ansteigt. Die Beleuchtung schaltet sich während der Anwesenheitszeiten wieder ein, wenn die diffuse Einstrahlung unter 200 W/m<sup>2</sup> abfällt. Dies entspricht vereinfacht einer Tageslichtregelung auf 500 lux bei einem Tageslichtquotienten von 2%.

Hinzu kommen die internen Wärmegevinne durch Arbeitshilfen. Es wird während der Belegungszeiten ein PC mit 100 W Wärmeabgabe je Person angesetzt.



## Wetterdaten

Die Berechnung erfolgte mit den Testreferenzjahren aus dem Jahr 2010. Landsberg liegt in der Testreferenz-Region 13 (Schwäbisch-fränkisches Stufenland und Alpenvorland) mit der Repräsentanzstation Mühldorf am Inn. Die Wetterdaten von Mühldorf wurden korrigiert und an die Bevölkerungsdichte und Höhenlage von Landsberg angepasst.

Die Berechnung erfolgte mit dem durchschnittlichen Wetterdatensatz. Basis sind die Wetterdaten im Zeitraum von 1988 bis 2007. Damit entsprechen die Ergebnisse der Simulationen einem durchschnittlichen Jahr. Es ergeben sich folgende Wetterdaten im Betrachtungszeitraum (1.1. bis 31.12.):

Außentemperatur:

|            |          |
|------------|----------|
| Maximal    | 32,7 °C  |
| Minimal    | -20,2 °C |
| Mittelwert | 8,2 °C   |

Globalstrahlung:

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| Maximal | 874 W/m <sup>2</sup>       |
| Summe   | 1.073 kWh/m <sup>2</sup> a |

Extreme Wettersituationen, z.B. besonders warmer Sommer, sind damit nicht berücksichtigt. Außerdem wurde eine mögliche Klimaveränderung in den nächsten Jahren ebenfalls nicht betrachtet.

## Ergebnisse

### Varianten

Die folgenden Varianten wurden untersucht und werden auf den folgenden Seiten dargestellt:

Basis: WSV, ALS, KK (Ausgangsbasis wie auf den vorherigen Seiten beschrieben)

- Wärmeschutzverglasung  $g=0,5$
- außenliegender Sonnenschutz
- Heizkörper, keine mechanische Kühlung

V1: SSV, ALS, KK

- Sonnenschutzverglasung  $g=0,36$
- außenliegender Sonnenschutz
- Heizkörper, keine mechanische Kühlung

V2: SSV, ILS, KK

- Sonnenschutzverglasung  $g=0,36$
- innenliegender Sonnenschutz
- Heizkörper, keine mechanische Kühlung

V3: WSV, ALS, FBHK

- Wärmeschutzverglasung  $g=0,50$
- außenliegender Sonnenschutz
- Fußbodenheizung und -kühlung

V4: WSV, ALS, UMLK

- Wärmeschutzverglasung  $g=0,50$
- außenliegender Sonnenschutz
- Heizkörper, Kühlung über Umluftkühler

### Auswertungen

Auf den Seiten 8-11 ist der Verlauf der Raumtemperatur für eine Woche im Sommer sowie im Winter dargestellt. Gleichzeitig sind auch die Außentemperatur und die Globalstrahlung (horizontale Einstrahlung auf eine unverschattete Fläche) dargestellt.

Ab Seite 12 wird für die Anwesenheitszeiten der thermische Komfort gemäß DIN EN 15251 bewertet. Hier wird für die Varianten ohne mechanische Kühlung die Raumtemperatur über der mittleren Außentemperatur der letzten Tage dargestellt. Gemäß DIN EN 15251 wird in drei verschiedene Kategorien unterschieden. Bei allen Kategorien steigt gemäß DIN EN 15251 die zulässige Raumtemperatur mit der Außentemperatur an, da man davon ausgeht, dass die Nutzer durch die Wahl der Kleidung auf die ansteigenden Außentemperaturen reagieren. Mit zunehmender Kategorie steigt der Anteil der unzufriedenen Nutzer (PPD = predicted percent of dissatisfied people):

|               |            |
|---------------|------------|
| Kategorie I   | PPD < 6 %  |
| Kategorie II  | PPD < 10 % |
| Kategorie III | PPD < 15 % |

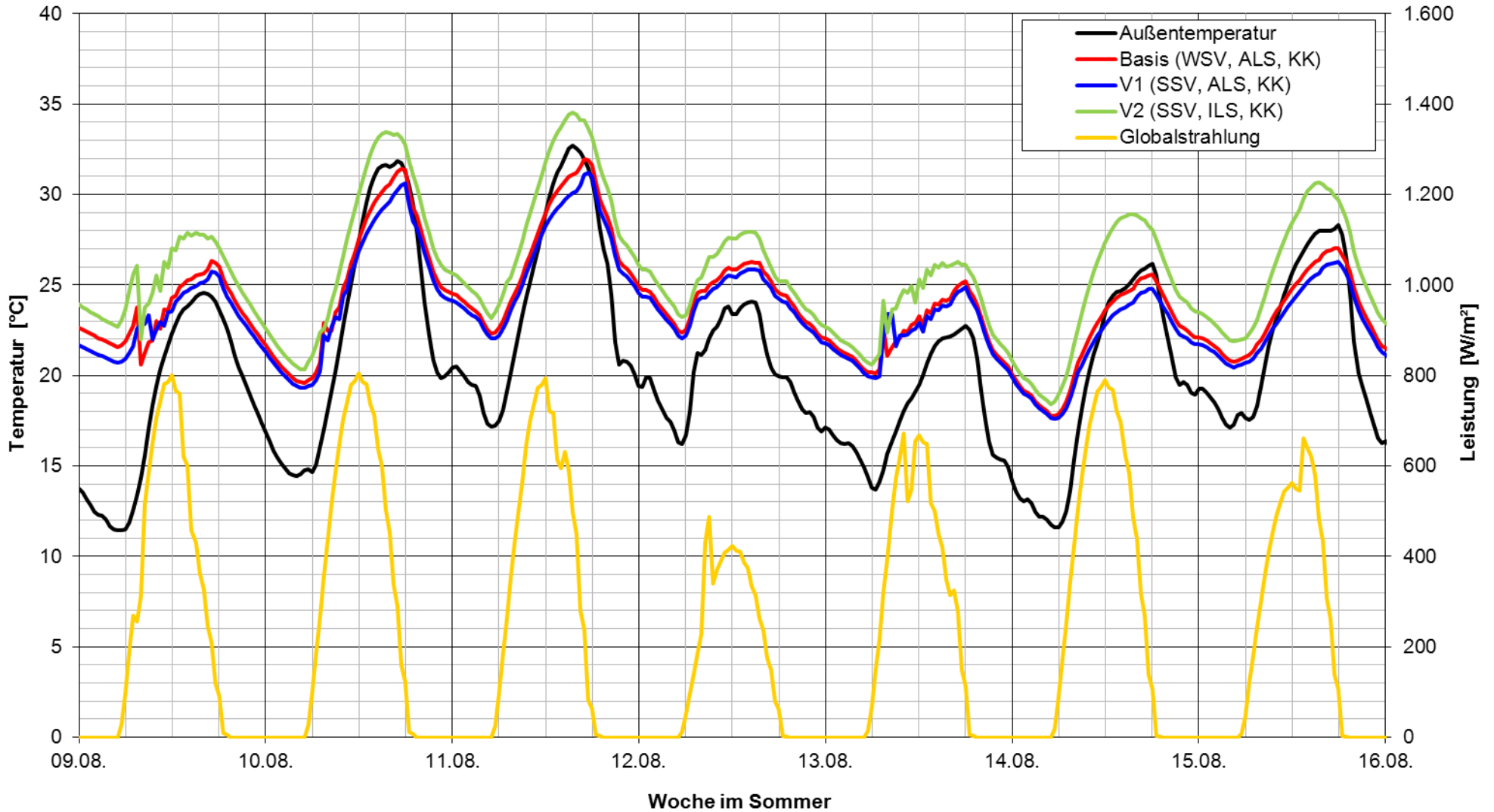
Bei Gebäuden mit mechanischer Kühlung geht die DIN EN 15251 davon aus, dass die Nutzer unabhängig von der Außentemperatur eine bestimmte Raumtemperatur erwarten. Daher sind für diese beiden Varianten die Komfortkategorien unabhängig von der Außentemperatur.

Auf Seite 18 ist die Häufigkeit der Überschreitung von bestimmten Raumtemperaturen vergleichend dargestellt.

Der Energiebedarf zur Raumheizung und -kühlung ist auf S. 19 dargestellt. Dieser beinhaltet bei den idealen Systemen (Radiatoren, Umluftkühlgeräte) den Nutzenergiebedarf. Bei der Fußbodenheizung/-kühlung sind aufgrund der detaillierten Eingabe im Bauteil auch Übergabe- und Regelungsverluste enthalten.

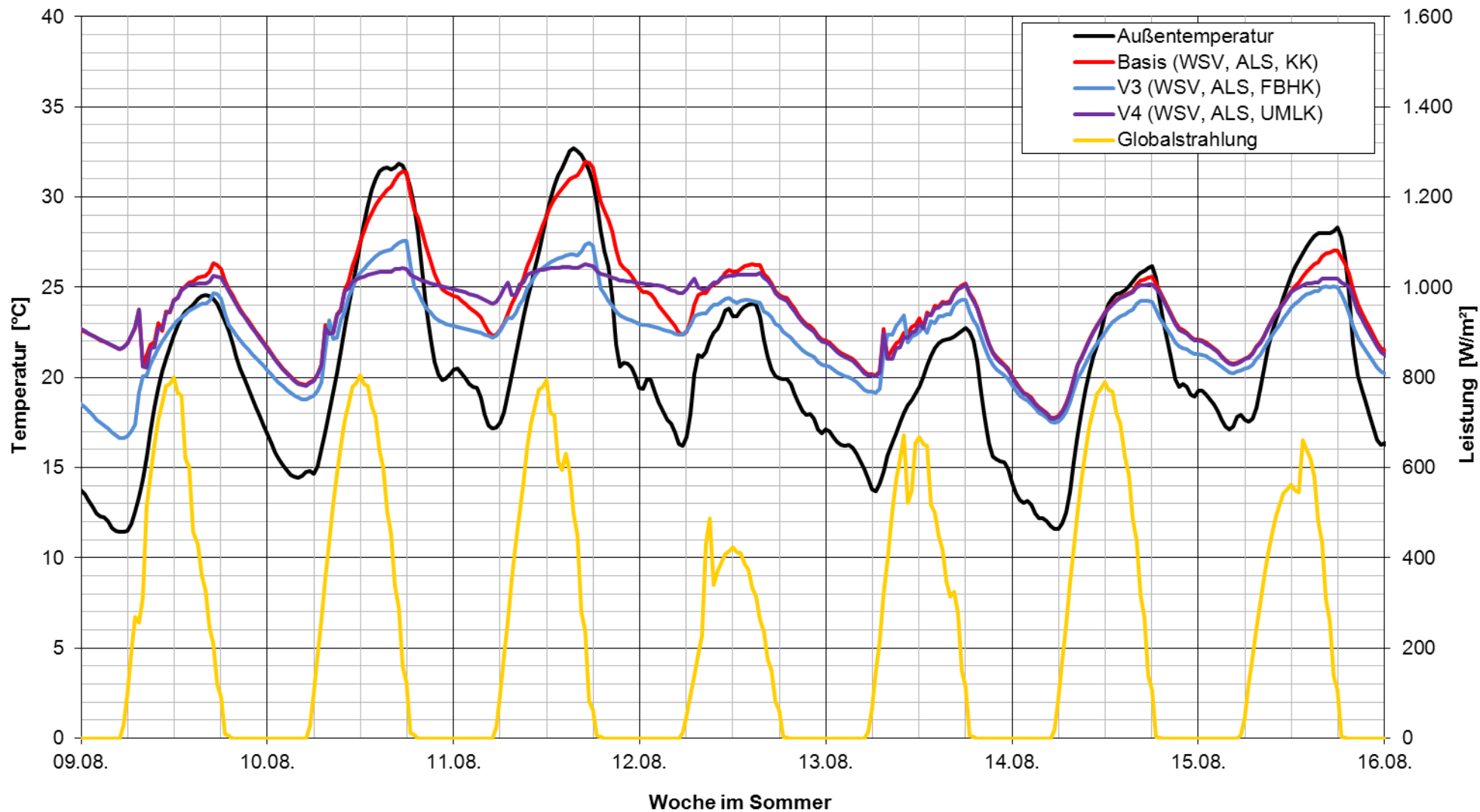
# Simulation IWL Büro

Verlauf der operativen Raumtemperatur



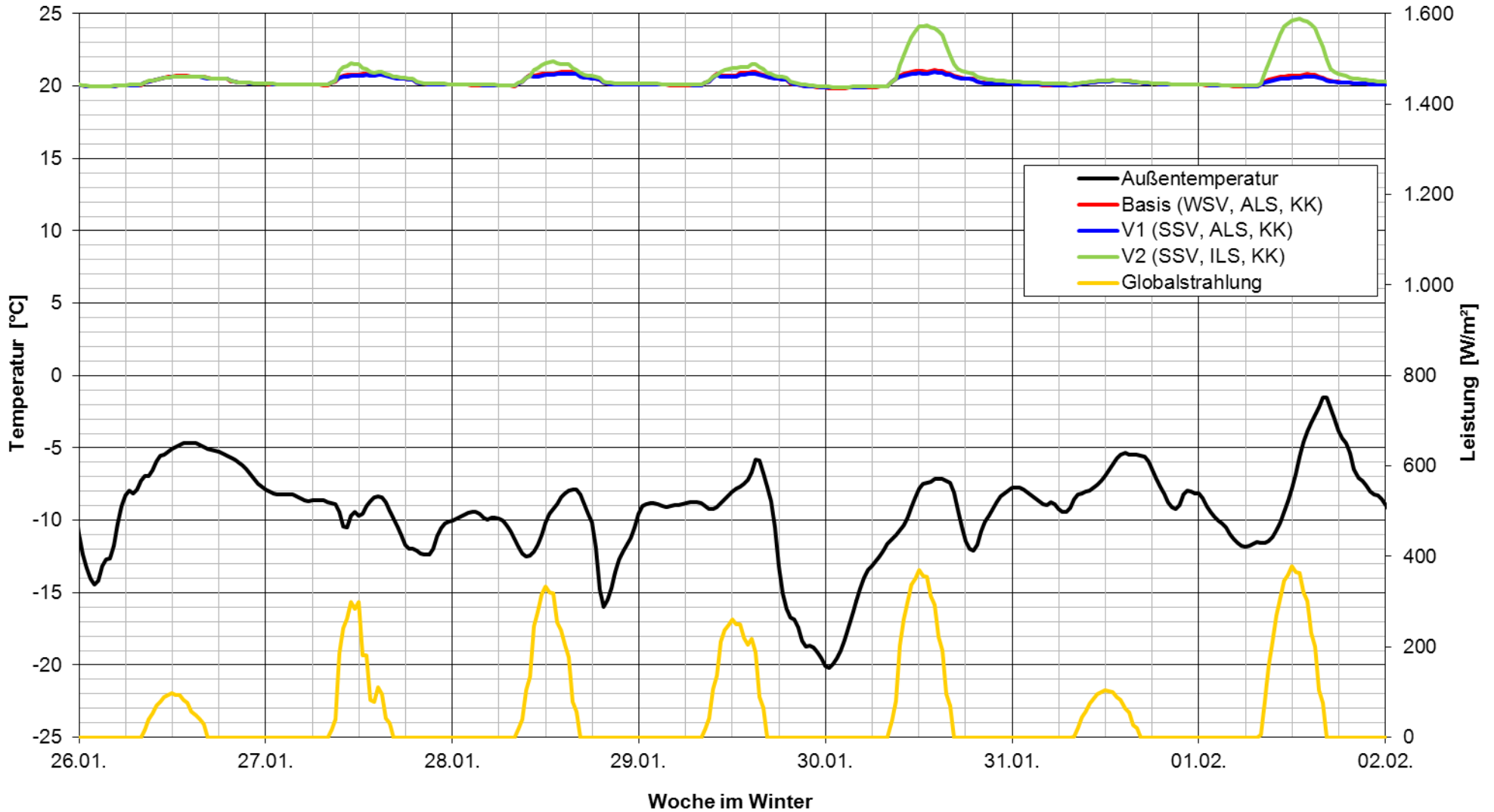
# Simulation IWL Büro

Verlauf der operativen Raumtemperatur



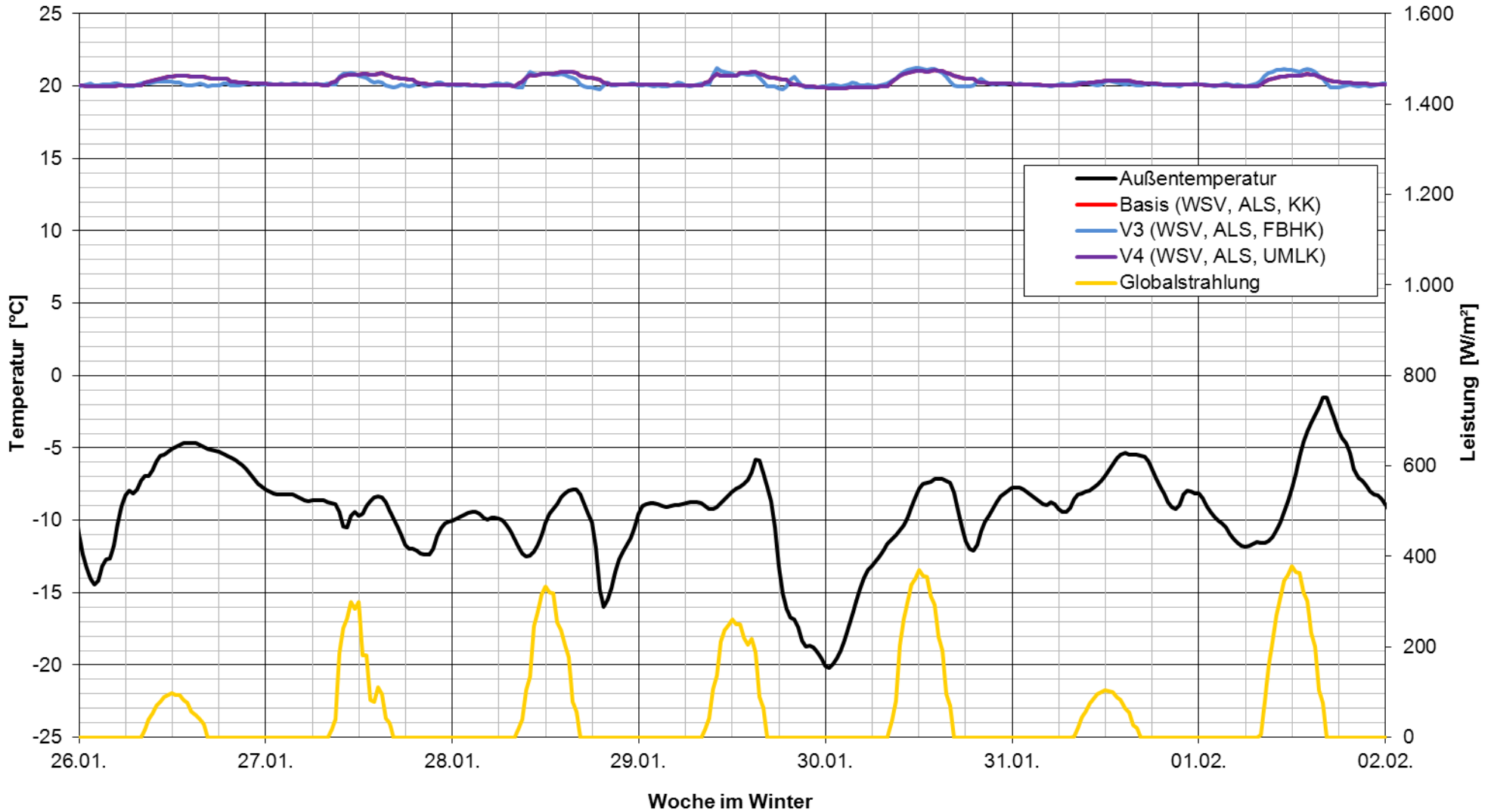
# Simulation IWL Büro

Verlauf der operativen Raumtemperatur



# Simulation IWL Büro

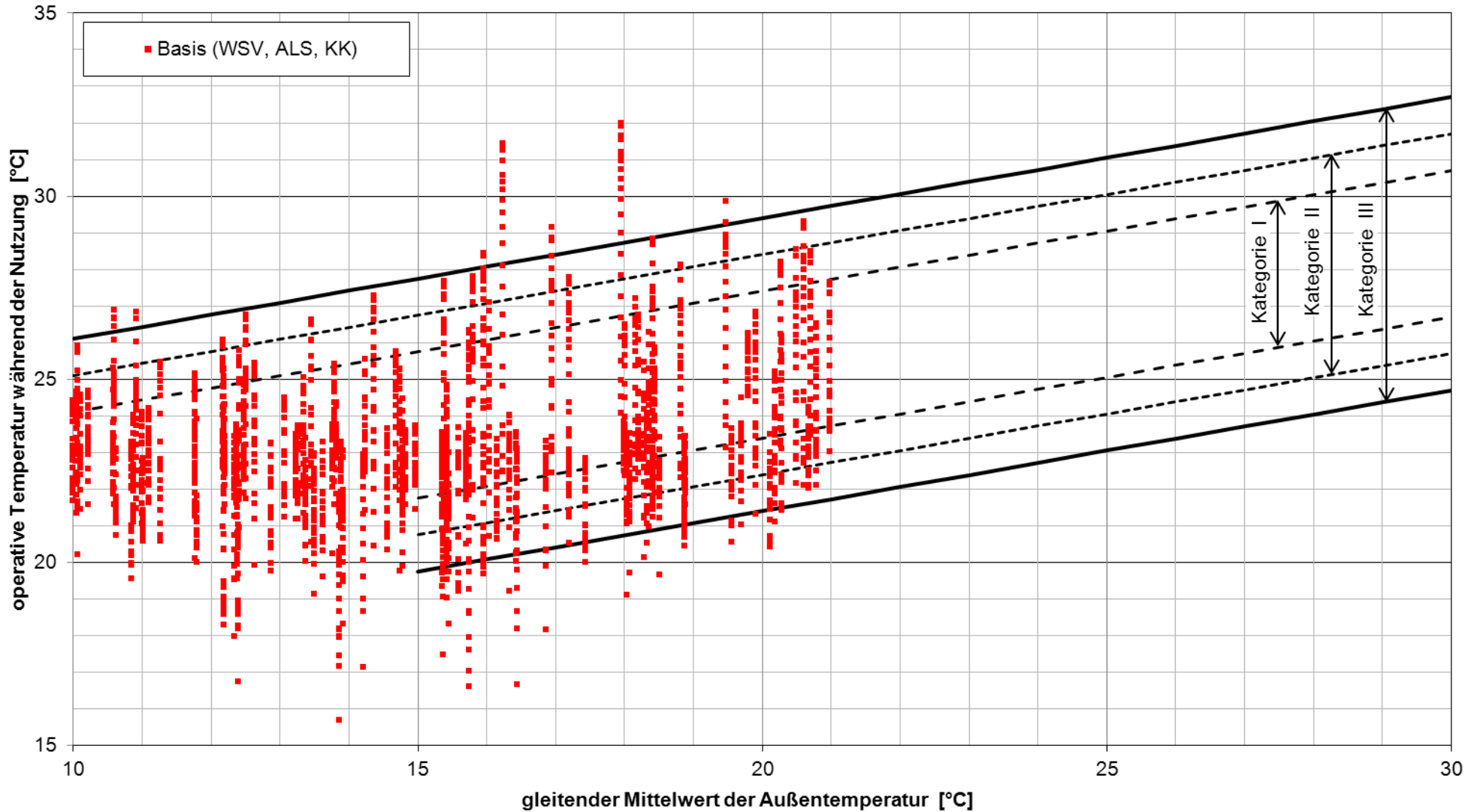
Verlauf der operativen Raumtemperatur





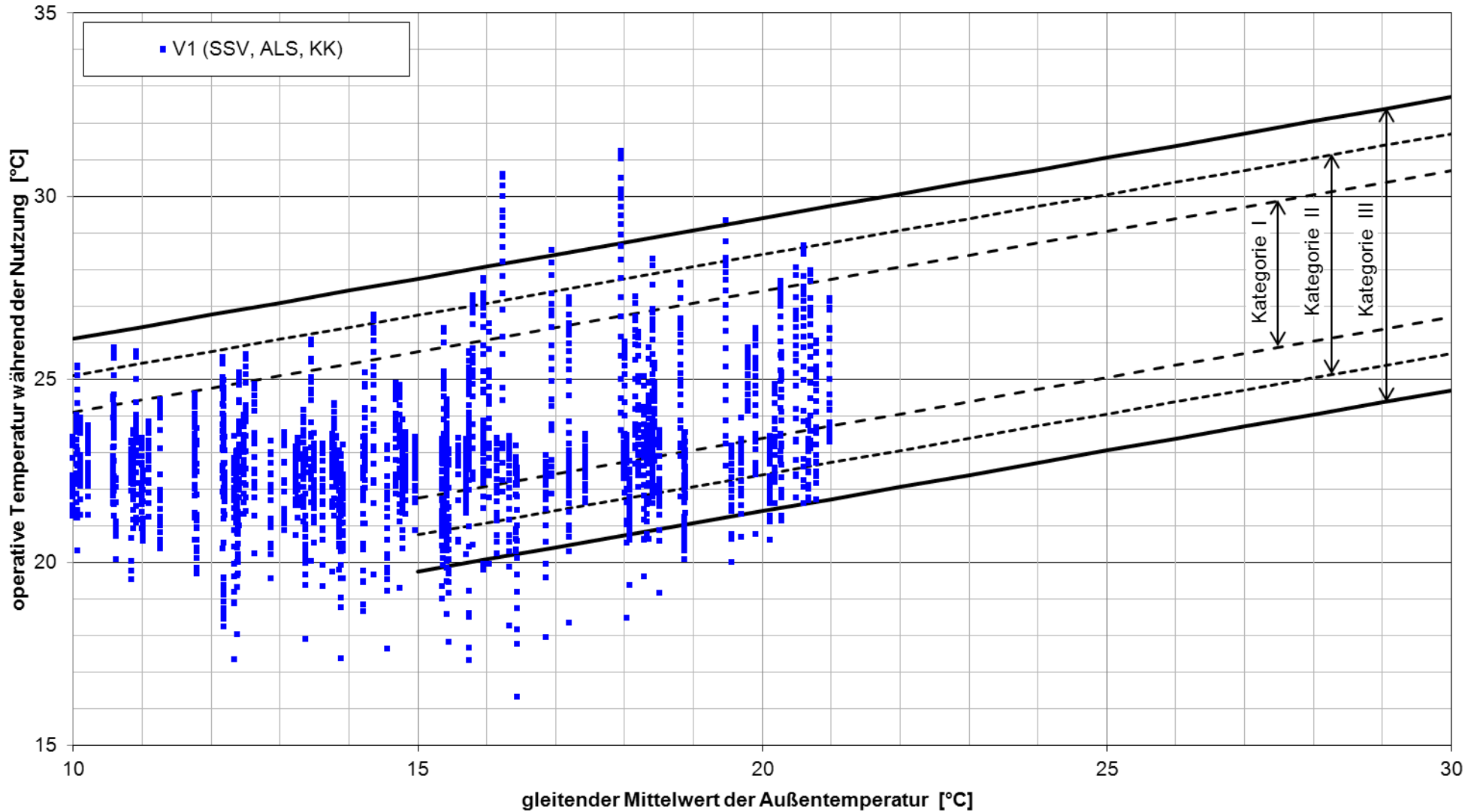
# Simulation IWL Büro

Behaglichkeitskategorien gemäß DIN EN 15251 für ungekühlte Gebäude



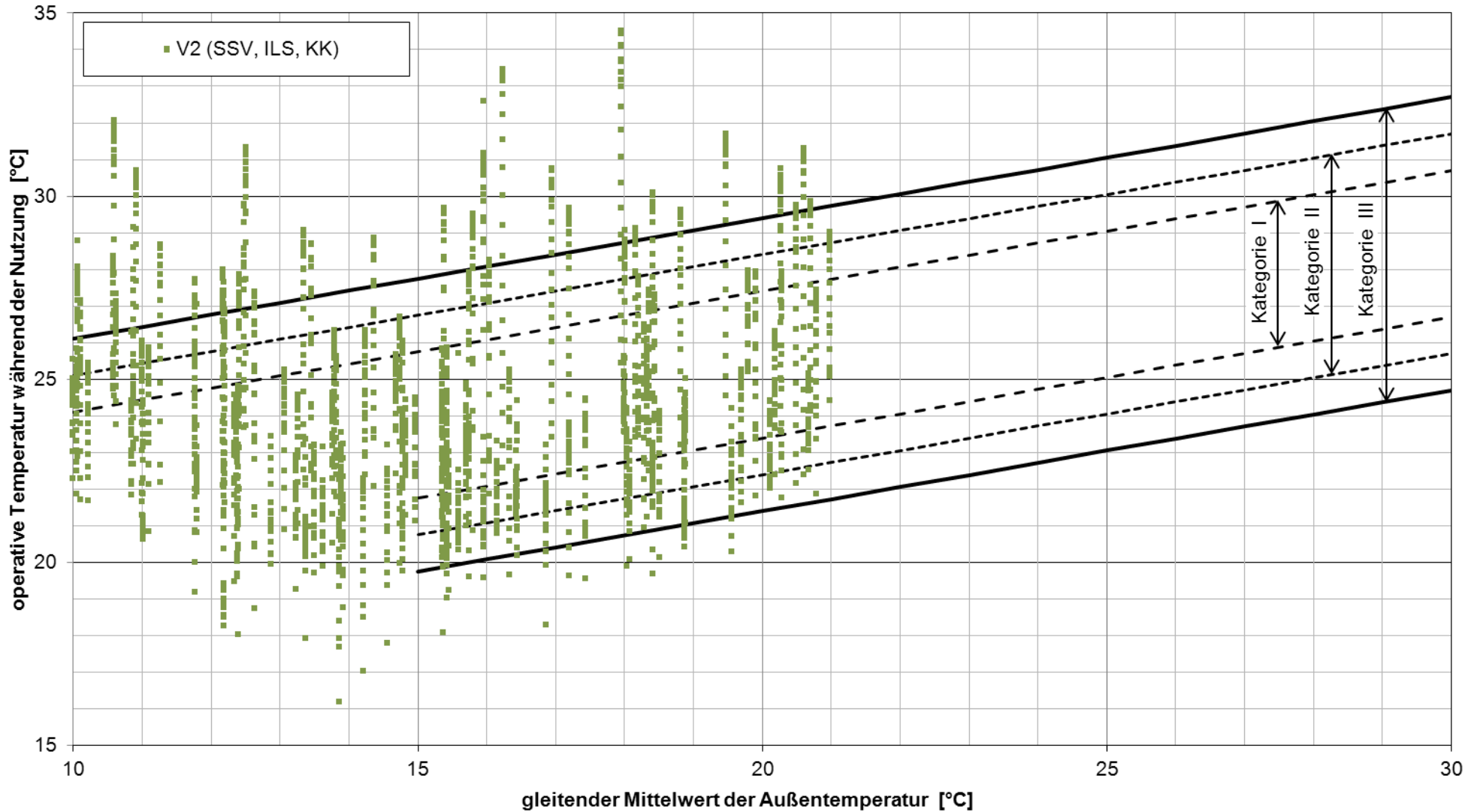
# Simulation IWL Büro

Behaglichkeitskategorien gemäß DIN EN 15251 für ungekühlte Gebäude



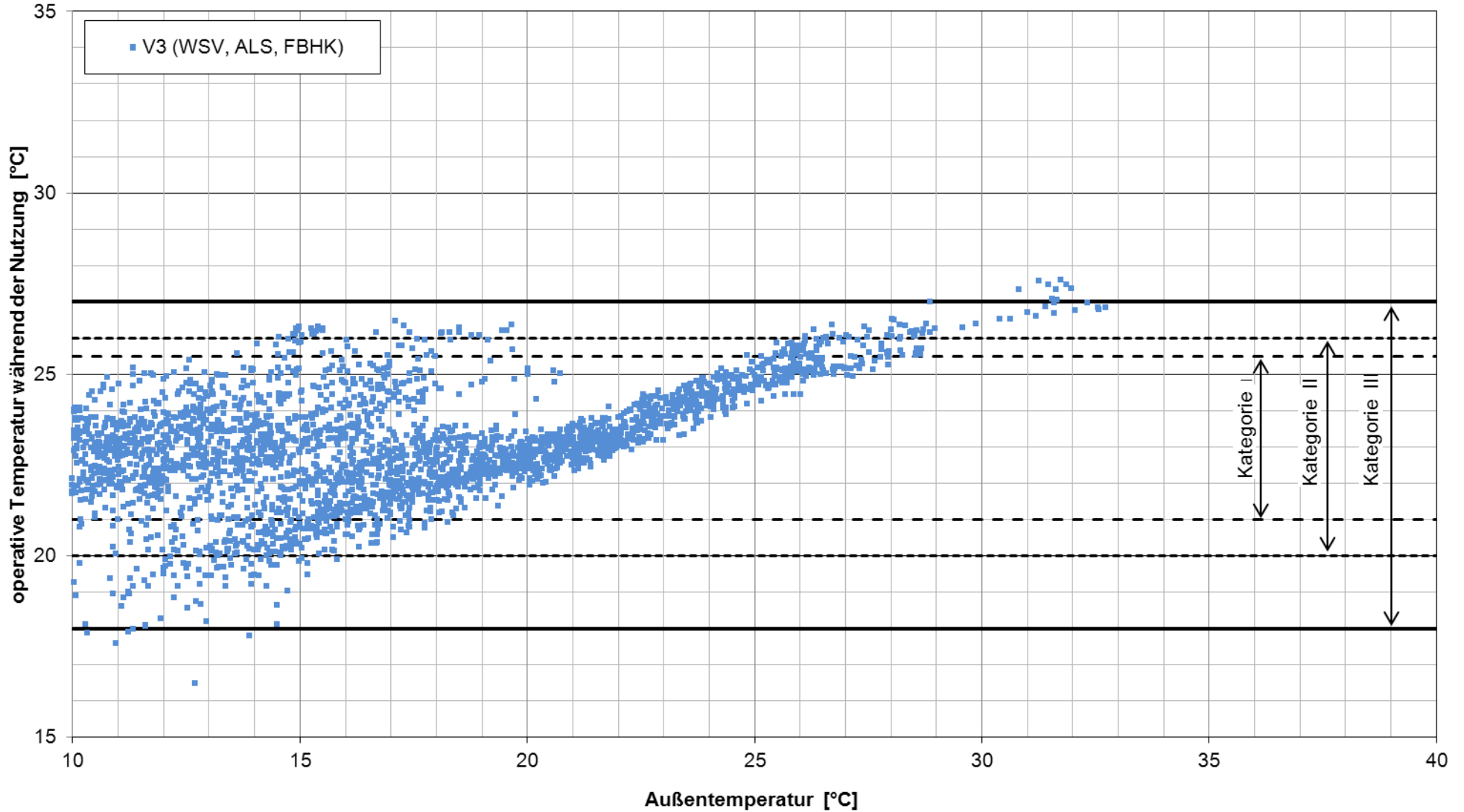
# Simulation IWL Büro

Behaglichkeitskategorien gemäß DIN EN 15251 für ungekühlte Gebäude



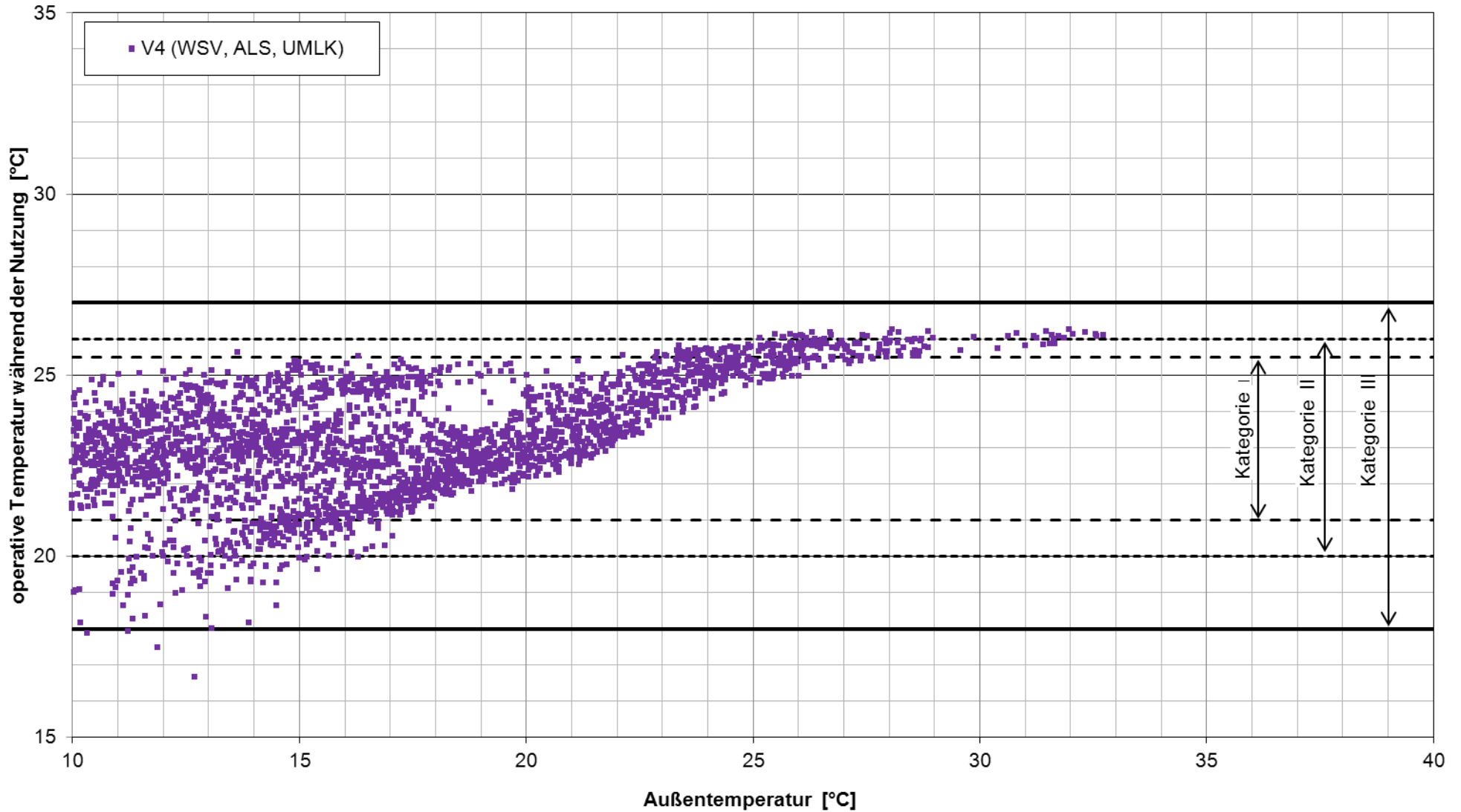
# Simulation IWL Büro

Behaglichkeitskategorien gemäß DIN EN 15251 für gekühlte Gebäude



# Simulation IWL Büro

Behaglichkeitskategorien gemäß DIN EN 15251 für gekühlte Gebäude



# Simulation IWL Büro

Übertemperaturstunden

operative Raumtemperatur

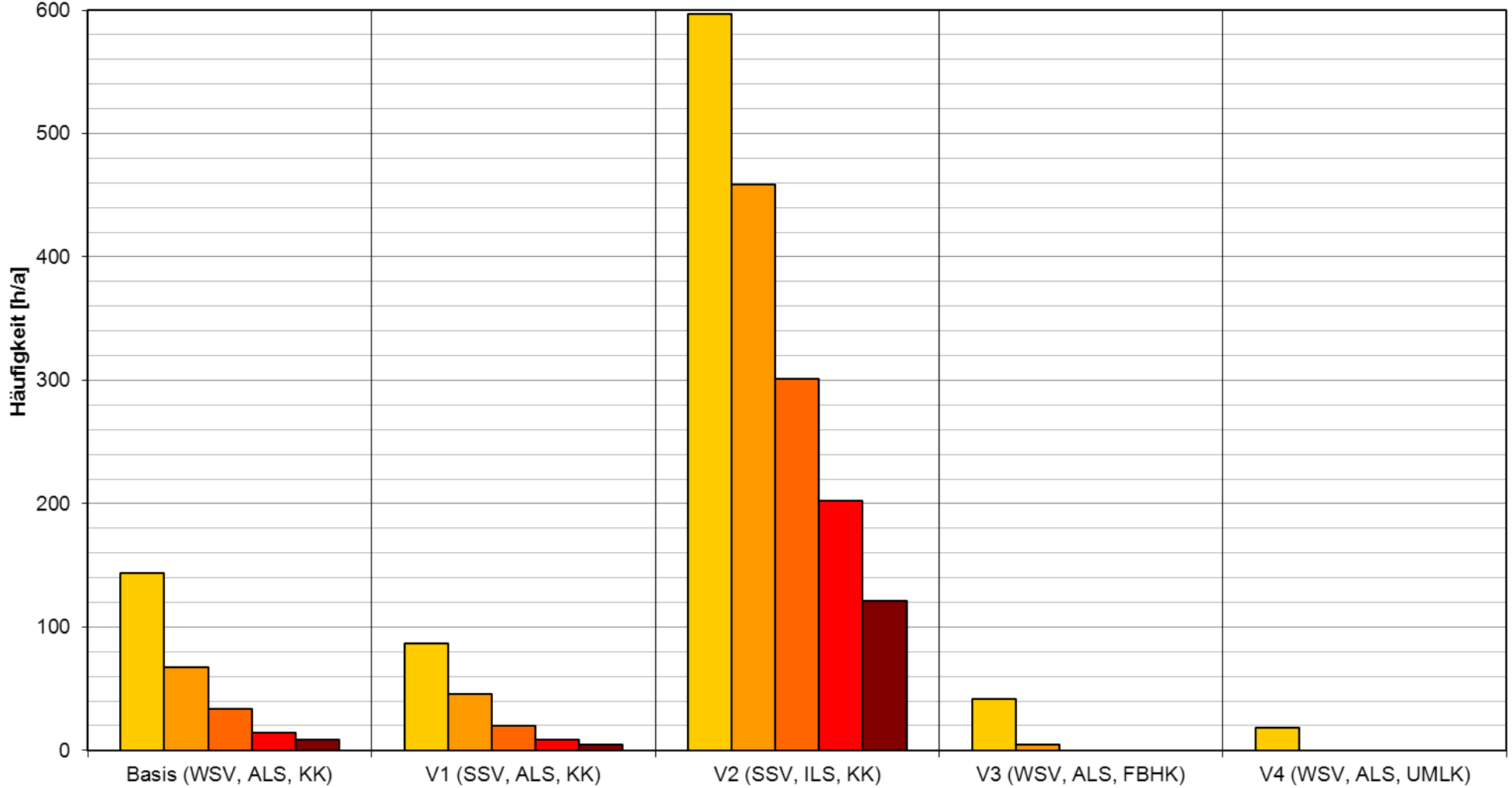
> 26 °C

> 27 °C

> 28 °C

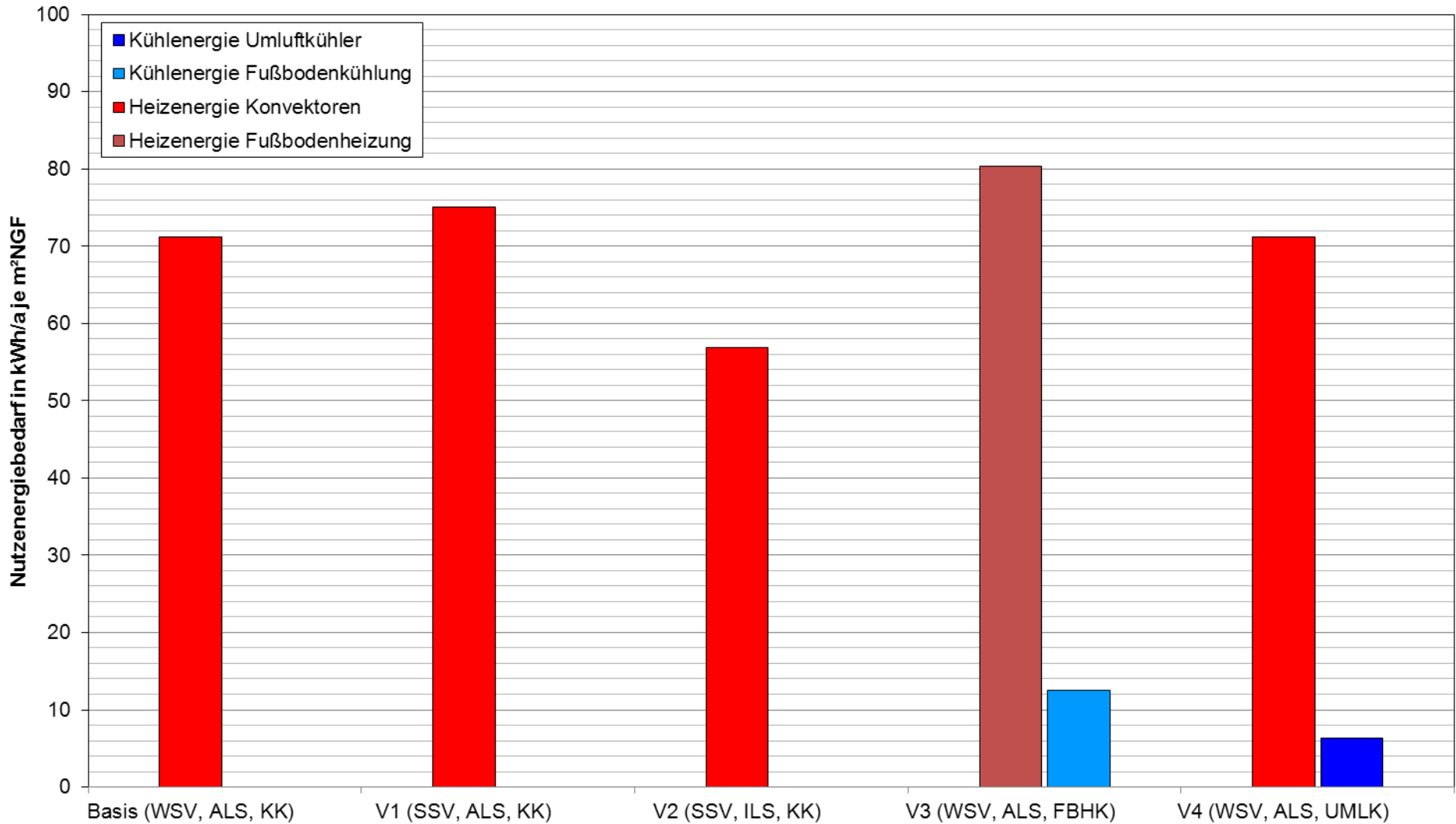
> 29 °C

> 30 °C



## Simulation IWL Büro

Nutzenergiebedarf in kWh/a je m<sup>2</sup>NGF





## Fazit

Anhand der Ergebnisse wird deutlich, dass ein innenliegender Sonnenschutz (Blendschutz) auch bei Einsatz einer Sonnenschutzverglasung keine ausreichende Behaglichkeit für die Nutzer bieten kann. Es wird daher empfohlen, den außenliegenden Sonnenschutz wie geplant an allen Fassaden des Obergeschosses nach Süden, Osten und Westen vorzusehen.

Die Unterschiede zwischen Wärmeschutz- und Sonnenschutzverglasung sind bei Einsatz des außenliegenden Sonnenschutzes relativ gering (max. 1K Differenz der Raumtemperatur).

Aufgrund ihrer begrenzten Leistung kann mit der Fußbodenkühlung nicht sichergestellt werden, dass bei einer Außentemperatur von 32°C eine maximale Raumtemperatur von 26°C unterschritten wird. Wegen der Trägheit des Systems und der Strahlungskälte herrscht aber an normalen Sommertagen ein niedrigeres Temperaturniveau als mit dem Umluftkühler, der nur eingesetzt wird, um die Temperaturspitzen zu kappen. Daher, und weil keine Übergabe- und Regelungsverluste enthalten sind, ist der Energiebedarf für das Umluftkühlsystem geringer als für die Fußbodenkühlung. Allerdings ist für den Umluftkühler ein niedrigeres Temperaturniveau erforderlich, das bei der Kälteerzeugung energetisch unvorteilhaft ist.

Der Mehrbedarf an Heizenergie mit dem außenliegenden Sonnenschutz deutet darauf hin, dass dessen Regelungsstrategie noch im Hinblick auf die Einsparung von Heizenergie hin optimiert werden kann.

Für die Behaglichkeit lässt sich zusammenfassen, dass mit allen Varianten außer V2 die Behaglichkeitskategorie 3 gemäß DIN EN 15251 eingehalten werden kann. Einzelne „Temperaturausreißer“ sind auf die Regelung der Heizungs- und Lüftungsfreigabe zurückzuführen und können durch eine optimierte Regelung bzw. durch optimales Nutzerverhalten verhindert werden. Ist die Behaglichkeitskategorie 2 gewünscht, ist dies mit Umluftkühlsystemen möglich.

An warmen Sommertagen ist es für die genannten Ergebnisse erforderlich, z.T. ganztägig die Fenster vollständig geöffnet zu lassen. Ist dies aus Schallschutzgründen (z.B. Verringerung der Schall-Immissionen aus der Schreinerei) nicht möglich und können die Fenster nur gekippt werden, erhöhen sich die Raumtemperaturen bei der Basisvariante um bis zu 1K.

Im gleichen Maße erhöhen sich bei der Basisvariante die Raumtemperaturen während der Nutzungszeiten, wenn keine Nachtlüftung durchgeführt wird.

## **ISAR-WÜRM-LECH IWL Neubau eines Büro- und Produktionsgebäudes**

Bauherr:  
ISAR-WÜRM-LECH IWL  
Werkstätten für behinderte Menschen  
GmbH  
Landsberg am Lech / Hauptverwaltung  
Rudolf-Diesel-Str. 1  
86899 Landsberg am Lech

Architekt:  
Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH  
Sportplatzweg 5  
A-6858 Schwarzach

Aussteller:  
Ingenieurbüro Hausladen GmbH  
Feldkirchener Straße 7a  
85551 Kirchheim

Tischvorlage 6:  
**Thermische Simulation Montage**

Aufgestellt  
Kirchheim, 19.09.2012

Ingenieurbüro Hausladen GmbH



| <b>Inhalt</b>   | <b>Seite</b> |
|-----------------|--------------|
| Einleitung      | 3            |
| Randbedingungen | 4            |
| Ergebnisse      | 7            |
| Fazit           | 19           |

## Einleitung

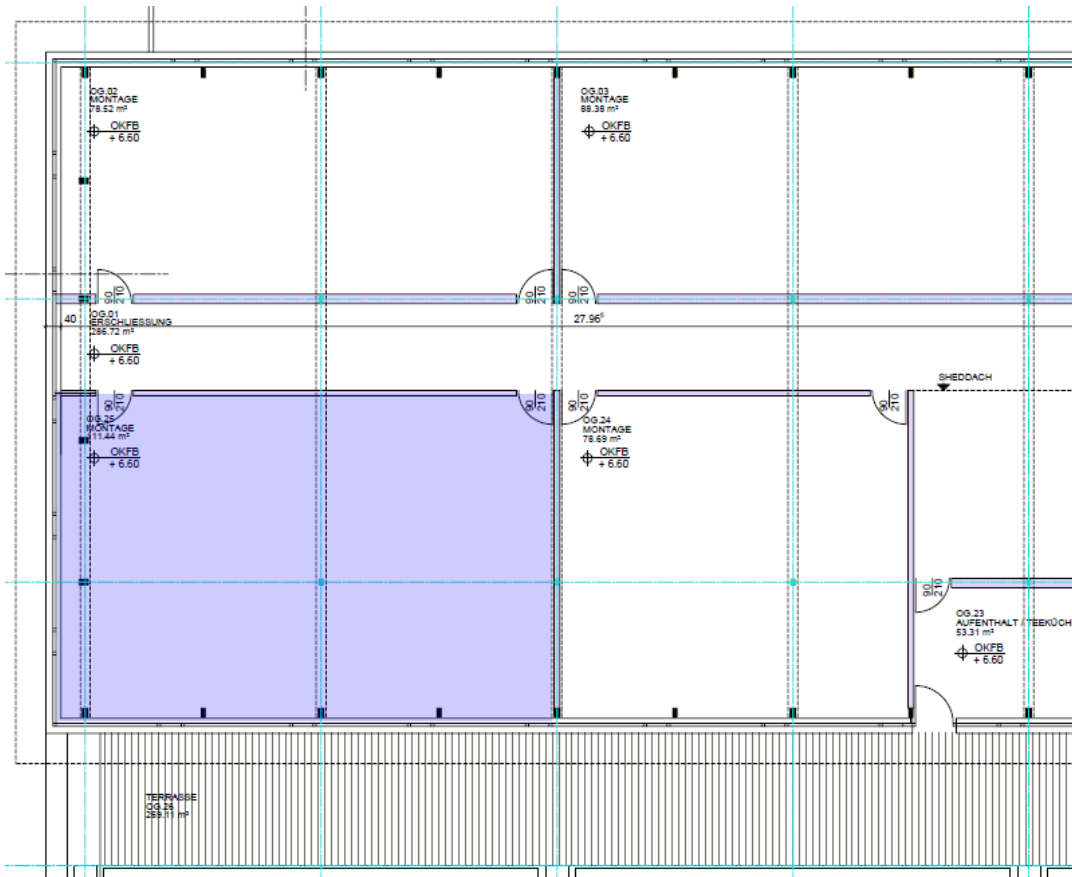
Die IWL GmbH plant Ihren Hauptstandort in Landsberg am Lech auszubauen. Die Entwicklung der Standorterweiterung erstreckt sich über mehrere Bauabschnitte. Der im Rahmen des ersten Bauabschnittes geplante Neubau soll zunächst die verschiedenen Arbeitsbereiche der Holzverarbeitung mit Produktions- und Lagerflächen zusammenfassen.

Im Obergeschoss sollen Büroräume und weitere Produktionsflächen folgen. Für den Raum „Montage“ im Südwesten werden thermische Simulationen durchgeführt, mit denen unterschiedliche Varianten der Gebäudehülle und Gebäudetechnik verglichen werden können.

Es werden die operativen Raumtemperaturen für verschiedene Varianten berechnet. Des Weiteren wird der erzielte thermische Komfort im Sommer gemäß DIN EN 15251 bewertet.

Damit ist es möglich ein optimiertes Konzept für diesen Raum und vergleichbare Räume zu entwickeln.





Grundriss Obergeschoss, westlicher Teil



## Randbedingungen

## Raumgeometrie

Grundfläche 111,44 m<sup>2</sup>  
 Volumen 342,12 m<sup>3</sup>

## Bauteilaufbauten

Die Bauteilaufbauten wurden gemäß den Angaben in den Schnitten vom 15.08.2012 angesetzt:

**Außenwand:**  
 25 mm OSB-Platte  $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$   
 240 mm Zellulosedämmung bzw. Holzständer  $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$   
 $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$   
 15 mm DWD-Platte  $\lambda = 0,14 \text{ W/mK}$

**Innenwand:**  
 18 mm OSB-Platte  $U = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$   
 100 mm Mineralwolle  $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$   
 18 mm OSB-Platte  $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$

**Dach:**  
 188 mm Mineralwolle  $U = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$   
 (äquivalenter Wert für Gefälledämmung mit mind. 120 mm, Ø 200 mm)  
 25 mm OSB-Platte  $\lambda = 0,13 \text{ W/mK}$   
 35 mm HWL-Platte  $\lambda = 0,09 \text{ W/mK}$

**Boden:**  
 20 mm Parkettboden  $U = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $\lambda = 0,18 \text{ W/mK}$   
 90 mm Zement-Estrich  $\lambda = 1,40 \text{ W/mK}$   
 400 mm Stahlbeton  $\lambda = 2,50 \text{ W/mK}$   
 150 mm Dämmplatten  $\lambda = 0,044 \text{ W/mK}$

## Fenster und Sonnenschutz

Die Fassaden sind nach Süden und Westen orientiert.

Die Fenster bestehen aus einer Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung mit einem Ug-Wert von 1,1 W/m<sup>2</sup>K und g=0,5. Das gesamte Fenster erreicht mit einem Rahmenanteil von 20% einen Uw-Wert von 1,3 W/m<sup>2</sup>K.

Zur Minimierung der sommerlichen Überhitzung wird davon ausgegangen, dass ein außenliegender variabler Sonnenschutz zum Einsatz kommt. Dieser erreicht einen Fc-Wert von 25% und wird geschlossen, wenn die solare Gesamtstrahlung auf die betroffene Fassade 180 W/m<sup>2</sup> übersteigt.

## Raumheizung/-kühlung

Die Raumheizung erfolgt über Heizkörper auf eine Lufttemperatur von 21°C im Winter, d.h. wenn das 48-Stunden-Mittel der Außenlufttemperatur weniger als 12°C beträgt. Die Heizkörper wurden als ideale Heizung ohne Regelverluste mit einem radiativen Anteil von 50% eingegeben.

Bei der Variante mit Fußbodenheizung/-kühlung wird diese mit einem Massestrom von 10 kg/m<sup>2</sup>h betrieben. Die Vorlauftemperatur beträgt im Winter 32°C, im Sommer 18°C. Geregelt wird auf operative Temperaturen von 20°C bzw. 24°C. Mit diesem System kann als Bodenbelag kein Parkett oder Teppich eingesetzt werden.

Das Umluftkühlgerät wird in der entsprechenden Variante als ideale Kühlung auf eine Raumlufttemperatur von 25°C angesetzt.

## Natürliche Lüftung

Die natürliche Lüftung des Raumes erfolgt über Fenster in den Fassaden, die von den Nutzern bei folgenden Voraussetzungen geöffnet werden

- Zur Frischluftversorgung wird davon ausgegangen, dass die Nutzer die Fenster so öffnen, sodass der hygienische Mindestluftwechsel sichergestellt ist. Daher wird dieser (30 m<sup>3</sup>/hPerson) während der Nutzungszeiten konstant angesetzt.
- Zusätzlich werden vier Drehflügel im Sommer und in der Übergangszeit, d.h. wenn keine Heizungsfreigabe besteht, geöffnet (Öffnungsfläche 7,20 m<sup>2</sup>), wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:
  - Raumtemperatur > 24 °C und
  - Raumtemperatur > AußentemperaturFällt die Raumtemperatur unter 21°C oder steigt die Außentemperatur über die Raumtemperatur, werden die Fenster während der Anwesenheitszeiten wieder geschlossen. Außerhalb der Anwesenheitszeiten bleiben die vier Fenster im Sommer und in der Übergangszeit über Nacht gekippt (Öffnungsfläche 2,24 m<sup>2</sup>), falls die Kriterien weiterhin erfüllt sind, wenn die Nutzer den Raum verlassen (Nachtlüftung).

Sind die Fenster geschlossen, wird von einem kontinuierlichen 0,14-fachen Grundluftwechsel aufgrund von Undichtigkeiten ausgegangen.

## Interne Wärmegewinne

Für den Raum wird von folgenden Belegungszeiten ausgegangen:

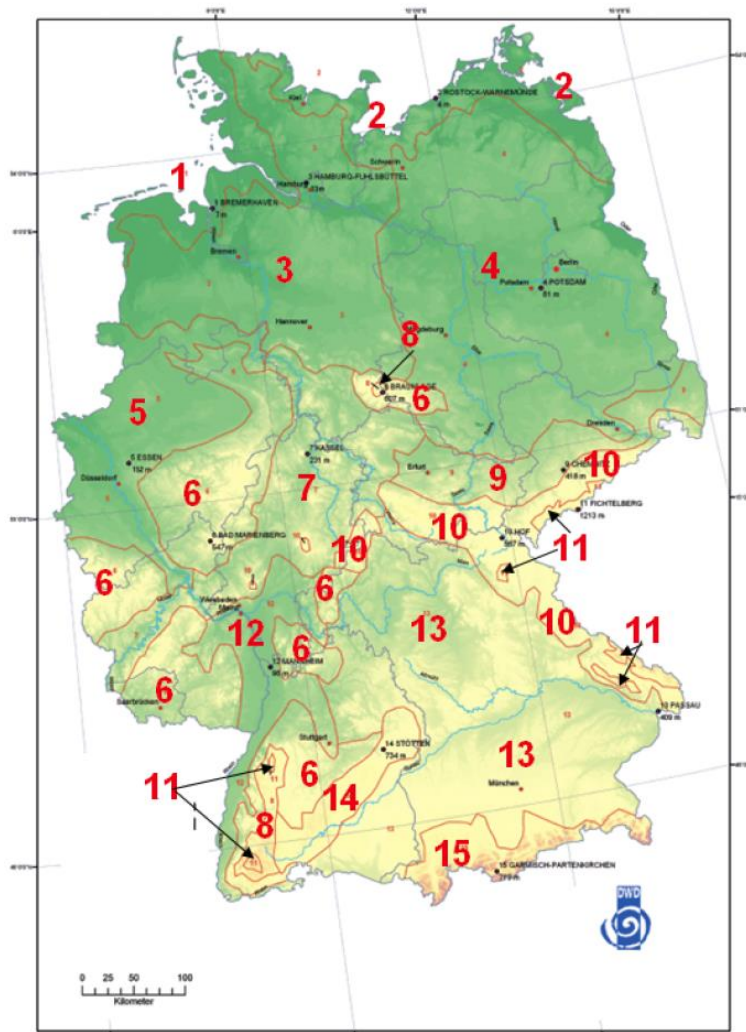
Mo – Fr: 7:30 - 16:00 Uhr

Während der Betriebszeiten sind 6 Personen anwesend. Die sensible Wärmeabgabe liegt bei 100 W pro Person.

Die installierte Beleuchtungsleistung beträgt 12,5 W/m<sup>2</sup>. Das Kunstlicht schaltet sich ab, wenn die diffuse Einstrahlung (außen) über 250 W/m<sup>2</sup> ansteigt. Die Beleuchtung schaltet sich während der Anwesenheitszeiten wieder ein, wenn die diffuse Einstrahlung unter 200 W/m<sup>2</sup> abfällt. Dies entspricht vereinfacht einer Tageslichtregelung auf 500 lux bei einem Tageslichtquotienten von 2%.

Hinzu kommen die internen Wärmegewinne durch Arbeitsgeräte, die mit 15 W/m<sup>2</sup> während der Belegungszeiten angesetzt werden.





## Wetterdaten

Die Berechnung erfolgte mit den Testreferenzjahren aus dem Jahr 2010. Landsberg liegt in der Testreferenz-Region 13 (Schwäbisch-fränkisches Stufenland und Alpenvorland) mit der Repräsentanzstation Mühldorf am Inn. Die Wetterdaten von Mühldorf wurden korrigiert und an die Bevölkerungsdichte und Höhenlage von Landsberg angepasst.

Die Berechnung erfolgte mit dem durchschnittlichen Wetterdatensatz. Basis sind die Wetterdaten im Zeitraum von 1988 bis 2007. Damit entsprechen die Ergebnisse der Simulationen einem durchschnittlichen Jahr. Es ergeben sich folgende Wetterdaten im Betrachtungszeitraum (1.1. bis 31.12.):

Außentemperatur:

|            |          |
|------------|----------|
| Maximal    | 32,7 °C  |
| Minimal    | -20,2 °C |
| Mittelwert | 8,2 °C   |

Globalstrahlung:

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| Maximal | 874 W/m <sup>2</sup>       |
| Summe   | 1.073 kWh/m <sup>2</sup> a |

Extreme Wettersituationen, z.B. besonders warmer Sommer, sind damit nicht berücksichtigt. Außerdem wurde eine mögliche Klimaveränderung in den nächsten Jahren ebenfalls nicht betrachtet.



## Ergebnisse

### Varianten

Die folgenden Varianten wurden untersucht und werden auf den folgenden Seiten dargestellt:

Basis: WSV, 15W/m<sup>2</sup>, KK (Ausgangsbasis wie auf den vorherigen Seiten beschrieben)

- Wärmeschutzverglasung g=0,5
- 15 W/m<sup>2</sup> interne Lasten durch Geräte
- Heizkörper, keine mechanische Kühlung

V1: SSV, 15W/m<sup>2</sup>, KK

- Sonnenschutzverglasung g=0,36
- 15 W/m<sup>2</sup> interne Lasten durch Geräte
- Heizkörper, keine mechanische Kühlung

V2: WSV, 5W/m<sup>2</sup>, KK

- Wärmeschutzverglasung g=0,5
- 5 W/m<sup>2</sup> interne Lasten durch Geräte
- Heizkörper, keine mechanische Kühlung

V3: WSV, 15W/m<sup>2</sup>, FBHK

- Wärmeschutzverglasung g=0,50
- 15 W/m<sup>2</sup> interne Lasten durch Geräte
- Fußbodenheizung und -kühlung

V4: WSV, 15W/m<sup>2</sup>, UMLK

- Wärmeschutzverglasung g=0,50
- 15 W/m<sup>2</sup> interne Lasten durch Geräte
- Heizkörper, Kühlung über Umluftkühler

### Auswertungen

Auf den Seiten 8-11 ist der Verlauf der Raumtemperatur für eine Woche im Sommer sowie im Winter dargestellt. Gleichzeitig sind auch die Außentemperatur und die Globalstrahlung (horizontale Einstrahlung auf eine unverschattete Fläche) dargestellt.

Ab Seite 12 wird für die Anwesenheitszeiten der thermische Komfort gemäß DIN EN 15251 bewertet. Hier wird für die Varianten ohne mechanische Kühlung die Raumtemperatur über der mittleren Außentemperatur der letzten Tage dargestellt. Gemäß DIN EN 15251 wird in drei verschiedene Kategorien unterschieden. Bei allen Kategorien steigt gemäß DIN EN 15251 die zulässige Raumtemperatur mit der Außentemperatur an, da man davon ausgeht, dass die Nutzer durch die Wahl der Kleidung auf die ansteigenden Außentemperaturen reagieren. Mit zunehmender Kategorie steigt der Anteil der unzufriedenen Nutzer (PPD = predicted percent of dissatisfied people):

|               |            |
|---------------|------------|
| Kategorie I   | PPD < 6 %  |
| Kategorie II  | PPD < 10 % |
| Kategorie III | PPD < 15 % |

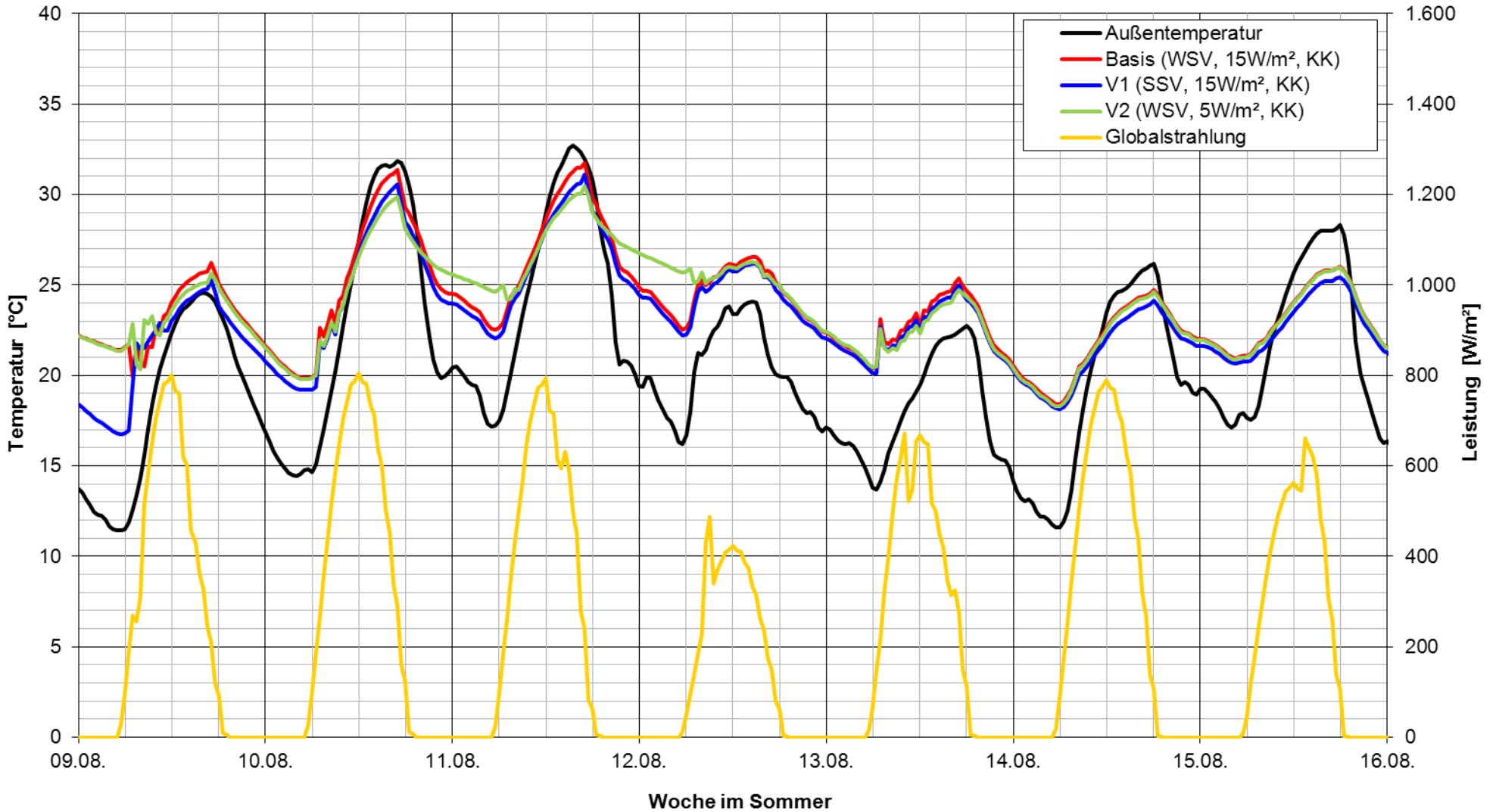
Bei Gebäuden mit mechanischer Kühlung geht die DIN EN 15251 davon aus, dass die Nutzer unabhängig von der Außentemperatur eine bestimmte Raumtemperatur erwarten. Daher sind für diese beiden Varianten die Komfortkategorien unabhängig von der Außentemperatur.

Auf Seite 18 ist die Häufigkeit der Überschreitung von bestimmten Raumtemperaturen vergleichend dargestellt.

Der Energiebedarf zur Raumheizung und -kühlung ist auf S. 19 dargestellt. Dieser beinhaltet bei den idealen Systemen (Radiatoren, Umluftkühlgeräte) den Nutzenergiebedarf. Bei der Fußbodenheizung/-kühlung sind aufgrund der detaillierten Eingabe im Bauteil auch Übergabe- und Regelungsverluste enthalten.

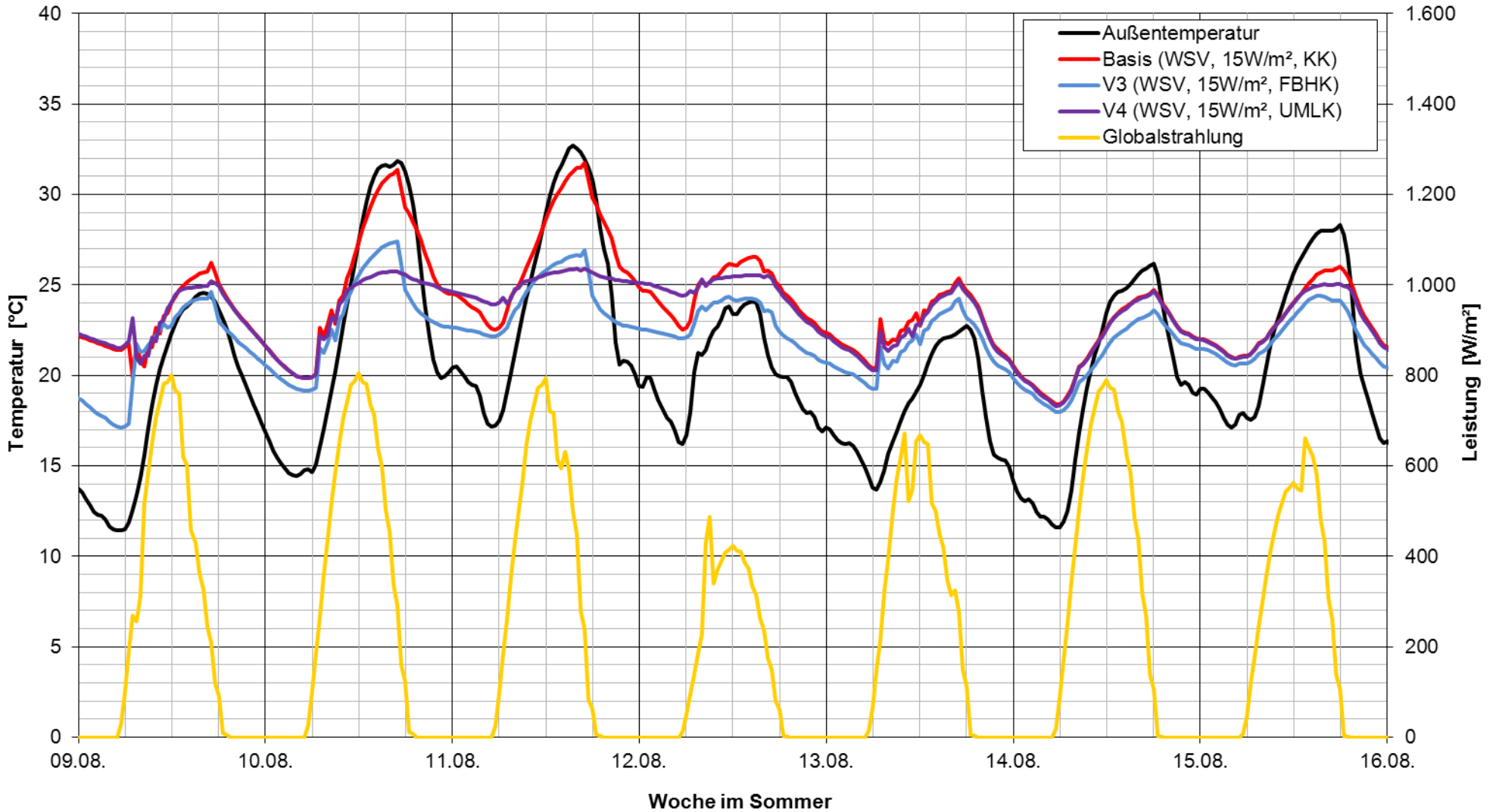
# Simulation IWL Montage

Verlauf der operativen Raumtemperatur



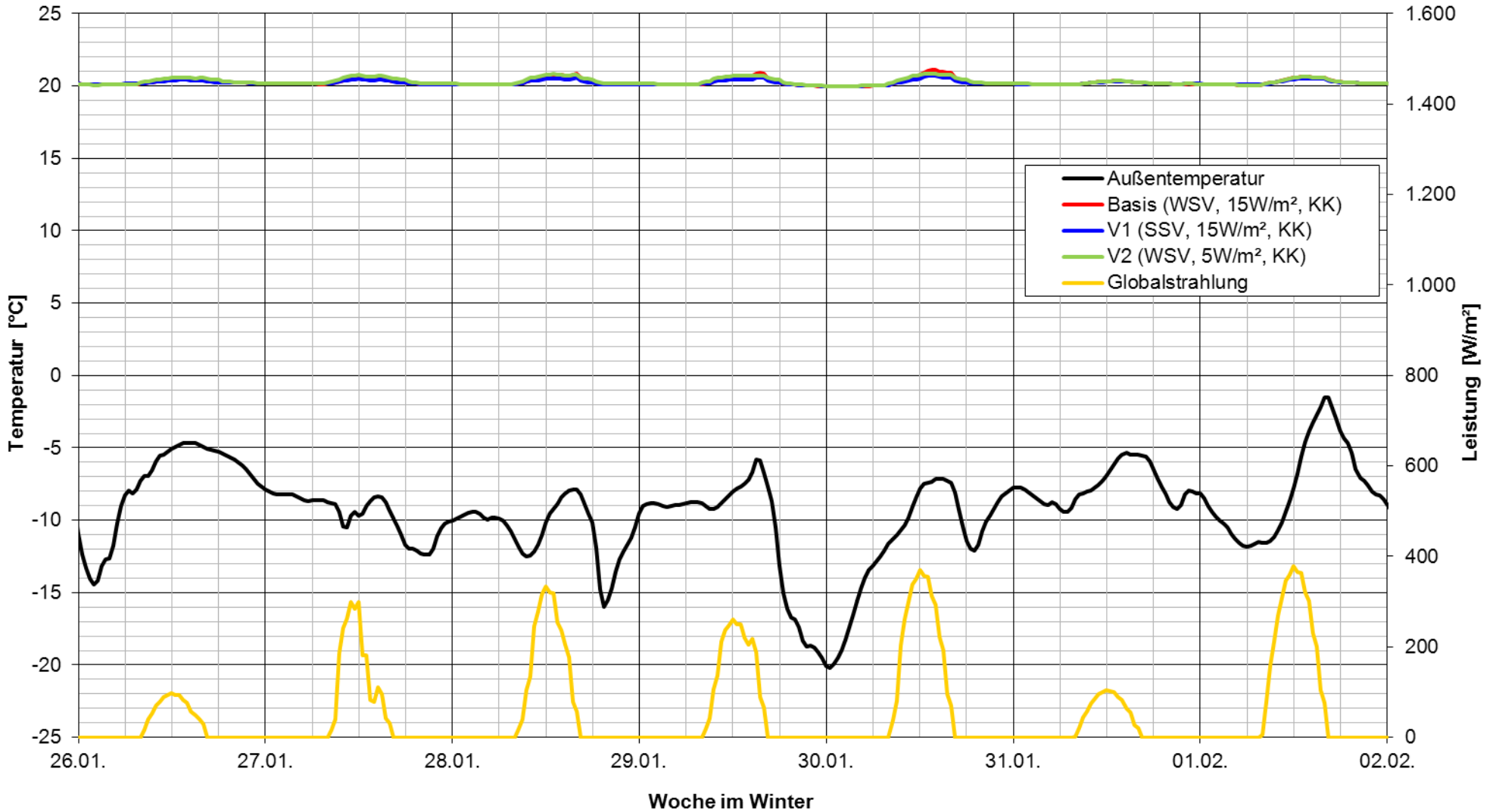
# Simulation IWL Montage

Verlauf der operativen Raumtemperatur



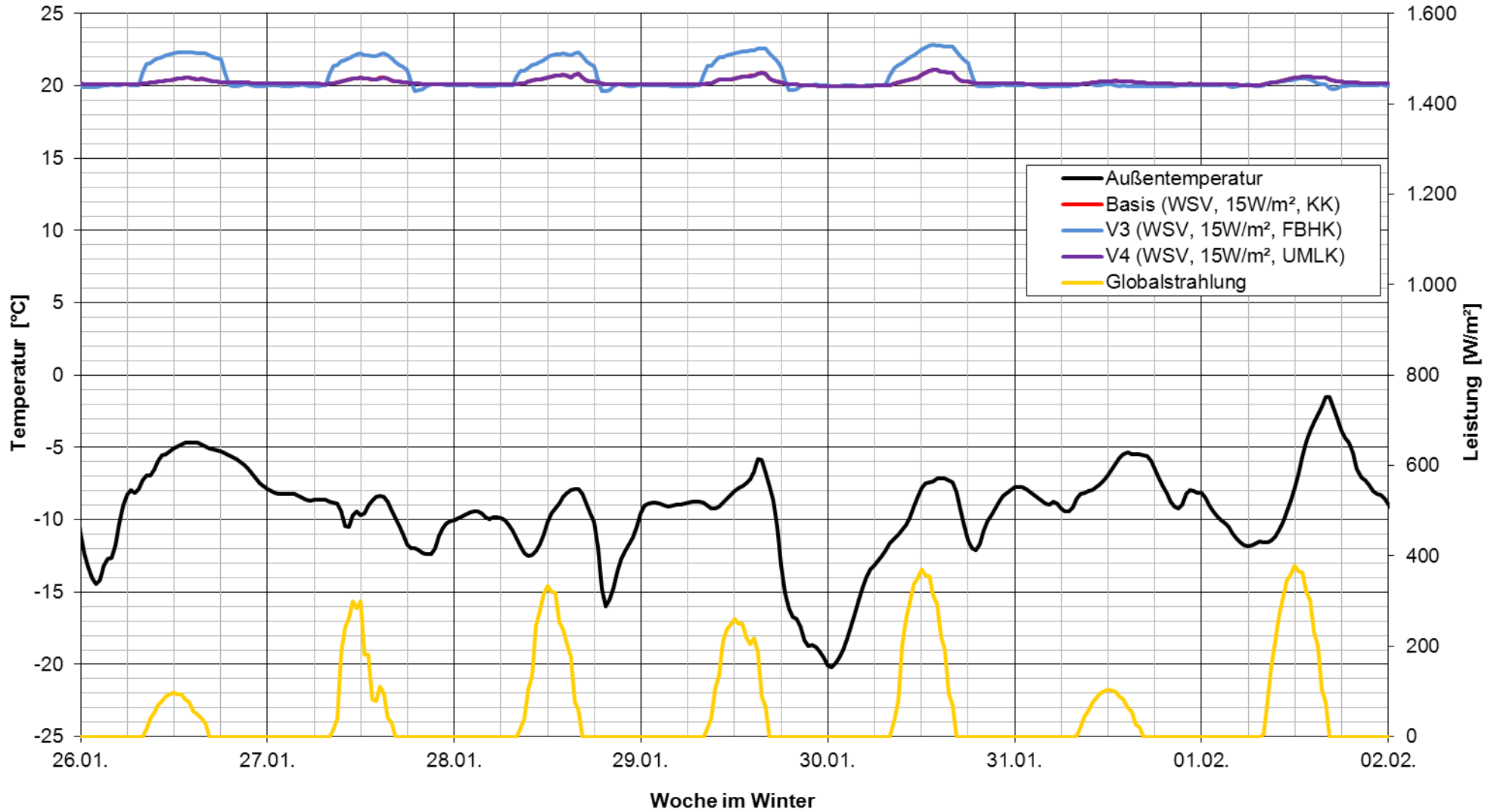
# Simulation IWL Montage

Verlauf der operativen Raumtemperatur



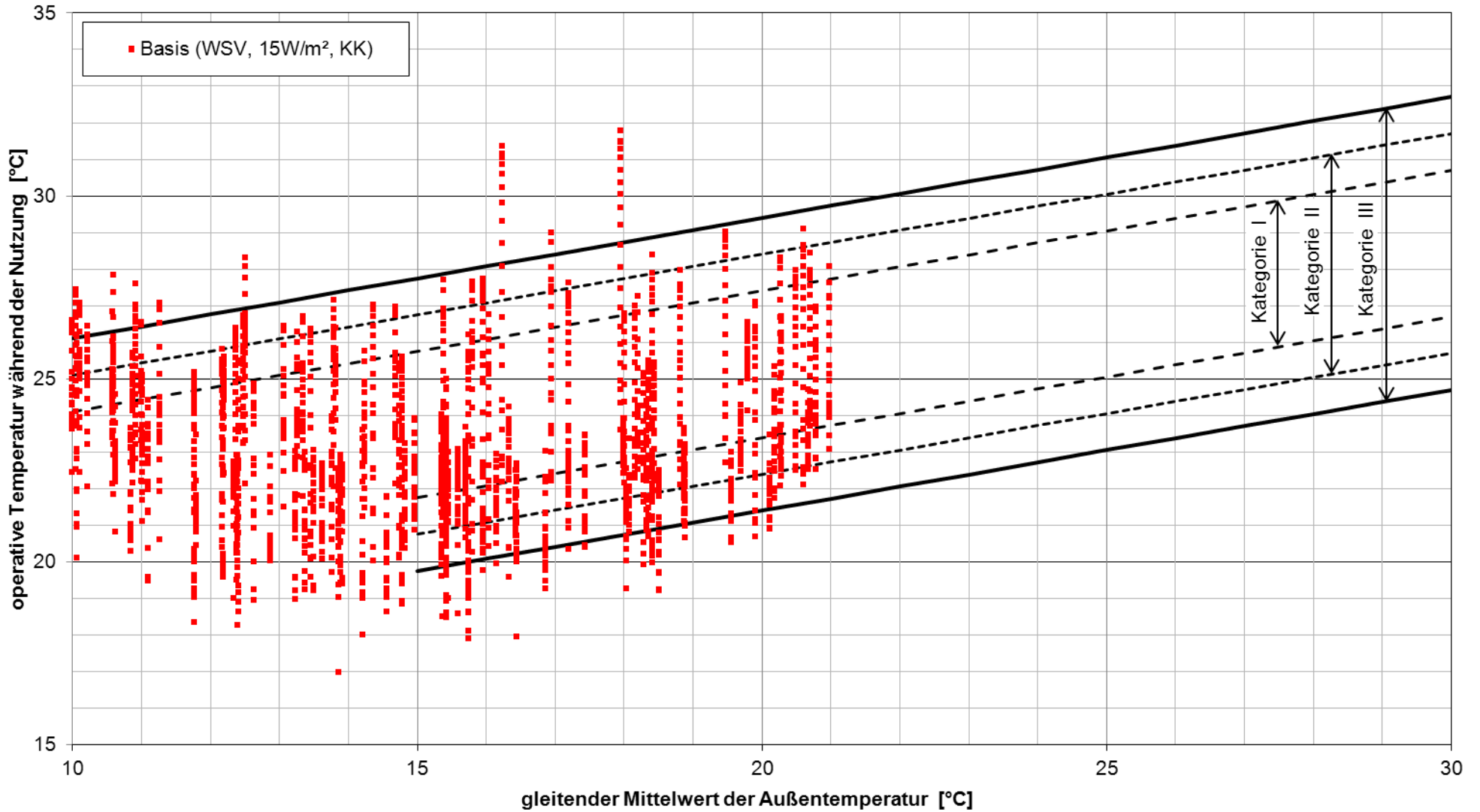
# Simulation IWL Montage

Verlauf der operativen Raumtemperatur



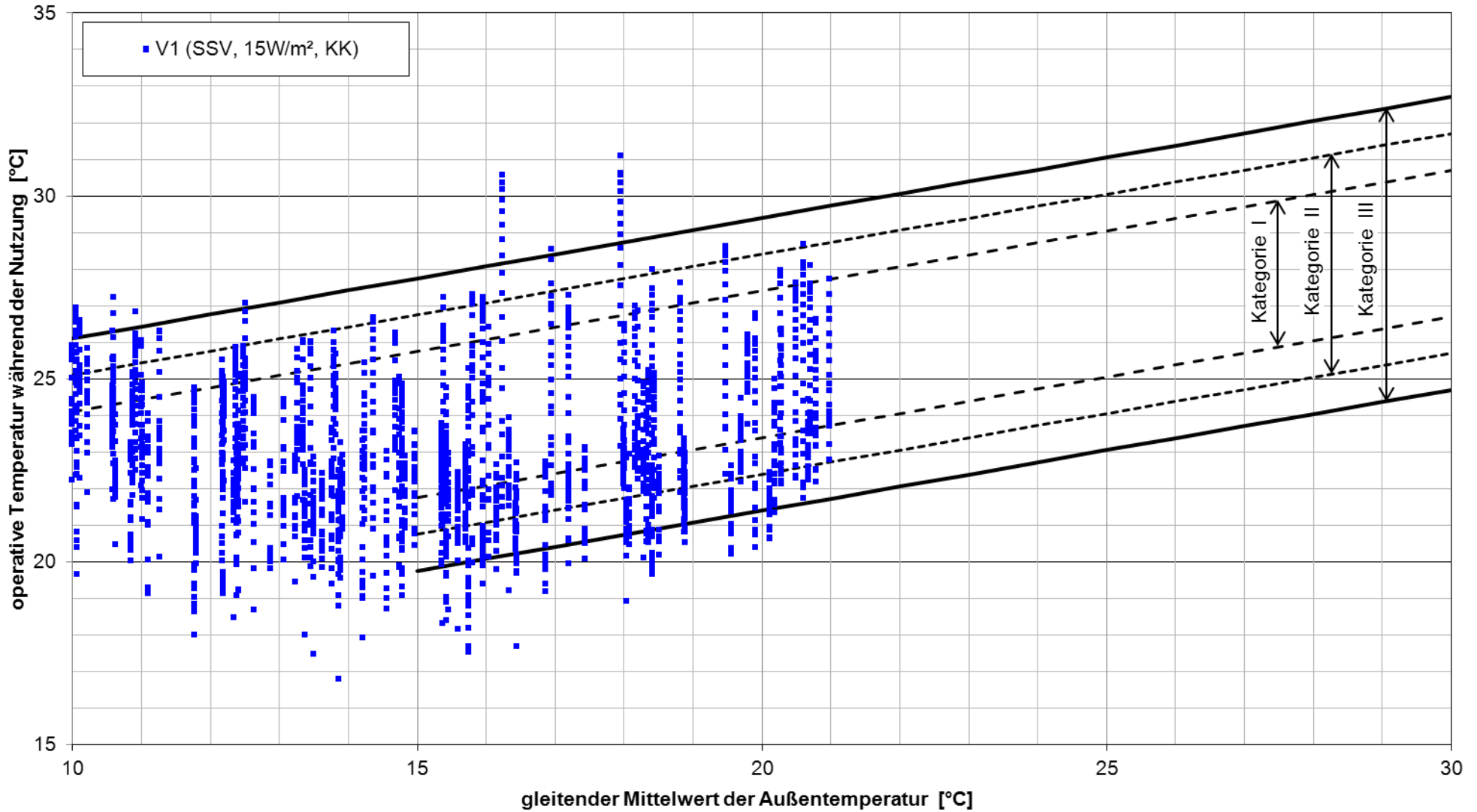
# Simulation IWL Montage

Behaglichkeitskategorien gemäß DIN EN 15251 für ungekühlte Gebäude



# Simulation IWL Montage

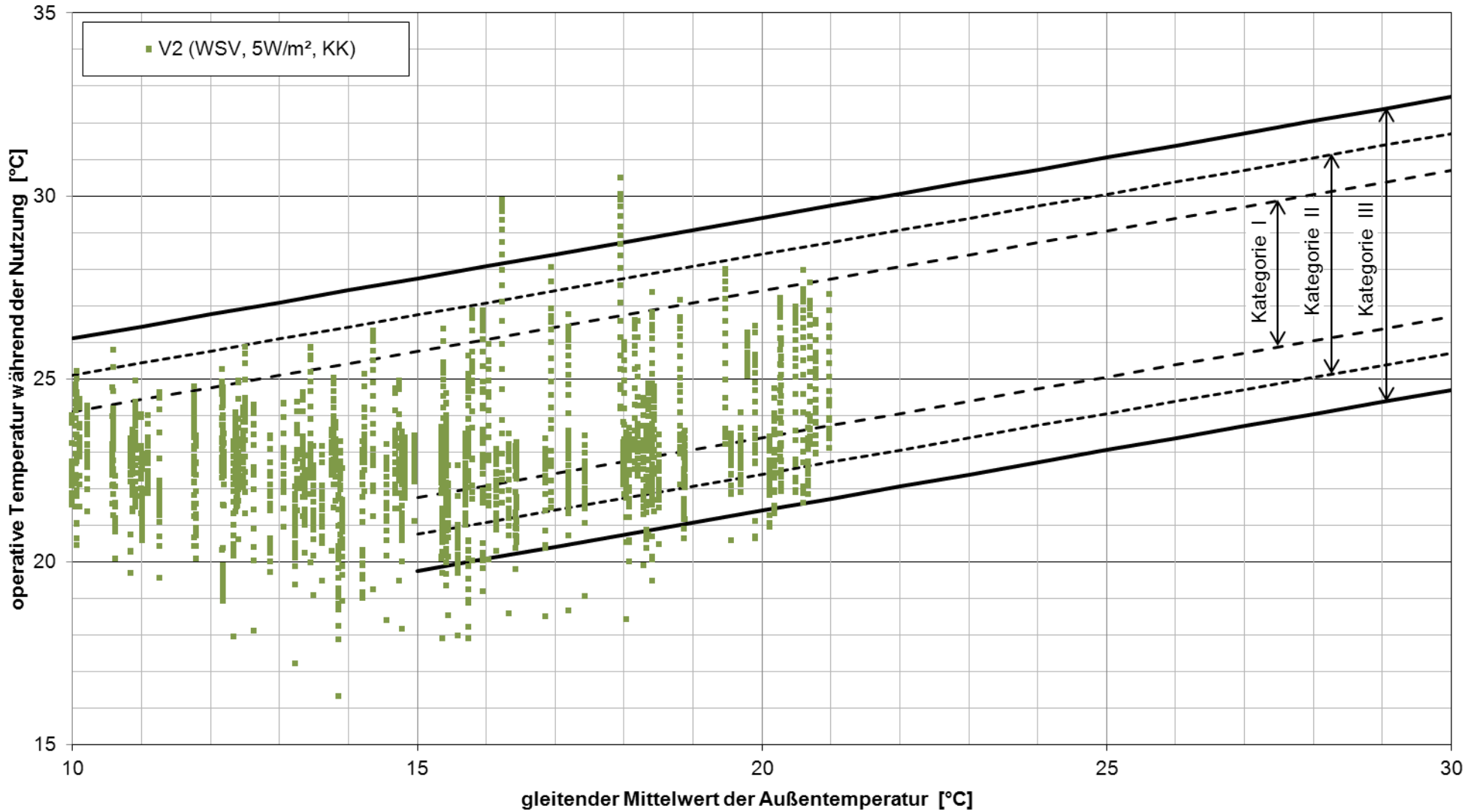
Behaglichkeitskategorien gemäß DIN EN 15251 für ungekühlte Gebäude





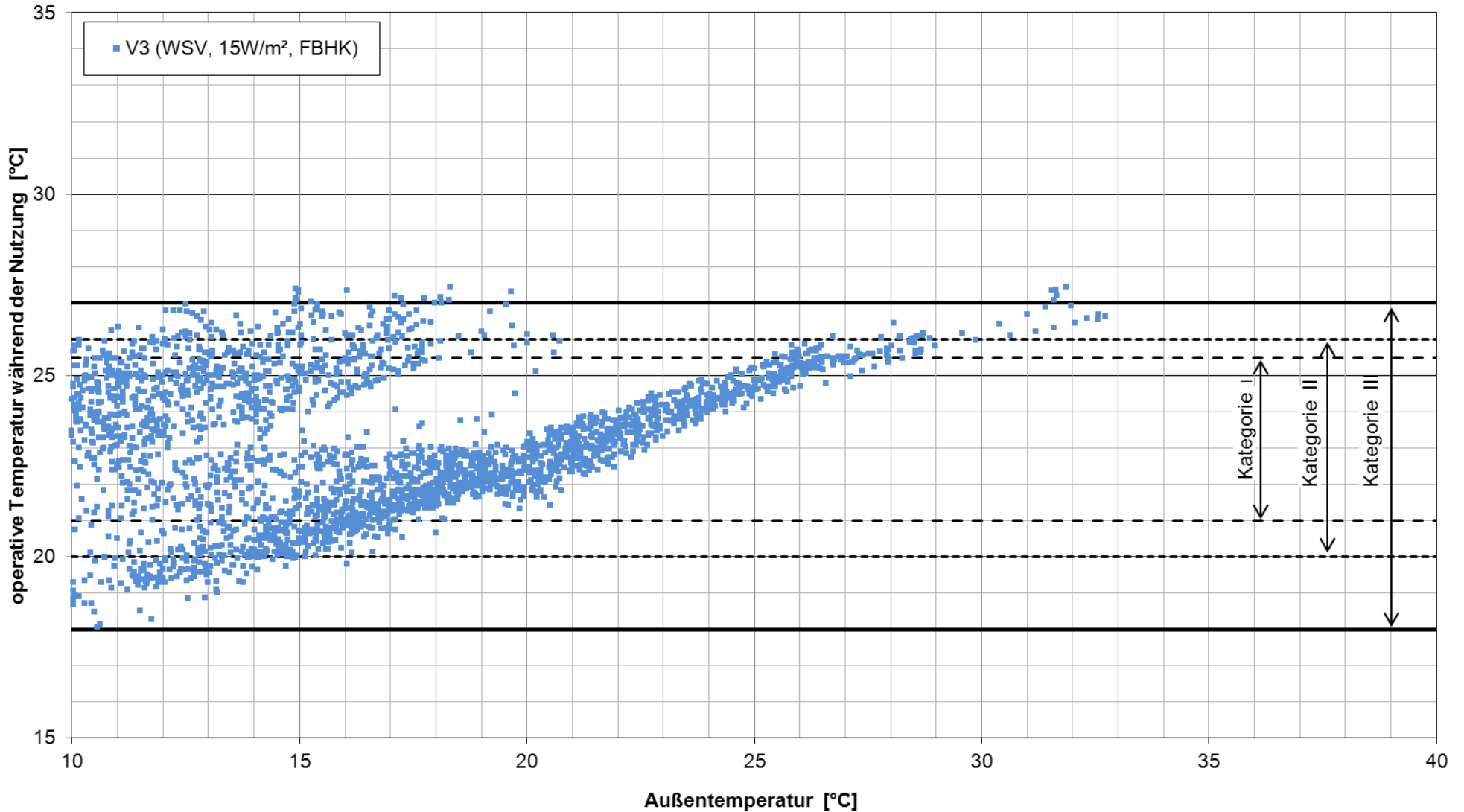
# Simulation IWL Montage

Behaglichkeitskategorien gemäß DIN EN 15251 für ungekühlte Gebäude



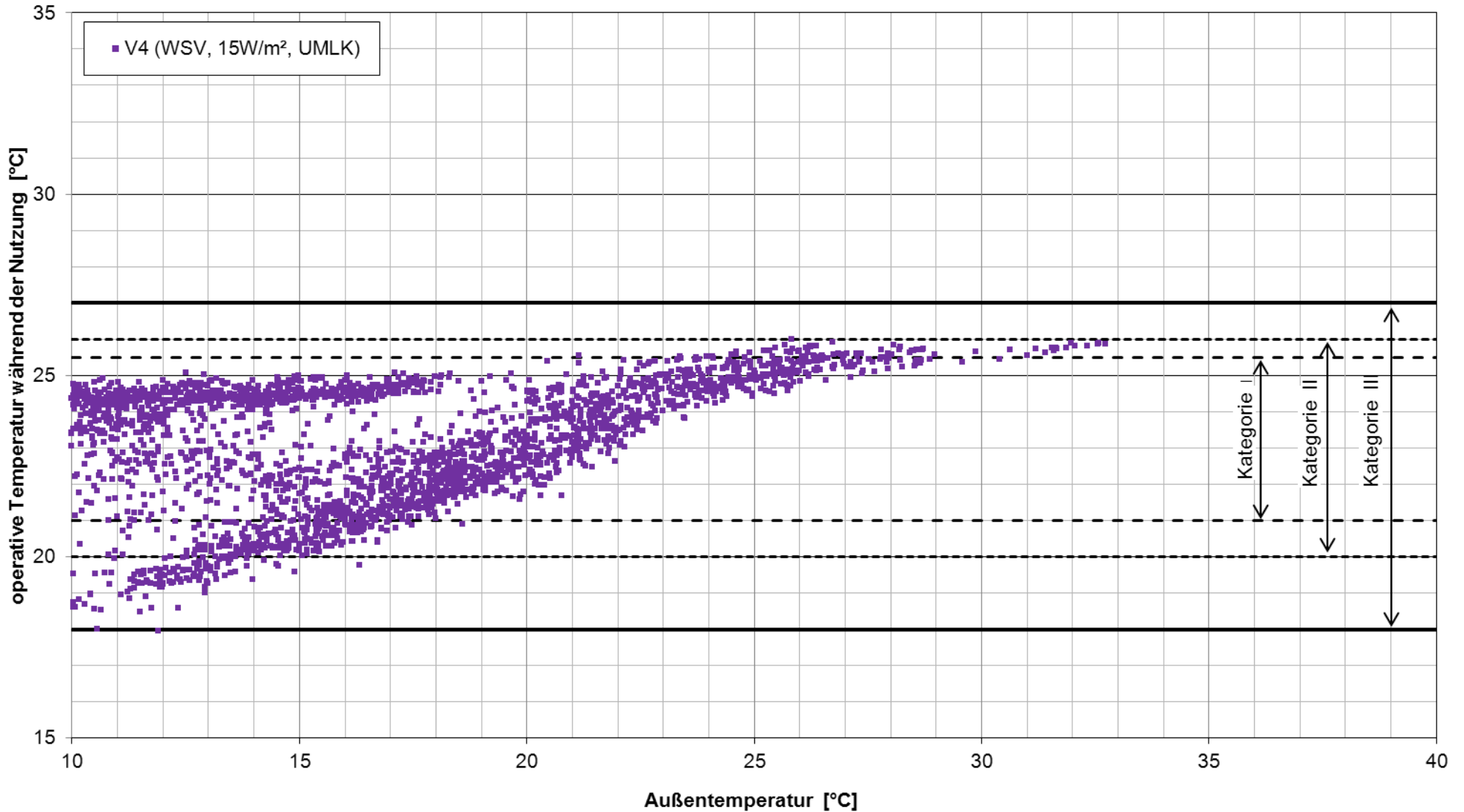
# Simulation IWL Montage

Behaglichkeitskategorien gemäß DIN EN 15251 für gekühlte Gebäude

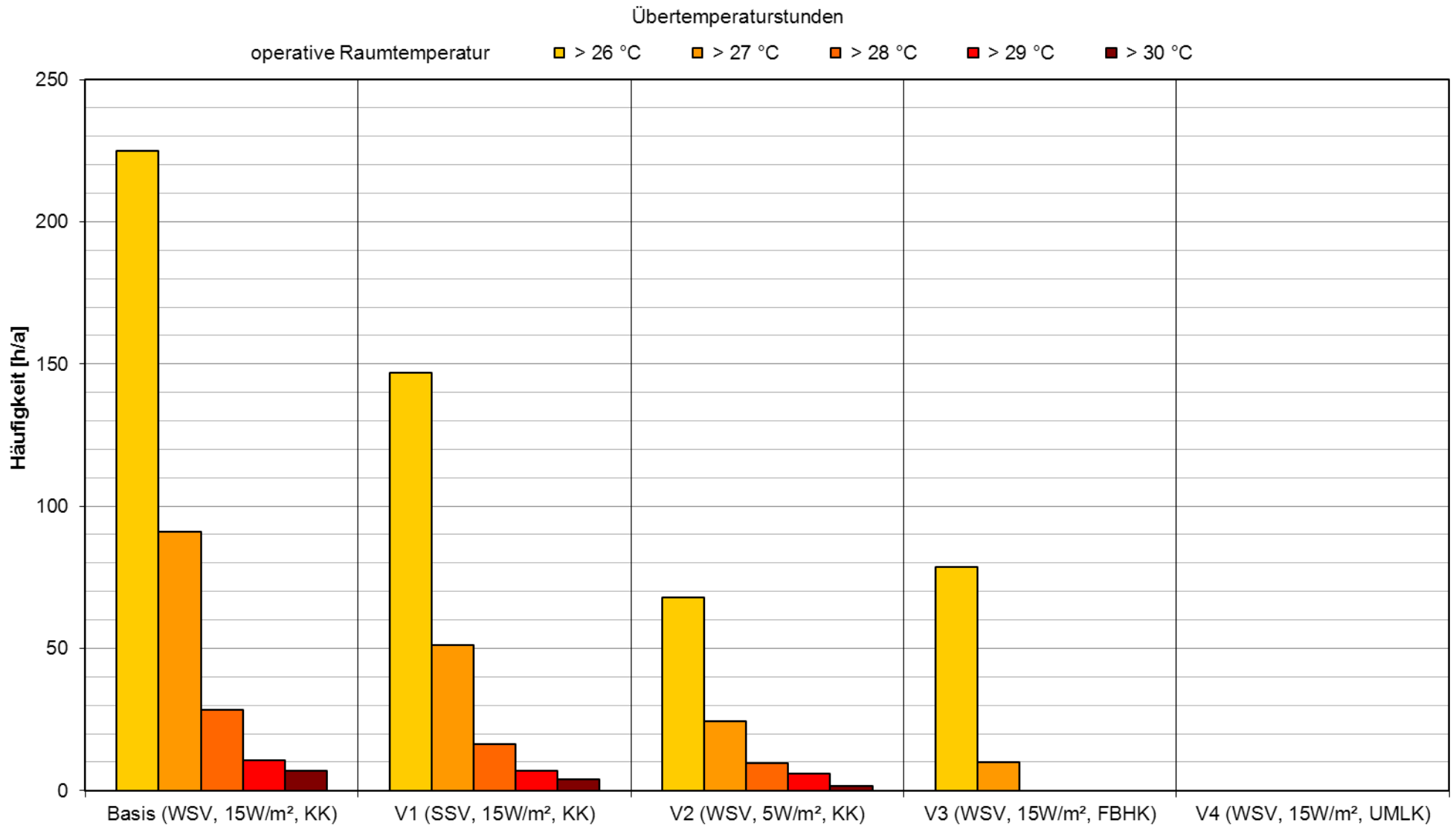


# Simulation IWL Montage

Behaglichkeitskategorien gemäß DIN EN 15251 für gekühlte Gebäude

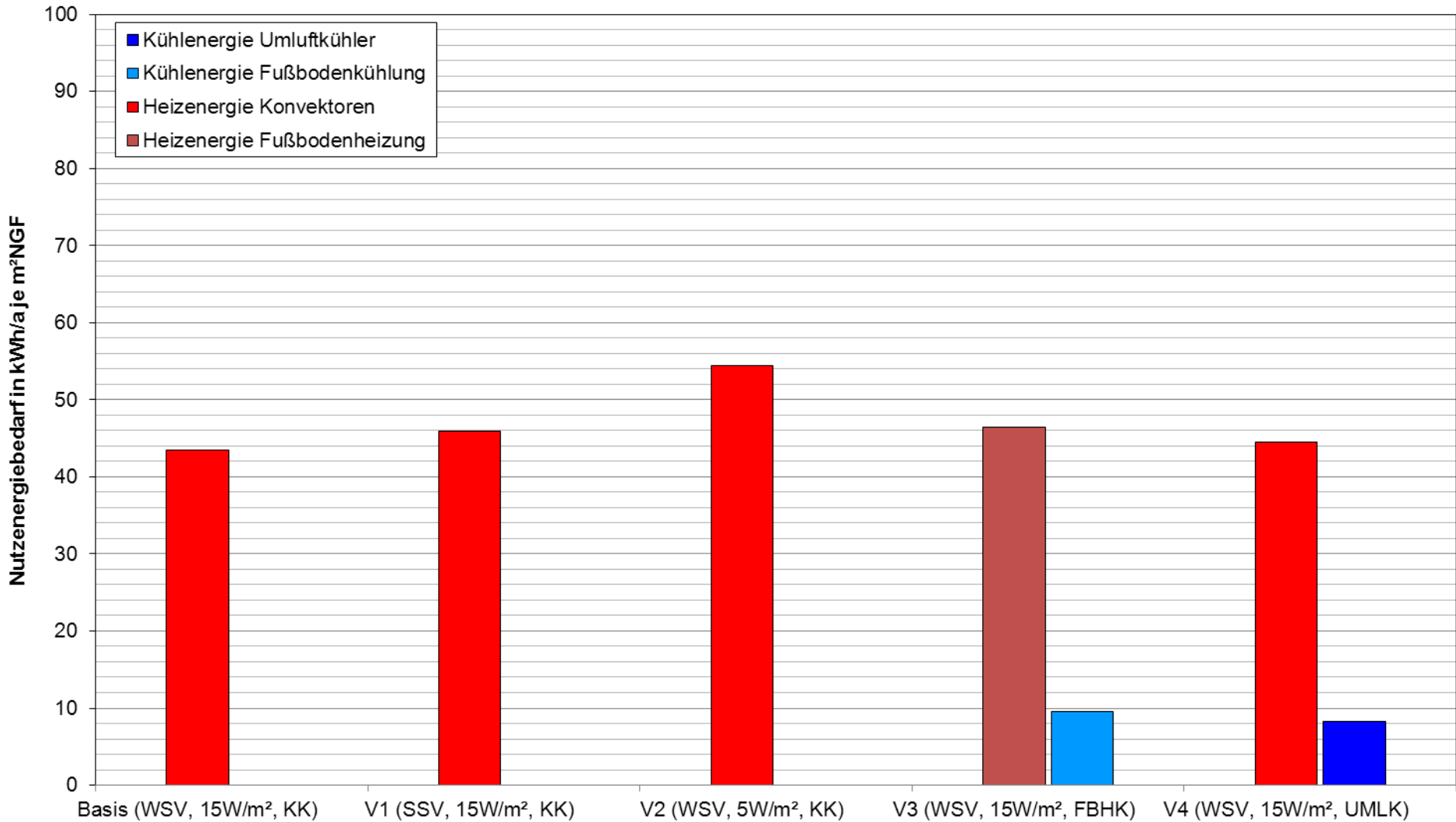


## Simulation IWL Montage



## Simulation IWL Montage

Nutzenergiebedarf in kWh/a je m<sup>2</sup>NGF



## Fazit

Die internen Wärmelasten haben entscheidenden Einfluss auf den sommerlichen Komfort in dem Raum „Montage“. Werden sie von  $15 \text{ W/m}^2$  auf  $5 \text{ W/m}^2$  reduziert, ergeben sich rund 1-2 K niedrigere Raumtemperaturen an heißen Sommertagen, wenn die internen Lasten nicht über die natürliche Lüftung abgeführt werden können. Als Resultat sinken die Überhitzungsstunden deutlicher als es durch Einsatz von Sonnenschutzverglasung der Fall wäre. Die Unterschiede zwischen Wärmeschutz- und Sonnenschutzverglasung sind bei Einsatz des außenliegenden Sonnenschutzes relativ gering (max. 1K Differenz der Raumtemperatur).

Aufgrund ihrer begrenzten Leistung kann mit der Fußbodenkühlung nicht sichergestellt werden, dass bei einer Außentemperatur von  $32^\circ\text{C}$  eine maximale Raumtemperatur von  $26^\circ\text{C}$  unterschritten wird. Wegen der Trägheit des Systems und der Strahlungskälte herrscht aber an normalen Sommertagen ein niedrigeres Temperaturniveau als mit dem Umluftkühler, der nur eingesetzt wird, um die Temperaturspitzen zu kappen. Daher, und weil keine Übergabe- und Regelungsverluste enthalten sind, ist der Energiebedarf für das Umluftkühlsystem geringer als für die Fußbodenkühlung. Allerdings ist für den Umluftkühler ein niedrigeres Temperaturniveau erforderlich, das bei der Kälteerzeugung energetisch unvorteilhaft ist.

Für die Behaglichkeit lässt sich zusammenfassen, dass mit allen Varianten die Behaglichkeitskategorie 3 gemäß DIN EN 15251 eingehalten werden kann. Einzelne „Temperaturausreißer“ sind auf die Regelung der Heizungs- und Lüftungsfreigabe zurückzuführen und können durch eine optimierte Regelung bzw. durch optimales Nutzerverhalten verhindert werden. Ist die Behaglichkeitskategorie 2 gewünscht, ist dies mit Umluftkühlsystemen möglich.

An warmen Sommertagen ist es für die genannten Ergebnisse erforderlich, z.T. ganztägig die Fenster vollständig geöffnet zu lassen. Ist dies aus Schallschutzgründen (z.B. Verringerung der Schall-Immissionen aus der Schreinerei) nicht möglich und können die Fenster nur gekippt werden, erhöhen sich die Raumtemperaturen bei der Basisvariante um bis zu 2K.

Wenn keine Nachtlüftung durchgeführt wird erhöhen sich bei der Basisvariante die Raumtemperaturen während der Nutzungszeiten um bis zu 1K.



## **ISAR-WÜRM-LECH IWL Neubau eines Büro- und Produktionsgebäudes**

Bauherr:  
ISAR-WÜRM-LECH IWL  
Werkstätten für behinderte Menschen  
GmbH  
Landsberg am Lech / Hauptverwaltung  
Rudolf-Diesel-Str. 1  
86899 Landsberg am Lech

Architekt:  
Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH  
Sportplatzweg 5  
A-6858 Schwarzach

Aussteller:  
Ingenieurbüro Hausladen GmbH  
Feldkirchener Straße 7a  
85551 Kirchheim

Tischvorlage:  
**Synergieeffekt Gebäudeheizung über  
Sprinkleranlage  
Vorabzug - Endbericht**

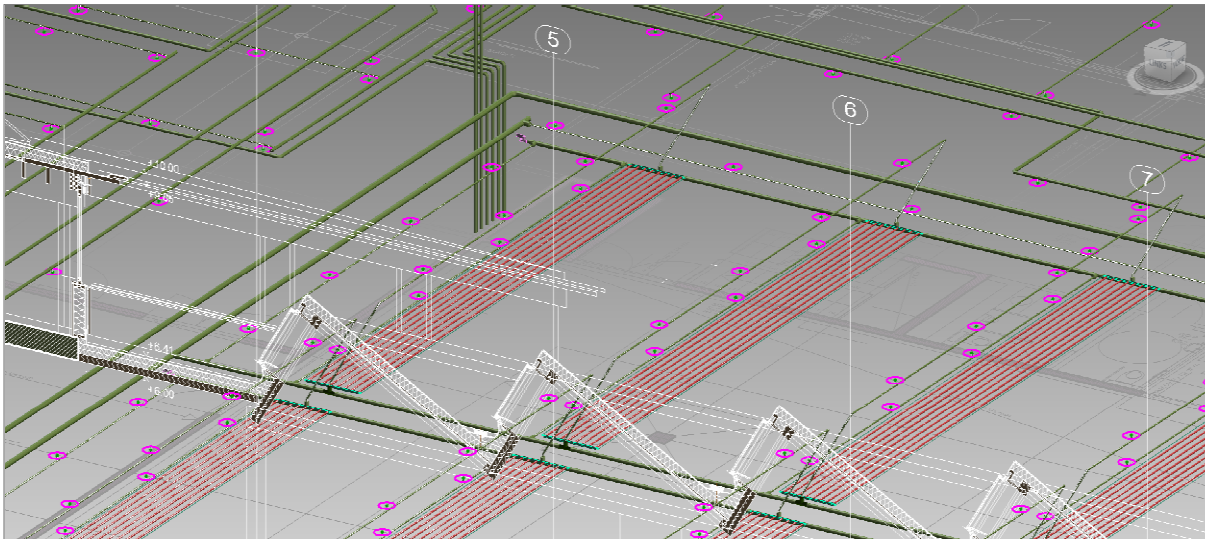
Aufgestellt  
Kirchheim, 04.10.2012

Ingenieurbüro Hausladen GmbH

## 1.0 Vorwort zur Ausgangssituation

Die Beheizung von Werkstattgebäuden und Industriehallen erfolgt in vielen Fällen über Deckenstrahlplatten, welche mit Warmwasser betrieben werden. Je nach baulichen und brandschutzrechtlichen Gegebenheiten kommen in diesen Bereichen ebenfalls Sprinklertechniken zum Einsatz. Beide Systeme werden in Deckennähe platziert. Durch eine Kombination von Sprinkler und Heizung könnte die Installationsdichte an der Decke herabgesetzt werden und die Decke entlastet werden. Dies führt zu mehr Platz und Nutzlastreserven an der Decke, zudem ist hier ein geringerer Koordinationsaufwand in der Planungs- und Bauphase zu erwarten. Im Hinblick auf diesen Sachverhalt stellt sich die Frage, inwieweit Synergieeffekte durch eine sinnvolle Kombination der Gebäudebeheizung und der Sprinklertechnik zur Anwendung kommen können.

Es soll geprüft werden, ob eine Beheizung des Gebäudes über ein überdimensioniertes Sprinklernetz technisch möglich und sinnvoll umsetzbar ist. Hierzu wird eine Machbarkeitsstudie zur Abklärung der rechtlichen und technischen Notwendigkeiten unter Einbeziehung von Sprinklererrichter- / Herstellerfirmen, Brandschutzsachverständigen bzw. des VDS erstellt.



**Dreidimensionale Sprinklerplanung mit hinterlegtem zweidimensionalem Architekturschnitt**



## 2.0 Systembetrachtungen

### 2.1 Temperatur der Sprinklerrohrnetzheizungsanlage

Es wurden mehrere Lösungsansätze für eine Verknüpfung beider Anlagensysteme untersucht. Sowohl Systemverknüpfungen als auch die Nutzung gemeinsamer Komponenten wurden betrachtet. Zwischenergebnis ist, dass aufgrund des Verbrühungsschutzes in Sprinkleranlagen, Löschwassertemperaturen von maximal 40 °C zugelassen werden. Bei Nutzung des Sprinklernetzes für die Beheizung, bzw. die Ertüchtigung des Heiznetzes zu Sprinklerzwecken, erhöht sich die nun benötigte Oberfläche der Heizflächen auf das 3,5-fache der normalerweise benötigten Flächen, soll damit die Wärmeleistung zu 100 % abgedeckt werden. Des Weiteren muss die Anlage für einen höheren Betriebsdruck von mindestens 16 bar ausgelegt werden. Zur Zeit gibt es in Deutschland keine Armaturen und Heizungspumpen, welche in Sprinkleranlagen zugelassen sind.

### 2.2 Löschwassertank / Wärmespeicher

Für Sprinkleranlagen als auch in Warmwasserheizungsanlagen wird Wasser bevorratet. Bei Sprinkleranlagen wird dieses Wasser für den Löschvorgang bevorratet. In Heizungsanlagen nutzt man Speicher für die Bevorratung von

Wärmeenergie zum Beispiel aus solarthermischen, geothermischen oder fossilen Energieträgern. Beide Systeme werden heute schon gemeinsam benutzt. Dabei zu beachten ist, dass wegen des Verbrühungsschutzes, maximal eine Temperatur von 40°C, bei einem Löschvorgang eingelagert werden darf. Die untere Temperaturgrenze darf nicht unter 0°C liegen, um den Löschwasservorrat abzusichern.

Einerseits darf die Löschwassertemperatur nicht über 40°C erwärmt werden, andererseits wird ein großes Löschwasservolumen benötigt. Beides, geringe Temperatur und großes Speichervolumen, begünstigt die Einspeisung von Umweltenergie mit hohem Wirkungsgrad bzw. Jahresarbeitszahl.

### 2.3 Sauerstoffdiffusionsoffen / Hygiene

Sprinklertanks sind als zur Umwelt offenes System auszuführen, wodurch Verunreinigungen und Luftsauerstoff (Korrosion) in das Anlagensystem eingeschleust wird. Bei der Zwischenlagerung von kaltem Wasser ist die verbesserte Aufnahme von Sauerstoff im Wasser zu beachten. Weiterhin ist darauf zu achten, dass durch Anhebung der Wassertemperaturen die Biologie im Wasser angeregt wird. (Verschlammung des Rohrnetzes, Legionellenrisiko)

Beim versprühen von dauerhaft warmen Wasser aus Sprinkleranlagen sind ähnlich, wie bei einem offenen Kühlturm die beaufschlagten Personen einem erhöhtem Bakterien- (z.B. Legionellen) und Virenrisiko (z.B. Adenoviren) ausgesetzt.

### 2.4 Rohrnetz

Sprinkleranlage als auch Warmwasser-Heizungsanlagen weisen ein Rohrnetz auf. Bei der Sprinkleranlage besteht die Funktion des Rohrnetzes darin, das Löschwasser im Brandfall zum Brandort zur Belöschung zu transportieren. Bei der Warmwasserheizung zirkuliert erwärmtes Wasser im Rohrnetz um an den Baukörper Wärme abzugeben.

### 2.5 Sprinklernetz

In einem Sprinklerrohrnetz steht bei einer Nassanlage stagnierendes Wasser unter hohem Druck in den Leitungen, bis es an einem ausgelösten Sprinkler austritt. Ein Druckwächter löst über die Brandmeldeanlage Alarm aus und schaltet die Sprinklerpumpe an. Ein Paddelströmungswächter zeigt die auslösende Anlagengruppe an. Das Löschwasser strömt bei

konventionellen Anlagen nur bei den turnusmäßigen Wartungsarbeiten bzw. im Ernstfall in den Leitungen, ansonsten stagniert es. Das Sprinklerrohrnetz hat „nur“ einen Vorlauf, einen Rücklauf gibt es nicht.

## 2.6 Heizungsnetz

In einem Heizungsrohrnetz hingegen zirkuliert das Heizungswasser im Heizfall ständig. Es hat einen Vor- und einen Rücklauf. Im Wesentlichen gibt es zwei Möglichkeiten das Heizwasser in Umlauf zu halten. Mechanisch durch eine Heizungsumwälzpumpe oder thermisch mittels Schwerkraft. Bei letzterem wird der physikalische Effekt ausgenutzt, das erwärmte Wasser durch seine geringere Dichte aufsteigt und das sich abkühlende Wasser aufgrund der größeren Dichte über die Schwerkraftwirkung absinkt.

## 2.7 Schwerkraftheizung

Bei einer Schwerkraftheizung sind einige grundlegende Planungsansätze strikt einzuhalten. Zwei der wichtigsten sind zum einen große Rohrdurchmesser, um der geringen antreibenden Schwerkraft wenig

Rohrreibungsverluste entgegenzusetzen. Zum anderen dürfen keine thermischen Fallen, also wechselnde Hoch- oder Tiefpunkte in der Leitung eingebaut sein. Auf ein kontinuierliches Aufsteigen, ausgehend von der Wärmequelle und ab dem höchsten Punkt kontinuierliches Gefälle der Rohrleitung ist zu achten. Beide Voraussetzungen sind bei einer Sprinkleranlage gegeben. Große Rohrleitungsquerschnitte um im Ernstfall eine große Menge Löschwasser zum Einsatzort zu bringen und ein kontinuierliches Gefälle des gesamten Netzes um eine restlose Entleerbarkeit zu gewährleisten. Im Brandfall stehen dem vermaschten Sprinklerrohrnetz der Nassanlage nach Einsatz der Sprinklerpumpe sowohl Vor- als auch Rücklauf zur Verfügung um das Löschwasser zum Brandort zu befördern, ein zusätzlicher Synergieeffekt der bewirkt, dass die Zuleitung mit geringerem Durchmesser, als bei einer reinen Sprinkleranlage, installiert werden kann.

## 2.8 Schwerkraftheizung – das VdS-konformere System

Automatisierte Feuerlöschsysteme müssen im Ernstfall unter extremen Bedingungen zuverlässig eine kalkulierte Zeit lang funktionieren. Um dies sicherzustellen wird die Feuerlöschtechnik durch ein strenges und strikt einzuhaltendes Regelwerk begleitet. Der Verband

der Sachversicherer – VdS – legt nochmals höhere Maßstäbe an, als es die gesetzlichen Vorschriften verlangen. Abweichungen von diesen Vorschriften und Verordnungen sind im Regelfall nicht zu bekommen.

Fast alle in der Heizungstechnik eingesetzte Bauteile wie Ventile, Heizungsumwälzpumpen usw. haben keine VdS-Zulassung bzw. entsprechen nicht den Vorschriften für die Feuerlöschtechnik.

Die Schwerkraftheizung die im wesentlichen aus dem Rohrnetz selbst besteht, hat hier gegenüber der Pumpenwarmwasserheizung wenig Kollisionspunkte bezgl. den Vorschriften des VdS.

Das Rohrnetz von Nassanlagen darf, entgegen zu Trocken- und vorgesteuerten Trockenanlagen vermascht werden. Letztgenannte zwei Anlagentypen fallen aufgrund der systembedingten Befüllung mit Druckluft für Heizzwecke ohnehin aus.

## 2.9 Synergieeffekt Heizung mit Deckenstrahlplatten und Sprinklerrohrnetz

Die Untersuchung hat ergeben, dass der Synergieeffekt bei der Beheizung durch Deckenstrahlplatten in der mittels Sheds belichteten Halle der Holzwerkstatt nicht

dadurch entsteht, dass man das Heizungsrohrnetz mit den Deckenstrahlplatten als Sprinklerrohrnetz verwendet, sondern dass man die unisolierten Rohrleitungen der Sprinkleranlage durch entsprechende Vermaschung als Heizung verwendet. Der Synergieeffekt zeigt sich dadurch, dass durch die Beheizung mittels Sprinklerrohrnetz, bei den Deckenstrahlplatten 40% der Heizflächen eingespart werden kann. Demgegenüber steht ein Mehraufwand für die zusätzlichen Rücklaufrohrleitungen der Sprinkleranlage, welche aufgrund der Vermaschung mit geringeren Rohrdurchmessern installiert werden kann und die zusätzliche Installation eines Rohrbündelwärmeaustauschers an.

(Siehe Zeichnungen auf den Seiten 7-9)

### 2.10 Bauteilaktivierung mittels Sprinklernetz

Bei dem Neubau der IWL - Werkstätten für behinderte Menschen GmbH, sind nicht nur die Werkstätten, welche mit Deckenstrahlplatten beheizt werden zur gemeinsamen Nutzung von Feuerlöschtechnik und Heizung möglich. Es hat sich gezeigt, dass die Bereiche der Kommissionierungsschreinerei, des Shops, Zwischenlagers, Auslieferung, Eingang, Sozialbereiche und Büros, welche als oberen Abschluss eine Stahlbetondecke haben, vorzüglich zur Bauteilaktivierung mittels Sprinklerrohrleitungen ge-

eignet sind. Dies wird zusätzlich dadurch erleichtert, dass es bereits durch den Systemanbieter Rehau ein durch den VdS anerkanntes und zugelassenes Sprinkleranlagensystem zum eingießen in Stahlbetondecken gibt.

Beim IWL haben die Decken eine Gesamtstärke von 450 mm, wobei auf den Stahlbetonkern 300 mm entfallen. Die Kunststoffleitungen des Sprinklersystems sind mit mindestens 60 mm Beton allseitig zu umhüllen. Es bietet sich auch für Beheizungszwecke als Deckenheizung an, die Rohrleitungen direkt auf die unterste Bewehrungslage zu verlegen. Die Auslässe der Sprinklerköpfe werden mittels speziellen VdS-zugelassenen Töpfen auf die Verschalung montiert.

### 2.11 Sprinklertank als Wärmespeicher

Die Möglichkeit den Sprinklertank mit 500 m<sup>3</sup> Wasserinhalt mittels der Kompressorenabwärme als Wärmespeicher zu nutzen wurde untersucht. Dabei kann die Wärme sowohl mittels Wärmepumpe genutzt werden, als auch zur Beheizung der Decken über das Sprinklerrohrnetz verwendet werden. Die Grafik auf Seite 10 veranschaulicht die technische Umsetzung.

## 3.0 Simulation

Simuliert wurde in unserem Hause ein vermaschtes Sprinklerrohrnetz DN32, welches im Abstand von 3,7 m jeweils einen Sprinkler aufweist. Als Wandabstand waren mindestens 1,85m einzuhalten. Diese Anordnung der Sprinkler ist genau dieselbe, welche die Werkstätten für Menschen mit Behinderungen gemäß Baugenehmigungsaufgaben benötigt. Für die Simulation wurde gemäß den Bestimmungen von einer maximalen Vorlauftemperatur von 40°C ausgegangen. Als Rücklauf wurde von einer minimalen Übertemperatur von 5K über der gewünschten Raumtemperatur ausgegangen.

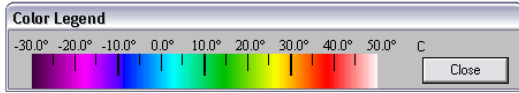
Speziell wurden zwei Fälle untersucht.

1. Beheizung der Hallen auf 18°C und
2. Frostfreihaltung auf 5°C

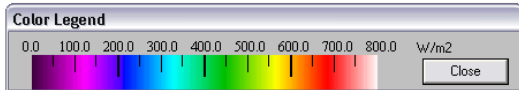
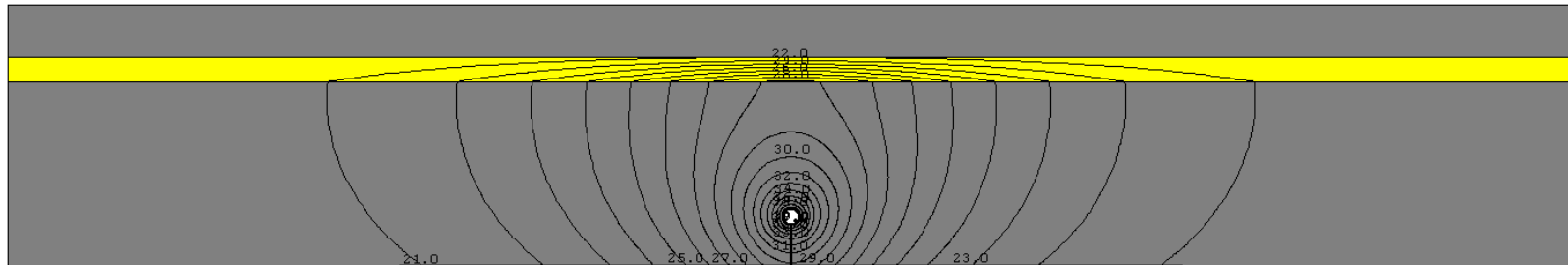
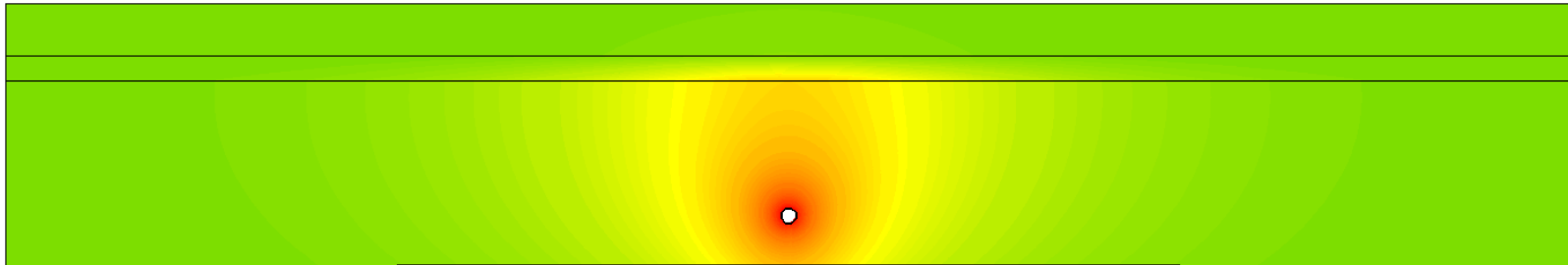
Im ersten Fall ergibt sich eine mittlere Heizleistung der aktivierten Stahlbetondecke von 13 W/m<sup>2</sup> bei einer Temperaturspreizung von 17 K und im zweiten Fall von 19 W/m<sup>2</sup> bei einer Temperaturspreizung von 30 K, jeweils für den Wärmestrom nach unten.

Hierdurch kann je nach Ort zwischen 100% (innerer gefangener Raum ohne Fassaden-/Außenanteil) und ca. 33% (Raum mit zwei Fassaden-/Außenflächen) an Heizflächen gegenüber konventionell getrennten Heiz- und Feuerlöschsystemen eingespart werden.

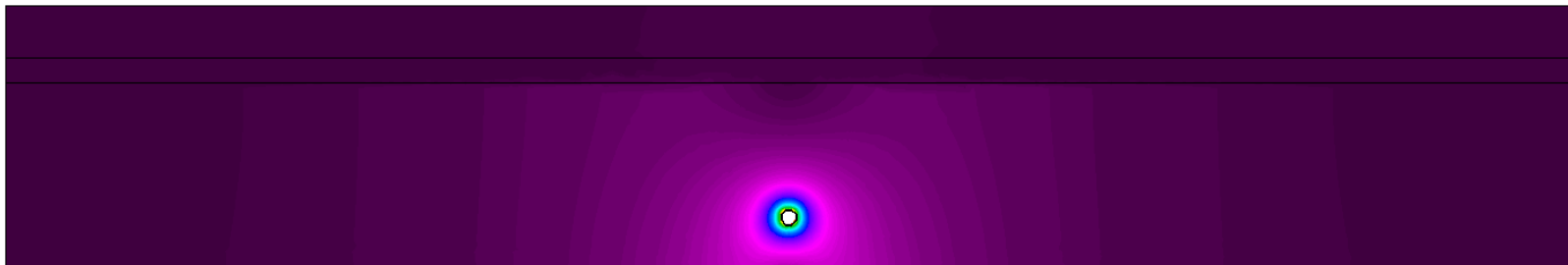
(Siehe Grafiken auf der Seite 6)

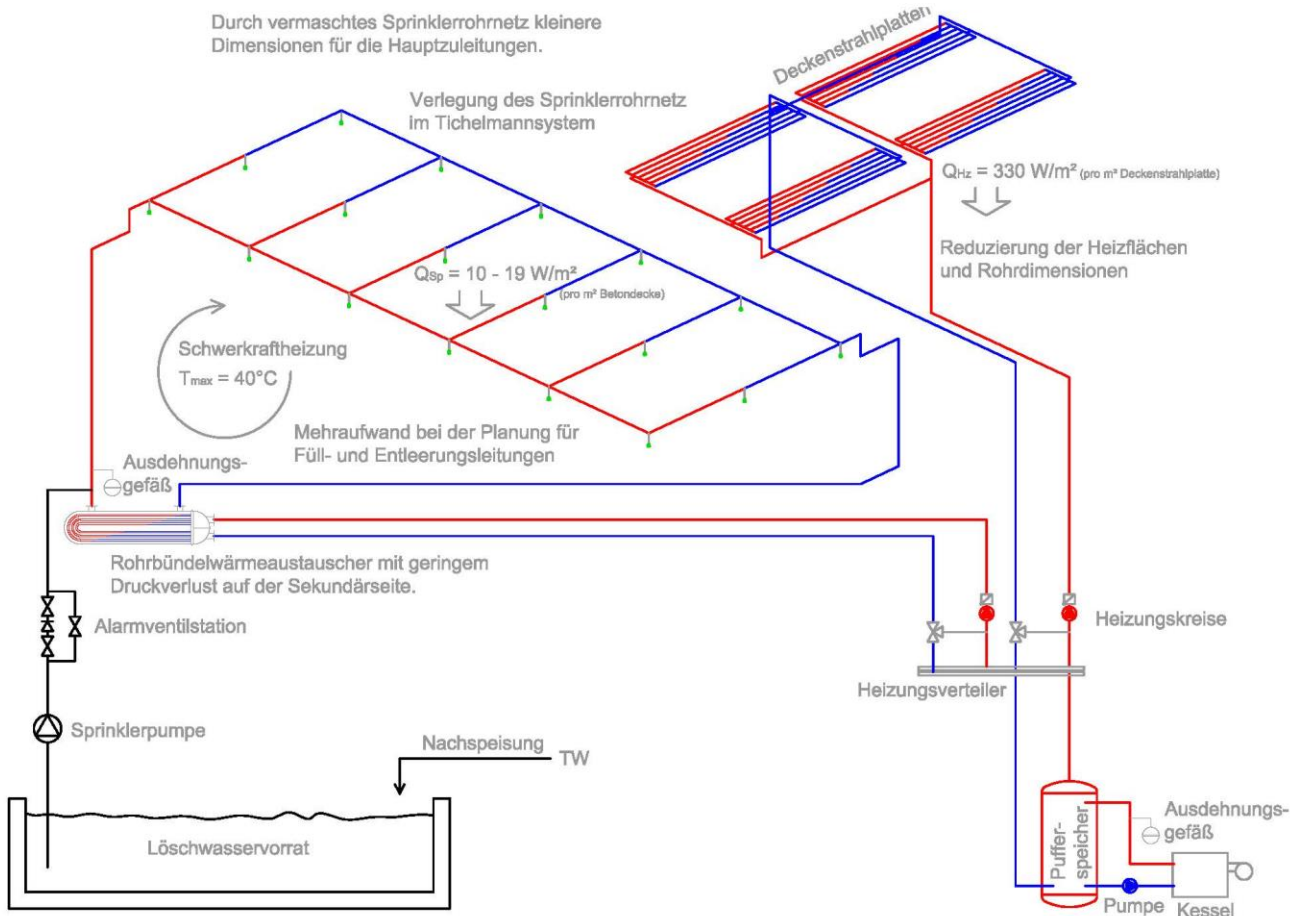


Temperaturverteilung innerhalb der aktivierten Stahlbetondecke



Wärmestromdichte innerhalb der aktivierten Stahlbetondecke





←

Die Grafik links zeigt die grundsätzliche Situation bei der IWL

↓ (Seite 8)

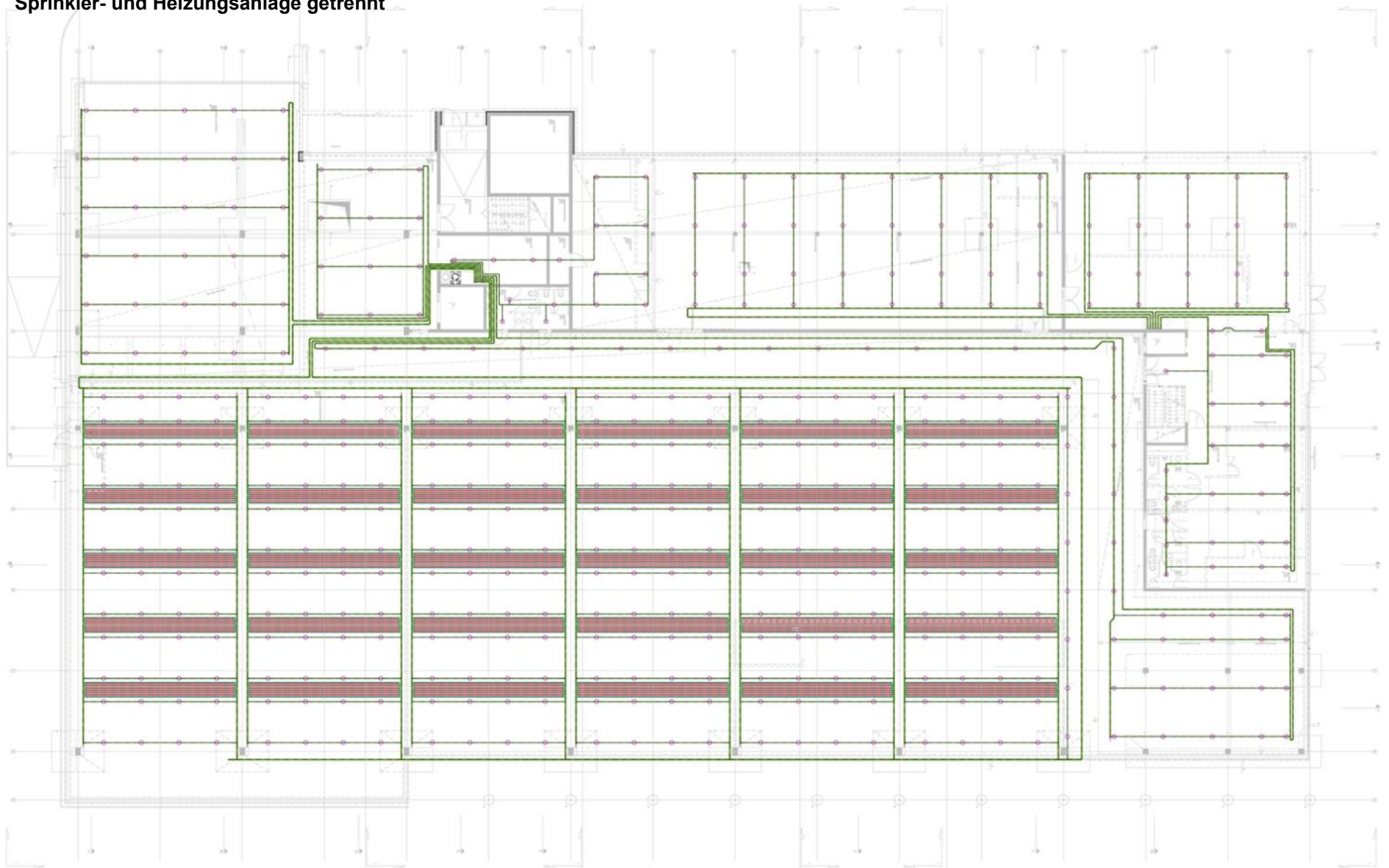
Vermaschtes Sprinklerrohrnetz und Deckenstrahlplatten in der Schreinerei unterhalb der shedbelichteten Hallen ohne Synergieeffekt bei getrennter Verwendung.

↓ (Seite 9)

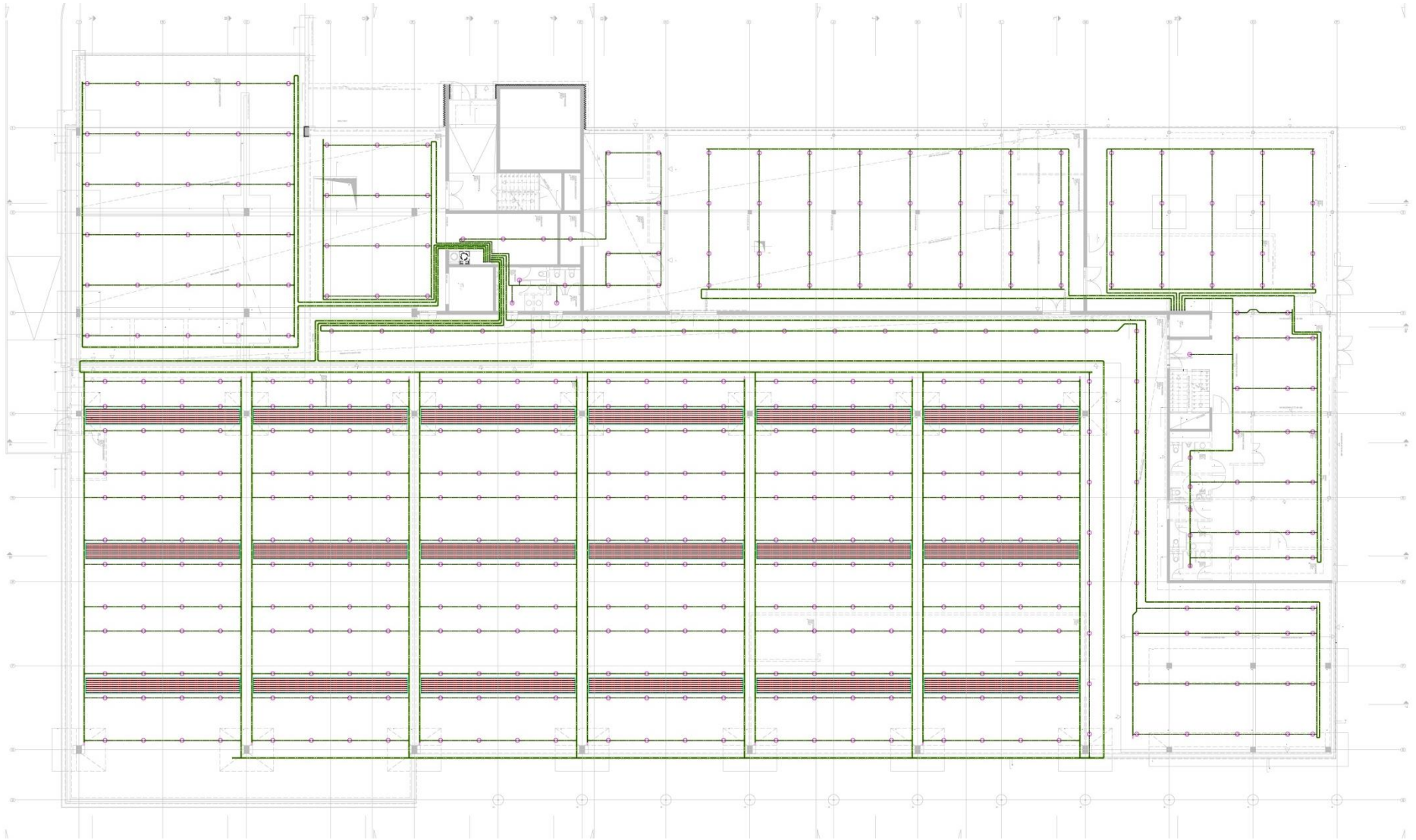
Vermaschtes Sprinklerrohrnetz mit 40% Einsparung der Deckenstrahlplatten in den shedbelichteten Hallen.



**Sprinkler- und Heizungsanlage getrennt**

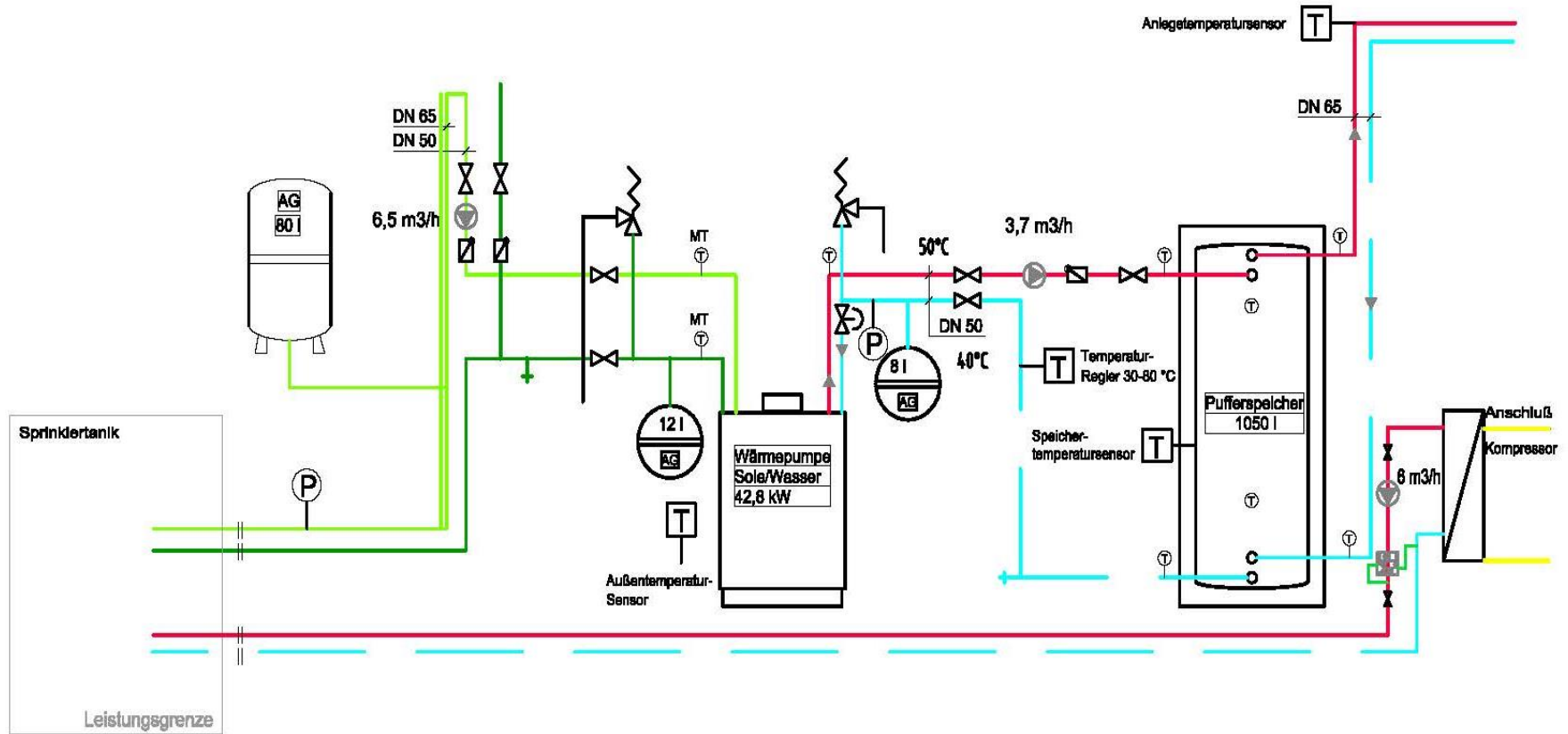


Reduzierung der Deckenstrahlplatten um ca.  
40% durch Synergieeffekt



**Sprinklertank als Wärmespeicher  
bis maximal 40°C**

Regelventil nicht wie ausgeschrieben als Heizungsmischer, sondern als Dreiwegeventil DN 50, kvs-Wert 40, mit Dreipunkt-Antrieb 230 V, z.B. Honeywell XA50-40 mit A1N.





## 4.0 Zusammenfassung

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Nutzung des Sprinklerrohrnetzes für Heizzwecke sehr gut geeignet ist um Installationsdichten im Deckenbereich zu reduzieren. Dies trifft besonders bei den IWL-Werkstätten zu, da hier große Hallen mit vergleichsweise niederen Temperaturen zu beheizen sind.

Interessanterweise hat sich gezeigt, dass gerade die Nutzung eines in die Betondecke integrierten Sprinklerrohrnetzes, welches bisher nur durch einen Hersteller für den deutschen Markt eine VdS-Zulassung hat, sich am besten umsetzen lässt. Auf einen vollständigen Verzicht auf zusätzliche Heizflächen oder anderweitige Beheizungssysteme kann man in beheizten Räumen bzw. Werkstätten oder Hallen nicht verzichten. Die zusätzlich einzubringende Heizleistung vermindert sich jedoch in einem Bereich zwischen 20 – 40%.

Für den Fall, das eine Halle „nur“ frostfrei gehalten werden muss, ist das System jedoch geeignet ohne zusätzliche weitere Heizflächen auszukommen. Für die Sprinklerrohrleitung entfällt auch eine sonst notwendige elektrische Begleitheizung einschl. der anzubringenden Isolierung, bzw. die kostenintensivere Installation einer trockenen Sprinkleranlage.

Weitergehende Untersuchungen sind notwendig. Besonders ist der Bereich des normativen Regelwerks mit den Ausschüssen und des Verbandes der Sachversicherer stärker mit einzubeziehen. Eine direkte Berücksichtigung

des Heizfalls über die Sprinkleranlage in den Normen und Vorschriften sollte das Ziel sein

Weiter könnte man bei einer bestehenden Sprinkleranlage durch entsprechende Erweiterung des Sprinklernetzes das Schwerkraftheizungsprinzip empirisch testen um gesicherte auslegungsrelevante Daten für eine Schwerkraftheizungsanlage, welche mit einer maximalen Vorlauftemperatur von 40°C betrieben wird zu erhalten.

## **ISAR-WÜRM-LECH IWL Neubau eines Büro- und Produktionsgebäudes**

Bauherr:  
ISAR-WÜRM-LECH IWL  
Werkstätten für behinderte Menschen  
GmbH  
Landsberg am Lech / Hauptverwaltung  
Rudolf-Diesel-Str. 1  
86899 Landsberg am Lech

Architekt:  
Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH  
Sportplatzweg 5  
A-6858 Schwarzach

Aussteller:  
Ingenieurbüro Hausladen GmbH  
Feldkirchener Straße 7a  
85551 Kirchheim

Tischvorlage 10:  
**Aktualisierung der  
Thermischen Simulation der Schreinerei**

Aufgestellt  
Kirchheim, 27.11.2012

Ingenieurbüro Hausladen GmbH



| Inhalt                                 | Seite |
|--|-------|
| 1.0 Einleitung                         | 3     |
| 2.0 Variantenuntersuchung Absaugung    | 4     |
| 3.0 Variantenuntersuchung Sonnenschutz | 7     |
| 4.0 Blendschutz                        | 10    |
| 5.0 Fazit                              | 11    |

## 1.0 Einleitung

Die thermische Simulation der Schreinerei wurde an den aktuellen Planungsstand angepasst. Hierbei wurden bei dem bisherigen Ausgangsfall (vgl. Tischvorlage 3) folgende Änderungen vorgenommen:

- Anpassung der Fensterflächen der Nordsheds an den aktuellen Planungsstand
- Berücksichtigung der Verschattung der Nordsheds durch die horizontalen Träger
- Anpassung der g-Werte an die aktuelle Planung:  
0,28 Nordsheds  
0,50 Fassaden
- Eingabe des Raffstores im unteren Bereich der Südfassade
- Berücksichtigung der Absaugung

Weitere Änderungen wurden nicht vorgenommen.



## 2.0 Variantenuntersuchung Absaugung

Für die Absaugung liegt noch keine Planung vor. Daher wurden zum Betrieb der Absaugung folgende Annahmen getroffen:

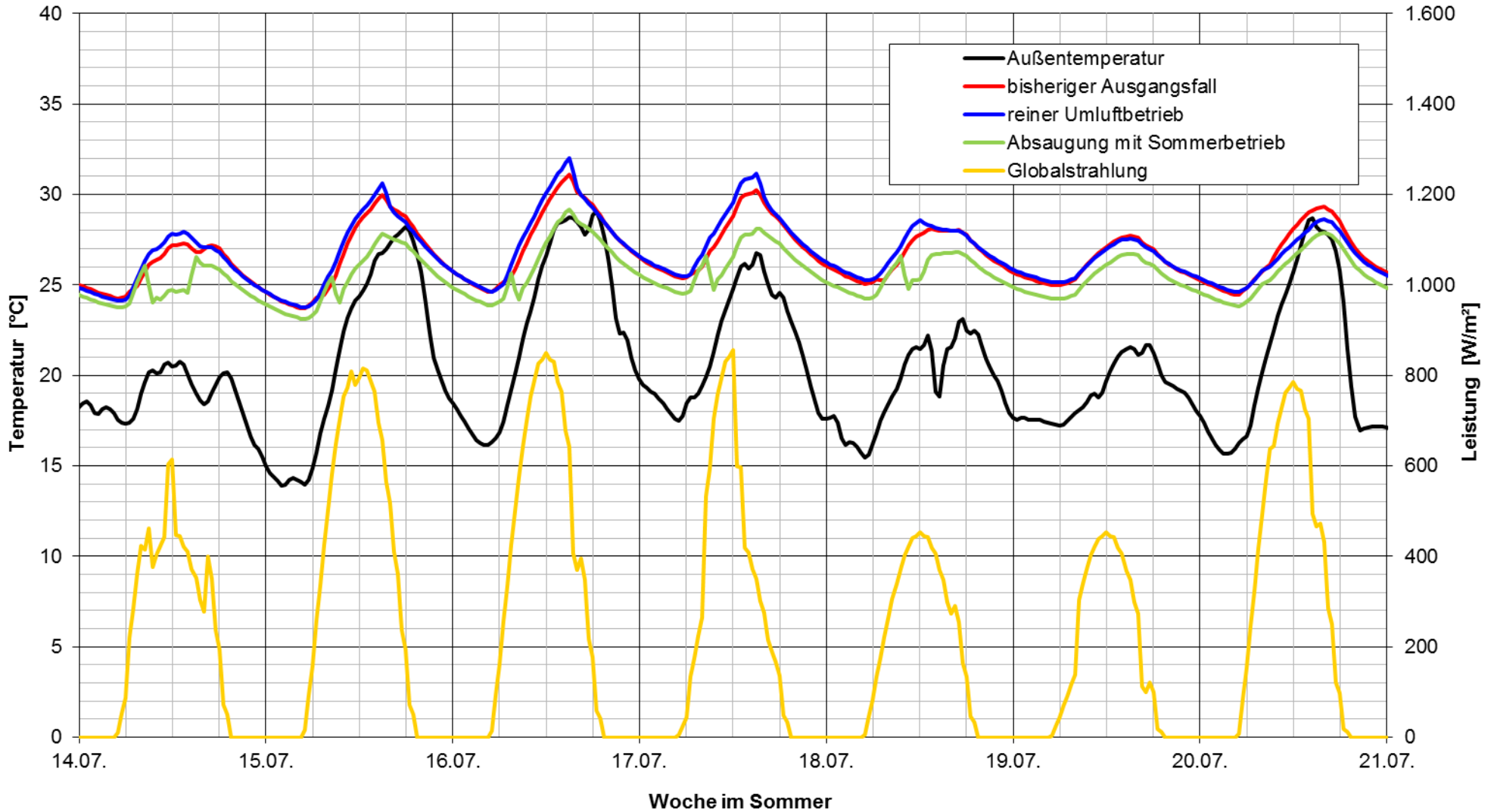
- Luftmenge 60 000 m<sup>3</sup>/h
- konstante Luftmenge während der Betriebszeit (da keine Angaben zum Teillastbetrieb vorliegen)
- Die Absaugung wird im Normalfall im Umluftbetrieb betrieben. Hierbei wird an den Maschinen die Abluft abgesaugt. Über Filter wird die Abluft gereinigt und anschließend wieder in die Werkstatt eingeblasen. Die Filteranlagen stehen im Kontakt zur Außenluft, daher kühlt sich die Umluft im Winter ab und im Sommer erwärmt sie sich. Zusätzlich wird die Umluft durch die Abwärme des Ventilators um ca. 2 K erwärmt. Für die Simulation wurde die Zulufttemperatur folgendermaßen abgeschätzt:  $T_{\text{Zuluft}} = T_{\text{Raumluft}} + (T_{\text{Außenluft}} - T_{\text{Raumluft}}) * 0,1333 + 2$
- Im Sommer besteht die Möglichkeit die Abluft nach der Filterung nicht wieder in das Gebäude einzublasen sondern nach außen abzuführen. Dadurch entsteht in der Schreinerei ein Unterdruck und die Außenluft strömt über die geöffneten Fassadenklappen in die Schreinerei nach.

Auf der folgenden Seite sind die Ergebnisse unterschiedlicher Strategien zum Betrieb der Abluftanlage dargestellt. In der Variante „reiner Umluftbetrieb“ wird die Absaugung immer im Umluftbetrieb gefahren. Bei der Variante „Absaugung mit Sommerbetrieb“ wurde davon ausgegangen, dass bei Außentemperaturen über 20 °C die Fortluft ins Freie geblasen wird und über die geöffneten Fassadenklappen die Außenluft in die Schreinerei nachströmt.

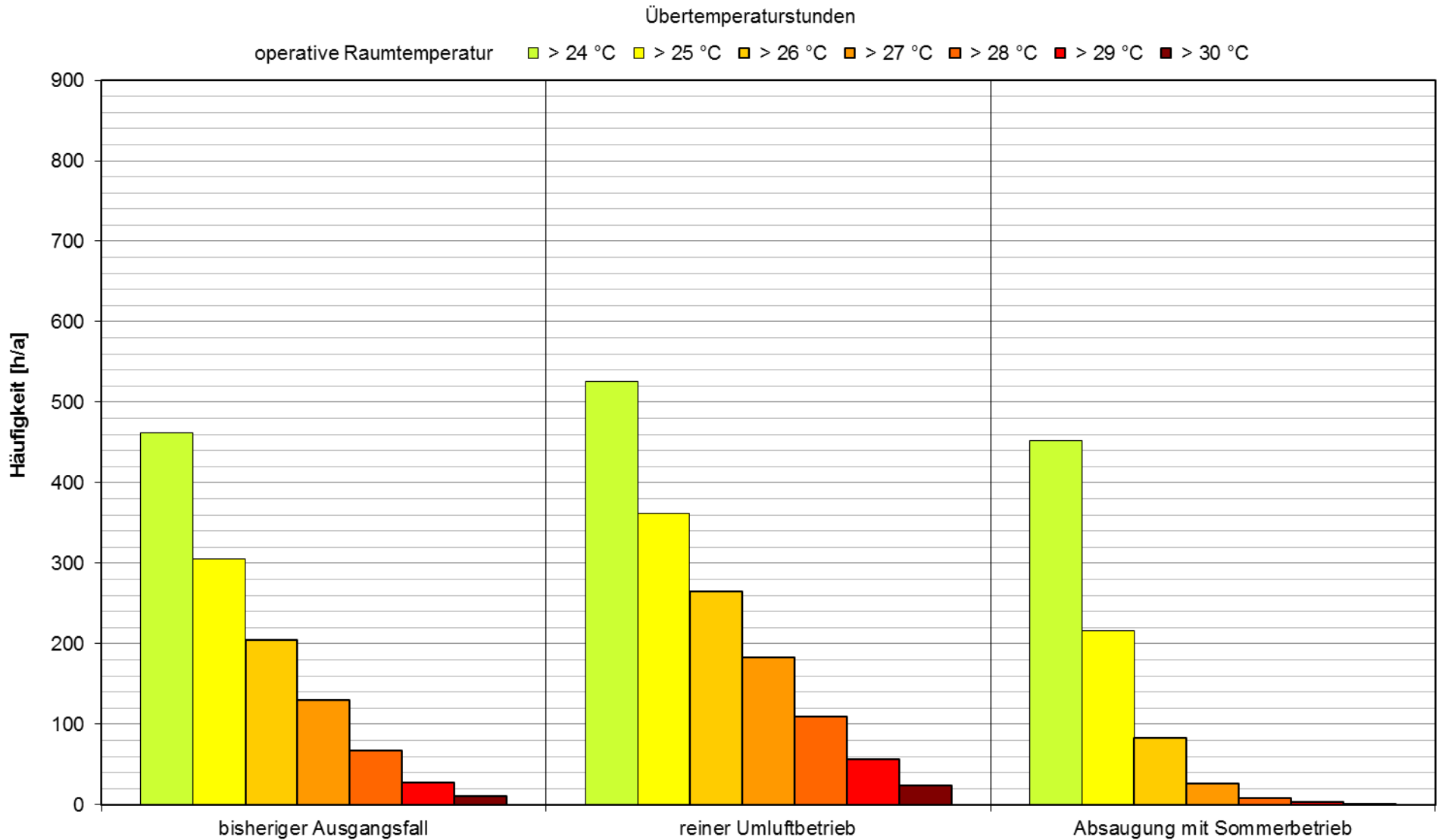
Es zeigt sich, dass die Variante „Umluft und Sommerbetrieb Absaugung“ zu einem verbesserten sommerlichen Komfort führt. Daher sollte dieser Betrieb umgesetzt und bei der Regelung der Absaugung und der Fassadenklappen berücksichtigt werden.

# Variantenuntersuchung Absaugung

Verlauf der operativen Raumtemperatur



## Variantenuntersuchung Absaugung





### 3.0 Variantenuntersuchung Sonnenschutz

Es wurden zusätzliche Sonnenschutzmaßnahmen in den Nordsheds untersucht. Vom Architekturbüro Kaufmann wurden drei unterschiedliche Alternativen vorgeschlagen:

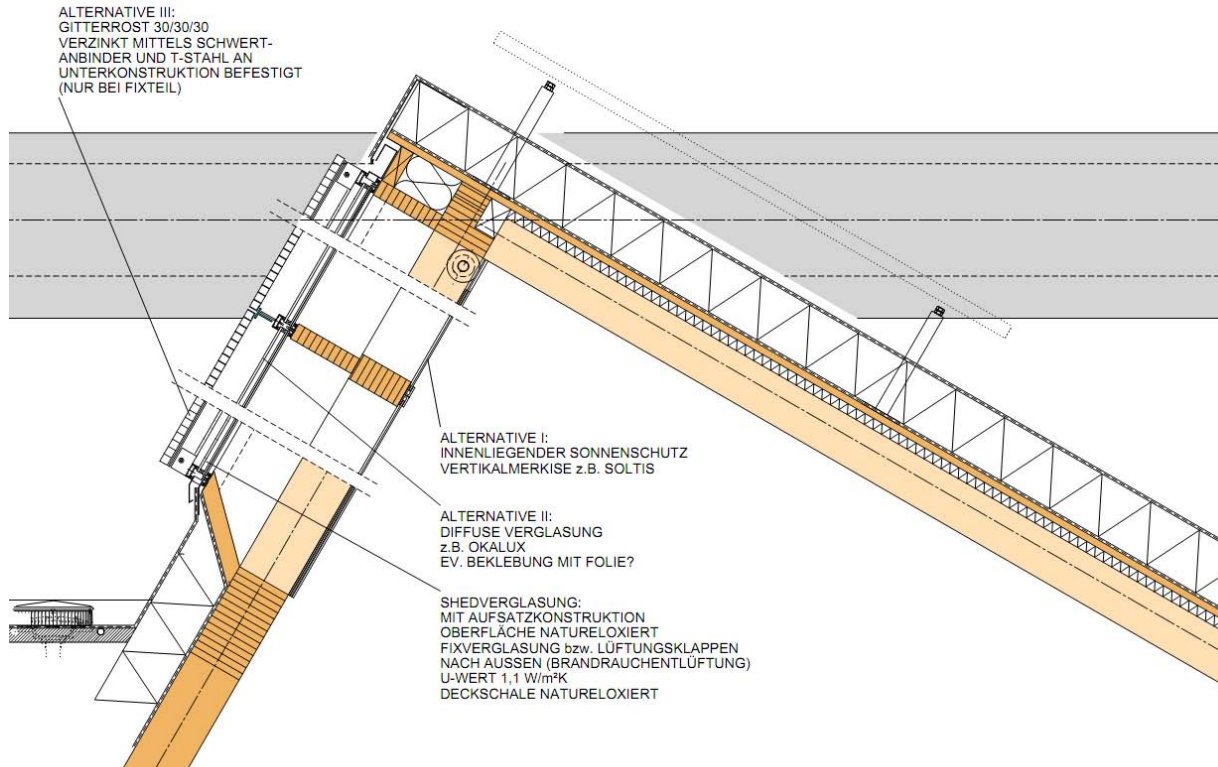
- Innenliegender Sonnenschutz (Fc-Wert 0,9)
- Diffuse Verglasung (g-Wert 0,2)
- Gitterrost als außenliegender Sonnenschutz

Auf der folgenden Seite sind die Ergebnisse der unterschiedlichen Sonnenschutzmaßnahmen dargestellt. Für die Absaugung wurde hierbei der „reine Umluftbetrieb“ angenommen.

Die Untersuchung zeigt, dass sich durch die zusätzlichen Sonnenschutzmaßnahmen in den Nordsheds der sommerliche Komfort kaum verbessern lässt.

Daher könnte aus thermischen Gründen auf einen Sonnenschutz bei den Nordsheds verzichtet werden. Es sind jedoch Maßnahmen zur Vermeidung von Blendung vorzusehen.

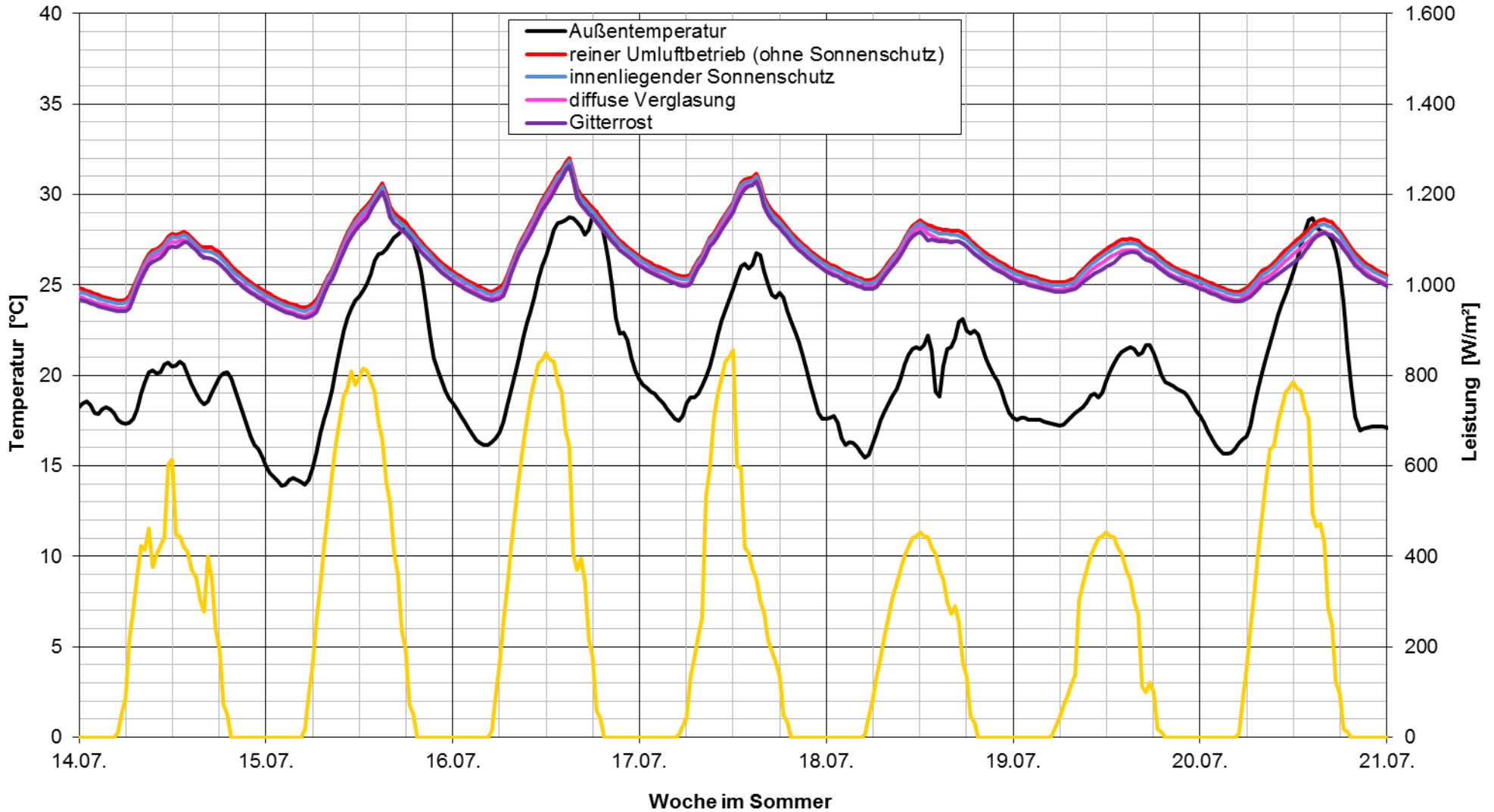
Falls ein innenliegender Sonnenschutz vorgesehen wird, ist darauf zu achten, dass die natürliche Lüftung durch den innenliegenden Sonnenschutz nicht beeinträchtigt wird.





# Variantenuntersuchung Sonnenschutz

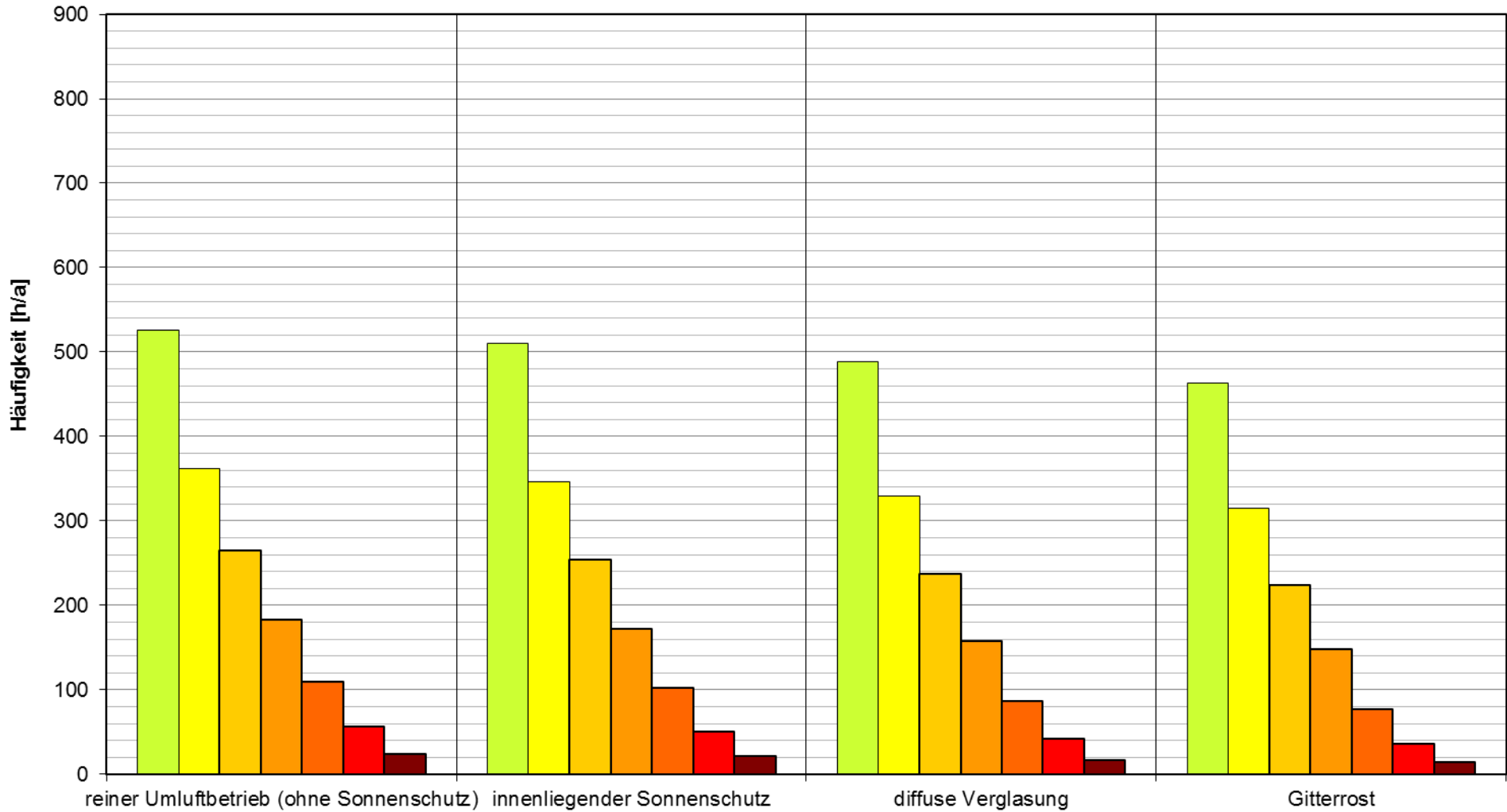
Verlauf der operativen Raumtemperatur

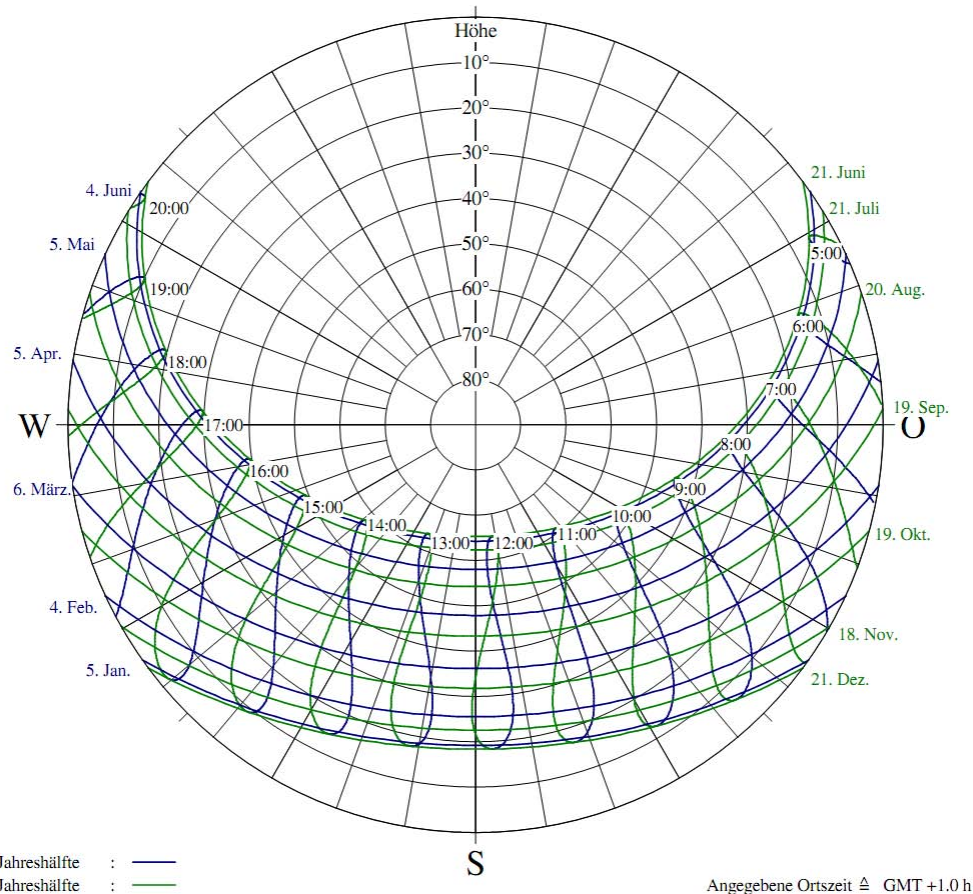


# Variantenuntersuchung Sonnenschutz

Übertemperaturstunden

operative Raumtemperatur    ■ > 24 °C    ■ > 25 °C    ■ > 26 °C    ■ > 27 °C    ■ > 28 °C    ■ > 29 °C    ■ > 30 °C





#### 4.0 Blendschutz

In der Schreinerei ist mit den bisherigen Maßnahmen kein ausreichender Blendschutz gewährleistet.

Im Hochsommer scheint die Sonne durch die Nordsheds in die Schreinerei. Mögliche Gegenmaßnahmen sind die vorgeschlagenen Sonnenschutzmaßnahmen (vgl. Kapitel 3.0). Alternativ könnte auch durch den Einsatz einer diffus streuenden VSG Verglasung die direkte Sonneneinstrahlung in die Schreinerei verhindert werden.

Im Winter scheint die Sonne durch die Südfassade in die Schreinerei. Dies liegt daran, dass der Raffstore nur im unteren Fassadenbereich vorgesehen ist. Bei sehr tiefstehender Sonne scheint die Sonne jedoch auch auf die oberen Fassadenbereiche und damit in die Schreinerei.

## 5.0 Fazit

Durch einen intelligenten Betrieb der Absaugung kann der sommerliche Komfort verbessert werden (vgl. Kapitel 2.0). Zusätzliche Sonnenschutzmaßnahmen in den Nordsheds führen zu keiner maßgeblichen Verbesserung des sommerlichen Komfort (vgl. Kapitel 3.0).

Generell ist mit hohen Raumtemperaturen in der Schreinerei im Sommer zu rechnen. Es ist vom Bauherrn zu prüfen, ob diese Raumtemperaturen akzeptiert werden oder ob zusätzliche Maßnahmen (z.B. Einbau einer aktiven Kühlung) vorgesehen werden sollen.

## **ISAR-WÜRM-LECH IWL Neubau eines Büro- und Produktionsgebäudes**

Bauherr:  
ISAR-WÜRM-LECH IWL  
Werkstätten für behinderte Menschen  
GmbH  
Landsberg am Lech / Hauptverwaltung  
Rudolf-Diesel-Str. 1  
86899 Landsberg am Lech

Architekt:  
Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH  
Sportplatzweg 5  
A-6858 Schwarzach

Aussteller:  
Ingenieurbüro Hausladen GmbH  
Feldkirchener Straße 7a  
85551 Kirchheim

Tischvorlage:  
**Masterplanung und Energieversorgung**

Aufgestellt  
Kirchheim, 05.12.2012

Ingenieurbüro Hausladen GmbH



|       | <b>Inhalt</b>   | <b>Seite</b> |
|-------|---|--------------|
|       | Vorwort zur Ausgangssituation                           | 3            |
| 1.    | Einleitung  | 5            |
| 1.1   | Bearbeitungsumfang                                      | 5            |
| 1.2   | Vorgehensweisen   | 6            |
| 1.3   | Ausbaustufen und zeitliche Entwicklung                  | 7            |
| 2.    | Grundlagenermittlung                                    | 10           |
| 2.1   | Energiebedarfsermittlung Bestand                        | 10           |
| 2.2   | Brennstoffanfall (Holz)                                 | 10           |
| 2.3   | Energiebedarfsermittlung Neubauten                      | 11           |
| 3.    | Beschreibung Energieversorgungskonzepte                 | 12           |
| 3.1   | Übliche Herangehensweise bei einem Stufenweisen Ausbau  | 12           |
| 3.2   | Variables Energieversorgungskonzept                     | 13           |
| 3.2.1 | Modularer Anlagenaufbau erster Bauabschnitt             | 13           |
| 3.2.2 | Dimensionierung Wärmeerzeuger                           | 16           |
| 3.2.3 | Versorgungsanteil der einzelnen Wärmeerzeuger           | 20           |
| 3.2.4 | Zukunftstechnologie Holzvergasungs-Kraft-Wärme-Kopplung | 21           |
| 3.3   | Betriebskonzept Wärmeverbund                            | 22           |
| 3.3.1 | Benötigte Leistung kleiner 162 kW                       | 22           |
| 3.3.2 | Benötigte Leistung zwischen 162 kW und 512 kW           | 23           |
| 3.3.3 | Benötigte Leistung größer 512 kW                        | 24           |
| 3.4   | Vorteile durch den Wärmeverbund                         | 26           |

## Vorwort zur Ausgangssituation

Das Thema einer nachhaltigen Energieversorgung ist für die nächsten Jahrzehnte eine unserer zentralsten Aufgabenstellungen, unabhängig vom Maßstab des räumlichen Umgriffes. Die Beweggründe hierfür liegen klar auf der Hand. Die Umstellung bzw. Erweiterungsmöglichkeiten von bestehenden, etablierten Versorgungsstrukturen um energieeffizientere, umweltschonendere Versorgungskonzepte sind die zentralen Fragestellungen. In diesem Zusammenhang spielen Themen der Energiegewinnung, Energieerzeugung, Transport und Verteilung sowie der Energiespeicherung und Energieumwandlung eine zentrale Bedeutung.

Es scheint unumstritten, dass die Energieversorgung der Zukunft aus einem breiten Mix an Erzeugungstechniken, Transport- und Verteilsystemen, Speicherungstechniken und demzufolge Versorgungskonzepten bestehen wird. Verschiedenste Energiequellen – bekannte wie neue, fossile wie regenerative – werden in diesem Mix eine Rolle spielen. Da Veränderungs- und Umstellungsprozesse im Bereich der Energieversorgung in der Regel lange Zykluszeiten aufweisen, wird eine kurz- und mittelfristige Umstellung ausschließlich auf erneuerbare Energiequellen im regional- und länderübergreifendem Maßstab nicht möglich sein. Aus diesem Grund bezieht sich der Energiemix grundsätzlich auf kurz- mittel- und langfristige Maßnahmen.





Die Anforderung an künftige Versorgungskonzepte besteht darin, die verschiedenen nutzbaren Energiequellen zusammen mit der Vielzahl an zur Verfügung stehenden Techniken im Bereich der Energiegewinnung, Energieverteilung und Energiespeicherung so effizient wie möglich zu verzahnen.



Diese Verzahnung bezieht sich hierbei sowohl auf globale bzw. länderübergreifende Versorgungsstrukturen als auch auf regionale, kommunale und lokale Einzellösungen. Unabhängig von der räumlichen Konstellation müssen Versorgungskonzepte unter Berücksichtigung der standortspezifischen Gegebenheiten, wie beispielsweise der bereits vorhandenen Energieinfrastruktur und den vor Ort zur Verfügung stehenden Energiepotentialen erarbeitet werden. In manchen Fällen ist es nachweislich möglich, dass Einzelgebäude oder Kommunen ihren Eigenbedarf an Energie aus lokal zur Verfügung stehenden Potentialen decken können. Vielerorts ist eine autarke Versorgung auf Grund der Charakteristik des Energiebedarfes und der begrenzt zur Verfügung stehenden eigenen Potentialen nicht möglich. In diesen Fällen kommt der Verbindung zwischen standortspezifischen Gegebenheiten und etablierten Versorgungsstrukturen eine besondere Bedeutung zu. Die Säulen, auf welche sich die Änderungs- und Umstellungsprozesse zukünftig grundsätzlich stützen, sind die der Energieeinsparung, der Energieeffizienz und dem Einsatz erneuerbarer Energien mit einer einhergehenden Vermeidung an klimaschädlichem CO<sub>2</sub>. Diese einzelnen Säulen wiederum sind eng verbunden mit dem Spannungsfeld zwischen Versorgungssicherheit, Umweltverträglichkeit, Ökonomie und Ökologie.

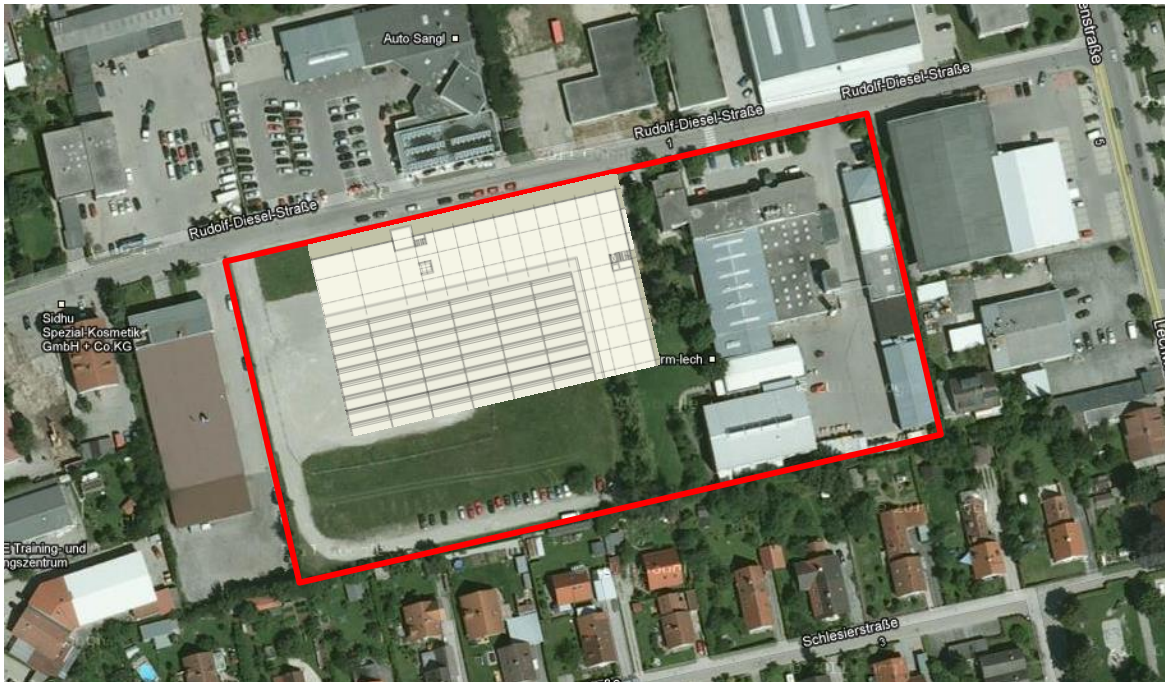


## 1. Einleitung

Die IWL GmbH plant ihren Hauptstandort in Landsberg am Lech auszubauen. Die Entwicklung der Standorterweiterung erstreckt sich über mehrere Bauabschnitte. Der im Rahmen des ersten Bauabschnittes geplante Neubau soll zunächst die verschiedenen Arbeitsbereiche der Holzverarbeitung mit Produktions- und Lagerflächen zusammenfassen.

In den Neubau sollen ebenfalls Büroflächen für die Betriebsverwaltung, eine Ladeneinheit und eine neue Heizzentrale integriert werden. Bei dem Gebäude wird ein Energiestandard 30% unter EnEV 2009 angestrebt, um einen zeitgemäßen Gebäudeenergiestandard zu erreichen.

Neben dem neuen Gebäude werden im ersten Bauabschnitt die Bestandsgebäude erhalten und zum Teil in ihrer Nutzung umgewidmet.



## 1.1 Bearbeitungsumfang

Im Rahmen der Bearbeitung wird untersucht inwieweit die Anlagen zur Energieerzeugung, welche sich in den Bestandsgebäuden befinden, in die Versorgung des Neubaus mit eingebunden werden können. Da die installierte Leistung im Bestand nicht für die neuen Gebäude ausreichend ist, wird untersucht, inwieweit die Anlagen des Neubaus mit denen des Bestandes sinnvoll kombiniert werden können. Dabei wird angestrebt die einzelnen Anlagen mit einem hohen Wirkungsgrad zu betreiben.

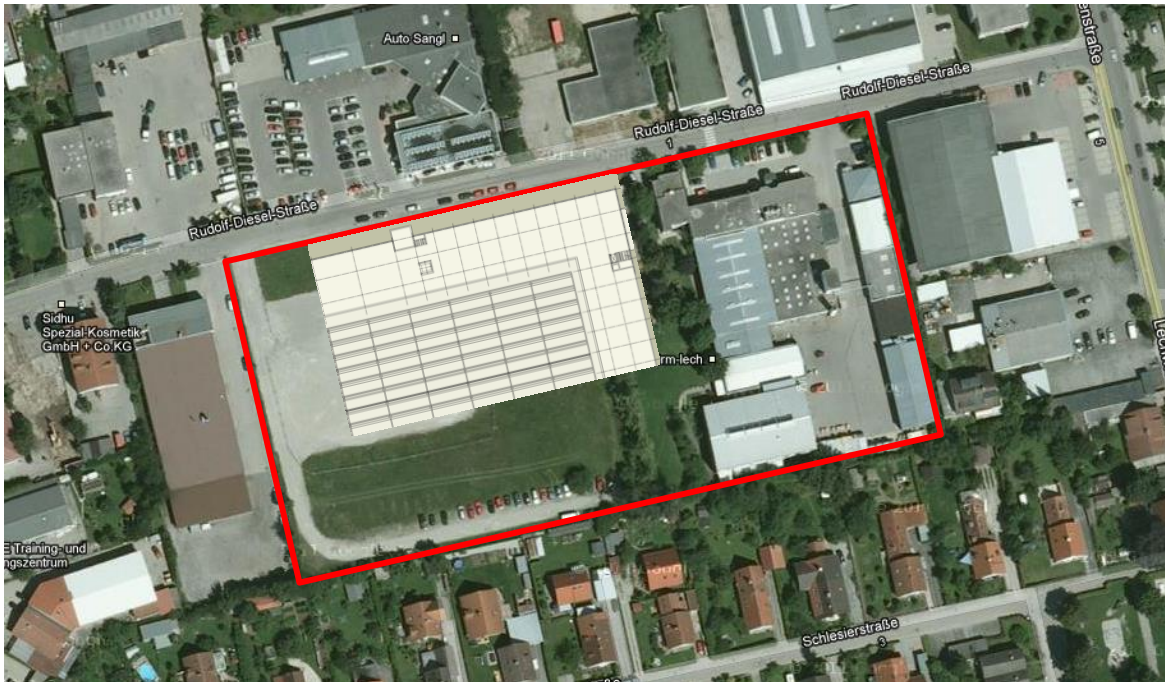
Es werden auch die zukünftigen Ausbauschritte zwei und drei bei der Konzeptentwicklung berücksichtigt. Dabei soll eine ökologische und ökonomische Wärmeerzeugung auch mittel- und langfristig möglich sein. Die bestehenden Anlagen werden sinnvoll in ein Versorgungskonzept unter Berücksichtigung der Leistung und der Restlaufzeit eingebunden.

## 1.2 Vorgehensweise

In einem ersten Schritt werden die Grundlagen, welche als Basis für die Erarbeitung alternativer Versorgungskonzepte notwendig sind erarbeitet. Schwerpunkt der Grundlagenermittlung bildet die Auswertung der Energieverbrauchsdaten und die Angaben des Betreibers der bestehenden Gebäude, sowie die Einarbeitung der Energiebedarfswerte, welche aus den Planungsunterlagen des Neubaus hervorgehen.

Im ersten Teil der Untersuchung werden die ermittelten Grundlagen anschaulich und nachvollziehbar zusammengestellt.

Auf Basis der erarbeiteten Grundlagen werden verschiedene Ausbauszenarien überschlägig betrachtet und auf ihre grundsätzliche Anwendung unter Berücksichtigung der standortspezifischen Gegebenheiten qualitativ bewertet.





## 1.3 Ausbaustufen und zeitliche Entwicklung

### erster Bauabschnitt

In einem ersten Schritt wird neben den Bestandsgebäuden ein Neubau errichtet. In diesem Gebäude soll die Holzverarbeitung, welche bisher auf mehrere Gebäude verteilt ist, zusammen gefasst werden. Im ersten Bauabschnitt muss eine Energiezentrale vorgesehen werden, da die Kesselanlagen im Bestand für die zusätzliche Versorgung des Neubaus nicht ausreichen. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass die Holzreste welche bisher in den Bestandsgebäuden angefallen sind und in einem Kessel energetisch genutzt wurden, aufgrund der Verlagerung der Holzverarbeitung in den Neubau für die Beheizung des Bestandes nicht mehr zur Verfügung stehen. Dafür besteht nun die Möglichkeit den Neubau durch die energetische Verwertung dieser Holzreste mit Wärme zu versorgen.



## 1.3 Ausbaustufen und zeitliche Entwicklung

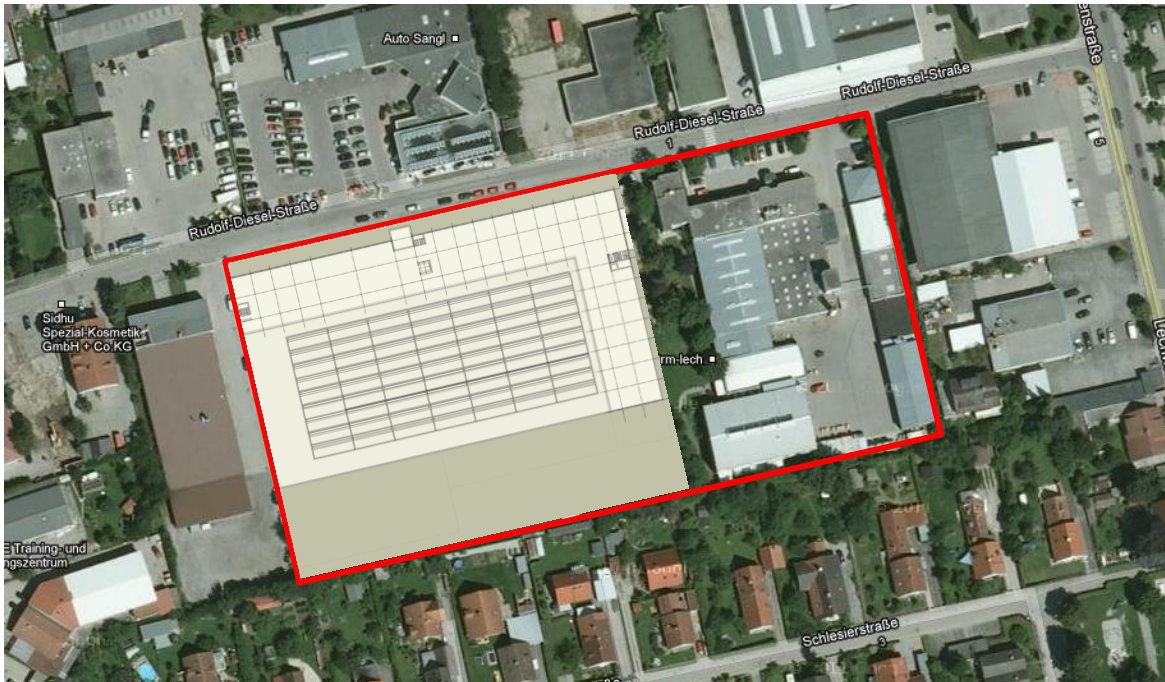
### zweiter Bauabschnitt

In einem zweiten Schritt soll der Neubau durch einen Anbau erweitert werden. In diesem Anbau wird der Bereich der Holzverarbeitung sowie das Zentrallager erweitert. Des Weiteren wird nach dem bisherigen Kenntnisstand die Metallverarbeitung welche sich bisher noch im Bestand befunden hat, im zweiten Bauabschnitt untergebracht. Dadurch entstehen in den Bestandsgebäuden Flächen, welche einer neuen Nutzung zugeführt werden können.

Der 2. Bauabschnitt wird voraussichtlich erst bei einem weiterem Wachstum der IWL umgesetzt. Dabei kann zunächst von einem Zeitrahmen von  $(5 + x)$  Jahren nach Fertigstellung des 1. Bauabschnittes ausgegangen werden.

Aufgrund der Erweiterung der zu beheizenden Fläche kann dabei für den 2. Bauabschnitt, je nach Energiestandard, von einer Erhöhung der Benötigten Leistung von 250 kW ausgegangen werden.

Die Kesselleistung für den 2. Bauabschnitt bereits beim 1. Bauabschnitt vorzuhalten, ist dabei aus ökonomischen Gründen nicht ratsam.



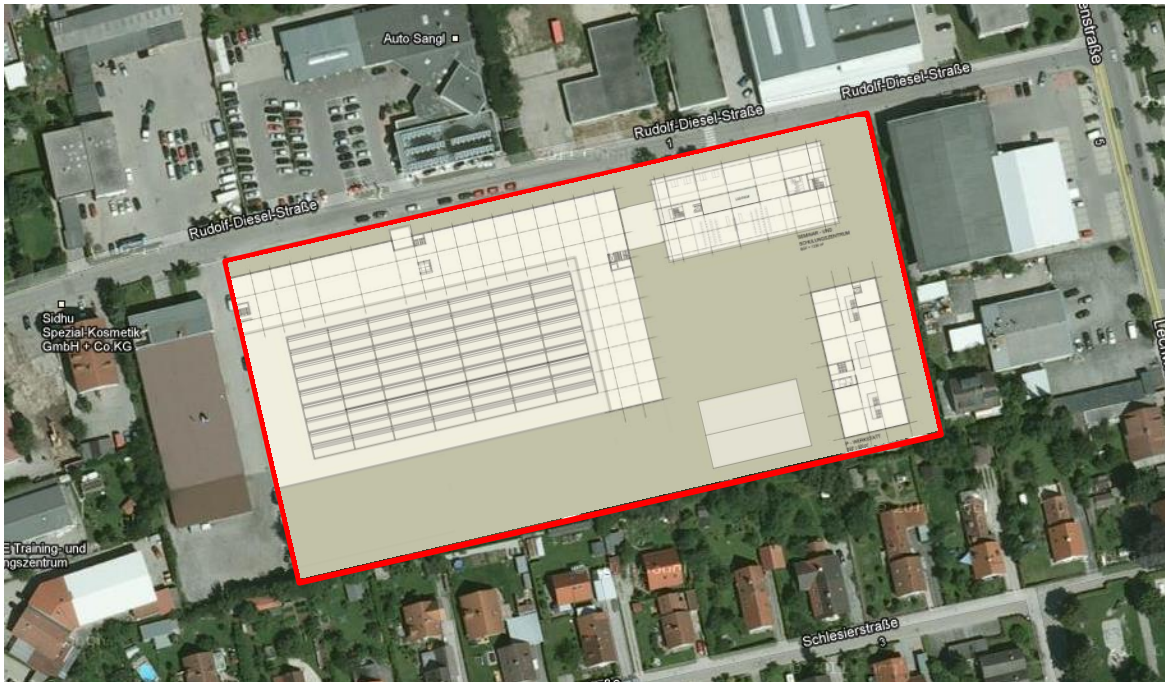


### 1.3 Ausbaustufen und zeitliche Entwicklung

#### dritter Bauabschnitt

Nach einer Dauer von  $(10 + x)$  Jahren nach Fertigstellung des 1. Bauabschnittes wird mit einem Ersatz der meisten Bestandsgebäude durch Neubauten gerechnet. Lediglich das Gebäude in dem sich die Kantine befindet, soll dabei erhalten bleiben. Jedoch wird die Kantine neben der Verwaltung und Seminarräumen in dem Nördlichen der beiden Neubauten untergebracht. Der zweite Neubau beherbergt hingegen Werkstätten.

Aufgrund der dreistöckigen Gebäude ergibt sich für die Neubauten eine beträchtliche Anzahl an zu beheizender Fläche. Zudem muss neben der Leistung für die Neubauten noch die Leistung des Bestandsgebäudes welches erhalten bleibt berücksichtigt werden. Aus ökonomischen Gründen ist es hier ebenfalls nicht ratsam die benötigte Kesselleistung bereits im ersten oder zweiten Bauabschnitt vorzuhalten.



## 2. Grundlagenermittlung

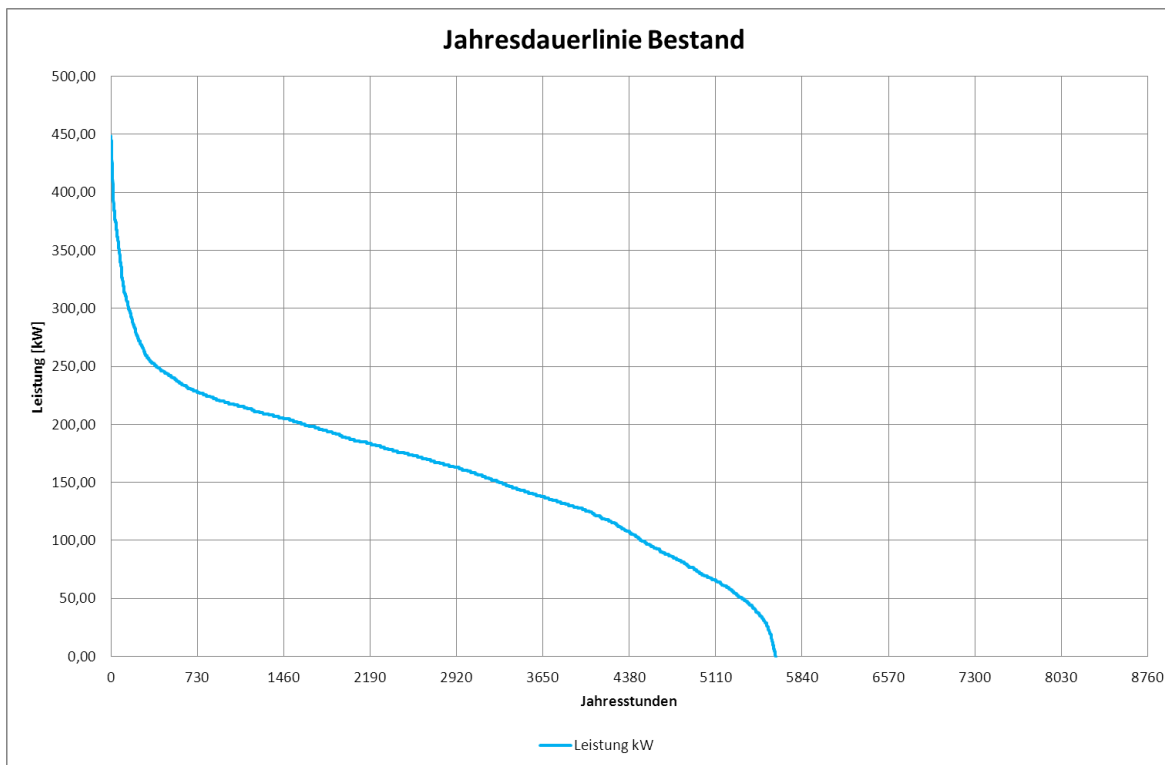
### 2.1 Energiebedarfsermittlung Bestand

Die Bestandsgebäude werden derzeit anhand eines Wärmeverbundes von einem Holzkessel und einem Gaskessel mit Wärme versorgt. Dabei übernimmt der Holzkessel die Grundlast, wobei dieser die Holzreste welche in einem Silo zwischengespeichert werden energetisch verwertet. Der Gaskessel dient zur Abdeckung der Spitzenlast.

Durch die Betreiberfirma O-TEC Gebäudemanagement wurden Informationen bzgl. der benötigten Kesselleistung an IBH übermittelt. Mit Hilfe eines Wetterdatensatzes wurde aus diesen Informationen nebenstehende Jahresdauerlinie für den Bestand erarbeitet.

### 2.2 Brennstoffanfall (Holz)

Je nach Auslastung der Holzverarbeitung schwankt der Anfall an Holzresten, welche energetisch genutzt werden können. Von der Firma O-TEC Gebäudemanagement wurde ein Jahresanfall von ca. 500 m<sup>3</sup>/a ermittelt. Um die Größe des Silos zu begrenzen, wurde entschieden die Holzreste vor der Lagerung zu brikettieren und so die Energiedichte zu erhöhen. Bei der Auslegung des Spänesilos wurde darauf geachtet, dass dieses mit ca. 65 m<sup>3</sup> ausreichend groß dimensioniert wurde. Somit kann eine Speicherung des Holzresteanfalls in den Sommermonaten erfolgen, um diese in den Wintermonaten bei ausreichendem Wärmebedarf energetisch nutzen zu können.



## 2.3 Energiebedarfsermittlung Neubauten

### Neubau

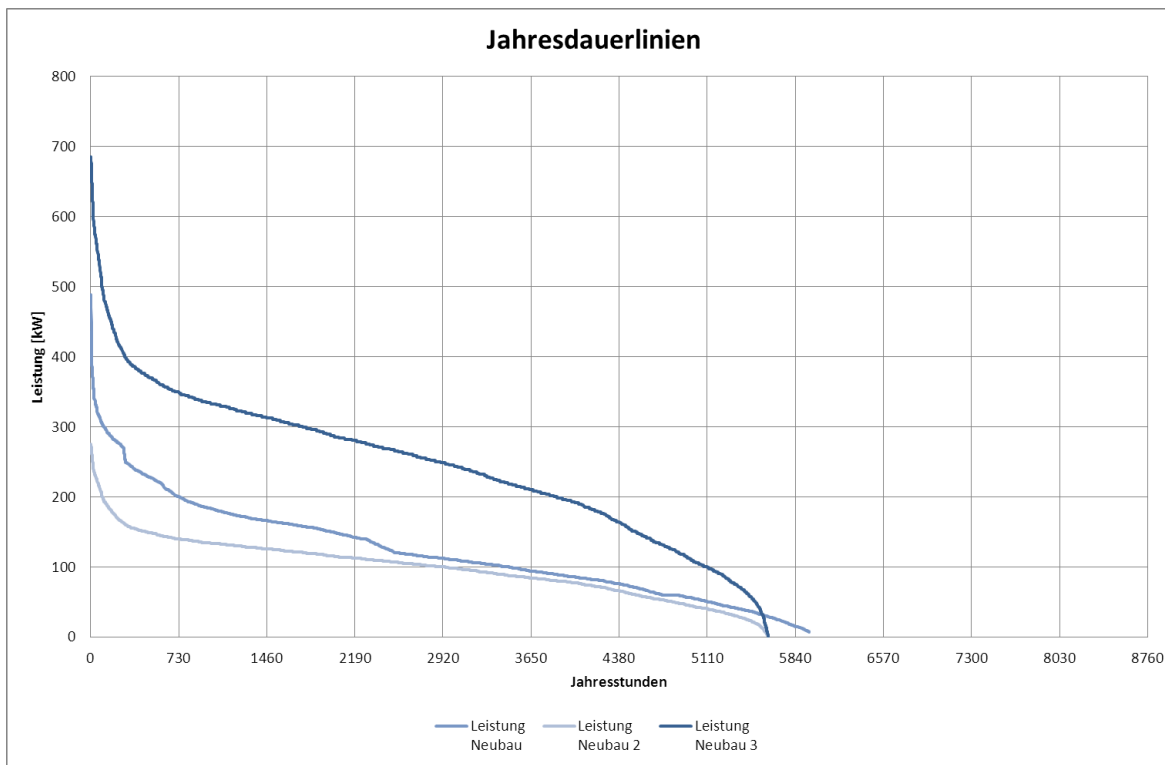
In nebenstehender Grafik wird die Jahresdauerlinie des Neubaus dargestellt. Dabei wurden neben dem Heizwärmebedarf des Gebäudes ebenfalls die „Prozesswärme“, Rinnenheizung und Warmwasserbereitung bei der Erarbeitung der Jahresdauerlinie berücksichtigt.

### Neubau 2 (Erweiterung)

Für die Energiebedarfsermittlung der Neubauerweiterung, wurden vorsichtige Annahmen (ca.  $30 \text{ W/m}^2$ ) getroffen, da noch kein genaues Jahr für die Baumaßnahmen bekannt ist. Nachdem der maximale Wärmebedarf von der bei der Planung gültigen Energieeinsparverordnung abhängt, ist die Jahresdauerlinie mit einer gewissen Ungenauigkeit behaftet. Es wurde kein separater Prozesswärmebedarf angenommen. Stattdessen erfolgte ein pauschaler Aufschlag pro Quadratmeter in Höhe von ca.  $35 \text{ W/m}^2$ .

### Neubau 3 (Ersatz der Bestandsgebäude)

In nebenstehender Grafik ist ebenfalls die Jahresdauerlinie für den Neubau 3 dargestellt. Neben den beiden Neubauten ist in der Jahresdauerlinie auch ein Bestandsgebäude enthalten, welches erhalten bleiben soll. Es handelt sich bei den Gebäuden aufgrund der hohen Nutzfläche um den im Vergleich zu den Neubauten eins und zwei höchsten benötigten Leistungs- und Energiebedarf. Bei den spezifischen Annahmen handelt es sich um die selben wie beim Neubau 2.



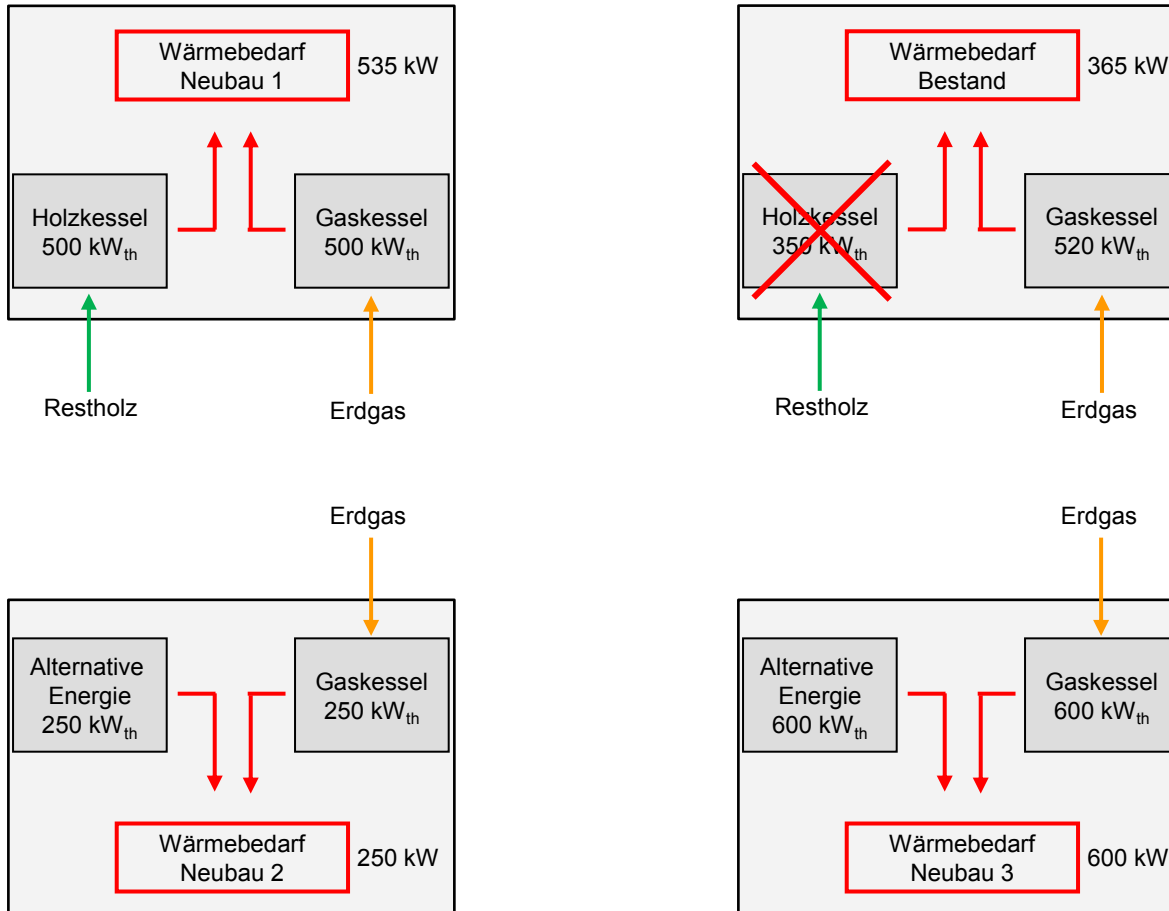
### 3. Beschreibung Energieversorgungskonzepte

#### 3.1 Übliche Herangehensweise bei einem Stufenweisen Ausbau

Bei einem Ausbau in mehreren Bauabschnitten wird üblicherweise für jeden Bauabschnitt eine eigene Heizzentrale vorgesehen. Eine Verbindung der Gebäude über einen Wärmeverbund ist dabei ebenfalls unüblich. Dies hat zur Folge, dass die einzelnen Kessel in den Gebäuden meist in einem energetisch ungünstigen Teillastbereich laufen. Dabei wird der Verschleiß der Kessel erhöht und somit die Lebensdauer der Kessel reduziert. Die Betriebskosten und die verbrauchsgebundenen Kosten erhöhen sich.

In dem Fall von der IWL kommt erschwerend hinzu, dass die Holzverarbeitung mit dessen Resthölzern die Bestandsgebäude beheizt wurden in den Neubau umzieht. Somit müssen die Bestandsgebäude zukünftig alleinig mit dem Spitzenlastgaskessel beheizt werden.

Die rechnerische Nutzungsdauer des bestehenden Holz- sowie Gaskessels beträgt laut VDI 2067 20 Jahre. Die beiden Kessel wurden im Jahre 1997 installiert und haben daher nach VDI 2067 noch eine rechnerische Restnutzungsdauer von fünf Jahren. Diese Restnutzungsdauer kann sich bei entsprechender Wartung und Betriebsweise erhöhen.





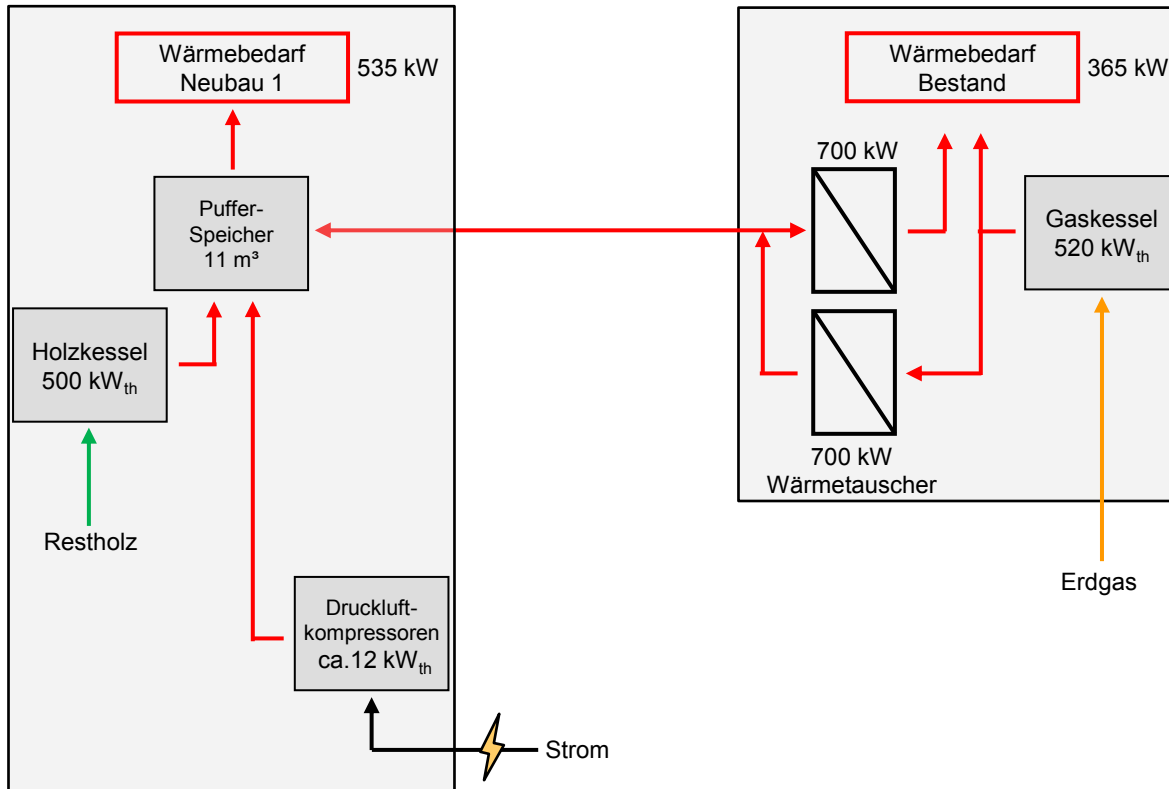
## 3.2 Variables Energieversorgungskonzept

### 3.2.1 Modularer Anlagenaufbau

#### erster Bauabschnitt

Im ersten Bauabschnitt wird im Neubau, welcher nun die Holzverarbeitung beherbergt, ein Holzkessel mit einer Leistung von  $500 \text{ kW}_{\text{th}}$  installiert. Mittels eines Wärmeverbundes des Neubaus mit den Bestandsgebäuden lässt sich der Anteil der regenerativen Energienutzung erhöhen. Durch die weitere Nutzung des Spitzenlastgaskessels im Bestandsgebäude, kann auf einen neuen Spitzenlastwärmeerzeuger im Neubau verzichtet werden. Die Abwärme der Druckluftkompressoren wird derzeit durch eine Raumlüftung abgeführt. Bei einem Austausch oder einer Nachrüstung der Kompressoren, mit einem Wärmetauscher, lässt sich die Abwärme auf einem Temperaturniveau von ca.  $70 \text{ °C}$  auskoppeln. Die Abwärme kann dabei zur Unterstützung der Heizung sowie der Warmwasserbereitung genutzt werden.

Um die Heizungssysteme des Neubaus und des Bestandes hydraulisch von einander zu trennen, werden Trennwärmetauscher eingesetzt. Dies ist notwendig, da die Heizungssysteme auf unterschiedlichen Druckniveaus arbeiten. Zusätzlich wird die Versorgungssicherheit erhöht, da im Falle einer Leckage in einem der beiden Heizungsnetze das andere Gebäude während der Reparatur weiterhin beheizt werden kann. Außerdem sorgt die Trennung der Systeme dafür, dass keine Verschmutzung von einem Heizungsnetz in das andere Heizungsnetz gelangt.



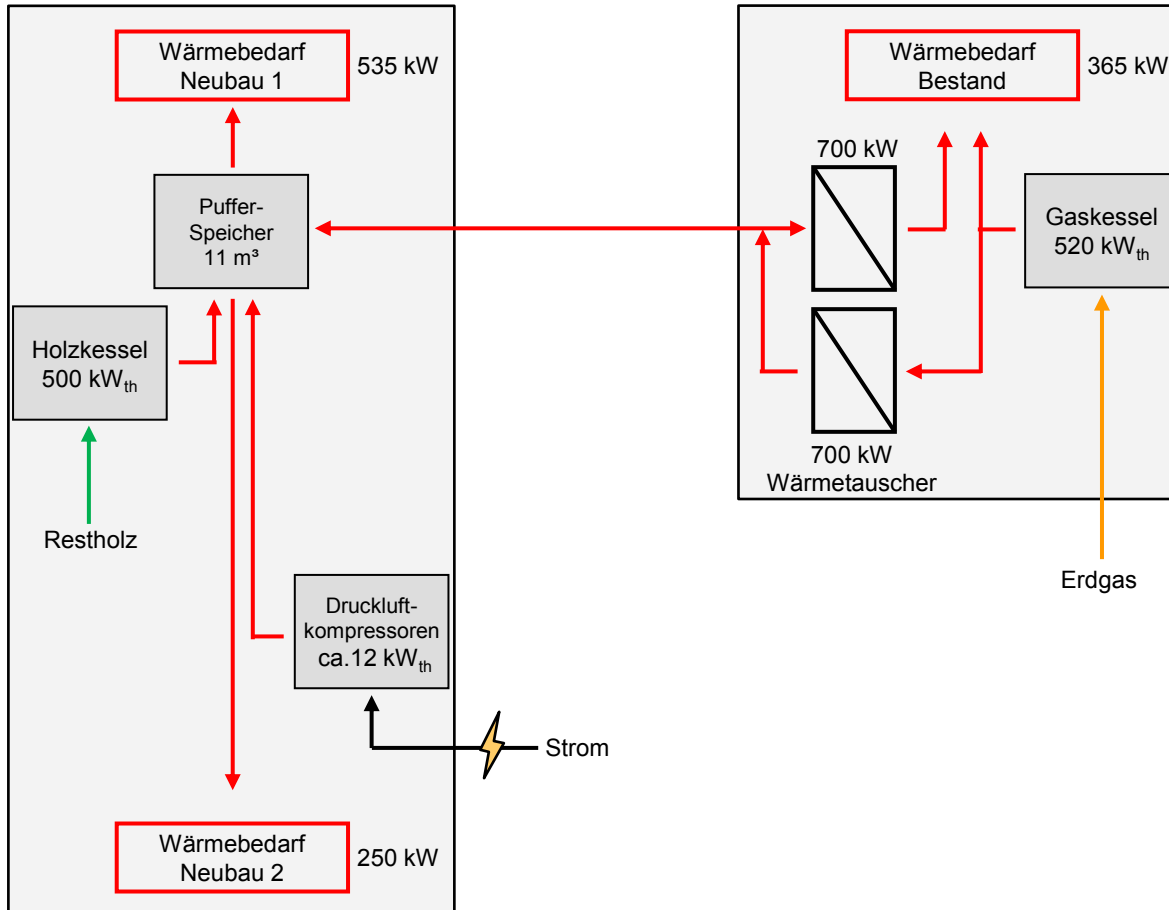
## 3.2 Variables Energieversorgungskonzept

### 3.2.1 Modularer Anlagenaufbau

#### zweiter Bauabschnitt

Im zweiten Bauabschnitt wird der Neubau erweitert. Dies erhöht den gesamten rechnerischen Wärmebedarf auf ca. 1.150 kW benötigte Leistung. Die Wärmeversorgung erfolgt dabei durch den Neubau 1 in dem bereits Anschlüsse zur Versorgung vorgehalten werden. Ohne der Installation eines neuen Wärmeerzeugers steht jedoch lediglich eine Leistung von ca. 1.030 kW zur Verfügung. Da es sich bei der benötigten Wärme jedoch zu einem nicht unwesentlichen Anteil um einen Produktionsabhängigen Wärmebedarf handelt, wird die rechnerische Leistung nicht benötigt. Dies ist darauf zurück zu führen, dass die maximale Heizleistung voraussichtlich Nachts benötigt wird, wenn keine Produktionsbedingte Wärme benötigt wird. Um dennoch eine Teilredundanz zu erreichen, wird empfohlen das Silo des Bestandsholzkeskels für einen vorübergehenden Einsatz mit einer ausreichenden Menge Holz zu versorgen.

Somit lässt sich die Installation eines weiteren Wärmeerzeugers im Neubau unter den getroffenen Annahmen vermeiden. Sollte der Bestandsgaskessel einen maßgeblichen Defekt aufweisen, bevor der 3. Bauabschnitt ausgeführt wird, muss dieser ausgetauscht werden oder ein neuer Wärmeerzeuger in der Heizzentrale des Neubau 1 installiert werden.

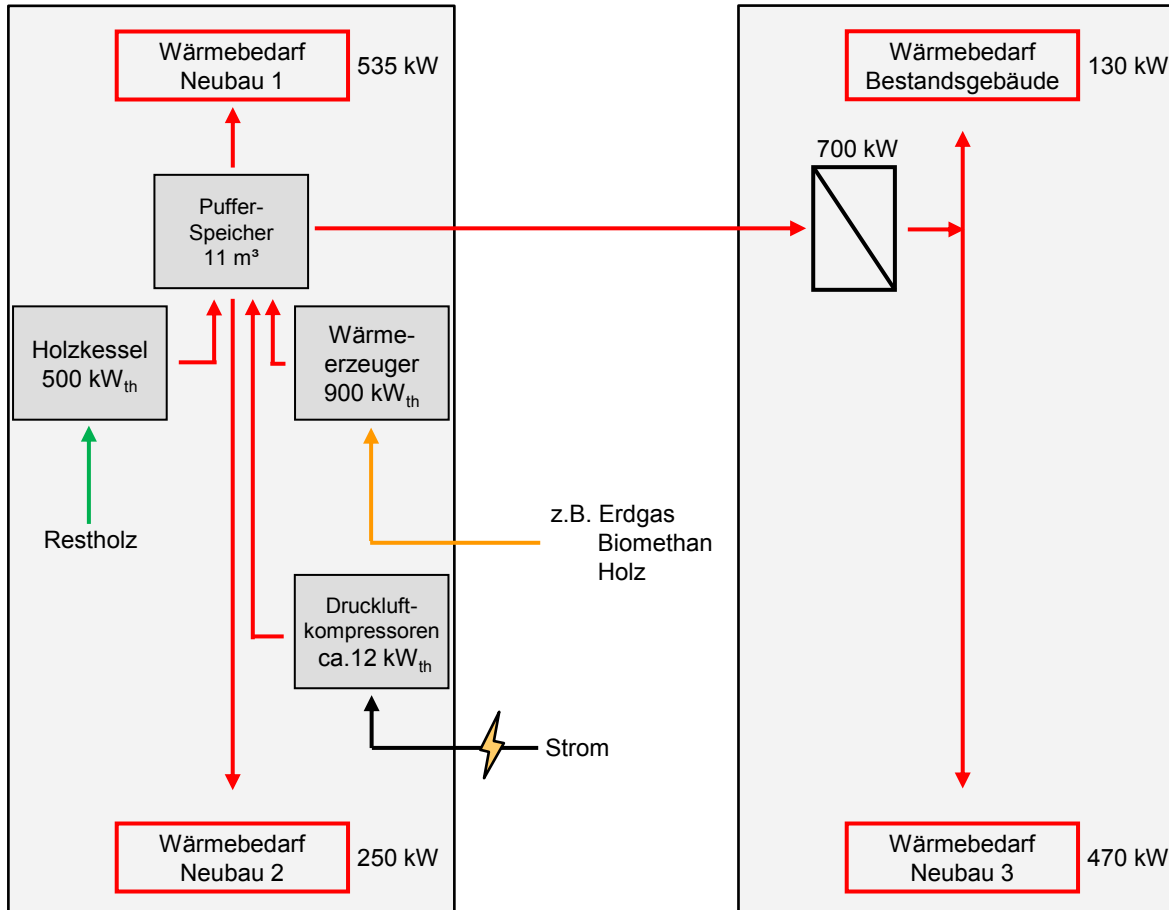


### 3.2 Variables Energieversorgungskonzept

#### 3.2.1 Modularer Anlagenaufbau

##### dritter Bauabschnitt

Im dritten Bauabschnitt erhöht sich die Gesamte benötigte Leistung voraussichtlich auf ca. 1.400 kW. Da der Kesselraum der derzeitigen Bestandsgebäude den Neubauten weichen muss, wird ein neuer Wärmeerzeuger im Kesselraum des ersten Bauabschnittes neben dem Holzkessel installiert. Vorsorglich wurde hierfür bereits Platz vorgesehen. Der neue Wärmeerzeuger benötigt dabei eine Leistung von ca. 900 kW. Aufgrund der hohen benötigten Leistung, bieten sich chemisch gespeicherte Energieträger wie Erdgas, Biomethan oder Holz an.



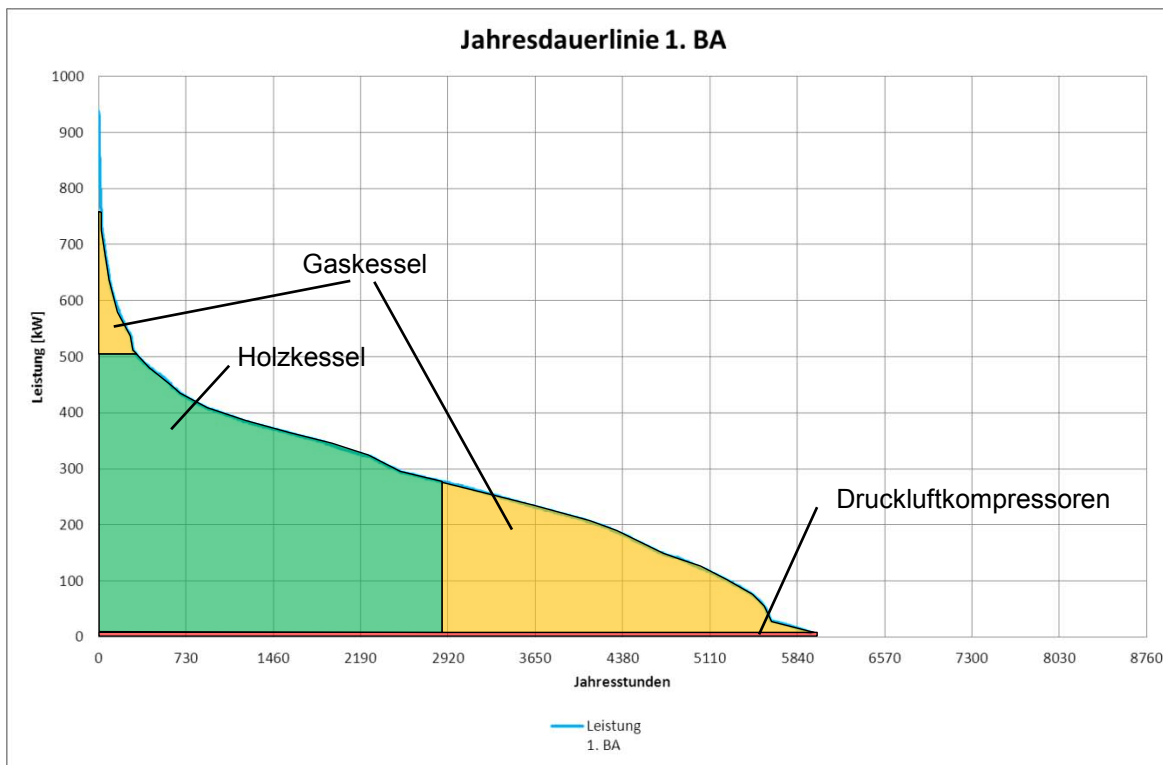
### 3.2.2 Dimensionierung Wärmeerzeuger

#### erster Bauabschnitt

In nebenstehender Grafik wird dargestellt, welchen Bedarf welche Wärmeerzeuger zur Verfügung stellen. Dabei wird eine Grundlast von ca. 12 kW durch die Abwärme der Druckluftkompressoren bereit gestellt. Diese sind hier mit der Farbe rot gekennzeichnet.

Das Restholz aus der Holzverarbeitung wird gespeichert, um eine möglichst gute Auslastung des Holzkessels zu gewährleisten. Der Holzkessel ist in der Lage die Leistung bis auf ca. 150 kW herunter zu modulieren. Der starke Teillastbetrieb wird durch die Speicherung des Restholzes jedoch möglichst vermieden. Die Wärmeproduktion des Holzkessels wird in nebenstehender Grafik in grün dargestellt.

Die Wärmeversorgung im Sommer und die Spitzenleistung für welche der Holzkessel allein nicht ausreicht, wird durch den Bestandgaskessel gewährleistet. Der Gaskessel wird in nebenstehender Grafik durch die gelbe Farbe gekennzeichnet.



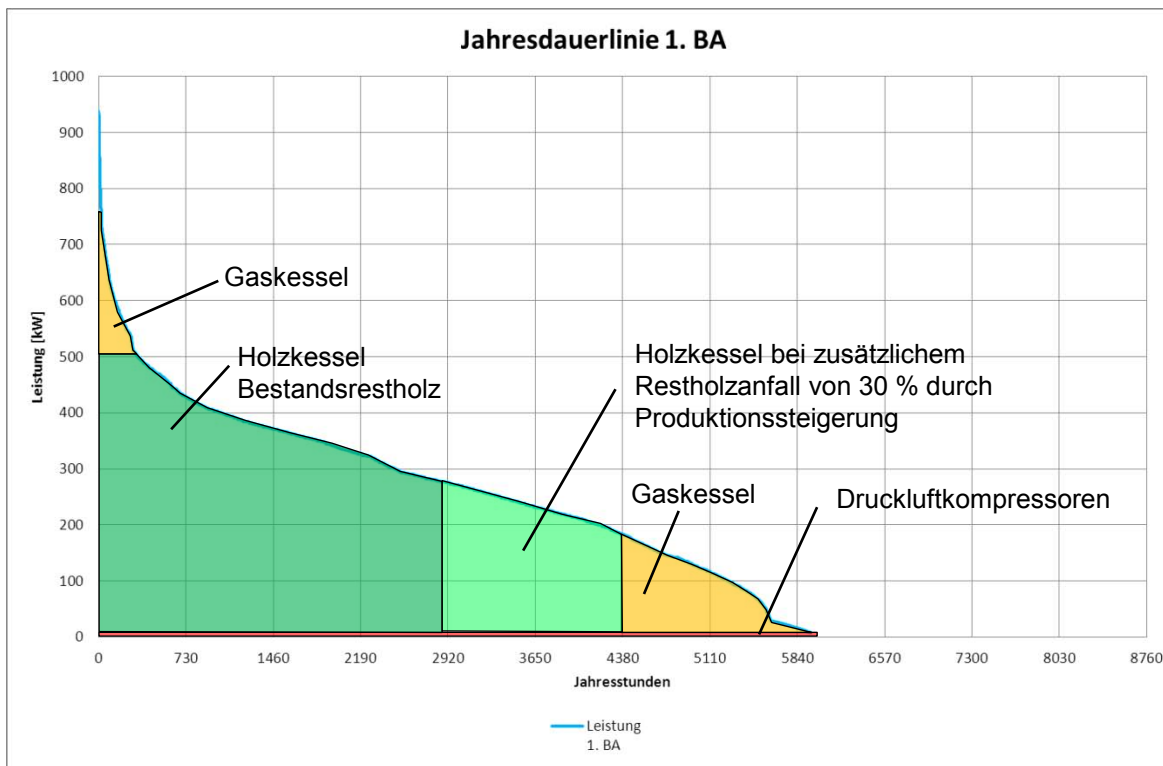
### 3.2.2 Dimensionierung Wärmeerzeuger

#### erster Bauabschnitt

Durch eine Produktionssteigerung der Holzverarbeitung mit einer einhergehenden Steigerung der Restholzmenge, lässt sich der Anteil der Wärmeversorgung durch den Holzkessel erhöhen und der Erdgasbedarf reduzieren.

In nebenstehender Grafik wird eine mögliche Steigerung des Restholzanfalles durch eine Produktionssteigerung von 30 % in einem helleren Grünton dargestellt. Diese zusätzliche durch den neuen Holzkessel bereit gestellte Wärmemenge reduziert dabei den Erdgasbedarf.

Anstelle der Produktionssteigerung kann die zusätzliche Holzmenge alternativ auch hinzugekauft werden. Für die nebenstehende Jahresdauerlinie wurde für das Bestandsrestholz ein Heizwert in Höhe von 2.060 kWh/Srm ermittelt. Sollte es sich bei der hinzugekauften Holzmenge um einen Energieträger mit einem anderen Heizwert (z.B. Fichte = 783 kWh/Srm) handeln, muss dies bei der benötigten Menge des Holzes berücksichtigt werden.



### 3.2.2 Dimensionierung Wärmeerzeuger

#### zweiter Bauabschnitt

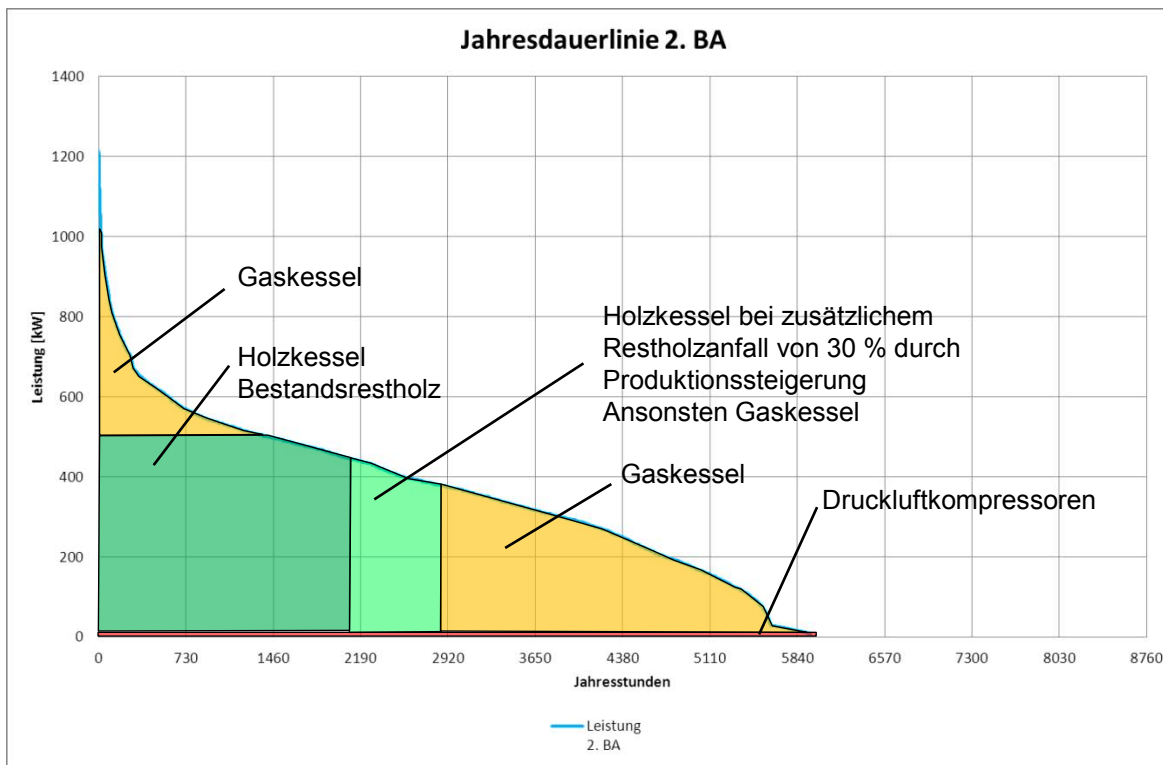
In nebenstehender Grafik ist die Aufteilung der selben Wärmeerzeuger mit den selben Farben wie im ersten Bauabschnitt dargestellt.

Aufgrund der Erhöhung des Leistungsbedarfes, ist eine Modulierung des Holzkessels im zweiten Bauabschnitt nur noch bedingt notwendig. Die Spitzenlast sowie die Wärmeversorgung in der Übergangszeit wird weiterhin durch den Bestandsgaskessel zur Verfügung gestellt.

Durch eine Steigerung des Restholzanfalls durch eine Produktionssteigerung lässt sich der Anteil der regenerativen Energieversorgung steigern. Alternativ kann der regenerative Anteil der Energieerzeugung auch durch den Zukauf von Holzhackschnitzeln erreicht werden. Dabei muss analog zum ersten Bauabschnitt berücksichtigt werden, dass bei einem geringeren Heizwert mehr Brennstoff benötigt wird.

In nebenstehender Grafik wird ebenfalls wie im ersten Bauabschnitt dieses zusätzliche Holz in einem helleren Grün dargestellt. Wenn dieses Holz nicht durch Zukauf oder eine Produktionssteigerung in Höhe von 30 % zur Verfügung steht, muss die Wärme durch den Gaskessel bereit gestellt werden.

Generell kann gesagt werden, dass je mehr Holz hinzugekauft wird, die Wärmeversorgung regenerativer ausfällt. Da der neue Holzkessel bis auf 150 kW modulierbar ist, lässt sich durch einen Holzzukauf ein Großteil der benötigten Wärme regenerativ erzeugen.



### 3.2.2 Dimensionierung Wärmereizer

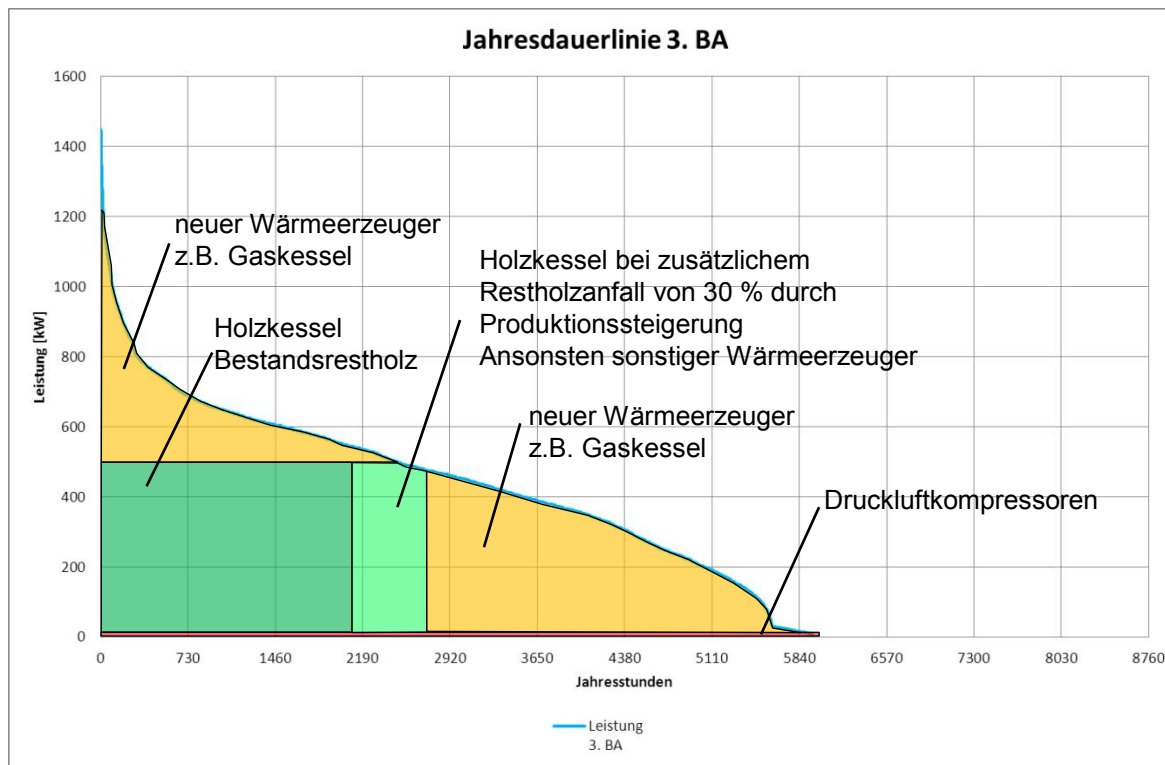
#### dritter Bauabschnitt

In nebenstehender Grafik ist ebenfalls die Aufteilung der selben Wärmereizer mit den selben Farben wie im ersten Bauabschnitt dargestellt.

Jedoch wurde bedingt durch die Baumaßnahmen im Bereich der Bestandsgebäude der Bestandsgaskessel durch einen neuen Leistungsfähigeren Wärmereizer ersetzt.

Wie unter 3.2.1 bereits erläutert, kann es sich dabei z.B. um einen weiteren Festbrennstoffkessel, oder einen Gaskessel handeln welcher wahlweise Erdgas oder Biomethan verbrennt.

Aufgrund der Erhöhung des Leistungsbedarfes, nimmt der Anteil der durch den Holzkessel erzeugten Wärme im Vergleich zu den ersten beiden Bauabschnitten ab. Da es sich bei den Gebäuden des dritten Bauabschnittes nicht um Fertigungshallen handelt, ist auch nicht mehr mit einer weiteren Produktionssteigerung im Vergleich zu den ersten beiden Bauabschnitten zu rechnen. Jedoch besteht weiterhin die generelle Möglichkeit eines Zukaufs von Holzhackschnitzeln.



### 3.2.3 Versorgungsanteil der einzelnen Wärmeerzeuger

In nebenstehender Tabelle sind die jeweiligen Deckungsanteile der einzelnen Wärmeerzeuger am Wärmebedarf der einzelnen Bauabschnitte dargestellt.

Dabei wird in der zweiten Zeile der mögliche Wärmeerzeugungsanteil des 500 kW Festbrennstoffkessels beim angenommenen Restholzanfall von 500 m<sup>3</sup>/a dargestellt. Sollte sich die Produktion und damit der Restholzanfall um 30 % steigern, erhöht sich der Anteil um den in Zeile drei stehenden Anteil. In der vierten Zeile ist die noch zusätzlich mögliche Anteilserhöhung der Wärmeerzeugung durch den Festbrennstoffkessel, bei zusätzlichem Brennstoffzukauf, dargestellt.

Aufgrund der Modulierungs- und Leistungsgrenzen des Festbrennstoffkessels lässt sich der Wärmebedarf, welcher in den Jahresdauerlinien dargestellt ist, nicht alleinig durch diesen einen Kessel decken. Dieser verbleibende Anteil muss durch einen anderen Wärmeerzeuger bereitgestellt werden. Nach Ökonomischen Gesichtspunkten wird für den verhältnismäßig geringen Anteil an Wärmeerzeugung oft ein Wärmeerzeuger mit geringen Investitionskosten gewählt. Da die meist höheren Brennstoffkosten nur eine geringe negative Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit haben.

Bei einer entsprechenden Brennstofflogistik, kann auch der bestehende Festbrennstoffkessel mit seiner Heizleistung von 350 kW den regenerativen Wärmeerzeugungsanteil während des ersten und zweiten Bauabschnittes erhöhen.

|   | erster Bauabschnitt | zweiter Bauabschnitt | dritter Bauabschnitt |
|---|---------------------|----------------------|----------------------|
| Abwärme der Druckluftkompressoren   | 3 %                 | 3 %                  | 2 %                  |
| neuer Festbrennstoffkessel mit 500 m <sup>3</sup> /a Restholzanfall                       | 65 %                | 47 %                 | 38 %                 |
| zusätzliche Wärmeerzeugung des Festbrennstoffkessels bei 30 % mehr Restholzanfall         | 20 %                | 14 %                 | 12 %                 |
| zusätzlich möglich Wärmeerzeugung des Festbrennstoffkessels durch zusätzlichen Holzzukauf | 2 %                 | 26 %                 | 32 %                 |
| Sonstiger Wärmeerzeuger   | 10 %                | 10 %                 | 16 %                 |



### 3.2.4 Zukunftstechnologie Holzvergassungs-Kraft-Wärme-Kopplung

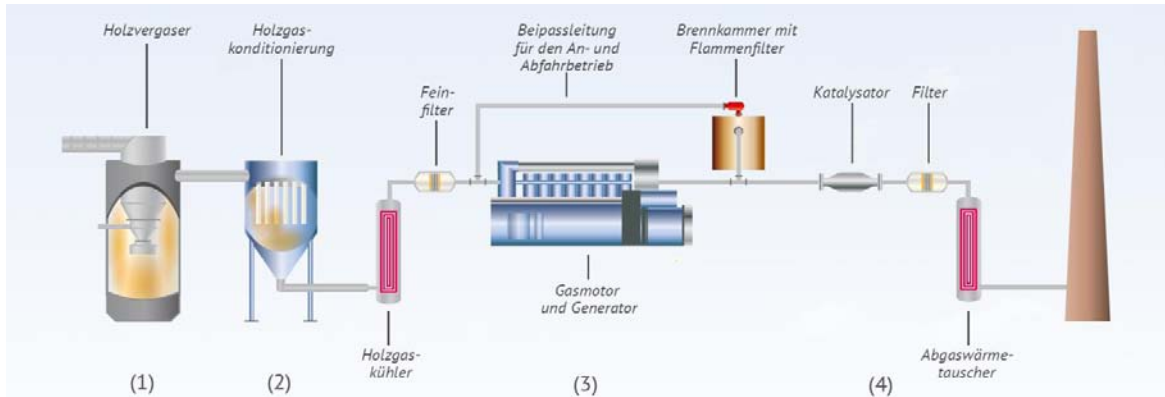
Bei der Holzvergassungstechnologie wird, durch Unterdrückung der Entzündung, feste Biomasse bei ca. 800°C in ein energiereiches Produktgas umgewandelt. Dieses Produktgas lässt sich in Gasmotoren und Gasturbinen im Kraftwärmekopplungsprozess zur Strom und Wärmeerzeugung verwenden. Ein Teil der erzeugten Wärme ist für den Holzvergassungsprozess erforderlich.

Mit Hilfe der Vergasungstechnik lässt sich unter Einsatz von Naturhölzern eine Vergütung nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz im Kilowatt-Leistungsbereich generieren. Aufgrund der Vergütungsstruktur und der hohen Investitionskosten ist ein Betrieb mit hohen Volllaststunden ökonomisch erforderlich.

Aufgrund des damit einhergehenden hohen Brennstoffbedarfes muss eine ausreichende Brennstofflagerung und Brennstofflogistik berücksichtigt werden.

Bei der Holzvergassung ist zu beachten, dass es sich nach bisherigen Technikstand um unbehandeltes Holz handeln muss, da Verschmutzungen oder Fremdstoffe dazu führen können dass das Blockheizkraftwerk beschädigt wird.

Somit eignet sich die Holzvergassung nach dem derzeitigen Technikstand nicht für die Vergasung der Holzreste wie sie im Falle der Holzverarbeitung der IWL anfallen und wird daher in dieser Studie nicht weiter verfolgt.



(1) Bei der Erhitzung von Holz entsteht Holzgas. Der Holzvergaser unterdrückt die Entzündung des Gases unmittelbar nach dem Austritt.

(2) In der Holzgaskonditionierung wird das Holzgas nach verschiedenen Verfahren von unerwünschten Komponenten wie Teeren und Staub befreit.

(3) Das Gas treibt einen Verbrennungsmotor an. Dieser erzeugt mit Hilfe eines Generators Strom.

(4) Die Abgase durchfließen einen ChimCat® Katalysator, der Schadstoffe zuverlässig reduziert. Aus den Abgasen lässt sich Nutzwärme gewinnen.

|                           | Holzvergassungs-motor    | Holzvergassungs-turbine  |  | Holzvergassungs-motor     | Holzvergassungs-turbine   |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--|---------------------------|---------------------------|
| elektrische Leistung      | 150 kW                   | 220 kW                   | thermischer Wirkungsgrad                         | 50 %                      | 41 %                      |
| thermische Leistung       | 230 kW                   | 300 kW                   | Gesamtwirkungsgrad                               | 82 %                      | 71 %                      |
| Platzbedarf               | 100 m <sup>2</sup>       | 100 m <sup>2</sup>       | Stromkennzahl                                    | 0,64                      | 0,73                      |
| spezifische Kosten        | 4.000 €/kW <sub>el</sub> | 5.500 €/kW <sub>el</sub> | Brennstoffbedarf pro Woche bei voller Auslastung | 104 m <sup>3</sup> /Woche | 126 m <sup>3</sup> /Woche |
| elektrischer Wirkungsgrad | 32 %                     | 30 %                     |  |                           |                           |

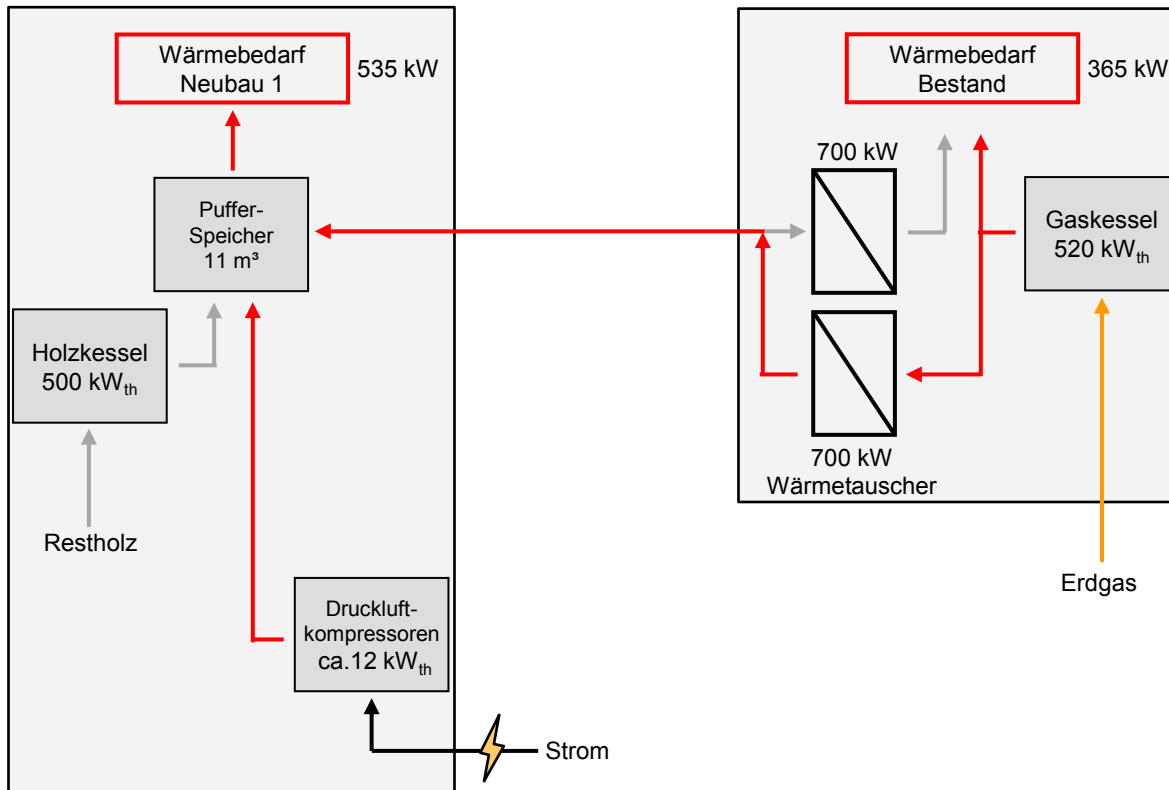
### 3.3 Betriebskonzept Wärmeverbund

Durch den Wärmeverbund sollen der bestehende Gaskessel, der neue Festbrennstoffkessel sowie die Wärmeauskopplung der Druckluftkompressoren sich ergänzen um den Gebäudekomplex ökonomisch und ökologisch sinnvoll mit Wärme zu versorgen.

#### 3.3.1 Benötigte Leistung kleiner 162 kW

Die Druckluftkompressoren übernehmen zusammen mit dem Gaskessel den geringen Leistungsbereich, da ein kurzzeitiger wiederkehrender Betrieb die Lebensdauer des Festbrennstoffkessels unverhältnismäßig belastet. In diesem Betriebspunkt wird Wärme vom Bestandsgebäude über die Nahwärmeleitung an den Neubau geliefert.

1. Druckluftkompressoren laufen
2. Gaskessel läuft
3. Wärmelieferung von Bestandsgebäuden zu Neubau



### 3.3 Betriebskonzept Wärmeverbund

#### 3.3.2 Benötigte Leistung zwischen 162 kW und 512 kW

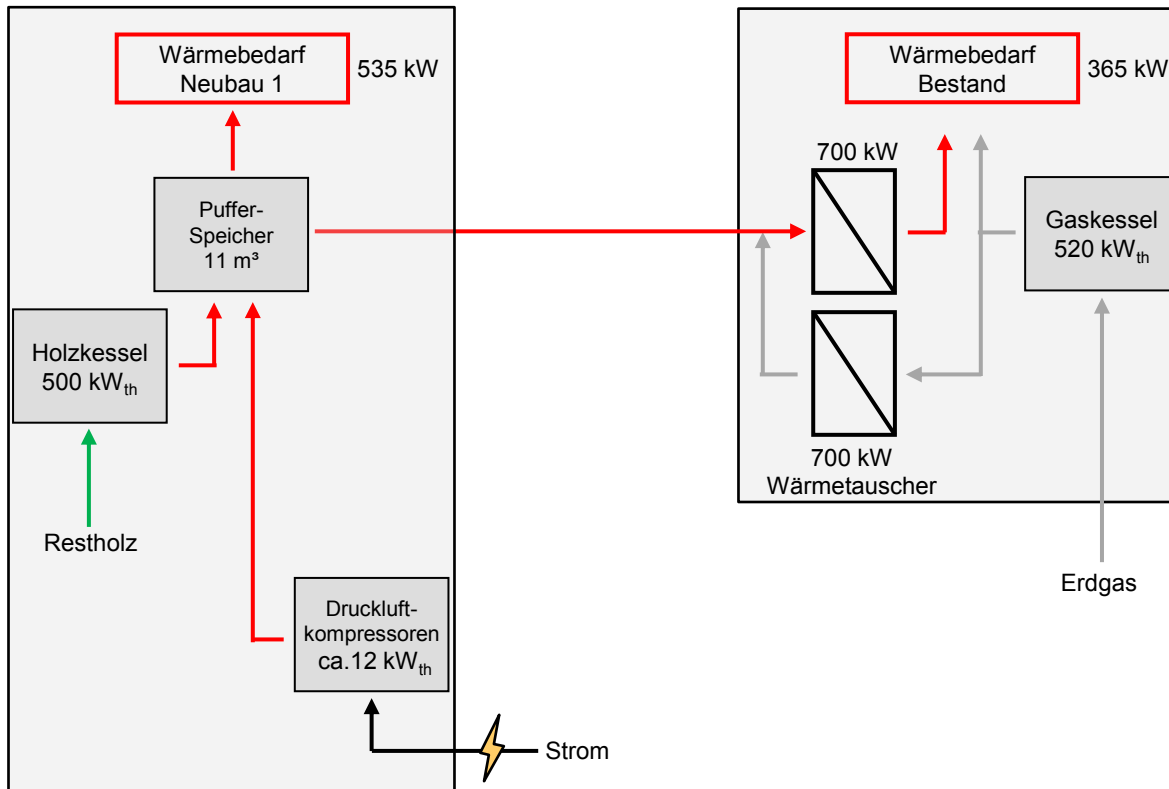
Sobald die benötigte Leistung den Modulier-rahmen des Festbrennstoffkessels von 150 kW erreicht, kann dieser neben den Druckluftkompressoren den Neubau sowie den Bestand mit Wärme versorgen. Somit wird Wärme vom Neubau an die Bestandsgebäude geliefert.

1. Druckluftkompressoren laufen
2. Festbrennstoffkessel läuft
3. Wärmelieferung von Neubau zu Bestandsgebäuden

Sollte nicht ausreichend Festbrennstoff für eine Verbrennung zur Verfügung stehen, wird im Gegensatz der Neubau durch den Bestandskessel mit Wärme versorgt.

1. Druckluftkompressoren laufen
2. Gaskessel läuft
3. Wärmelieferung von Bestandsgebäuden zu Neubau

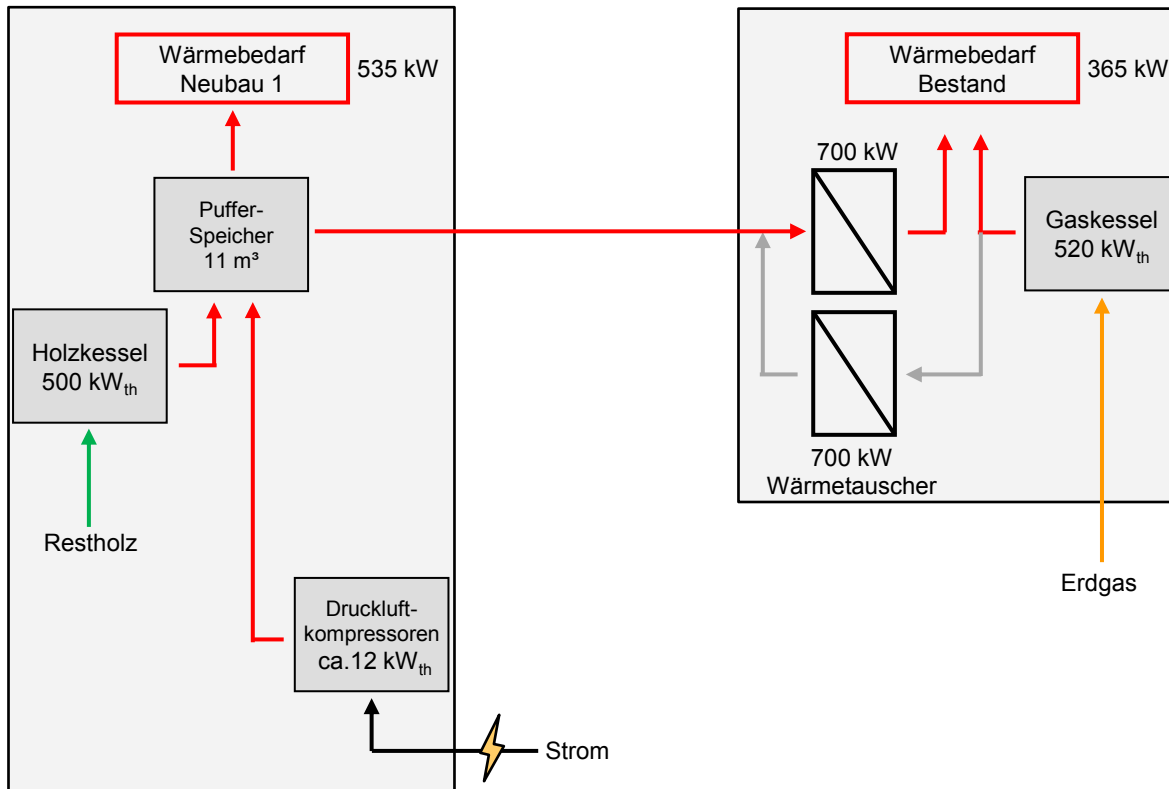
Siehe Grafik unter 3.3.1



### 3.3 Betriebskonzept Wärmeverbund

#### 3.3.3 Benötigte Leistung größer als 512 kW

Erst bei einem Leistungsbedarf über 512 kW wird erneut der Gaskessel im Bestandsgebäude benötigt, um die Spitzenlast abzudecken. Dabei reduziert sich bei steigender Wärmeleistung des Gaskessels die Wärmemenge welche vom Neubau durch die Nahwärmeleitung den Bestand mit Wärme versorgt.



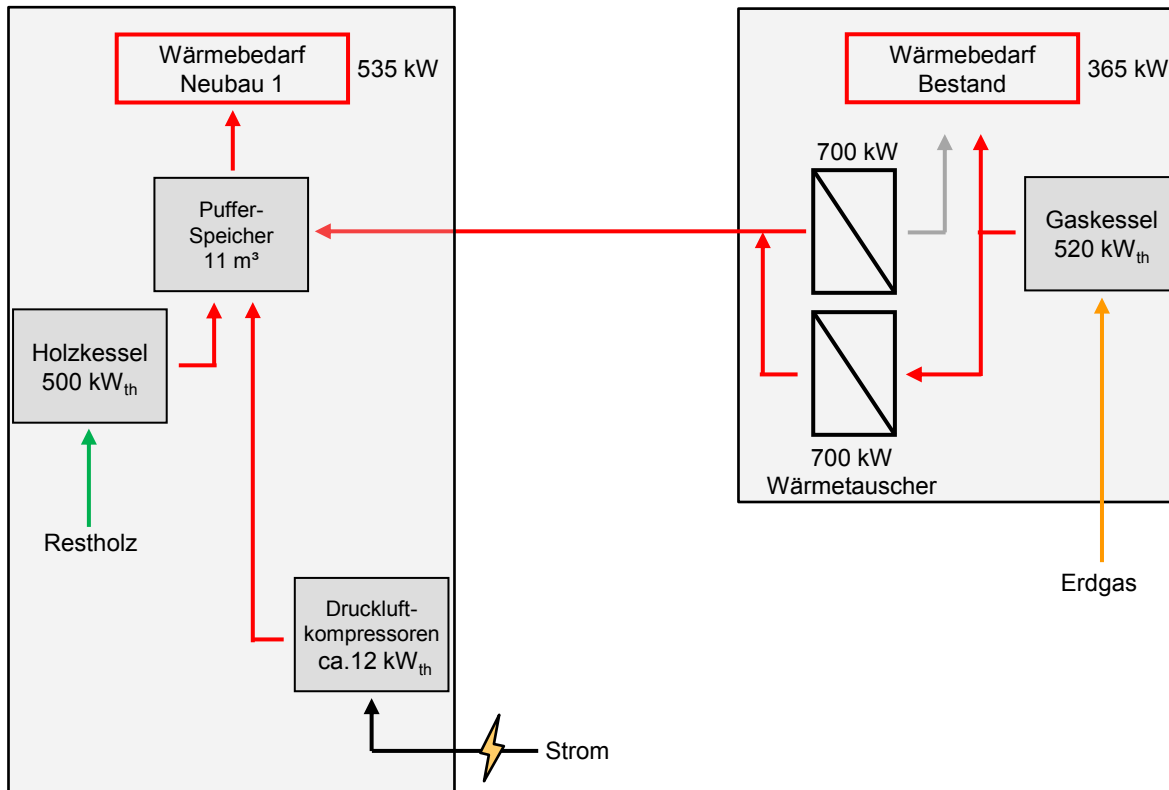
1. Druckluftkompressoren laufen
2. Festbrennstoffkessel läuft
3. Gaskessel läuft
4. Wärmelieferung von Neubau zu Bestandsgebäuden

### 3.3 Betriebskonzept Wärmeverbund

#### 3.3.3 Benötigte Leistung größer als 512 kW

Sobald im Neubau mehr Wärme benötigt wird, als der Festbrennstoffkessel und die Druckluftkompressoren zur Verfügung stellen können, versorgt der Bestand den Neubau mit Spitzenlastwärme. Bei dem Betriebskonzept ist im Zusammenhang mit der Brennstofflogistik darauf zu achten, dass immer wenn eine Leistung über 532 kW benötigt wird, eine ausreichende Menge an Festbrennstoff zur Verfügung steht.

1. Druckluftkompressoren laufen
2. Festbrennstoffkessel läuft
3. Gaskessel läuft
4. Wärmelieferung von Bestandsgebäuden zu Neubau



### 3.4 Vorteile durch den Wärmeverbund

Wie bereits unter den Punkten 3.1 und 3.2 beschrieben gibt es einige technische Vorteile für den Aufbau eines Wärmeverbundes zwischen den Bestandsgebäuden und dem Neubau.

Für den Aufbau eines Wärmeverbundes spricht, dass einzelne Kessel je Gebäude meist in einem energetisch ungünstigen Teillastbereich laufen. Dabei wird der Verschleiß der Kessel und somit die Lebensdauer der Kessel reduziert. Im Falle der IWL kann der bestehende Holzessel aufgrund des Umzugs der Holzverarbeitung in den Neubau nur weiterbetrieben werden, wenn das Bestandssilo manuell mit den Holzresten bestückt wird. Dies ist mit einem entsprechendem Arbeitsaufwand verbunden, welcher die Sinnhaftigkeit der Holzverbrennung in dem Bestandsgebäude in Frage stellt.

Durch den Aufbau des Wärmeverbundes entstehen Kosten, welche jedoch aufgrund der Möglichkeit des Verzichtes auf einen Spitzenlastwärmeerzeugers inkl. der dazugehörigen Peripherie kompensiert werden.

In nebenstehender Grafik werden die Investitionskosten sowie Investitionskostenersparnisse gegenüber gestellt.

Zu den Kosteneinsparungen welche sich durch den geringeren Verschleiß, sowie die Brennstoffeinsparung durch einen besseren Wirkungsgrad ergeben, lassen sich nur schwer belastbare Aussagen treffen.

| Positionen                                  | Investitionskosten | Investitionskosten-einsparung |
|---|--------------------|-------------------------------|
| Nahwärmeleitung inkl. Hausdurchführung etc. | 43.200 €           |                               |
| Wärmetauscher                               | 24.000 €           |                               |
| Nahwärme Peripherie                         | 10.500 €           |                               |
| Gasspitzenlastkessel                        |                    | 29.200 €                      |
| Abgassystem                                 |                    | 21.750 €                      |
| Gasanschluss                                |                    | 10.000 €                      |
| <b>Summe:</b>                               | <b>56.100 €</b>    | <b>60.950 €</b>               |

Investitionskosten Stand: 23.10.2012

### 3.4 Vorteile durch den Wärmeverbund

Ähnlich wie bei den Betriebskosten- und Brennstoffkosteneinsparungen lassen sich keine belastbaren Aussagen zur Primärenergieeinsparung sowie Kohlendioxidemissions-einsparung treffen. Dies ist darauf zurück zu führen, dass diese erheblich durch den Anfall und die Zusammensetzung der Reststoffe, welche Produktionsbedingt schwanken, beeinflusst werden.

Je mehr Reststoffe jedoch energetisch genutzt werden können, desto mehr Erdgas wird gerade im ersten Bauabschnitt ersetzt.

Somit hängen der Primärenergiebedarf, sowie die Kohlendioxidemissionen von der anfallenden Reststoffmenge (Produktionsabläufen) und dem Zukauf von Festbrennstoffen, als Substitut für das Erdgas, ab.

Jedoch kann abschließend gesagt werden, dass ein möglichst großer Nutzen der energetischen Verwertung der Reststoffe, durch einen Wärmeverbund der Gebäude gefördert wird.





## **ISAR-WÜRM-LECH IWL Neubau eines Büro- und Produktionsgebäudes**

Bauherr:  
ISAR-WÜRM-LECH IWL  
Werkstätten für behinderte Menschen  
GmbH  
Landsberg am Lech / Hauptverwaltung  
Rudolf-Diesel-Str. 1  
86899 Landsberg am Lech

Architekt:  
Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH  
Sportplatzweg 5  
A-6858 Schwarzach

Aussteller:  
Ingenieurbüro Hausladen GmbH  
Feldkirchener Straße 7a  
85551 Kirchheim

Tischvorlage 9:  
**Lebenszykluskostenberechnung  
Variantenbetrachtung verschiedener  
energetischer Standards**  
Stand überarbeitet: 17.12.2012

Aufgestellt  
Kirchheim, 17.12.2012

Ingenieurbüro Hausladen GmbH



| Inhalt  | Seite |
|---|-------|
| Aufgabenstellung                                      | 3     |
| Variantenberechnung                                   | 4     |
| Bauteile der thermischen Gebäudehülle                 | 5     |
| Kennwerte der verschiedenen energetischen Standards   | 12    |
| Primärenergiebedarf                                   | 14    |
| Randbedingungen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung | 15    |
| Lebenszykluskosten                                    | 19    |
| Auswertung Lebenszykluskosten                         | 20    |
| Bewertung der Ergebnisse                              | 28    |

## 1.0 Aufgabenstellung

Im Rahmen des Förderprogramms der DBU wird für den Neubau der Büro- und Produktionshalle IWL in Landsberg die Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher energetischer Gebäudestandards untersucht.

Häufig werden Bauherrenentscheidungen ausschließlich anhand der Höhe der Investitionskosten getroffen und hierbei die kostengünstigsten Systeme ausgewählt. Dabei werden die möglichen Einsparmöglichkeiten durch die Verringerung der Betriebskosten dank eines besseren energetischen Standards außer Acht gelassen.

Mit einer Lebenszyklusberechnung werden diese Faktoren berücksichtigt und bilden so eine zielführende Entscheidungsgrundlage für den Bauherrn. Lebenszykluskosten beinhalten sowohl Kosten für Herstellung als auch für die Nutzung des Gebäudes. In die Nutzungskosten fließen die Energiekosten und die Kosten für Wartung und Instandhaltung mit ein. Auch zukünftige Preissteigerungen werden berücksichtigt.

Die Grundlage für die Berechnung bilden die in der Entwurfsplanung entwickelten Varianten für verschiedene energetische Dämmstandards. Der Verlauf der thermischen Hülle, sowie die verwendeten Bauteile basieren auf der Entwurfsplanung vom 08.02.2012.

## 2.0 Variantenberechnung

Im Rahmen der Untersuchung wurden vier Szenarien (EnEV 2009 Standard, Standard Referenzgebäude EnEV 2009, Standard Referenzgebäude EnEV 2009 minus 30% und der Ausführungsfall), jeweils mit einer Holzversorgung miteinander verglichen.

Zusätzlich wird bei der Variante Ausführungsfall die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage geprüft.

Ergänzend wird außerdem der Ausführungsfall mit einer Gasversorgung untersucht. Bei dieser Variante werden zwar die Anforderungen der EnEV erfüllt, die des EEWärmeG jedoch nicht. Aus diesem Grunde ist bei dieser Variante mit zusätzlichen Kosten für Maßnahmen zur Erfüllung des EEWärmeG zu rechnen.

Dazu wurden noch folgende Parameter variiert:

- zwei Energiepreissteigerungen für Holz
- zwei unterschiedliche Kostenansätze für Energie
- zwei verschiedene Betrachtungszeiträume

Die Berechnung erfolgt in Anlehnung an die Berechnungsmethode der DGNB (Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e.V.) gemäß Steckbrief 16.

Es wurden folgende Varianten jeweils mit 20 und 30 Jahren Betrachtungszeitraum untersucht:

### **Variante 1a(20) / 1a(30):**

EnEV-Standard (Energieversorgung mit Holz)  
Ver- und Entsorgungskosten: Standardwerte  
Energiepreissteigerung Holz: 4%

### **Variante 2a(20) / 2a(30):**

Standard Referenzgebäude EnEV 2009 mit Holz (Energieversorgung mit Holz)  
Ver- und Entsorgungskosten: Standardwerte  
Energiepreissteigerung Holz: 4%

### **Variante 3a(20) / 3a(30):**

Standard Referenzgebäude EnEV 2009 minus 30% (Energieversorgung mit Holz)  
Ver- und Entsorgungskosten: Standardwerte  
Energiepreissteigerung Holz: 4%

### **Variante 4a(20) / 4a(30):**

Ausführungsfall (Energieversorgung mit Holz)  
Ver- und Entsorgungskosten: Standardwerte  
Energiepreissteigerung Holz: 4%

### **Variante 5a(20) / 5a(30):**

Ausführungsfall mit PV Anlage (Energieversorgung mit Holz)  
Ver- und Entsorgungskosten: Standardwerte  
Energiepreissteigerung Holz: 4%

### **Variante 6a(20) / 6a(30):**

Ausführungsfall (Energieversorgung mit Gas)  
Ver- und Entsorgungskosten: Standardwerte  
Energiepreissteigerung Holz: 4%

### **Variante 1b(20) / 1b(30):**

EnEV-Standard (Energieversorgung mit Holz)  
Ver- und Entsorgungskosten: Angaben IWL  
Energiepreissteigerung Holz: 1,5%

### **Variante 2b(20) / 2b(30):**

Standard Referenzgebäude EnEV 2009 mit Holz (Energieversorgung mit Holz)  
Ver- und Entsorgungskosten: Angaben IWL  
Energiepreissteigerung Holz: 1,5%

### **Variante 3b(20) / 3b(30):**

Standard Referenzgebäude EnEV 2009 minus 30% (Energieversorgung mit Holz)  
Ver- und Entsorgungskosten: Angaben IWL  
Energiepreissteigerung Holz: 1,5%

### **Variante 4b(20) / 4b(30):**

Ausführungsfall (Energieversorgung mit Holz)  
Ver- und Entsorgungskosten: Angaben IWL  
Energiepreissteigerung Holz: 1,5%

### **Variante 5b(20) / 5b(30):**

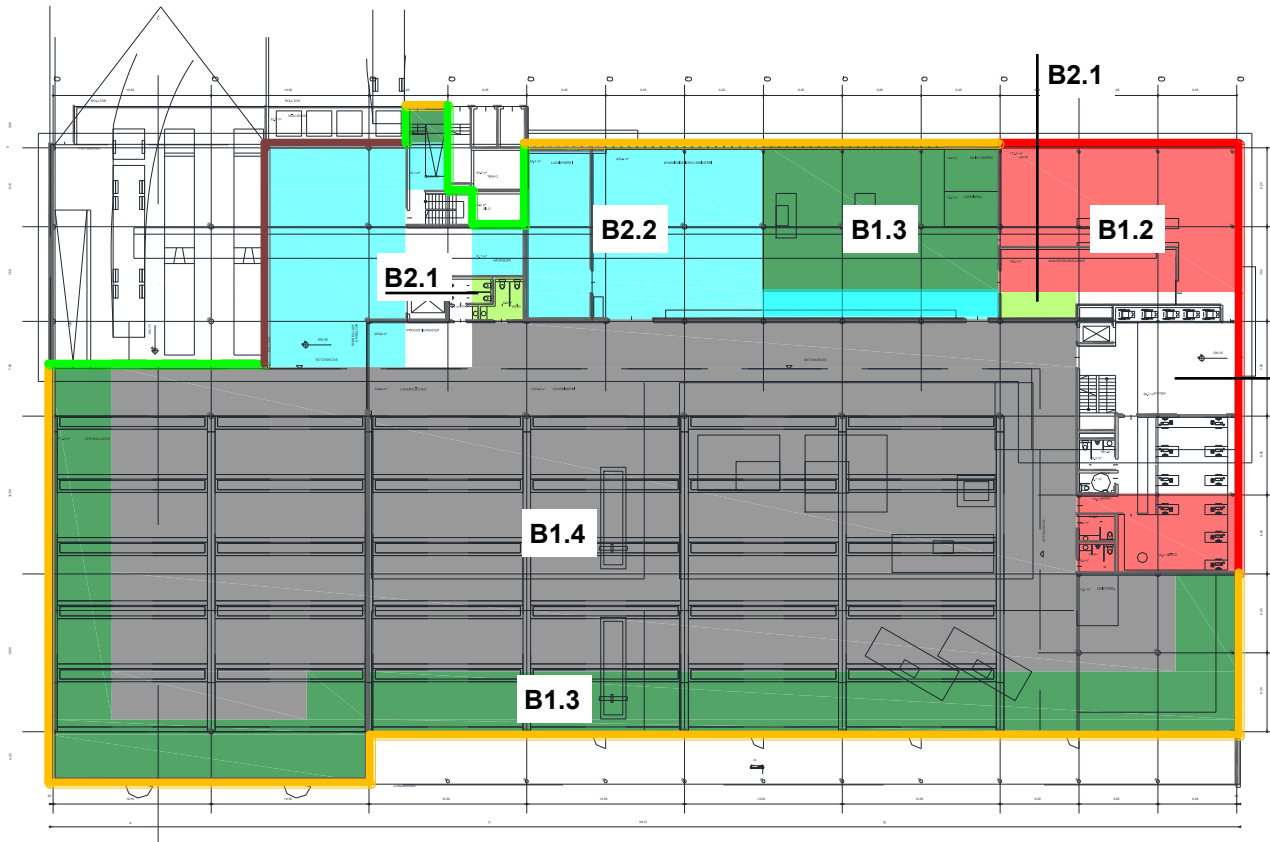
Ausführungsfall mit PV Anlage (Energieversorgung mit Holz)  
Ver- und Entsorgungskosten: Angaben IWL  
Energiepreissteigerung Holz: 1,5%

### **Variante 6b(20) / 6b(30):**

Ausführungsfall (Energieversorgung mit Gas)  
Ver- und Entsorgungskosten: Angaben IWL  
Energiepreissteigerung Holz: 1,5%




















### 3.1 Bauteile der thermischen Gebäudehülle Übersichtsplan Erdgeschoss



Hinweis:  
Für Zonen mit gleicher Konditionierung sowie für beheizte Bereiche zu niedrig beheizt bestehen keine Dämmanforderungen

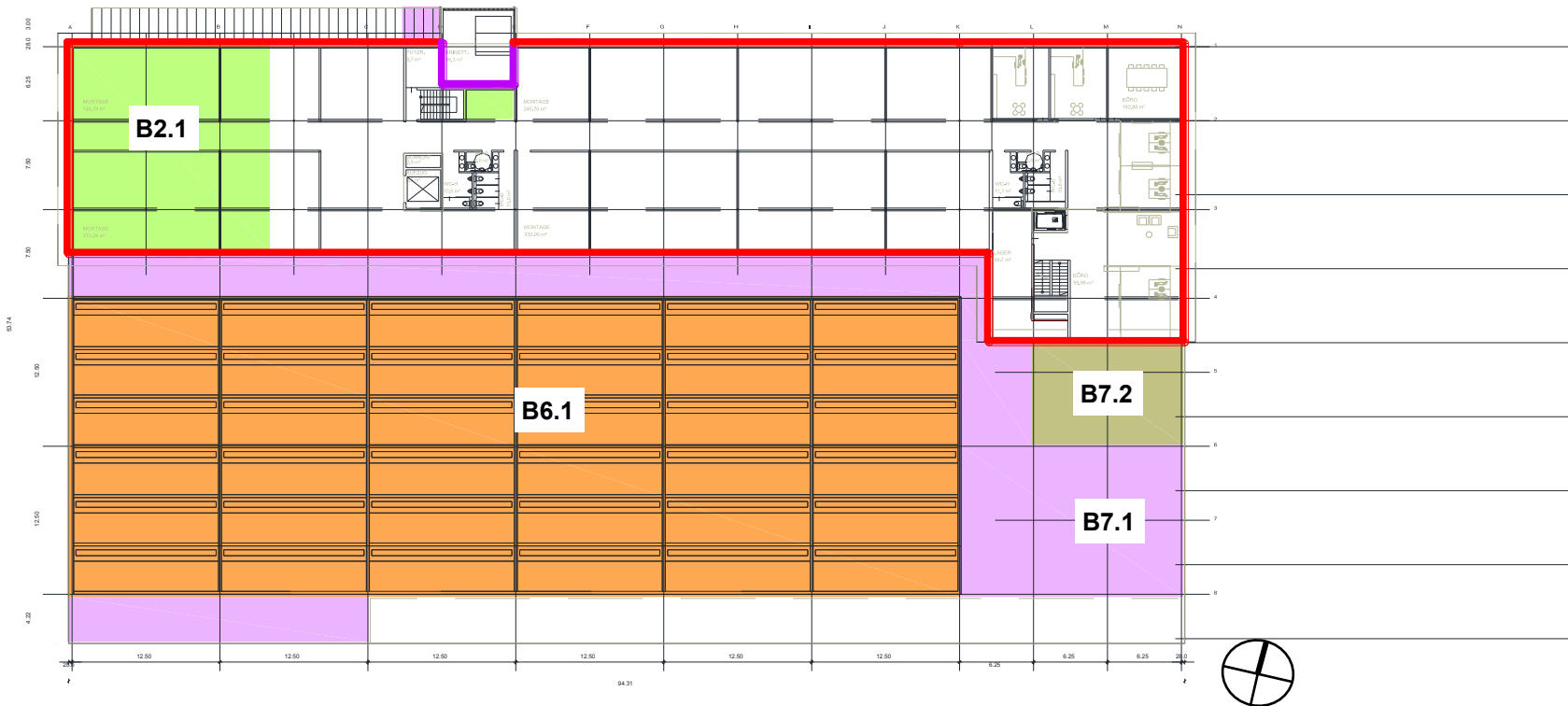
Die bei dieser Fassade verwendeten Bauteile sind schwarz, die übrigen Bauteile grau beschriftet.

|  |   |   |   |   |  |
|--|---|---|---|---|--|
|  | B1.1: BP UG auf Erdreich (niedrig beh.)                 |  | B3.1: AW Beton niedrig beh. gegen Erdreich    |  | B5.2: AW Holz normal beheizt gegen Außenluft       |
|  | B1.2: BP EG auf Erdreich (normal beh.)                  |  | B4.1: AW Beton niedrig beh. gegen unbeheizt   |  | B6.1: Sheddach niedrig beh. gegen Außenluft        |
|  | B1.3: BP EG auf Erdreich , Randbereich (niedrig beh.)   |  | B4.2: AW Holz niedrig beh. gegen unbeheizt    |  | B6.2: Sheddach normal beh. gegen Außenluft         |
|  | B1.4: BP EG auf Erdreich , Mittelbereich (niedrig beh.) |  | B4.3: AW Beton normal beh. gegen unbeheizt    |  | B7.1: Flachdach ZG niedrig beheizt gegen Außenluft |
|  | B2.1: Decke beheizt gegen unbeheizt                     |  | B5.1: AW Holz niedrig beheizt gegen Außenluft |  | B7.2: Flachdach ZG normal beheizt gegen Außenluft  |
|  | B2.2: Decke niedrig beheizt gegen unbeheizt             |   |   |  | B7.3: Flachdach OG normal beheizt gegen Außenluft  |






















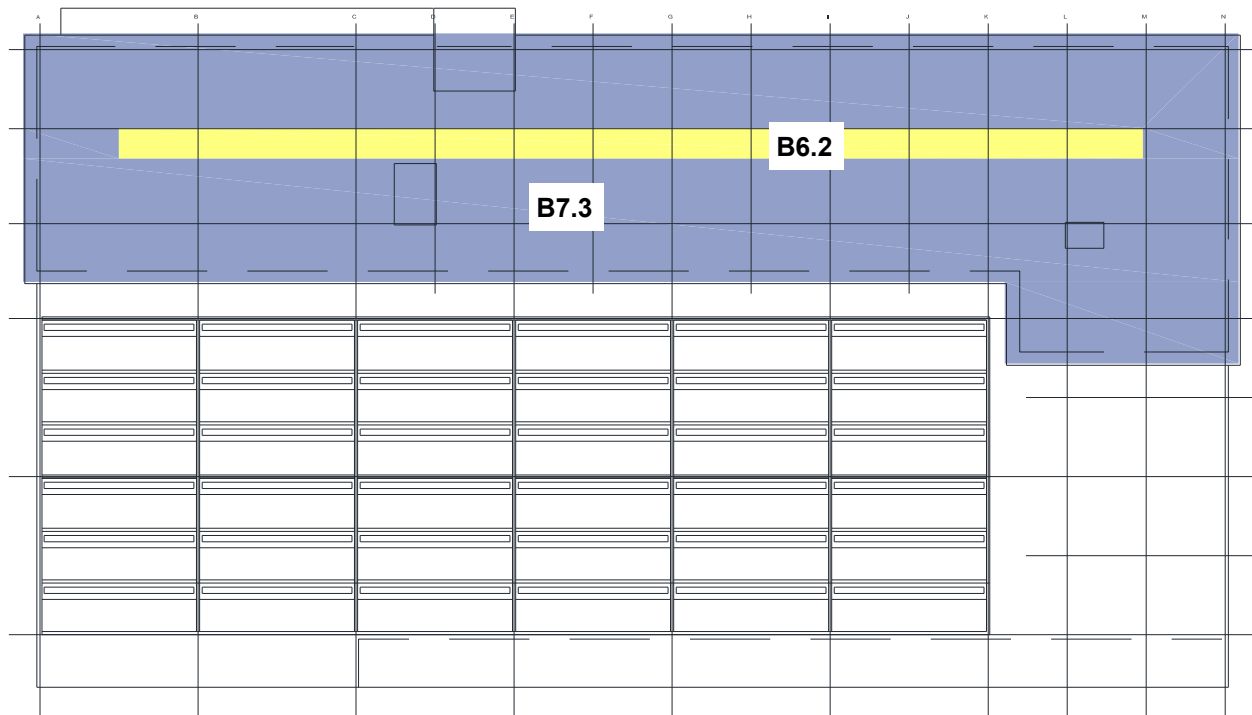
### 3.3 Bauteile der thermischen Gebäudehülle Übersichtsplan Obergeschoss




















Die bei dieser Fassade verwendeten Bauteile sind schwarz, die übrigen Bauteile grau beschriftet.

|  |  |   |   |   |  |
|--|--|---|---|---|--|
|  | B1.1: BP UG auf Erdreich (niedrig beh.)                |  | B3.1: AW Beton niedrig beh. gegen Erdreich    |  | B5.2: AW Holz normal beheizt gegen Außenluft       |
|  | B1.2: BP EG auf Erdreich (normal beh.)                 |  | B4.1: AW Beton niedrig beh. gegen unbeheizt   |  | B6.1: Sheddach niedrig beh. gegen Außenluft        |
|  | B1.3: BP EG auf Erdreich, Randbereich (niedrig beh.)   |  | B4.2: AW Holz niedrig beh. gegen unbeheizt    |  | B6.2: Sheddach normal beh. gegen Außenluft         |
|  | B1.4: BP EG auf Erdreich, Mittelbereich (niedrig beh.) |  | B4.3: AW Beton normal beh. gegen unbeheizt    |  | B7.1: Flachdach ZG niedrig beheizt gegen Außenluft |
|  | B2.1: Decke beheizt gegen unbeheizt                    |  | B5.1: AW Holz niedrig beheizt gegen Außenluft |  | B7.2: Flachdach ZG normal beheizt gegen Außenluft  |
|  | B2.2: Decke niedrig beheizt gegen unbeheizt            |   |   |  | B7.3: Flachdach OG normal beheizt gegen Außenluft  |

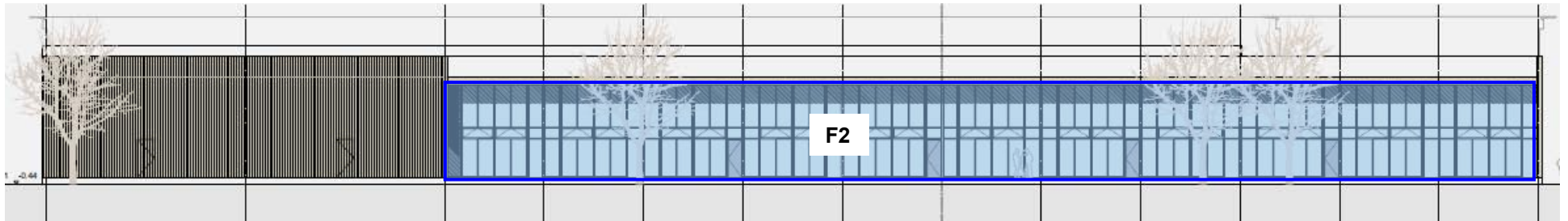
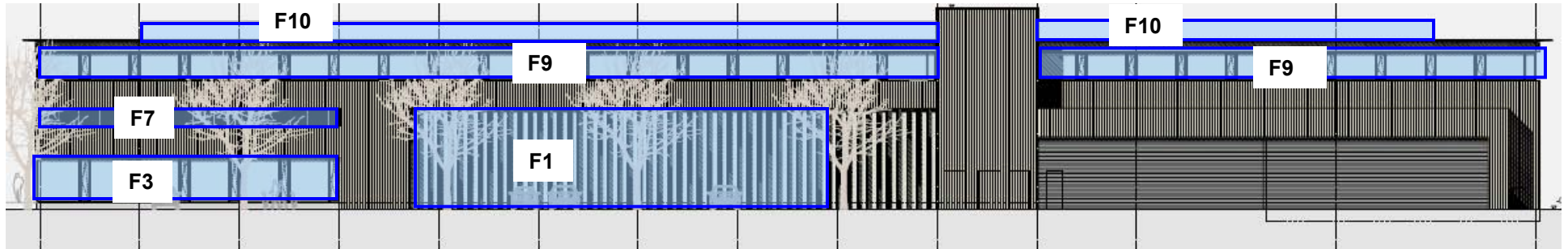
### 3.4 Bauteile der thermischen Gebäudehülle Übersichtsplan Dachaufsicht



Die bei dieser Fassade verwendeten Bauteile sind schwarz, die übrigen Bauteile grau beschriftet.

|  |   |   |   |   |  |
|--|---|---|---|---|--|
|  | B1.1: BP UG auf Erdreich (niedrig beh.)                 |  | B3.1: AW Beton niedrig beh. gegen Erdreich    |  | B5.2: AW Holz normal beheizt gegen Außenluft       |
|  | B1.2: BP EG auf Erdreich (normal beh.)                  |  | B4.1: AW Beton niedrig beh. gegen unbeheizt   |  | B6.1: Sheddach niedrig beh. gegen Außenluft        |
|  | B1.3: BP EG auf Erdreich , Randbereich (niedrig beh.)   |  | B4.2: AW Holz niedrig beh. gegen unbeheizt    |  | B6.2: Sheddach normal beh. gegen Außenluft         |
|  | B1.4: BP EG auf Erdreich , Mittelbereich (niedrig beh.) |  | B4.3: AW Beton normal beh. gegen unbeheizt    |  | B7.1: Flachdach ZG niedrig beheizt gegen Außenluft |
|  | B2.1: Decke beheizt gegen unbeheizt                     |  | B5.1: AW Holz niedrig beheizt gegen Außenluft |  | B7.2: Flachdach ZG normal beheizt gegen Außenluft  |
|  | B2.2: Decke niedrig beheizt gegen unbeheizt             |   |   |  | B7.3: Flachdach OG normal beheizt gegen Außenluft  |

### 3.5 Bauteile der thermischen Gebäudehülle Übersichtsplan Ansicht Nord /Süd



Die bei dieser Fassade verwendeten Bauteile sind schwarz, die übrigen Bauteile grau beschriftet.

F1: Verglasungsflächen mit feststehenden Vertikallamellen (niedrig beheizter Bereich)

F2: Glasfassade Schreinerei, (niedrig beheizter Bereich)

F3: Glasfassade Shop (normal beheizter Bereich)

F4: Verglasung Eingangsbereich (normal beheizter Bereich)

F5: Verglasungsflächen mit feststehenden Vertikallamellen (normal beheizter Bereich)

F6: Fensterband mit feststehenden Vertikallamellen (niedrig beheizter Bereich)

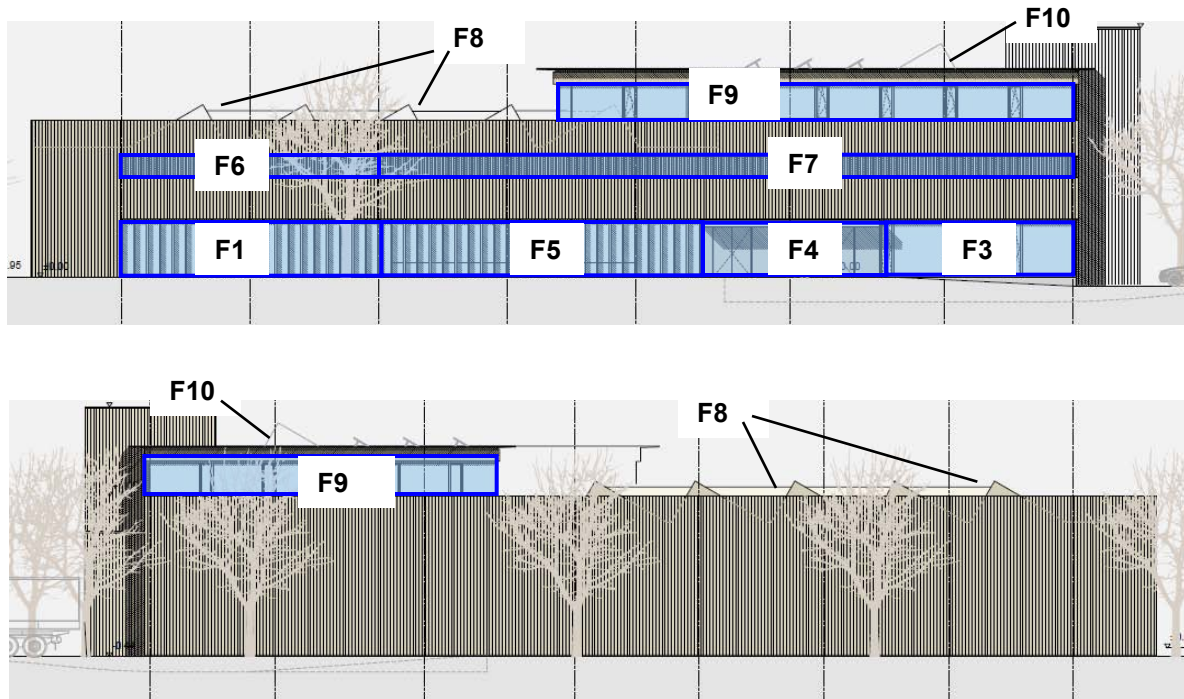
F7: Fensterband mit feststehenden Vertikallamellen (normal beheizter Bereich)

F8: Verglasung Sheds Zwischengeschoss

F9: Glasfassade OG (normal beheizter Bereich)

F10: Verglasung Shed Obergeschoss

### 3.6 Bauteile der thermischen Gebäudehülle Übersichtsplan Ansicht Ost /West



Die bei dieser Fassade verwendeten Bauteile sind schwarz, die übrigen Bauteile grau beschriftet.

F1: Verglasungsflächen mit feststehenden Vertikallamellen (niedrig beheizter Bereich)

F2: Glasfassade Schreinerei, (niedrig beheizter Bereich)

F3: Glasfassade Shop (normal beheizter Bereich)

F4: Verglasung Eingangsbereich (normal beheizter Bereich)

F5: Verglasungsflächen mit feststehenden Vertikallamellen (normal beheizter Bereich)

F6: Fensterband mit feststehenden Vertikallamellen (niedrig beheizter Bereich)

F7: Fensterband mit feststehenden Vertikallamellen (normal beheizter Bereich)

F8: Verglasung Sheds Zwischengeschoss

F9: Glasfassade OG (normal beheizter Bereich)

F10: Verglasung Shed Obergeschoss

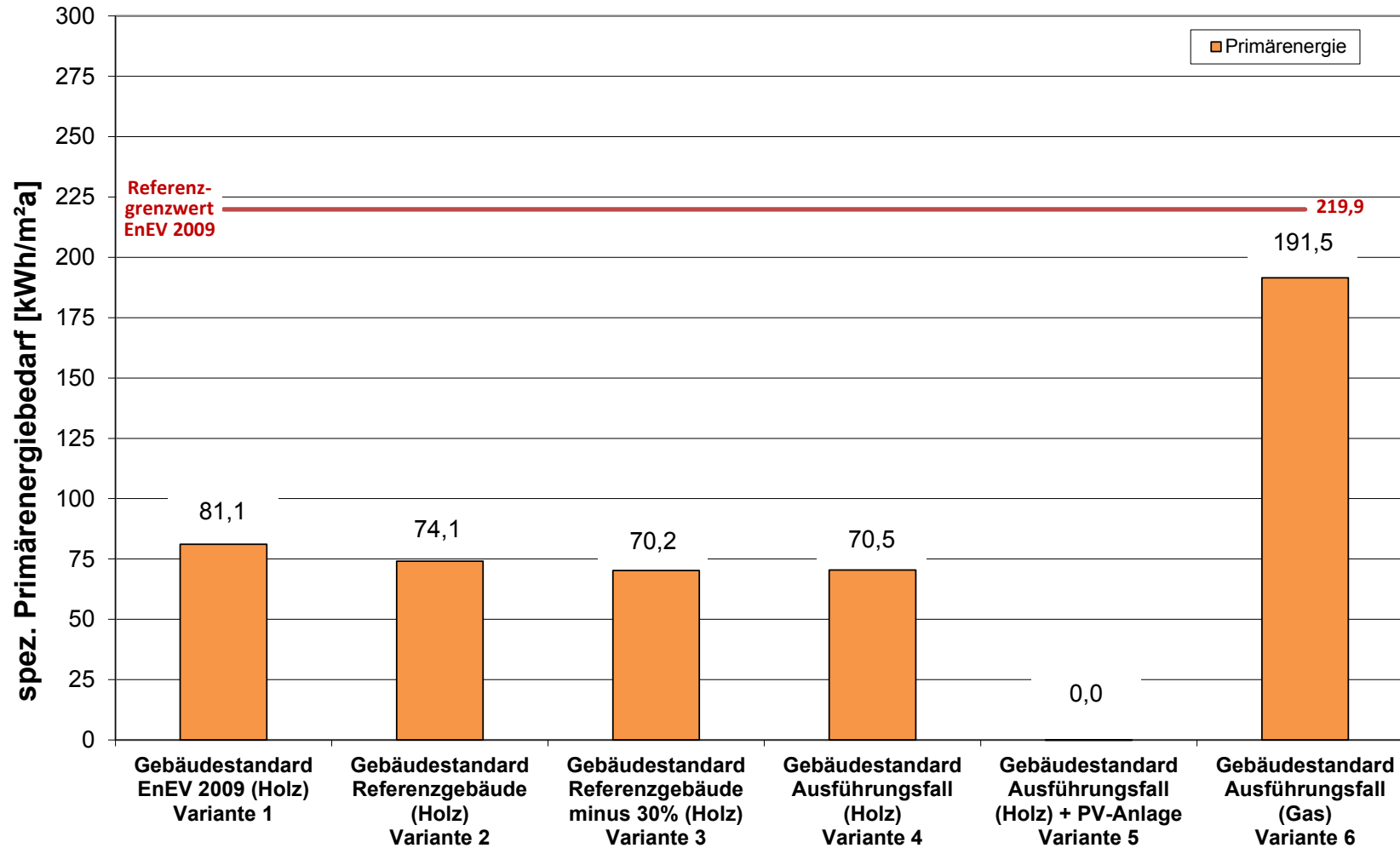
#### 4.0 Kennwerte der verschiedenen Energiestandards

| Bauteile der thermischen Gebäudehülle               | Fläche A [m <sup>2</sup> ] | Erreichter U-Wert EnEV 2009 [W/m <sup>2</sup> K] (Variante 1) | Erreichter U-Wert Referenzgebäude nach EnEV 2009 [W/m <sup>2</sup> K] (Variante 2) | Erreichter U-Wert Referenzgebäude nach EnEV 2009 - 30% [W/m <sup>2</sup> K] (Variante 3) | Erreichter U-Wert Ausführungsfall [W/m <sup>2</sup> K] (Varianten 4, 5 und 6) |
|---|----------------------------|---|--|--|---|
| B1.1: BP UG auf Erdreich (niedrig beheizt)          | 277                        | 0,78  | 0,33   | 0,22   | 3,19  |
| B1.2: BP EG auf Erdreich (normal beheizt)           | 305                        | 0,62  | 0,33   | 0,22   | 0,33  |
| B1.3: BP EG gedämmt auf Erdreich (niedrig beh.)     | 892                        | 0,78  | 0,33   | 0,22   | 0,33  |
| B1.4: BP EG ungedämmt auf Erdreich (niedrig beh.)   | 2.190                      | 3,19  | 3,19   | -  | 3,19  |
| B2.1: Kellerdecke gegen unbeheizt (normal beheizt)  | 339                        | 0,67  | 0,33   | 0,22   | 0,33  |
| B2.2: Kellerdecke gegen unbeheizt (niedrig beheizt) | 522                        | 1,00  | 0,33   | 0,22   | 0,33  |
| B3.1: KW Beton gegen Erdreich (niedrig beheizt)     | 226                        | 0,79  | 0,33   | 0,22   | 0,33  |
| B4.1: AW Beton gegen unbeheizt (niedrig beheizt)    | 366                        | 1,00  | 0,30   | 0,23   | 0,30  |
| B4.2: AW Holz gegen unbeheizt (niedrig beheizt)     | 156                        | 0,71  | 0,35   | 0,23   | 0,30  |
| B4.3: AW Beton gegen unbeheizt (normal beheizt)     | 45                         | 0,63  | 0,30   | 0,23   | 0,30  |
| B5.1: AW Holz gegen Außenluft (niedrig beheizt)     | 748                        | 0,42  | 0,35   | 0,24   | 0,16  |
| B5.2: AW Holz gegen Außenluft (normal beheizt)      | 623                        | 0,33  | 0,25   | 0,19   | 0,13  |
| B6.1: Sheddach gegen Außenluft (niedrig beheizt)    | 2.426                      | 0,48  | 0,31   | 0,23   | 0,15  |
| B6.2: Sheddach gegen Außenluft (normal beheizt)     | 258                        | 0,31  | 0,20   | 0,14   | 0,15  |
| B7.1: Flachdach ZG gegen Außenluft (niedrig beh.)   | 696                        | 0,50  | 0,32   | 0,23   | 0,15  |
| B7.2: Flachdach ZG gegen Außenluft (normal beh.)    | 113                        | 0,32  | 0,20   | 0,14   | 0,15  |
| B7.3: Flachdach OG gegen Außenluft (normal beh.)    | 1.582                      | 0,32  | 0,20   | 0,14   | 0,15  |

#### 4.1 Kennwerte der verschiedenen Energiestandards

| Bauteile der thermischen Gebäudehülle                                       | Fläche A [m <sup>2</sup> ] | Erreichter U-Wert EnEV 2009 [W/m <sup>2</sup> K] (Variante 1) | Erreichter U-Wert Referenzgebäude nach EnEV 2009 [W/m <sup>2</sup> K] (Variante 2) | Erreichter U-Wert Referenzgebäude nach EnEV 2009 - 30% [W/m <sup>2</sup> K] (Variante 3) | Erreichter U-Wert Ausführungsfall [W/m <sup>2</sup> K] (Varianten 4, 5 und 6) |
|---|----------------------------|---|--|--|---|
| F1: Verglasungsflächen mit feststehenden Vertikallamellen (niedrig beheizt) | 162                        | 2,8   | 1,9  | 1,3  | 1,3   |
| F2: Glasfassade Schreinerei   | 378                        | 2,8   | 1,9  | 1,3  | 1,3   |
| F3: Glasfassade Shop  | 79                         | 1,9   | 1,3  | 0,9  | 1,3   |
| F4: Verglasung Eingangsbereich  | 9                          | 1,9   | 1,3  | 0,9  | 1,3   |
| F5: Verglasungsflächen mit feststehenden Vertikallamellen (normal beheizt)  | 37                         | 1,9   | 1,3  | 0,9  | 1,3   |
| F6: Fensterband mit feststehenden Vertikallamellen (niedrig beheizt)        | 11                         | 2,8   | 1,9  | 1,3  | 1,3   |
| F7: Fensterband mit feststehenden Vertikallamellen (normal beheizt)         | 52                         | 1,9   | 1,3  | 0,9  | 1,3   |
| F8: Verglasung Sheds Zwischengeschoss                                       | 631                        | 2,8   | 1,9  | 1,3  | 1,3   |
| F9: Glasfassade OG  | 350                        | 1,9   | 1,3  | 0,9  | 1,3   |
| F10: Verglasung Shed Obergeschoss   | 87                         | 1,9   | 1,3  | 0,9  | 1,3   |
| T1: Außentür gegen unbeheizt (niedrig beheizt)                              | 17                         | 2,9   | 2,9  | 2,0  | 1,8   |
| T2: Außentür gegen Außenluft (normal beheizt)                               | 8                          | 1,9   | 1,8  | 1,3  | 1,8   |
| R1: Tore gegen unbeheizt  | 70                         | 2,9   | 2,9  | 2,0  | 2,9   |

5.0 Primärenergiebedarf der verschiedenen Energiestandards bezogen auf die konditionierte Fläche NGF (6107 m<sup>2</sup>) gemäß EnEV

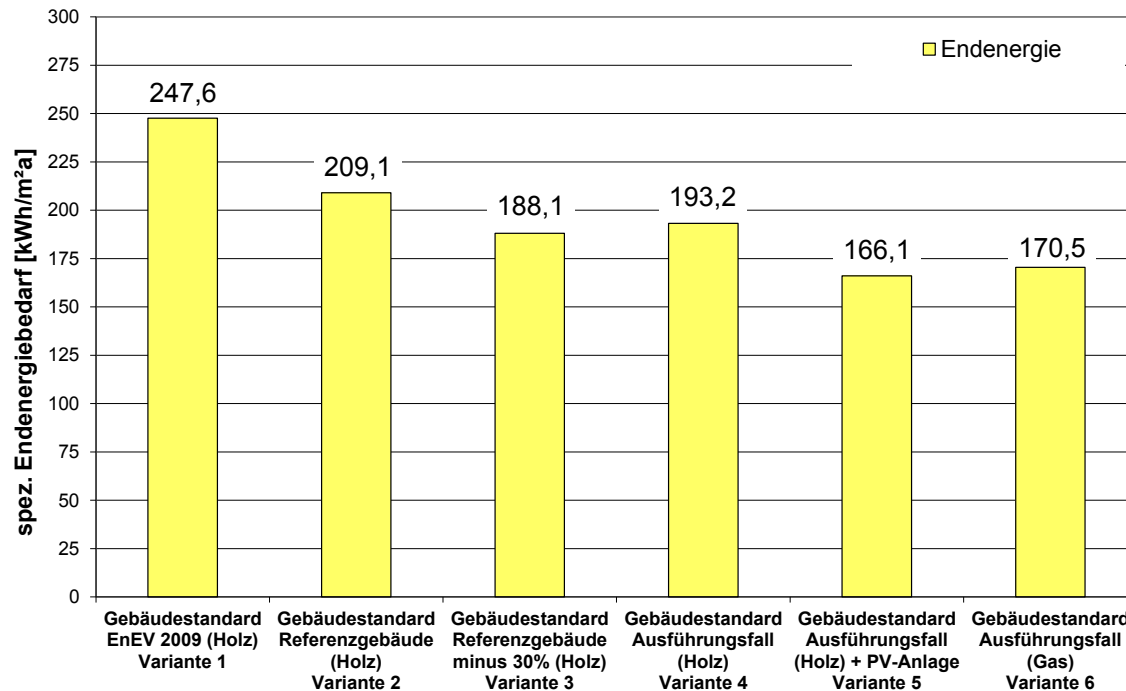




## 6.0 Randbedingungen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung

### 6.1 Endenergiebedarf

Der Endenergiebedarf wurde gemäß EnEV 2009 mit Hilfe der DIN V 18599 in kWh pro Quadratmeter Nettogrundfläche ( $A_{NGF}$ ) ermittelt. Bei der Bezugsfläche handelt es sich um die konditionierte Fläche ( $6107 \text{ m}^2$ ) und nicht die nach DIN 277 errechnete Nettogrundfläche.



Gemäß Tischvorlage 2 wird bei der Variante mit PV Anlage von einer maximalen Belegung mit PV Modulen ausgegangen. Die Modulfläche wurde mit  $1.300 \text{ m}^2$ , die Neigung mit  $30^\circ$  und die Ausrichtung mit  $-12^\circ$  angesetzt. Für die Erreichung eines Null- bzw. Plusenergiestandards bezogen auf den Primärenergiebedarf werden Module mit einer spezifischen Leistung von  $140 \text{ Wp/m}^2$  und einem durchschnittlichen Ertrag von mindestens  $910 \text{ kWh/kWp}$  benötigt. Unter diesen Annahmen wird ein Ertrag von  $165.620 \text{ kWh}$  erreicht. In der nebenstehenden Grafik wurde dieser zur Reduzierung des Energiebedarfs komplett angerechnet.

Die Ertragswerte wurden mathematisch ermittelt, der reale Ertragswert kann davon abweichen. Gründe für Abweichungen sind verschiedene äußere Umstände, z.B. Schnee oder Schmutz auf den PV-Modulen oder Schwankungen der Wirkungsgrade der PV-Module. Ertragsminderungen durch die Ausrichtung sind in die Berechnung eingeflossen. Die tatsächlichen Erträge müssen mit den PV-Anbieter im Planungsablauf ermittelt werden.

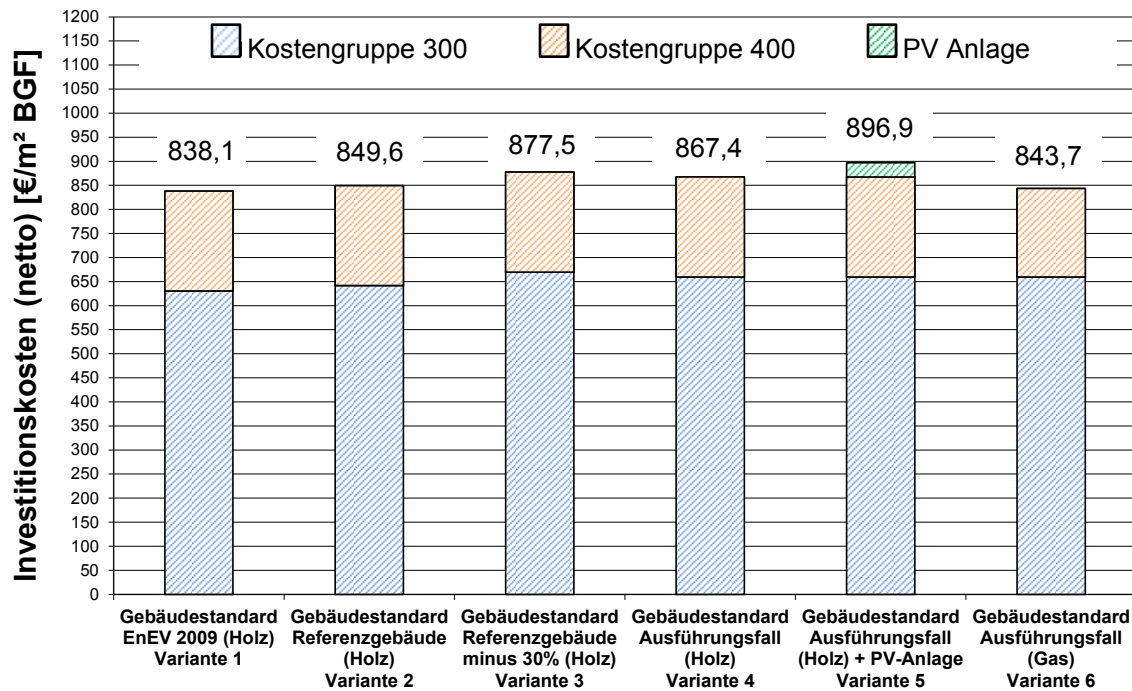
## 6.2 Herstellungskosten nach DIN 276

Als Herstellungskosten werden die Kosten von der Projektentwicklung bis zur Herstellung und Übergabe des Gebäudes definiert. Bei der Berechnung der Herstellungskosten werden die Kosten der Kostengruppen 300 und 400 nach DIN 276 berücksichtigt.

Die Grundlage für die verwendeten Kosten der Kostengruppe 300 bildet die Kostenschätzung der Zinner Ingenieure vom 23.10.2012. Die Kosten der Kostengruppe 400 basieren auf der Kostenschätzung des Ingenieurbüros Hausladen vom 04.09.2012 sowie den Angaben des Ingenieurbüros Hübner & Kollegen GmbH vom 21.11.2012.

Für die PV-Anlage der Variante 5 wurden die Kosten für die Module incl. Zubehör und Montage mit 1.300 €/kWp bei einer installierten Leistung von 182 kWp angenommen.

Bei den Preisangaben handelt es sich um Nettokosten bezogen auf m<sup>2</sup> BGF.



### 6.3 ausgewählte Baunutzungskosten nach DIN 18960

Bei den Preisangaben handelt es sich um Nettopreise.

#### 6.3.1 Ver- und Entsorgungskosten

Die Ver- und Entsorgungskosten wurden gemäß DGNB (Neubau Industriebauten, Version 2012 (NIN 12) Produktionsstätten/Logistikgebäude) mit folgenden Standardwerten angesetzt:

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| Energiekosten Strom | 0,20 €/kWh            |
| Energiekosten Gas   | 0,06 €/kWh            |
| Energiekosten Holz  | 0,05 €/kWh            |
| Frischwasser        | 2,01 €/m <sup>3</sup> |
| Abwasser            | 2,14 €/m <sup>3</sup> |

Als Variante wurde eine Berechnung mit den uns von dem Bauherren zur Verfügung gestellten Kosten durchgeführt. Folgende Werte wurden dabei angesetzt:

|                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| Energiekosten Strom | 0,155 €/kWh            |
| Energiekosten Gas   | 0,041 €/kWh            |
| Energiekosten Holz  | 0,040 €/kWh            |
| Frischwasser        | 1,216 €/m <sup>3</sup> |
| Abwasser            | 1,374 €/m <sup>3</sup> |

#### 6.3.2 Kosten für Reinigung und Pflege von Gebäuden

|  |                        |
|--|------------------------|
| Fenster gut zugänglich                                 | 3,60 €/m <sup>2</sup>  |
| Fenster schwer zugänglich                              | 6,92 €/m <sup>2</sup>  |
| Sonnenschutz   | 1,42 €/m <sup>2</sup>  |
| Innentüren   | 0,27 €/m <sup>2</sup>  |
| Bodenbelag Holz  | 5,00 €/m <sup>2</sup>  |
| Treppen  | 5,00 €/m <sup>2</sup>  |
| Bodenbelag Fliesen, stark belastet                     | 8,00 €/m <sup>2</sup>  |
| Industrieller Boden, maschinell gereinigt (Monofinish) | 2,83 €/m <sup>2</sup>  |
| Sanitärbereiche  |                        |
| Bodenbelag Fliesen                                     | 20,00 €/m <sup>2</sup> |

#### 6.3.3 Kosten für Inspektion und Wartung

|  |          |
|--|----------|
| KG 300                                   |          |
| Baukonstruktion                          | 0,1 %/a  |
| KG 400                                   |          |
| Wasser- und Abwasser                     | 0,7 %/a  |
| Wärmeversorgung                          | 0,9 %/a  |
| Raumlufttechnik                          | 2,05 %/a |
| Starkstrom                               | 1,25 %/a |
| Fernmelde- u. Informationstechn. Anlagen | 0,7 %/a  |
| Gebäudeautomation                        | 1,0 %/a  |

#### 6.3.4 Kosten für unregelmäßige Instandsetzung

Die jährlichen Kosten für die Instandsetzung der Baukonstruktion und der technischen Anlagen wird unterschieden in regelmäßige Zahlungen für die jährliche Instandsetzung und in unregelmäßige Zahlungen für Ersatzinvestitionen nach Ablauf der angenommenen Nutzungsdauer. Die Lebensdauer der technischen Anlagen beträgt gemäß DGNB 25 Jahre, die der opaken Bauteile 50 Jahre und die der Fenster 35 Jahre. Es wird daher davon ausgegangen, dass innerhalb des Betrachtungszeitraums von 20 Jahren keine Ersatzinvestitionen getätigt werden müssen. Aus diesem Grund werden für die Kostengruppe 300 und 400 keine Kosten für unregelmäßige Instandsetzung berücksichtigt. Bei dem Betrachtungszeitraum von 30 Jahren werden die Ersatzinvestitionen für die Kostengruppe 400 berücksichtigt.

#### 6.3.5 Kosten für regelmäßige Instandsetzung

|  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| KG 300                                   | werden nach DGNB nicht berücksichtigt |
| KG 400                                   |                                       |
| Wasser- und Abwasser                     | 0,55 %/a                              |
| Wärmeversorgung                          | 0,5 %/a                               |
| Raumlufttechnik                          | 2,4 %/a                               |
| Starkstrom                               | 0,65 %/a                              |
| Fernmelde- u. Informationstechn. Anlagen | 0,25 %/a                              |
| Gebäudeautomation                        | 1,5 %/a                               |

## 6.4 Preissteigerung

Als Preissteigerungsraten wurden die Standardwerte nach DGNB verwendet:

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| Preissteigerung Energie   | 4 %/a |
| Preissteigerung           |       |
| Wasser und Abwasser       | 3 %/a |
| Preissteigerung Baukosten | 2 %/a |

Als Variante wurde die Preissteigerung für Holz gemäß Bauherrenangabe mit 1,5 %/a angesetzt.

## 6.5 Kalkulationszinssatz

Der Zinssatz wird gemäß DGNB mit 5,5%/a angesetzt.

## 6.6 Betrachtungszeitraum

Der Betrachtungszeitraum beträgt in Anlehnung an die DGNB 20 Jahre. Zwischenergebnisse können den Grafiken entnommen werden.

Als Variante wurde außerdem ein Betrachtungszeitraum von 30 Jahren untersucht.

## 6.7 Bezugsgröße

Als Bezugsgröße für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde gemäß DGNB die Bruttogrundfläche BGFa [m<sup>2</sup>] für überdeckte und umschlossene Flächen gewählt. Als Grundlage für die Ermittlung der BGFa wurden die Berechnungsunterlagen der Architekten verwendet. Die Terrassenflächen wurden bei der vorliegenden Berechnung aus der BGFa herausgerechnet.

## 6.8 Sonstige Parameter

Nettogrundfläche NGF nach EnEV (konditionierte Bereiche) 6.107 m<sup>2</sup>

Bruttogrundfläche, BGFa nach DIN 277 8.031 m<sup>2</sup>

Hüllfläche (A) (konditionierte Bereiche) 13.654 m<sup>2</sup>

Gebäudevolumen (Ve) (konditionierte Bereiche) 39.384m<sup>3</sup>

A/Ve 0,35m<sup>-1</sup>

Fensterflächenanteil (FF) 23%

## 6.9 PV Anlage

Bei der Ermittlung des Endenergiebedarfs wurde der Stromertrag als Gutschrift angesetzt. Bei der Bestimmung der Lebenszykluskosten nach DGNB wird bei Einsatz einer PV-Anlage angenommen, dass in den ersten 20 Betrachtungsjahren der Ertrag vollständig eingespeist wird. Erst nach Anlauf dieser Zeit wird der Strom eigengenutzt. Als Eigennutzungsanteil wurde der komplette Ertrag der PV-Anlage angesetzt.

Bei einer Modulfläche von 1.300 m<sup>2</sup> und einer spezifischen Leistung der Module von 140 Wp/m<sup>2</sup> können 182 kWp auf dem Dach installiert werden. Bei einem durchschnittlichen Ertrag von 910 kWh/kWp ergibt sich dabei ein Ertrag von 165.620 kWh.

Wird der Strom eingespeist, ergeben sich nach dem derzeitigen Gesetz bei einer Inbetriebnahme der Anlage im Jahr 2013 und einer jährlichen Degression von 9% folgende Vergütungssätze:

|  |              |
|--|--------------|
| Anlagen auf Dachflächen                  |              |
| bis 30 kW                                | 18,57 ct/kWh |
| (entspricht einem Ertrag von 25.500 kWh) |              |
| 30 – 100 kW                              | 17,65 ct/kWh |
| (entspricht einem Ertrag von 59.500 kWh) |              |
| 100 kW –Spitzenleistung                  | 16,70 ct/kWh |
| (entspricht einem Ertrag von 69.700 kWh) |              |

## 7.0 Wirtschaftlichkeitsberechnung

### 7.1 Lebenszykluskosten

Die Berechnung der Lebenszykluskosten erfolgte nach der Kapitalwertmethode auch Barwertmethode genannt.

Die Kapitalwertmethode ist ein dynamisches Investitionsrechenverfahren, mit dessen Hilfe die Vorteilhaftigkeit von Investitionen beurteilt werden kann.

Unter einer „Investition“ wird eine Zahlungsreihe verstanden, die mit einer oder mehreren Anschaffungsauszahlungen beginnt (Mehrkosten für den besseren Standard) und auf die in der Zukunft Einzahlungen folgen (Energieeinsparung durch den besseren Standard).

Das Ziel ist die Prüfung der Vorteilhaftigkeit von Investitionen und der Vergleich der Gesamtheit der Ein- und Auszahlungen eines Objekts.

Dazu werden alle Ein- und Auszahlungen auf den Investitionsbeginn (Zeitpunkt Null) mit dem Kalkulationszinssatz abgezinst. Der Kalkulationszinssatz ist dabei der Zinssatz, zu dem das Kapital auch außerhalb der Investition angelegt werden könnte.

Als Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erhält man den Kapitalwert, auch Barwert genannt. Ist der Kapitalwert gleich null, so werden die eingesetzten Mittel wiedergewonnen und die Beträge genau zu dem festgelegten Kalkulationszinssatz verzinst. Ist der Kapitalwert größer null, so errechnet sich ein zusätzlicher Überschuss über die Mindestverzinsung des Kapitalzinssatzes hinaus. Die Investition ist somit vorteilhaft. Ist der Kapitalwert kleiner null, so wird nicht einmal die Mindestverzinsung erreicht. Die Investition ist unwirtschaftlich.

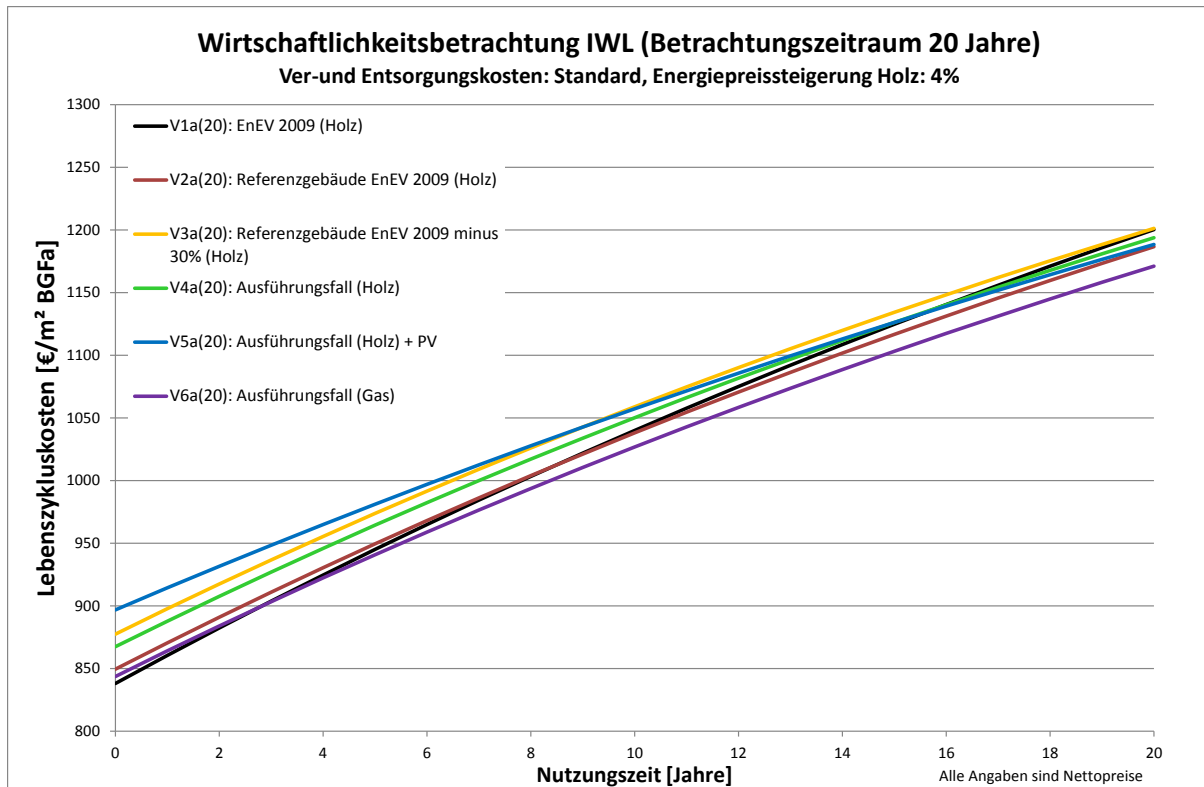
Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird so durchgeführt, als ob Investor und Nutzer dieselbe Person wären.

Die Lebenszykluskosten eines Gebäudes setzen sich aus Herstellungs- und Folgekosten, die über die geplante Lebensdauer des Gebäudes entstehen, zusammen.

Die gebäudebezogenen Nutzungskosten werden bei der vorliegenden Berechnung als Kapitalwert über einen Betrachtungszeitraum von 20 und 30 Jahren ermittelt. Sie werden als Nettowert angegeben und auf einen m<sup>2</sup> BGF bezogen.

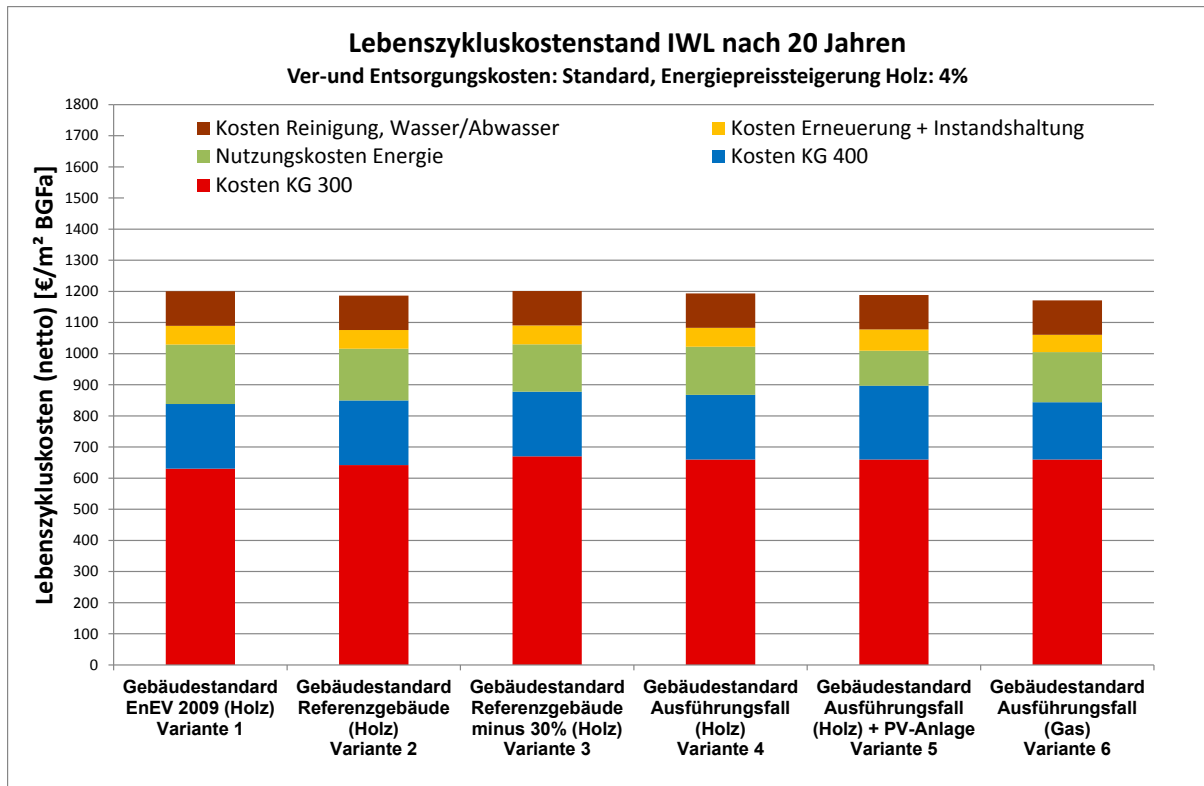
Je höher die Energiekosten, desto steiler steigt die Kurve an. Die Basisvariante bildet der Mindeststandard nach EnEV 2009 (Variante 1). Bewegt sich die Kurve der betrachteten Variante oberhalb der Basiskurve, ist die Investition unwirtschaftlich. Der Schnittpunkt gibt den Zeitpunkt an, ab wann sich die Investition amortisiert. Die Differenz der Mehrkosten zwischen der Basisvariante und der betrachteten Variante nach 20 bzw. 30 Jahren ergibt den Kapitalwert.

## 7.2.1 Auswertung Lebenszykluskosten Varianten 1-6a(20)



- Die Mehrkosten für den Standard des Referenzgebäudes nach EnEV 2009 (Variante 2) gegenüber der Basisvariante 1 betragen 11,41 € pro m<sup>2</sup> BGFa. Der Kapitalwert beträgt nach der Nutzungszeit von 20 Jahren 13,62 € pro m<sup>2</sup> BGFa. Die Investition amortisiert sich bereits nach 9 Jahren.
- Die Variante 3 (Referenzgebäudestandard EnEV 2009 minus 30%) kostet 39,39 € mehr pro m<sup>2</sup> BGFa als die Basisvariante und amortisiert sich nicht innerhalb des Betrachtungszeitraumes.
- Die Mehrkosten für den Ausführungsfall (Variante 4) betragen 29,26 € pro m<sup>2</sup> BGFa. Der Kapitalwert beträgt nach der Nutzungszeit von 20 Jahren 6,48 € pro m<sup>2</sup> BGFa. Die Investition ist nach 16 Jahren wirtschaftlich.
- Bei Einsatz einer PV-Anlage (Variante 5) erhöhen sich die Mehrkosten auf 58,73 € pro m<sup>2</sup> BGFa. Bei der angesetzten Einspeisevergütung amortisiert sich diese nach 16 Jahren. Der Kapitalwert beträgt nach 20 Jahren 11,83 € pro m<sup>2</sup> BGFa.
- Die Variante 6 (Ausführungsfall mit Gasversorgung) ist mit 5,57 € pro m<sup>2</sup> BGFa die günstigste Variante und amortisiert sich bereits nach 3 Jahren. Allerdings werden mit diesem Standard die Anforderungen an das EEWärmeG nicht erfüllt, so dass mit zusätzlichen Kosten, z.B. für eine thermische Solaranlage und/oder einen erhöhten Dämmstandard gerechnet werden muss.

## 7.2.2 Lebenszykluskosten am Ende des Betrachtungszeitraumes von 20 Jahren Varianten 1-6a(20)



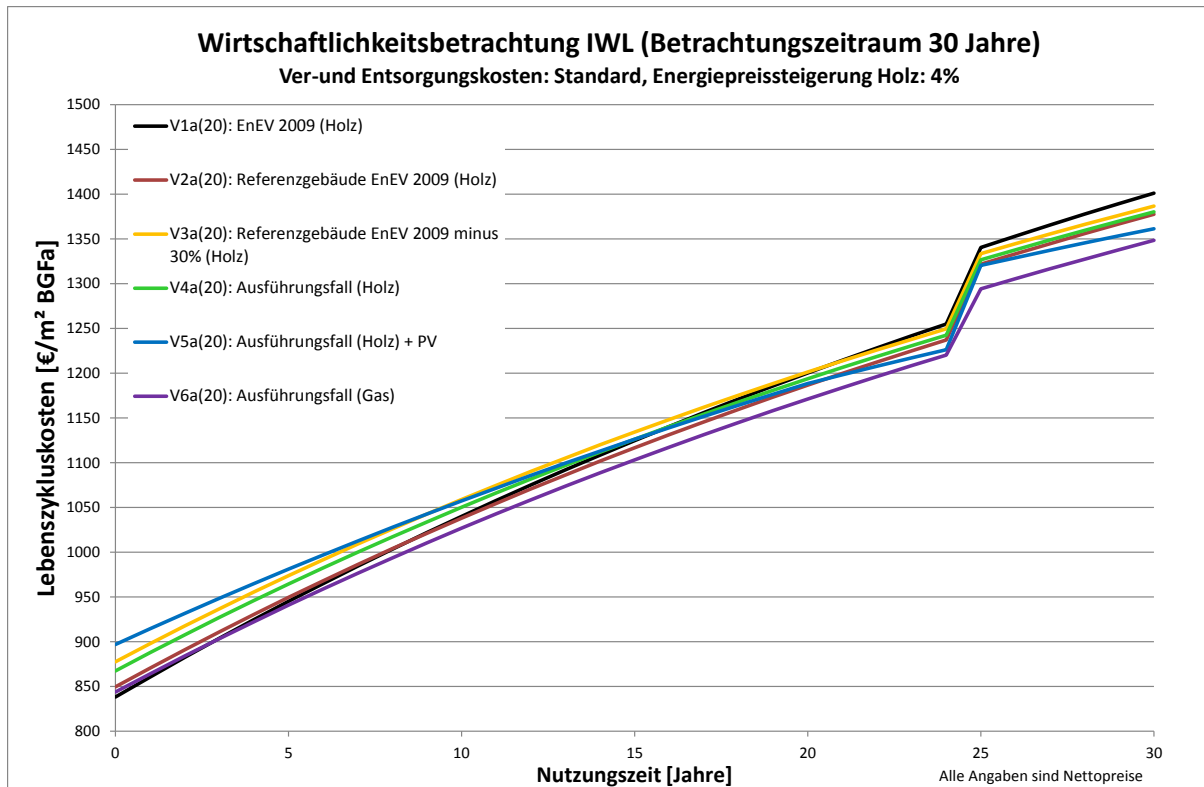
In den folgenden Balkendiagrammen wird eine Übersicht über die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Varianten nach Ablauf des Betrachtungszeitraumes von 20 Jahren dargestellt.

Ist der Balken der betrachteten Variante niedriger als der der Basisvariante, ist die Investition innerhalb des Betrachtungszeitraumes wirtschaftlich. Ist er Balken höher, amortisiert sich die Variante nicht. Je größer der Höhenunterschied, desto wirtschaftlicher, bzw. unwirtschaftlicher fällt die Investition aus.

Beim verbesserten Standard (Varianten 2-6) fallen höhere Kosten für Dämmstandard an. Die Mehrkosten bewegen sich zwischen ca. 10 und 40 €/m<sup>2</sup>, werden jedoch durch die Einsparung der Energiekosten wieder wettgemacht. Bei der Variante 5 steigen durch die PV-Anlage die Kosten für die Gebäudetechnik. Dafür sinken die Nutzungskosten für Energie entsprechend.

Bei der Variante mit Gas sind die für die Erfüllung des EEWärmeG notwendigen Zusatzinvestitionen nicht berücksichtigt. Die Wirtschaftlichkeit dieser Variante kann deshalb nicht gewährleistet werden.

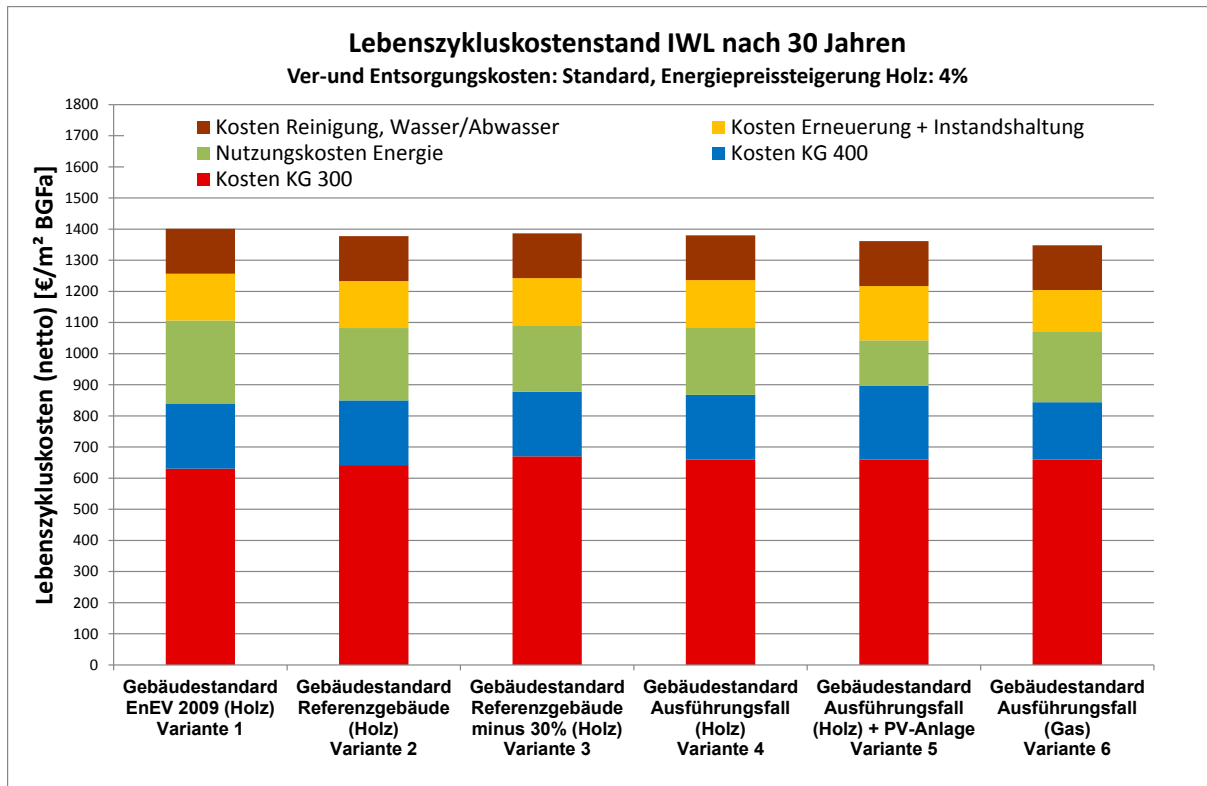
### 7.3.1 Auswertung Lebenszykluskosten Varianten 1-6a(30)



1. Verlängert man den Betrachtungszeitraum auf 30 Jahre, erhöht sich der Kapitalwert der Variante 2 (Standard des Referenzgebäudes nach EnEV 2009) trotz der Ersatzinvestitionen für die Kostengruppe 400 nach 25 Jahren auf 23,72 € pro m<sup>2</sup> BGFa.
2. Während sich der bessere Dämmstandard der Variante 3 (Referenzgebäudestandard EnEV 2009 minus 30%) innerhalb des Betrachtungszeitraumes von 20 Jahren nicht wirtschaftlich abgebildet werden lässt, erfolgt beim längeren Betrachtungszeitraum eine Amortisation nach 21 Jahren. Der Kapitalwert beträgt am Ende der Betrachtungszeit 14,54 € pro m<sup>2</sup> BGFa.
3. Der Kapitalwert für den Ausführungsfall (Variante 4) beträgt nach 30 Jahren 20,91 € pro m<sup>2</sup> BGFa.
4. Bei Einsatz einer PV-Anlage (Variante 5) beträgt bei der angesetzten Einspeisevergütung sowie der anschließenden Eigennutzung von 165.620 kWh/a der Kapitalwert nach 30 Jahren 39,85 € pro m<sup>2</sup> BGFa.
5. Die Variante 6 (Ausführungsfall mit Gasversorgung) erfüllt nicht die Anforderungen an das EEWärmeG, so dass mit zusätzlichen Kosten, z.B. für eine thermische Solaranlage und/oder einen erhöhten Dämmstandard gerechnet werden muss. Ohne diese Investitionen beträgt der Kapitalwert nach 30 Jahren 52,80 € pro m<sup>2</sup> BGFa.



### 7.3.2 Lebenszykluskosten am Ende des Betrachtungszeitraumes von 30 Jahren Varianten 1-6a(30)



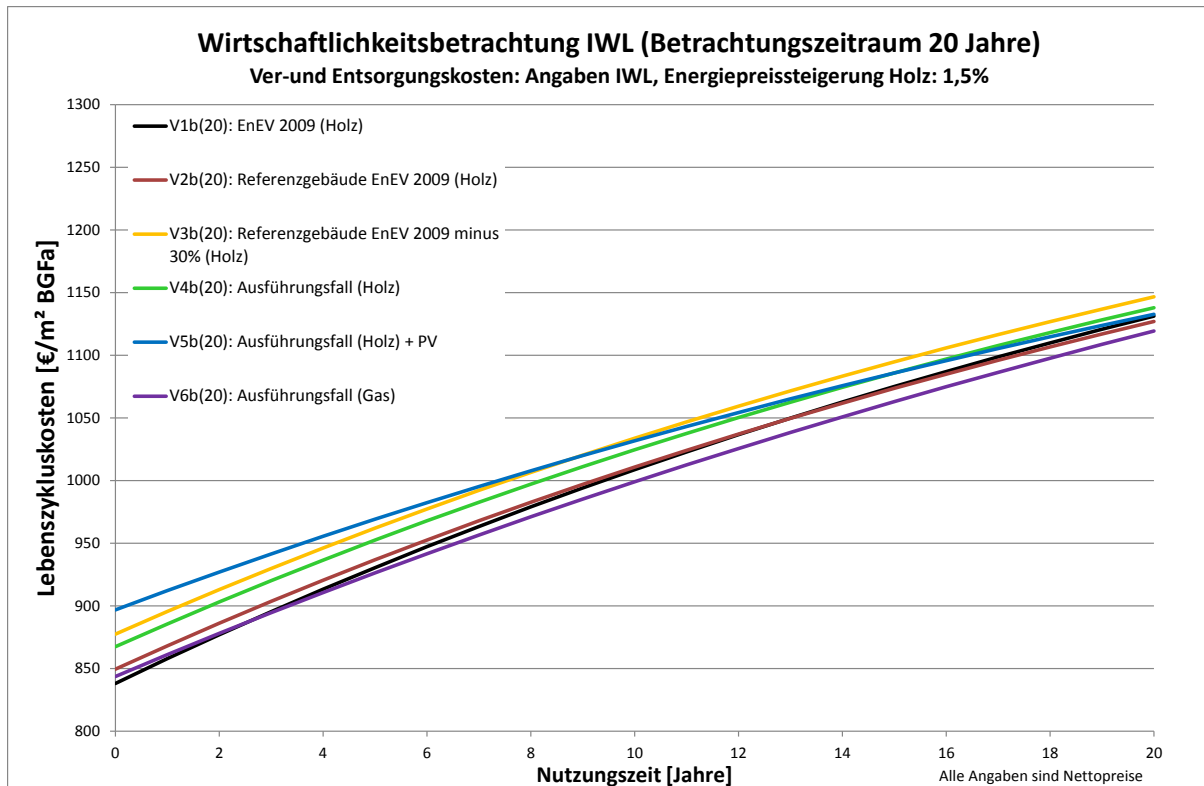
In den folgenden Balkendiagrammen wird eine Übersicht über die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Varianten nach Ablauf des Betrachtungszeitraumes von 30 Jahren dargestellt.

Die Lebenszykluskosten erhöhen sich gegenüber dem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren um ca. 200 €. Der Kostensprung nach 25 Jahren ist auf die notwendigen Ersatzinvestitionen für die Kostengruppe 400, zurückzuführen.

Durch den längeren Betrachtungszeitraum amortisiert sich auch die Variante 3 (Standard Referenzgebäude minus 30%) innerhalb des Betrachtungszeitraums. Die wirtschaftlichsten Varianten bleiben jedoch die Variante 5 (Standard Ausführungsfall mit PV-Anlage) und die Variante 6 mit Gasversorgung.

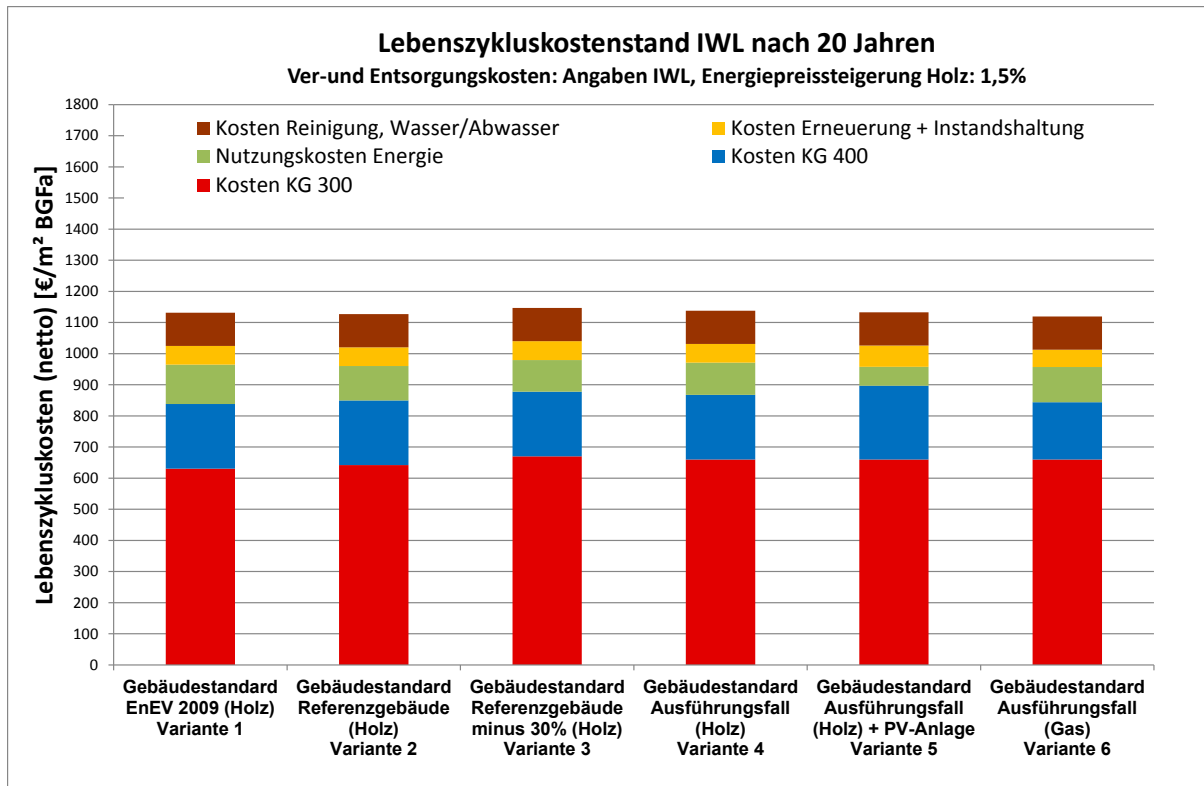
Bei der Variante mit Gas sind die für die Erfüllung des EEWärmeG notwendigen Zusatzinvestitionen nicht berücksichtigt. Die tatsächliche Wirtschaftlichkeit dieser Variante kann deshalb nicht gewährleistet werden.

## 7.4.1 Auswertung Lebenszykluskosten Varianten 1-6b(20)



1. Der Kapitalwert der Variante 2 (Standard des Referenzgebäudes nach EnEV 2009) beträgt nach der Nutzungszeit von 20 Jahren 4,36 € pro m<sup>2</sup> BGFa. Die Investition amortisiert sich nach 13 Jahren.
2. Die Variante 3 (Referenzgebäudestandard EnEV 2009 minus 30%) amortisiert sich nicht innerhalb des Betrachtungszeitraumes. Der Kapitalwert beträgt nach der Nutzungszeit von 20 Jahren -15,31 € pro m<sup>2</sup> BGFa.
3. Die Variante 4 (Ausführungsfall) amortisiert sich ebenfalls nicht innerhalb des Betrachtungszeitraumes. Der Kapitalwert beträgt nach der Nutzungszeit von 20 Jahren -6,71 € pro m<sup>2</sup> BGFa.
4. Auch die PV-Anlage (Variante 5) ist bei den gewählten Rangbedingungen innerhalb des Betrachtungszeitpunktes nicht wirtschaftlich. Der Kapitalwert beträgt nach 20 Jahren -1,36 € pro m<sup>2</sup> BGFa.
5. Die Variante 6 (Ausführungsfall mit Gasversorgung) amortisiert sich bereits nach 3 Jahren. Allerdings werden mit diesem Standard die Anforderungen an das EEWärmeG nicht erfüllt, so dass mit zusätzlichen Kosten, z.B. für eine thermische Solaranlage und/oder einen erhöhten Dämmstandard gerechnet werden muss. Ohne diese Investitionen beträgt der Kapitalwert nach 30 Jahren 11,85 € pro m<sup>2</sup> BGFa.

## 7.4.2 Lebenszykluskosten am Ende des Betrachtungszeitraumes von 20 Jahren Varianten 1-6b(20)

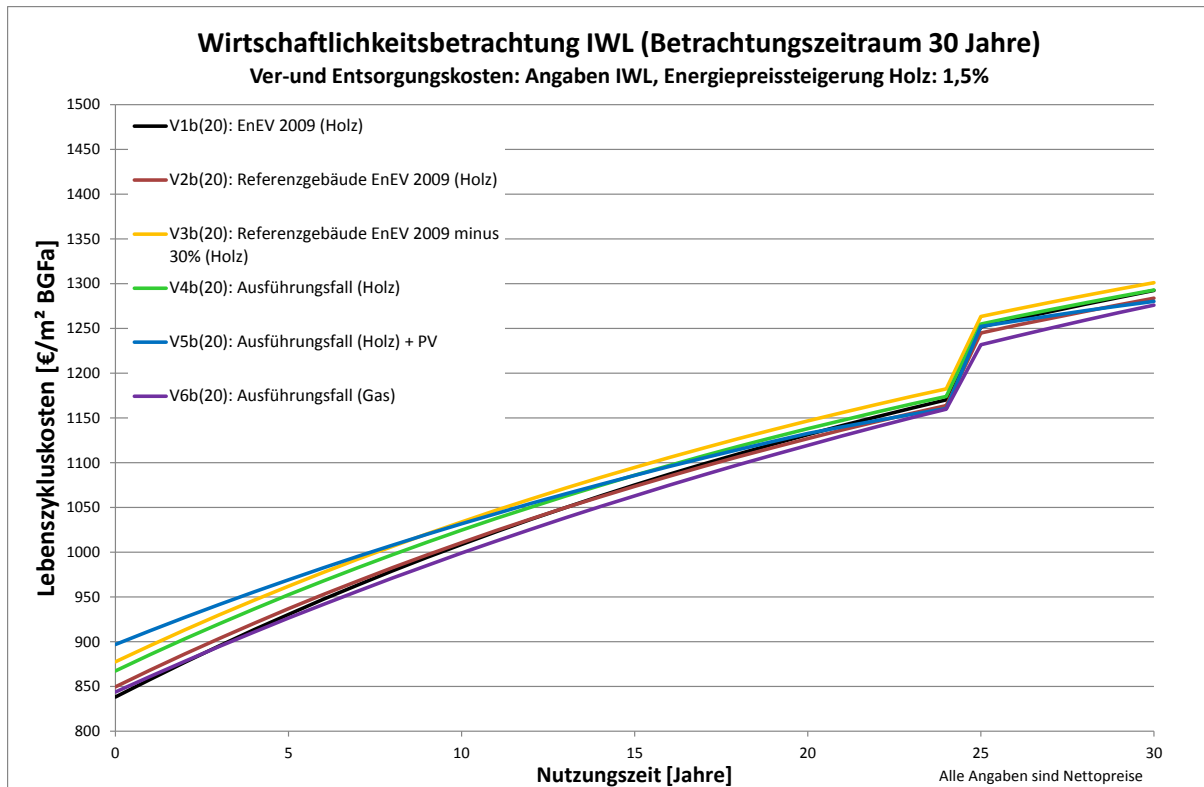


In den folgenden Balkendiagrammen wird eine Übersicht über die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Varianten Jahren bei niedrigeren Energiekosten nach Ablauf des Betrachtungszeitraumes von 20 Jahren dargestellt.

Durch die niedrigeren Energiekosten sinken die absoluten Lebenszykluskosten entsprechend. Die geringere Preissteigerung für den Rohstoff Holz senkt zusätzlich die Lebenszykluskosten der Varianten 1-5. Der Unterschied zwischen der Variante mit Gas fällt dabei nur noch gering aus. Berücksichtigt man die notwendige Zusatzinvestitionen zur Erfüllung des EEWärmeG ist die Wirtschaftlichkeit des Variante mit Gas nicht mehr gewährleistet.

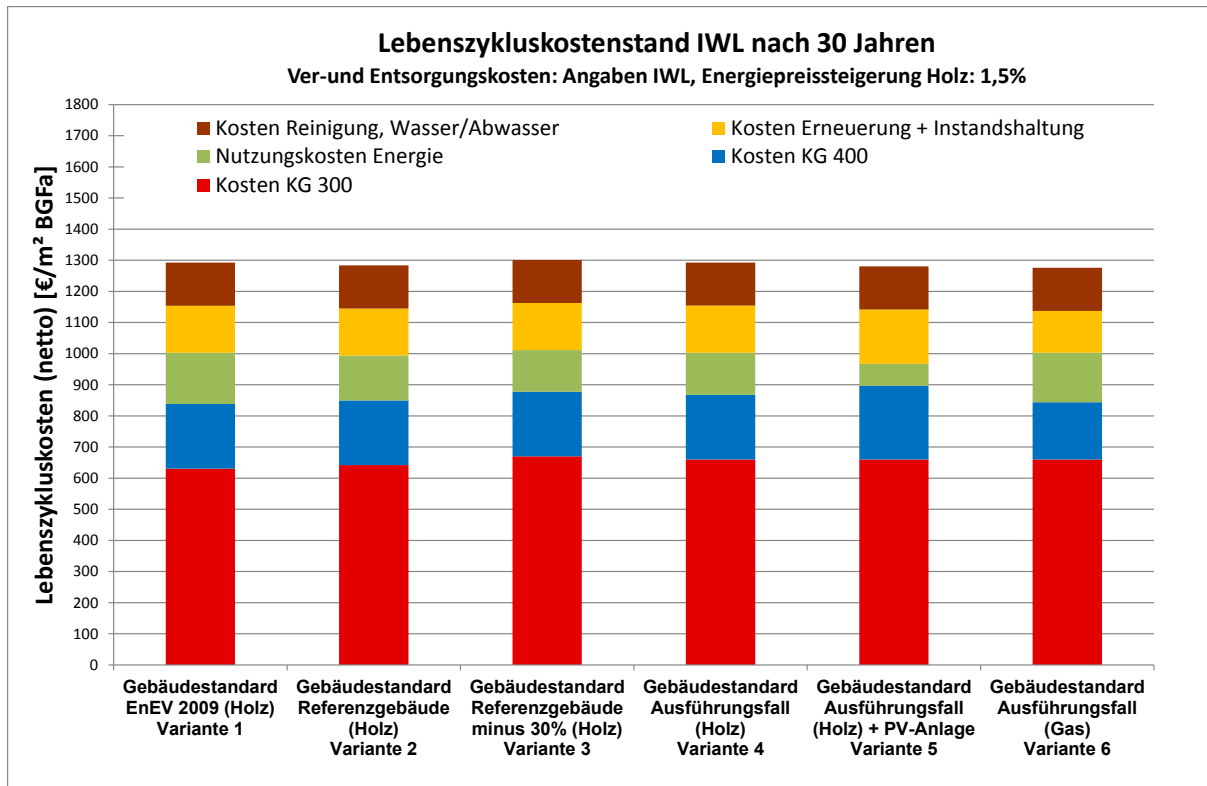
Die niedrigen Energiekosten führen allerdings dazu, dass eine Optimierung der Gebäudehülle über den Standard des Referenzgebäudes (Variante 2) hinaus ihre Wirtschaftlichkeit verliert.

## 7.5.1 Auswertung Lebenszykluskosten Varianten 1-6b(30)



1. Verlängert man den Betrachtungszeitraum auf 30 Jahre bei gleichzeitig niedrigen Energiekosten erhöht sich der Kapitalwert der Variante 2 (Standard des Referenzgebäudes nach EnEV 2009) auf 8,67 € pro m<sup>2</sup> BGFa.
2. Auch durch den längeren Betrachtungszeitraum lässt sich der bessere Dämmstandard der Variante 3 (Referenzgebäudestandard EnEV 2009 minus 30%) nicht wirtschaftlich abbilden. Der Kapitalwert beträgt am Ende der Betrachtungszeit -8,72 € pro m<sup>2</sup> BGFa.
3. Der Kapitalwert für den Ausführungsfall (Variante 4) erhöht sich zwar gegenüber der Betrachtung von 20 Jahren. Die Variante amortisiert sich dennoch nicht innerhalb des Betrachtungszeitraums. Der Kapitalwert beträgt nach 30 Jahren -0,46 € pro m<sup>2</sup> BGFa.
4. Bei Einsatz einer PV-Anlage (Variante 5) beträgt bei der angesetzten Einspeisevergütung sowie der anschließenden Eigennutzung von 165.620 kWh/a der Kapitalwert nach 30 Jahren 12,04 € pro m<sup>2</sup> BGFa. Die Variante amortisiert sich nach 21 Jahren.
5. Die Variante 6 (Ausführungsfall mit Gasversorgung) erfüllt nicht die Anforderungen an das EEWärmeG, so dass mit zusätzlichen Kosten gerechnet werden muss. Ohne Berücksichtigung dieser Investitionen beträgt der Kapitalwert nach 30 Jahren 16,25 € pro m<sup>2</sup> BGFa.

## 7.5.2 Lebenszykluskosten am Ende des Betrachtungszeitraumes von 30 Jahren Varianten 1-6b(30)



In den folgenden Balkendiagrammen wird eine Übersicht über die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Varianten Jahren bei niedrigeren Energiekosten nach Ablauf des Betrachtungszeitraumes von 30 Jahren dargestellt.

Die Lebenszykluskosten erhöhen sich gegenüber dem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren um ca. 200 €. Der Kostensprung nach 25 Jahren ist auf die notwendigen Ersatzinvestitionen für die Kostengruppe 400 zurückzuführen.

Durch den längeren Betrachtungszeitraum verbessert sich der Kapitalwert bei den betrachteten Varianten, so dass sich auch ein besserer Dämmstandard in Verbindung mit einer PV-Anlage (Variante 5) innerhalb des Betrachtungszeitraums amortisiert.

Bei der Variante mit Gas sind die für die Erfüllung des EEWärmeG notwendigen Zusatzinvestitionen nicht berücksichtigt. Die tatsächliche Wirtschaftlichkeit dieser Variante kann deshalb nicht gewährleistet werden.

## 8.0 Bewertung der Ergebnisse

Die Wirtschaftlichkeit ist, abgesehen von den Kosten für den besseren Dämmstandard, vor allem sehr stark abhängig von der Art der am Markt herrschender Energiepreise sowie der Energiepreissteigerung.

Je höher die Energiepreise steigen, desto schneller amortisiert sich die Investition. Umgekehrt wird die Investition unwirtschaftlicher, je höher der Kalkulationszinssatz ausfällt.

Bei der vorliegenden Berechnung wurde gemäß DGNB von einer Energiepreissteigerung von 4% ausgegangen. Durch die Liberalisierung der Gaspreise war die Gaspreissteigerung im Zeitraum von 2001 – 2011 im Durchschnitt sogar unter den angesetzten 4%. Es ist jedoch schwer Prognosen für den weiteren Verlauf der Gaspreise zu treffen.

Für die Energieversorgung mit Holz wurden Standardwerte nach DGNB angesetzt. Durch die Verwendung des Holzes als Abfallprodukt der eigenen Produktion liegt der Energiepreis für den Rohstoff unter dem angesetzten Wert. Als Variante wurden deshalb die tatsächlich zu erwartenden Energiekosten sowie Preissteigerungen gemäß Angaben IWL angesetzt. Dadurch wurden die Nutzungskosten für Energie gesenkt, wodurch das Erreichen der Wirtschaftlichkeit einer verbesserten Dämmung erschwert wurde.

## Varianten mit Standardwerten

Insgesamt sind nach dem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren die Lebenszykluskosten aller Varianten mit Holz sehr ähnlich. Alle Varianten bis auf die Variante 3 (Referenzgebäudestandard minus 30%) amortisieren sich innerhalb des Betrachtungszeitraumes. Die auf den ersten Blick wirtschaftlichste Variante mit Gasversorgung berücksichtigt dabei jedoch nicht die für die Erfüllung des EEWärmeG notwendigen Zusatzinvestitionen. Je nach gewählten Maßnahmen kann gegebenenfalls die Wirtschaftlichkeit bei dieser Varianten nicht erreicht werden.

Lässt man diese Variante außer Acht, ist die Variante 2 (Referenzgebäudestandard) die wirtschaftlichste, dicht gefolgt von der Variante 5 (Ausgangsfall plus PV-Anlage), wobei Prognosen für die Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen Angesichts der sich laufend ändernden Vergütungssätze und Anschaffungskosten für die Anlage schwierig sind. Außerdem wurde davon ausgegangen, dass die ersten 20 Jahre der gesamte Ertrag eingespeist wird. Eine Wirtschaftlichkeit bei Eigennutzung der Anlage während der ersten 20 Jahre wurde nicht berücksichtigt. Bei einem längeren Betrachtungszeitraum amortisiert sich auch der verbesserte Dämmstandard der Variante 3 (Standard Referenzgebäude minus 30%) innerhalb des Betrachtungszeitraums. Die Wirtschaftlichkeit der Variante 5 mit PV-Anlage steigt deutlich an.

## Varianten mit Energiekosten und Preissteigerungen gemäß Angaben IWL

Durch die niedrigen Energiekosten wird die Amortisation des höheren Dämmstandards ohne weitere zusätzlichen Maßnahmen verhindert. Bei einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren lässt sich nur noch der Standard des Referenzgebäudes wirtschaftlich abbilden. Wird die Wirtschaftlichkeit jedoch über einen längeren Betrachtungszeitraum untersucht, verschiebt sich die Wirtschaftlichkeit zugunsten eines besseren Dämmstandard in Verbindung mit einer PV-Anlage.

Werden nur wirtschaftlichen Aspekte berücksichtigt, stellen beide Varianten, die des Referenzgebäudes und die des Ausführungsfalls in Verbindung mit einer PV-Anlage die günstigsten Lösungen dar.

Da das Holz als Abfallprodukt jedoch nicht unbegrenzt zur Verfügung steht, ist es sinnvoll, die Ressourcen durch die Verwendung eines besseren Dämmstandards zu schonen. Der höhere Dämmstandard trägt außerdem nicht nur dazu bei, Energie einzusparen, sondern gewährleistet auch einen Gebäudestandard, der unabhängig von der gewählten Energieversorgung die gesetzlichen Anforderungen der EnEV und des EEWärmeG erfüllt. Durch den Einsatz der PV-Anlage werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen neutralisiert und es kann gleichzeitig ein Null-Energiestandard erreicht werden.

Aus diesem Grund wird der Ausführungsfall in Verbindung mit einer PV-Anlage empfohlen.

| Proj-Nr      | 11091                   |  |   |                    |                    |          |               |  |  |
|--------------|-------------------------|--|---|--------------------|--------------------|----------|---------------|--|--|
| Projekttitel | IWL Landsberg           |  |   |                    |                    |          |               |  |  |
| Datum        | 15.04.2013              |  |   |                    |                    |          |               |  |  |
| Wärmebrücke  | Wärmebrückenbezeichnung | Bemerkung  | Nachweis  | Referenz $\Psi$    | errechnetes $\Psi$ | Ergebnis | Ausführung    |  |  |
| WB 1         | B3.2-B3.2               | Außenecke Außenwand UG ungedämmt, Horizontalschnitt  | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss Außenwand/Außenwand")  | nicht erforderlich |                    |          |               |  |  |
| WB 2         | B3.2-B3.2               | Innenecke Außenwand UG ungedämmt, Horizontalschnitt  | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss Außenwand/Außenwand")  | nicht erforderlich |                    |          |               |  |  |
| WB 3         | B3.2-B1.1               | Anschluss Außenwand Aufzugsunterfahrt an Bodenplatte Aufzugsunterfahrt, Vertikalschnitt          | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 7  | WB-Berechnung      | 0,430              | -2,010   | erfüllt       |  |  |
| WB 4         | B3.2-B1.1               | Anschluss Außenwand Aufzugsunterfahrt / Heizraum / Austragung an Bodenplatte UG, Vertikalschnitt | kein entsprechendes Detail im Bbl.2. Der Nachweis der in der DIN 4108, Beiblatt2 nicht aufgeführten Anschlussdetails ist nicht erforderlich.  | nicht erforderlich |                    |          |               |  |  |
| WB 5         | B3.1-B3.1               | Anschluss Kellerwand UG an Kellerwand UG, Außenecke, Horizontalschnitt                           | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss Außenwand/Außenwand")  | nicht erforderlich |                    |          |               |  |  |
| WB 6         | B3.1-B3.1               | Anschluss Kellerwand UG an Kellwand UG, Innenecke, Horizontalschnitt                             | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss Außenwand/Außenwand")  | nicht erforderlich |                    |          |               |  |  |
| WB 7         | B3.1-B1.1               | Anschluss Kellerwand UG an Bodenplatte UG, Vertikalschnitt                                       | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 7  | WB-Berechnung      | 0,430              | 0,167    | erfüllt       |  |  |
| WB 8         | F11-B3.1                | Anschluss Kellerfensterleibung an Kellerwand UG, Horizontalschnitt                               | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 49, jedoch mit Betonaußenwand und nicht mit Mauerwerk, Ausgangsfall mit 100 mm XPS 037, keine Rahmenüberdeckung, Lichtschacht mit mind. 5 cm thermisch getrennt  | WB-Berechnung      | 0,080              | 0,161    | nicht erfüllt |  |  |
| WB 8_V2      | F11-B3.1                | Anschluss Kellerfensterleibung an Kellerwand UG, Horizontalschnitt                               | Variante mit 100 mm XPS 037, 3 cm Rahmenüberdeckung, Lichtschacht mit mind. 5 cm thermisch getrennt   | WB-Berechnung      | 0,080              | 0,074    | erfüllt       |  |  |
| WB 9         | F11-B3.1-B3.1a          | Anschluss Kellerfensterbrüstung an Kellerwand UG, Vertikalschnitt                                | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 43, jedoch mit Betonaußenwand und nicht mit Mauerwerk, Ausgangsfall mit 100 mm XPS 037, keine Rahmenüberdeckung  | WB-Berechnung      | 0,140              | 0,167    | nicht erfüllt |  |  |
| WB 9_V2      | F11-B3.1-B3.1a          | Anschluss Kellerfensterbrüstung an Kellerwand UG, Vertikalschnitt                                | Variante mit 100 mm XPS 037, 2 cm Rahmenüberdeckung,  | WB-Berechnung      | 0,140              | 0,095    | erfüllt       |  |  |
| WB 10        | F11-B3.1a               | Anschluss Kellerfenstersturz an Kellerwand UG, Vertikalschnitt                                   | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 55, jedoch mit Betonaußenwand und nicht mit Mauerwerk, Ausgangsfall mit 100 mm XPS 037, keine Rahmenüberdeckung  | WB-Berechnung      | 0,050              | 0,138    | nicht erfüllt |  |  |
| WB 10_V2     | F11-B3.1a               | Anschluss Kellerfenstersturz an Kellerwand UG, Vertikalschnitt                                   | Variante mit 100 mm XPS 037, 3 cm Rahmenüberdeckung   | WB-Berechnung      | 0,050              | 0,046    | erfüllt       |  |  |
| WB 11        | B3.1-B1.3               | Anschluss Kellerwand UG an Bodenplatte EG ungedämmt, (Achse D-N), Vertikalschnitt                | kein entsprechendes Detail im Bbl.2. Der Nachweis der in der DIN 4108, Beiblatt2 nicht aufgeführten Anschlussdetails ist nicht erforderlich.  | nicht erforderlich |                    |          |               |  |  |
| WB 12        | B3.1-B1.3               | Anschluss Kellerwand UG an Bodenplatte EG ungedämmt, (Achse N-O), Vertikalschnitt                | kein entsprechendes Detail im Bbl.2. Der Nachweis der in der DIN 4108, Beiblatt2 nicht aufgeführten Anschlussdetails ist nicht erforderlich.  | nicht erforderlich |                    |          |               |  |  |
| WB 13        | B3.1-B1.2               | Anschluss Kellerwand UG an Bodenplatte EG gedämmt, Vertikalschnitt                               | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss oberer oder unterer Außenbauteile, die nicht durchstoßen werden bzw. eine durchlaufende Dämmschicht mit einer Dicke $\geq 100$ mm bei einer Wärmeleitfähigkeit von $0,04 \text{ W/mK}$ vorliegt"). | nicht erforderlich |                    |          |               |  |  |
| WB 14        | Innenwand /Stütze -B1.2 | Anschluss Innenwand/Stütze an Bodenplatte EG   | kein entsprechendes Detail im Bbl.2. Der Nachweis der in der DIN 4108, Beiblatt2 nicht aufgeführten Anschlussdetails ist nicht erforderlich.  | nicht erforderlich |                    |          |               |  |  |
| WB 15        | B5.1-B5.1               | Außenecke Außenwand Holz, Horizontalschnitt  | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss Außenwand/Außenwand")  | nicht erforderlich |                    |          |               |  |  |



|              |               |
|--------------|---------------|
| Proj-Nr      | 11091         |
| Projekttitel | IWL Landsberg |
| Datum        | 15.04.2013    |

|          | Wärmebrücke         | Wärmebrückenbezeichnung   | Bemerkung   | Nachweis           | Referenz $\Psi$ | errechnetes $\Psi$ | Ergebnis      | Ausführung |
|----------|---------------------|---|---|--------------------|-----------------|--------------------|---------------|------------|
| WB 16    | T2-B5.1             | Anschluss Außentür an Außenwand Holz, Horizontalschnitt                               | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("einzeln auftretende Türanschlüsse")                              | nicht erforderlich |                 |                    |               |            |
| WB 17    | T2-B1.2             | Anschluss Außentür an Bodenplatte EG, Vertikalschnitt                                 | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("einzeln auftretende Türanschlüsse")                              | nicht erforderlich |                 |                    |               |            |
| WB 18    | T2-B5.1             | Anschluss Außentür an Außenwand Holz, Vertikalschnitt                                 | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("einzeln auftretende Türanschlüsse")                              | nicht erforderlich |                 |                    |               |            |
| WB 19    | T2-B2.2             | Anschluss Außentür an Decke gegen unbeheizt, Vertikalschnitt                          | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("einzeln auftretende Türanschlüsse")                              | nicht erforderlich |                 |                    |               |            |
| WB 20    | T2-F2               | Anschluss Außentür an Pfosten-Riegel-Fassade Schreinerei, Horizontalschnitt           | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("einzeln auftretende Türanschlüsse")                              | nicht erforderlich |                 |                    |               |            |
| WB 21    | T2-F2               | Anschluss Außentür an Pfosten-Riegel-Fassade Schreinerei, Vertikalschnitt             | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("einzeln auftretende Türanschlüsse")                              | nicht erforderlich |                 |                    |               |            |
| WB 22    | R1-B5.1             | Anschluss Rolltor an Außenwand Holz, Horizontalschnitt                                | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("einzeln auftretende Türanschlüsse")                              | nicht erforderlich |                 |                    |               |            |
| WB 23    | R1-B3.1/<br>R1-B1.2 | Anschluss Rolltor an Kellerwand UG / Bodenplatte EG, Vertikalschnitt                  | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("einzeln auftretende Türanschlüsse")                              | nicht erforderlich |                 |                    |               |            |
| WB 24    | R1-B5.1             | Anschluss Rolltor an Außenwand Holz, Vertikalschnitt                                  | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("einzeln auftretende Türanschlüsse")                              | nicht erforderlich |                 |                    |               |            |
| WB 25    | T1-B5.3/B5.4        | Anschluss Außentür gegen unbeheizt an Außenwand Beton, Horizontalschnitt              | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("einzeln auftretende Türanschlüsse")                              | nicht erforderlich |                 |                    |               |            |
| WB 26    | T1-B1.2             | Anschluss Außentür gegen unbeheizt an Bodenplatte EG, Vertikalschnitt                 | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("einzeln auftretende Türanschlüsse")                              | nicht erforderlich |                 |                    |               |            |
| WB 27    | T1-B4.2             | Anschluss Außentür gegen unbeheizt an Außenwand Holz gegen unbeheizt, Vertikalschnitt | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("einzeln auftretende Türanschlüsse")                              | nicht erforderlich |                 |                    |               |            |
| WB 28    | B5.3-B5.4           | Außenecke Außenwand Beton, Horizontalschnitt  | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss Außenwand/Außenwand")                                  | nicht erforderlich |                 |                    |               |            |
| WB 29    | B5.1-B1.2           | Anschluss Außenwand Holz an Bodenplatte EG gedämmt, Vertikalschnitt                   | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 22, allerdings ohne Trittschalldämmung                               | WB-Berechnung      | 0,200           | 0,460              | nicht erfüllt |            |
| WB 29_V2 | B5.1-B1.2           | Anschluss Außenwand Holz an Bodenplatte EG gedämmt, Vertikalschnitt                   | Überdämmung Fundament auf beiden Seiten mit 140 cm XPS + unten mit 100mm XPS  | WB-Berechnung      | 0,200           | 0,185              | erfüllt       |            |
| WB 29_V3 | B5.1-B1.2           | Anschluss Außenwand Holz an Bodenplatte EG gedämmt, Vertikalschnitt                   | Überdämmung Fundament auf beiden Seiten mit 100 cm XPS + thermisch entkoppelte Bodenplatte mit 2 cm Randstreifendämmung WLG 035       | WB-Berechnung      | 0,200           | 0,187              | erfüllt       |            |
| WB 30    | B5.1-B1.2           | Anschluss Außenwand Holz an Bodenplatte EG gedämmt (Meisterbüro), Vertikalschnitt     | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 22, allerdings ohne Trittschalldämmung                               | WB-Berechnung      | 0,200           | 0,212              | nicht erfüllt |            |
| WB 30_V2 | B5.1-B1.2           | Anschluss Außenwand Holz an Bodenplatte EG gedämmt (Meisterbüro), Vertikalschnitt     | Überdämmung Fundament aussen mit 120 mm XPS WLG 037   | WB-Berechnung      | 0,200           | 0,178              | erfüllt       |            |
| WB 31    | B5.3-B3.1           | Anschluss Außenwand Holz (Eingangsbereich) an Kellerwand gedämmt, Vertikalschnitt     | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 37, allerdings mit Beton statt Mauerwerk und ohne Trittschalldämmung | WB-Berechnung      | 0,240           | 0,073              | erfüllt       |            |
| WB 32    | B5.2-B1.2           | Anschluss Außenwand Holz an Bodenplatte EG gedämmt (Shop), Vertikalschnitt            | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 22, allerdings ohne Trittschalldämmung                               | WB-Berechnung      | 0,200           | 0,706              | nicht erfüllt |            |
| WB 32_V2 | B5.2-B1.2           | Anschluss Außenwand Holz an Bodenplatte EG gedämmt (Shop), Vertikalschnitt            | Überdämmung Fundament aussen mit 120 mm XPS WLG 037 und unten mit 100 mm XPS WLG 037 analog zu WB 29_V2                               | WB-Berechnung      | 0,200           | 0,175              | erfüllt       |            |

| Proj-Nr      | 11091                   |   |  |                    |                    |          |               |  |
|--------------|-------------------------|---|--|--------------------|--------------------|----------|---------------|--|
| Projekttitel | IWL Landsberg           |   |  |                    |                    |          |               |  |
| Datum        | 15.04.2013              |   |  |                    |                    |          |               |  |
| Wärmebrücke  | Wärmebrückenbezeichnung | Bemerkung   | Nachweis   | Referenz $\Psi$    | errechnetes $\Psi$ | Ergebnis | Ausführung    |  |
| WB 33        | F1/F2-B1.2              | Anschluss Pfosten-Riegel-Fassade Schreinerei an Bodenplatte EG gedämmt, Vertikalschnitt                   | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 69, allerdings mit Betonaußenwand und nicht mit Mauerwerk   | WB-Berechnung      | 0,120              | -0,277   | erfüllt       |  |
| WB 34        | F2-B1.2                 | Anschluss Pfosten-Riegel-Fassade Schreinerei an Bodenplatte EG gedämmt im Stützenbereich, Vertikalschnitt | punktueller Wärmebrücke  | nicht erforderlich |                    |          |               |  |
| WB 35        | F3/F5-B1.2              | Anschluss Verglasung (Büro/Shop) an Bodenplatte EG gedämmt, Vertikalschnitt                               | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 69, allerdings mit Betonaußenwand und nicht mit Mauerwerk   | WB-Berechnung      | 0,120              | 0,969    | nicht erfüllt |  |
| WB 35_V2     | F3/F5-B1.2              | Anschluss Verglasung (Büro/Shop) an Bodenplatte EG gedämmt, Vertikalschnitt                               | Überdämmung Fundament aussen mit 120 mm XPS WLG 037 und unten mit 100 mm XPS WLG 037 analog zu WB 29_V2  | WB-Berechnung      | 0,120              | 0,083    | erfüllt       |  |
| WB 36        | F5-B3.1                 | Anschluss Verglasung (Büro) an Kellerwand Beton gegen Erdreich, gedämmt, Vertikalschnitt                  | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 68, allerdings mit Betonaußenwand und nicht mit Mauerwerk   | WB-Berechnung      | -0,010             | -0,162   | erfüllt       |  |
| WB 37        | B5.1-B3.1               | Anschluss Außenwand Holz (Kommissionierschreinerei) an Kellerwand gedämmt, Vertikalschnitt                | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 37, allerdings mit Beton statt Mauerwerk und ohne Trittschalldämmung  | WB-Berechnung      | 0,240              | 0,078    | erfüllt       |  |
| WB 38        | B5.5-B1.2               | Anschluss Außenwand Beton an Bodenplatte EG gedämmt (Stiegenhaus 2), Vertikalschnitt                      | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 22, allerdings ohne Trittschalldämmung, Empfehlung: Überdämmung Fundament aussen mit 120 mm XPS WLG 037 und unten mit 100 mm XPS WLG 037 analog zu WB 29_V2, keine gesonderte Berechnung durchgeführt | WB-Berechnung      | 0,200              | 0,735    | nicht erfüllt |  |
| WB 39        | F3/F9-B5.1              | Anschluss Fensterleibung an Außenwand Holz (Shop), Horizontalschnitt                                      | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 53, jedoch mit nur einer Dämmebene und ohne Rahmenüberdämmung   | WB-Berechnung      | 0,030              | 0,039    | nicht erfüllt |  |
| WB 39_V2     | F3/F6/F9-B5.1           | Anschluss Fensterleibung an Außenwand Holz (Shop), Horizontalschnitt                                      | wie WB 38 zusätzlich mit 2 cm Leibungsdämmung  | WB-Berechnung      | 0,030              | 0,029    | erfüllt       |  |
| WB 40        | F7-B5.2                 | Anschluss Fensterleibung an Außenwand Holz (ZG) mit Installationsebene, Horizontalschnitt                 | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 53, jedoch ohne Rahmenüberdämmung   | WB-Berechnung      | 0,030              | 0,028    | erfüllt       |  |
| WB 41        | F1/F2-B5.1              | Anschluss Fensterleibung Pfosten-Riegel-Fassade an Außenwand Holz, Horizontalschnitt                      | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 53, jedoch mit nur einer Dämmebene und ohne Rahmenüberdämmung   | WB-Berechnung      | 0,030              | 0,007    | erfüllt       |  |
| WB 42        | F1-B5.1                 | Anschluss Fensterleibung (Kommissionierschreinerei/Lackiererei) an Außenwand Holz, Horizontalschnitt      | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 53, jedoch mit nur einer Dämmebene und ohne Rahmenüberdämmung   | WB-Berechnung      | 0,030              | 0,014    | erfüllt       |  |
| WB 43        | F1-B5.1                 | Anschluss Fensterbrüstung (Kommissionierschreinerei/Lackiererei) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt       | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 47, jedoch mit nur einer Dämmebene und ohne Rahmenüberdämmung   | WB-Berechnung      | 0,040              | 0,052    | nicht erfüllt |  |
| WB 43_V2     | F1-B5.1                 | Anschluss Fensterbrüstung (Kommissionierschreinerei/Lackiererei) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt       | wie WB 41, zusätzlich Zwischenraum zwischen Fensterrahmen und Wand mit Dämmung WLG 040 ausgefüllt  | WB-Berechnung      | 0,040              | 0,000    | erfüllt       |  |
| WB 44        | F6/F9-B5.1              | Anschluss Fensterbrüstung Schreinerei Ost und OG an Außenwand Holz, Vertikalschnitt                       | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 47, jedoch mit nur einer Dämmebene und ohne Rahmenüberdämmung   | WB-Berechnung      | 0,040              | 0,003    | erfüllt       |  |

| Proj-Nr      | 11091                   |  |   |                    |                    |          |            |  |
|--------------|-------------------------|--|---|--------------------|--------------------|----------|------------|--|
| Projekttitle | IWL Landsberg           |  |   |                    |                    |          |            |  |
| Datum        | 15.04.2013              |  |   |                    |                    |          |            |  |
| Wärmebrücke  | Wärmebrückenbezeichnung | Bemerkung  | Nachweis  | Referenz $\Psi$    | errechnetes $\Psi$ | Ergebnis | Ausführung |  |
| WB 45        | F7-B5.2                 | Anschluss Fensterbrüstung ZG (Sanitär) und Eingangsbereich an Außenwand Holz, Vertikalschnitt        | Anschluss analog zu WB 42 mit zusätzlicher innerer Dämmebene, wodurch die WB noch verbessert wird. Eine zusätzliche Berechnung ist nicht erforderlich.  | nicht erforderlich | 0,040              |          | erfüllt    |  |
| WB 46        | F1-B5.1                 | Anschluss Fenstersturz (Kommissionierschreinerei/Lackiererei) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt     | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 59, jedoch mit nur einer Dämmebene und ohne Rahmenüberdämmung  | WB-Berechnung      | 0,080              | 0,062    | erfüllt    |  |
| WB 47        | F6/F7-B5.1              | Anschluss Fenstersturz ZG (Sanitär) und Eingangsbereich an Außenwand Holz, Vertikalschnitt           | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 59, jedoch mit nur einer Dämmebene und ohne Rahmenüberdämmung  | WB-Berechnung      | 0,080              | 0,024    | erfüllt    |  |
| WB 48        | F1-B5.1                 | Anschluss Fenstersturz (Schreinerei Ost) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt                          | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 59, jedoch mit nur einer Dämmebene und ohne Rahmenüberdämmung  | WB-Berechnung      | 0,080              | 0,021    | erfüllt    |  |
| WB 49        | F5-B5.2                 | Anschluss Fenstersturz (Büros EG Ost) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt                             | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 59, ohne Rahmenüberdämmung   | WB-Berechnung      | 0,080              | 0,078    | erfüllt    |  |
| WB 50        | F3-B5.2                 | Anschluss Fenstersturz (Shop) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt                                     | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 59, ohne Rahmenüberdämmung   | WB-Berechnung      | 0,080              | 0,079    | erfüllt    |  |
| WB 51        | B4.1-B4.1               | Innenecke Außenwand Beton gegen unbeheizt ((Brikettierung), Horizontalschnitt                        | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss Außenwand/Außenwand")  | nicht erforderlich |                    |          |            |  |
| WB 52        | B5.1-B5.1               | Außenecke Außenwand Beton gegen unbeheizt ((Brikettierung), Horizontalschnitt                        | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss Außenwand/Außenwand")  | nicht erforderlich |                    |          |            |  |
| WB 53        | B5.4-B2.2               | Anschluss Außenwand Beton 10 cm an Decke gegen unbeheizt, Vertikalschnitt                            | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 89, jedoch mit Pfosten-Riegel-Fassade und nicht mit Mauerwerk und anderen Dämmstoffdicken als nach Beiblatt  | WB-Berechnung      | 0,140              | -0,053   | erfüllt    |  |
| WB 54        | B5.5-B2.2               | Anschluss Außenwand Beton 16 cm an Decke gegen unbeheizt, Vertikalschnitt                            | Anschluss analog zu WB 53, jedoch mit höherer Dämmung, wodurch die WB noch verbessert wird. Eine zusätzliche Berechnung ist nicht erforderlich.   | nicht erforderlich | 0,140              |          | erfüllt    |  |
| WB 55        | B4.1-B2.2               | Anschluss Außenwand Beton gegen unbeheizt ((Brikettierung) an Decke gegen unbeheizt, Vertikalschnitt | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss oberer oder unterer Außenbauteile, die nicht durchstoßen werden bzw. eine durchlaufende Dämmschicht mit einer Dicke $\geq 100$ mm bei einer Wärmeleitfähigkeit von $0,04$ W/mK | nicht erforderlich |                    |          |            |  |
| WB 56        | F2-B6.1                 | Anschluss Glasfassade Schreinerei an Sheddach ZG, Vertikalschnitt                                    | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 89, jedoch mit Pfosten-Riegel-Fassade und nicht mit Mauerwerk und anderen Dämmstoffdicken als nach Beiblatt  | WB-Berechnung      | 0,140              | -0,146   | erfüllt    |  |
| WB 57        | F2-B7.1                 | Anschluss Glasfassade Schreinerei an Betondach ZG, Vertikalschnitt                                   | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 89, jedoch mit Pfosten-Riegel-Fassade und nicht mit Mauerwerk und anderen Dämmstoffdicken als nach Beiblatt  | WB-Berechnung      | 0,140              | -0,057   | erfüllt    |  |
| WB 58        | F2-B5.1-B7.1            | Anschluss Glasfassade/Wand Schreinerei an Betondach ZG, Vertikalschnitt                              | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 89, jedoch mit Pfosten-Riegel-Fassade und nicht mit Mauerwerk und anderen Dämmstoffdicken als nach Beiblatt  | WB-Berechnung      | 0,140              | 0,001    | erfüllt    |  |
| WB 59        | B5.1-B7.2               | Anschluss Außenwand EG an Flachdach Holz ZG, Vertikalschnitt   | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 89, jedoch mit anderen Dämmstoffdicken als nach Beiblatt   | WB-Berechnung      | 0,140              | -0,512   | erfüllt    |  |

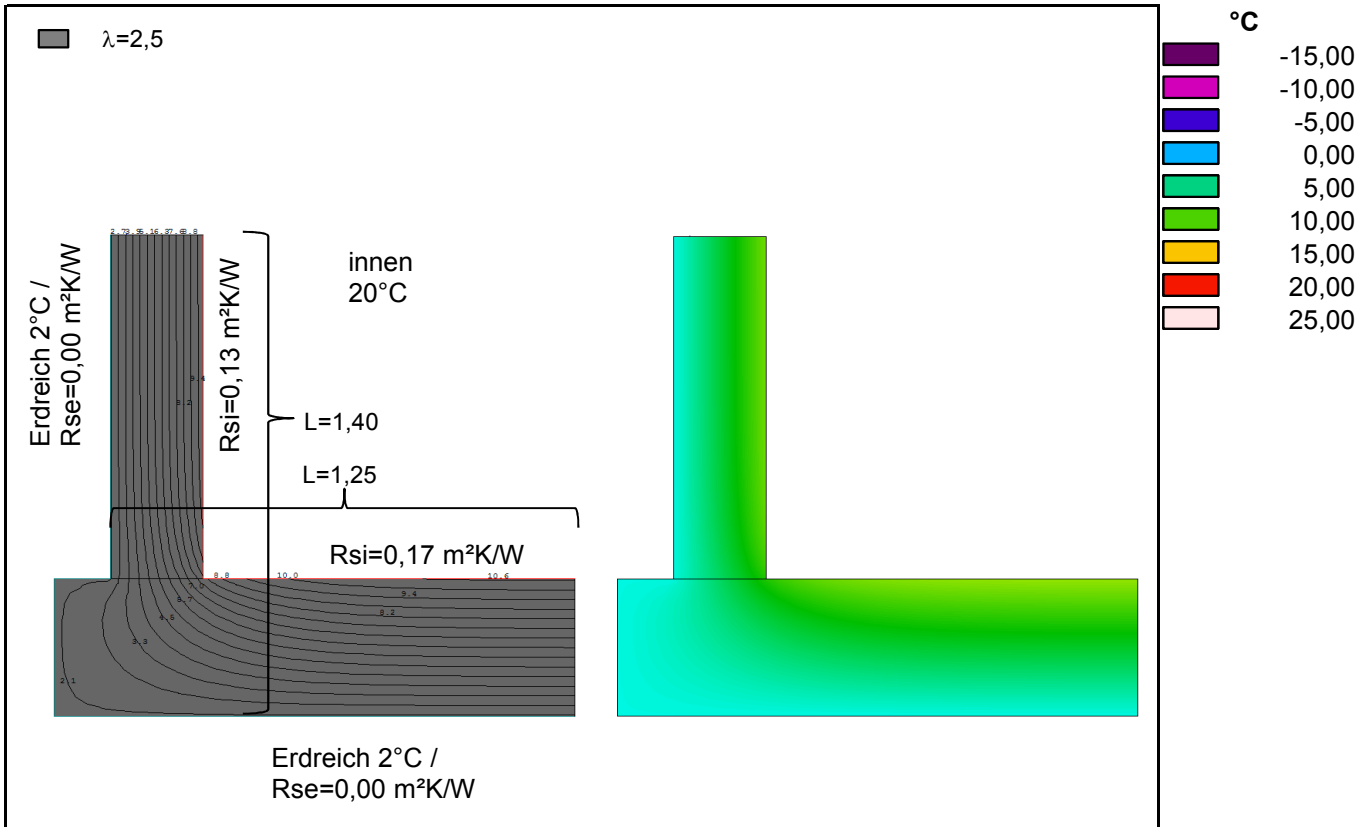
| Proj-Nr       | 11091                   |   |  |                    |                    |          |            |  |
|---------------|-------------------------|---|--|--------------------|--------------------|----------|------------|--|
| Projekttitlel | IWL Landsberg           |   |  |                    |                    |          |            |  |
| Datum         | 15.04.2013              |   |  |                    |                    |          |            |  |
| Wärmebrücke   | Wärmebrückenbezeichnung | Bemerkung   | Nachweis   | Referenz $\Psi$    | errechnetes $\Psi$ | Ergebnis | Ausführung |  |
| WB 60         | F9-B7.3                 | Anschluss Glasfassade OG an Flachdach Holz OG, Vertikalschnitt                            | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 89, jedoch mit Glasfassade und nicht mit Mauerwerk und anderen Dämmstoffdicken als nach Beiblatt  | WB-Berechnung      | 0,140              | -0,512   | erfüllt    |  |
| WB 61         | B5.1-B6.1               | Anschluss Außenwand Holz an Sheddach ZG, Ortgang, Vertikalschnitt                         | Detial analog zu Abbildung 82. Nach der Abbilung ist Gleichwertigkeit gegeben: Überdämmung 100 mm (gefordert $\geq 60$ mm)   | nicht erforderlich | 0,060              |          | erfüllt    |  |
| WB 62         | B5.1-B7.2               | Anschluss Außenwand Holz an Flachdach Holz ZG, Horizontalschnitt                          | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss oberer oder unterer Außenbauteile, die nicht durchstoßen werden bzw. eine durchlaufende Dämmschicht mit einer Dicke $\geq 100$ mm bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,04 W/mK            | nicht erforderlich |                    |          |            |  |
| WB 63         | B5.1-B7.2               | Anschluss Außenwand Holz an Flachdach Holz ZG, Vertikalschnitt                            | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss oberer oder unterer Außenbauteile, die nicht durchstoßen werden bzw. eine durchlaufende Dämmschicht mit einer Dicke $\geq 100$ mm bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,04 W/mK            | nicht erforderlich |                    |          |            |  |
| WB 64         | B6.1-B7.2               | Anschluss Sheddach ZG an Flachdach Holz ZG, Vertikalschnitt                               | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss oberer oder unterer Außenbauteile, die nicht durchstoßen werden bzw. eine durchlaufende Dämmschicht mit einer Dicke $\geq 100$ mm bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,04 W/mK            | nicht erforderlich |                    |          |            |  |
| WB 65         | B5.1-B5.1               | Anschluss Geschossdecke OG, Vertikalschnitt   | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 74, jedoch nicht mit durchlaufender Dämmschicht   | WB-Berechnung      | 0,060              | -0,133   | erfüllt    |  |
| WB 66         | B4.2-B2.1               | Anschluss Außenwand gegen unbeheizt an Decke nach unten gegen unbeheizt, Vertikalschnitt  | kein entsprechendes Detail im Bbl.2. Der Nachweis der in der DIN 4108, Beiblatt2 nicht aufgeführten Anschlussdetails ist nicht erforderlich.   | nicht erforderlich |                    |          |            |  |
| WB 67         | B4.1-B7.1               | Anschluss Außenwand gegen unbeheizt an Flachdach Beton OG, Vertikalschnitt                | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 89, jedoch mit anderen Dämmstoffdicken als nach Beiblatt  | WB-Berechnung      | 0,140              | 0,051    | erfüllt    |  |
| WB 68         | F8-B6.1                 | Anschluss Fensterleibung Sheds ZG an Sheddach ZG, Horizontalschnitt                       | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 91, jedoch ohne Leibungsdämmung   | WB-Berechnung      | 0,110              | 0,105    | erfüllt    |  |
| WB 69         | F8-B6.1                 | Anschluss Brüstung Shedverglasung ZG an Sheddach ZG, Vertikalschnitt                      | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 90, jedoch ohne Leibungsdämmung   | WB-Berechnung      | 0,160              | 0,117    | erfüllt    |  |
| WB 70         | F8-B6.1                 | Anschluss Sturz Shedverglasung ZG an Sheddach ZG, Vertikalschnitt                         | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 90, jedoch ohne Leibungsdämmung   | WB-Berechnung      | 0,160              | 0,117    | erfüllt    |  |
| WB 71         | F10-B5.6                | Anschluss Fensterleibung Sheds OG an Außenwand Shed OG, Horizontalschnitt                 | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 53, jedoch mit anderen Dämmstoffdicken als nach Beiblatt  | WB-Berechnung      | 0,030              | -0,124   | erfüllt    |  |
| WB 72         | F10-B5.6                | Anschluss Brüstung Shedverglasung OG an Außenwand Shed OG, Vertikalschnitt                | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 47, jedoch mit anderen Dämmstoffdicken als nach Beiblatt  | WB-Berechnung      | 0,040              | -0,029   | erfüllt    |  |
| WB 73         | F10-B6.2                | Anschluss Sturz Shedverglasung OG an Sheddach OG, Vertikalschnitt                         | muss detailliert nachgewiesen werden, Detail analog zu Abbildung 90, jedoch mit anderen Dämmstoffdicken als nach Beiblatt  | WB-Berechnung      | 0,160              | 0,129    | erfüllt    |  |
| WB 74         | B5.5_B7.3               | Anschluss Außenwand Aufzugsüberfahrt an Flachdach Holz OG, Vertikalschnitt                | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss obere oder untere Außenbauteile, die nicht durchstoßen werden, bzw. eine durchlaufende Dämmschicht mit einer Dicke $\geq 100$ mm bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,04 W/mK vorliegt"). | nicht erforderlich |                    |          |            |  |
| WB 75         | B5.5_B7.1               | Anschluss Außenwand Aufzugsüberfahrt an Flachdach Aufzugsüberfahrt Beton, Vertikalschnitt | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss obere oder untere Außenbauteile, die nicht durchstoßen werden, bzw. eine durchlaufende Dämmschicht mit einer Dicke $\geq 100$ mm bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,04 W/mK vorliegt"). | nicht erforderlich |                    |          |            |  |

| Proj-Nr       | 11091                   |  |  |                    |                    |          |            |  |
|---------------|-------------------------|--|--|--------------------|--------------------|----------|------------|--|
| Projekttitlel | IWL Landsberg           |  |  |                    |                    |          |            |  |
| Datum         | 15.04.2013              |  |  |                    |                    |          |            |  |
| Wärmebrücke   | Wärmebrückenbezeichnung | Bemerkung  | Nachweis   | Referenz $\Psi$    | errechnetes $\Psi$ | Ergebnis | Ausführung |  |
| WB 76         | B7.2_B6.1               | Anschluss Flachdach Holz ZG an Sheddach ZG, Vertikalschnitt              | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss obere oder untere Außenbauteile, die nicht durchstoßen werden, bzw. eine durchlaufende Dämmschicht mit einer Dicke $\geq$ 100mm bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,04 W/mK vorliegt").  | nicht erforderlich |                    |          |            |  |
| WB 77         | B7.3_B6.2               | Anschluss Flachdach Holz OG an Sheddach OG, Vertikalschnitt              | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss obere oder untere Außenbauteile, die nicht durchstoßen werden, bzw. eine durchlaufende Dämmschicht mit einer Dicke $\geq$ 100mm bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,04 W/mK vorliegt").  | nicht erforderlich |                    |          |            |  |
| WB 78         | RWA-B7.1                | Anschluss RWA an Flachdach Beton OG, Vertikalschnitt                     | zählt in Anlehnung an die DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("einzeln auftretende Türanschlüsse").<br><b>Aufgrund des relativ schlechten U-Werts der Lichtkuppel ist hier mit einem Tauwasserausfall zu rechnen. Es wird deshalb empfohlen in diesem Bereich eine Auffangrinne vorzusehen.</b> | nicht erforderlich |                    |          |            |  |
| WB 79         | B5.1-B7.1               | Anschluss Außenwand Holz an Flachdach Beton ZG, Vertikalschnitt          | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss oberer oder unterer Außenbauteile, die nicht durchstoßen werden bzw. eine durchlaufende Dämmschicht mit einer Dicke $\geq$ 100mm bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,04 W/mK vorliegt").   | nicht erforderlich |                    |          |            |  |
| WB 80         | B5.1-B2.1               | Anschluss Außenwand an Decke nach unten gegen unbeheizt, Vertikalschnitt | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss oberer oder unterer Außenbauteile, die nicht durchstoßen werden bzw. eine durchlaufende Dämmschicht mit einer Dicke $\geq$ 100mm bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,04 W/mK vorliegt").   | nicht erforderlich |                    |          |            |  |
| WB 81         | B5.1-B5.1               | Innenecke Außenwand Holz, Horizontalschnitt                              | zählt nach DIN 4108 Bbl.2 Pkt. 4 zu den vernachlässigbaren Details ("Anschluss Außenwand/Außenwand")   | nicht erforderlich |                    |          |            |  |

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                  |   |
|------------------------|------------------|---|
| <b>WB 3</b>            | <b>B3.2-B1.1</b> | <b>Anschluss Außenwand Aufzugsunterfahrt an Bodenplatte</b> |
| Variante 1 wie geplant |                  | <b>Aufzugsunterfahrt, Vertikalschnitt</b><br>ungedämmt      |



### Bauteil 1

|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| Beschr                        | Kellerwand B3.2 |
| U-Wert Regelbauteil           | 4,348 W/m²K     |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,40 m          |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C           |
| Temperatur kalte Seite        | 2 °C            |
| Korrekturfaktor f             | 1,0             |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

9,623 W/mK

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 2,8729 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,650 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 7,613 W/mK   |

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

-2,010 W/mK

### Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 7

0,430 W/mK

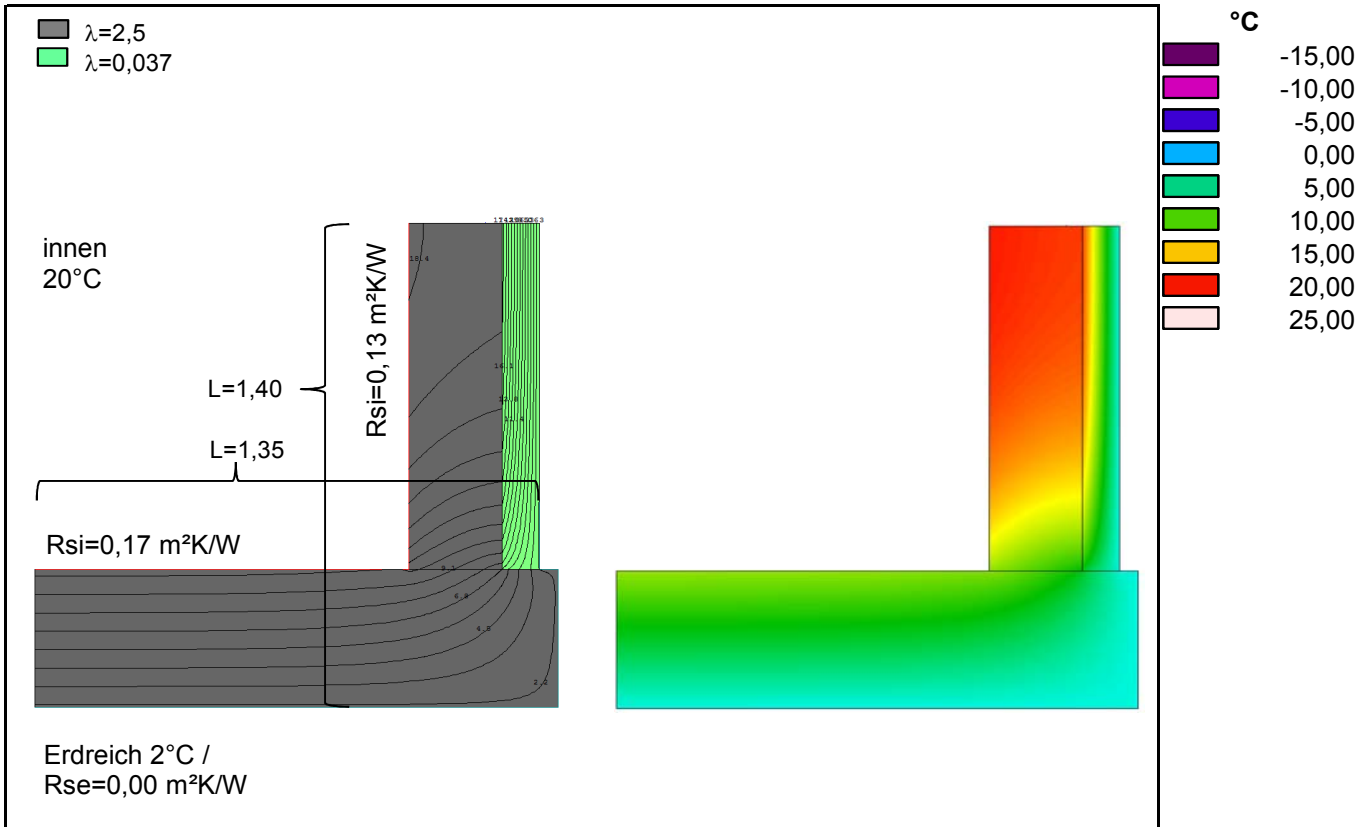
Gleichwertigkeit ist erfüllt

### Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|             |                  |   |
|-------------|------------------|---|
| <b>WB 7</b> | <b>B3.1-B1.1</b> | <b>Anschluss Kellerwand UG an Bodenplatte UG, Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1  | wie geplant      | 100 mm XPS 037  |



## Bauteil 1

|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| Beschr                        | Kellerwand B3.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,336 W/m²K     |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,40 m          |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C           |
| Temperatur kalte Seite        | 2 °C            |
| Korrekturfaktor f             | 1,0             |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

U-Wert aus Berechnung  
Länge der Wärmebrücke  
längenbezog. Wärmestrom L2D

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

Referenzwert für  $\Psi$  nach DIN 4108 Beiblatt 2

Hinweis

## Bauteil 2

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Beschr                        | Bodenplatte B1.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 2,829 W/m²K      |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,35 m           |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C            |
| Temperatur kalte Seite        | 2 °C             |
| Korrekturfaktor f             | 1,0              |

4,290 W/mK

1,6205 W/m²K

2,750 m

4,456 W/mK

0,167 W/mK

Bild 7

0,430 W/mK

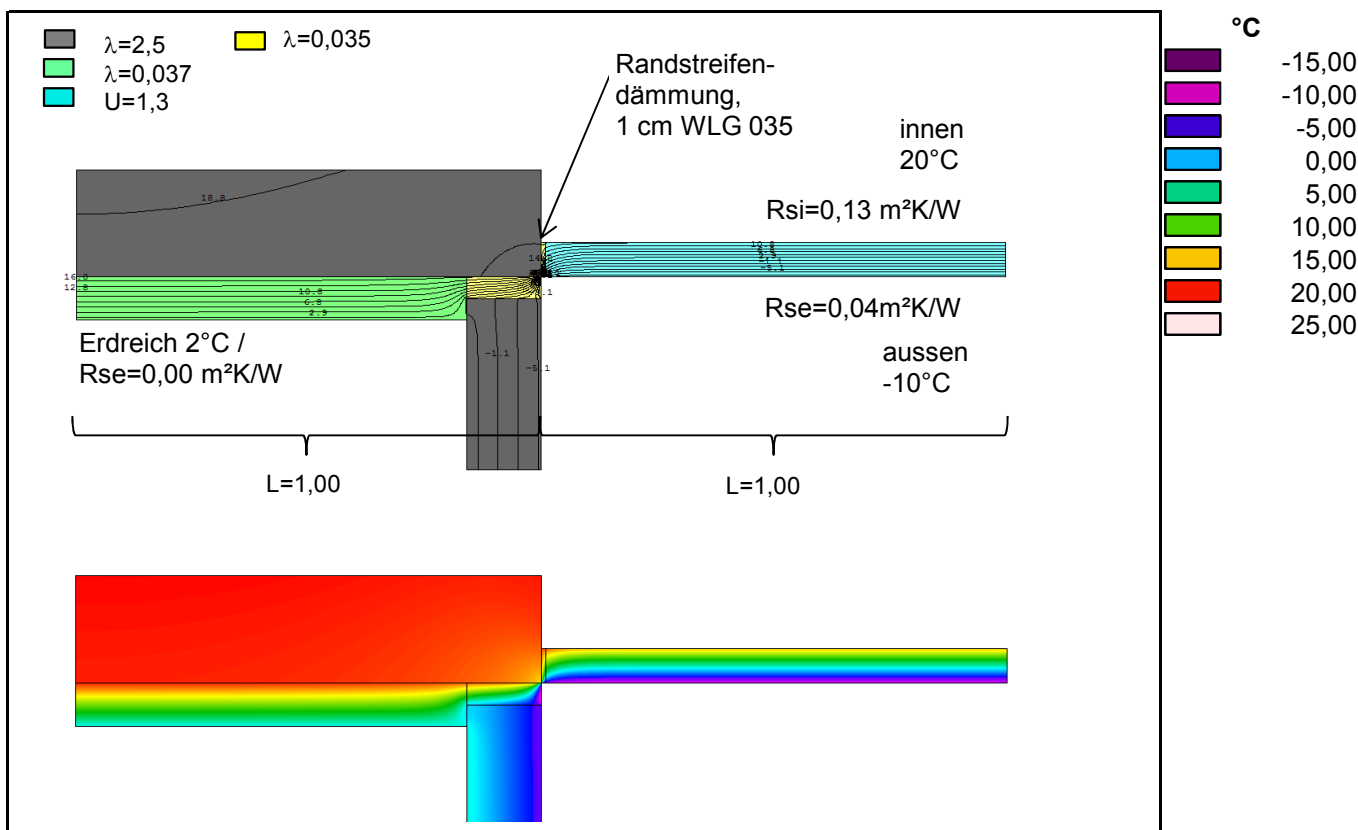
Gleichwertigkeit ist erfüllt



## Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|             |                 |  |
|-------------|-----------------|--|
| <b>WB 8</b> | <b>F11-B3.1</b> | <b>Anschluss Kellerfensterleibung an Kellerwand UG, Horizontalschnitt</b>              |
| Variante 1  | wie geplant     | 100 mm XPS 037, keine Rahmenüberdeckung, Lichtschart mit mind. 5 cm thermisch getrennt |



### Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | Fenster F11 |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,00 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,502 W/mK

### Bauteil 2

|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| Beschr                        | Kellerwand B3.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,336 W/m²K     |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,00 m          |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C           |
| Temperatur kalte Seite        | 2 °C            |
| Korrekturfaktor f             | 0,6             |

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,8314 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,000 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,663 W/mK   |

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,161 W/mK

### Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 49

0,080 W/mK

Gleichwertigkeit ist nicht erfüllt

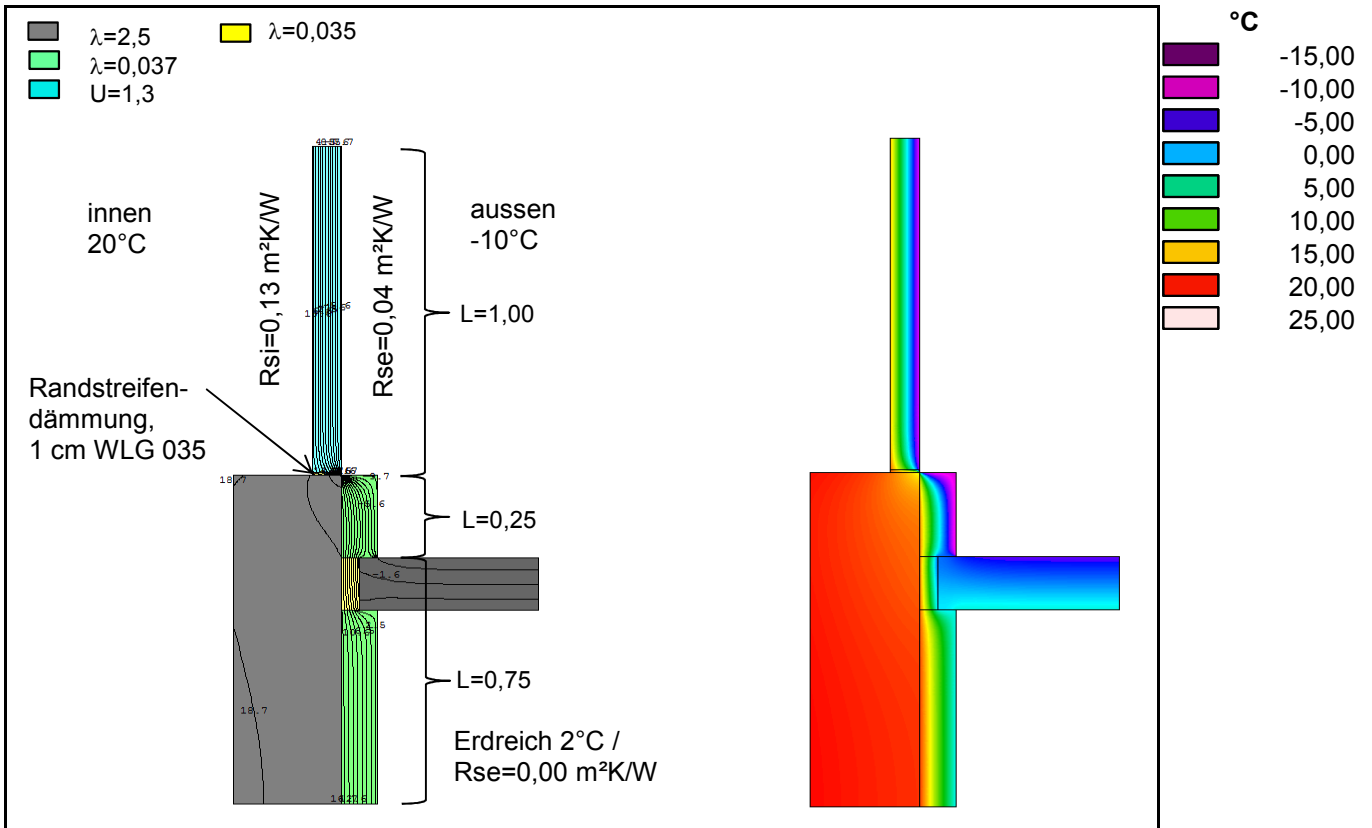
### Hinweis



# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                        |  |
|------------------------|------------------------|--|
| <b>WB 9</b>            | <b>F11-B3.1- B3.1a</b> | <b>Anschluss Kellerfensterbrüstung an Kellerwand UG, Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                        | 100 mm XPS 037, keine Rahmenüberdeckung                                  |



### Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | Fenster F11 |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,00 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

### Bauteil 2

|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| Beschr                        | Kellerwand B3.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,336 W/m²K     |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 0,75 m          |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C           |
| Temperatur kalte Seite        | 2 °C            |
| Korrekturfaktor f             | 0,6             |

### Bauteil 3

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Beschr                        | Kellerwand B3.1a |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,331 W/m²K      |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 0,25 m           |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C            |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C           |
| Korrekturfaktor f             | 1,0              |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,534 W/mK

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,8507 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,000 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,701 W/mK   |

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,167 W/mK

### Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 43

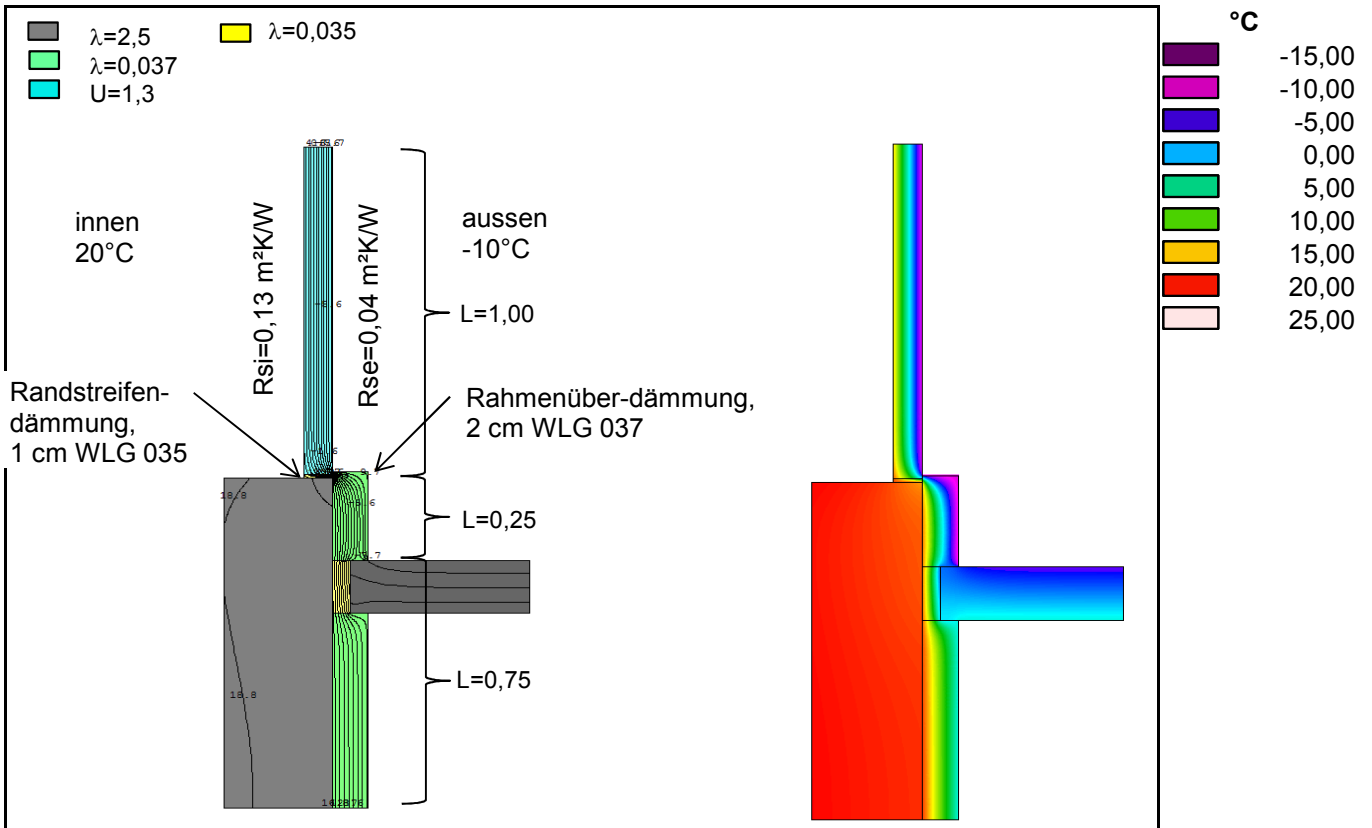
0,140 W/mK

Gleichwertigkeit ist nicht erfüllt

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                         |   |
|-------------------------|---|
| WB 9_V2 F11-B3.1- B3.1a | Anschluss Kellerfensterbrüstung an Kellerwand UG, Vertikalschnitt |
| Variante 2              | 100 mm XPS 037, 2 cm Rahmenüberdeckung,                           |



|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| <b>Bauteil 1</b>              |             |
| Beschr                        | Fenster F11 |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,00 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| <b>Bauteil 2</b>              |                 |
| Beschr                        | Kellerwand B3.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,336 W/m²K     |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 0,75 m          |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C           |
| Temperatur kalte Seite        | 2 °C            |
| Korrekturfaktor f             | 0,6             |

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| <b>Bauteil 3</b>              |                  |
| Beschr                        | Kellerwand B3.1a |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,331 W/m²K      |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 0,25 m           |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C            |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C           |
| Korrekturfaktor f             | 1,0              |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,534 W/mK

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,8143 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,000 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,629 W/mK   |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,095 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 43

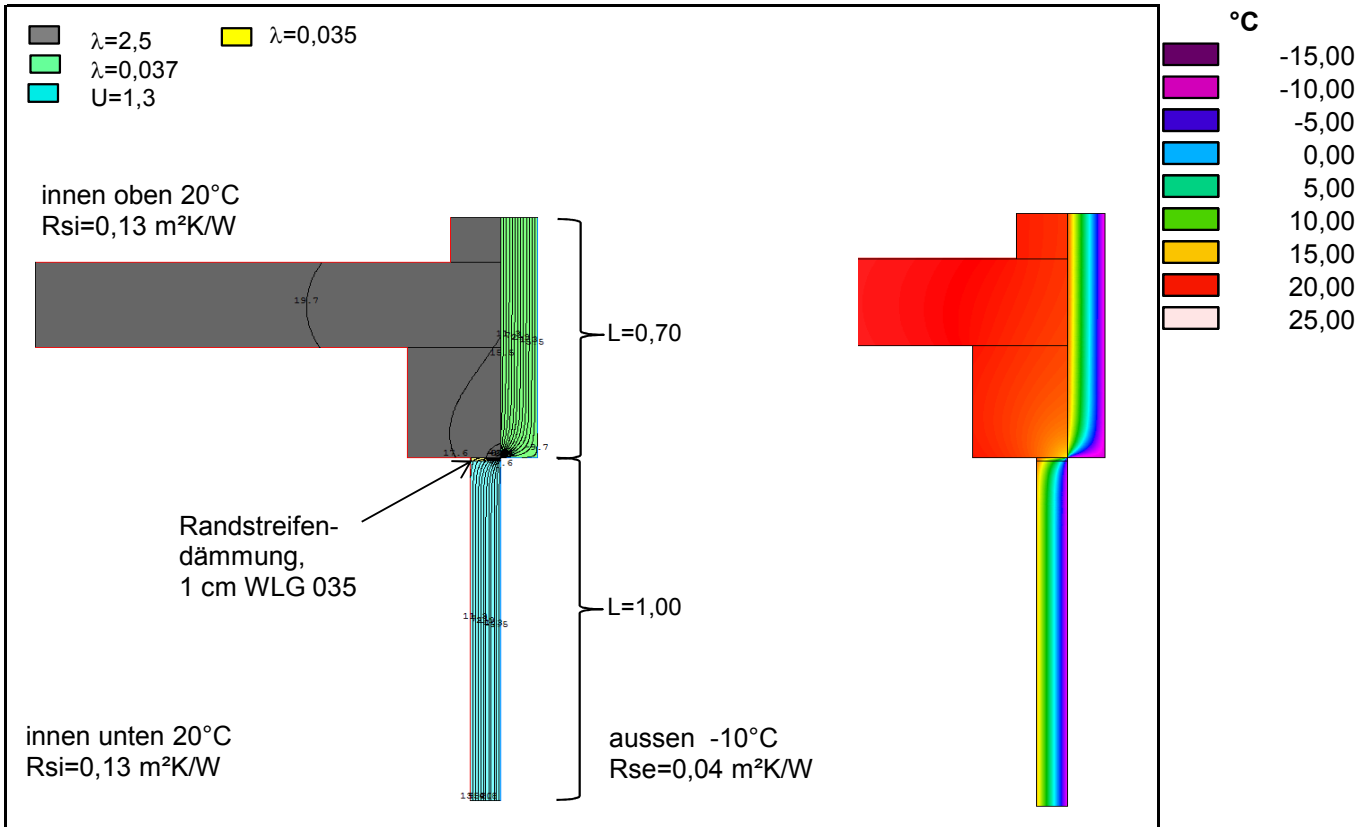
0,140 W/mK

Gleichwertigkeit ist erfüllt

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|              |                  |   |
|--------------|------------------|---|
| <b>WB 10</b> | <b>F11-B3.1a</b> | <b>Anschluss Kellerfenstersturz an Kellerwand UG, Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1   | wie geplant      | 100 mm XPS 037, keine Rahmenüberdeckung                               |



### Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | Fenster F11 |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil I1e | 1,00 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,532 W/mK

### Bauteil 2

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Beschr                        | Kellerwand B3.1a |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,331 W/m²K      |
| Längenanteil Regelbauteil I2e | 0,70 m           |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C            |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C           |
| Korrekturfaktor f             | 1,0              |

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,9823 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 1,700 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,670 W/mK   |

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,138 W/mK

### Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 55

0,050 W/mK

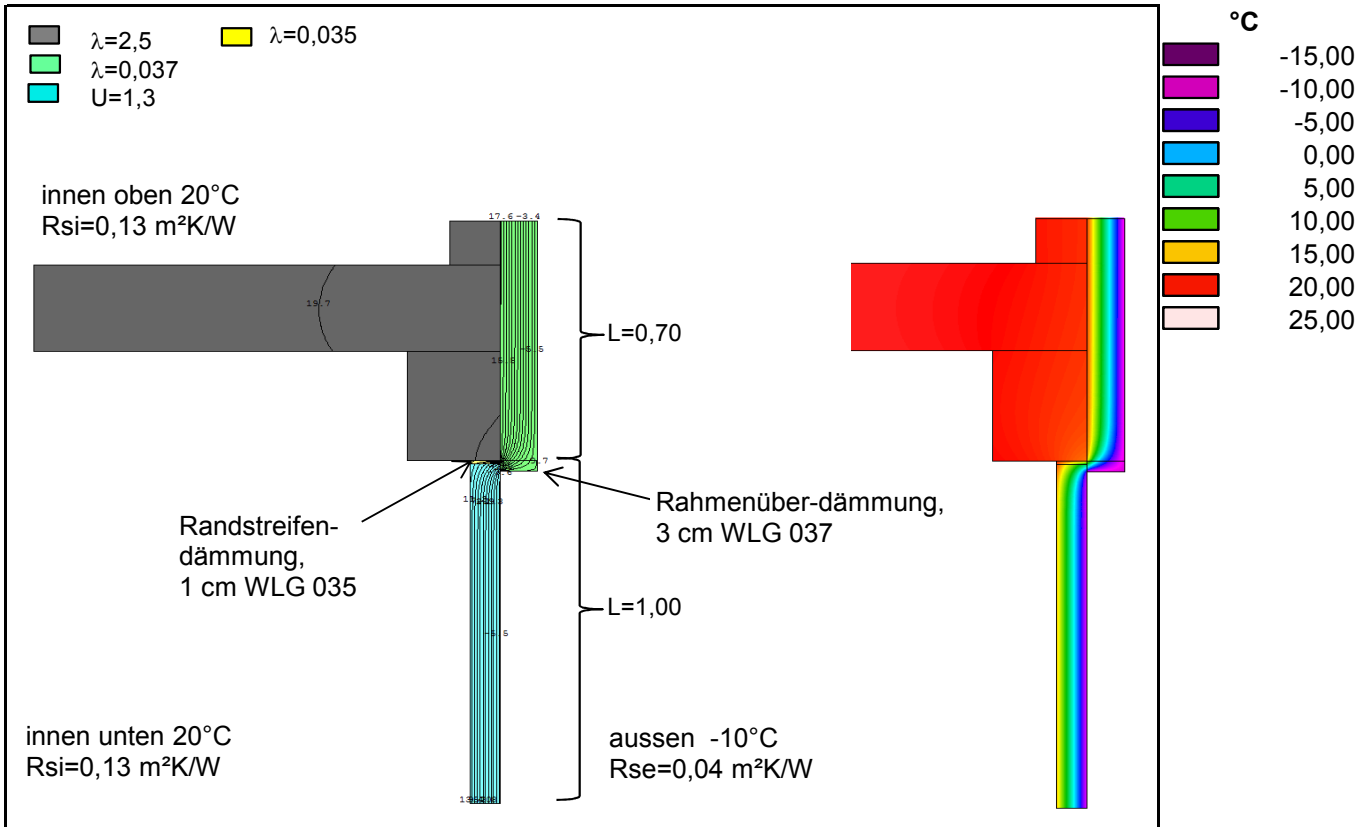
Gleichwertigkeit ist nicht erfüllt

### Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

**WB 10\_V2 F11-B3.1a** Anschluss Kellerfenstersturz an Kellerwand UG, Vertikalschnitt  
 Variante 2 100 mm XPS 037, 3 cm Rahmenüberdeckung



## Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | Fenster F11 |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil I1e | 1,00 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,532 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Beschr                        | Kellerwand B3.1a |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,331 W/m²K      |
| Längenanteil Regelbauteil I2e | 0,70 m           |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C            |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C           |
| Korrekturfaktor f             | 1,0              |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,9278 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 1,700 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,577 W/mK   |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,046 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 55

0,050 W/mK

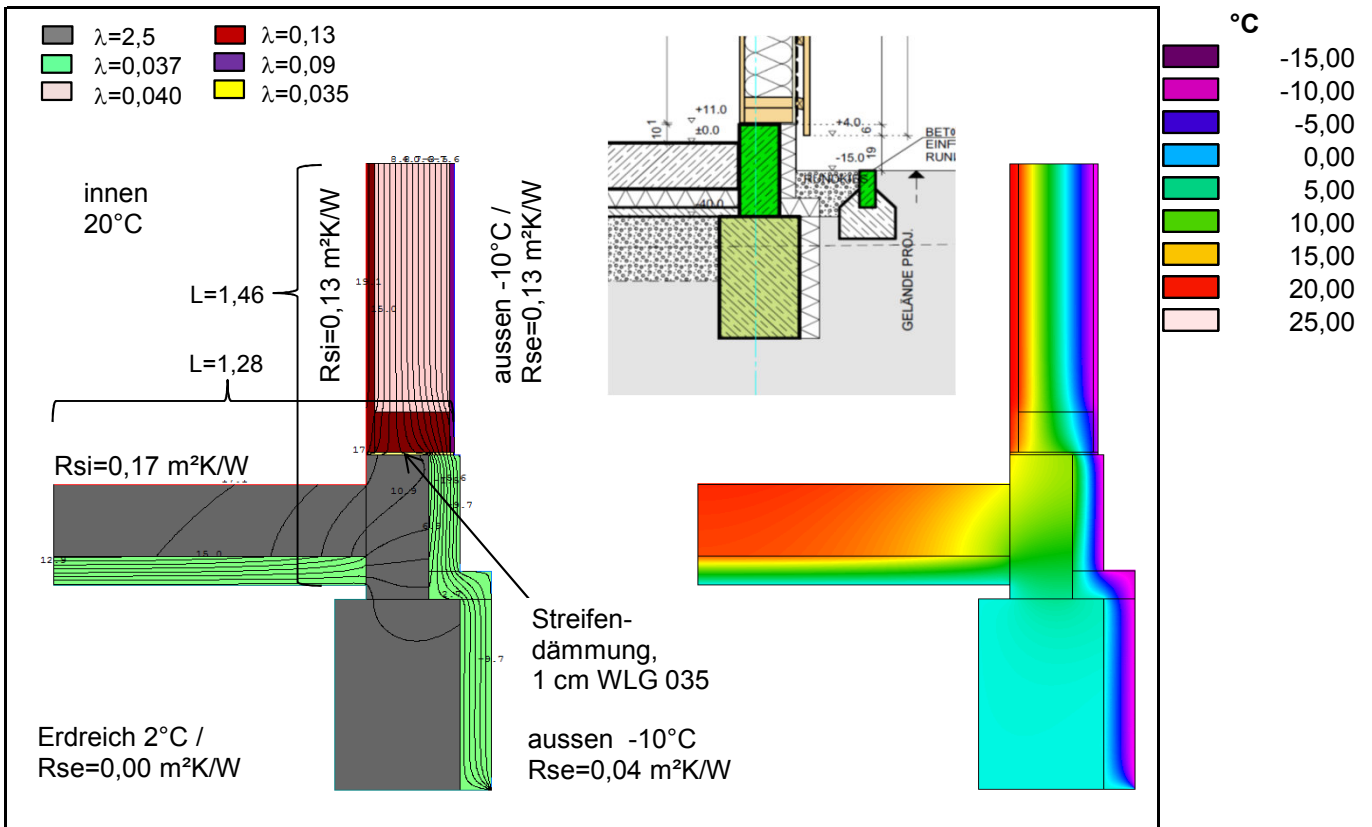
Gleichwertigkeit ist erfüllt

## Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |           |  |
|------------------------|-----------|--|
| WB 29                  | B5.1-B1.2 | Anschluss Außenwand Holz an Bodenplatte EG gedämmt,<br>Vertikalschnitt |
| Variante 1 wie geplant |           |  |



## Bauteil 1

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.1           |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,177 W/m <sup>2</sup> K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,46 m                   |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C                    |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C                   |
| Korrekturfaktor f             | 1,0                      |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

0,515 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Beschr                        | Bodenplatte B1.2         |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,334 W/m <sup>2</sup> K |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,28 m                   |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C                    |
| Temperatur kalte Seite        | 2 °C                     |
| Korrekturfaktor f             | 0,6                      |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,3557 W/m <sup>2</sup> K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,741 m                   |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 0,975 W/mK                |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,460 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 22

0,200 W/mK

Gleichwertigkeit ist nicht erfüllt

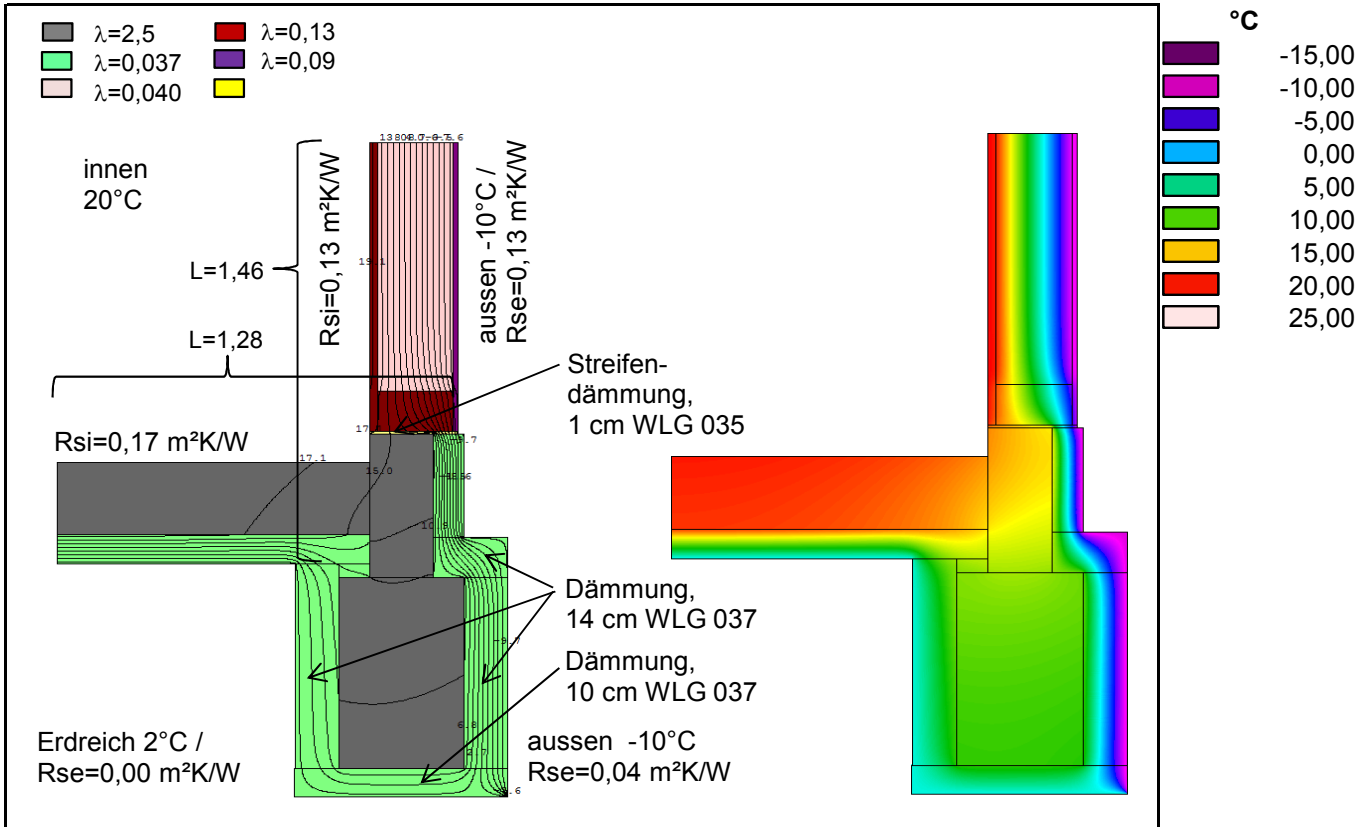
## Hinweis



# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                           |  |
|---------------------------|--|
| <b>WB 29_V2 B5.1-B1.2</b> | <b>Anschluss Außenwand Holz an Bodenplatte EG gedämmt, Vertikalschnitt</b>   |
| Variante 2                | Überdämmung Fundament auf beiden Seiten mit 140 cm XPS + unten mit 100mm XPS |



## Bauteil 1

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,177 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil I1e | 1,46 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

0,515 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Beschr                        | Bodenplatte B1.2 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,334 W/m²K      |
| Längenanteil Regelbauteil I2e | 1,28 m           |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C            |
| Temperatur kalte Seite        | 2 °C             |
| Korrekturfaktor f             | 0,6              |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,2554 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,741 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 0,700 W/mK   |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,185 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 22

0,200 W/mK

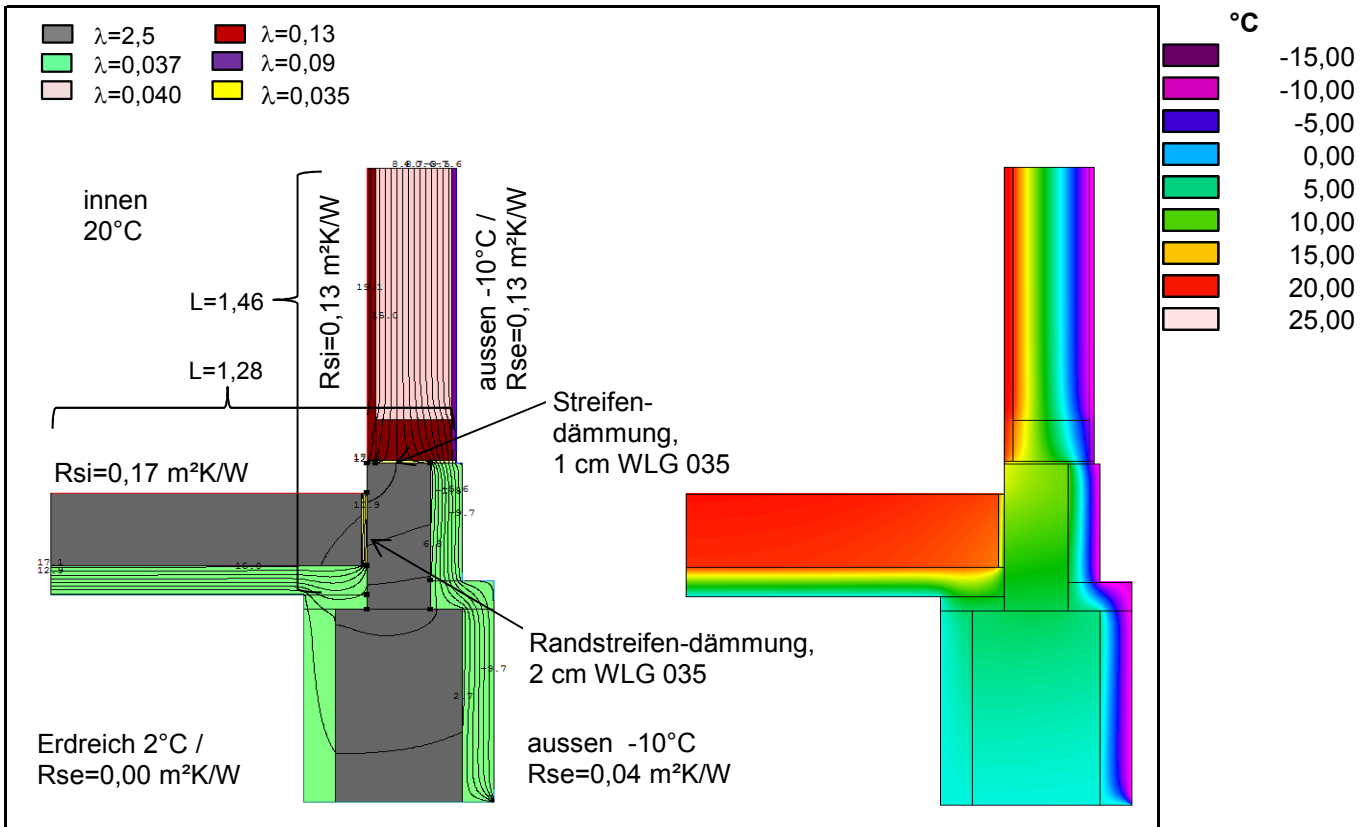
Gleichwertigkeit ist erfüllt

## Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>WB 29_V3 B5.1-B1.2</b> | <b>Anschluss Außenwand Holz an Bodenplatte EG gedämmt, Vertikalschnitt</b>  |
| Variante 3                | Überdämmung Fundament auf beiden Seiten mit 100 cm XPS + thermisch entkoppelte Bodenplatte mit 2 cm Randstreifendämmung |



## Bauteil 1

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,177 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil I1e | 1,46 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

0,515 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Beschr                        | Bodenplatte B1.2 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,334 W/m²K      |
| Längenanteil Regelbauteil I2e | 1,28 m           |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C            |
| Temperatur kalte Seite        | 2 °C             |
| Korrekturfaktor f             | 0,6              |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,2562 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,741 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 0,702 W/mK   |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,187 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 22

0,200 W/mK

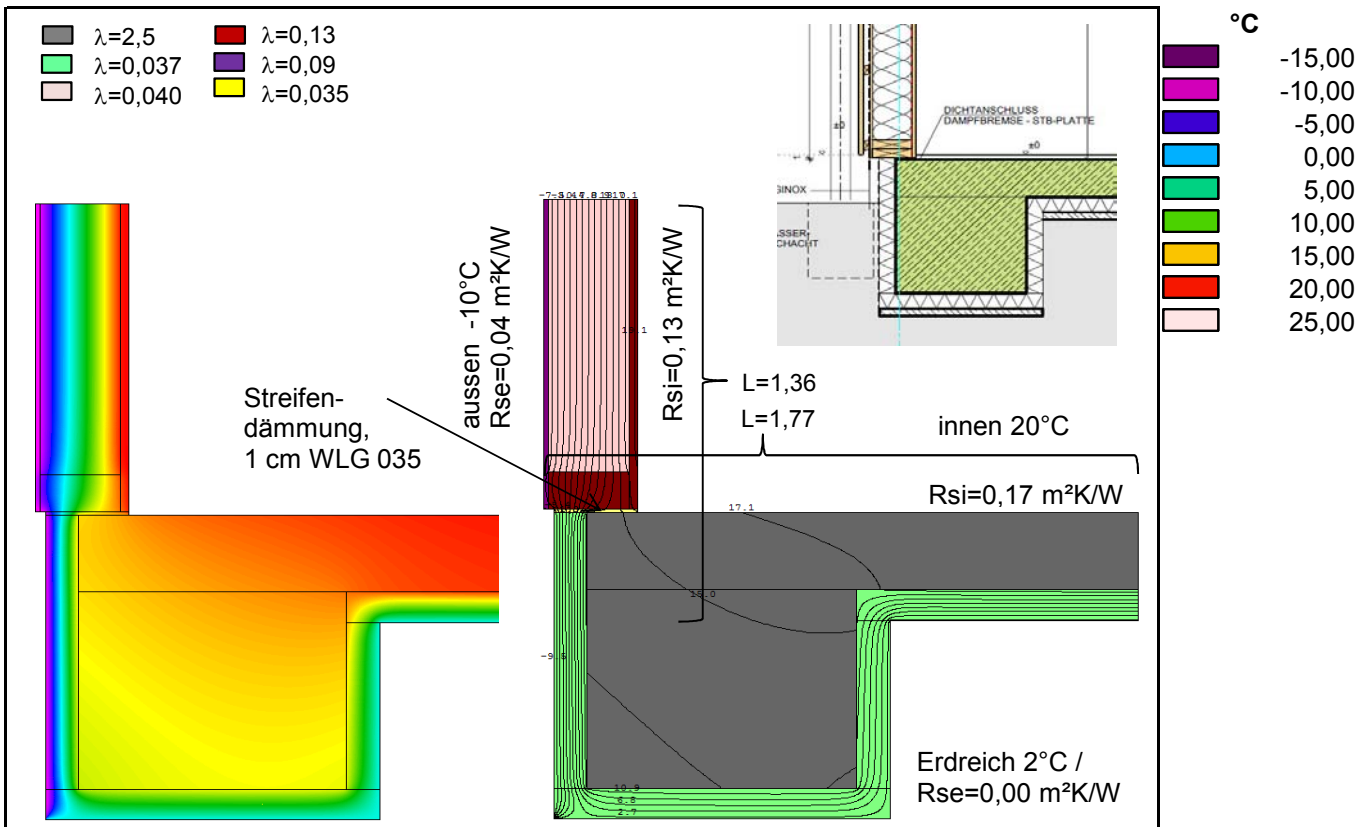
Gleichwertigkeit ist erfüllt

## Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                  |  |
|------------------------|------------------|--|
| <b>WB 30</b>           | <b>B5.1-B1.2</b> | <b>Anschluss Außenwand Holz an Bodenplatte EG gedämmt (Meisterbüro), Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                  | umlaufend 100 mm XPS WLG 037   |



### Bauteil 1

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,177 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,36 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

U-Wert aus Berechnung  
Länge der Wärmebrücke  
längenbezog. Wärmestrom L2D

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

Referenzwert für  $\Psi$  nach DIN 4108 Beiblatt 2

### Hinweis

### Bauteil 2

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Beschr                        | Bodenplatte B1.2 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,334 W/m²K      |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,77 m           |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C            |
| Temperatur kalte Seite        | 2 °C             |
| Korrekturfaktor f             | 0,6              |

0,596 W/mK

0,2578 W/m²K

3,131 m

0,807 W/mK

0,212 W/mK

Bild 22

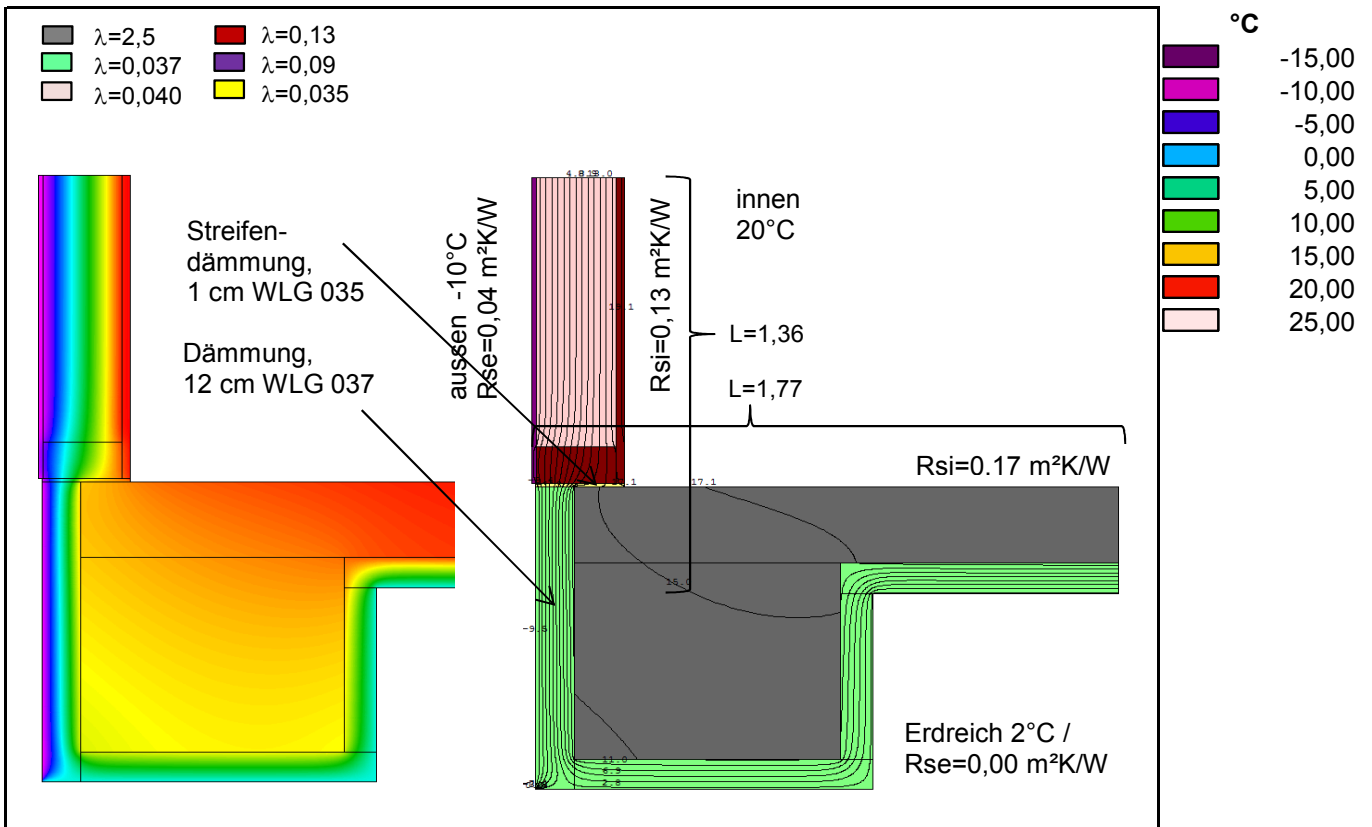
0,200 W/mK

Gleichwertigkeit ist nicht erfüllt

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                           |  |
|---------------------------|--|
| <b>WB 30_V2 B5.1-B1.2</b> | <b>Anschluss Außenwand Holz an Bodenplatte EG gedämmt (Meisterbüro), Vertikalschnitt</b> |
| Variante 2                | Überdämmung Fundament aussen mit 120 mm XPS WLG 037                                      |



## Bauteil 1

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,177 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,36 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

0,596 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Beschr                        | Bodenplatte B1.2 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,334 W/m²K      |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,77 m           |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C            |
| Temperatur kalte Seite        | 2 °C             |
| Korrekturfaktor f             | 0,6              |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,2471 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 3,131 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 0,774 W/mK   |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,178 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 22

0,200 W/mK

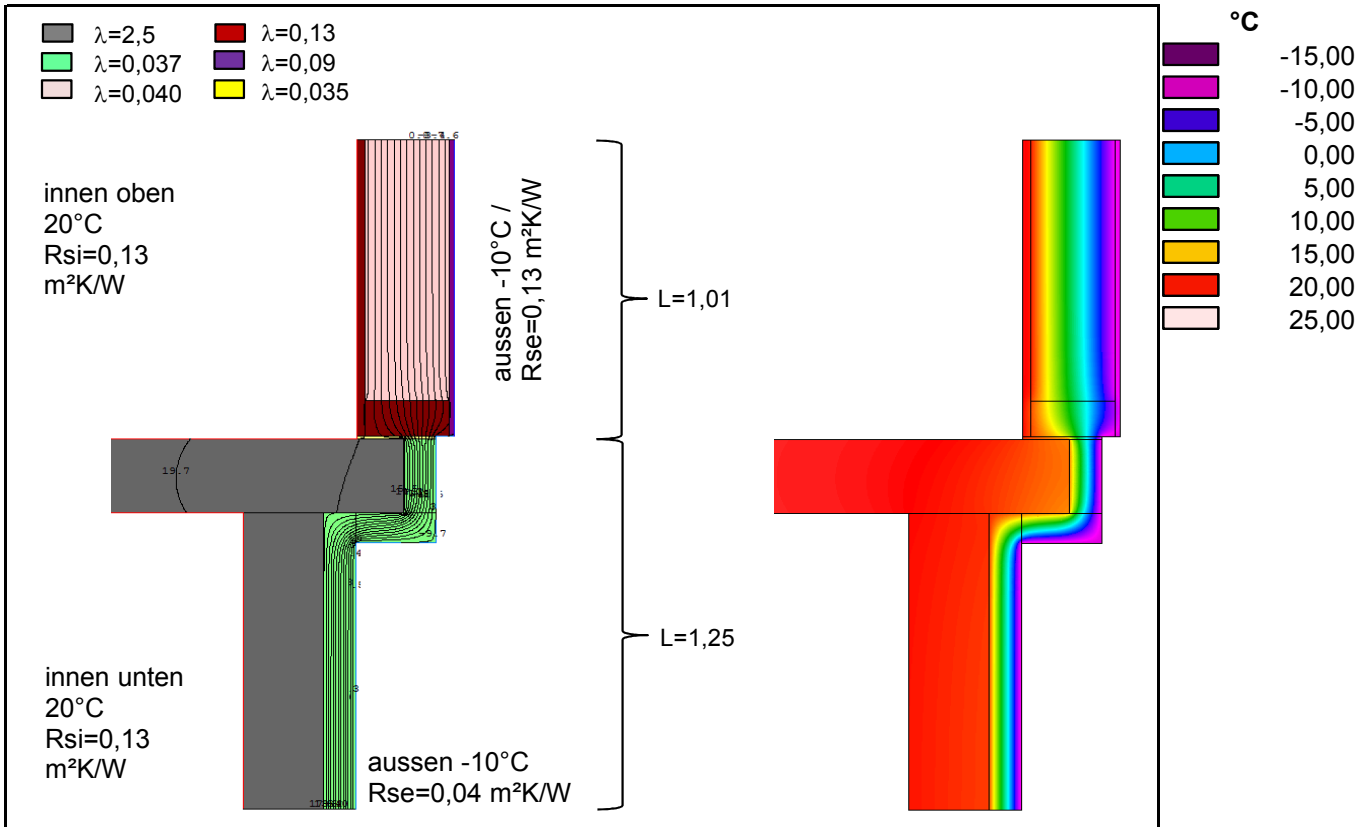
Gleichwertigkeit ist erfüllt

## Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |           |   |
|------------------------|-----------|---|
| WB 31                  | B5.3-B3.1 | Anschluss Außenwand Holz (Eingangsbereich) an Kellerwand gedämmt, Vertikalschnitt |
| Variante 1 wie geplant |           |   |



### Bauteil 1

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.3           |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,165 W/m <sup>2</sup> K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,01 m                   |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C                    |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C                   |
| Korrekturfaktor f             | 1,0                      |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

0,587 W/mK

### Bauteil 2

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Beschr                        | Kellerwand B3.1          |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,336 W/m <sup>2</sup> K |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,25 m                   |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C                    |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C                   |
| Korrekturfaktor f             | 1,0                      |

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,2918 W/m <sup>2</sup> K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,260 m                   |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 0,659 W/mK                |

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,073 W/mK

### Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 37

0,240 W/mK

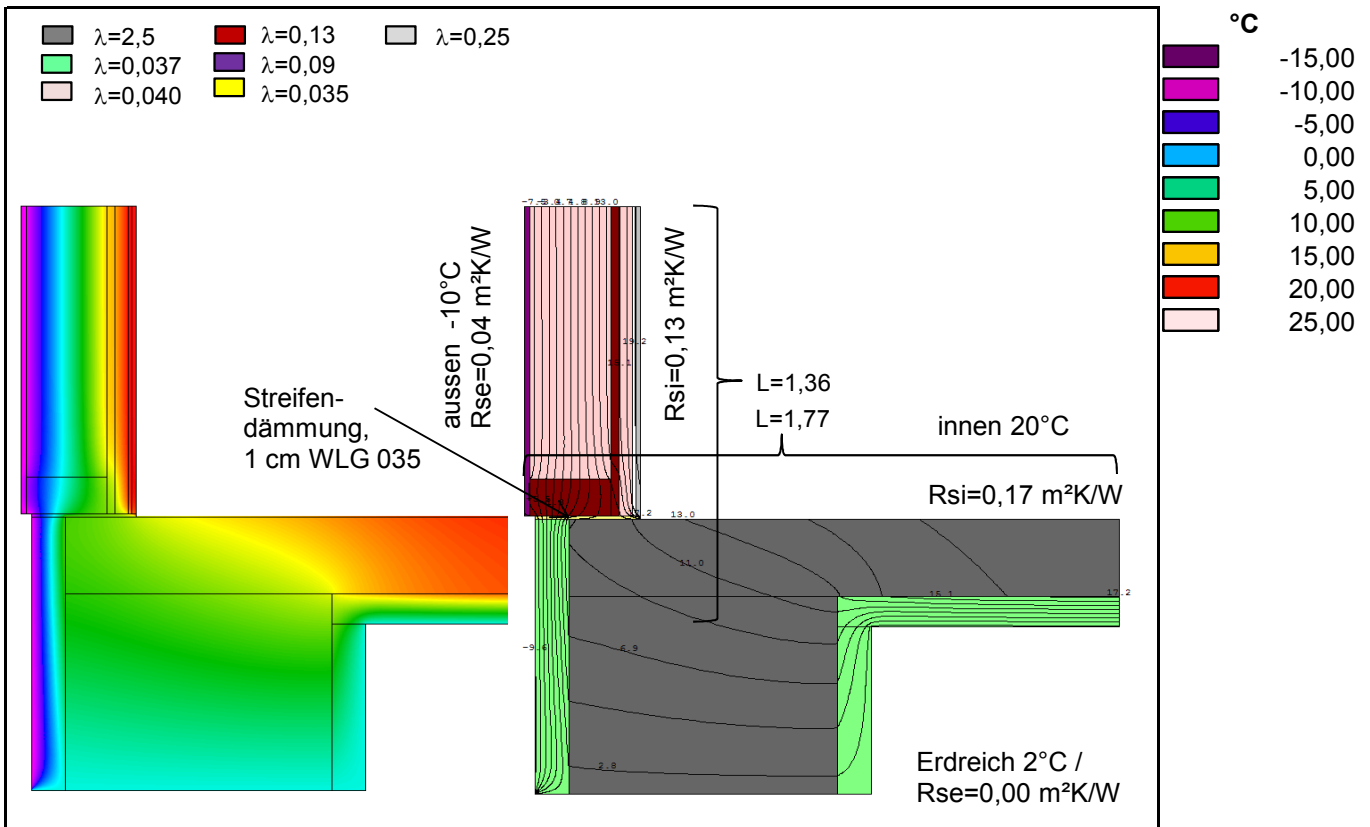
Gleichwertigkeit ist erfüllt

### Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                  |   |
|------------------------|------------------|---|
| <b>WB 32</b>           | <b>B5.2-B1.2</b> | <b>Anschluss Außenwand Holz an Bodenplatte EG gedämmt (Shop),<br/>Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                  | 100 mm XPS WLG 037  |



### Bauteil 1

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.2 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,152 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,36 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

### Bauteil 2

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Beschr                        | Bodenplatte B1.2 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,334 W/m²K      |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,77 m           |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C            |
| Temperatur kalte Seite        | 2 °C             |
| Korrekturfaktor f             | 0,6              |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

0,562 W/mK

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,4049 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 3,131 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,268 W/mK   |

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,706 W/mK

### Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 22

0,200 W/mK

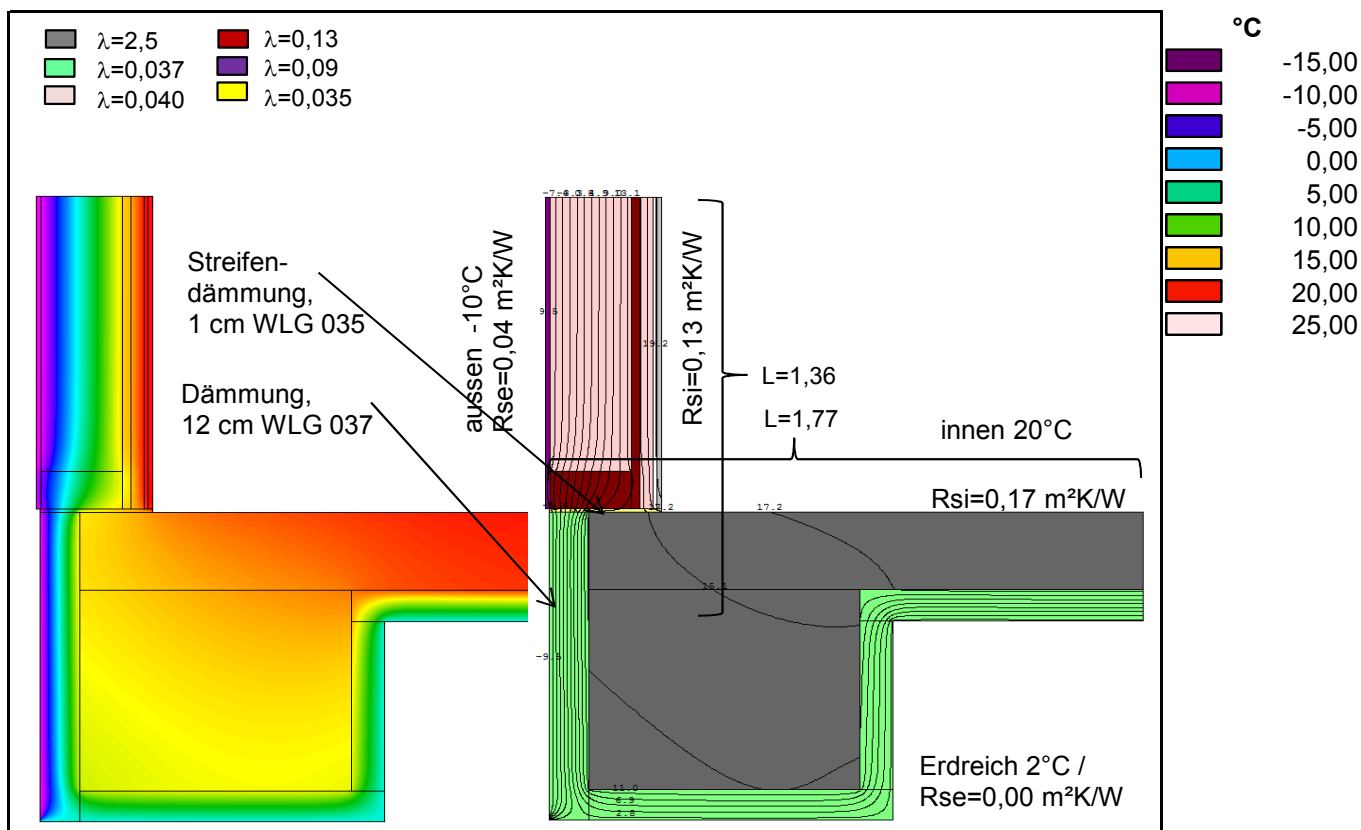
Gleichwertigkeit ist nicht erfüllt

### Hinweis

## Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>WB 32_V2 B5.2-B1.2</b> | <b>Anschluss Außenwand Holz an Bodenplatte EG gedämmt (Shop),<br/>Vertikalschnitt</b> |
| Variante 2                | Überdämmung Fundament aussen mit 120 mm XPS WLG 037 und unten mit 100 mm XPS WLG 037  |



### Bauteil 1

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.2 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,152 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,36 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

U-Wert aus Berechnung  
Länge der Wärmebrücke  
längenbezog. Wärmestrom L2D

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

Referenzwert für  $\Psi$  nach DIN 4108 Beiblatt 2

### Hinweis

### Bauteil 2

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Beschr                        | Bodenplatte B1.2 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,334 W/m²K      |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,77 m           |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C            |
| Temperatur kalte Seite        | 2 °C             |
| Korrekturfaktor f             | 0,6              |

0,562 W/mK

0,2353 W/m²K

3,131 m

0,737 W/mK

0,175 W/mK

Bild 22

0,200 W/mK

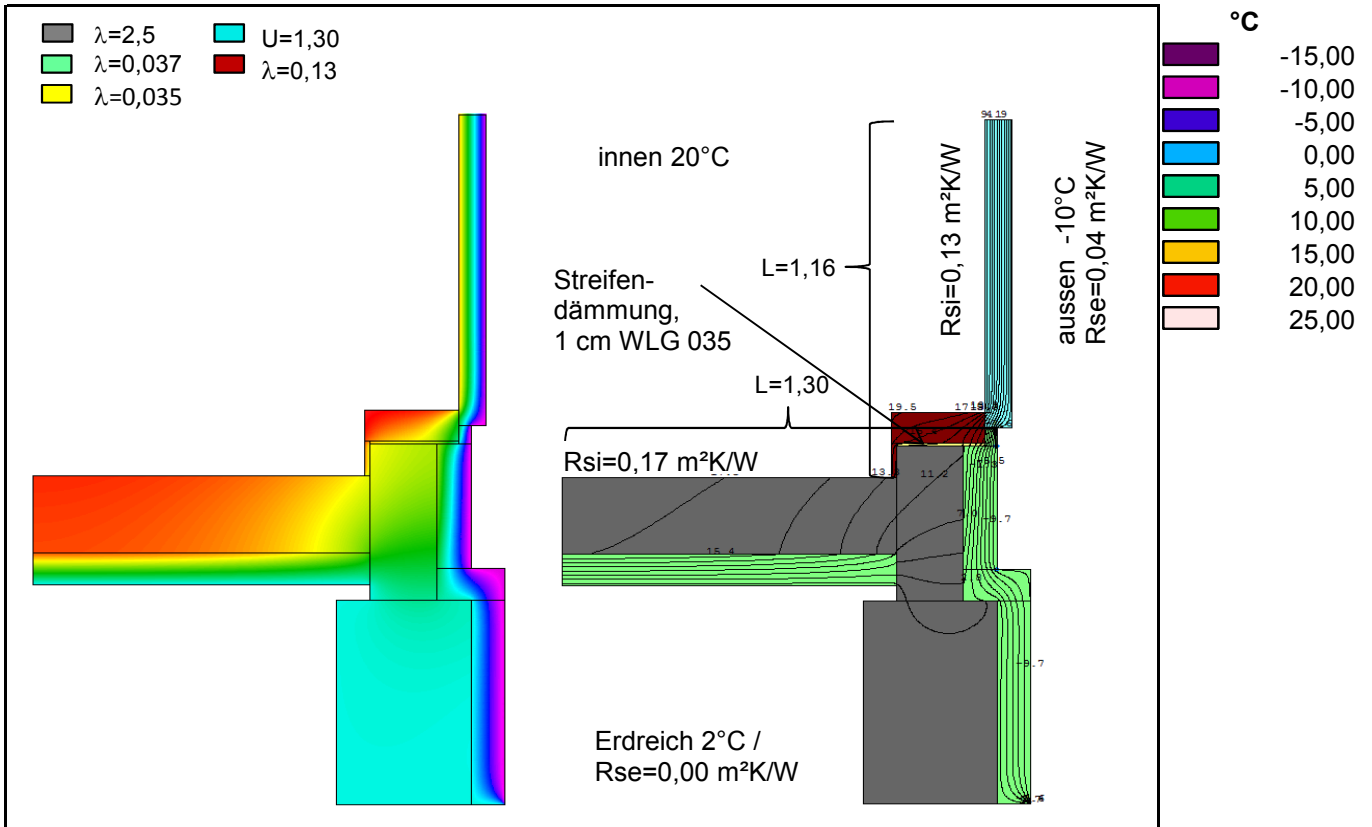
Gleichwertigkeit ist erfüllt



# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                   |   |
|------------------------|-------------------|---|
| <b>WB 33</b>           | <b>F1/F2-B1.2</b> | <b>Anschluss Pfosten-Riegel-Fassade Schreinerei an Bodenplatte EG</b> |
| Variante 1 wie geplant |                   | gedämmt, Vertikalschnitt<br>100 mm XPS WLG 037                        |



## Bauteil 1

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Beschr                        | Verglasung F1/F2         |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m <sup>2</sup> K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,16 m                   |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C                    |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C                   |
| Korrekturfaktor f             | 1,0                      |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,769 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Beschr                        | Bodenplatte B1.2         |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,334 W/m <sup>2</sup> K |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,30 m                   |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C                    |
| Temperatur kalte Seite        | 2 °C                     |
| Korrekturfaktor f             | 0,6                      |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,6063 W/m <sup>2</sup> K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,460 m                   |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,491 W/mK                |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

-0,277 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 69

0,120 W/mK

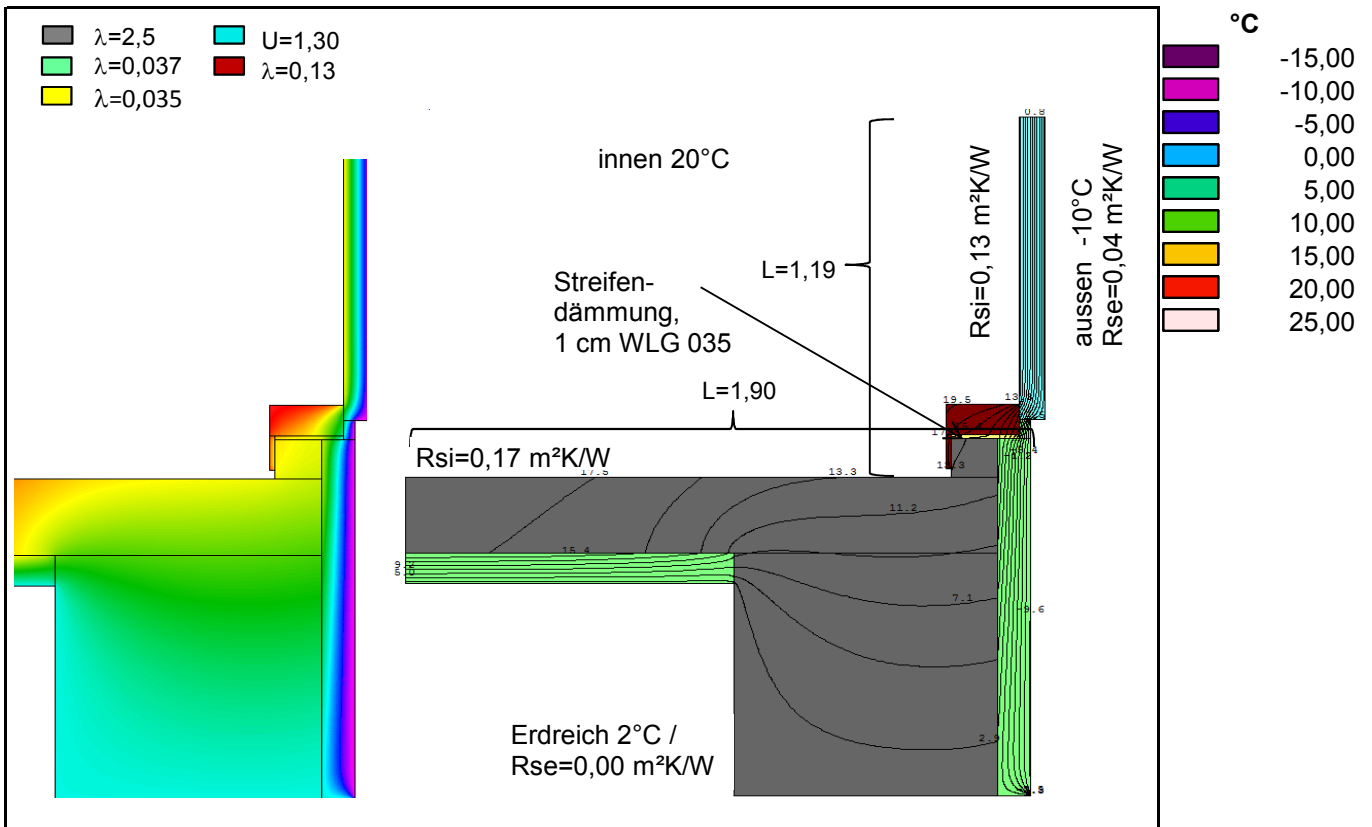
Gleichwertigkeit ist erfüllt

## Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|              |                   |  |
|--------------|-------------------|--|
| <b>WB 35</b> | <b>F3/F5-B1.2</b> | <b>Anschluss Verglasung (Büro/Shop) an Bodenplatte EG gedämmt, Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1   | wie geplant       | 100 mm XPS WLG 037   |



## Bauteil 1

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Beschr                        | Verglasung F3/F5 |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K      |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,19 m           |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C            |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C           |
| Korrekturfaktor f             | 1,0              |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,928 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Beschr                        | Bodenplatte B1.2 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,334 W/m²K      |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,90 m           |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C            |
| Temperatur kalte Seite        | 2 °C             |
| Korrekturfaktor f             | 0,6              |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,9374 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 3,090 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 2,897 W/mK   |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,969 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 69

0,120 W/mK

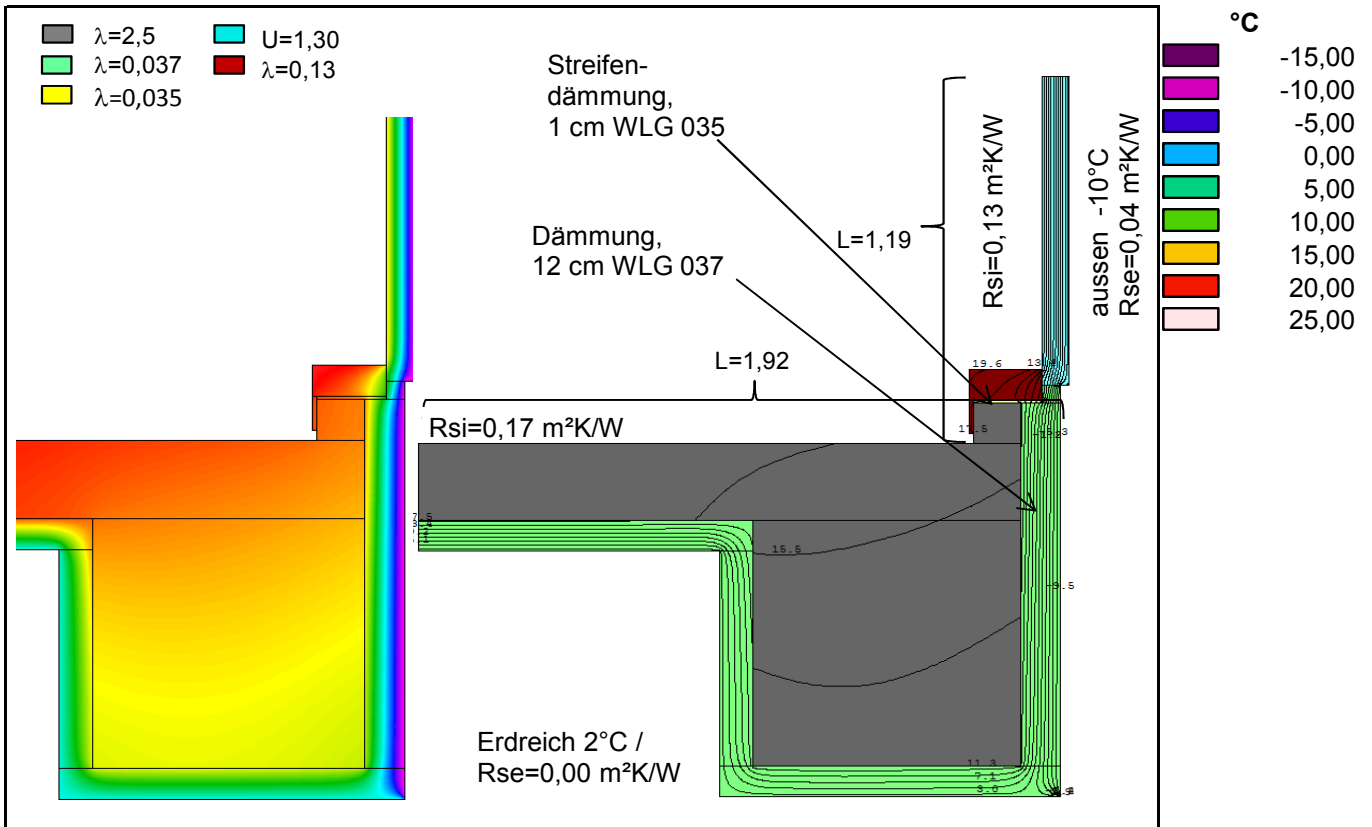
Gleichwertigkeit ist nicht erfüllt

## Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                     |  |
|---------------------|--|
| WB 35_V2 F3/F5-B1.2 | Anschluss Verglasung (Büro/Shop) an Bodenplatte EG gedämmt,<br>Vertikalschnitt       |
| Variante 2          | Überdämmung Fundament aussen mit 120 mm XPS WLG 037 und unten mit 100 mm XPS WLG 037 |



## Bauteil 1

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Beschr                        | Verglasung F3/F5 |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K      |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,19 m           |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C            |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C           |
| Korrekturfaktor f             | 1,0              |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,932 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Beschr                        | Bodenplatte B1.2 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,334 W/m²K      |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,92 m           |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C            |
| Temperatur kalte Seite        | 2 °C             |
| Korrekturfaktor f             | 0,6              |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,6478 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 3,110 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 2,015 W/mK   |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,083 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 69

0,120 W/mK

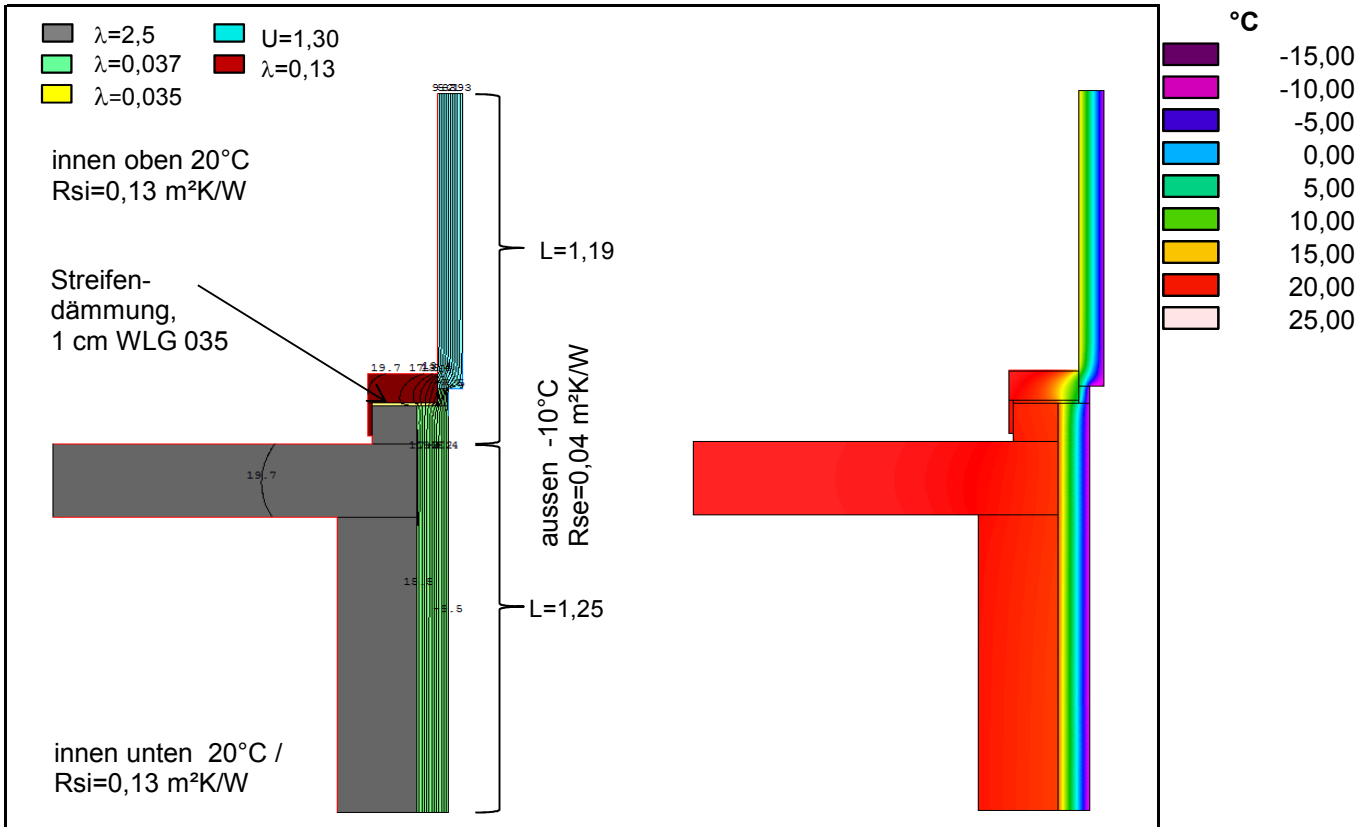
Gleichwertigkeit ist erfüllt

## Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                |  |
|------------------------|----------------|--|
| <b>WB 36</b>           | <b>F5-B3.1</b> | <b>Anschluss Verglasung (Büro) an Kellerwand Beton gegen Erdreich, gedämm, Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                | 100 mm XPS WLG 037   |



### Bauteil 1

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| Beschr                        | Verglasung F5 |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K   |
| Längenanteil Regelbauteil I1e | 1,19 m        |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C         |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C        |
| Korrekturfaktor f             | 1,0           |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,967 W/mK

### Bauteil 2

|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| Beschr                        | Kellerwand B3.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,336 W/m²K     |
| Längenanteil Regelbauteil I2e | 1,25 m          |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C           |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C          |
| Korrekturfaktor f             | 1,0             |

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,7397 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,440 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,805 W/mK   |

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

-0,162 W/mK

### Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 68

-0,010 W/mK

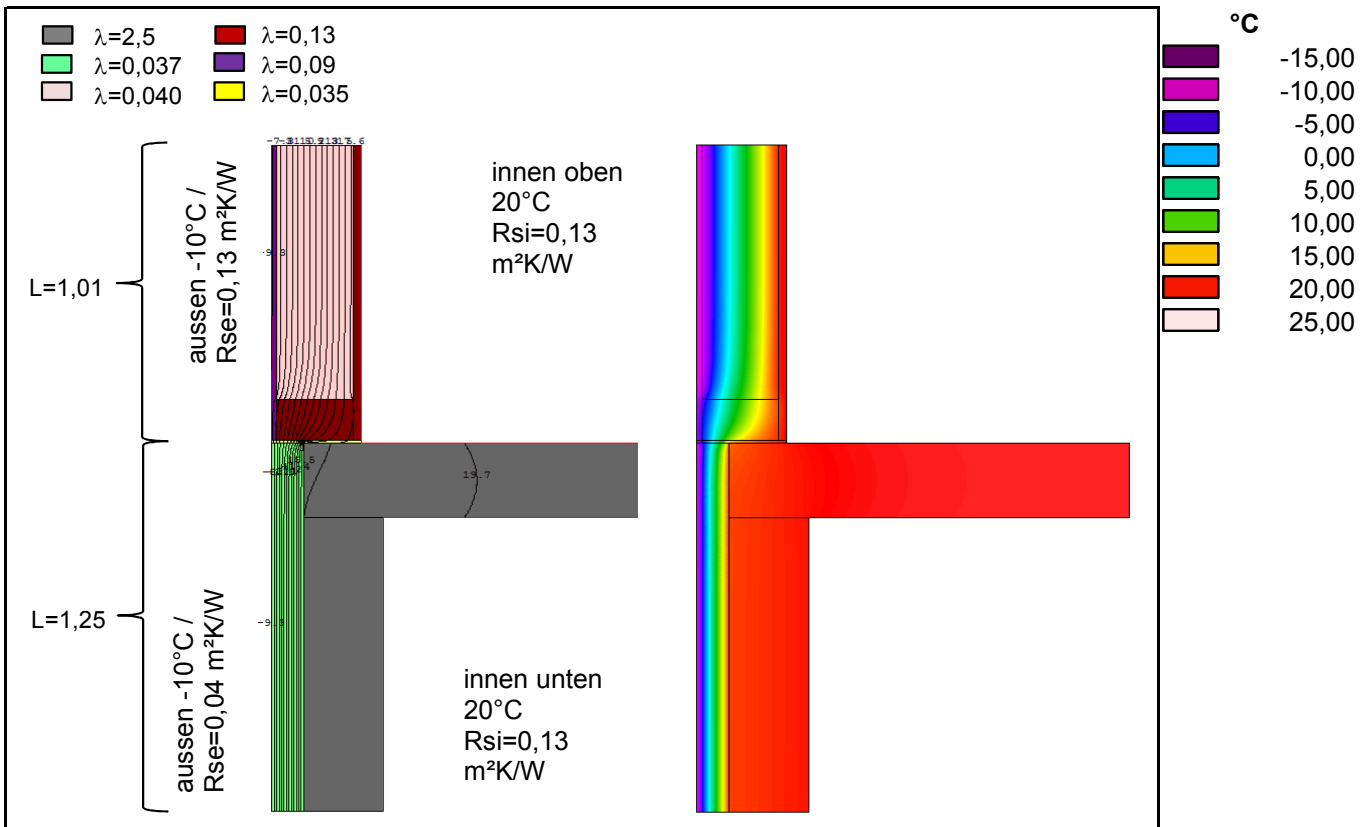
Gleichwertigkeit ist erfüllt

### Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                  |   |
|------------------------|------------------|---|
| <b>WB 37</b>           | <b>B5.1-B3.1</b> | <b>Anschluss Außenwand Holz (Kommissionierschreinerei) an Kellerwand gedämmt, Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                  |   |



### Bauteil 1

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,177 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,01 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

### Bauteil 2

|                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| Beschr                        | Kellerwand B3.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,336 W/m²K     |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,25 m          |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C           |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C          |
| Korrekturfaktor f             | 1,0             |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

0,599 W/mK

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,2993 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,260 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 0,676 W/mK   |

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,078 W/mK

### Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 37

0,240 W/mK

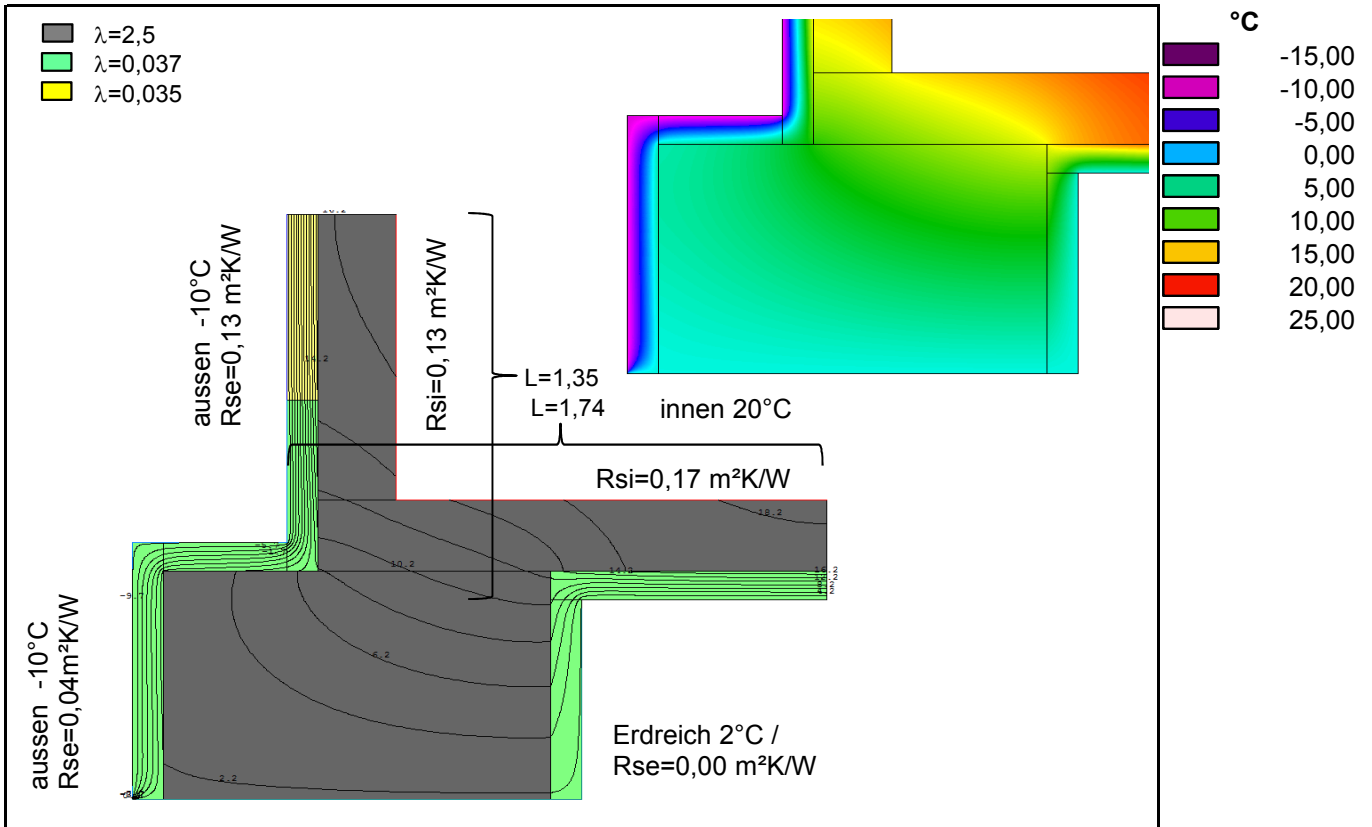
Gleichwertigkeit ist erfüllt

### Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|              |                  |   |
|--------------|------------------|---|
| <b>WB 38</b> | <b>B5.5-B1.2</b> | <b>Anschluss Außenwand Beton an Bodenplatte EG gedämmt<br/>(Stiegenhaus 2), Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1   | wie geplant      | 100 mm EPS WLK 035  |



## Bauteil 1

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.5           |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,236 W/m <sup>2</sup> K |
| Längenanteil Regelbauteil I1e | 1,35 m                   |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C                    |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C                   |
| Korrekturfaktor f             | 1,0                      |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

## Bauteil 2

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Beschr                        | Bodenplatte B1.2         |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,334 W/m <sup>2</sup> K |
| Längenanteil Regelbauteil I2e | 1,74 m                   |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C                    |
| Temperatur kalte Seite        | 2 °C                     |
| Korrekturfaktor f             | 0,6                      |

0,667 W/mK

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,4453 W/m <sup>2</sup> K |
| Länge der Wärmebrücke       | 3,150 m                   |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,403 W/mK                |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,735 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 22

0,200 W/mK

Gleichwertigkeit ist nicht erfüllt

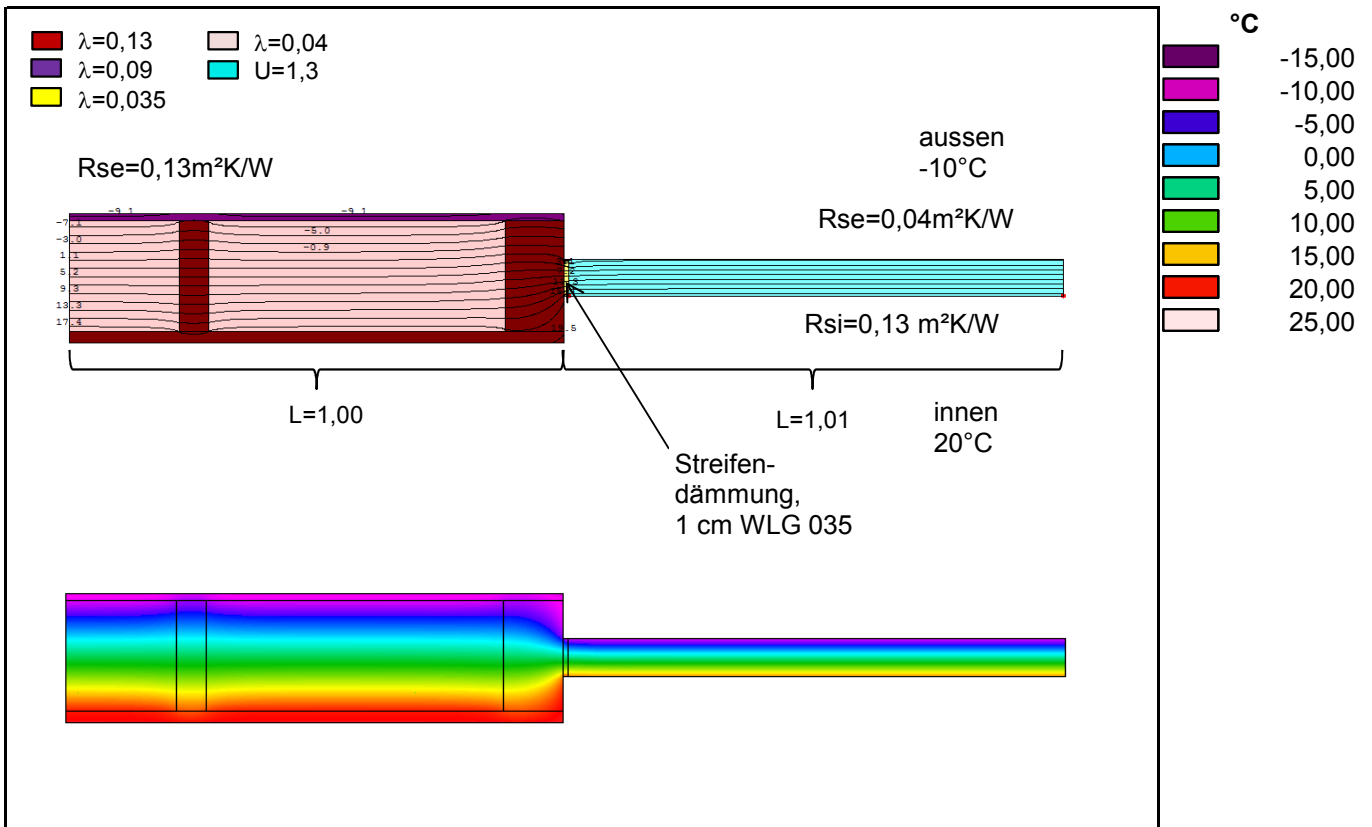
## Hinweis

Empfehlung: Überdämmung Fundament aussen mit 120 mm XPS WLK 037 und unten mit 100 mm XPS WLK 037 analog zu WB 29\_V2, keine gesonderte Berechnung durchgeführt

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                   |   |
|------------------------|-------------------|---|
| <b>WB 39</b>           | <b>F3/F9-B5.1</b> | <b>Anschluss Fensterleibung an Außenwand Holz (Shop),<br/>Horizontalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                   | ohne Leibungsdämmung  |



## Bauteil 1

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| Beschr                        | Fenster F3/F9 |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K   |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,01 m        |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C         |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C        |
| Korrekturfaktor f             | 1,0           |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,490 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,177 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,00 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,7609 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,010 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,529 W/mK   |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,039 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 53

0,030 W/mK

Gleichwertigkeit ist nicht erfüllt

## Hinweis

Berechnung gilt analog auch für Anschluss F4-B5.3

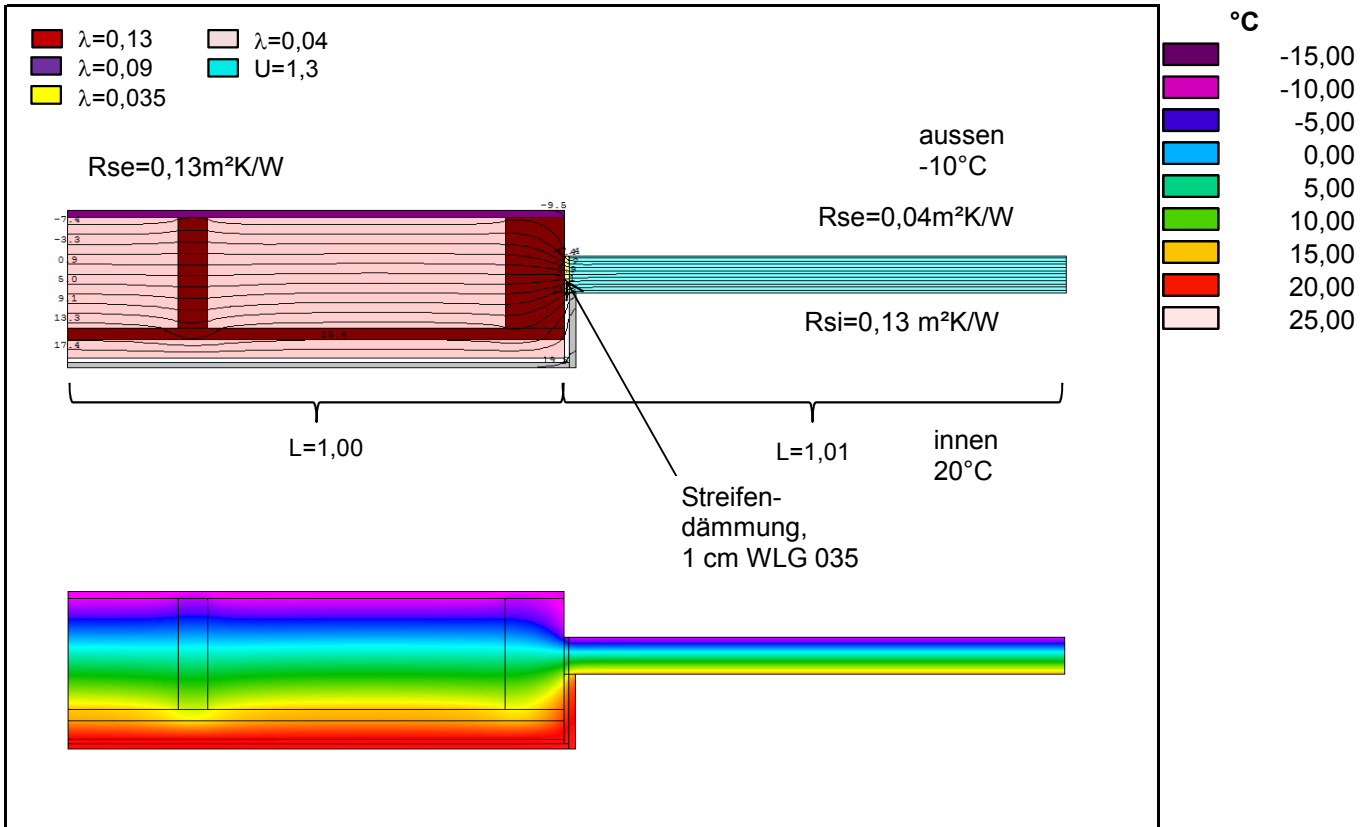




# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                |  |
|------------------------|----------------|--|
| <b>WB 40</b>           | <b>F7-B5.2</b> | <b>Anschluss Fensterleibung an Außenwand Holz (ZG) mit Installationsebene, Horizontalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                | mit Installationsebene, ohne Leibungsdämmung   |



## Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | Fenster F7  |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,01 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,465 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.2 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,152 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,00 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,7430 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,010 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,493 W/mK   |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,028 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 53

0,030 W/mK

Gleichwertigkeit ist erfüllt

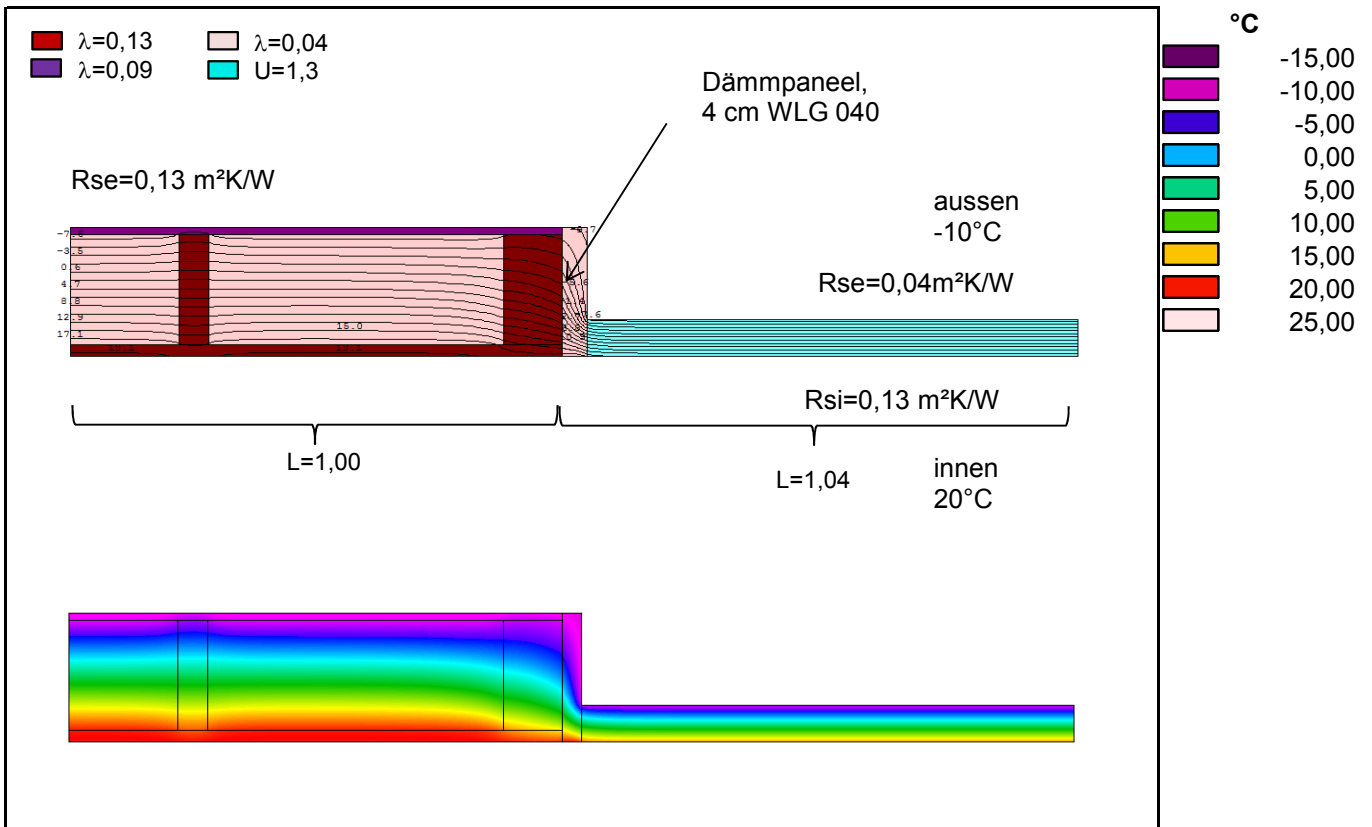
## Hinweis

Berechnung gilt analog auch für Anschluss F4-B5.2

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                   |   |
|------------------------|-------------------|---|
| <b>WB 41</b>           | <b>F1/F2-B5.1</b> | <b>Anschluss Fensterleibung Pfosten-Riegel-Fassade an Außenwand Holz, Horizontalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                   |   |



### Bauteil 1

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| Beschr                        | Fenster F1/F2 |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K   |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,04 m        |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C         |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C        |
| Korrekturfaktor f             | 1,0           |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,529 W/mK

### Bauteil 2

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,177 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,00 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,7531 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,040 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,536 W/mK   |

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,007 W/mK

### Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 53

0,030 W/mK

Gleichwertigkeit ist erfüllt

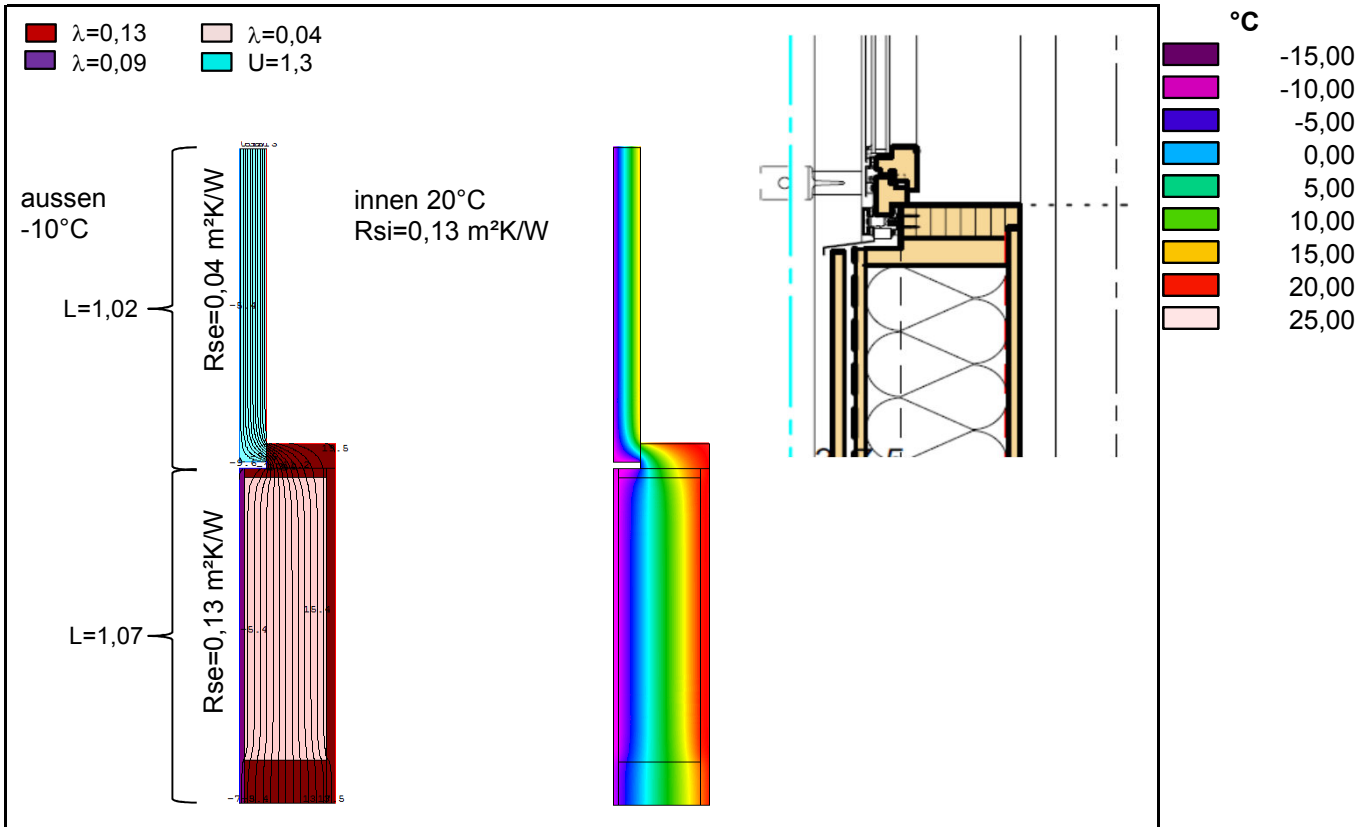
### Hinweis



# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                |  |
|------------------------|----------------|--|
| <b>WB 43</b>           | <b>F1-B5.1</b> | <b>Anschluss Fensterbrüstung (Kommissionierschreinerei/Lackiererei) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                |  |



## Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | Fenster F1  |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,02 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,515 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,177 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,07 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,7501 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,090 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,568 W/mK   |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,052 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 47

0,040 W/mK

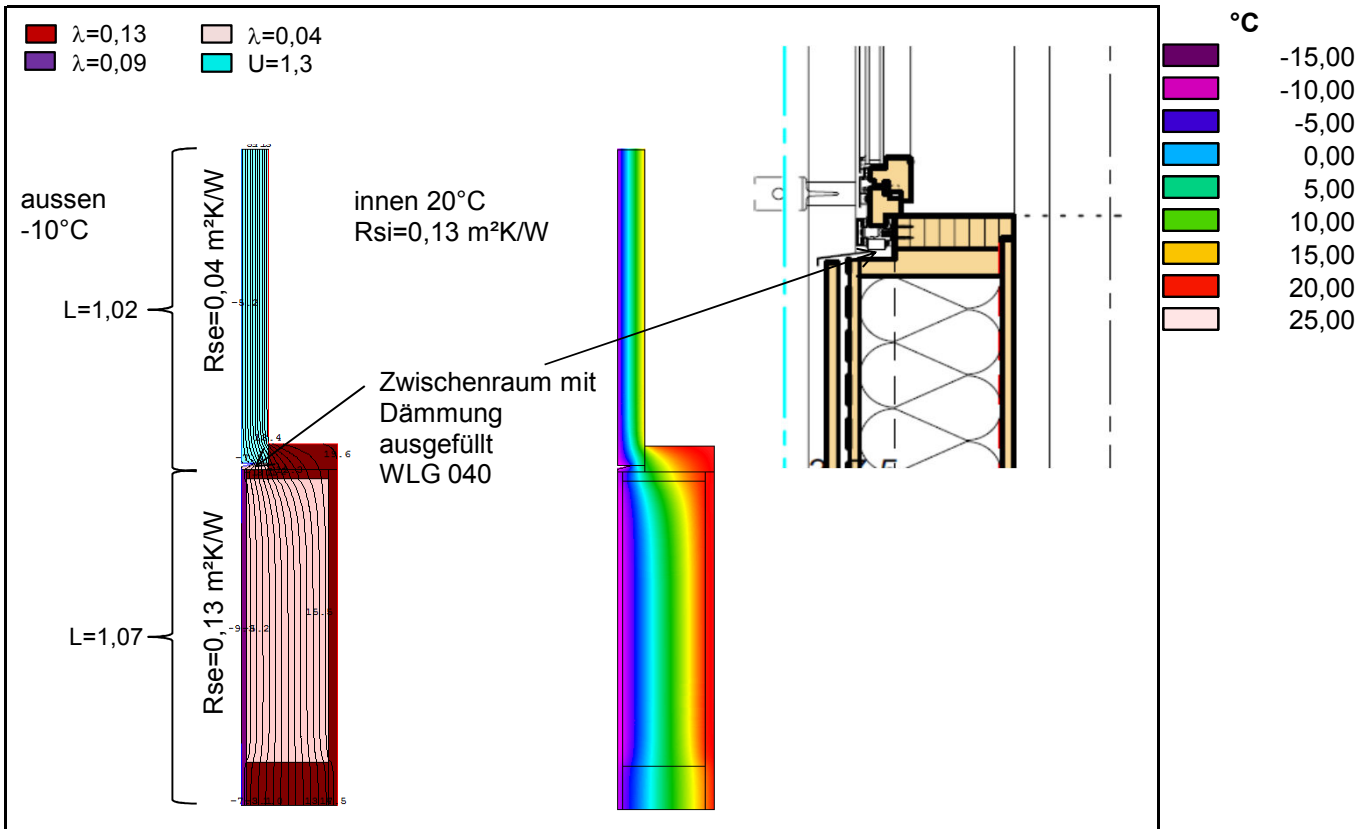
Gleichwertigkeit ist nicht erfüllt

## Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>WB 43_V2 F1-B5.1</b> | <b>Anschluss Fensterbrüstung (Kommissionierschreinerei/Lackiererei) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt</b> |
| Variante 2              | Zwischenraum zwischen Fensterrahmen und Wand mit Dämmung WLG 040 ausgefüllt                                |



## Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | Fenster F1  |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,02 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,515 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,177 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,07 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,7252 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,090 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,516 W/mK   |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,000 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 47

0,040 W/mK

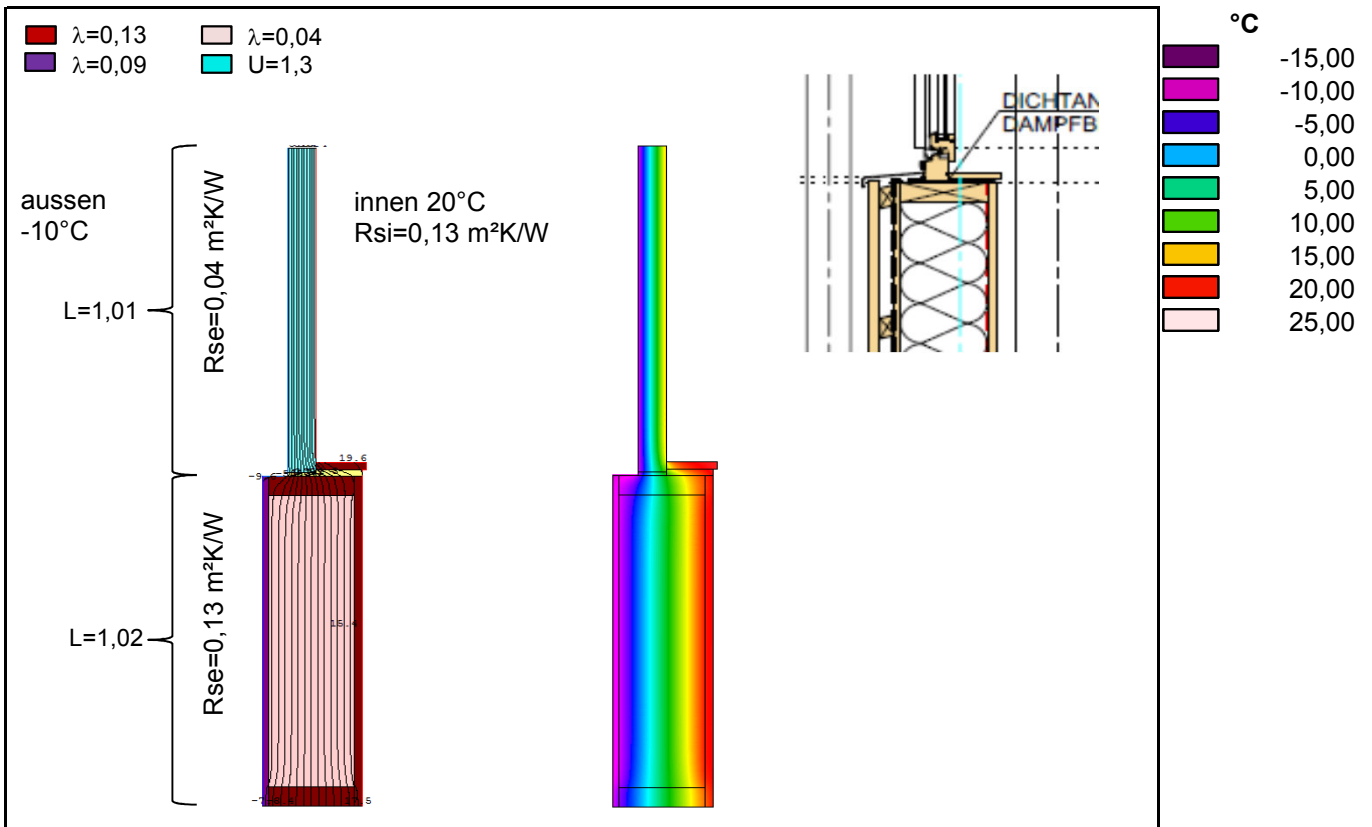
Gleichwertigkeit ist erfüllt

## Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                   |  |
|------------------------|-------------------|--|
| <b>WB 44</b>           | <b>F6/F9-B5.1</b> | <b>Anschluss Fensterbrüstung Schreinerei Ost und OG an Außenwand Holz, Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                   |  |



## Bauteil 1

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| Beschr                        | Fenster F6/F9 |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K   |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,01 m        |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C         |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C        |
| Korrekturfaktor f             | 1,0           |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,494 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,177 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,02 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,7372 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,030 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,497 W/mK   |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,003 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 47

0,040 W/mK

Gleichwertigkeit ist erfüllt

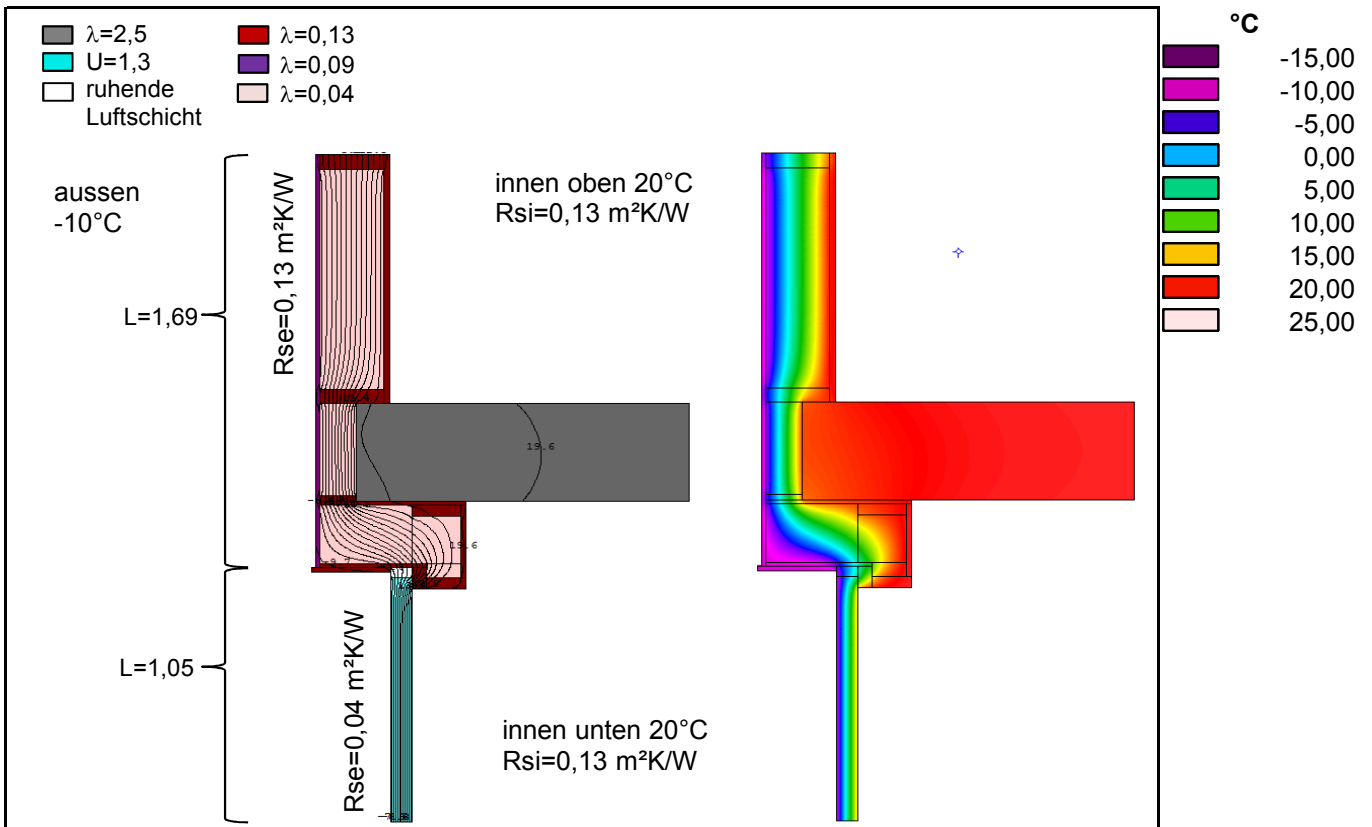
## Hinweis



# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                |   |
|------------------------|----------------|---|
| <b>WB 46</b>           | <b>F1-B5.1</b> | <b>Anschluss Fenstersturz (Kommissionierschreinerei/Lackiererei) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                |   |



### Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | Fenster F1  |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,05 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,658 W/mK

### Bauteil 2

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,177 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,69 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,6288 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,735 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,720 W/mK   |

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,062 W/mK

### Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 59

0,080 W/mK

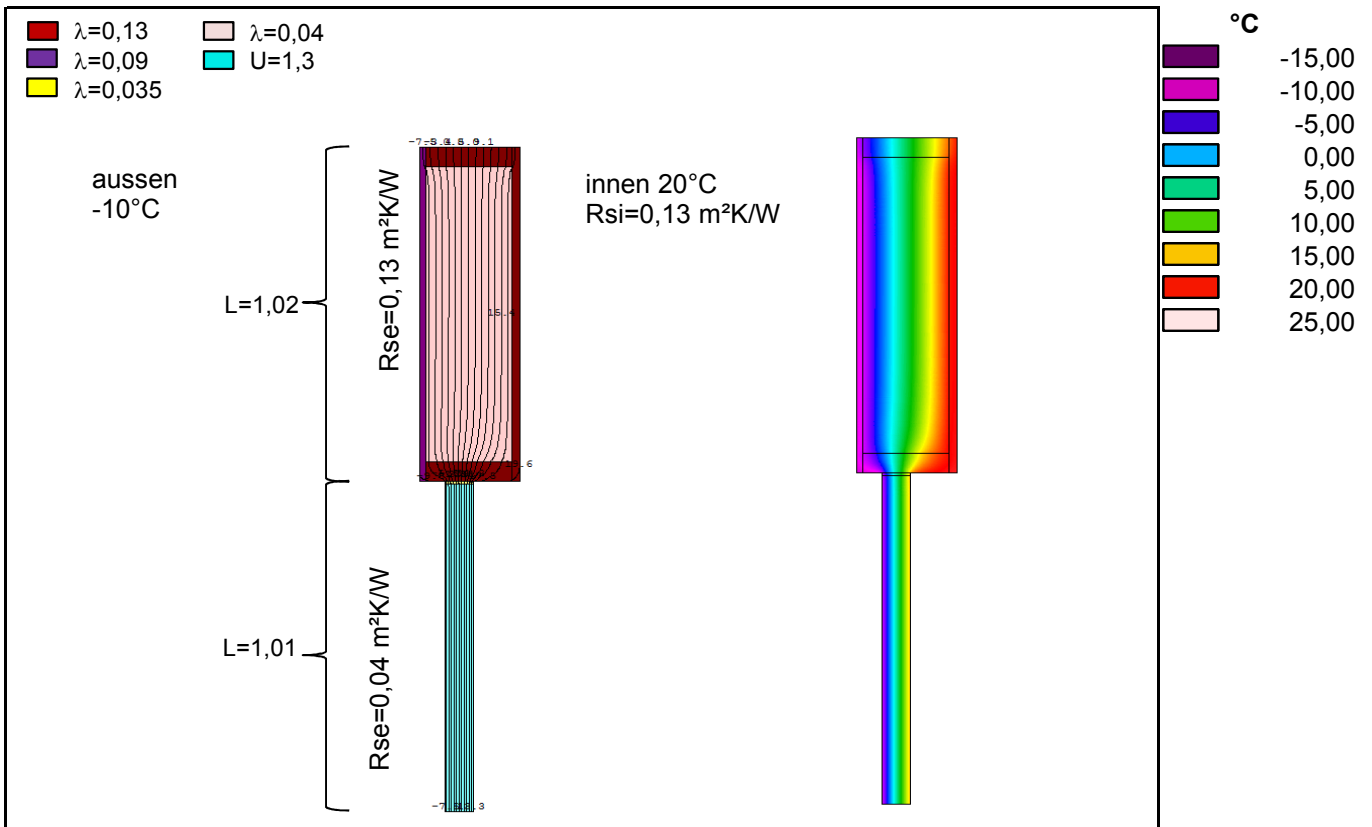
Gleichwertigkeit ist erfüllt

### Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                   |   |
|------------------------|-------------------|---|
| <b>WB 47</b>           | <b>F6/F7-B5.1</b> | <b>Anschluss Fenstersturz ZG (Sanitär) und Eingangsbereich an Außenwand Holz, Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                   |   |



## Bauteil 1

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| Beschr                        | Fenster F6/F7 |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K   |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,01 m        |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C         |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C        |
| Korrekturfaktor f             | 1,0           |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,494 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,177 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,02 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,7475 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,030 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,517 W/mK   |

Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,024 W/mK

Referenzwert für  $\Psi$  nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 59

0,080 W/mK

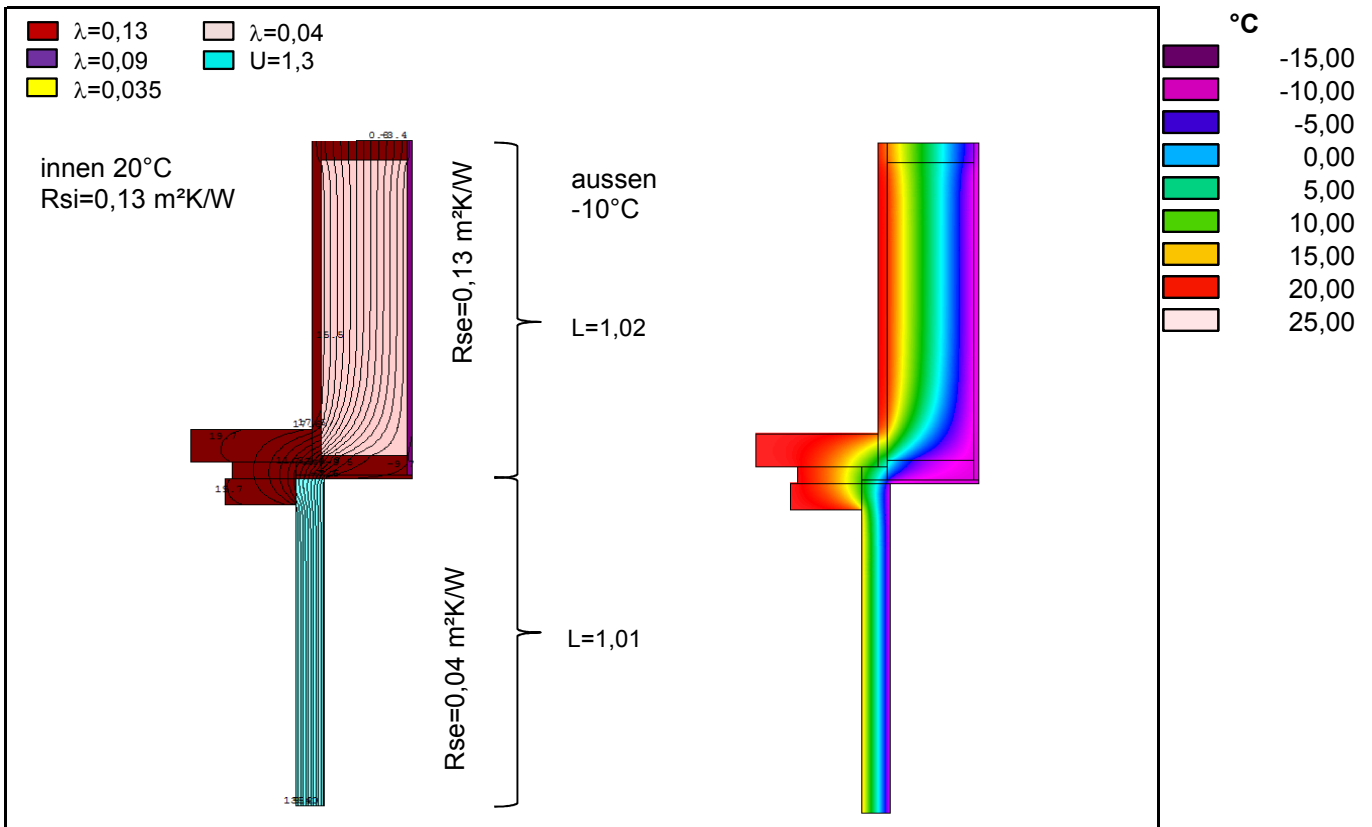
Gleichwertigkeit ist erfüllt

Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |         |   |
|------------------------|---------|---|
| WB 48                  | F1-B5.1 | Anschluss Fenstersturz (Schreinerei Ost) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt |
| Variante 1 wie geplant |         |   |



## Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | Fenster F1  |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,01 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,494 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,177 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,02 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,7462 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,030 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,515 W/mK   |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,021 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 59

0,080 W/mK

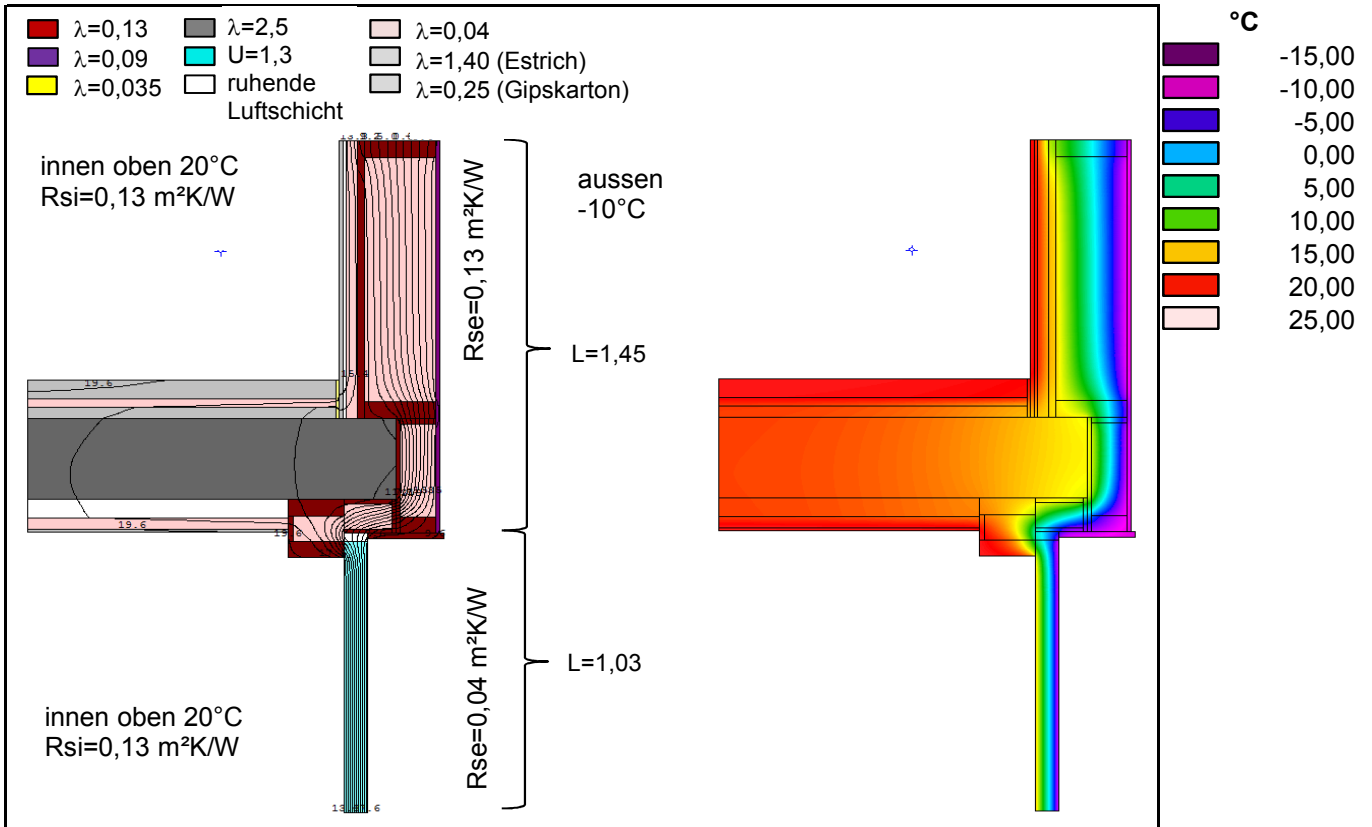
Gleichwertigkeit ist erfüllt

## Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                |   |
|------------------------|----------------|---|
| <b>WB 49</b>           | <b>F5-B5.2</b> | <b>Anschluss Fenstersturz (Büros EG Ost) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                |   |



## Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | Fenster F5  |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil I1e | 1,03 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,559 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.2 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,152 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil I2e | 1,45 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,6612 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,475 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,636 W/mK   |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,078 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 59

0,080 W/mK

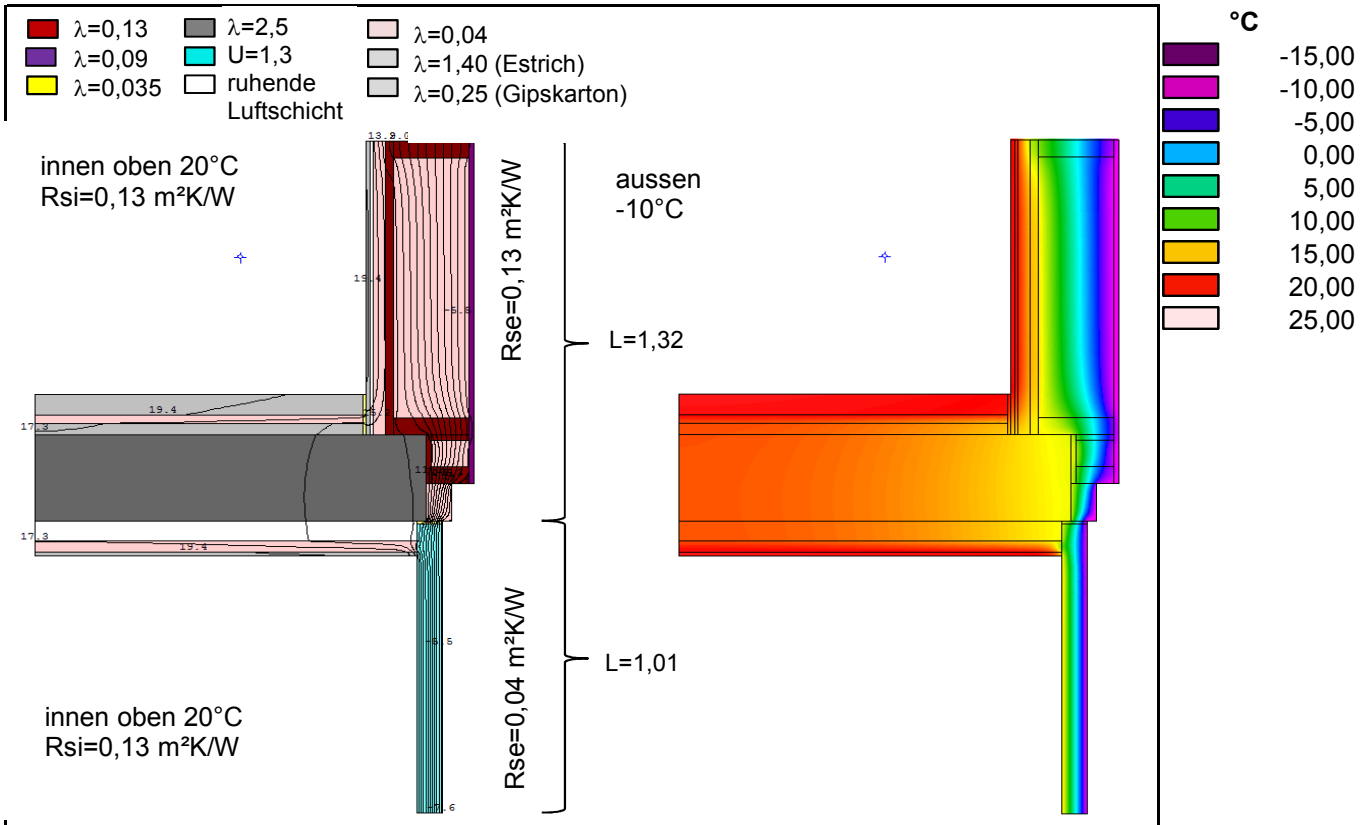
Gleichwertigkeit ist erfüllt

## Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                |   |
|------------------------|----------------|---|
| <b>WB 50</b>           | <b>F3-B5.2</b> | <b>Anschluss Fenstersturz (Shop) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                |   |



## Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | Fenster F3  |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,01 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,514 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.2 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,152 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,32 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,6837 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,330 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,593 W/mK   |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,079 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 59

0,080 W/mK

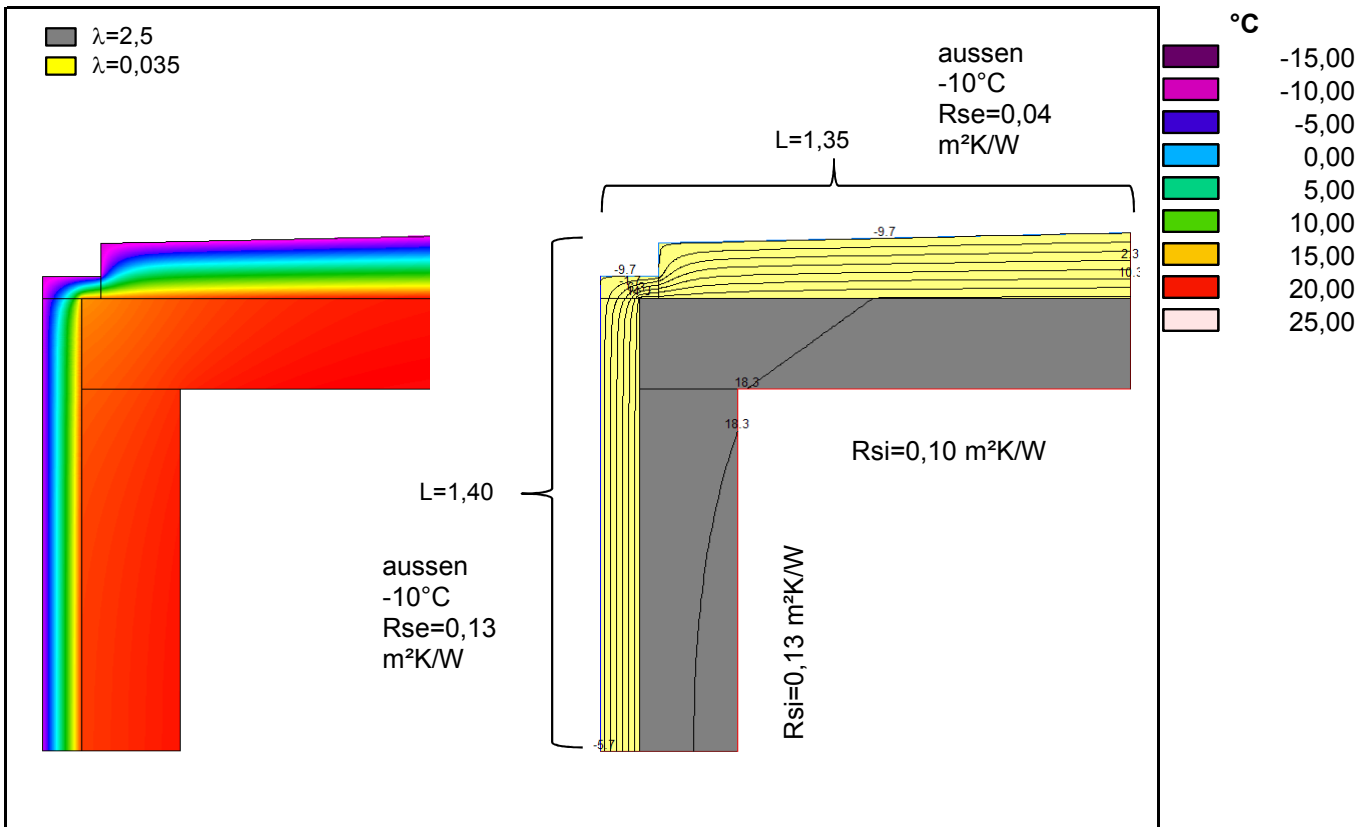
Gleichwertigkeit ist erfüllt

## Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                  |  |
|------------------------|------------------|--|
| <b>WB 53</b>           | <b>B5.4-B2.2</b> | <b>Anschluss Außenwand Beton 10 cm an Decke gegen unbeheizt, Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                  |  |



### Bauteil 1

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.4 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,358 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,40 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

0,725 W/mK

### Bauteil 2

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | Decke B2.2  |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,166 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,35 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,2443 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,750 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 0,672 W/mK   |

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

-0,053 W/mK

### Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 89

0,140 W/mK

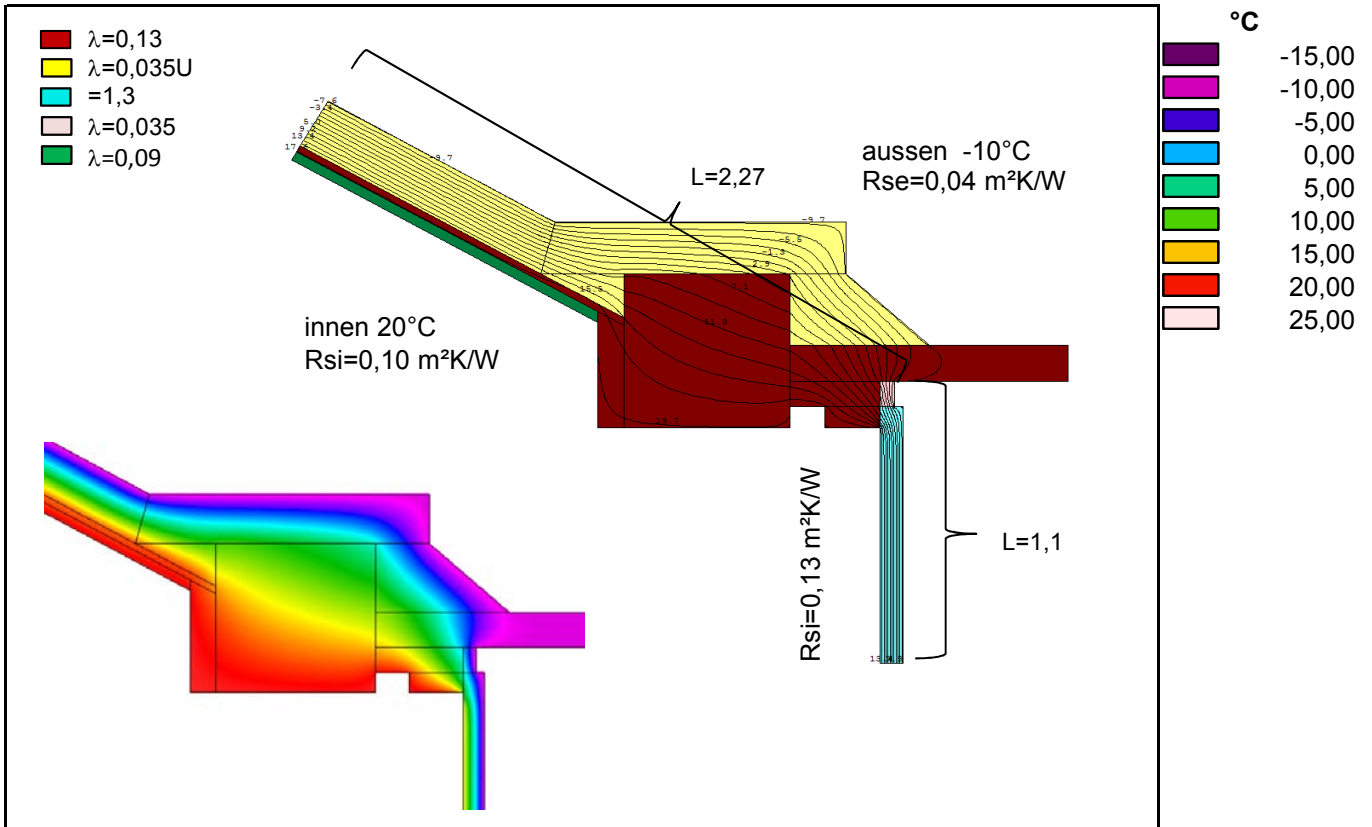
Gleichwertigkeit ist erfüllt

### Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

**WB 56 F2-B6.1 Anschluss Glasfassade Schreinerei an Sheddach ZG, Vertikalschnitt**  
Variante 1 wie geplant



**Bauteil 1**

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | F2          |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,100 m     |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

**Bauteil 2**

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| Beschr                        | Sheddach B6.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,155 W/m²K   |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 2,27 m        |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C         |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C        |
| Korrekturfaktor f             | 1,0           |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,782 W/mK

**Wert aus der Wärmebrückenberechnung**

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,4854 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 3,370 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,636 W/mK   |

**Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail**

-0,146 W/mK

**Referenzwert für  $\Psi$  nach DIN 4108 Beiblatt 2**

Bild 89

0,140 W/mK

Gleichwertigkeit ist erfüllt

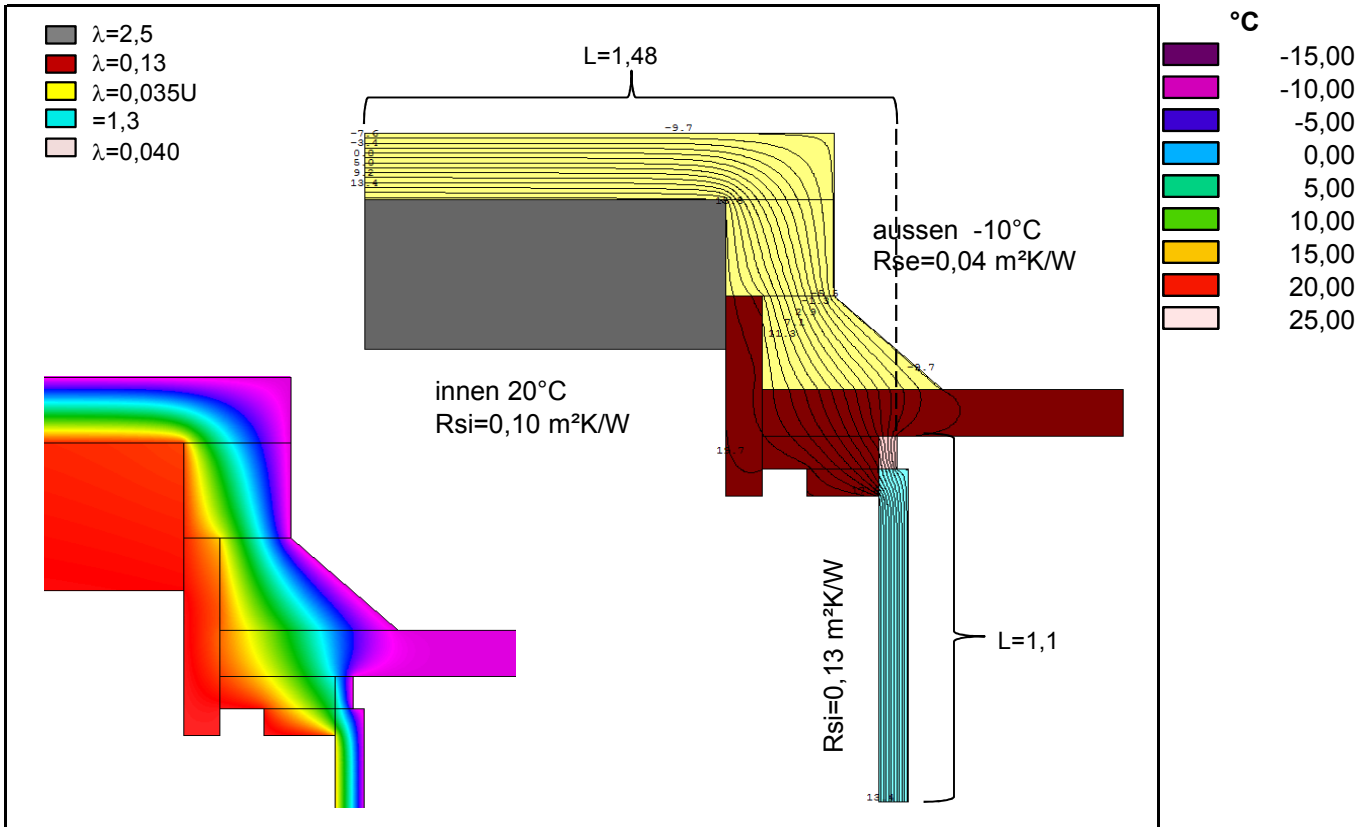
**Hinweis**



# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

**WB 57 F2-B7.1 Anschluss Glasfassade Schreinerei an Betondach ZG, Vertikalschnitt**  
Variante 1 wie geplant



### Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | F2          |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,100 m     |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,673 W/mK

### Bauteil 2

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Betondach B7.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,165 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,48 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,6279 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,575 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,617 W/mK   |

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

-0,057 W/mK

### Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 89

0,140 W/mK

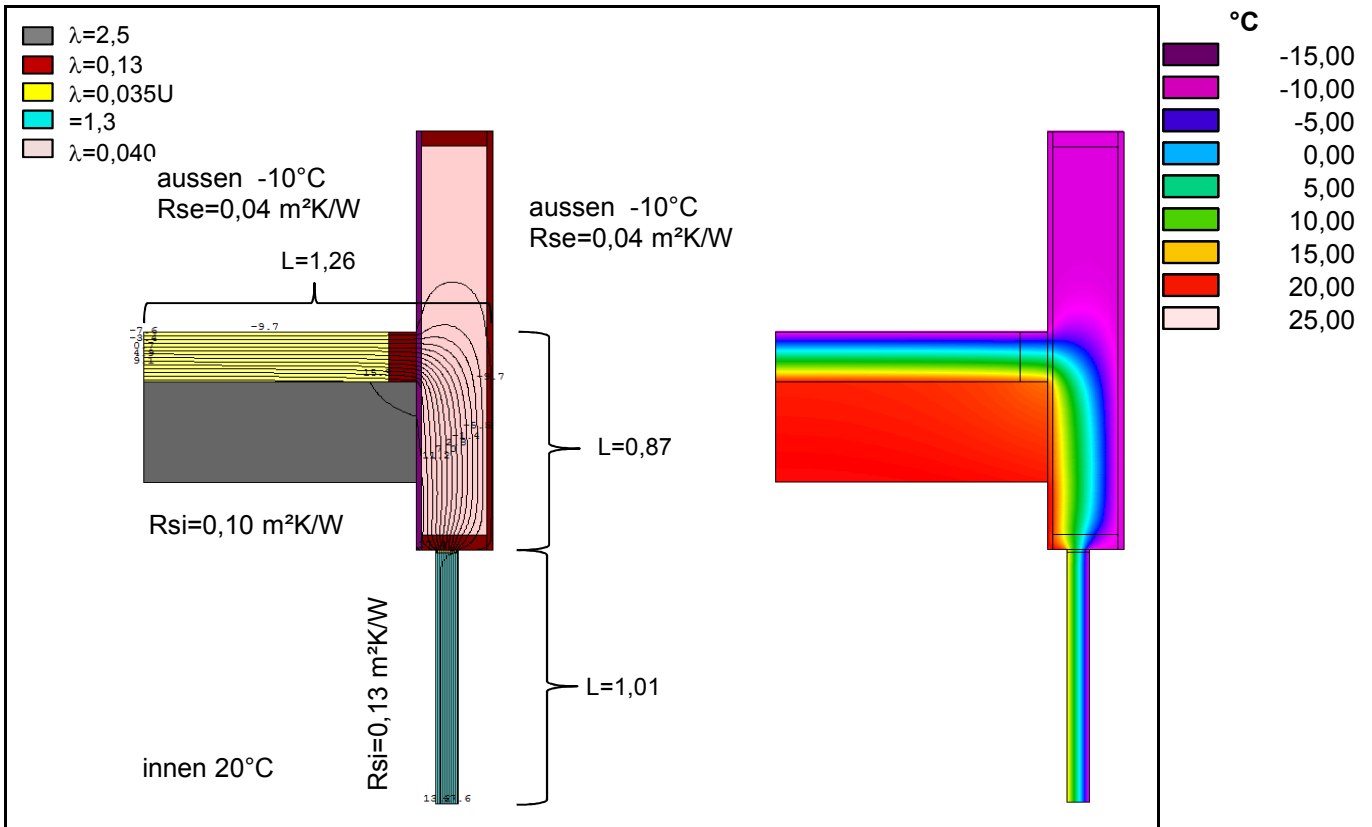
Gleichwertigkeit ist erfüllt

### Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|            |              |  |
|------------|--------------|--|
| WB 58      | F2-B5.1-B7.1 | Anschluss Glasfassade/Wand Schreinerei an Betondach ZG,<br>Vertikalschnitt |
| Variante 1 |              |  |



### Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | F2          |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,010 m     |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

### Bauteil 2

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Betondach B7.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,165 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,26 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

### Bauteil 3

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,177 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 0,870 m        |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,674 W/mK

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

U-Wert aus Berechnung  
Länge der Wärmebrücke  
längenbezog. Wärmestrom L2D

0,5341 W/m²K

3,136 m

1,675 W/mK

Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,001 W/mK

Referenzwert für  $\Psi$  nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 89

0,140 W/mK

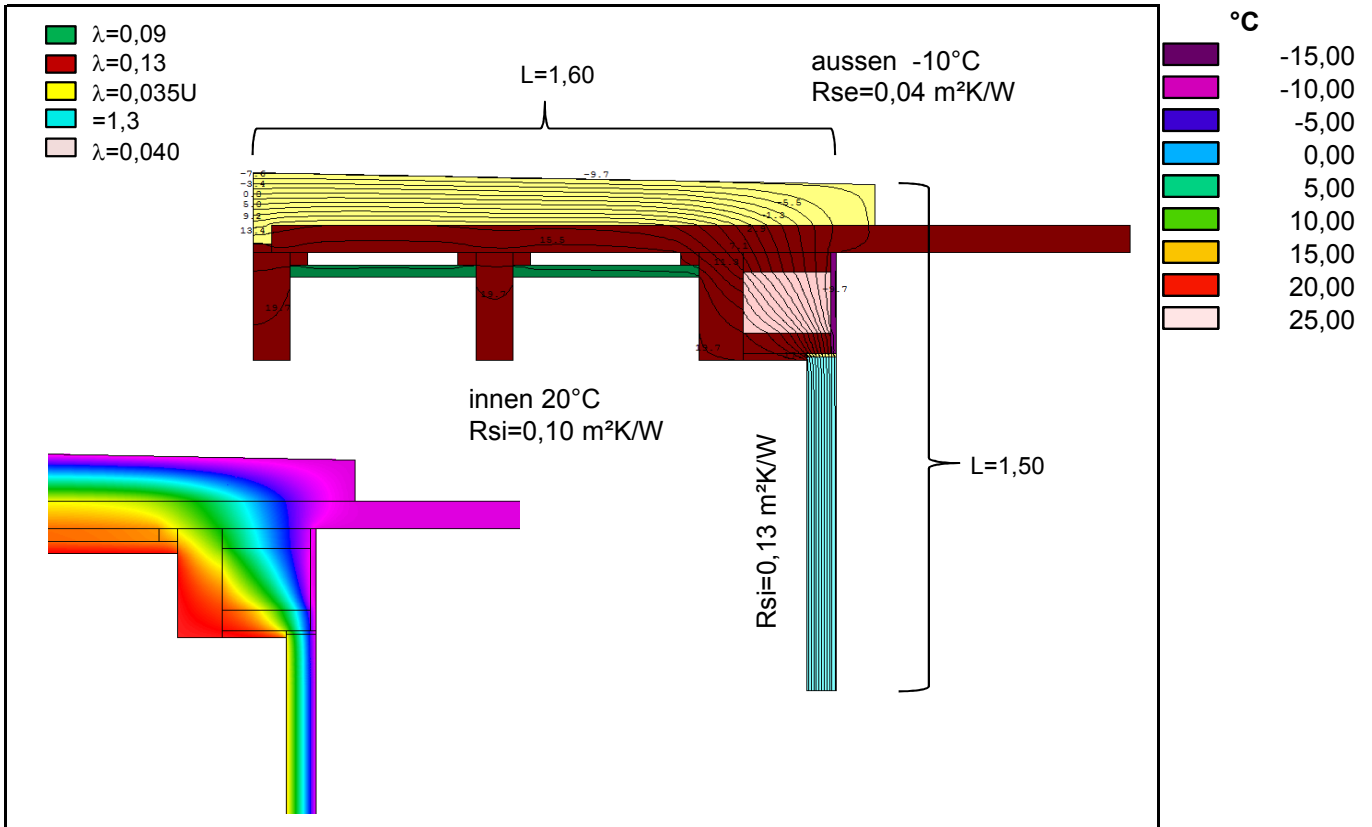
Gleichwertigkeit ist erfüllt



# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |         |  |
|------------------------|---------|--|
| WB 60                  | F9-B7.3 | Anschluss Glasfassade OG an Flachdach Holz OG, Vertikalschnitt |
| Variante 1 wie geplant |         |  |



## Bauteil 1

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Beschr                        | F9                       |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m <sup>2</sup> K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,50 m                   |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C                    |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C                   |
| Korrekturfaktor f             | 1,0                      |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

2,179 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Beschr                        | Dach B7.3                |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,143 W/m <sup>2</sup> K |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,60 m                   |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C                    |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C                   |
| Korrekturfaktor f             | 1,0                      |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,5378 W/m <sup>2</sup> K |
| Länge der Wärmebrücke       | 3,100 m                   |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,667 W/mK                |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

-0,512 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 89

0,140 W/mK

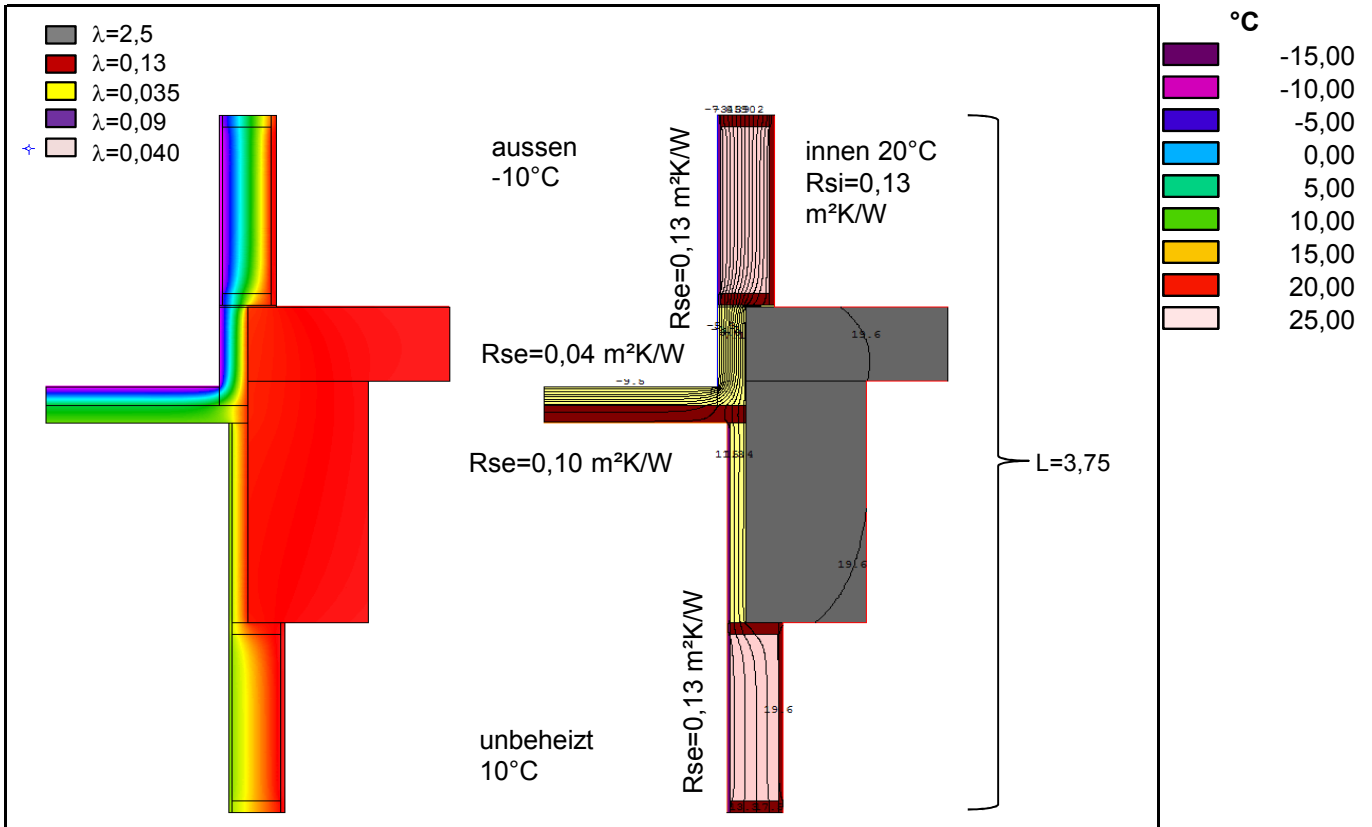
Gleichwertigkeit ist erfüllt

## Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |           |   |
|------------------------|-----------|---|
| WB 65                  | B5.1-B5.1 | Anschluss Geschossdecke OG, Vertikalschnitt |
| Variante 1 wie geplant |           |   |



## Bauteil 1

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,177 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil I1e | 3,75 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

0,664 W/mK

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

U-Wert aus Berechnung  
Länge der Wärmebrücke  
längenbezog. Wärmestrom L2D

|              |
|--------------|
| 0,1416 W/m²K |
| 3,750 m      |
| 0,531 W/mK   |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

-0,133 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 74

0,060 W/mK

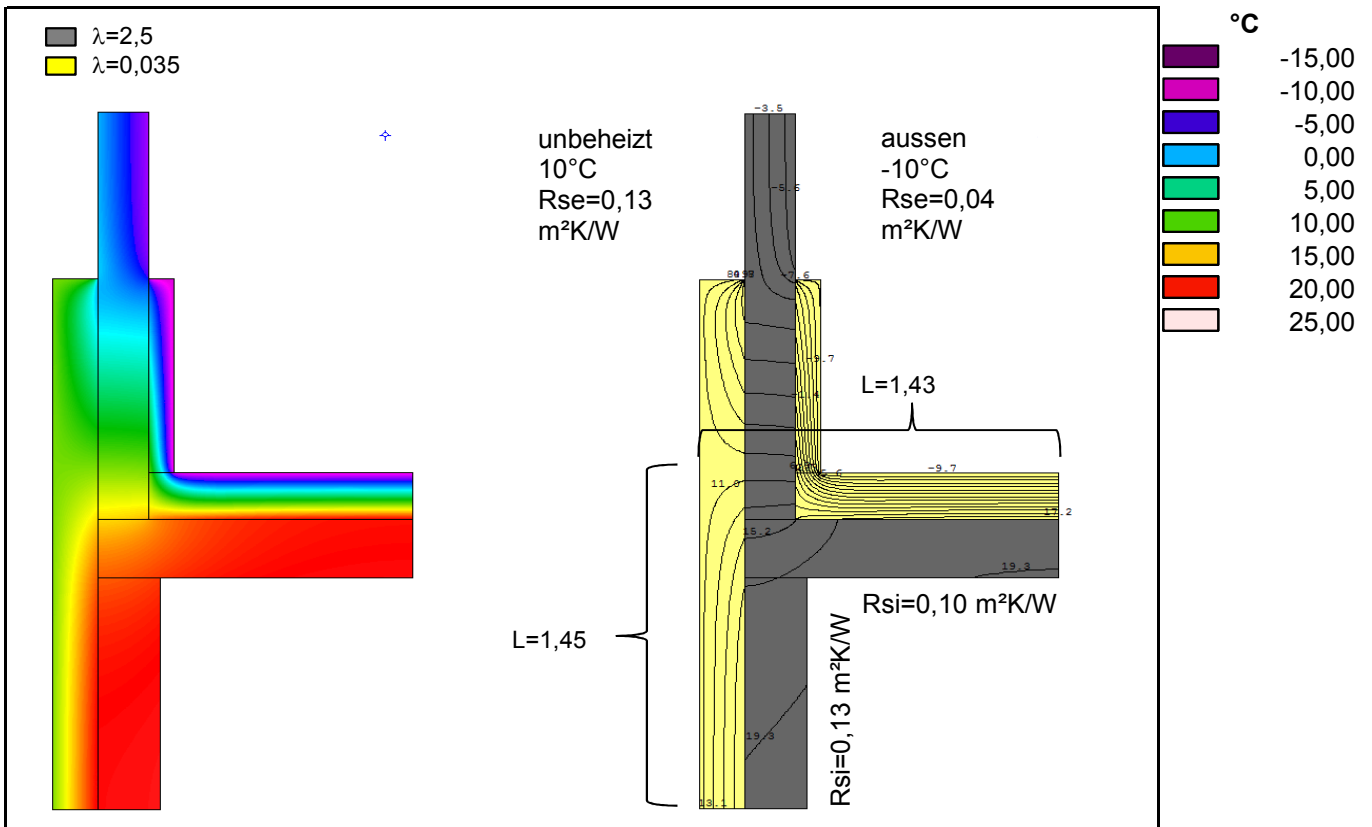
Gleichwertigkeit ist erfüllt

## Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |           |   |
|------------------------|-----------|---|
| WB 67                  | B4.1-B7.1 | Anschluss Außenwand gegen unbeheizt an Flachdach Beton OG,<br>Vertikalschnitt |
| Variante 1 wie geplant |           |   |



## Bauteil 1

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Beschr                        | Außenwand B4.1           |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,181 W/m <sup>2</sup> K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,45 m                   |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C                    |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C                   |
| Korrekturfaktor f             | 1,0                      |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

0,498 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Beschr                        | Betondach B7.1           |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,165 W/m <sup>2</sup> K |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,43 m                   |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C                    |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C                   |
| Korrekturfaktor f             | 1,0                      |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

U-Wert aus Berechnung  
 Länge der Wärmebrücke  
 längenbezog. Wärmestrom L2D

0,1907 W/m<sup>2</sup>K  
 2,880 m  
 0,549 W/mK

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,051 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 89

0,140 W/mK

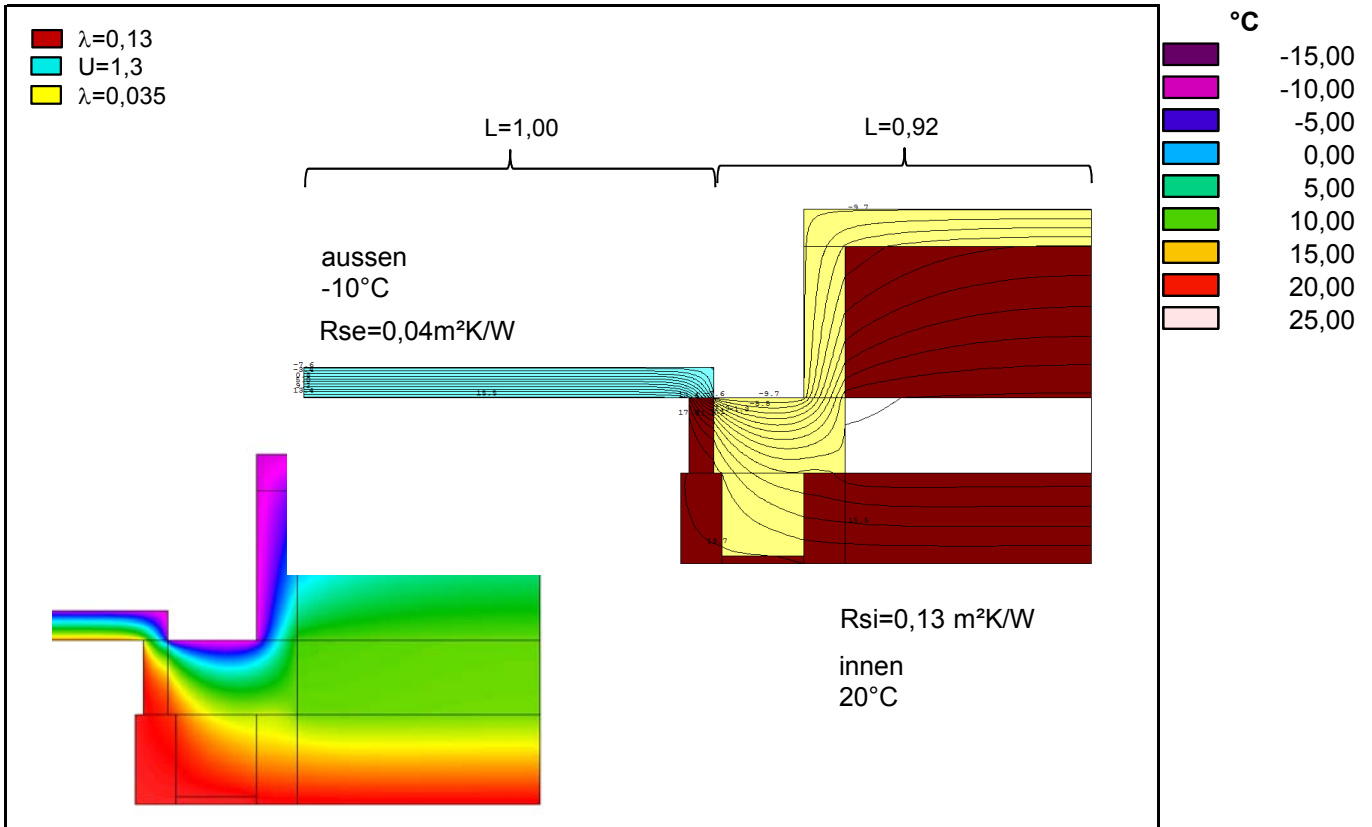
Gleichwertigkeit ist erfüllt

## Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |         |  |
|------------------------|---------|--|
| WB 68                  | F8-B6.1 | Anschluss Fensterleibung Sheds ZG an Sheddach ZG,<br>Horizontalschnitt |
| Variante 1 wie geplant |         |  |



### Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | Fenster F8  |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,00 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,443 W/mK

### Bauteil 2

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| Beschr                        | Sheddach B6.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,155 W/m²K   |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 0,92 m        |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C         |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C        |
| Korrekturfaktor f             | 1,0           |

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,8063 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 1,920 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,548 W/mK   |

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,105 W/mK

### Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 91

0,110 W/mK

Gleichwertigkeit ist erfüllt

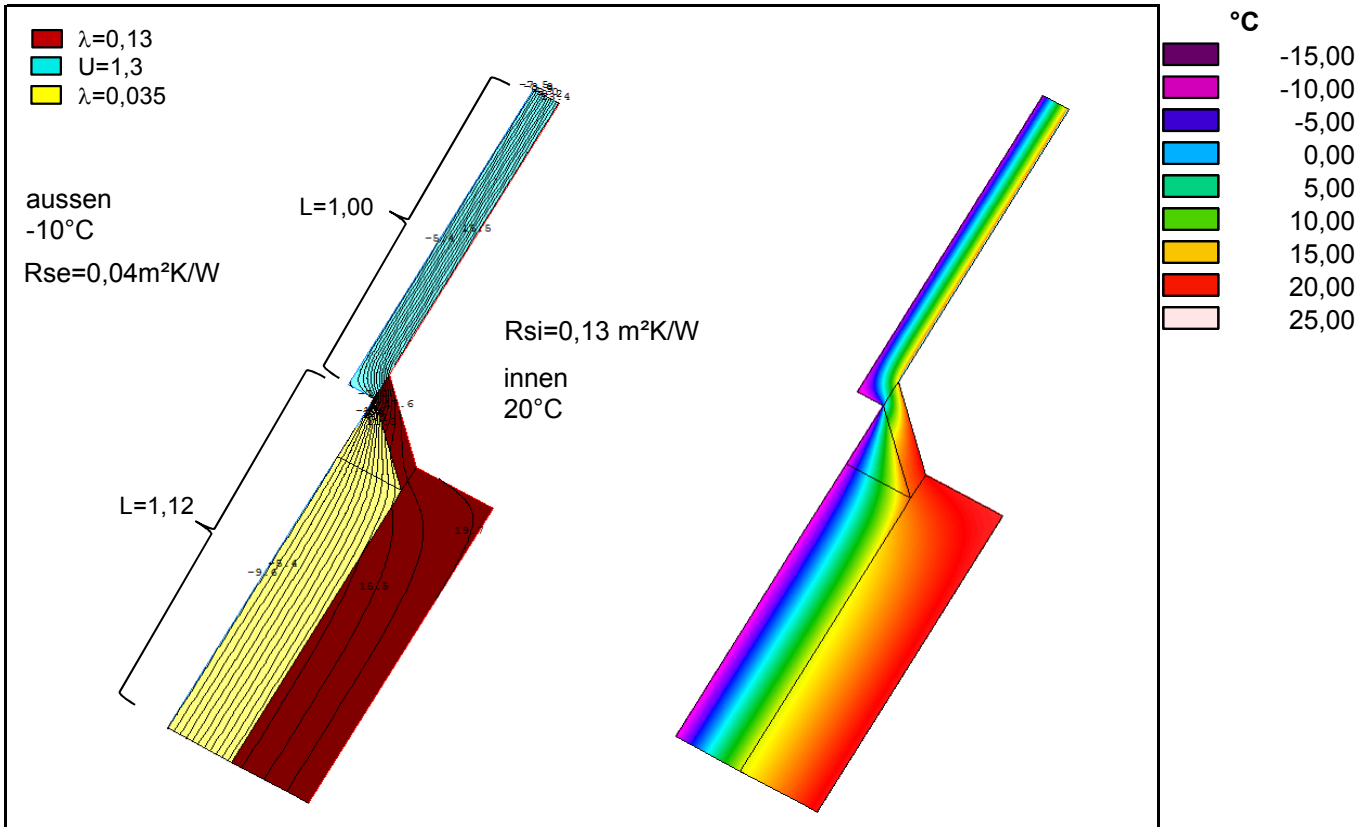
### Hinweis



# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                |   |
|------------------------|----------------|---|
| <b>WB 69</b>           | <b>F8-B6.1</b> | <b>Anschluss Brüstung Shedverglasung ZG an Sheddach ZG,<br/>Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                |   |



### Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | Fenster F8  |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,00 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,473 W/mK

### Bauteil 2

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| Beschr                        | Sheddach B6.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,155 W/m²K   |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,12 m        |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C         |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C        |
| Korrekturfaktor f             | 1,0           |

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,7517 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,115 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,590 W/mK   |

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,117 W/mK

### Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 90

0,160 W/mK

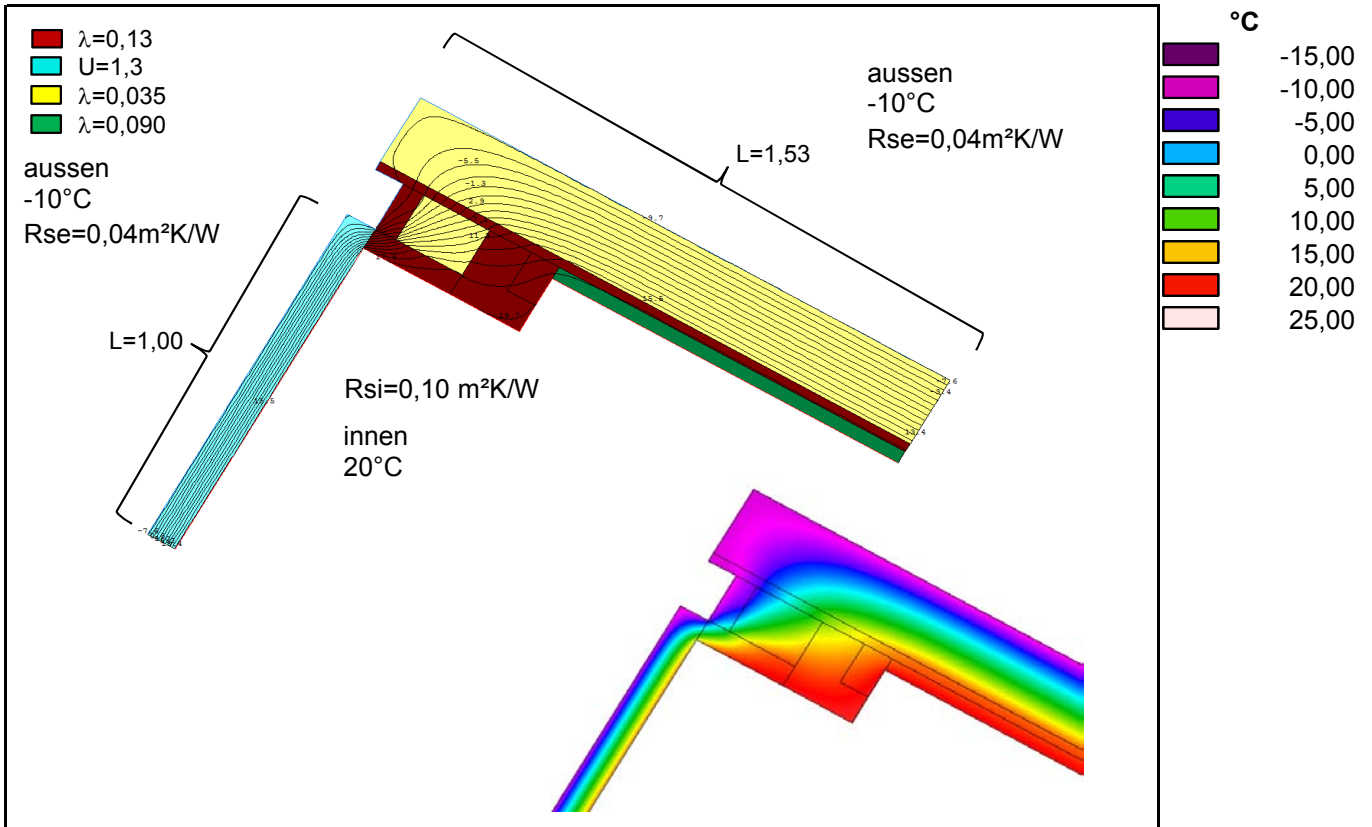
Gleichwertigkeit ist erfüllt

### Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |         |   |
|------------------------|---------|---|
| WB 70                  | F8-B6.1 | Anschluss Sturz Shedverglasung ZG an Sheddach ZG, Vertikalschnitt |
| Variante 1 wie geplant |         |   |



### Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | Fenster F8  |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,00 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,537 W/mK

### Bauteil 2

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| Beschr                        | Sheddach B6.1 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,155 W/m²K   |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,53 m        |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C         |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C        |
| Korrekturfaktor f             | 1,0           |

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,6540 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,530 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,655 W/mK   |

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,117 W/mK

### Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 90

0,160 W/mK

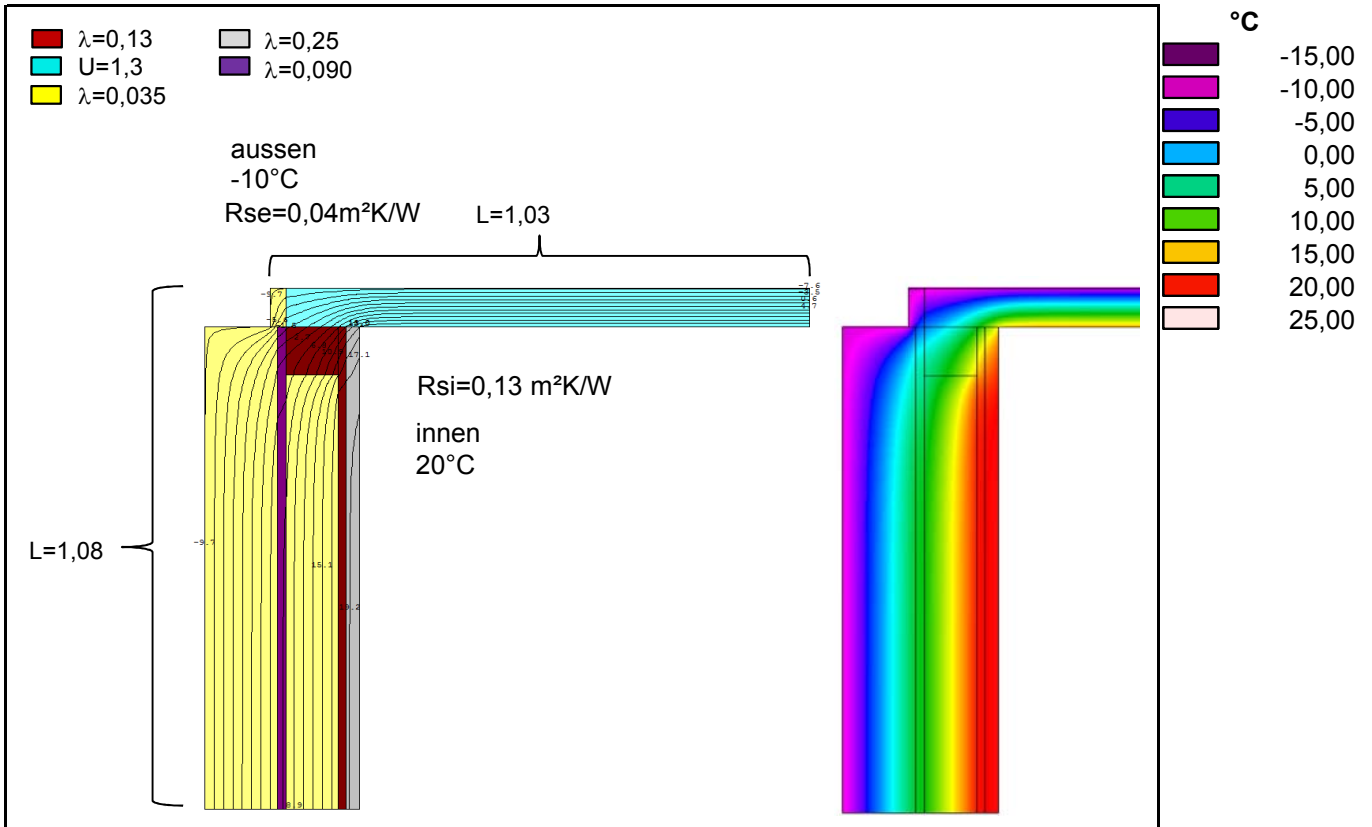
Gleichwertigkeit ist erfüllt

### Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                 |  |
|------------------------|-----------------|--|
| <b>WB 71</b>           | <b>F10-B5.6</b> | <b>Anschluss Fensterleibung Sheds OG an Außenwand Shed OG,<br/>Horizontalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                 |  |



## Bauteil 1

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Beschr                        | Fenster F10              |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m <sup>2</sup> K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,03 m                   |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C                    |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C                   |
| Korrekturfaktor f             | 1,0                      |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,491 W/mK

## Bauteil 2

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.6           |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,141 W/m <sup>2</sup> K |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 1,08 m                   |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C                    |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C                   |
| Korrekturfaktor f             | 1,0                      |

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,6480 W/m <sup>2</sup> K |
| Länge der Wärmebrücke       | 2,110 m                   |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,367 W/mK                |

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

-0,124 W/mK

## Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 53

0,030 W/mK

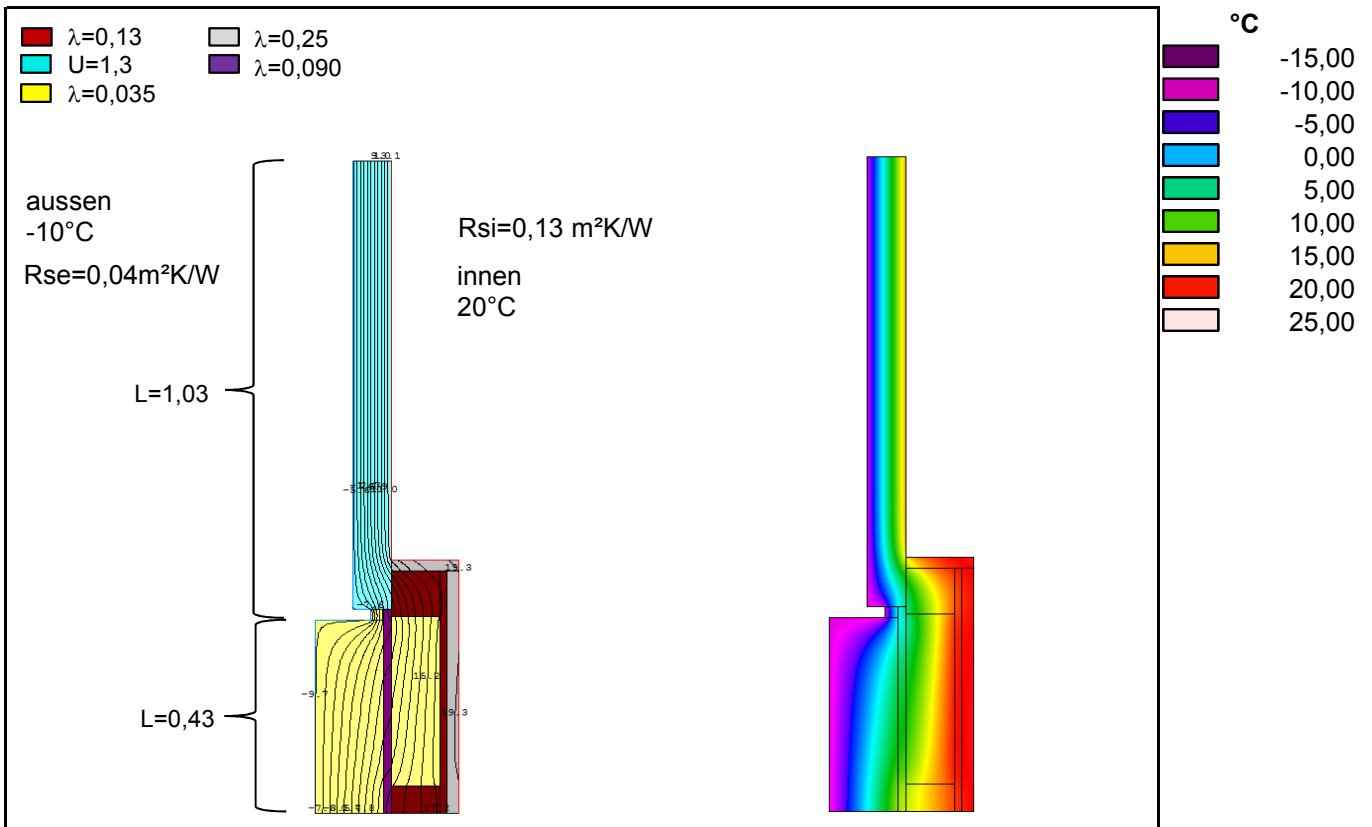
Gleichwertigkeit ist erfüllt

## Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |                 |   |
|------------------------|-----------------|---|
| <b>WB 72</b>           | <b>F10-B5.6</b> | <b>Anschluss Brüstung Shedverglasung OG an Außenwand Shed OG, Vertikalschnitt</b> |
| Variante 1 wie geplant |                 |   |



### Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | Fenster F10 |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,03 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,393 W/mK

### Bauteil 2

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Beschr                        | Außenwand B5.6 |
| U-Wert Regelbauteil           | 0,141 W/m²K    |
| Längenanteil Regelbauteil l2e | 0,43 m         |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C          |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C         |
| Korrekturfaktor f             | 1,0            |

### Wert aus der Wärmebrückenberechnung

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| U-Wert aus Berechnung       | 0,9377 W/m²K |
| Länge der Wärmebrücke       | 1,455 m      |
| längenbezog. Wärmestrom L2D | 1,364 W/mK   |

### Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

-0,029 W/mK

### Referenzwert für $\Psi$ nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 47

0,040 W/mK

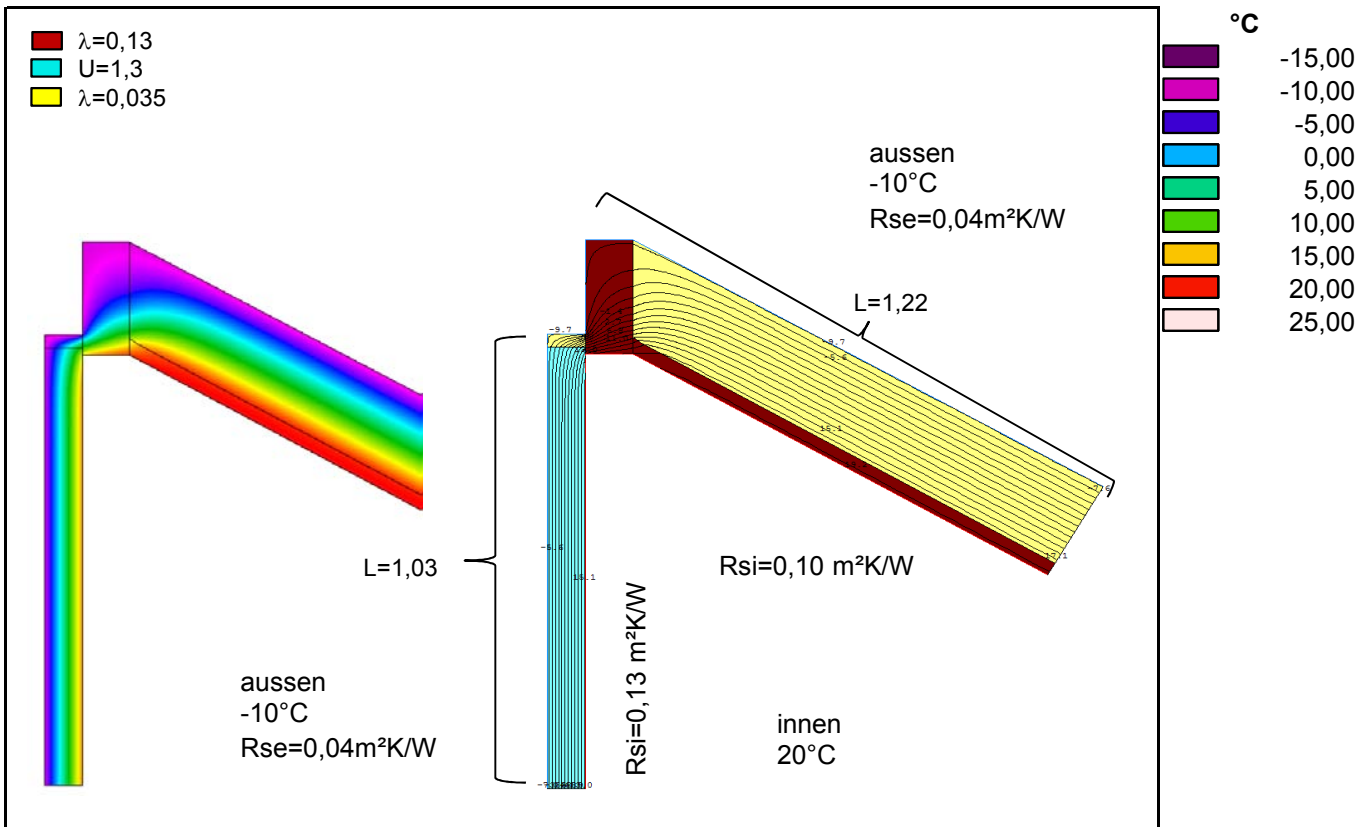
Gleichwertigkeit ist erfüllt

### Hinweis

# Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten $\Psi$

15.04.2013

|                        |          |  |
|------------------------|----------|--|
| WB 73                  | F10-B6.2 | Anschluss Sturz Shedverglasung OG an Sheddach OG,<br>Vertikalschnitt |
| Variante 1 wie geplant |          |  |



## Bauteil 1

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Beschr                        | Fenster F10 |
| U-Wert Regelbauteil           | 1,300 W/m²K |
| Längenanteil Regelbauteil l1e | 1,03 m      |
| Temperatur warme Seite        | 20 °C       |
| Temperatur kalte Seite        | -10 °C      |
| Korrekturfaktor f             | 1,0         |

Summe längenbezog. Wärmestrom L2D des Regeldetails

1,532 W/mK

## Wert aus der Wärmebrückenberechnung

U-Wert aus Berechnung  
Länge der Wärmebrücke  
längenbezog. Wärmestrom L2D

0,7399 W/m²K  
2,245 m  
1,661 W/mK

## Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail

0,129 W/mK

Referenzwert für  $\Psi$  nach DIN 4108 Beiblatt 2

Bild 90

0,160 W/mK

Gleichwertigkeit ist erfüllt

Hinweis

## **ISAR-WÜRM-LECH IWL Neubau eines Büro- und Produktionsgebäudes**

Bauherr:  
ISAR-WÜRM-LECH IWL  
Werkstätten für behinderte Menschen  
GmbH  
Landsberg am Lech / Hauptverwaltung  
Rudolf-Diesel-Str. 1  
86899 Landsberg am Lech

Architekt:  
Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH  
Sportplatzweg 5  
A-6858 Schwarzach

Aussteller:  
Ingenieurbüro Hausladen GmbH  
Feldkirchener Straße 7a  
85551 Kirchheim

Tischvorlage 11:  
**Gleichwertigkeitsnachweis**

Aufgestellt  
Kirchheim, 15.04.2013

Ingenieurbüro Hausladen GmbH



## Gleichwertigkeitsnachweis

Zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs muss eine besondere Aufmerksamkeit der Vermeidung von Wärmebrücken gewidmet werden.

Bei dem Projekt IWL Landsberg soll der Wärmebrückenverlustkoeffizient  $\Delta U_{WB}$  optimiert werden. Für den Ansatz „Wärmebrücken optimiert“ müssen die Konstruktionen gemäß DIN 4108, Beiblatt 2 zugeordnet und eingehalten werden.

Der Nachweis der Gleichwertigkeit kann

- über das konstruktive Grundprinzip
  - über den Wärmedurchlasswiderstand R der jeweiligen Schichten
  - über den Referenzwert und eine Wärmebrückenberechnung gemäß DIN EN ISO 10211-1
  - mittels Referenzwert und  $\Psi$ -Wert aus Veröffentlichungen
- erfolgen.

Für den Gleichwertigkeitsnachweis ist es allerdings nicht erforderlich, dass alle Wärmebrücken an einem Gebäude betrachtet werden.

Folgende Details können bei der energetischen Bewertung für den Ansatz des pauschalen Wärmebrückenzuschlags  $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  vernachlässigt werden:

- Anschluss Außenwand/Außenwand (Außen- und Innenecke)
- Anschluss Innenwand oder Geschossdecke (zwischen beheizten Geschossen) an durchlaufende Außenwand oder obere bzw. untere Außenbauteile, die nicht durchstoßen werden bzw. eine durchlaufende Dämmschicht mit einer Dicke  $\geq 100 \text{ mm}$  bei einer Wärmeleitfähigkeit von  $0,04 \text{ W}/(\text{mK})$  aufweisen
- einzeln auftretende Türanschlüsse von Wohngebäuden in der wärmetauschenden Hüllfläche (Haustür, Kellerabgangstür, Kelleraußentür, etc.)
- kleinflächige Querschnittsänderungen in der wärmetauschenden Hüllfläche z. B. durch Steckdosen oder Leitungsschlitze
- Anschlüsse außenluftberührter kleinflächiger Bauteile wie z.B. Unterzüge und untere Abschlüsse von Erkern mit außen liegenden Wärmedämmschichten mit  $R \geq 2,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ .

Nachfolgend sind die alle Wärmebrücken aufgelistet und in den Grundriss-Ausführungsplänen und Schnitten gekennzeichnet. Als Grundlage für die Berechnung wurden Pläne vom 14.11.2012 verwendet.

Die in der Übersicht schwarz gekennzeichnete Wärmebrücken sind Wärmebrücken, für die kein Nachweis gemäß DIN 4108, Beiblatt 2 Punkt 4 erforderlich ist. Diese Wärmebrücken wurden nicht untersucht. Ebenfalls schwarz wurden Wärmebrücken gekennzeichnet, die keinem entsprechenden Beispiel im Beiblatt zugeordnet werden konnten. Der Nachweis der in der DIN 4108, Beiblatt 2 nicht aufgeführten Anschlussdetails ist nicht erforderlich. Diese Wärmebrücken wurden daher ebenfalls nicht untersucht.

In blauer Farbe beschriftet sind Wärmebrücken, bei denen die Gleichwertigkeit durch eine Berechnung gemäß DIN EN ISO 10211-1 erfolgte. Bei Nichteinhaltung der Gleichwertigkeit wurden Ausführungsvarianten ausgearbeitet, die die Anforderungen erfüllen.

Die grün markierten Wärmebrücken konnten einem entsprechenden Beispiel im Beiblatt zugeordnet werden.

In der Anlage sind alle Wärmebrückenberechnungen für den Gleichwertigkeitsnachweis zusammengestellt. Die Wärmebrückenberechnungen wurden mit Therm 5.2 berechnet.



## Wärmebrücken

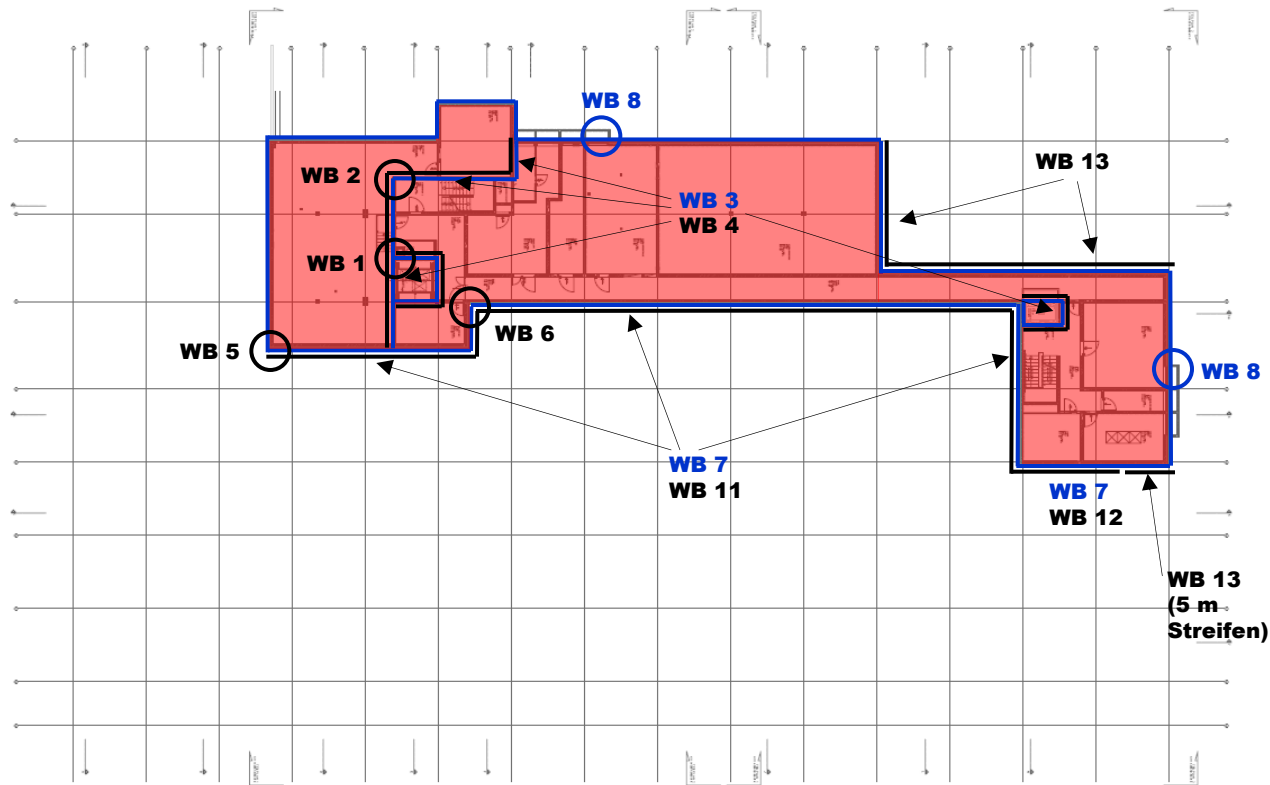
|       |   |       |   |       |   |
|-------|---|-------|---|-------|---|
| WB1:  | Außenecke Außenwand UG ungedämmt, Horizontalschnitt   | WB13: | Anschluss Kellerwand UG an Bodenplatte EG gedämmt, Vertikalschnitt          | WB27: | Anschluss Außentür gegen unbeheizt an Außenwand Holz, Vertikalschnitt                                     |
| WB2:  | Innenecke Außenwand UG ungedämmt, Horizontalschnitt   | WB14: | Anschluss Innenwand/Stütze an Bodenplatte EG                                | WB28: | Außenecke Außenwand Beton, Horizontalschnitt  |
| WB3:  | <a href="#">Anschluss Außenwand Aufzugsunterfahrt an Bodenplatte Aufzugsunterfahrt, Vertikalschnitt</a> | WB15: | Außenecke Außenwand Holz, Horizontalschnitt                                 | WB29: | <a href="#">Anschluss Außenwand Holz an Bodenplatte EG gedämmt, Vertikalschnitt</a>                       |
| WB4:  | Anschluss Außenwand Aufzugsunterfahrt / Heizraum /Austragung an Bodenplatte UG, Vertikalschnitt         | WB16: | Anschluss Außentür an Außenwand Holz, Horizontalschnitt                     | WB30: | <a href="#">Anschluss Außenwand Holz an Bodenplatte EG gedämmt (Meisterbüro), Vertikalschnitt</a>         |
| WB5:  | Anschluss Kellerwand UG an Kellerwand UG, Außenecke, Horizontalschnitt                                  | WB17: | Anschluss Außentür an Bodenplatte EG, Vertikalschnitt                       | WB31: | <a href="#">Anschluss Außenwand Holz (Eingangsbüro) an Kellerwand gedämmt, Vertikalschnitt</a>            |
| WB6:  | Anschluss Kellerwand UG an Kellerwand UG, Innenecke, Horizontalschnitt                                  | WB18: | Anschluss Außentür an Außenwand Holz, Vertikalschnitt                       | WB32: | <a href="#">Anschluss Außenwand Holz an Bodenplatte EG gedämmt (Shop), Vertikalschnitt</a>                |
| WB7:  | <a href="#">Anschluss Kellerwand UG an Bodenplatte UG, Vertikalschnitt</a>                              | WB19: | Anschluss Außentür an Decke gegen unbeheizt, Vertikalschnitt                | WB33: | <a href="#">Anschluss Pfosten-Riegel-Fassade Schreinerei an Bodenplatte EG gedämmt, Vertikalschnitt</a>   |
| WB8:  | <a href="#">Anschluss Kellerfensterleibung an Kellerwand UG, Horizontalschnitt</a>                      | WB20: | Anschluss Außentür an Pfosten-Riegel-Fassade Schreinerei, Horizontalschnitt | WB34: | Anschluss Pfosten-Riegel-Fassade Schreinerei an Bodenplatte EG gedämmt im Stützenbereich, Vertikalschnitt |
| WB9:  | <a href="#">Anschluss Kellerfensterbrüstung an Kellerwand UG, Vertikalschnitt</a>                       | WB21: | Anschluss Außentür an Pfosten-Riegel-Fassade Schreinerei, Vertikalschnitt   | WB35: | <a href="#">Anschluss Verglasung (Büro/Shop) an Bodenplatte EG gedämmt, Vertikalschnitt</a>               |
| WB10: | <a href="#">Anschluss Kellerfenstersturz an Kellerwand UG, Vertikalschnitt</a>                          | WB22: | Anschluss Rolltor an Außenwand Holz, Horizontalschnitt                      | WB36: | <a href="#">Anschluss Verglasung (Büro) an Kellerwand Beton gegen Erdreich, gedämmt, Vertikalschnitt</a>  |
| WB11: | Anschluss Kellerwand UG an Bodenplatte EG ungedämmt (Achse D-N), Vertikalschnitt                        | WB23: | Anschluss Rolltor an Kellerwand UG / Bodenplatte EG, Vertikalschnitt        |       |   |
| WB12: | Anschluss Kellerwand UG an Bodenplatte EG ungedämmt (Achse N-O), Vertikalschnitt                        | WB24: | Anschluss Rolltor an Außenwand Holz, Vertikalschnitt                        |       |   |
|       |   | WB25: | Anschluss Außentür gegen unbeheizt an Außenwand Beton, Horizontalschnitt    |       |   |
|       |   | WB26: | Anschluss Außentür gegen unbeheizt an Bodenplatte EG, Vertikalschnitt       |       |   |




|       |  |       |   |       |  |
|-------|--|-------|---|-------|--|
| WB37: | Anschluss Außenwand Holz (Kommissionierschreinerei) an Kellerwand gedämmt, Vertikalschnitt                   | WB46: | Anschluss Fenstersturz (Kommissionierschreinerei/ Lackiererei) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt   | WB56: | Anschluss Glasfassade Schreinerei an Sheddach ZG, Vertikalschnitt                        |
| WB38: | Anschluss Außenwand Beton an Bodenplatte EG gedämmt (Stiegenhaus 2), Vertikalschnitt                         | WB47: | Anschluss Fenstersturz ZG (Sanitär / Eingangsbereich) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt            | WB57: | Anschluss Glasfassade Schreinerei an Betondach ZG, Vertikalschnitt                       |
| WB39: | Anschluss Fensterleibung an Außenwand Holz (Shop), Horizontalschnitt   | WB48: | Anschluss Fenstersturz (Schreinerei Ost) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt                         | WB58: | Anschluss Glasfassade/Wand Schreinerei an Betondach ZG, Vertikalschnitt                  |
| WB40: | Anschluss Fensterleibung an Außenwand Holz (ZG) mit Installationsebene, Horizontalschnitt                    | WB49: | Anschluss Fenstersturz (Büros EG Ost) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt                            | WB59: | Anschluss Außenwand EG an Flachdach Holz ZG, Vertikalschnitt                             |
| WB41: | Anschluss Fensterleibung Pfosten-Riegel-Fassade an Außenwand Holz, Horizontalschnitt                         | WB50: | Anschluss Fenstersturz (Shop) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt                                    | WB60: | Anschluss Glasfassade OG an Flachdach Holz OG, Vertikalschnitt                           |
| WB42: | Anschluss Fensterleibung (Kommissionierschreinerei/ Lackiererei und OG) an Außenwand Holz, Horizontalschnitt | WB51: | Innenecke Außenwand Beton gegen unbeheizt (Brikettierung), Horizontalschnitt                        | WB61: | Anschluss Außenwand Holz an Sheddach ZG, Ortgang, Vertikalschnitt                        |
| WB43: | Anschluss Fensterbrüstung (Kommissionierschreinerei/ Lackiererei) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt         | WB52: | Außenecke Außenwand Beton gegen unbeheizt (Brikettierung), Horizontalschnitt                        | WB62: | Anschluss Außenwand Holz an Flachdach Holz ZG, Horizontalschnitt                         |
| WB44: | Anschluss Fensterbrüstung (Schreinerei Ost /OG) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt                           | WB53: | Anschluss Außenwand Beton 10 cm an Decke gegen unbeheizt, Vertikalschnitt                           | WB63: | Anschluss Außenwand Holz an Flachdach Holz ZG, Vertikalschnitt                           |
| WB45: | Anschluss Fensterbrüstung ZG (Sanitär/Eingangsbereich) an Außenwand Holz, Vertikalschnitt                    | WB54: | Anschluss Außenwand Beton 16 cm an Decke gegen unbeheizt, Vertikalschnitt                           | WB64: | Anschluss Sheddach ZG an Flachdach Holz, Vertikalschnitt                                 |
|       |  | WB55: | Anschluss Außenwand Beton gegen unbeheizt (Brikettierung) an Decke gegen unbeheizt, Vertikalschnitt | WB65: | Anschluss Geschosdecke OG, Vertikalschnitt   |
|       |  |       |   | WB66: | Anschluss Außenwand gegen unbeheizt an Decke nach unten gegen unbeheizt, Vertikalschnitt |
|       |  |       |   | WB67: | Anschluss Außenwand gegen unbeheizt an Flachdach Beton OG, Vertikalschnitt               |
|       |  |       |   | WB68: | Anschluss Fensterleibung Sheds ZG an Sheddach ZG, Horizontalschnitt                      |

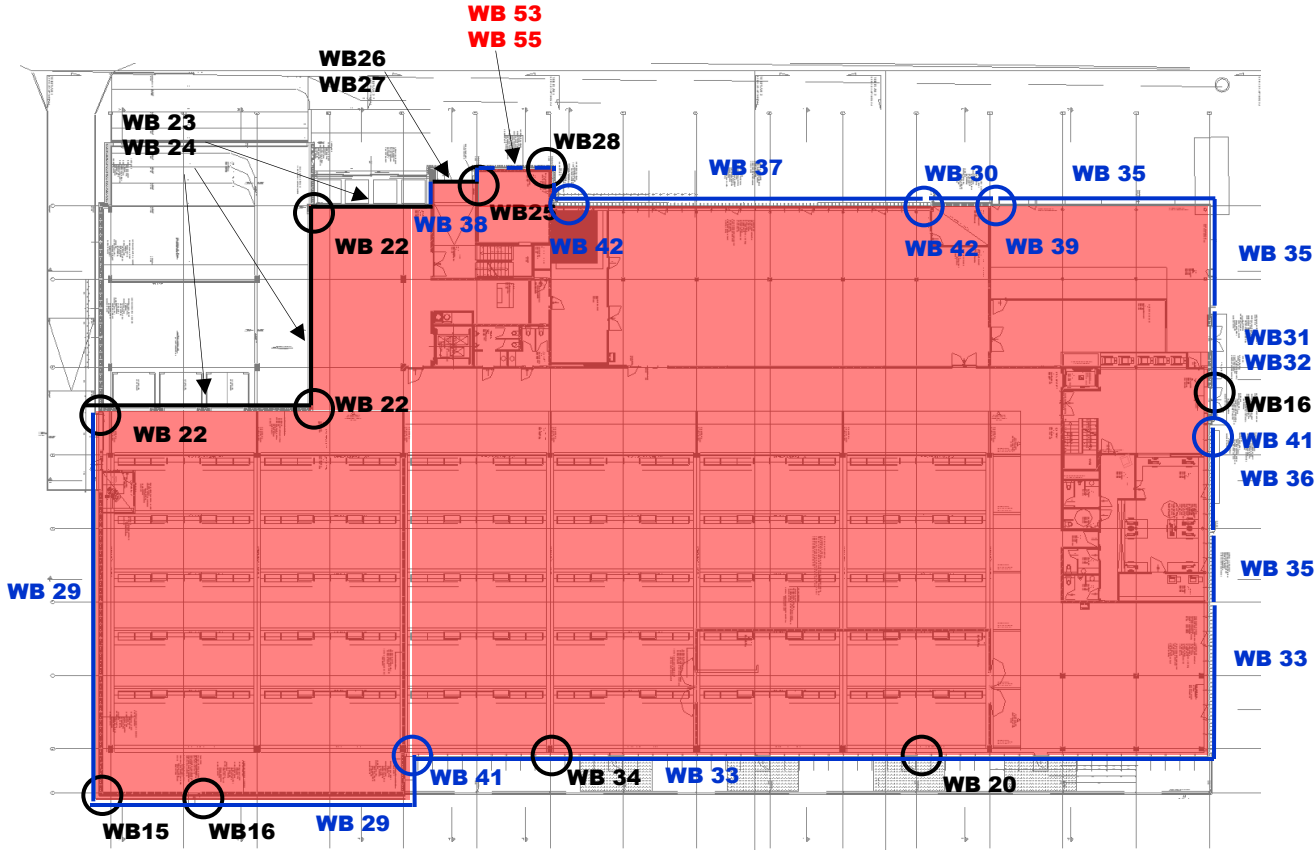
|       |  |       |  |
|-------|--|-------|--|
| WB69: | Anschluss Brüstung<br>Shedverglasung ZG an Sheddach<br>ZG, Vertikalschnitt                         | WB80: | Anschluss Außenwand an Decke<br>nach unten gegen unbeheizt,<br>Vertikalschnitt |
| WB70: | Anschluss Sturz Shedverglasung<br>ZG an Sheddach ZG,<br>Vertikalschnitt                            | WB81: | Innenecke Außenwand Holz,<br>Horizontalschnitt                                 |
| WB71: | Anschluss Fensterleibung Sheds<br>OG an Außenwand Shed OG,<br>Horizontalschnitt                    |       |  |
| WB72: | Anschluss Brüstung<br>Shedverglasung OG an<br>Außenwand Shed OG,<br>Vertikalschnitt                |       |  |
| WB73: | Anschluss Sturz Shedverglasung<br>OG an Sheddach OG,<br>Vertikalschnitt                            |       |  |
| WB74: | Anschluss Außenwand<br>Aufzugsüberfahrt an Flachdach<br>Holz OG, Vertikalschnitt                   |       |  |
| WB75: | Anschluss Außenwand<br>Aufzugsüberfahrt an Flachdach<br>Aufzugsüberfahrt Beton,<br>Vertikalschnitt |       |  |
| WB76: | Anschluss Flachdach Holz ZG an<br>Sheddach ZG, Vertikalschnitt                                     |       |  |
| WB77: | Anschluss Flachdach Holz OG an<br>Sheddach OG, Vertikalschnitt                                     |       |  |
| WB78: | Anschluss RWA an Flachdach<br>Beton OG, Vertikalschnitt  |       |  |
| WB79: | Anschluss Außenwand Holz an<br>Flachdach Beton ZG,<br>Vertikalschnitt                              |       |  |

## Grundriss UG



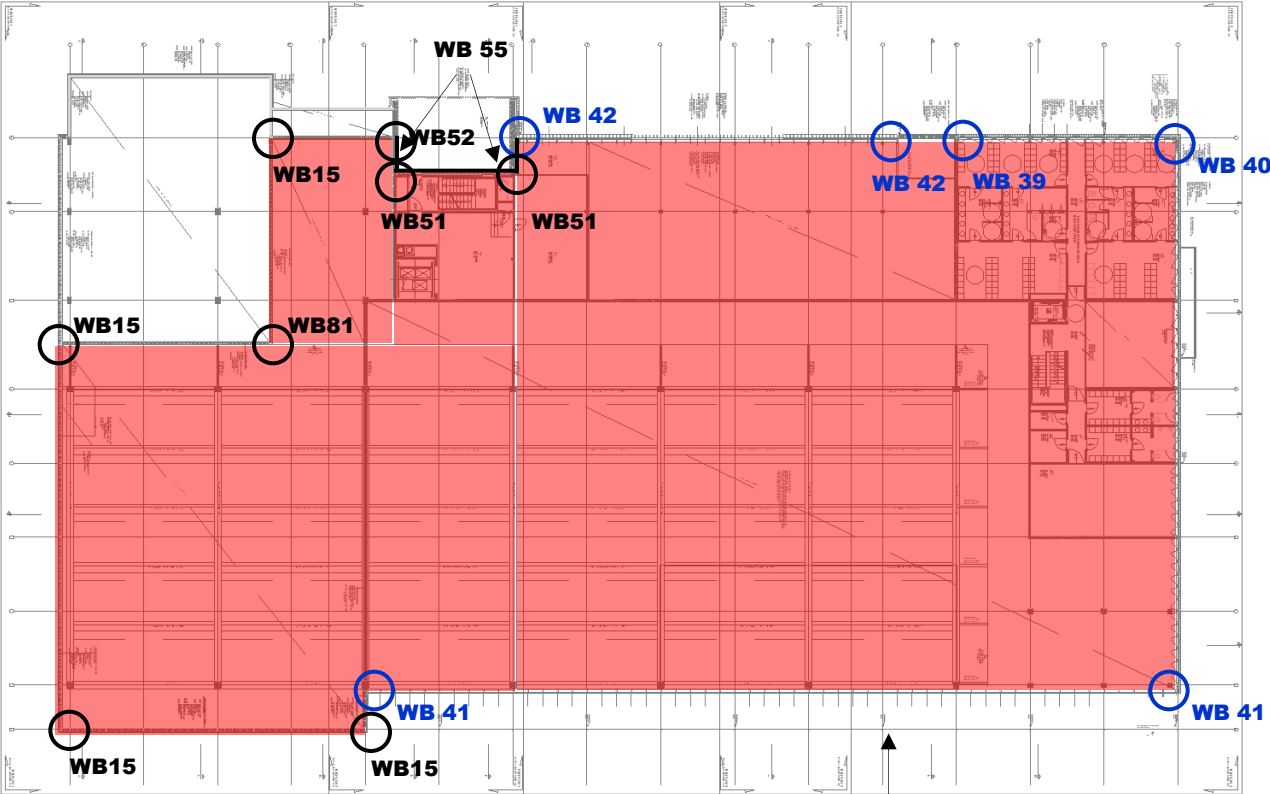
 Thermische Hülle


Grundriss Erdgeschoss



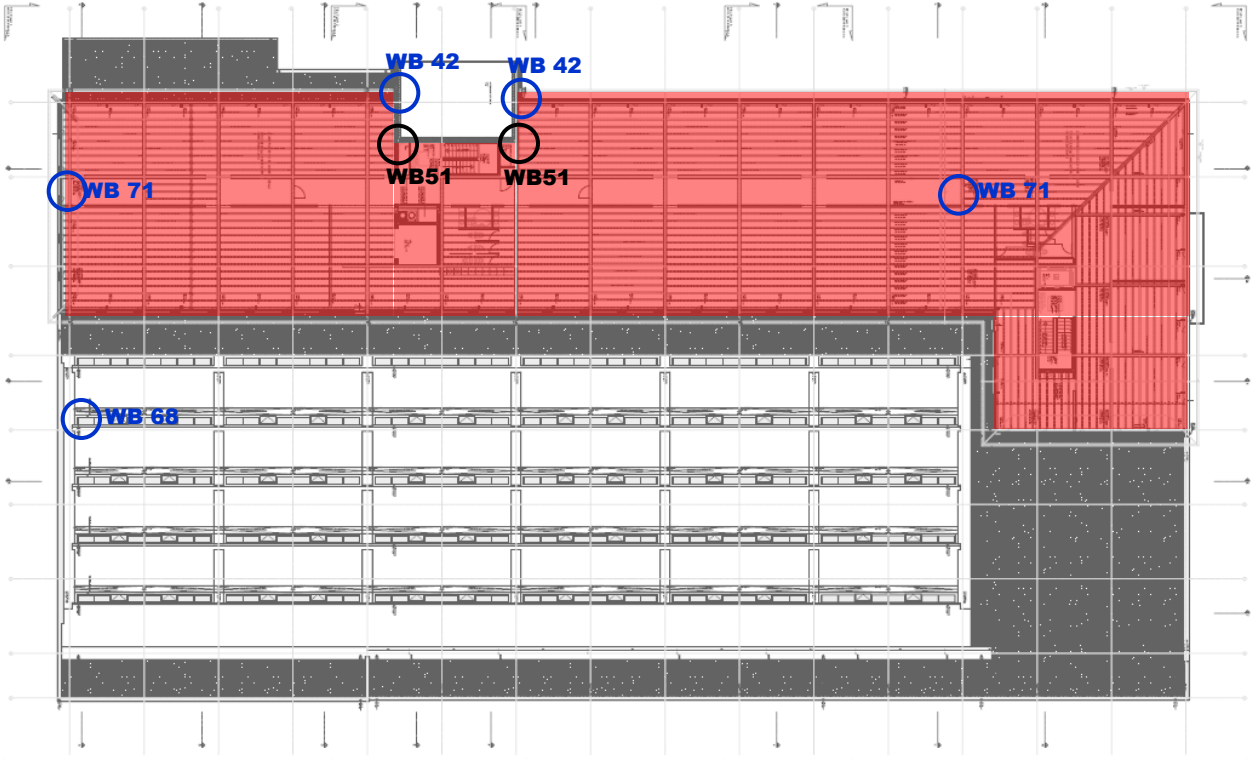
Thermische Hülle


Grundriss Zwischengeschoss



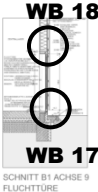
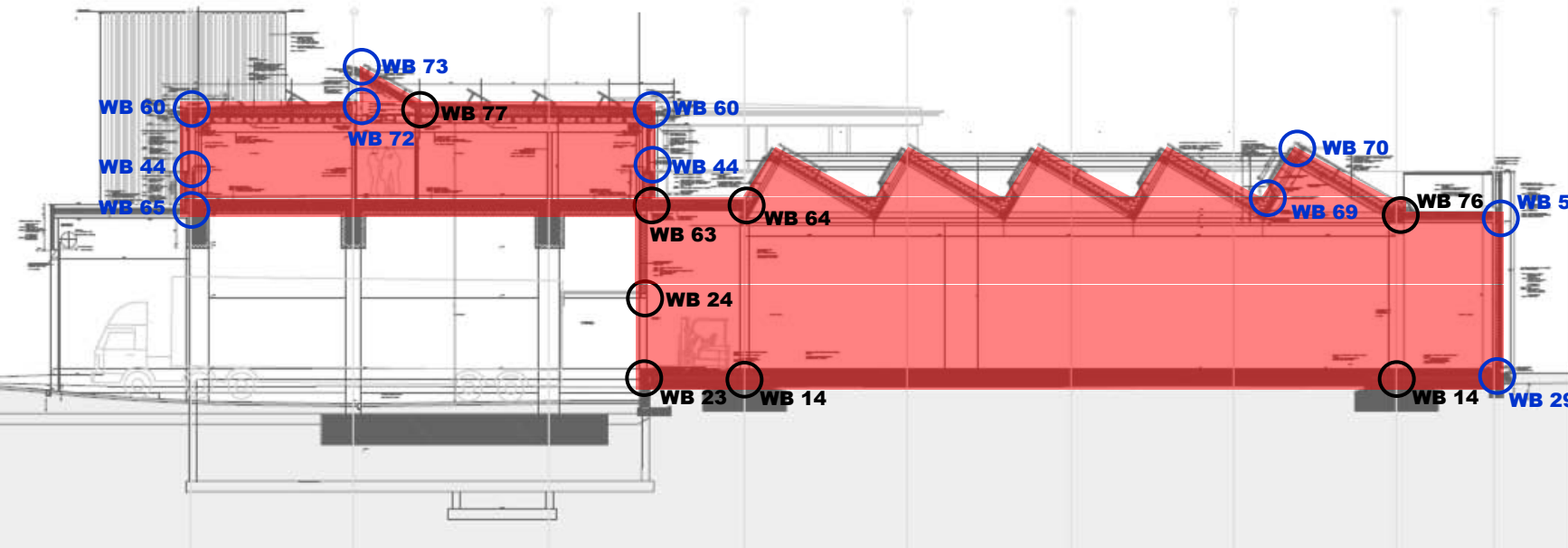
 Thermische Hülle

Grundriss Obergeschoss



 Thermische Hülle

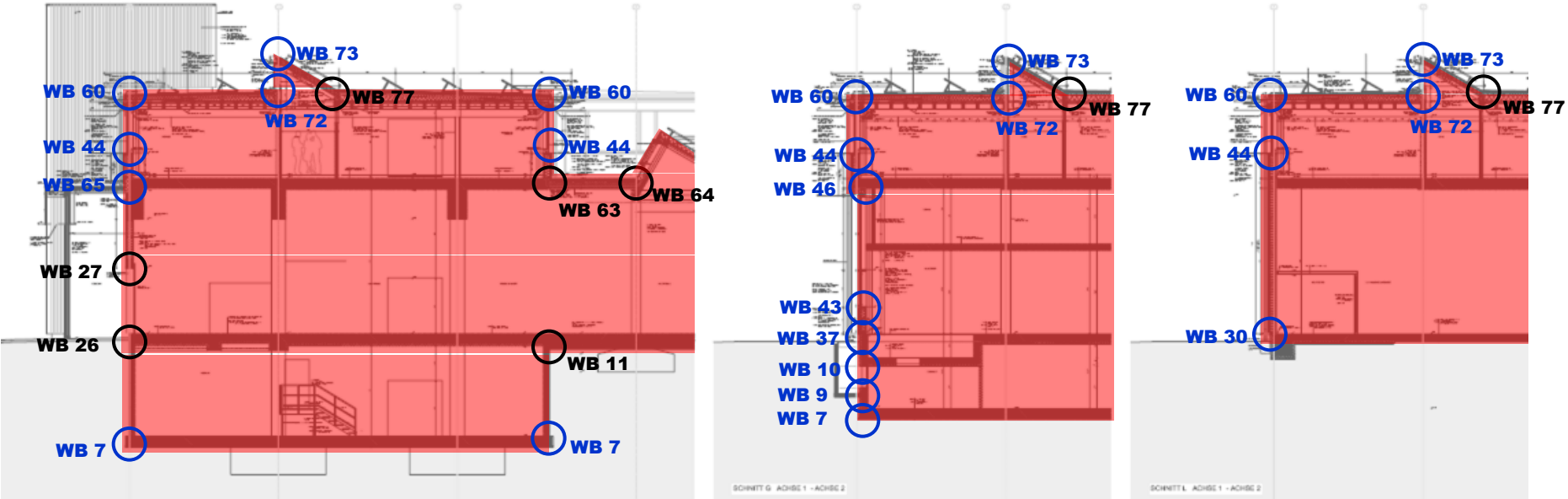
Schnitt B



Thermische Hülle

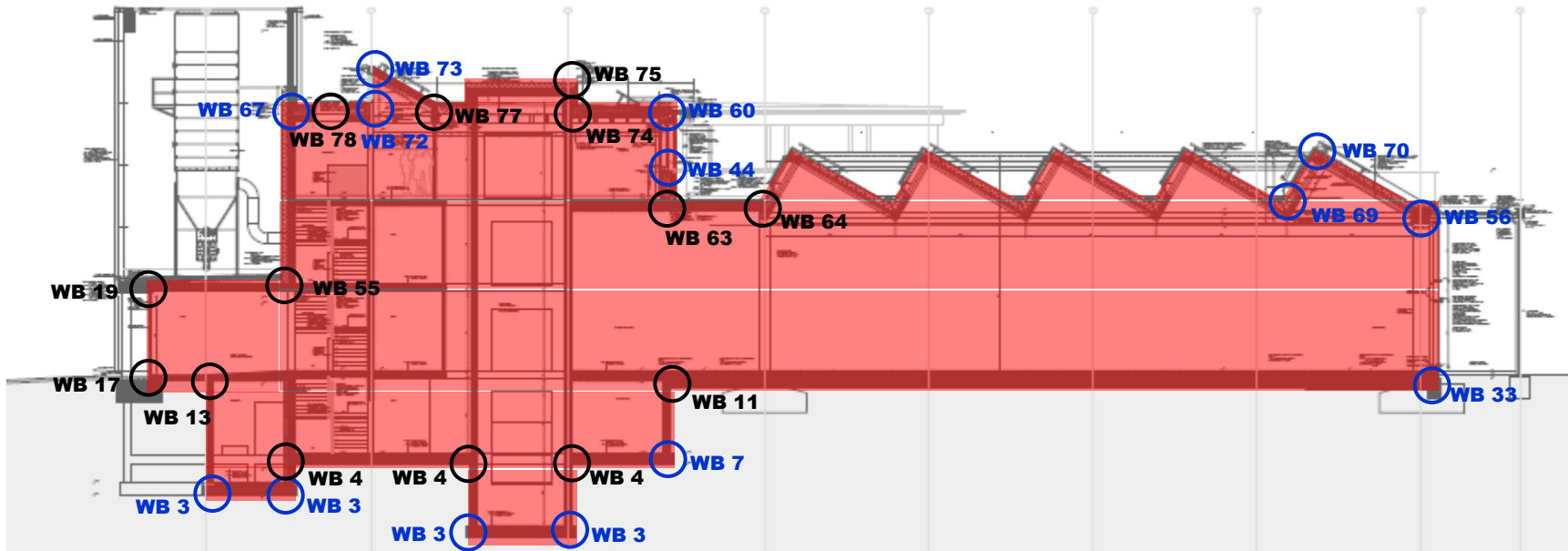


Schnitt D, Schnitt G, Schnitt L



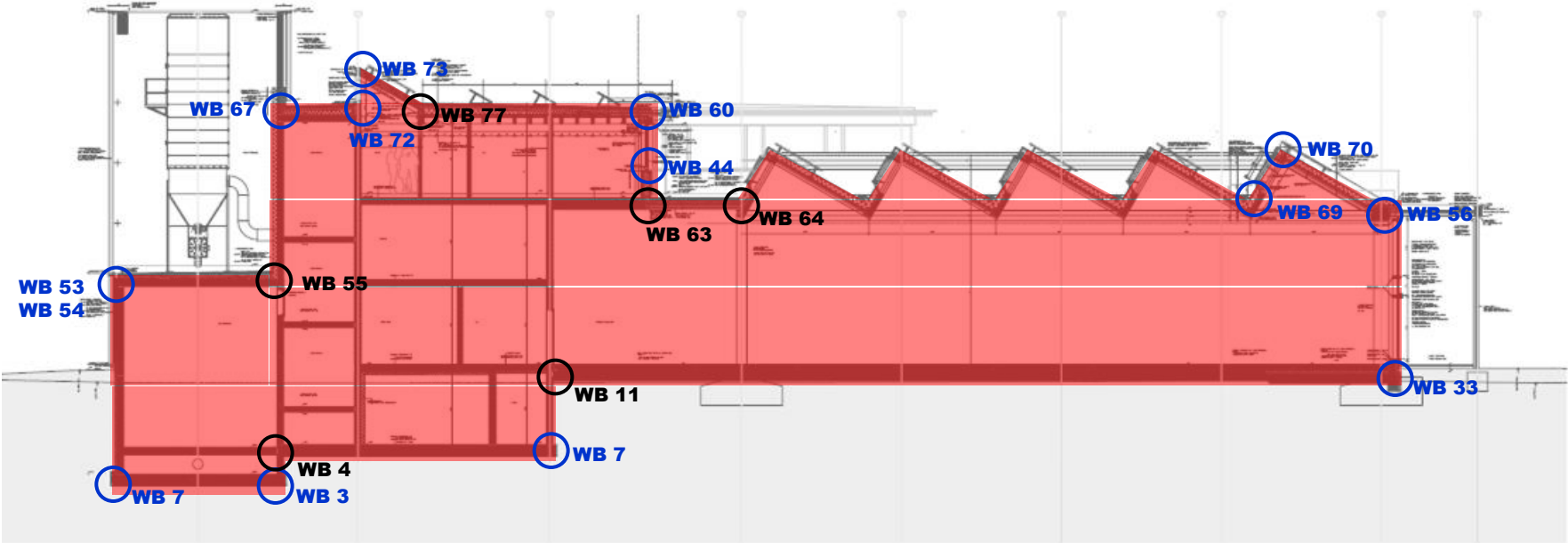
Thermische Hülle

Schnitt E



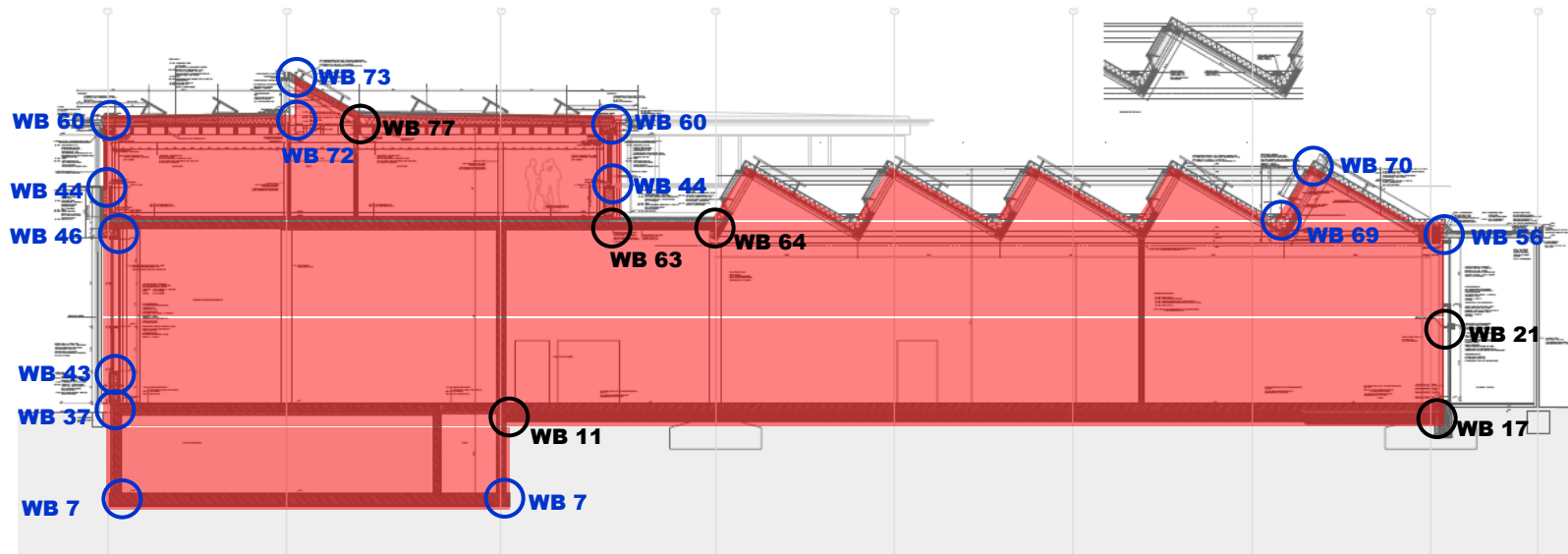
 Thermische Hülle

Schnitt F



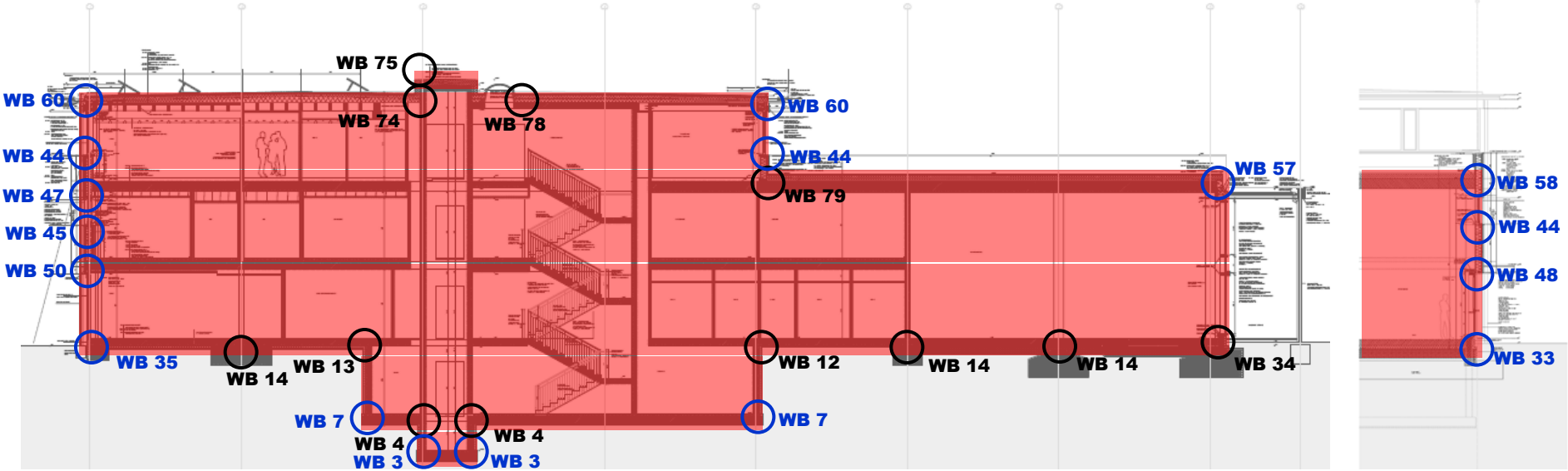
Thermische Hülle


# Schnitt J



 Thermische Hülle

Schnitt N/ Schnitt 7



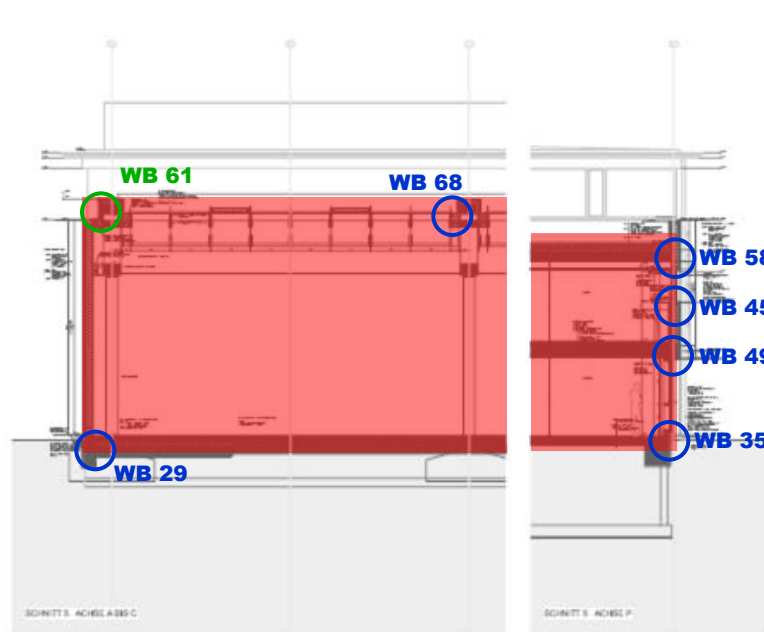
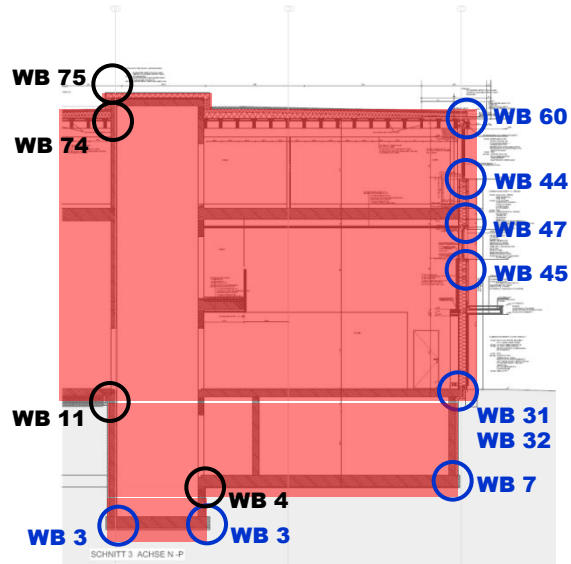
 Thermische Hülle

Schnitt 1



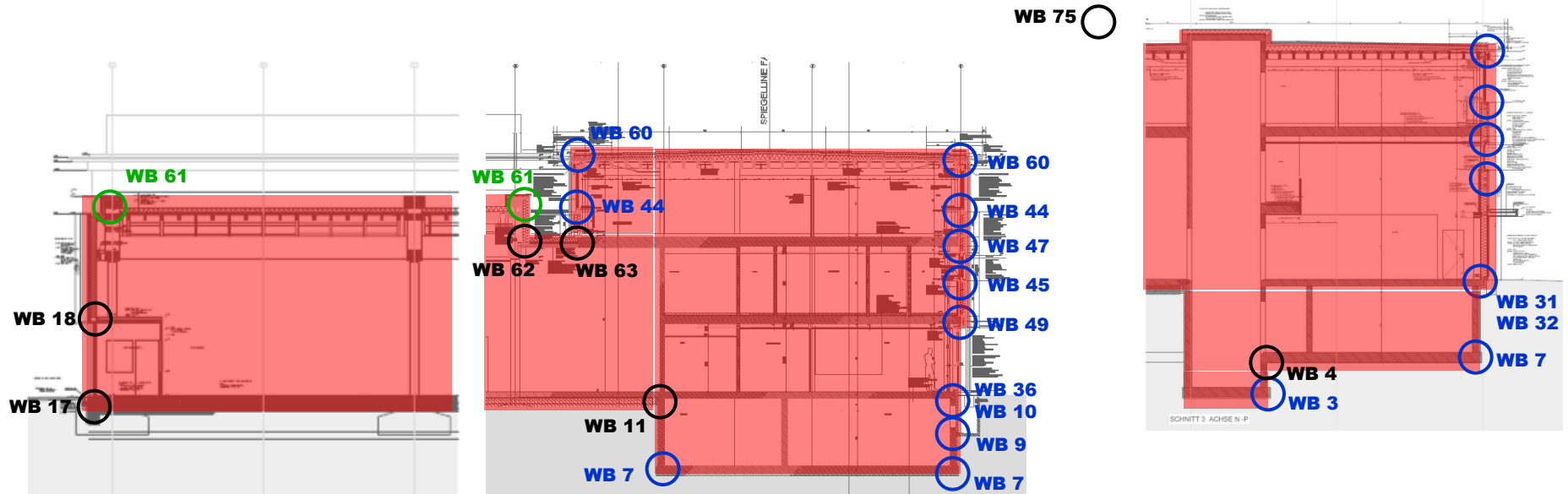
Thermische Hülle

Schnitt 3, Schnitt 5



 Thermische Hülle

Schnitt 4





## **Anlagen Gleichwertigkeitsnachweise**

- **Bauteilübersicht der für die Berechnung verwendeten Bauteile und ihre U-Werte**
- **Wärmebrückennachweis**
- **Wärmebrückenberechnungen**

## **ISAR-WÜRM-LECH IWL Neubau eines Büro- und Produktionsgebäudes**

Bauherr:  
ISAR-WÜRM-LECH IWL  
Werkstätten für behinderte Menschen GmbH  
Landsberg am Lech / Hauptverwaltung  
Rudolf-Diesel-Str. 1  
86899 Landsberg am Lech

Architekt:  
Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH  
Sportplatzweg 5  
A-6858 Schwarzach

Tischvorlage 17:  
**Thermische Simulation Anlieferung**

Aufgestellt  
Kirchheim, den 30.05.2014

Ingenieurbüro Hausladen GmbH



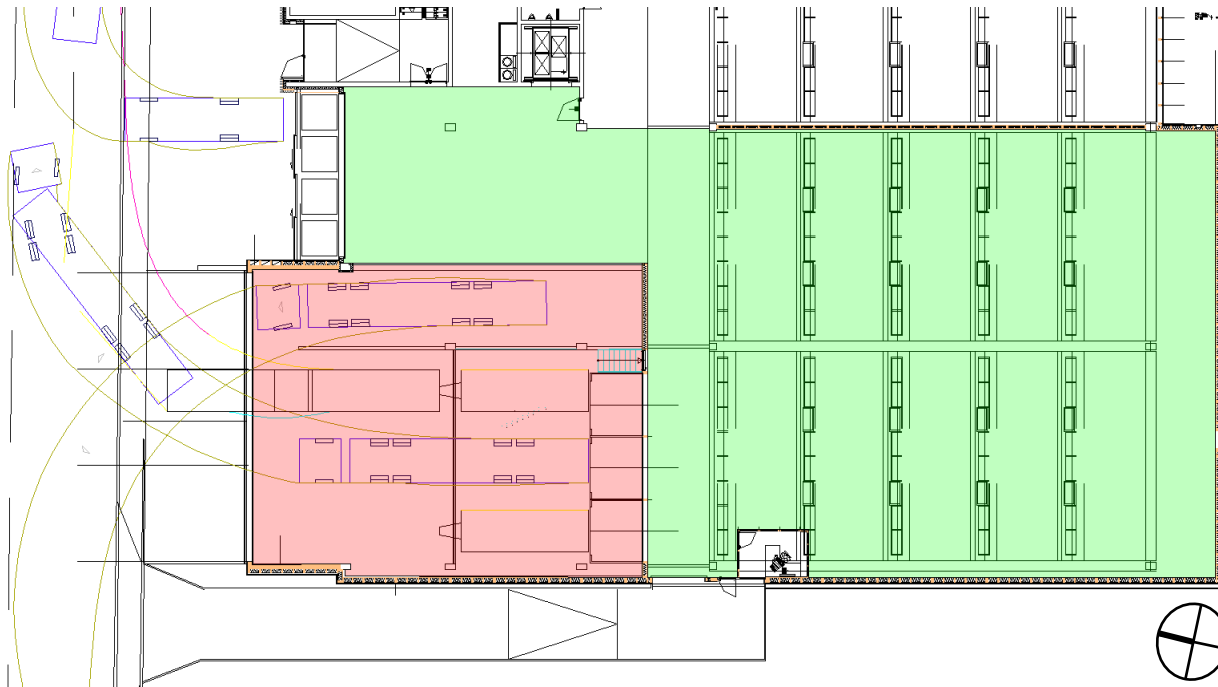
| <b>Inhalt</b>   | <b>Seite</b> |
|-----------------|--------------|
| Einleitung      | 3            |
| Randbedingungen | 4            |
| Ergebnisse      | 7            |
| Fazit           | 19           |

## Einleitung

Die IWL GmbH baut Ihren Hauptstandort in Landsberg am Lech aus. Die Entwicklung der Standorterweiterung erstreckt sich über mehrere Bauabschnitte. Der im Rahmen des ersten Bauabschnittes geplante Neubau soll zunächst die verschiedenen Arbeitsbereiche der Holzverarbeitung mit Produktions- und Lagerflächen zusammenfassen.

Zur energetischen Optimierung des Anlieferungsbereichs werden thermische Simulationen durchgeführt, mit denen unterschiedliche Varianten der Gebäudehülle verglichen werden. Hierbei liegt der Fokus auf dem Verlauf der thermischen Hülle und der energetischen Qualität der Rolltore. Auch werden unterschiedliche Varianten der Be-/Entlüftung untersucht.





Grundriss Obergeschoss, östlicher Teil

## Randbedingungen

## Raumgeometrie

Der Anlieferungsbereich (rot) sowie der daran angrenzender Lagerbereich (grün) werden als Mehrzonenmodell abgebildet.

|                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| Grundfläche Anlieferung | 389 m <sup>2</sup> |
| Grundfläche Lager       | 981 m <sup>2</sup> |

|                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| Volumen Anlieferung | ca. 2750 m <sup>3</sup> |
| Volumen Lager       | ca. 6200 m <sup>3</sup> |

## Bauteilaufbauten

Die Bauteilaufbauten wurden gemäß den Angaben in den Ausbauplänen vom 29.03.2013 und 08.04.2013 angesetzt.

Für die Shedverglasung werden die folgenden Werte angesetzt:  
 $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  (vertikal)  
 $U_w = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  (vertikal)  
 $g = 0,27$

Die U-Werte der Rolltore entsprechen den Angaben des Architekten vom 30.04.2014.

## Raumheizung/-kühlung

Das Lager wird mit Gebläseheizkörpern auf eine Lufttemperatur von mindestens 15°C beheizt.

Die an die untersuchten Bereiche angrenzenden Räume werden mit den folgenden konstanten Raumtemperaturen angesetzt:

|                  |         |
|------------------|---------|
| Schreinerei      | 19°C    |
| Anlieferungsbüro | 20°C    |
| Nebenräume EG    | adiabat |
| Räume im 1. OG   | 21°C    |

Die Simulationen dienen primär der Untersuchung des Heizenergiebedarfs in den betrachteten Bereichen. Daher können höhere sommerliche Raumtemperaturen in den angrenzenden Bereichen vernachlässigt werden.

## Lüftung

Die Lüftung erfolgt über natürliche Lüftung. Diese wird im Lager sowie im Anlieferungsbereich konstant gemäß DIN V 18599 angesetzt. Daraus ergibt sich eine Luftwechselrate von 0,17 1/h aufgrund von Infiltration und hygienischem Mindestluftwechsel.

Hinzu kommen Luftwechsel aufgrund von Toröffnungen. Diese werden je nach Variante untersucht und dynamisch auf Basis der Öffnungsflächen und Temperaturdifferenzen berechnet.

## Interne Wärmegewinne

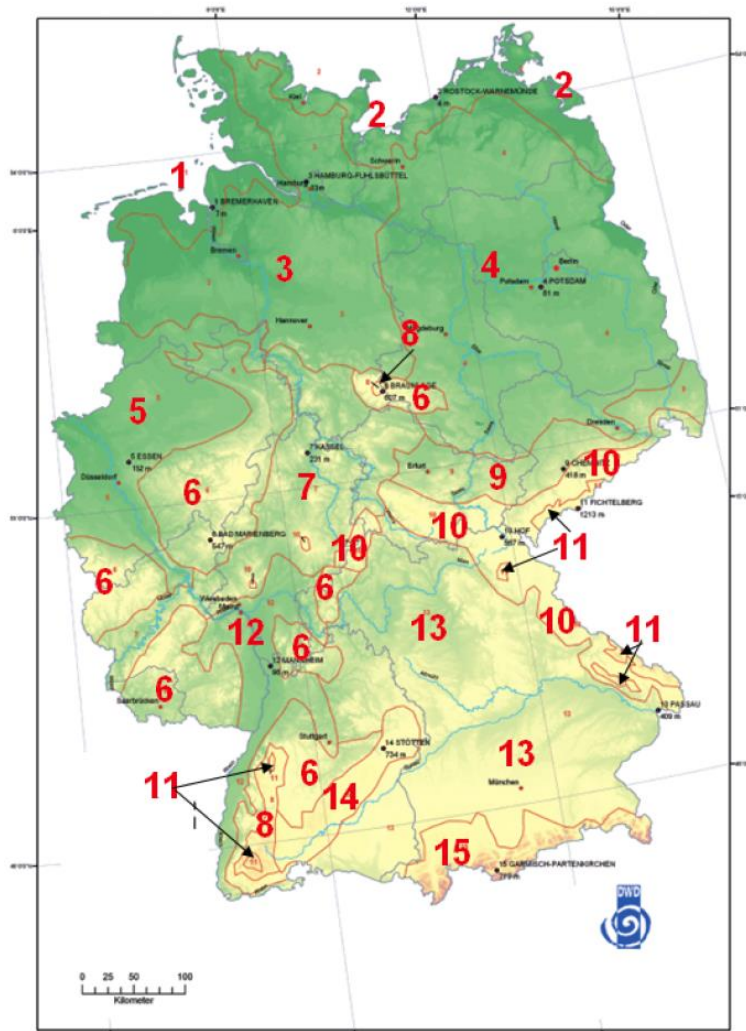
Es wird von den folgenden Nutzungszeiten ausgegangen:

Mo – Fr: 8:00 - 17:00 Uhr

Während dieser Zeiten sind 2 Personen anwesend. Die sensible Wärmeabgabe liegt bei 75 W pro Person.

Die installierte Beleuchtungsleistung beträgt 1410 W im Anlieferungsbereich bzw. 3500 W im Lager. Der Anlieferungsbereich wird nicht von Tageslicht versorgt. Das Kunstlicht im Lager wird tageslichtabhängig auf eine Beleuchtungsstärke von 200 lux geregelt. Dabei wird ein Tageslichtquotient von 4% zugrunde gelegt.

Hinzu kommen die internen Wärmegewinne durch die elektrischen Gabelstapler deren Ladestationen. Es wird angenommen, dass 60% der Anschlussleistung einer Ladestation über Ladeverluste bzw. indirekt über die Wärmeabgabe der Gabelstaplermotoren als Wärme im Lager freigesetzt werden. Dies entspricht einem konstanten Wärmeeintrag von 4440 Watt.



## Wetterdaten

Die Berechnung erfolgte mit den Testreferenzjahren aus dem Jahr 2010. Landsberg liegt in der Testreferenz-Region 13 (Schwäbisch-fränkisches Stufenland und Alpenvorland) mit der Repräsentanzstation Mühldorf am Inn. Die Wetterdaten von Mühldorf wurden korrigiert und an die Bevölkerungsdichte und Höhenlage von Landsberg angepasst.

Die Berechnung erfolgt mit dem durchschnittlichen Wetterdatensatz. Basis sind die Wetterdaten im Zeitraum von 1988 bis 2007. Damit entsprechen die Ergebnisse der Simulationen einem durchschnittlichen Jahr. Es ergeben sich folgende Wetterdaten im Betrachtungszeitraum (1.1. bis 31.12.):

Außentemperatur:

|            |          |
|------------|----------|
| Maximal    | 32,7 °C  |
| Minimal    | -20,2 °C |
| Mittelwert | 8,2 °C   |

Globalstrahlung:

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| Maximal | 874 W/m <sup>2</sup>       |
| Summe   | 1.073 kWh/m <sup>2</sup> a |

Extreme Wettersituationen, z.B. besonders warmer Sommer, sind damit nicht berücksichtigt. Außerdem wurde eine mögliche Klimaveränderung in den nächsten Jahren ebenfalls nicht betrachtet.

## Ergebnisse

### Varianten

Die folgenden Varianten wurden untersucht und werden auf den folgenden Seiten dargestellt:

Variante 1: es gibt kein Außentor, der Anlieferbereich hat Außenluftbedingungen.

Variante 2: es gibt ein Außentor, das während der Anlieferzeiten geöffnet bleibt. Der Anlieferbereich wird über Gebläseheizkörper frostfrei gehalten.

Variante 3: es gibt ein Außentor, das während der Anlieferzeiten geöffnet bleibt. Der Anlieferbereich ist unbeheizt.

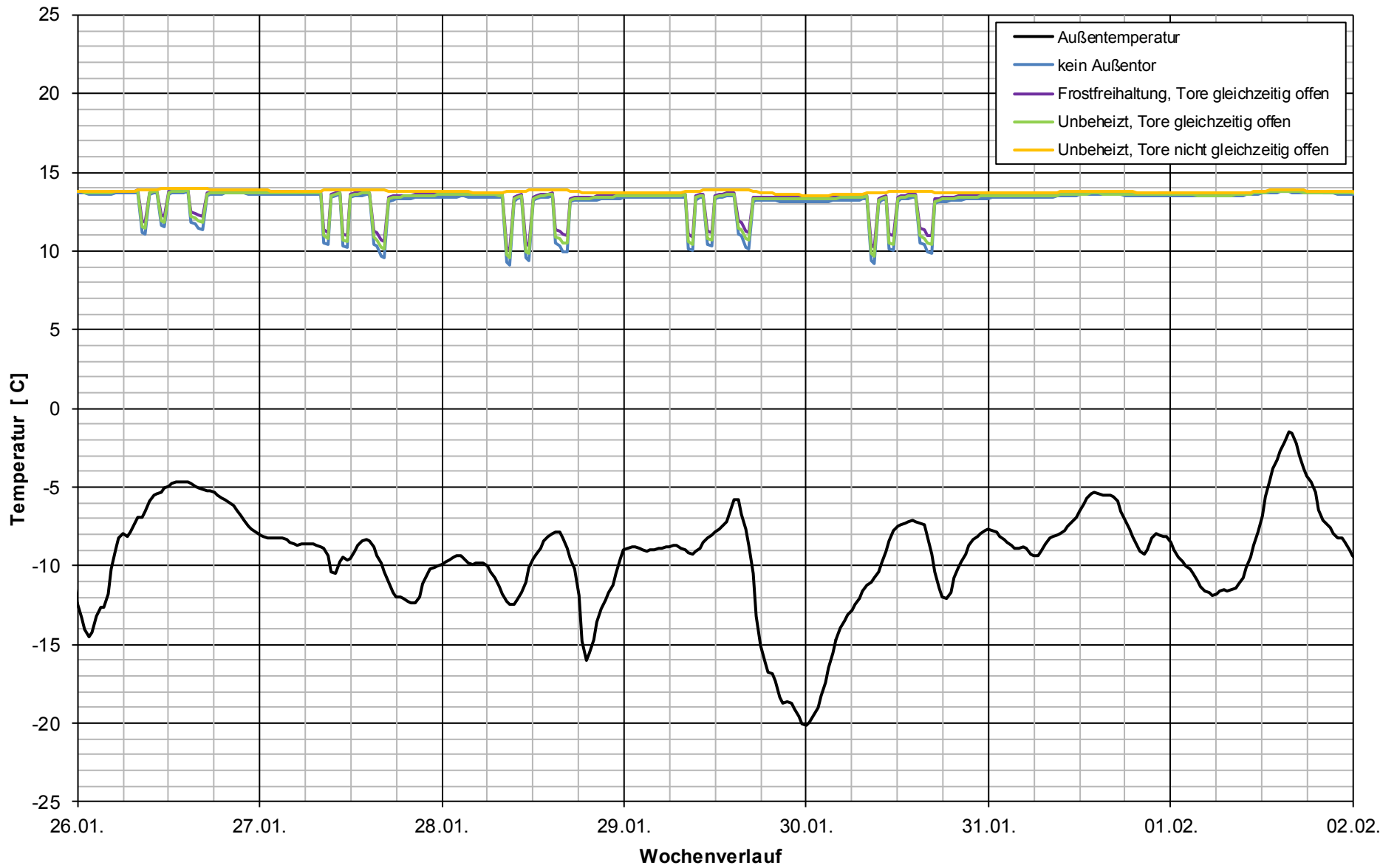
Variante 4: es gibt ein Außentor, das während der Anlieferzeiten geschlossen wird. Der Anlieferbereich ist unbeheizt. Die U-Werte der Rolltore des Lagers sind optimiert.

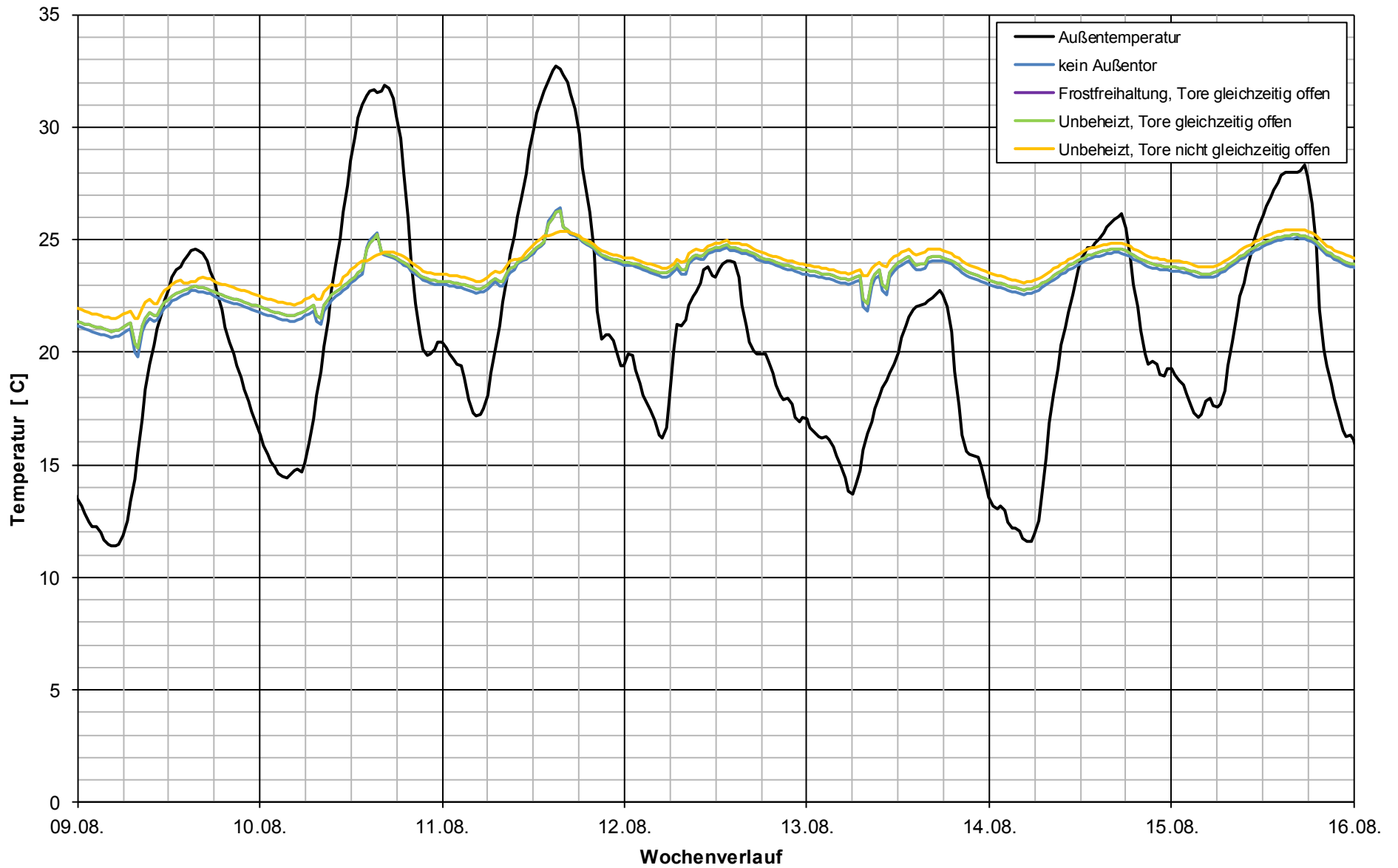


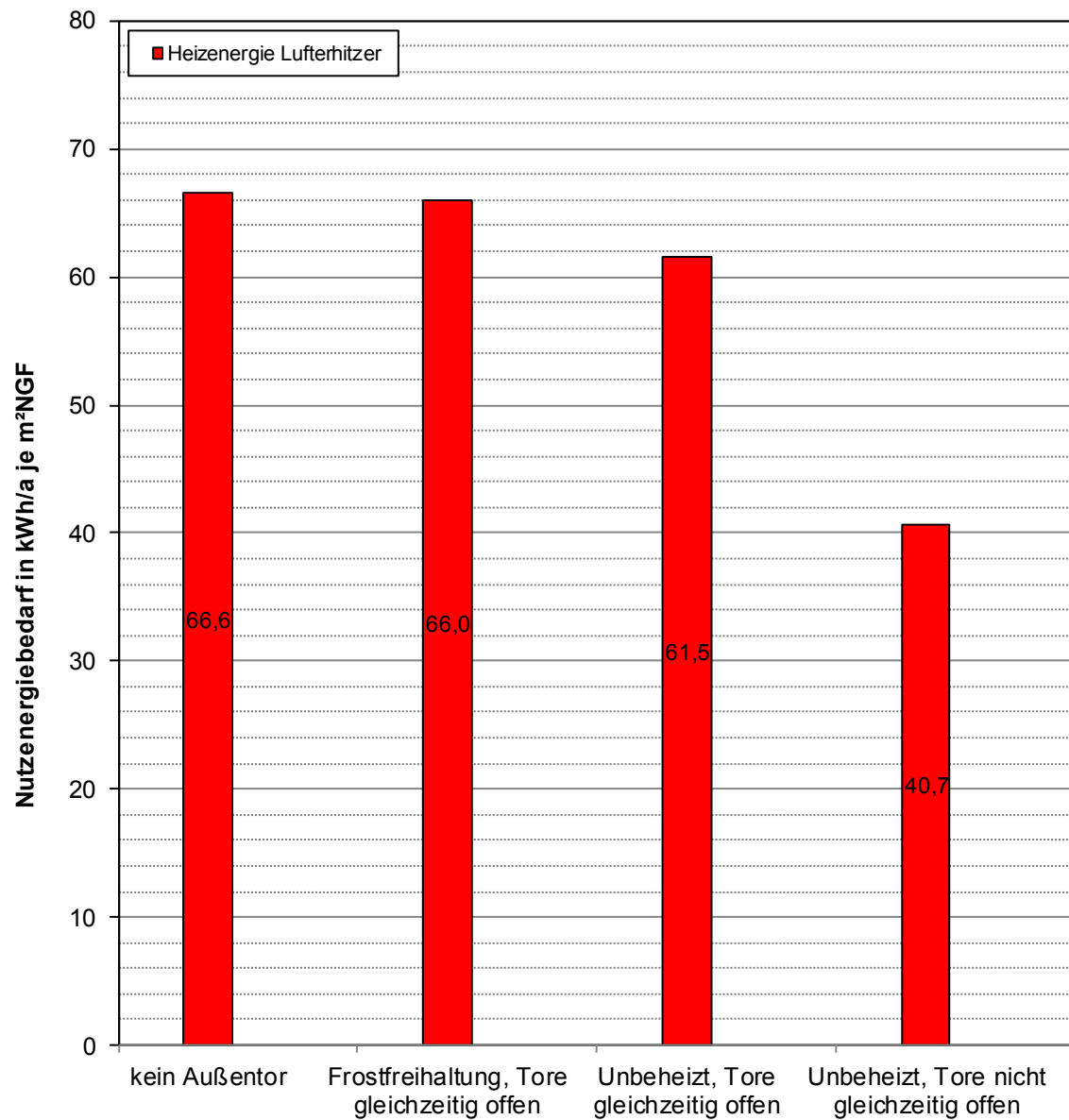
## **Auswertungen**

Auf den Seiten 8 und 9 sind die Verläufe der Außen- und Raumtemperaturen für jeweils eine Woche im Winter und im Sommer dargestellt.

Der Energiebedarf zur Raumheizung ist auf S. 19 dargestellt. Dieser stellt den Nutzenergiebedarf ohne Verteilungs-, Speicherungs- oder Erzeugungsverluste dar. Wird der Anlieferbereich beheizt bzw. frostfrei gehalten, ist dessen Heizenergiebedarf enthalten, die Bezugsfläche ist jedoch bei allen Varianten die des Lagers.







## Fazit

Die Unterschiede bei den Raumtemperaturverläufen im Lager machen deutlich, dass aufgrund der begrenzten Heizleistung der Gebläselufterhitzer eine Mindestraumtemperatur von 15°C im Winter nur sichergestellt werden kann, wenn der Anlieferbereich ein Außentor erhält und dieses während der Be- und Entladevorgänge geschlossen wird.

Da keine Abgasabsaugung vorgesehen ist, müssen die Motoren der LKW und Transporter in dieser Zeit abgeschaltet werden. Durch diese Maßnahme sinkt auch der Heizwärmebedarf beträchtlich, da der Anlieferbereich als Wärmepuffer wirkt.

Im Sommer können dagegen die Tore des Anlieferbereiches während der Be- und Entladevorgänge geöffnet bleiben, sofern die Außentemperaturen unter den Innentemperaturen liegen. Damit bewegt sich die Lagertemperatur ganzjährig zwischen 15°C und 26°C. Auch aus energetischen Gründen wird diese Betriebsweise empfohlen.

## ISAR-WÜRM-LECH IWL Neubau eines Büro- und Produktionsgebäudes

Bauherr:  
ISAR-WÜRM-LECH IWL  
Werkstätten für behinderte Menschen  
GmbH  
Landsberg am Lech / Hauptverwaltung  
Rudolf-Diesel-Str. 1  
86899 Landsberg am Lech

Architekt:  
Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH  
Sportplatzweg 5  
A-6858 Schwarzach

Aussteller:  
Ingenieurbüro Hausladen GmbH  
Feldkirchener Straße 7a  
85551 Kirchheim

Tischvorlage 14:  
**Sonnenschutzkonzept**  
**Stand: 22.07.2014**  
**Endabzug**

Aufgestellt  
Kirchheim, 22.07.2014

Ingenieurbüro Hausladen GmbH



## 1.0 Sonnenschutzkonzept EG

### 1.1 Verglasung

2-fach Verglasung,  $U_g=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  
verbesserter Randverbund

WSV: g-Wert=0,44,  $\tau_{D65}=0,51$

WSV: g-Wert=0,58,  $\tau_{D65}=0,79$

WSV: g-Wert=0,64,  $\tau_{D65}=0,82$

SSV: g-Wert=0,33,  $\tau_{D65}=0,60$

### 1.2 Sonnenschutz

Südfassade:

alle Räume mit WSV,  $g=0,58$  und  
Außenjalousie,  $F_c=0,25$

Nordfassade:

Shop mit WSV,  $g=0,64$  und Außenjalousie,  
 $F_c=0,25$

alle anderen Räume mit WSV,  $g=0,44$  ohne  
zusätzlichen Sonnenschutz

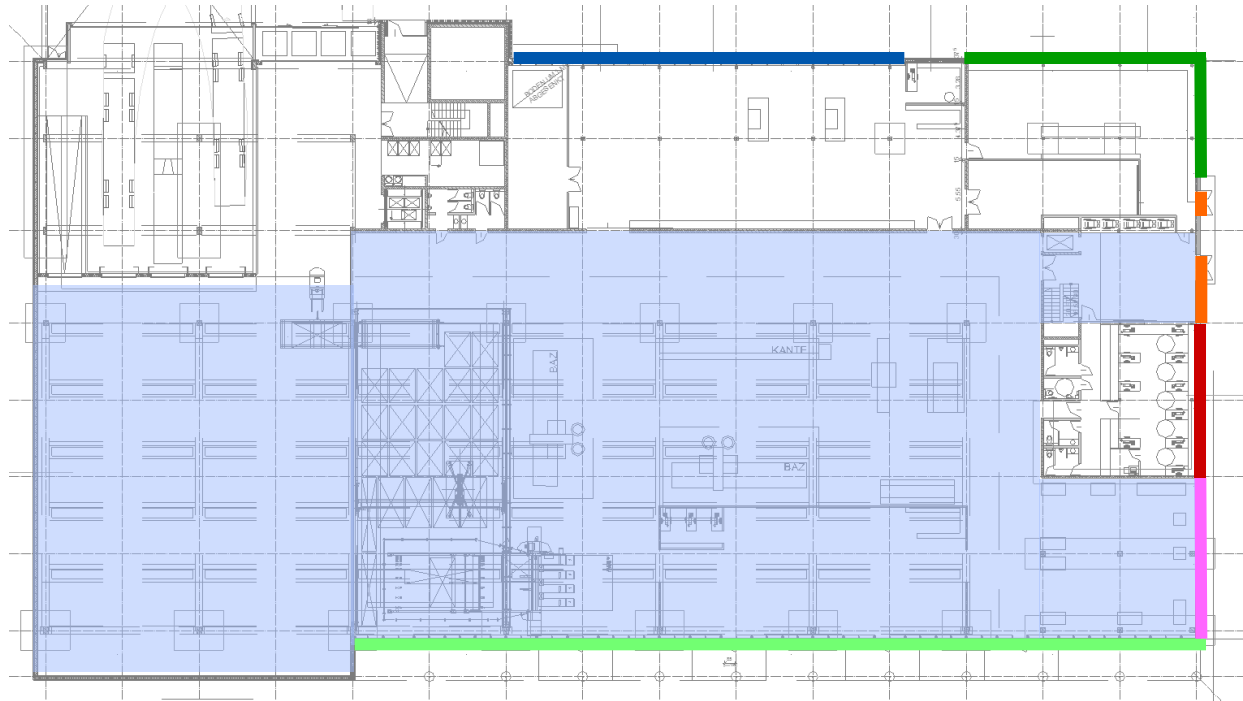
Ostfassade:











Der Shop mit WSV,  $g=0,64$  und Außenjalousie,  
 $F_c=0,25$  (außer der Tür)

Die Büros mit Sonnenschutzverglasung,  $g=0,33$   
und innenliegendem Sonnenschutz,  
 $F_c=\text{mind.}0,9$

Der Eingangsbereich mit WSV,  $g=0,64$  ohne  
zusätzlichen Sonnenschutz

Die Schreinerei mit WSV,  $g=0,58$  ohne  
zusätzlichen Sonnenschutz



- |  |   |   |   |
|--|---|---|---|
|    | Wärmeschutzverglasung, $g=0,44$<br>ohne zusätzlichen Sonnenschutz |    | Wärmeschutzverglasung $g=0,64+$<br>feststehender Sonnenschutz durch<br>vorgelagerte Lamellen  |
|    | Wärmeschutzverglasung, $g=0,58$<br>ohne zusätzlichen Sonnenschutz |    | Wärmeschutzverglasung, $g=0,64$ +<br>innenliegender Sonnenschutz $F_c=0,75+$<br>feststehender Sonnenschutz durch<br>vorgelagerte Lamellen |
|  | Wärmeschutzverglasung, $g=0,64$<br>ohne zusätzlichen Sonnenschutz |  | Sonnenschutzverglasung, $g=0,27$  |
|  | Wärmeschutzverglasung, $g=0,58$<br>+ Außenjalousien $F_c=0,25$    |  | Sonnenschutzverglasung, $g=0,33$ +<br>innenliegender Sonnenschutz $F_c=0,9$   |
|  | Wärmeschutzverglasung, $g=0,64$<br>+ Außenjalousien $F_c=0,25$    |  | Bereiche mit erhöhter Nachtlüftung  |

## 2.0 Sonnenschutzkonzept ZG

### 2.1 Verglasung

2-fach Verglasung,  $U_g=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , verbesserter Randverbund

WSV: g-Wert=0,44,  $\tau_{D65}=0,51$

WSV: g-Wert=0,64,  $\tau_{D65}=0,82$

SSV: g-Wert=0,27,  $\tau_{D65}=0,50$

### 2.2 Sonnenschutz

Südfassade:

alle Räume mit WSV, g=0,44

Ein Vordach an der Südfassade sorgt für zusätzliche Verschattung im Sommer.

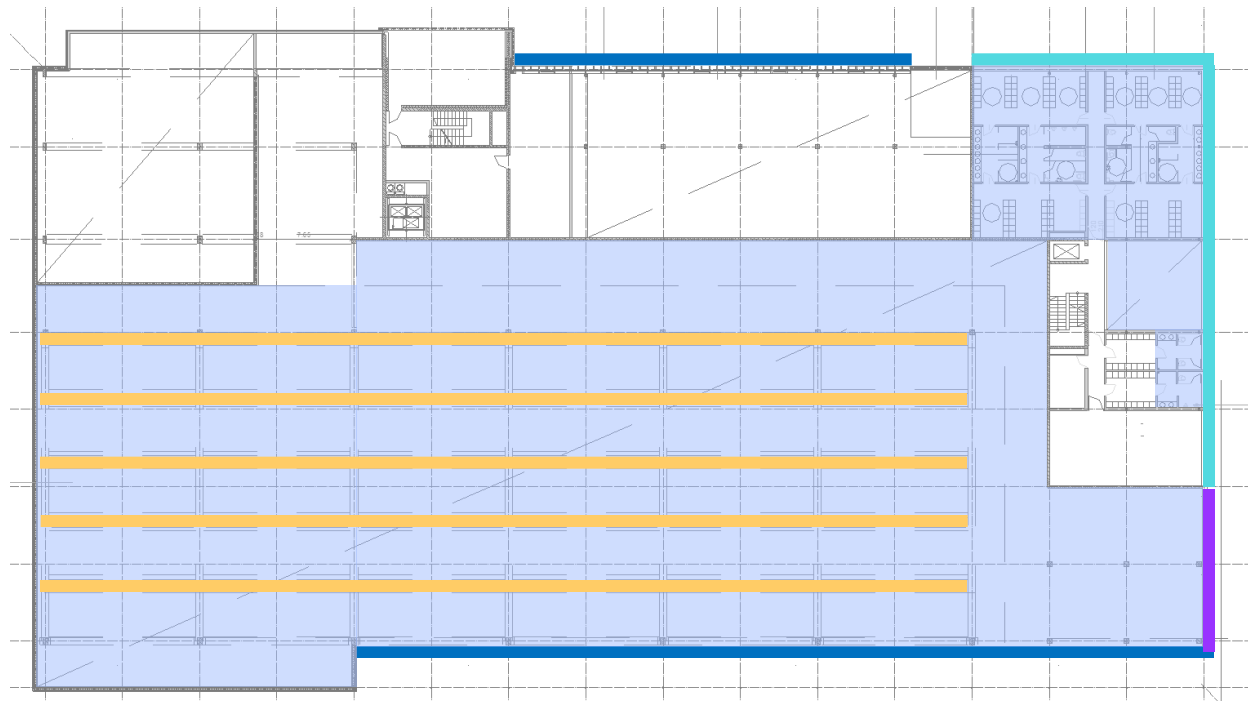
Nordfassade:

alle Räume mit WSV, g=0,44/g=0,64

Sanitärbereiche werden zusätzlich über feststehende vertikale Lamellen verschattet, die sich vor der Fassade befinden. Es wurde davon ausgegangen, dass dadurch 50% des Fensters verschattet werden. Zusätzlich ist ein innenliegender Sonnenschutz mit geringer Transparenz  $F_c \leq 0,75$  vorgesehen.

Ostfassade:

Alle Räume mit WSV, g=0,64 und feststehenden vertikalen Lamellen. Alle Räume außer der Schreinerei sind zusätzlich mit innenliegendem Sonnenschutz mit geringer Transparenz  $F_c \leq 0,75$  versehen.



- Wärmeschutzverglasung, g=0,44 ohne zusätzlichen Sonnenschutz
- Wärmeschutzverglasung, g=0,58 ohne zusätzlichen Sonnenschutz
- Wärmeschutzverglasung, g=0,64 ohne zusätzlichen Sonnenschutz
- Wärmeschutzverglasung, g=0,58 + Außenjalousien FC=0,25
- Wärmeschutzverglasung, g=0,64 + Außenjalousien FC=0,25
- Wärmeschutzverglasung g=0,64+ feststehender Sonnenschutz durch vorgelagerte Lamellen
- Wärmeschutzverglasung, g=0,64 + innenliegender Sonnenschutz  $F_c=0,75+$  feststehender Sonnenschutz durch vorgelagerte Lamellen
- Sonnenschutzverglasung, g=0,27
- Sonnenschutzverglasung, g=0,33 + innenliegender Sonnenschutz  $F_c=0,9$
- Bereiche mit erhöhter Nachtlüftung



### 3.0 Sonnenschutzkonzept OG

#### 3.1 Verglasung

2-fach Verglasung,  $U_g=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  
verbesserter Randverbund

WSV: g-Wert=0,44,  $\tau_{D65}=0,51$

WSV: g-Wert=0,64,  $\tau_{D65}=0,82$

#### 3.2 Sonnenschutz

Südfassade:

alle Räume mit WSV, g=0,64 und  
Außenjalousie,  $F_c=0,25$

Nordfassade:

alle Räume mit WSV, g=0,64 ohne zusätzlichen  
Sonnenschutz.

Ostfassade:

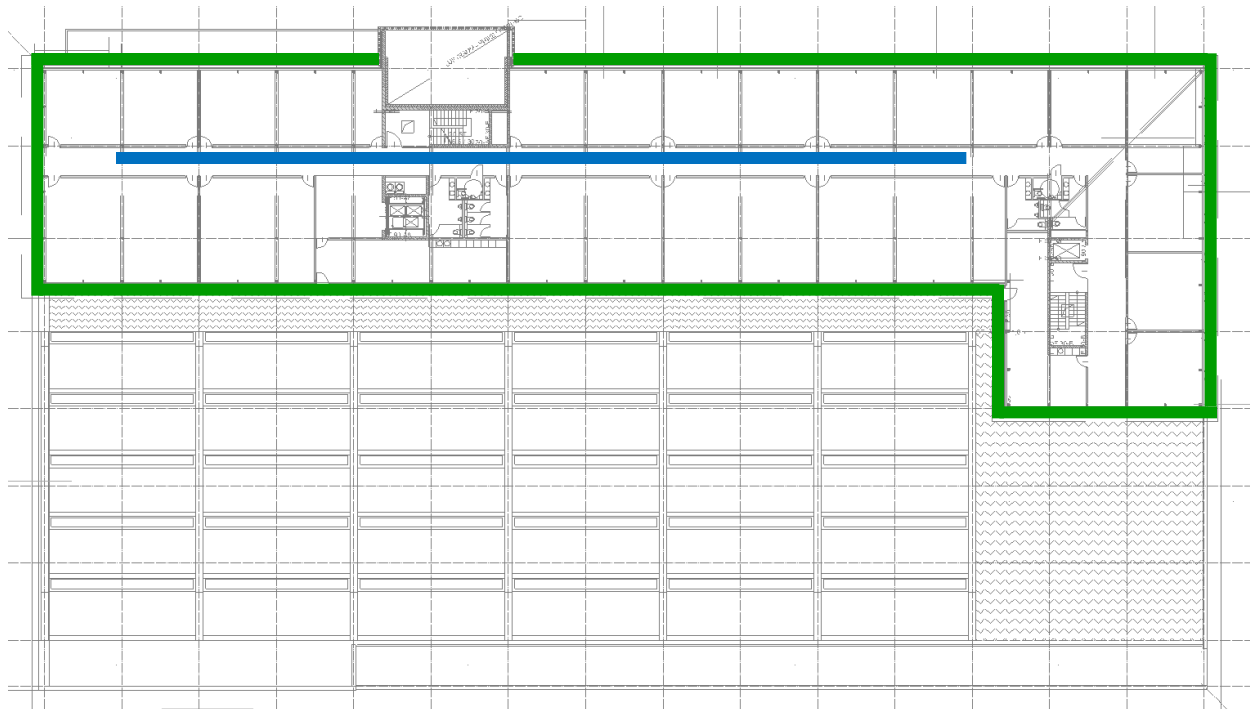
alle Räume mit WSV, g=0,64 und  
Außenjalousie,  $F_c=0,25$











Westfassade:

alle Räume mit WSV, g=0,64 und  
Außenjalousie,  $F_c=0,25$

Shed:

WSV mit g=0,44 ohne zusätzlichen  
Sonnenschutz



- |  |   |   |   |
|--|---|---|---|
|    | Wärmeschutzverglasung, g=0,44<br>ohne zusätzlichen Sonnenschutz |    | Wärmeschutzverglasung g=0,64+<br>feststehender Sonnenschutz durch<br>vorgelagerte Lamellen  |
|    | Wärmeschutzverglasung, g=0,58<br>ohne zusätzlichen Sonnenschutz |   | Wärmeschutzverglasung, g=0,64 +<br>innenliegender Sonnenschutz $F_c=0,75+$<br>feststehender Sonnenschutz durch<br>vorgelagerte Lamellen |
|  | Wärmeschutzverglasung, g=0,64<br>ohne zusätzlichen Sonnenschutz |  | Sonnenschutzverglasung, g=0,27  |
|  | Wärmeschutzverglasung, g=0,58<br>+ Außenjalousien $F_c=0,25$    |  | Sonnenschutzverglasung, g=0,33 +<br>innenliegender Sonnenschutz $F_c=0,9$   |
|  | Wärmeschutzverglasung, g=0,64<br>+ Außenjalousien $F_c=0,25$    |  | Bereiche mit erhöhter Nachtlüftung  |

## **ISAR-WÜRM-LECH IWL Neubau eines Büro- und Produktionsgebäudes**

Bauherr:  
ISAR-WÜRM-LECH IWL  
Werkstätten für behinderte Menschen  
GmbH  
Landsberg am Lech / Hauptverwaltung  
Rudolf-Diesel-Str. 1  
86899 Landsberg am Lech

Architekt:  
Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH  
Sportplatzweg 5  
A-6858 Schwarzach

Aussteller:  
Ingenieurbüro Hausladen GmbH  
Feldkirchener Straße 7a  
85551 Kirchheim

Tischvorlage 15:  
**Bericht zum Nachweis des  
sommerlichen Wärmeschutzes  
Endabzug**

aufgestellt  
Kirchheim, 22.07.2014

Ingenieurbüro Hausladen GmbH



## 1.0 Sommerlicher Wärmeschutz, Gebäude nach § 4 EnEV

Gemäß Energieeinsparverordnung EnEV 2009 §4 sind zu errichtende Nichtwohngebäude so auszuführen, dass die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach Anlage 2 Nummer 4 eingehalten werden.

Die Berechnung des Sonneneintragswertes erfolgt für jede Gebäudezone gemäß DIN 4108-2: 2003-07.

Der Nachweis für die Begrenzung der solaren Wärmeeinträge ist für „kritische Räume“ bzw. Raumbereiche an der Außenfassade, die der Sonneneinstrahlung besonders ausgesetzt sind, durchzuführen.

In der Tischvorlage 4 vom 26.06.12 wurden die ersten Variantenuntersuchungen bezüglich des sommerlichen Wärmeschutzes für elf kritische Räume durchgeführt.

In der Tischvorlage 8 vom 29.10.2012 wurde die Berechnung für die Schreinerei aufgrund der geänderte Planung der Shedverglasung sowie des Sonnenschutzes entsprechend angepasst.

Aufgrund tageslichttechnischen Analysen wurde eine erneute Betrachtung der Produktion, separat für die Schreinerei und den Handarbeitsbereich bezüglich des sommerlichen Schutzes notwendig. In mehreren Varianten wurden diese Räume in der Tischvorlage 12 vom 16.05.2013 untersucht.

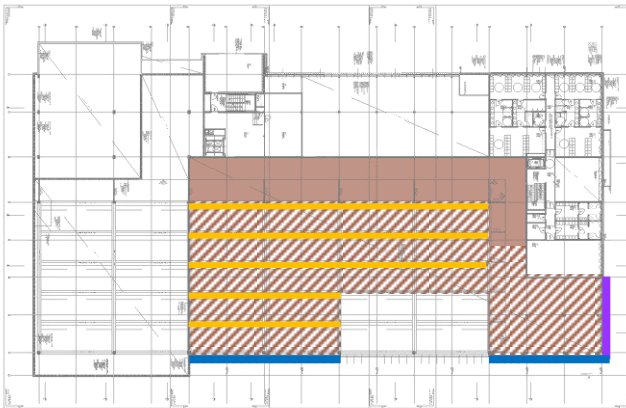
In der Tischvorlage 15 vom 02.09.2013 wurden die untersuchten Räume entsprechend der Ausführungsplanung aktualisiert.

Die folgende abschließende Berechnung stellt den Istzustand entsprechend der eingebauten Ausführung dar. Die Aufstellung erfolgt exemplarisch für zwölf besonders belastete Räume für die Klimaregion B.

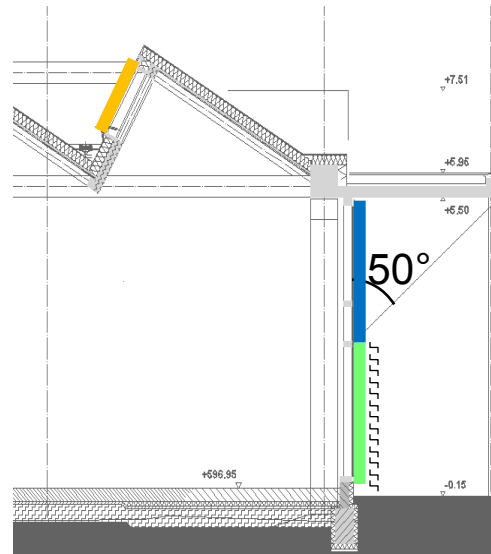
Aus den Ergebnissen dieser Räume lassen sich Aussagen über nicht berechnete Räume ableiten, auf deren Grundlage das Sonnenschutzkonzept erarbeitet wurde. Das Sonnenschutzkonzept wird in der Tischvorlage 14 vom 22.07.2014 vorgestellt.



**Erdgeschoss**



**Zwischengeschoss**



- Wärmeschutzverglasung,  $g=0,44$   
ohne zusätzlichen Sonnenschutz
- Wärmeschutzverglasung,  $g=0,58$   
ohne zusätzlichen Sonnenschutz
- Wärmeschutzverglasung,  $g=0,58$   
+ Außenjalousien
- Wärmeschutzverglasung,  $g=0,64$   
+ feststehender Sonnenschutz durch  
vorgelegte Lamellen
- Sonnenschutzverglasung,  $g=0,27$
- Nettogrundfläche Schreinerei
- Für den SWS anrechenbare  
Nettogrundfläche Schreinerei

## 2.0 Nachweis Sommerlicher Wärmeschutz

### 2.1 Raum 1: Schreinerei EG/ZG

#### Schreinerei EG/ZG

Süd: oberer Bereich 2-Scheiben  
WSV  $g\text{-Wert}=0,44$   
unterer Bereich 2-Scheiben  
WSV  $g\text{-Wert}=0,58$   
EG Ost: 2-Scheiben WSV  $g\text{-Wert}=0,58$   
ZG Ost: 2-Scheiben WSV  $g\text{-Wert}=0,64$   
Sheds: 2-Scheiben SSV  $g\text{-Wert}=0,27$

Süd: oberer Bereich verschattet  
durch Vordach  $F_c= 0,50$   
Süd: unterer Bereich mit  
Außenjalousie,  $F_c= 0,25$   
EG Ost: ohne Sonnenschutz,  $F_c= 1,00$   
ZG Ost: 50 % der Fensterfläche  
verschattet  
Sheds: ohne Sonnenschutz,  $F_c= 1,00$

mittlere Bauart, erhöhte Nachtlüftung

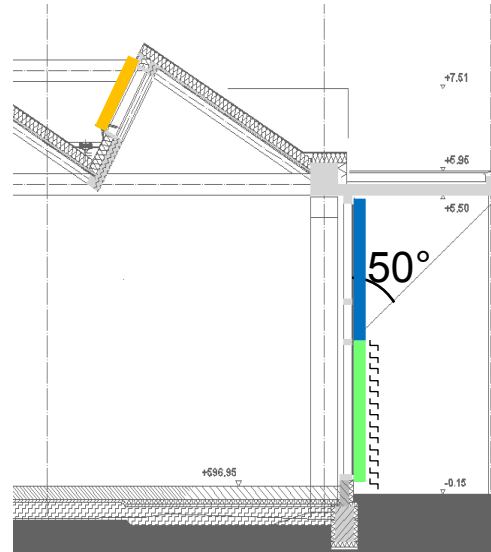
Sonneneintragskennwert:  
Maximal: 0,1230  
Vorhanden: 0,0952  
Nachweis erfüllt



Erdgeschoss



Zwischengeschoss



- Wärmeschutzverglasung , g=0,44  
ohne zusätzlichen Sonnenschutz
- Wärmeschutzverglasung , g=0,58  
+ Außenjalousien
- Sonnenschutzverglasung, g=0,27

## 2.2 Raum 2: Produktion Handarbeit EG/ZG

### Produktion Handarbeit EG/ZG,

- Süd: oberer Bereich 2-Scheiben  
WSV g-Wert=0,44  
unterer Bereich 2-Scheiben  
WSV g-Wert=0,58
- Sheds: 2-Scheiben SSV g-Wert=0,27
- Süd: oberer Bereich verschattet  
durch Vordach  $F_c=0,50$
- Süd: unterer Bereich mit  
Außenjalousie,  $F_c=0,25$
- Sheds: ohne Sonnenschutz,  $F_c=1,00$

mittlere Bauart, erhöhte Nachtlüftung

Sonneneintragskennwert:

- Maximal: 0,151
- Vorhanden: 0,1407
- Nachweis erfüllt



2.3 Raum 3: Shop EG

2.4 Raum 4: Büro EG

— Wärmeschutzverglasung,  $g=0,64$   
+ Außenjalousien  $FC=0,25$

— Wärmeschutzverglasung,  $g=0,64$   
ohne zusätzlichen Sonnenschutz

— Sonnenschutzverglasung,  $g=0,33$  +  
innenliegender Sonnenschutz  $FC=0,9$

„Shop EG“

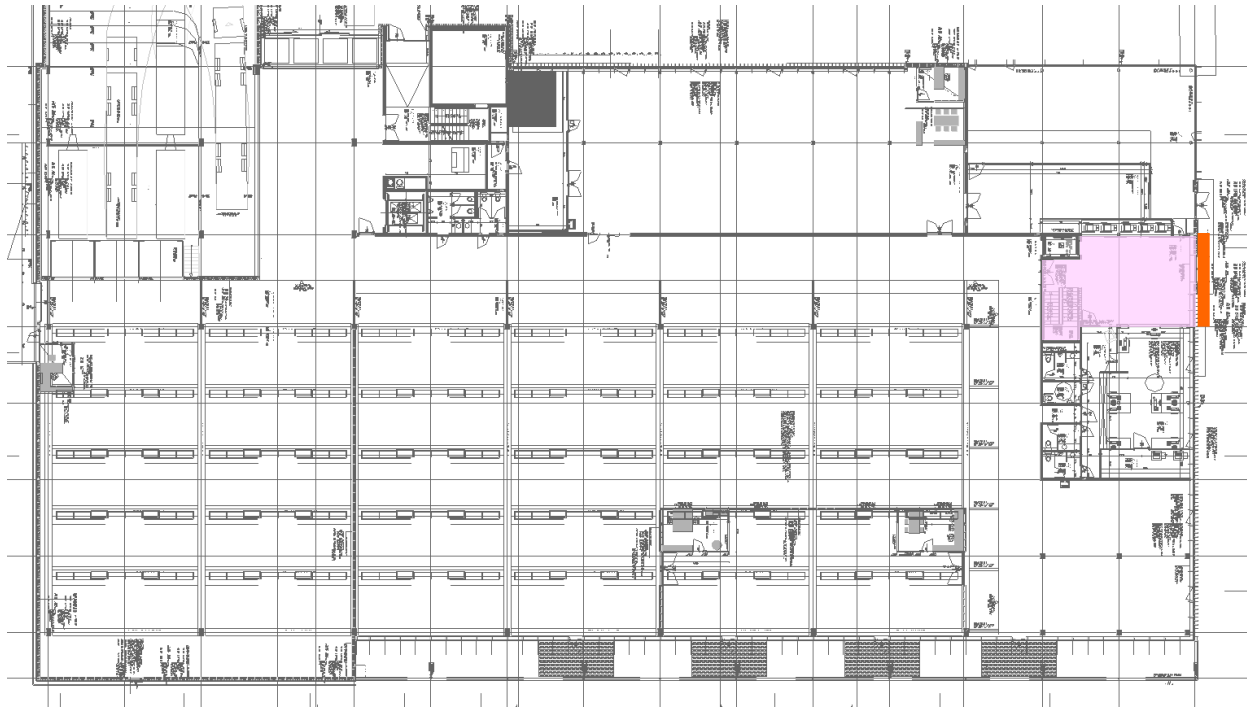
alle Bereiche mit 2-Scheiben WSV  
 $g$ -Wert=0,64  
 Ost: Außenjalousie,  $FC=0,25$   
 Eingangstür Ost: ohne Sonnenschutz  
 Nord: Außenjalousie,  $FC=0,25$   
 mittlere Bauart, keine erhöhte Nachtlüftung

Sonneneintragskennwert:  
 Maximal: 0,19  
 Vorhanden: 0,0996  
 Nachweis erfüllt

„Büro EG“

2-Scheiben SSV,  $g$ -Wert=0,33  
 innenliegender Sonnenschutz mind.  $FC=0,9$   
 mittlere Bauart, keine erhöhte Nachtlüftung

Sonneneintragskennwert:  
 Maximal: 0,104  
 Vorhanden: 0,1011  
 Nachweis erfüllt



## 2.5 Raum 5: Foyer EG/ZG

Wärmeschutzverglasung,  $g=0,64$   
ohne zusätzlichen Sonnenschutz

Wärmeschutzverglasung,  $g=0,64$  +  
innenliegender Sonnenschutz  $F_c=0,75+$   
feststehender Sonnenschutz durch  
vorgelegerte Lamellen

### „Foyer EG/ZG“

alle Bereiche mit 2-Scheiben WSV

$g$ -Wert=0,64

EG Ost: ohne Sonnenschutz  $F_c= 1,00$

ZG Ost: 50 % der Fensterfläche verschattet,  
zusätzlich innenliegender Sonnenschutz,  
 $F_c=0,75$

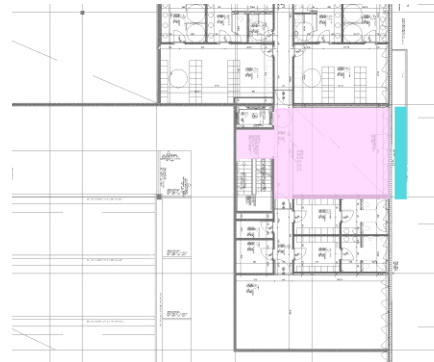
schwere Bauart, erhöhte Nachtlüftung

Sonneneintragskennwert:

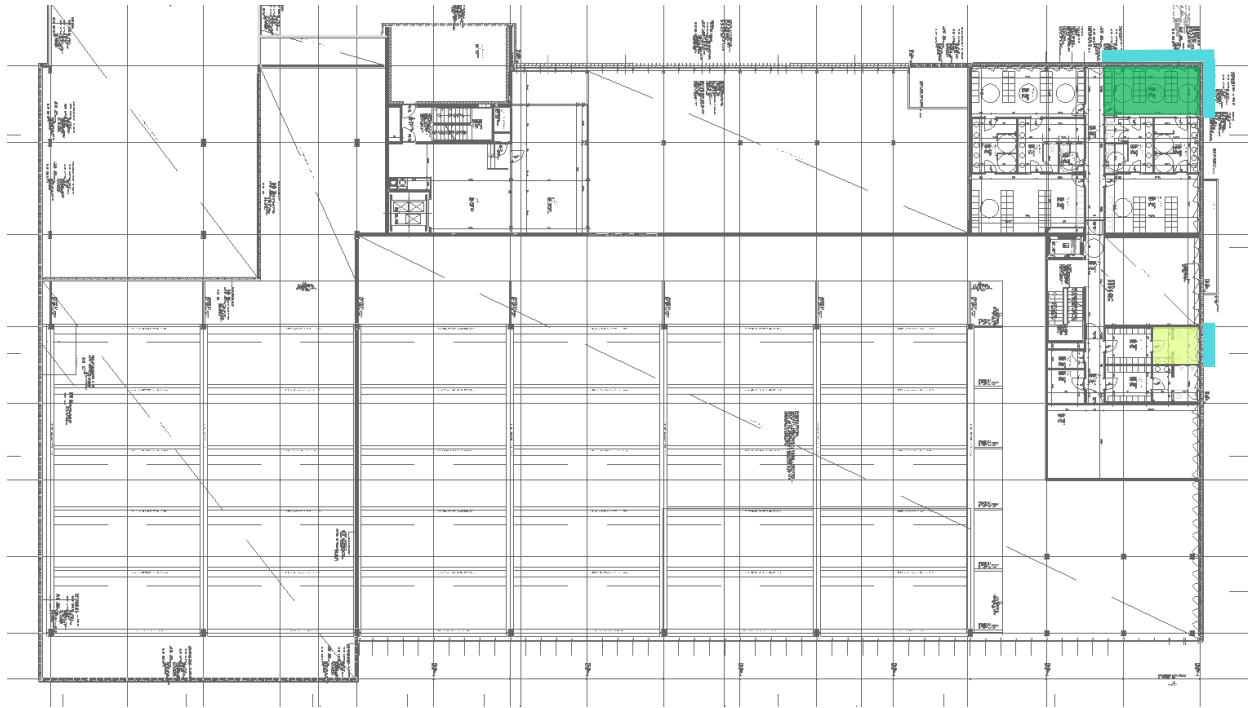
Maximal: 0,112

Vorhanden: 0,1113

Nachweis erfüllt







**2.6 Raum 6: Umkleide Nord-Ost ZG**

**2.7 Raum 7: WC ZG.12 Ost**

Wärmeschutzverglasung,  $g=0,64$  +  
innenliegender Sonnenschutz  $F_c=0,75+$   
feststehender Sonnenschutz durch  
vorgelegte Lamellen

**„Umkleide Nord-Ost ZG“**

alle Bereiche mit 2-Scheiben WSV  
 $g$ -Wert=0,64  
 innenliegender Sonnenschutz  $F_c= 0,75$   
 50 % der Fensterfläche verschattet  
 mittlere Bauart, keine erhöhte Nachtlüftung

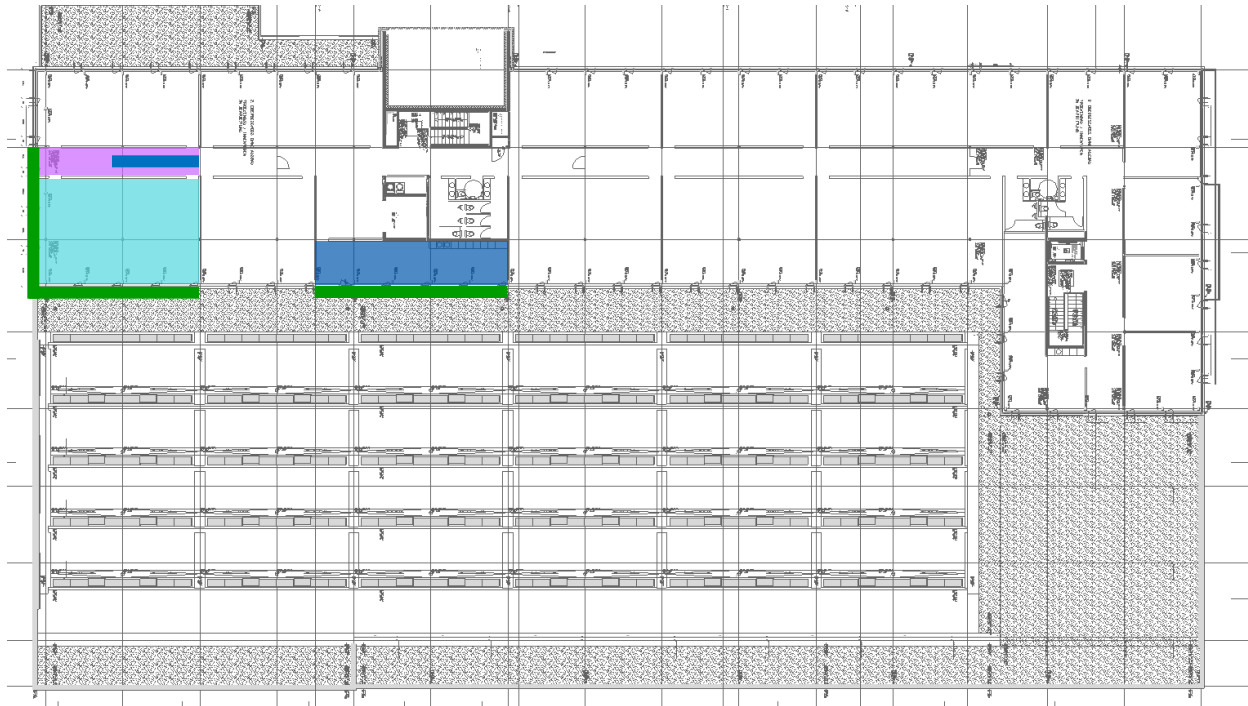
Sonneneintragskennwert:  
 Maximal: 0,180  
 Vorhanden: 0,1717  
 Nachweis erfüllt

**„WC ZG.12“**

2-Scheiben WSV,  $g$ -Wert=0,64  
 innenliegender Sonnenschutz mind.  $F_c= 0,75$   
 50 % der Fensterfläche verschattet  
 mittlere Bauart, erhöhte Nachtlüftung

Sonneneintragskennwert:  
 Maximal: 0,151  
 Vorhanden: 0,1495  
 Nachweis erfüllt





**2.8 Raum 8: Montage Süd-West OG**

**2.9 Raum 9: Aufenthalt/Teeküche OG**

**2.10 Raum 10: Flur OG**

- █ Wärmeschutzverglasung , g=0,64  
+ Außenjalousien FC=0,25
- █ Wärmeschutzverglasung , g=0,44  
ohne zusätzlichen Sonnenschutz

**„ Montage Süd-West OG“**

alle Bereiche mit 2-Scheiben WSV  
g-Wert=0,64  
Außenjalousie, Fc= 0,25  
mittlere Bauart, keine erhöhte Nachtlüftung

Sonneneintragskennwert:  
Maximal: 0,114  
Vorhanden: 0,588  
Nachweis erfüllt

**„ Aufenthalt/Teeküche OG“**

2-Scheiben WSV, g-Wert=0,64  
Außenjalousie, Fc= 0,25  
mittlere Bauart, keine erhöhte Nachtlüftung

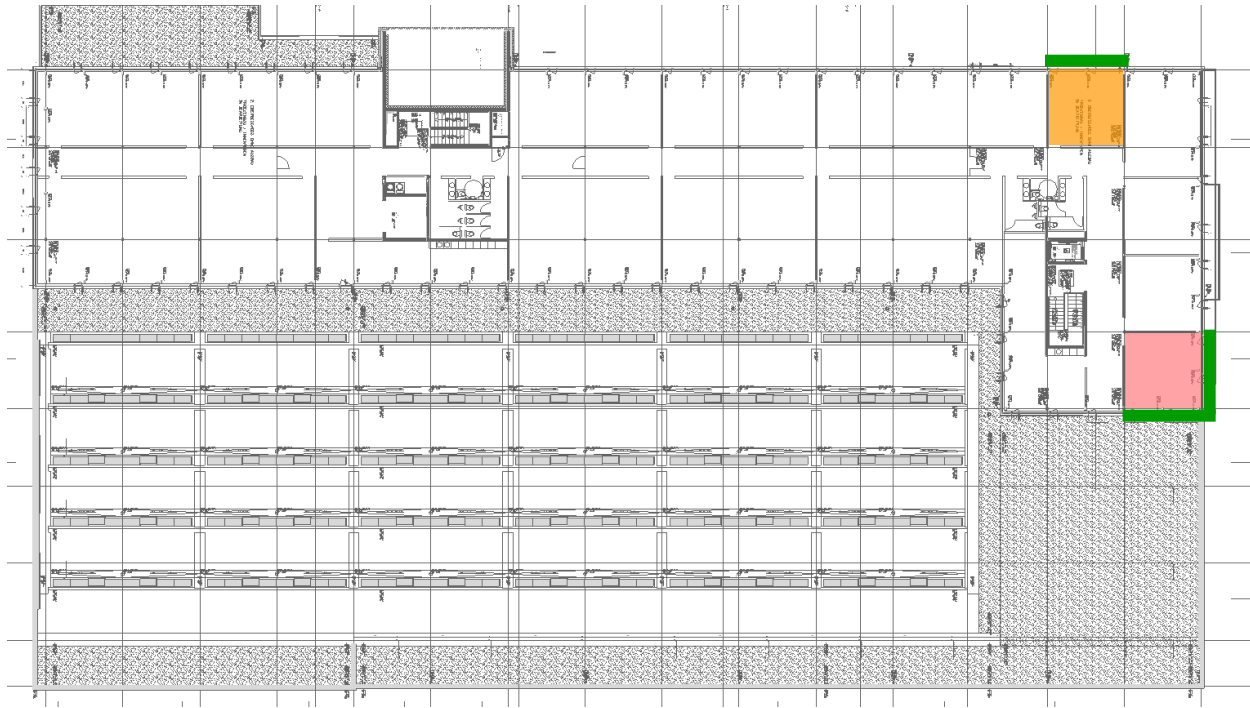
Sonneneintragskennwert:  
Maximal: 0,139  
Vorhanden: 0,086  
Nachweis erfüllt

**„ Flur OG“**

West: 2-Scheiben WSV, g-Wert=0,64  
Shed: 2-Scheiben WSV g-Wert=0,44

West: Außenjalousie, Fc= 0,25  
Shed: ohne Sonnenschutz, Fc= 1,00  
mittlere Bauart, keine erhöhte Nachtlüftung

Sonneneintragskennwert:  
Maximal: 0,213  
Vorhanden: 0,2006  
Nachweis erfüllt



**2.11 Raum 11: Büro Nord OG**

**2.12 Raum 12: Büro Süd-Ost OG**

— Wärmeschutzverglasung , g=0,64  
+ Außenjalousien FC=0,25

**„ Büro Nord OG“**

alle Bereiche mit 2-Scheiben WSV  
g-Wert=0,64  
Außenjalousie, Fc= 0,25  
mittlere Bauart, keine erhöhte Nachtlüftung

Sonneneintragskennwert:  
Maximal: 0,212  
Vorhanden: 0,0515  
Nachweis erfüllt

**„ Büro Süd-Ost OG“**

2-Scheiben WSV, g-Wert=0,64  
Außenjalousie, Fc= 0,25  
mittlere Bauart, keine erhöhte Nachtlüftung

Sonneneintragskennwert:  
Maximal: 0,146  
Vorhanden: 0,0957  
Nachweis erfüllt

## **ISAR-WÜRM-LECH IWL Neubau eines Büro- und Produktionsgebäudes**

Bauherr:  
ISAR-WÜRM-LECH IWL  
Werkstätten für behinderte Menschen  
GmbH  
Landsberg am Lech / Hauptverwaltung  
Rudolf-Diesel-Str. 1  
86899 Landsberg am Lech

Architekt:  
Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH  
Sportplatzweg 5  
A-6858 Schwarzach

Aussteller:  
Ingenieurbüro Hausladen GmbH  
Feldkirchener Straße 7a  
85551 Kirchheim

Tischvorlage 16:  
**Bericht zum Nachweis des  
Wärmeschutzes nach EnEV 2009,  
Endabzug**

Aufgestellt  
Kirchheim, 22.07.2014

Ingenieurbüro Hausladen GmbH



| Inhalt   | Seite |
|--|-------|
| Einleitung   | 3     |
| Gebäudebeschreibung /<br>allgemeine Gebäudedaten           | 4     |
| Allgemeine Anforderungen an<br>Nichtwohngebäude            | 5     |
| Vorbemerkungen zur Nachweisführung                         | 8     |
| Gebäudezonen   | 9     |
| Gebäudedämmstandards                                       | 14    |
| Bauteile der thermischen Gebäudehülle /<br>Übersichtspläne | 18    |
| Anlagentechnik   | 25    |
| Endenergiebedarf   | 27    |
| Primärenergiebedarf  | 28    |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen                                | 29    |
| EnEV-Nachweis  | 30    |
| Nachweis gemäß EEWärmeG                                    | 31    |

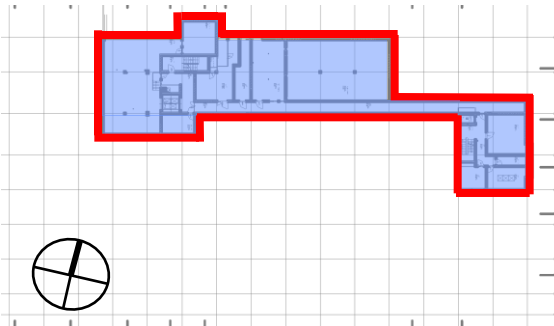
## 1.0 Einleitung

Für den Neubau des Büro- und Produktionsgebäudes IWL in Landsberg wurde ein bedarfsorientierter Energieausweis nach dem Regelverfahren für Nichtwohngebäude nach EnEV 2009, § 4 und Anlage 2, Nr.2 zur Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs und des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsflächen erstellt.





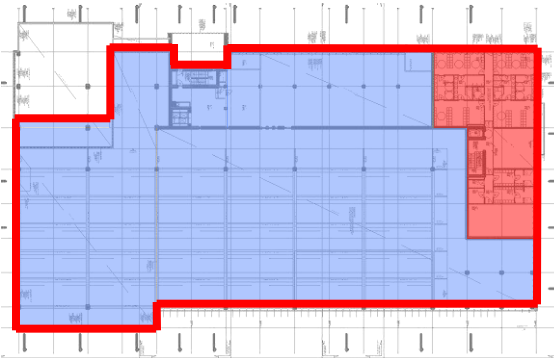
## Verlauf der thermischen Hülle



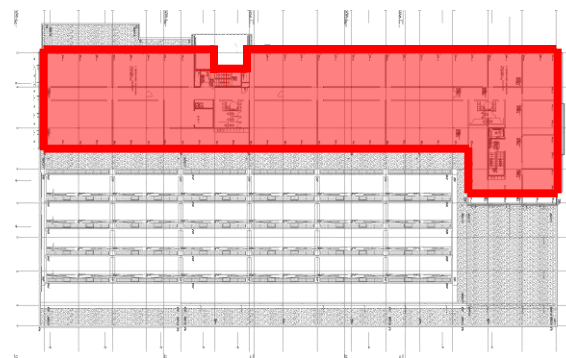
Grundriss Untergeschoss



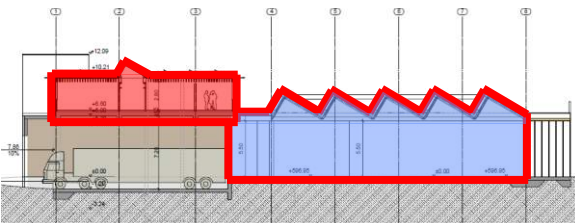
Grundriss Erdgeschoss



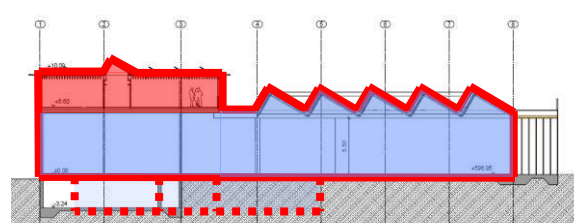
Grundriss Zwischengeschoss



Grundriss Obergeschoss



Schnitt A-A



Schnitt B-B

## 2.0 Gebäudebeschreibung

Die erdgeschossige Produktionshalle mit einem rechteckigen Grundriss ist zur Tageslichtversorgung mit nach Norden orientierten Sheddächern versehen, während die sich L-förmig angliedernden 2-geschossigen Lager, Büro- und Sozialräume über ein Flachdach verfügen. Das Gebäude ist teilunterkellert. Die thermische Gebäudehülle umfasst bis auf die Anlieferungszone im Erdgeschoss das gesamte Gebäude. Die Bereiche des Untergeschosses, der Produktion und der Kommissionierschreinerei werden niedrig beheizt. Die Bereiche Verkauf und Büro, Sanitär und Montage werden normal beheizt.

## 2.1 Allgemeine Gebäudedaten

|                      |                  |                       |
|----------------------|------------------|-----------------------|
| beheizte Hüllfläche  | A                | 13.912 m <sup>2</sup> |
| Nettoluftvolumen     | V                | 32.638 m <sup>3</sup> |
| Bruttovolumen        | V <sub>e</sub>   | 41.291 m <sup>3</sup> |
| Nettogrundfläche     | A <sub>NGF</sub> | 7.174 m <sup>2</sup>  |
| A/Ve                 |                  | 0,34                  |
| Fensterflächenanteil | FF               | 22 %                  |

- Verlauf der thermischen Hülle
- Normal beheizt >19 °C
- Niedrig beheizt 12°C-19°C

### 3.0 Allgemeine Anforderungen an Nichtwohngebäude

#### 3.1 EnEV 2009

Prinzipiell müssen bei der Planung nur die vorgeschriebenen Mindestwerte der derzeit gültigen EnEV eingehalten werden. Für zu errichtende Nichtwohngebäude heißt das, dass

- der Jahres-Primärenergiebedarf des Gebäudes (Q<sub>p</sub>) den Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie nicht überschreiten darf,

- die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche nach Anlage 2 Tabelle 2 nicht überschritten werden dürfen (EnEV § 4).

Mit der EnEV 2009 wurden die Anforderungen an den Energiestandard der Gebäude bereits um 30% gegenüber der EnEV 2007 verschärft. Mit der geplanten EnEV 2012 sollen die Anforderungen eventuell weiter verschärft werden.

Aus diesem Grund ist es sinnvoll, heute für das Gebäude eine Zielvorgabe für den maximalen jährlichen Primärenergiebedarf zu setzen, der besser als der derzeit geforderte EnEV Wert ist.

#### 3.2 EEWärmeG

Mit dem am 01.01. 2009 in Kraft getretenen und am 15.07.2009 sowie 12.04.2011\* und 22.12.2011\* geänderten Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) sind Eigentümer von Neubauten mit einer Nutzfläche von mehr als 50 m<sup>2</sup> verpflichtet, den Wärme- und Kälteenergiebedarf in unterschiedlichen Umfang aus erneuerbaren Energien zu decken (Nutzungspflicht nach § 3 Abs. 1 EEWärmeG).

Statt des Einsatzes der erneuerbaren Energien kann unter anderem durch folgende Ersatzmaßnahmen nach § 7 die Nutzungspflicht erfüllt werden:

- Deckung des Wärme- und Kälteenergiebedarfs zu 100% aus Nah- oder Fernwärme bzw. -kälte, die zu mindestens 50% aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen stammt
- Maßnahmen zur Einsparung von Energie: Unterschreitung der jeweils gültigen Anforderungen der EnEV um mindestens 15 %.

Nach §8 ist auch die Kombination von erneuerbaren Energien und Ersatzmaßnahmen zur Erfüllung der Nutzungspflicht zulässig, wenn die prozentualen Anteile der tatsächlichen Nutzung in der Summe 100 ergeben.

\* Diese Änderungen gelten nur für Gebäude, deren Bauantrag am 01.05.2011 oder später gestellt wurde.

#### 3.3 Photovoltaik

Gemäß § 5 der EnEV 2009 darf der Strom aus erneuerbaren Energien von dem Endenergiebedarf abgezogen werden, wenn er

1. im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zu dem Gebäude erzeugt und
2. vorrangig in dem Gebäude selbst genutzt und nur die überschüssige Energiemenge in ein öffentliches Netz eingespeist wird.

Es darf jedoch höchstens die Strommenge angerechnet werden, die dem berechneten Strombedarf der jeweiligen Nutzung entspricht.

Bei dem Neubau ist eine PV Anlage geplant, die jedoch derzeit nicht zur Ausführung kommt.

Aus diesem Grund wird sie nicht bei dem Energienachweis berücksichtigt.

### 3.4 Maßgebende Normen und Verordnungen

#### - Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV 2009)

##### - DIN V18599: 2007

Energetische Bewertung von Gebäuden

Teil 1:

Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger

Teil 2:

Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen

Teil 3:

Nutzenergiebedarf für die energetische

Luftaufbereitung

Teil 4:

Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung

Teil 5:

Endenergiebedarf von Heizsystemen

Teil 6:

Endenergiebedarf von Wohnungslüftungsanlagen und Luftheizungsanlagen für den Wohnungsbau

Teil 7:

Endenergiebedarf von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau

Teil 8:

Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen

Teil 9:

End- und Primärenergiebedarf von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen

Teil 10:

Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten

### 3.5 Gebäude-Kenngrößen, Anforderungen an Nichtwohngebäude (§ 4 EnEV 2009)

Der öffentlich rechtliche Nachweis geht von den standardisierten Randbedingungen der Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV 2009) in Kombination mit der DIN V18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung“ aus. Das Ergebnis weist daher nicht den tatsächlichen Energiebedarf bzw. Energieverbrauch aus.

Gemäß der Energieeinsparverordnung sind:

- der Jahres-Primärenergiebedarf und

-die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche

zu begrenzen und nachzuweisen.

### 3.6 Mindestwärmeschutz, Wärmebrücken (§ 7 EnEV 2009)

Für alle Bauteile der Wärme übertragenden Umfassungsfläche sind die Wärmedurchgangskoeffizienten U den Regeln der Technik entsprechend zu ermitteln. Diese fließen in den Nachweis der Gebäude-Kenngrößen ein und werden zusätzlich unter dem Gesichtspunkt des Mindestwärmeschutzes auf der Grundlage der DIN 4108 beurteilt. Die im Nachweis beschriebenen und rechnerisch verifizierten Bauteile sind Planungsvorschläge, deren resultierende U-Werte als Bauteil-Anforderung dienen. Einzuhalten ist nicht der beschriebene Aufbau sondern der angegebene U-Wert.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 ist an jeder Stelle der Wärme übertragenden Gebäudehülle einzuhalten.

Als Grundlage für die Planung des Architekten dient dabei das Beiblatt 2 zu DIN 4108. Besonderes Augenmerk ist auf alle aus der wärmeübertragenden Hülle auskragenden Konstruktionsbauteile zu richten. Diese sind, soweit dies konstruktiv und unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten möglich ist, stets in der Wärmedämmebene des jeweiligen Außenbauteils thermisch zu trennen. Ist die thermische Trennung nicht möglich, sind Flankendämmungen entsprechend den Regeln der Technik zu berücksichtigen.



### **3.7 Sommerlicher Wärmeschutz, Gebäude nach § 4 EnEV**

Gemäß Energieeinsparverordnung EnEV 2009 §4 sind zu errichtende Nichtwohngebäude so auszuführen, dass die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach Anlage 2 Nummer 4 eingehalten werden. Die Berechnung des Sonneneintragswertes erfolgt für jede Gebäudezone gemäß DIN 4108-2: 2003-07.

Der Nachweis für die Begrenzung der solaren Wärmeeinträge ist für „kritische Räume“ bzw. Raumbereiche an der Außenfassade, die der Sonneneinstrahlung besonders ausgesetzt sind, durchzuführen. Aus den Ergebnissen dieser Räume lassen sich Aussagen über nicht berechnete Räume ableiten.

Der Bericht zum Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes wurde in der Tischvorlage 15 vom 12.05.2014 zusammengefasst..

Auf Grundlage der Berechnungen des sommerlichen Wärmeschutzes und der Erkenntnisse aus den thermischen Simulationen wurde ein Sonnenschutzkonzept für den Neubau des Büro- und Produktionsgebäudes IWL Landsberg erarbeitet.

## 4.0 Vorbemerkungen und Hinweise zur Nachweisführung

### 4.1 Berechnungsgrundlagen

Bei dem Neubau handelt es sich um ein Nichtwohngebäude. Der Primärenergiebedarf des Gebäudes wurde mit Hilfe der DIN V 18599 berechnet. Der Gebäudekomplex wurde in 11 Zonen aufgeteilt.

Die Zonen 1,2,4,5 und 6 (Schreinerei, Nebenflächen, Lackiererei, Kommissionierschreinerei, Server) wurden als niedrig beheizte Zonen definiert und gemäß DIN V 18599-10, Tabelle 5 mit einer Raum-Solltemperatur im Heizfall von 17 °C angesetzt.

Gemäß DIN V 18599-10 ist für bestimmte Zonen die Übernahme der Nutzungs- und Betriebszeiten aus der Tabelle 4 des Nutzungsprofils einer übergeordneten Nutzung erlaubt, falls dies eine sich aus dem Nutzungskonzept des Gebäudes ergebende sinnvolle Annahme darstellt.

Die Nutzungs- und Betriebszeiten der Zone 8 (Shop), wurden deshalb an die Nutzungs- und Betriebszeiten der Hauptnutzungszone 1 (Schreinerei) angepasst.

Die Berechnungen basieren auf dem Planungsstand vom 16.05.2013 sowie den Nutzungsrandbedingungen nach DIN V 18599-10, Tabelle 4. Außerdem flossen bauteilbezogene Erkenntnisse der Planungsabstimmungen ein.

Die Daten wurden in das Programm Dämmwerk übertragen und der Primärenergiebedarf des Gebäudes errechnet.

### 4.2 Vorgehensweise bei der U-Wertberechnung

U-Werte wurden anhand der genannten Planunterlagen beschriebenen Bauteilaufbauten rechnerisch ermittelt. Bei fehlenden Angaben wurden Standardwerte angesetzt.

Für die Verglasungsflächen wurden U-Werte gemäß LV Vorgaben angesetzt. Da sich aus physikalischen Gründen der U-Wert von Verglasungen beim geneigten Einbau verschlechtert, wurde der U-Wert für die Shedverglasung entsprechend erhöht.

### 4.3 Allgemeine Randbedingungen

Die Berechnung erfolgte unter folgenden Voraussetzungen:

- Nichtwohngebäude mit normalen und niedrigen Innentemperaturen
- Gebäudedichtheit: Regelwert, Kategorie II, ohne Dichtheitsprüfung  
 $n_{50}=4,00h^{-1}$
- Windschutzkoeffizient: mittlere Abschirmung, mehr als eine exponierte Fassade,  $e_{WIND}=0,07$

- Wärmebrücken:  
pauschaler Zuschlag  $\Delta U_{WB}= 0,10 W/m^2K$
- bauliche Verschattung:  
der Abminderungsfaktor  $F_s$  wurde pauschal mit  $F_s=0,9$  angesetzt
- Verbauungsindex:  
wird nach EnEV 2007, A2, Tab.3 vereinfacht mit  $I_v = 0,9$  angenommen
- Bauweise:  
Standardwert,  $c_{wirk}= 50 Wh/m^2K$
- Temperatur – Korrekturfaktoren  $F_x$  für Bauteile:

|   |      |
|---|------|
| Bodenplatte UG gegen Erdreich           | 0,40 |
| Bodenplatte gedämmt EG gegen Erdreich   | 0,50 |
| Bodenplatte ungedämmt EG gegen Erdreich | 0,15 |
| Decke nach oben gegen Unbeheizt         | 0,80 |
| Decke nach unten gegen Unbeheizt        | 0,50 |
| KW gegen Erdreich, gedämmt              | 0,60 |
| KW gegen Erdreich, ungedämmt            | 0,40 |
| Wände gegen Unbeheizt                   | 0,50 |
| Türen, Tore gegen Unbeheizt             | 0,50 |
| Bauteile gegen Außenluft                | 1,00 |

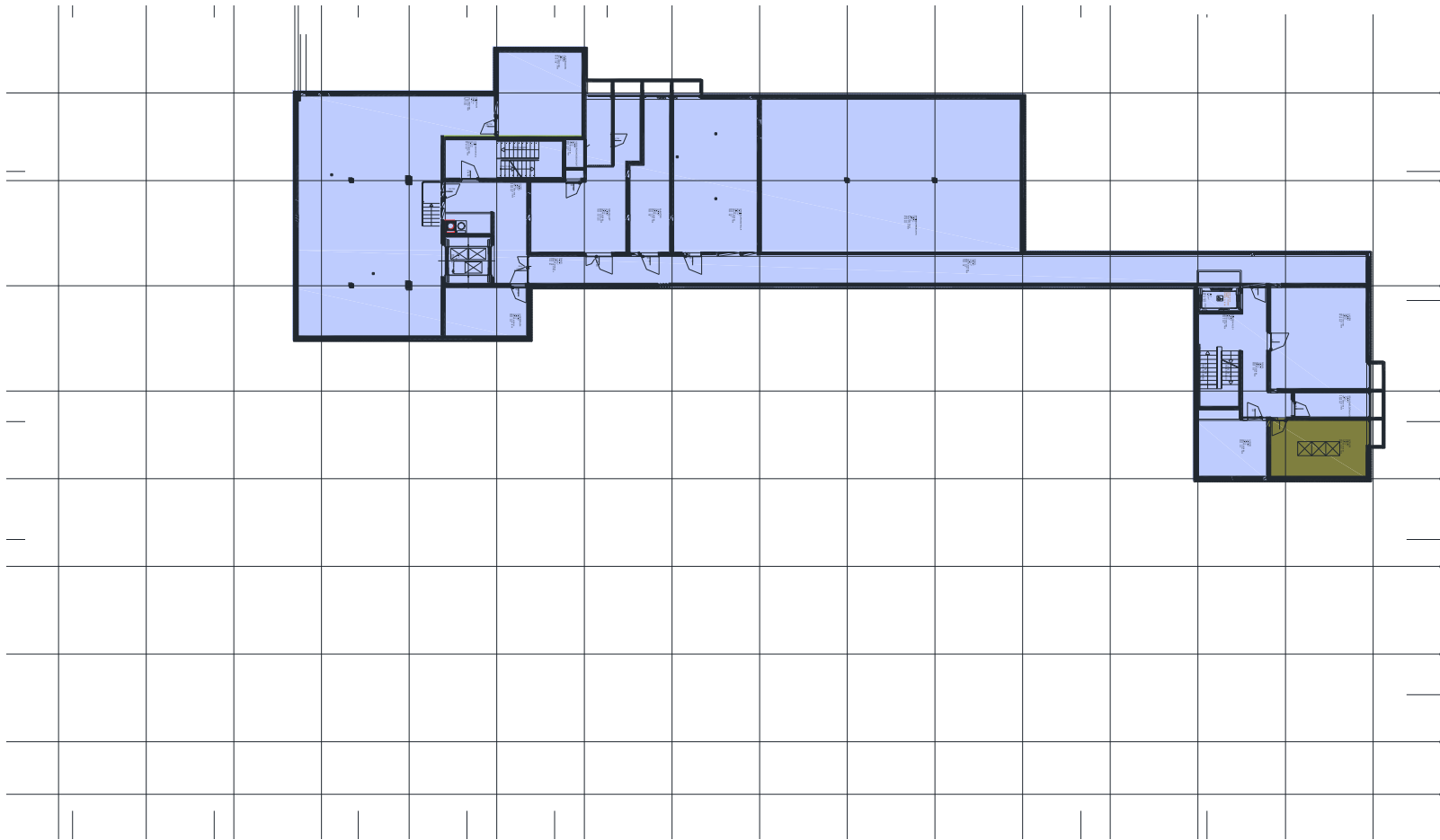
## 5.0 Gebäudezonen nach DIN V 18599-1












| Zone<br>d/a | Zonenbezeichnung<br>d/a                   | Nutzung nach DIN V<br>18599-10/<br>Tabelle 4 | Tnutz<br>d/a | ANGF<br>m <sup>2</sup> | V<br>m <sup>3</sup> | V <sub>e</sub><br>m <sup>3</sup> |
|-------------|---|--|--------------|------------------------|---------------------|----------------------------------|
| 1           | Schreinerei, niedrig beheizt              | Werkstatt                                    | 250          | 1.975                  | 12.763              | 15.265                           |
| 2           | Nebenflächen, niedrig beheizt             | Nebenfläche                                  | 250          | 2.133                  | 9.965               | 12.772                           |
| 3           | WC-Räume EG /OG, normal beheizt           | Sanitärraum                                  | 250          | 100                    | 286                 | 395                              |
| 4           | Lackiererei, niedrig beheizt              | Werkstatt                                    | 250          | 62                     | 179                 | 214                              |
| 5           | Kommissionierschreinerei, niedrig beheizt | Werkstatt                                    | 250          | 429                    | 2.573               | 3.138                            |
| 6           | Server, niedrig beheizt                   | Serverraum                                   | 365          | 28                     | 79                  | 116                              |
| 7           | Gruppenbüros, normal beheizt              | Gruppenbüro                                  | 250          | 315                    | 866                 | 1.189                            |
| 8           | Shop, normal beheizt                      | Einzelhandel                                 | 250*         | 165                    | 455                 | 615                              |
| 9           | Montage, normal beheizt                   | Werkstatt                                    | 250          | 933                    | 2.566               | 3.508                            |
| 10          | Nebenflächen, normal beheizt              | Nebenfläche                                  | 250          | 759                    | 2.226               | 3.028                            |
| 11          | Umkleiden, Sanitär ZG, normal beheizt     | Sanitärraum                                  | 250          | 276                    | 680                 | 1.051                            |
|             |   |  |              | <b>7.174</b>           | <b>32.638</b>       | <b>41.291</b>                    |

\*Übernahme der Nutzungs- und Betriebszeiten der übergeordneten Nutzung gemäß DIN V 18599-10, Tab. 4

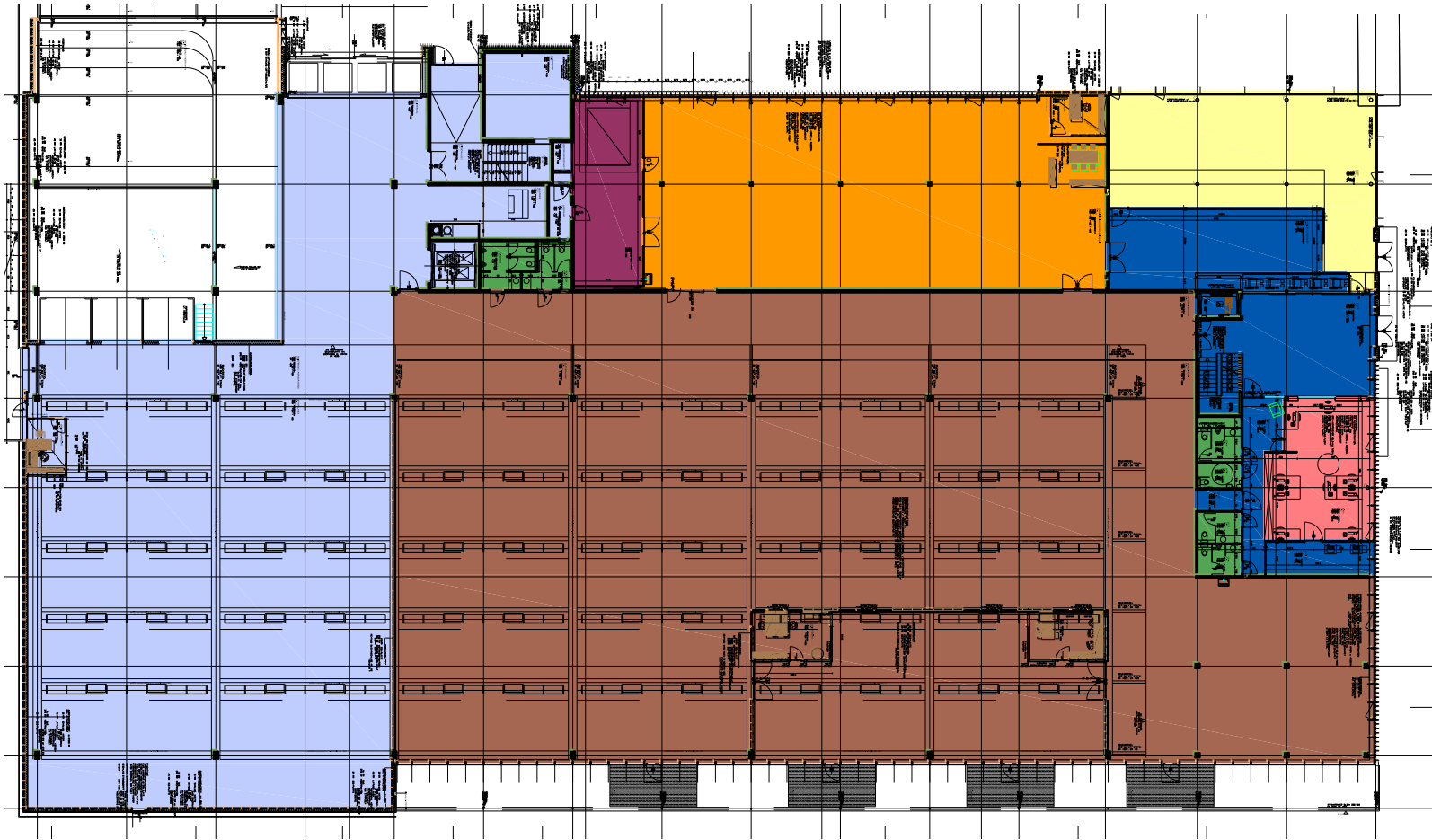
t<sub>nutz</sub>: Nutzungstage /Jahr [d/a]  
 ANGF: Nettogrundfläche [m<sup>2</sup>]  
 V : Nettoluftvolumen [m<sup>3</sup>]  
 V<sub>e</sub> : Bruttovolumen [m<sup>3</sup>]












## 5.1 Zoneneinteilung Untergeschoss



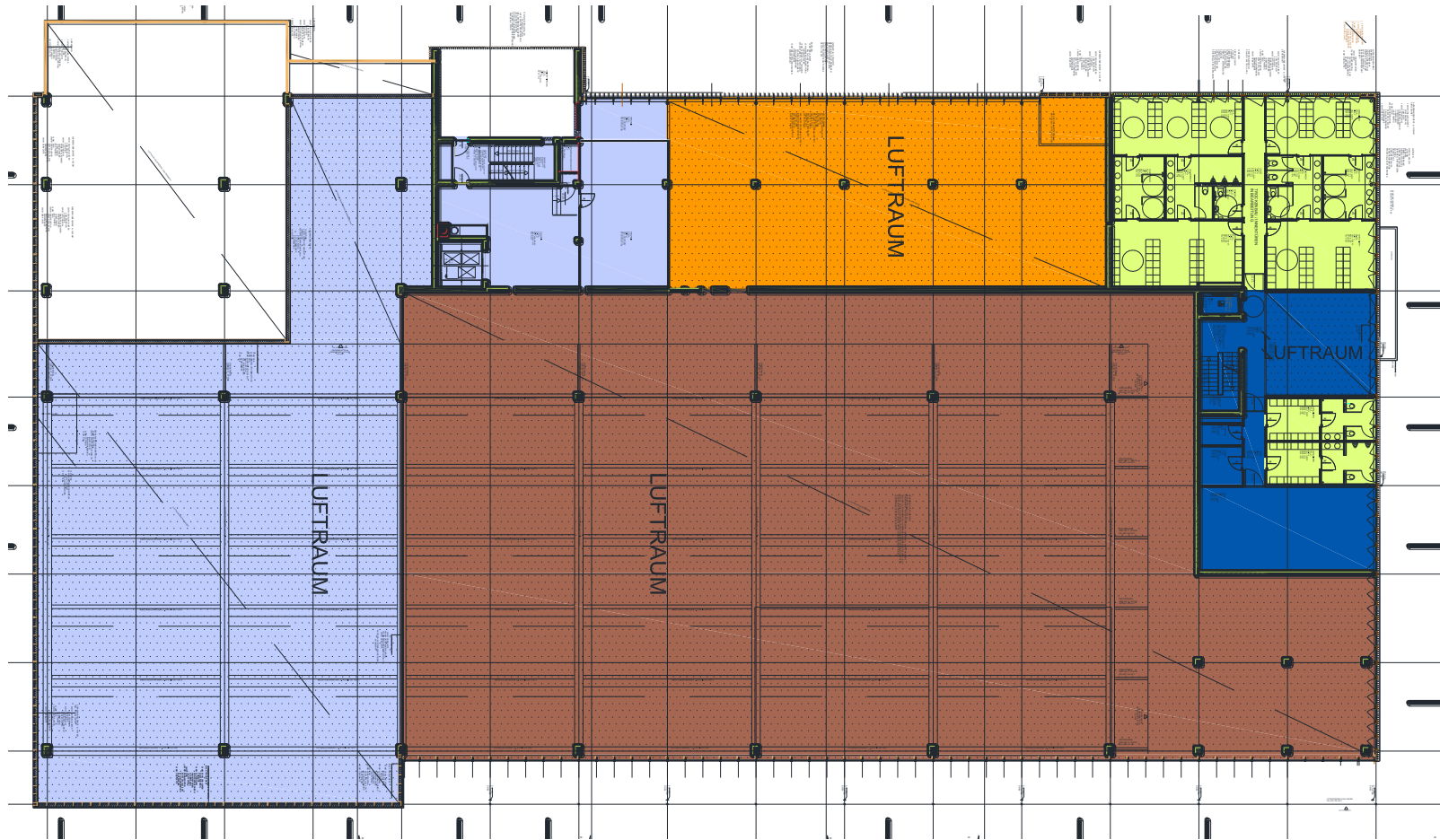
- |  |   |  |
|--|---|--|
|  Zone 1: Schreinerei, niedrig beheizt    |  Zone 5: Kommissionierschreinerei, niedrig beheizt |  Zone 9: Montage, normal beheizt                |
|  Zone 2: Nebenflächen, niedrig beheizt   |  Zone 6: Server, niedrig beheizt                   |  Zone 10: Nebenflächen, normal beheizt          |
|  Zone 3: WC-Räume EG /OG, normal beheizt |  Zone 7: Gruppenbüros, normal beheizt              |  Zone 11: Umkleiden, Sanitär ZG, normal beheizt |
|  Zone 4: Lackiererei, niedrig beheizt    |  Zone 8: Shop, normal beheizt                      |  |












## 5.2 Zoneneinteilung Erdgeschoss



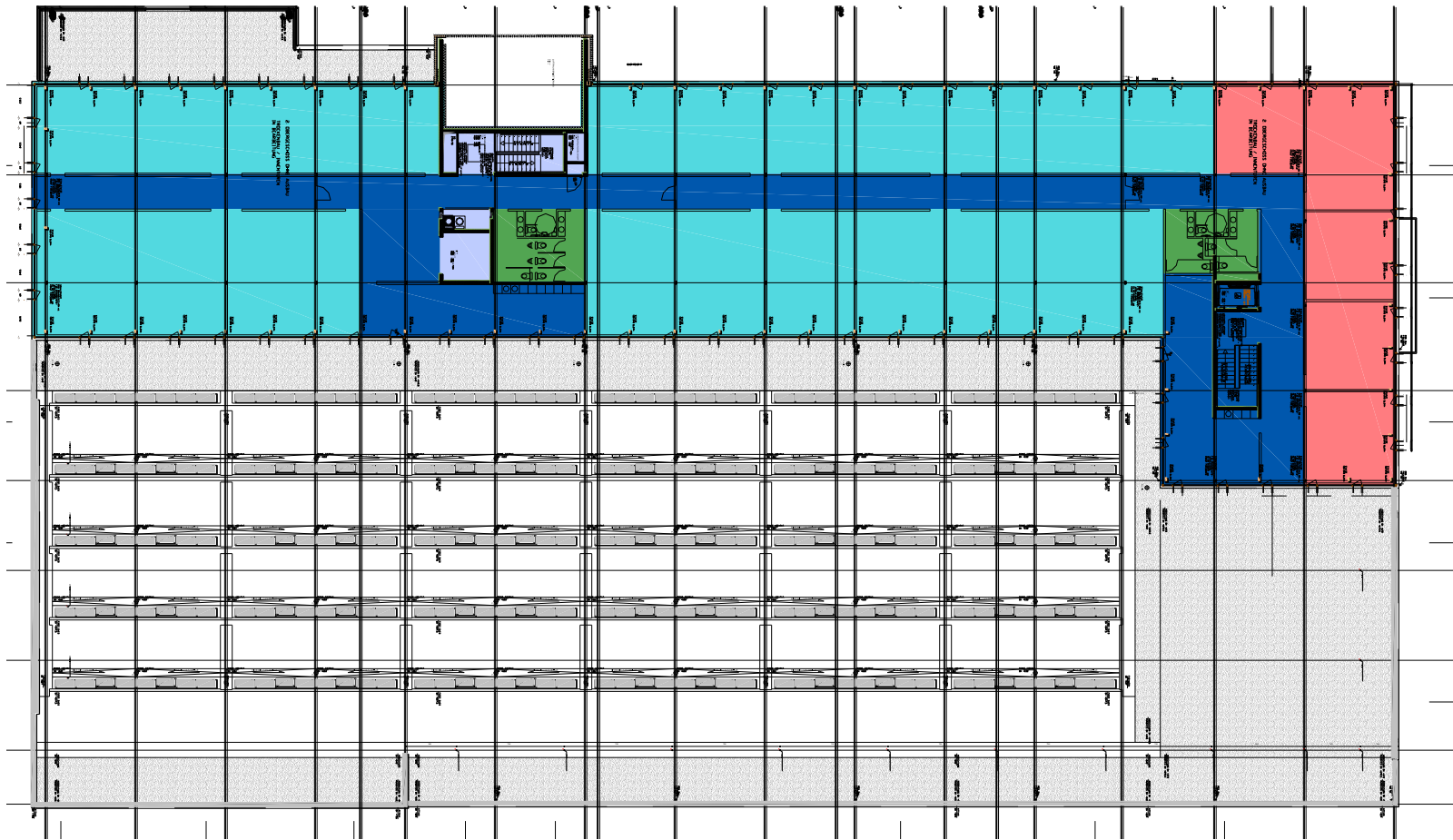
- |  |   |  |
|--|---|--|
|  Zone 1: Schreinerei, niedrig beheizt    |  Zone 5: Kommissionierschreinerei, niedrig beheizt |  Zone 9: Montage, normal beheizt                |
|  Zone 2: Nebenflächen, niedrig beheizt   |  Zone 6: Server, niedrig beheizt                   |  Zone 10: Nebenflächen, normal beheizt          |
|  Zone 3: WC-Räume EG /OG, normal beheizt |  Zone 7: Gruppenbüros, normal beheizt              |  Zone 11: Umkleiden, Sanitär ZG, normal beheizt |
|  Zone 4: Lackiererei, niedrig beheizt    |  Zone 8: Shop, normal beheizt                      |  |












### 5.3 Zoneneinteilung Zwischengeschoss



- |  |   |  |
|--|---|--|
|  Zone 1: Schreinerei, niedrig beheizt    |  Zone 5: Kommissionierschreinerei, niedrig beheizt |  Zone 9: Montage, normal beheizt                |
|  Zone 2: Nebenflächen, niedrig beheizt   |  Zone 6: Server, niedrig beheizt                   |  Zone 10: Nebenflächen, normal beheizt          |
|  Zone 3: WC-Räume EG /OG, normal beheizt |  Zone 7: Gruppenbüros, normal beheizt              |  Zone 11: Umkleiden, Sanitär ZG, normal beheizt |
|  Zone 4: Lackiererei, niedrig beheizt    |  Zone 8: Shop, normal beheizt                      |  |

## 5.4 Zoneneinteilung Obergeschoss



- |  |   |  |
|--|---|--|
|  Zone 1: Schreinerei, niedrig beheizt    |  Zone 5: Kommissionierschreinerei, niedrig beheizt |  Zone 9: Montage, normal beheizt                |
|  Zone 2: Nebenflächen, niedrig beheizt   |  Zone 6: Server, niedrig beheizt                   |  Zone 10: Nebenflächen, normal beheizt          |
|  Zone 3: WC-Räume EG /OG, normal beheizt |  Zone 7: Gruppenbüros, normal beheizt              |  Zone 11: Umkleiden, Sanitär ZG, normal beheizt |
|  Zone 4: Lackiererei, niedrig beheizt    |  Zone 8: Shop, normal beheizt                      |  |

**6.0 Gebäudedämmstandards  
opake Bauteile**

| Bauteile der thermischen Gebäudehülle   | Fläche A [m <sup>2</sup> ] | Dämmstoffdicke [cm] + Wärmeleitfähigkeit Dämmstoff [W/mK] | Erreichter U-Wert [W/m <sup>2</sup> K] |
|---|----------------------------|---|--|
| B1.1: BP UG ungedämmt auf Erdreich  | 1054                       | STB 40 cm ungedämmt                                       | 2,829                                  |
| B1.2: BP EG gedämmt auf Erdreich  | 1042                       | 10 cm XPS, WLG 037  | 0,334                                  |
| B1.3: BP EG ungedämmt auf Erdreich  | 2214                       | STB 25 cm ungedämmt                                       | 3,407                                  |
| B2.1: Decke nach unten gegen unbeheizt  | 310                        | 15 cm Tektalan WLG ca. 042                                | 0,258                                  |
| B2.2: Decke nach oben gegen unbeheizt   | 55                         | 20 cm MiWo, WLG 035                                       | 0,166                                  |
| B3.1: KW Beton gedämmt gegen Erdreich   | 846                        | 10 cm XPS, WLG 037  | 0,336                                  |
| B3.2: KW Beton ungedämmt gegen Erdreich   | 78                         | STB 25 cm ungedämmt                                       | 4,348                                  |
| B4.1: AW Beton gegen unbeheizt mit 18 cm Dämmung                                  | 100                        | 18 cm EPS, WLG 035  | 0,181                                  |
| B4.2: AW Holz gegen unbeheizt   | 210                        | 24 cm Zellulosedämmung, WLG 040                           | 0,179                                  |
| B4.3: AW Beton gegen unbeheizt mit 16 cm Dämmung                                  | 8                          | 16 cm EPS, WLG 035  | 0,203                                  |
| B5.1: AW Holz gegen Außenluft   | 1115                       | 24 cm Zellulosedämmung, WLG 040                           | 0,177                                  |
| B5.2: AW Holz gegen Außenluft (Umkleiden/Sanitär ZG, Eingang Ost Achse 2/3 bis 3) | 121                        | 24+4 cm Zellulosedämmung, WLG 040                         | 0,152                                  |
| B5.3: AW Holz gegen Außenluft (Eingang Ost Achse 3 bis 3/4)                       | 14                         | 26 cm Zellulosedämmung, WLG 040                           | 0,165                                  |
| B5.4: AW Beton gegen Außenluft mit 10 cm Dämmung                                  | 28                         | 10 cm EPS, WLG 035  | 0,358                                  |
| B5.5: AW Beton gegen Außenluft mit 16 cm Dämmung                                  | 26                         | 16 cm EPS, WLG 035  | 0,236                                  |



**6.0 Gebäudedämmstandards  
opake Bauteile**

| Bauteile der thermischen Gebäudehülle                         | Fläche A [m <sup>2</sup> ] | Dämmstoffdicke [cm] + Wärmeleitfähigkeit Dämmstoff [W/mK] | Erreichter U-Wert [W/m <sup>2</sup> K] |
|---|----------------------------|---|--|
| B5.6: AW Holz gegen Außenluft mit 10 +14 cm Dämmung (AW Shed) | 59                         | 14 EPS cm WLG 035 + 10 cm MW WLG 035                      | 0,141                                  |
| B6.1: Sheddach ZG gegen Außenluft                             | 2235                       | 20 EPS cm WLG 035 + 3,5 cm Heraklith WLG 090              | 0,155                                  |
| B6.2: Sheddach OG gegen Außenluft                             | 297                        | 20 EPS cm WLG 035   | 0,159                                  |
| B7.1: Flachdach Beton ZG/OG gegen Außenluft                   | 387                        | 20 cm MW, WLG 035   | 0,165                                  |
| B7.2: Flachdach ZG Holz gegen Außenluft                       | 419                        | 20 cm MW, WLG 035   | 0,142                                  |
| B7.3: Flachdach OG Holz gegen Außenluft                       | 1549                       | 20 MW cm WLG 035 + 3,5 cm Heraklith WLG 090               | 0,143                                  |

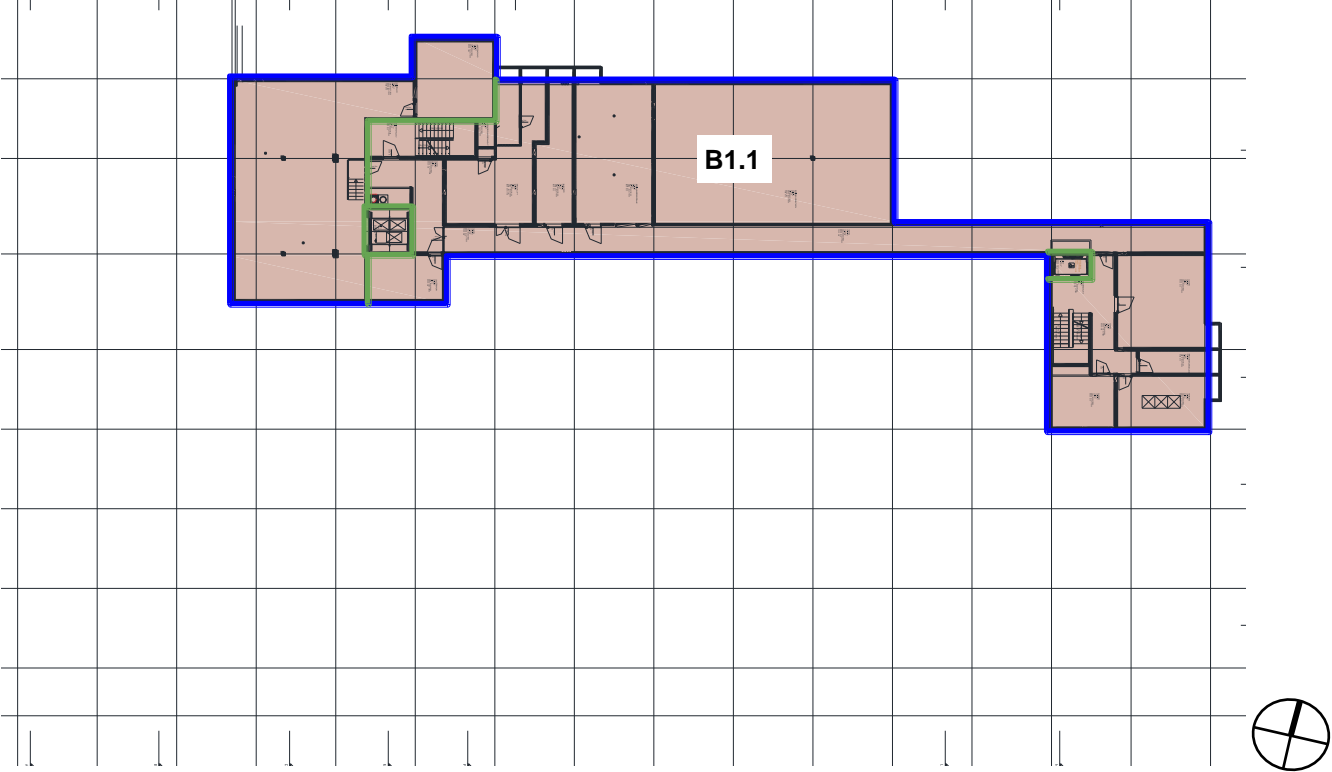
**6.1 Gebäudedämmstandards  
transparente Bauteile**

| Bauteile der thermischen Gebäudehülle   | Fläche A<br>[m <sup>2</sup> ] | Ausführungsart                             | Erreichter U-Wert<br>[W/m <sup>2</sup> K] |
|---|-------------------------------|--|---|
| F1: Verglasungsflächen EG/ZG Nord/Ost mit feststehenden Vertikallamellen (Kommissionierschreinerei /Lackiererei /Schreinerei) | 173                           | 2-Scheiben-WSV, Ug=1,1 W/m <sup>2</sup> K, | 1,3                                       |
| F2: Glasfassade EG/ZG Süd (Schreinerei),<br>(F2.1: Verglasung EG, F2.2: Verglasung Oberlichte und<br>F2.3: Verglasung ZG)     | 325                           | 2-Scheiben-WSV, Ug=1,1 W/m <sup>2</sup> K  | 1,3                                       |
| F3: Glasfassade EG Nord/Ost Shop  | 81                            | 2-Scheiben-WSV, Ug=1,1 W/m <sup>2</sup> K  | 1,3                                       |
| F4: Verglasung/Glastüren EG Nord/Ost/West<br>Eingangsbereich  | 32                            | 2-Scheiben-WSV, Ug=1,1 W/m <sup>2</sup> K  | 1,3                                       |
| F5: Verglasungsflächen EG Ost mit feststehenden<br>Vertikallamellen (Büros)   | 37                            | 2-Scheiben-SSV, Ug=1,1 W/m <sup>2</sup> K  | 1,3                                       |
| F6: Fensterband ZG Nord/Ost mit feststehenden<br>Vertikallamelle (Schreinerei/Sanitär)  | 29                            | 2-Scheiben-WSV, Ug=1,1 W/m <sup>2</sup> K  | 1,3                                       |
| F7: Fensterband ZG Nord/Ost mit feststehenden<br>Vertikallamellen (Sanitär)   | 38                            | 2-Scheiben-WSV, Ug=1,1 W/m <sup>2</sup> K  | 1,3                                       |






















**6.1 Gebäudedämmstandards  
transparente Bauteile**

| Bauteile der thermischen Gebäudehülle       | Fläche A [m <sup>2</sup> ] | Ausführungsart                            | Erreichter U-Wert [W/m <sup>2</sup> K] |
|---|----------------------------|---|--|
| F8: Verglasung Sheds ZG (Schreinerei/Lager) | 409                        | 2-Scheiben-SSV, Ug=1,1 W/m <sup>2</sup> K | 1,6                                    |
| F9: Glasfassade OG                          | 411                        | 2-Scheiben-WSV, Ug=1,1 W/m <sup>2</sup> K | 1,3                                    |
| F10: Verglasung Shed OG (Flur)              | 80                         | 2-Scheiben-SSV, Ug=1,1 W/m <sup>2</sup> K | 1,6                                    |
| F11: Kellerfenster UG Nord/Ost              | 12                         | 2-Scheiben-WSV, Ug=1,1 W/m <sup>2</sup> K | 1,3                                    |
| T1: Außentür gegen unbeheizt                | 2                          |   | 1,8                                    |
| T2: Außentür gegen Außenluft                | 14                         |   | 1,8                                    |
| R1: Schleusentore                           | 22,69                      |   | 1,8                                    |
| R2: Tore Kleinanlieferung                   | 9,67                       |   | 3,5                                    |
| R3: Rolltore Laderampe / Müllraum           | 70,87                      |   | 3,9                                    |
| RWA: RWA, Lichtkuppeln                      | 1                          | Ug=2,02 W/m <sup>2</sup> K                | 2,9                                    |

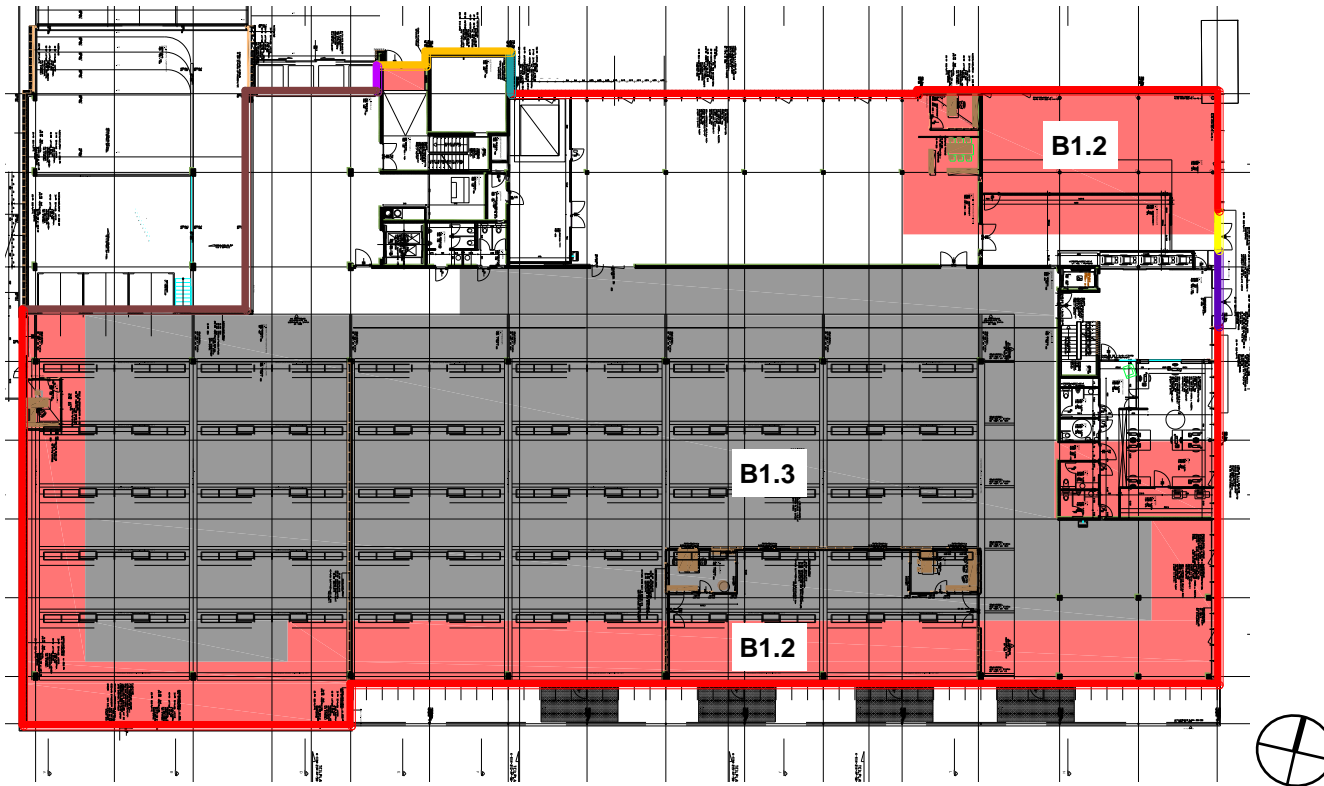
### 7.0 Bauteile der thermischen Gebäudehülle, Übersichtsplan Untergeschoss
























Die verwendeten Bauteile sind schwarz, die übrigen Bauteile grau beschriftet.

|  |   |   |
|--|---|---|
|  B1.1: BP UG auf Erdreich                |  B4.1: AW Beton gegen unbeheizt, 18 cm gedämmt   |  B5.5: AW Beton gegen Außenluft, 16 cm             |
|  B1.2: BP EG auf Erdreich, gedämmt       |  B4.2: AW Holz gegen unbeheizt, 24 cm gedämmt    |  B5.6: AW Holz gegen Außenluft, 10+16 cm (AW Shed) |
|  B1.3: BP EG auf Erdreich, ungedämmt     |  B4.3: AW Beton gegen unbeheizt, 16 cm gedämmt   |  B6.1: Sheddach ZG                                 |
|  B2.1: Decke nach unten gegen unbeheizt  |  B5.1: AW Holz gegen Außenluft, 24 cm gedämmt    |  B6.2: Sheddach OG                                 |
|  B2.2: Decke nach oben gegen unbeheizt   |  B5.2: AW Holz gegen Außenluft, 24+4 cm, gedämmt |  B7.1: Flachdach Beton, ZG/OG                      |
|  B3.1: KW Beton gedämmt gegen Erdreich   |  B5.3: AW Holz gegen Außenluft, 26 cm            |  B7.2: Flachdach Holz ZG                           |
|  B3.2: KW Beton ungedämmt gegen Erdreich |  B5.4: AW Beton gegen Außenluft, 10 cm           |  B7.3: Flachdach Holz OG                           |

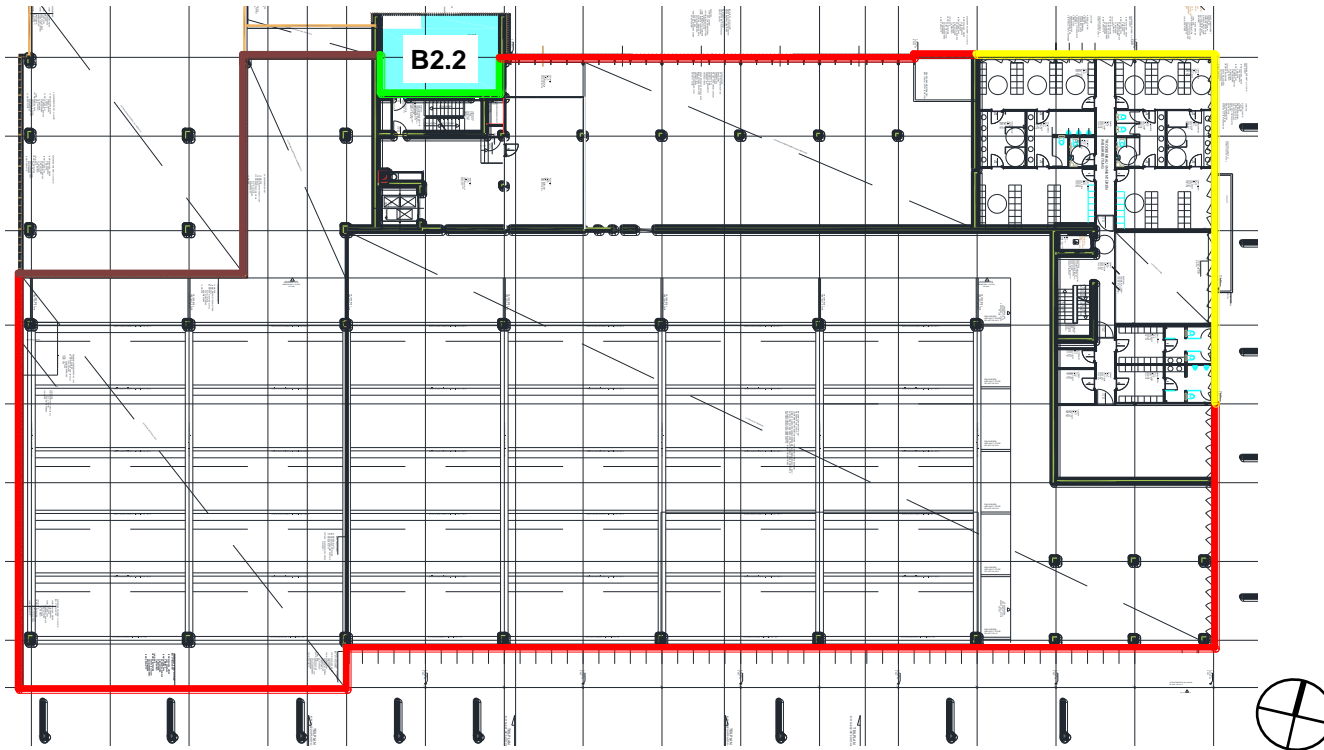
## 7.1 Bauteile der thermischen Gebäudehülle Übersichtsplan Erdgeschoss
























Die bei dieser Fassade verwendeten Bauteile sind schwarz, die übrigen Bauteile grau beschriftet.

|  |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|
|  | B1.1: BP UG auf Erdreich                |  | B4.1: AW Beton gegen unbeheizt, 18 cm gedämmt   |  | B5.5: AW Beton gegen Außenluft, 16 cm             |
|  | B1.2: BP EG auf Erdreich, gedämmt       |  | B4.2: AW Holz gegen unbeheizt, 24 cm gedämmt    |  | B5.6: AW Holz gegen Außenluft, 10+16 cm (AW Shed) |
|  | B1.3: BP EG auf Erdreich, ungedämmt     |  | B4.3: AW Beton gegen unbeheizt, 16 cm gedämmt   |  | B6.1: Sheddach ZG                                 |
|  | B2.1: Decke nach unten gegen unbeheizt  |  | B5.1: AW Holz gegen Außenluft, 24 cm gedämmt    |  | B6.2: Sheddach OG                                 |
|  | B2.2: Decke nach oben gegen unbeheizt   |  | B5.2: AW Holz gegen Außenluft, 24+4 cm, gedämmt |  | B7.1: Flachdach Beton, ZG/OG                      |
|  | B3.1: KW Beton gedämmt gegen Erdreich   |  | B5.3: AW Holz gegen Außenluft, 26 cm            |  | B7.2: Flachdach Holz ZG                           |
|  | B3.2: KW Beton ungedämmt gegen Erdreich |  | B5.4: AW Beton gegen Außenluft, 10 cm           |  | B7.3: Flachdach Holz OG                           |

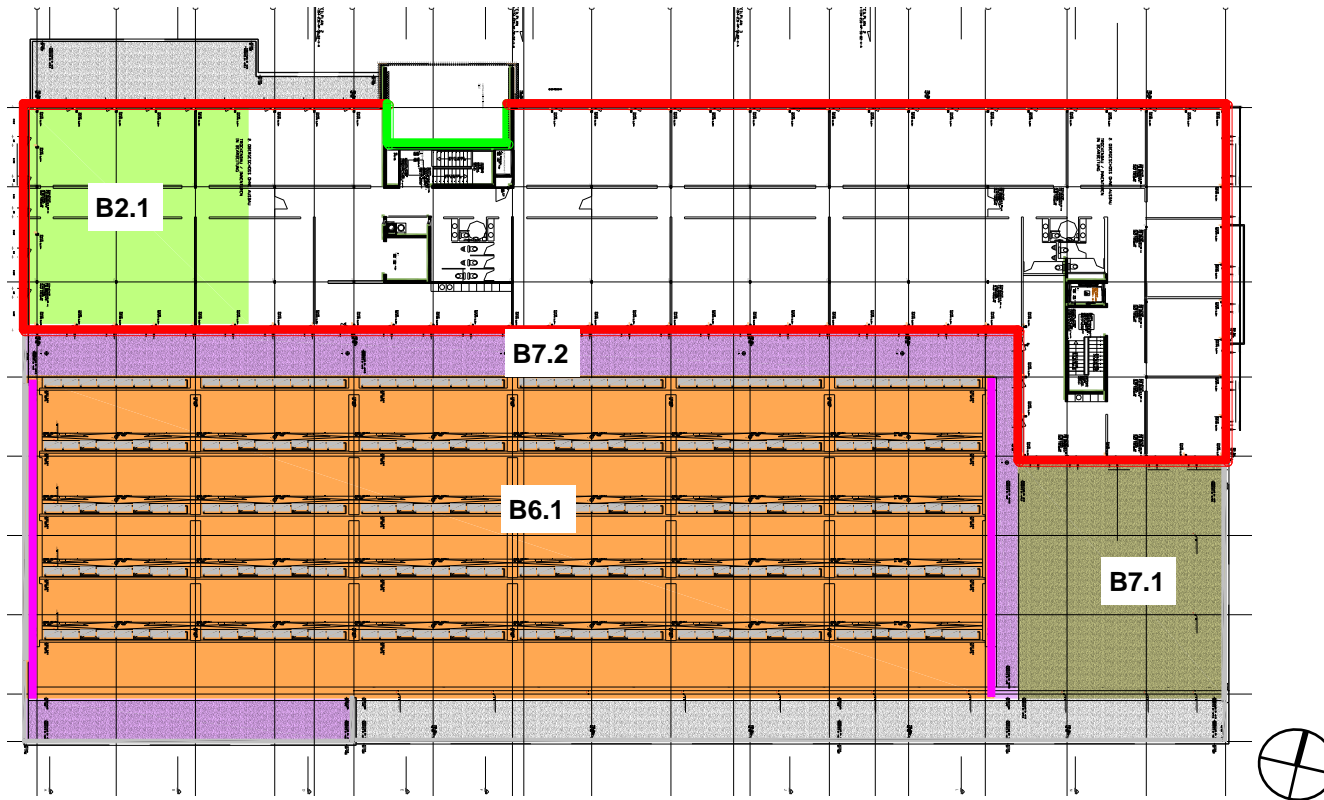
## 7.2 Bauteile der thermischen Gebäudehülle Übersichtsplan Zwischengeschoss
























Die bei dieser Fassade verwendeten Bauteile sind schwarz, die übrigen Bauteile grau beschriftet.

|  |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|
|  | B1.1: BP UG auf Erdreich                |  | B4.1: AW Beton gegen unbeheizt, 18 cm gedämmt   |  | B5.5: AW Beton gegen Außenluft, 16 cm             |
|  | B1.2: BP EG auf Erdreich, gedämmt       |  | B4.2: AW Holz gegen unbeheizt, 24 cm gedämmt    |  | B5.6: AW Holz gegen Außenluft, 10+16 cm (AW Shed) |
|  | B1.3: BP EG auf Erdreich, ungedämmt     |  | B4.3: AW Beton gegen unbeheizt, 16 cm gedämmt   |  | B6.1: Sheddach ZG                                 |
|  | B2.1: Decke nach unten gegen unbeheizt  |  | B5.1: AW Holz gegen Außenluft, 24 cm gedämmt    |  | B6.2: Sheddach OG                                 |
|  | B2.2: Decke nach oben gegen unbeheizt   |  | B5.2: AW Holz gegen Außenluft, 24+4 cm, gedämmt |  | B7.1: Flachdach Beton, ZG/OG                      |
|  | B3.1: KW Beton gedämmt gegen Erdreich   |  | B5.3: AW Holz gegen Außenluft, 26 cm            |  | B7.2: Flachdach Holz ZG                           |
|  | B3.2: KW Beton ungedämmt gegen Erdreich |  | B5.4: AW Beton gegen Außenluft, 10 cm           |  | B7.3: Flachdach Holz OG                           |

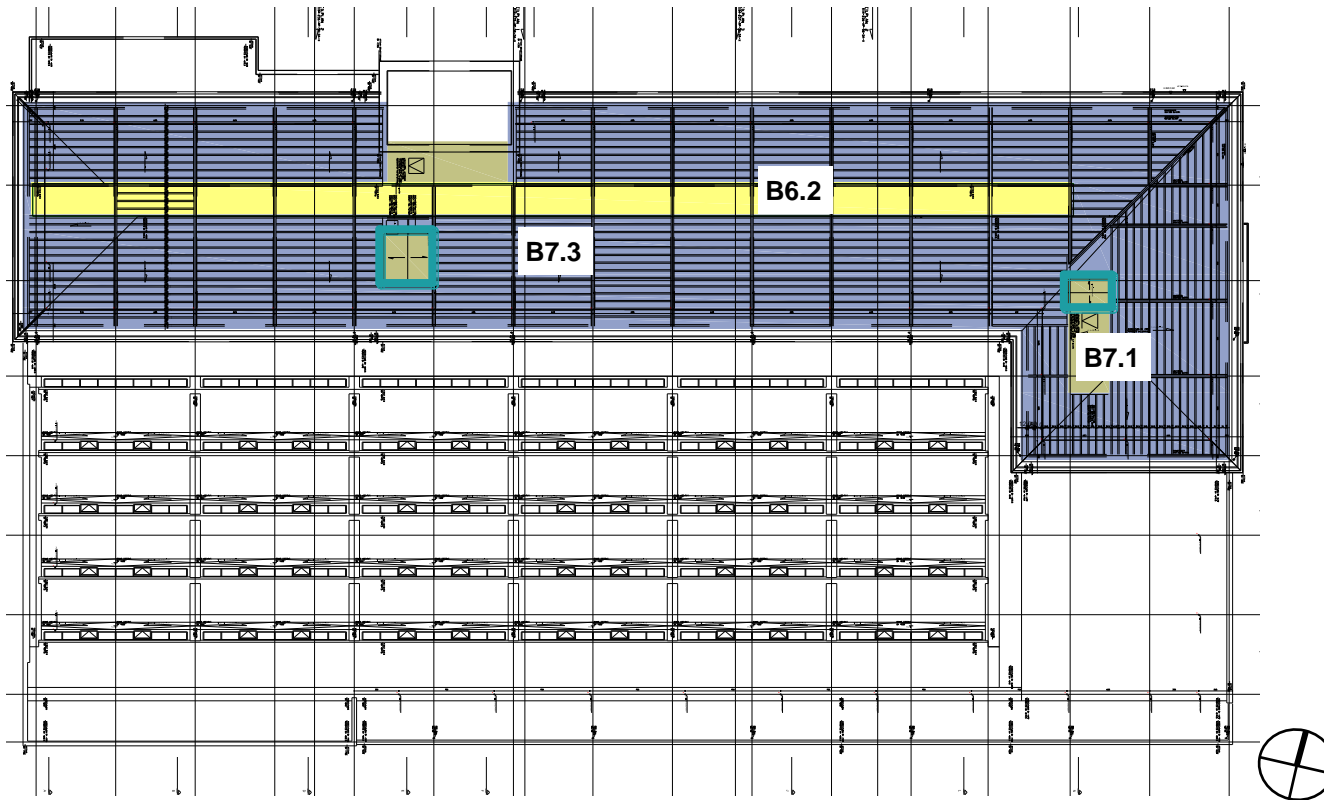
## 7.3 Bauteile der thermischen Gebäudehülle Übersichtsplan Obergeschoss
























Die bei dieser Fassade verwendeten Bauteile sind schwarz, die übrigen Bauteile grau beschriftet.

|  |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|
|  | B1.1: BP UG auf Erdreich                |  | B4.1: AW Beton gegen unbeheizt, 18 cm gedämmt   |  | B5.5: AW Beton gegen Außenluft, 16 cm             |
|  | B1.2: BP EG auf Erdreich, gedämmt       |  | B4.2: AW Holz gegen unbeheizt, 24 cm gedämmt    |  | B5.6: AW Holz gegen Außenluft, 10+16 cm (AW Shed) |
|  | B1.3: BP EG auf Erdreich, ungedämmt     |  | B4.3: AW Beton gegen unbeheizt, 16 cm gedämmt   |  | B6.1: Sheddach ZG                                 |
|  | B2.1: Decke nach unten gegen unbeheizt  |  | B5.1: AW Holz gegen Außenluft, 24 cm gedämmt    |  | B6.2: Sheddach OG                                 |
|  | B2.2: Decke nach oben gegen unbeheizt   |  | B5.2: AW Holz gegen Außenluft, 24+4 cm, gedämmt |  | B7.1: Flachdach Beton, ZG/OG                      |
|  | B3.1: KW Beton gedämmt gegen Erdreich   |  | B5.3: AW Holz gegen Außenluft, 26 cm            |  | B7.2: Flachdach Holz ZG                           |
|  | B3.2: KW Beton ungedämmt gegen Erdreich |  | B5.4: AW Beton gegen Außenluft, 10 cm           |  | B7.3: Flachdach Holz OG                           |

## 7.4 Bauteile der thermischen Gebäudehülle Übersichtsplan Dachaufsicht

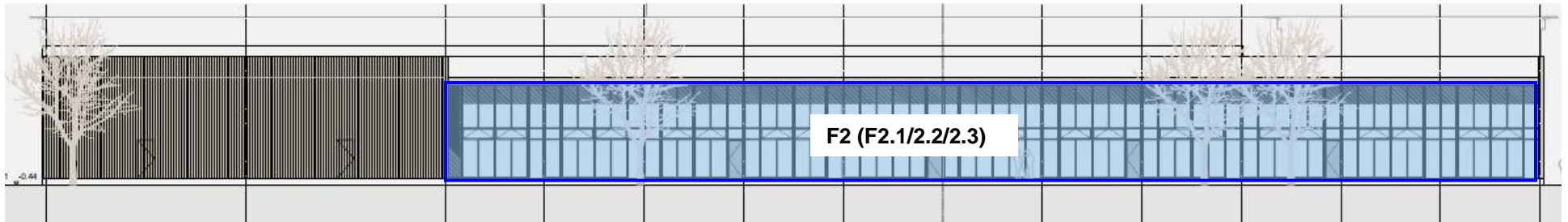
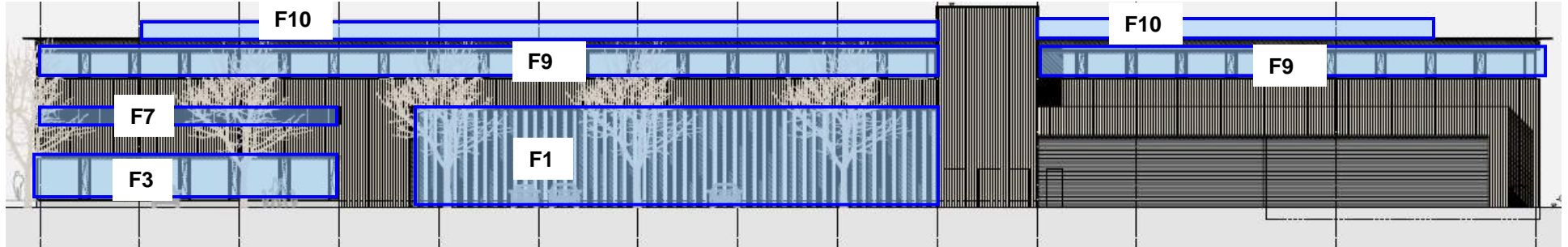


Die bei dieser Fassade verwendeten Bauteile sind schwarz, die übrigen Bauteile grau beschriftet.

|  |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|
|  | B1.1: BP UG auf Erdreich                |  | B4.1: AW Beton gegen unbeheizt, 18 cm gedämmt   |  | B5.5: AW Beton gegen Außenluft, 16 cm             |
|  | B1.2: BP EG auf Erdreich, gedämmt       |  | B4.2: AW Holz gegen unbeheizt, 24 cm gedämmt    |  | B5.6: AW Holz gegen Außenluft, 10+16 cm (AW Shed) |
|  | B1.3: BP EG auf Erdreich, ungedämmt     |  | B4.3: AW Beton gegen unbeheizt, 16 cm gedämmt   |  | B6.1: Sheddach ZG                                 |
|  | B2.1: Decke nach unten gegen unbeheizt  |  | B5.1: AW Holz gegen Außenluft, 24 cm gedämmt    |  | B6.2: Sheddach OG                                 |
|  | B2.2: Decke nach oben gegen unbeheizt   |  | B5.2: AW Holz gegen Außenluft, 24+4 cm, gedämmt |  | B7.1: Flachdach Beton, ZG/OG                      |
|  | B3.1: KW Beton gedämmt gegen Erdreich   |  | B5.3: AW Holz gegen Außenluft, 26 cm            |  | B7.2: Flachdach Holz ZG                           |
|  | B3.2: KW Beton ungedämmt gegen Erdreich |  | B5.4: AW Beton gegen Außenluft, 10 cm           |  | B7.3: Flachdach Holz OG                           |



## 7.5 Bauteile der thermischen Gebäudehülle Übersichtsplan Ansicht Nord /Süd



Die bei dieser Fassade verwendeten Bauteile sind schwarz, die übrigen Bauteile grau beschriftet.

F1: Verglasungsflächen mit feststehenden  
Vertikallamellen (niedrig beheizter Bereich)

F2: Glasfassade Schreinerei, (niedrig beheizter Bereich)

F3: Glasfassade Shop (normal beheizter Bereich)

F4: Verglasung Eingangsbereich (normal beheizter  
Bereich)

F5: Verglasungsflächen mit feststehenden  
Vertikallamellen (normal beheizter Bereich)

F6: Fensterband mit feststehenden Vertikallamellen  
(niedrig beheizter Bereich)

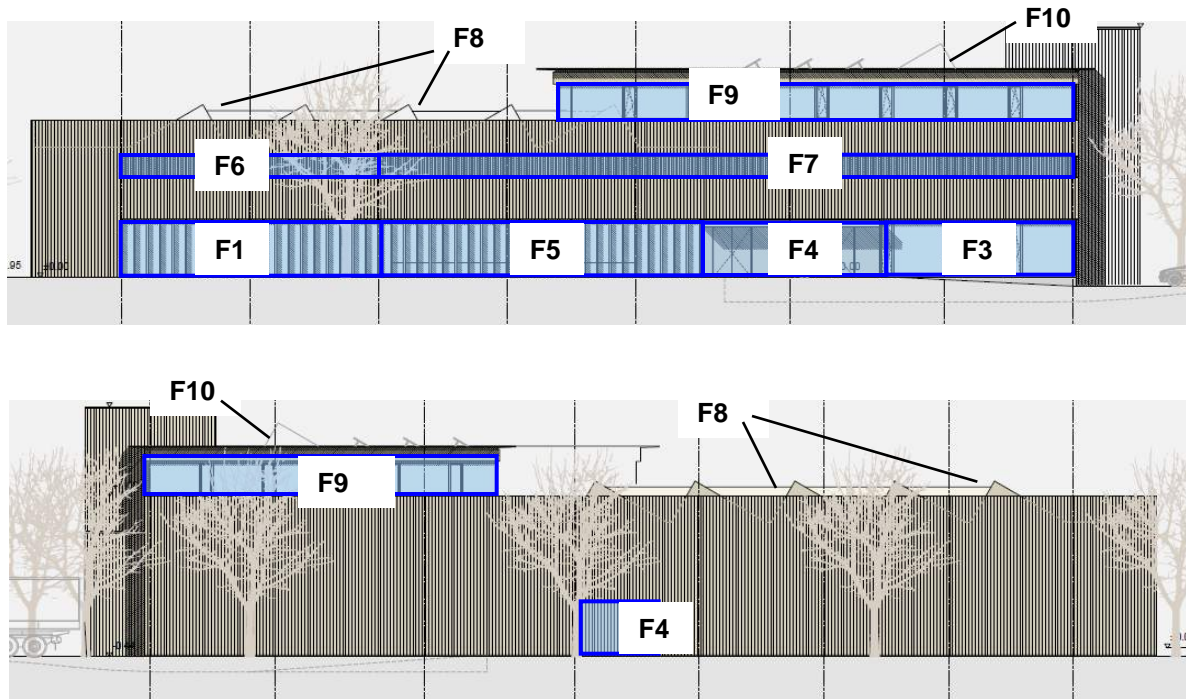
F7: Fensterband mit feststehenden Vertikallamellen  
(normal beheizter Bereich)

F8: Verglasung Sheds Zwischengeschoss

F9: Glasfassade OG (normal beheizter Bereich)

F10: Verglasung Shed Obergeschoss

## 7.6 Bauteile der thermischen Gebäudehülle Übersichtsplan Ansicht Ost /West



Die bei dieser Fassade verwendeten Bauteile sind schwarz, die übrigen Bauteile grau beschriftet.

F1: Verglasungsflächen mit feststehenden Vertikallamellen (niedrig beheizter Bereich)

F2: Glasfassade Schreinerei, (niedrig beheizter Bereich)

F3: Glasfassade Shop (normal beheizter Bereich)

F4: Verglasung Eingangsbereich (normal beheizter Bereich)

F5: Verglasungsflächen mit feststehenden Vertikallamellen (normal beheizter Bereich)

F6: Fensterband mit feststehenden Vertikallamellen (niedrig beheizter Bereich)

F7: Fensterband mit feststehenden Vertikallamellen (normal beheizter Bereich)

F8: Verglasung Sheds Zwischengeschoss

F9: Glasfassade OG (normal beheizter Bereich)

F10: Verglasung Shed Obergeschoss

## 8.0 Anlagentechnik

### 8.1 Trinkwarmwasser $Q_{TW}$

- Erzeugung:  
zentrale WW-Versorgung mit  
Holzhackschnitzelheizung (530 kW), mittlere  
Kesseltemperatur 80°, Kesselaufstellung im  
unbeheizten Bereich
- Verteilung:  
zentrale Frischwasserstation (im Nachweis  
als zentrale WW-Versorgung mit Zirkulation  
berücksichtigt), WW-Leitungen gedämmt  
nach 1995, innen liegende Stränge,  
Verteilungsleitungen im unbeheizten Bereich
- Speicherung:  
nicht vorgesehen

### 8.2 Heizung $Q_H$

- Erzeugung:  
Holzhackschnitzelheizung (530 kW),  
Aufstellort außerhalb der thermischen Hülle
- Speicherung:  
Pufferspeicher mit 20 l/kWh (10.600l)
- Verteilung:  
Zweirohrnetz mit innenliegenden Strängen,  
maximale Vor- und Rücklauftemperatur  
70/50°C, horizontale Verteilung außerhalb der  
wärmegeprägten Hülle, geregelte,  
bedarfsgerechte Pumpe
- Übergabe:  
Zonen 1,4 und 5 (Schreinerei, Lackiererei und  
Kommissionierschreinerei):  
Deckenstrahlplatten 70/50 °C, P-Regler (1 K)  
  
Zone 2 (Nebenflächen, niedrig beheizt):  
73,5% über Umluftheizung 70/50 °C, seitliche  
Luftauslässe, P-Regler (1 K)  
26,5% mit freien Heizflächen, 70/50 °C vor  
Außenwänden, P-Regler (1 K),  
intermittierender Heizbetrieb  
  
Zonen 3,6,9,10 und 11 (WC EG/OG, Server,  
Montage, Nebenflächen normal beheizt und  
Umkleiden):  
freie Heizflächen, 70/50 °C vor  
Außenwänden, P-Regler (1 K),  
intermittierender Heizbetrieb  
  
Zonen 7 und 8 (Büros und Shop):  
freie Heizflächen, 70/50 °C vor Glasflächen,  
P-Regler (1 K), intermittierender Heizbetrieb

### 8.3 Lüftung $Q_L$

- Zone 3 (Sanitärräume im EG/OG)  
Abluftanlage, Gesamtvolumenstrom 1.425 m<sup>3</sup>/h (Der Mindestaußenluftvolumenstrom wurde gemäß Zonenrandbedingungen der DIN V 18599-10 angesetzt)
- Die Zone 4 (Lackiererei):  
Zu- und Abluftanlage mit Heizfunktion, ohne Wärmerückgewinnung, Gesamtvolumenstrom 1.310 m<sup>3</sup>/h
- Die Zone 11 (Umkleiden und Sanitär ZG):  
Zu- und Abluftanlage mit Heizfunktion, mit 75% Wärmerückgewinnung, Gesamtvolumenstrom 4.231 m<sup>3</sup>/h
- Die eventuell notwendige mechanische Belüftung der fensterlosen Räume (Nebenflächen im UG, Technik- und Putzräume) wurde vernachlässigt.
- Die übrigen Zonen werden natürlich belüftet.

### 8.4 Kühlung

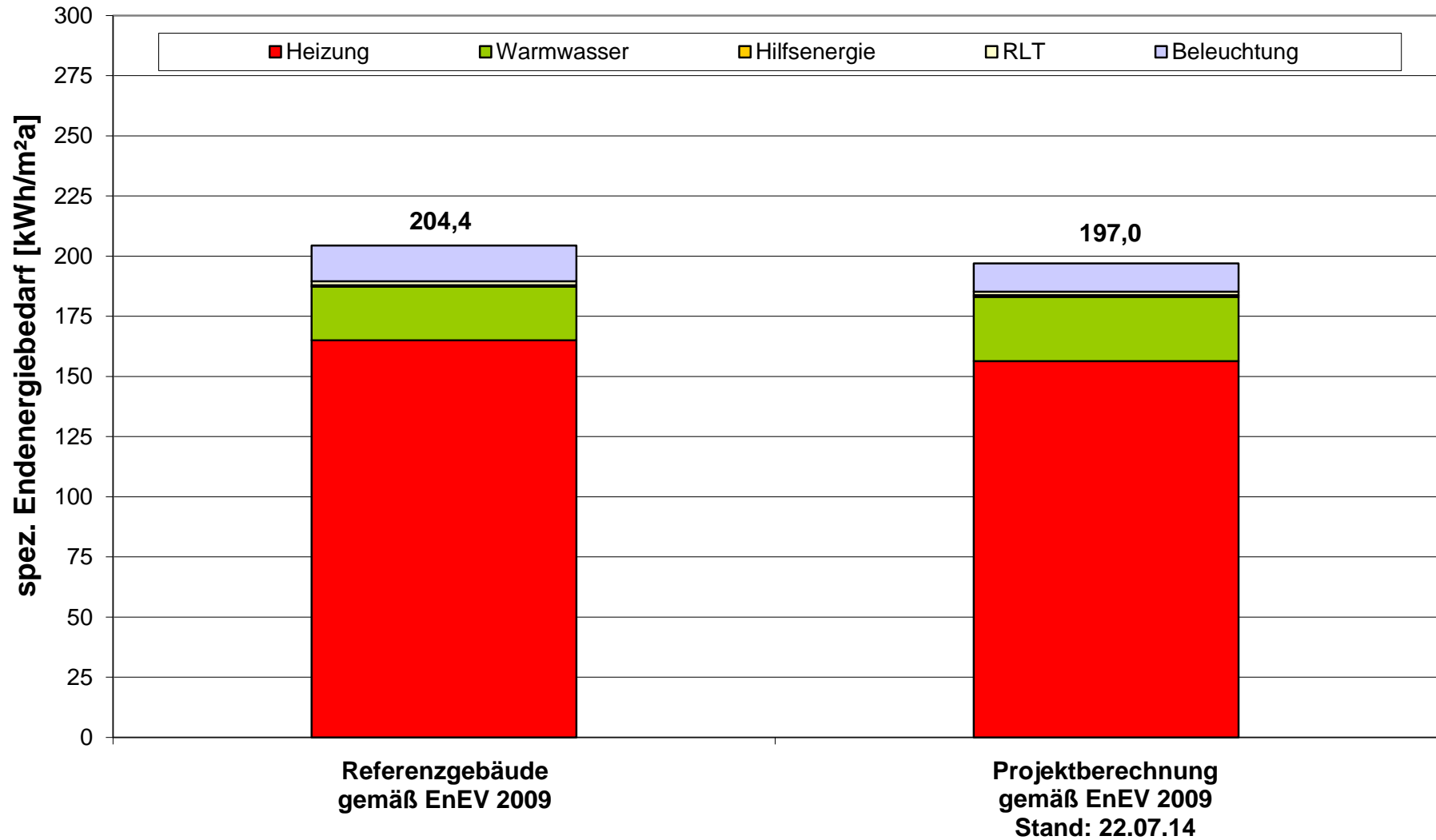
Umluftkühlung  
Zone 6: Server-Raum

- Erzeugung:  
Raumklimasystem luftgekühlt, Splitsystem taktend, Nennkälteleistungszahl EER=2,70
- Übergabe:  
Kälteübergabe über ein Raumklimagerät, (Kaltwasser 6/12°C)
- Verteilung:  
Kaltwasserkreis Raumkühlung  $P_{el}=30$  W/kW, Verteilung hydraulisch abgeglichen, geregelte Pumpe, hydraulisch entkoppelt, saisonale sowie Nacht- und WE-Abschaltung, Kälteleistung  $Q_z=1,9$  kW

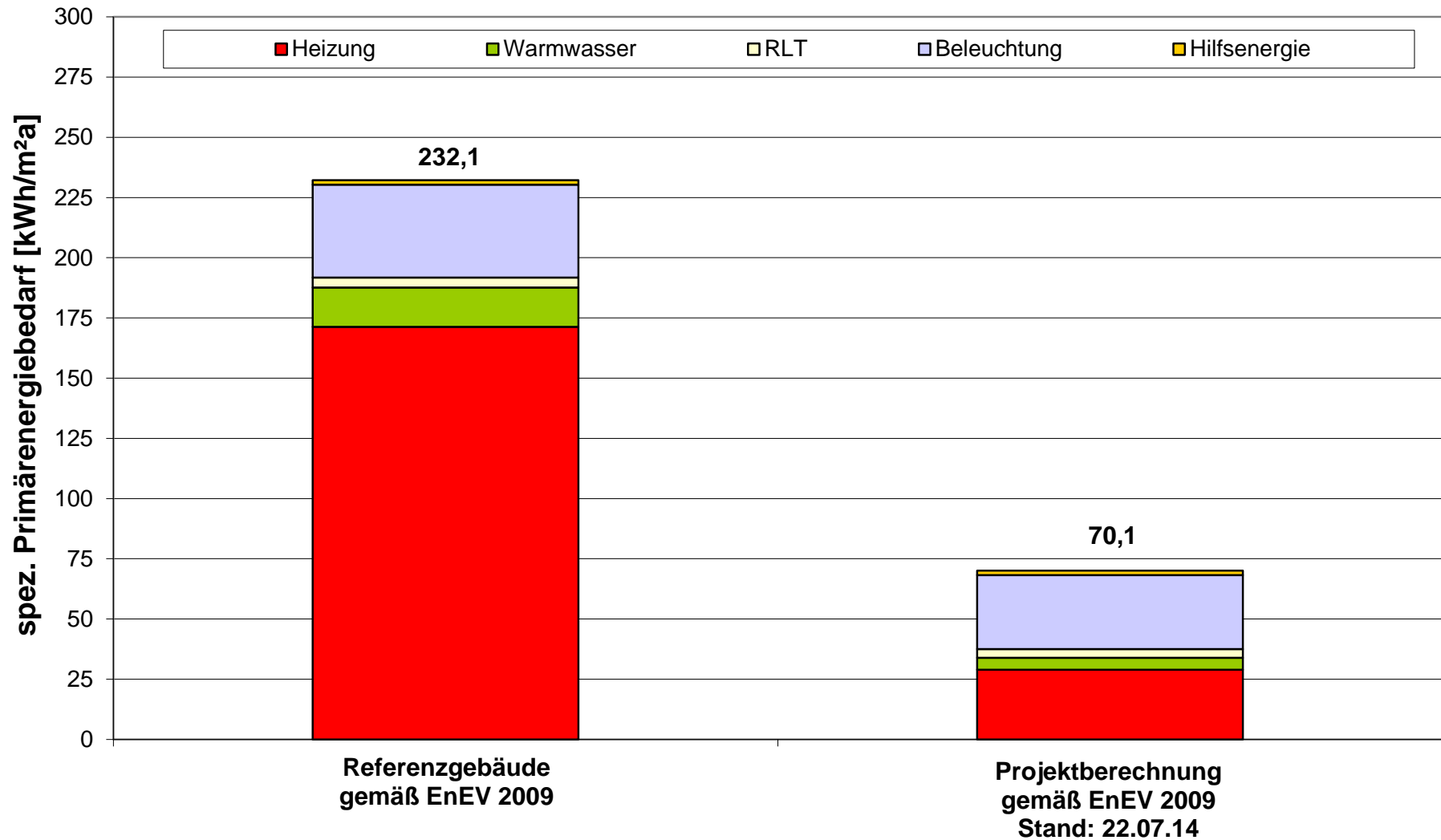
### 8.5 Beleuchtungssystem $Q_i$

- Die Beleuchtung in der Schreinerei (Zone 1), sowie Lager inklusive der Nebenbereiche im EG (Zone 2 und 3) erfolgt mit LED-Leuchten gemäß Angaben des Fachplaners
- Die Beleuchtung der übrigen Bereiche erfolgt direkt über stabförmige und Leuchtstofflampen ohne Abluft mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG).
- In der Zone 1 (Schreinerei) erfolgt die tagesabhängige Steuerung mit Konstantlichtregelung mit stufenweise ein-/ausschaltenden Systemen.
- Die tageslichtabhängige Steuerung in den übrigen Zonen erfolgt manuell.
- Alle Zonen mit Ausnahme der Schreinerei (Zone1) wurden mit Präsenzmeldern ausgeführt

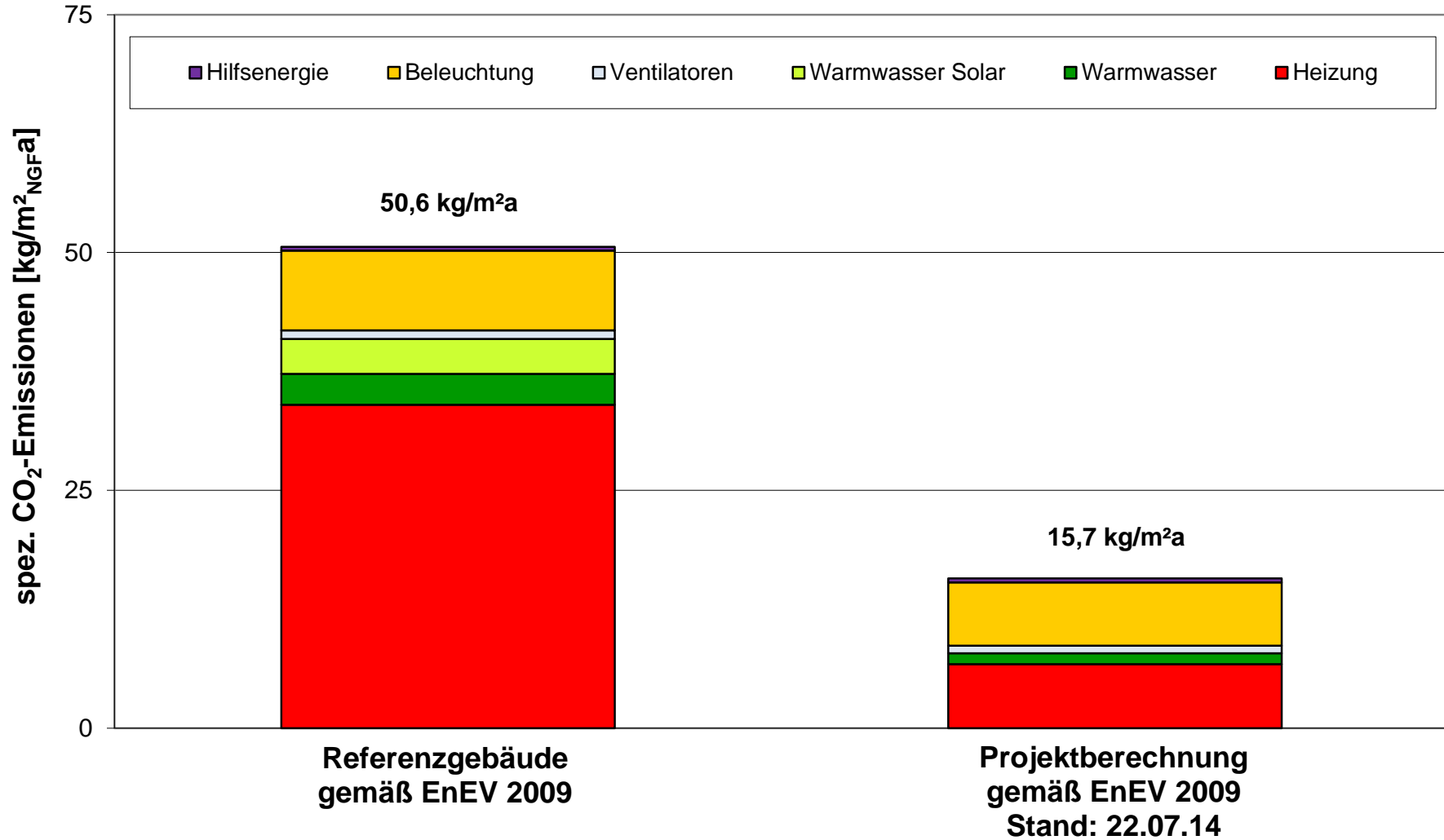
## 9.0 Endenergiebedarf



## 10.0 Primärenergiebedarf



# 11.0 CO<sub>2</sub>-Emissionen



## 12.0 EnEV Nachweis gemäß EnEV 2009

### Mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten U

Zonen mit  $T_i > 19^\circ\text{C}$

$\bar{U}_{\text{max}}$  (opake Bauteile) =  $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$

$\bar{U}_{\text{max}}$  (Fenster) =  $1,90 \text{ W/m}^2\text{K}$

vorh.  $\bar{U}$  (opake Bauteile) =  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

vorh.  $\bar{U}$  (Fenster) =  $1,34 \text{ W/m}^2\text{K}$

Zonen mit  $T_i < 19^\circ\text{C}$

$\bar{U}_{\text{max}}$  (opake Bauteile) =  $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

$\bar{U}_{\text{max}}$  (Fenster) =  $2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

vorh.  $\bar{U}$  (opake Bauteile) =  $0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

vorh.  $\bar{U}$  (Fenster) =  $1,43 \text{ W/m}^2\text{K}$

→ Grenzwerte werden eingehalten

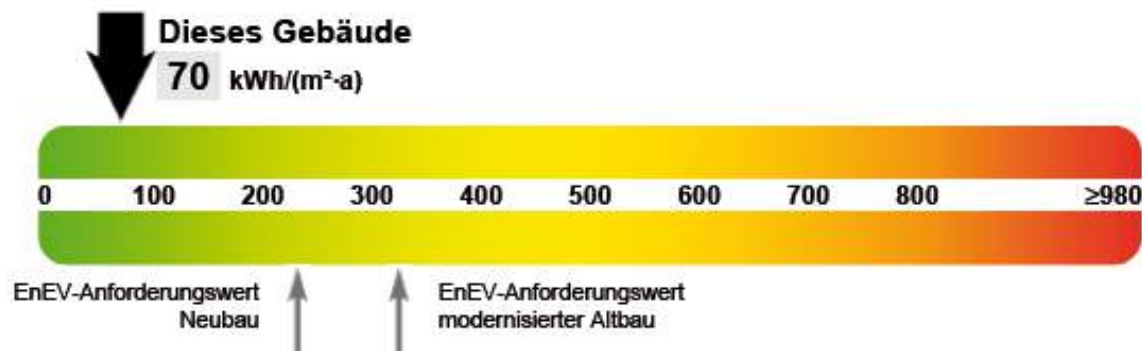
### Jahres-Primärenergiebedarf QP

Grenzwert  $q_{P, \text{Ref}} = 232,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

ohne Anrechnung der PV-Anlage

vorh.  $Q_{p} = 70,1 < 232,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Grenzwert wird eingehalten





### 13.0 Nachweis gemäß EEWärmeG

| Energiequelle         | Energieertrag [kWh/a] | Deckungsanteil [%] |           | Nutzungsanteil [%] |
|-----------------------|-----------------------|--------------------|-----------|--------------------|
|                       |                       | erzielt            | gefordert |                    |
| Biomasse              | 1.313.694             | 116,8              | 50        | 233,6              |
| Umweltenergie (Kälte) | 21.000                | 1,9                | 50        | 3,8                |

237,4

Wärme und Kältebedarf (Nutzenergie) 1.125.015 kWh/a

**Biomasse**  
Nutzungspflichtanteil 233,6%

**Umweltenergie**  
Nutzungspflichtanteil 3,8%

|  | Grenzwert | erzielt | Deckungsanteil [%] |           | Nutzungsanteil [%] |
|--|-----------|---------|--------------------|-----------|--------------------|
|  |           |         | erzielt            | gefordert |                    |
| U-Wert [W/m²K]<br>kleinste U-Wert-Unterschreitung) | 0,50      | 0,39    | 21,1               | 15        | 147,4              |
| Primärenergiebedarf QP [kWh/m²a]                   | 232,1     | 70,1    | 69,8               | 15        | 465,3              |

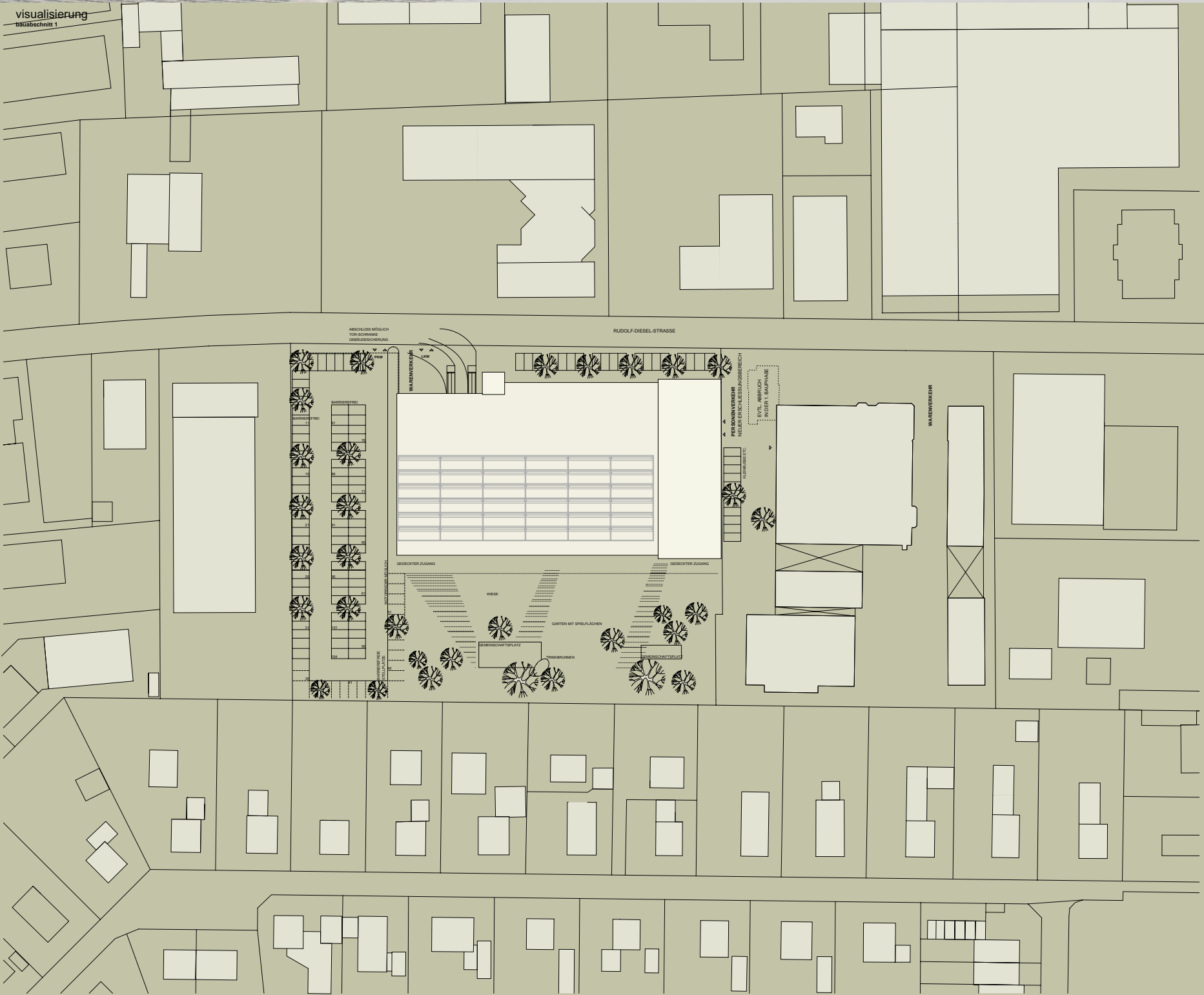
für den Nachweis ist die kleinste Unterschreitung maßgeblich: 147,4

#### Sonstige Maßnahmen zur Einsparung von Energie

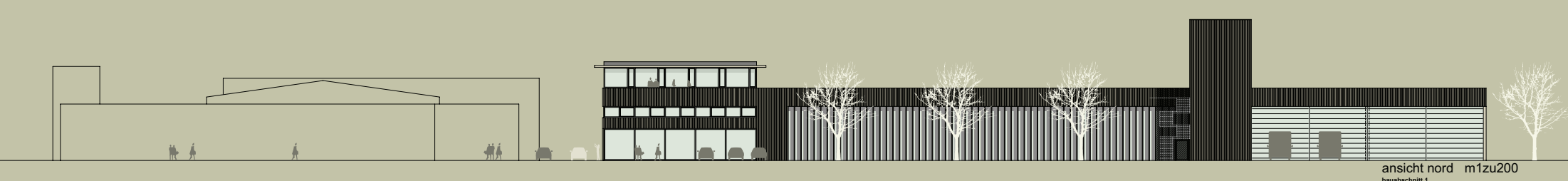
Nutzungspflichtanteil 147,4%

→ Nutzungspflicht für erneuerbare Energien nach §3 EEWärmeG 2011 wird erfüllt  
(237,4%+147,4%=384,8% ≥ 100%)

# 1.BAUSTUFE



lageplan m1zu500  
bauberschnitt 1



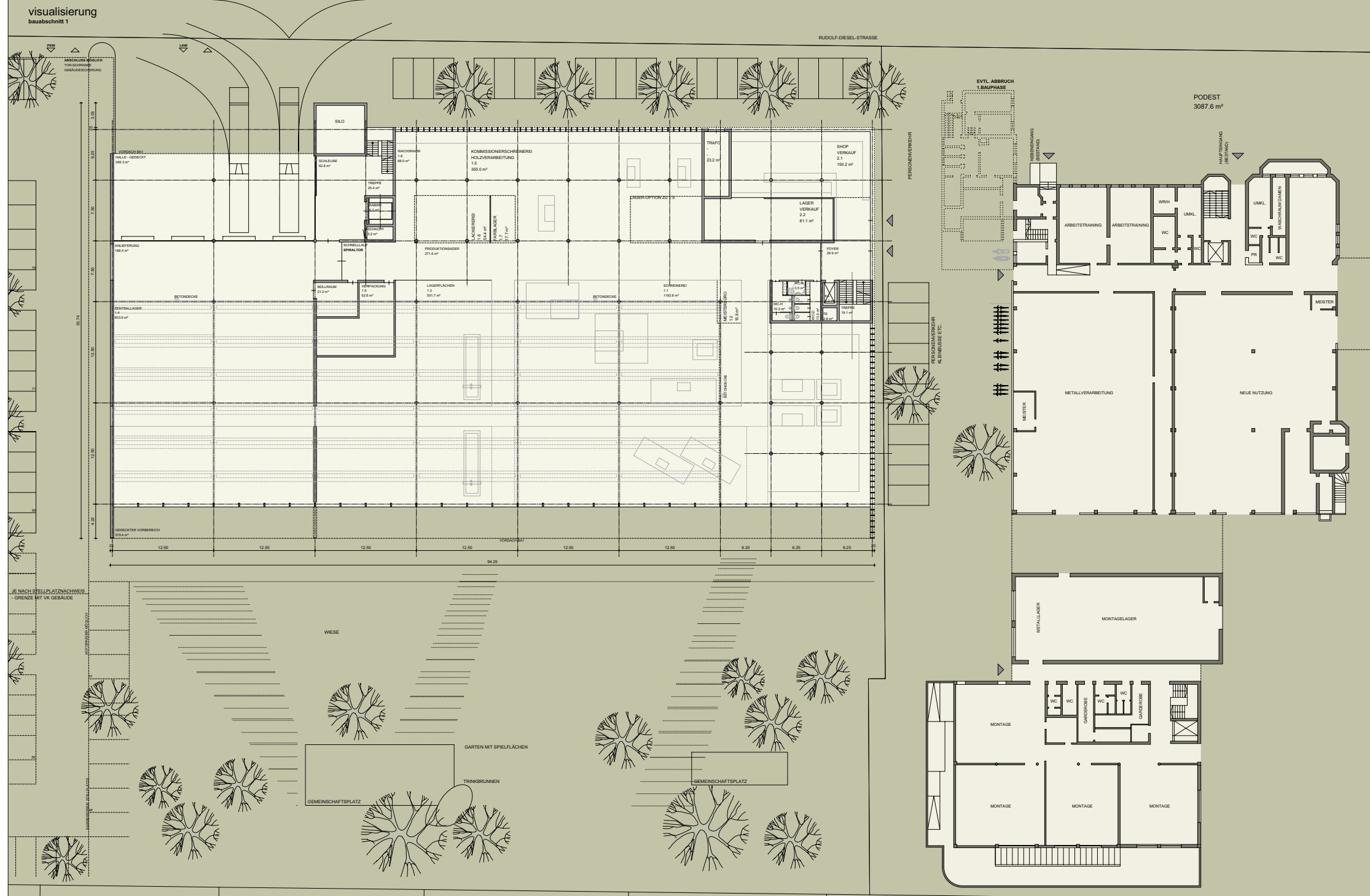
ansicht nord m1zu200  
bauberschnitt 1



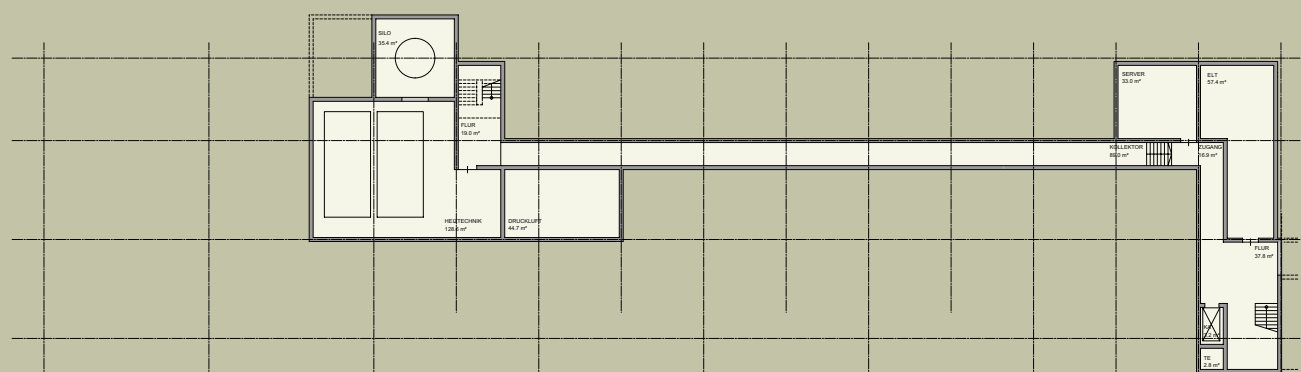
# 1.BAUSTUFE



visualisierung  
bauschnitt 1



grundriss ergeschoss m1zu200  
bauschnitt 1



grundriss untergeschoss m1zu200  
bauschnitt 1



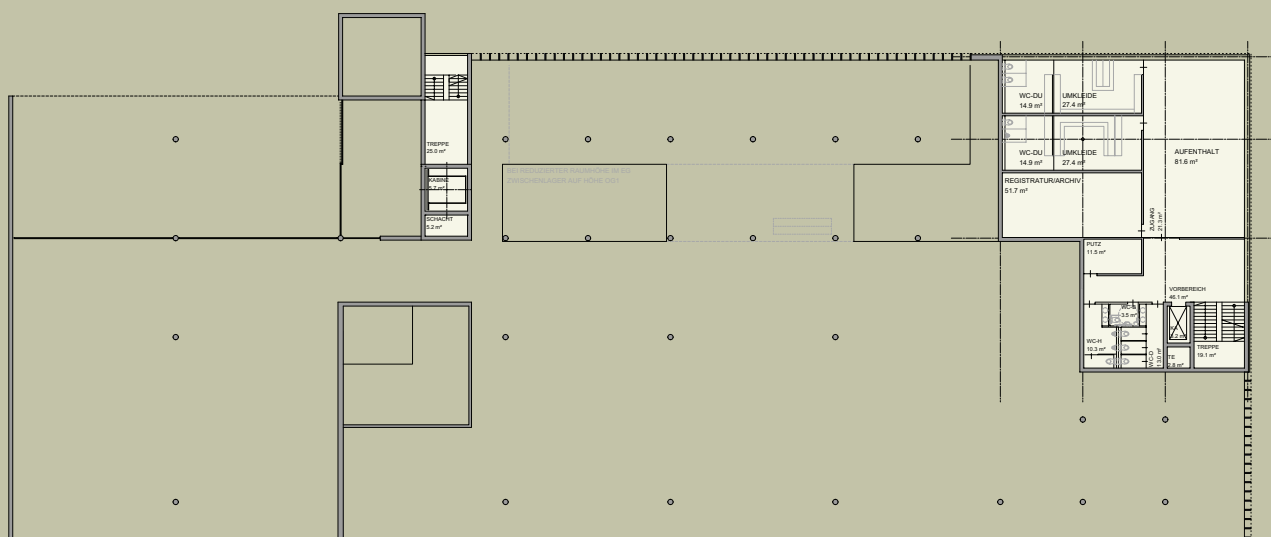
ansicht ost m1zu200  
bauschnitt 1



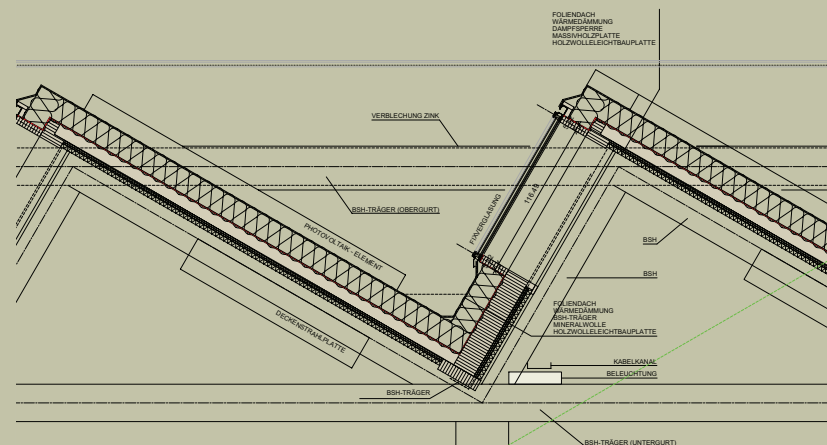
1.BAUSTUFE



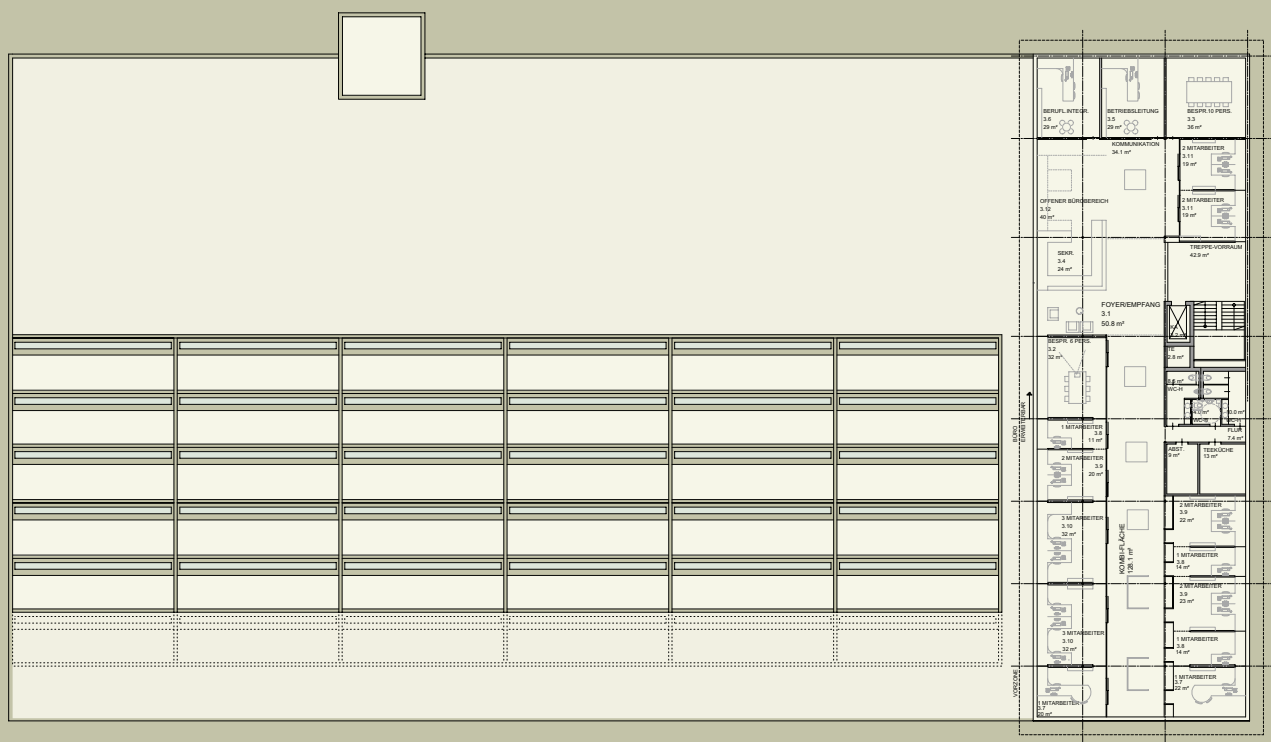
visualisierung  
bauabschnitt 2



grundriss 1.obergeschoss m1zu200  
bauabschnitt 1

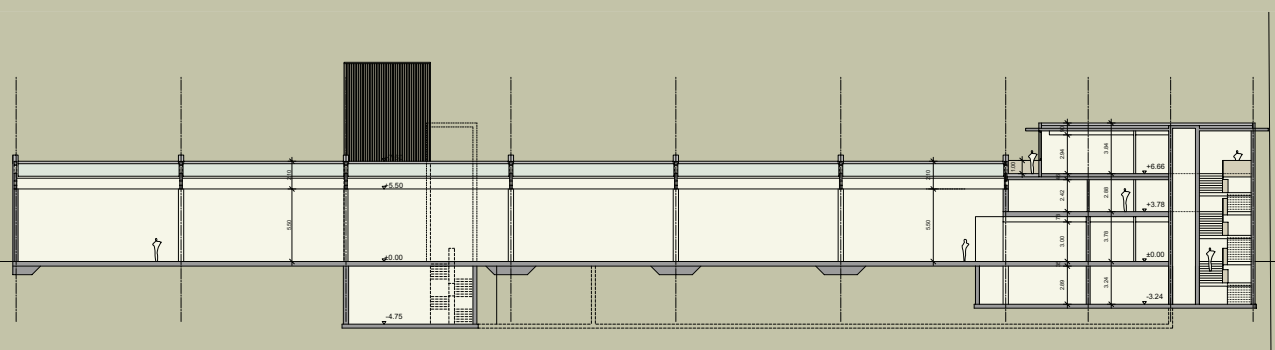


fassadenschnitt m1zu20

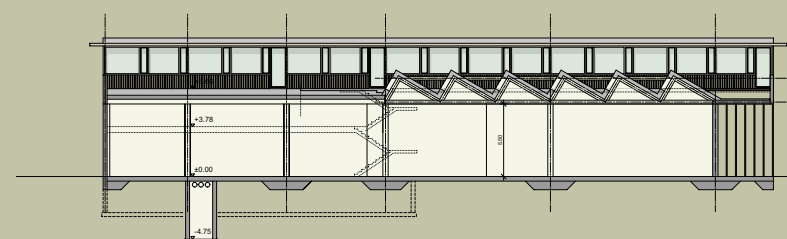


grundriss 2.obergeschoss m1zu200  
bauabschnitt 1

funktionsschema m1zu200  
bauabschnitt 1



längsschnitt m1zu200  
bauabschnitt 1



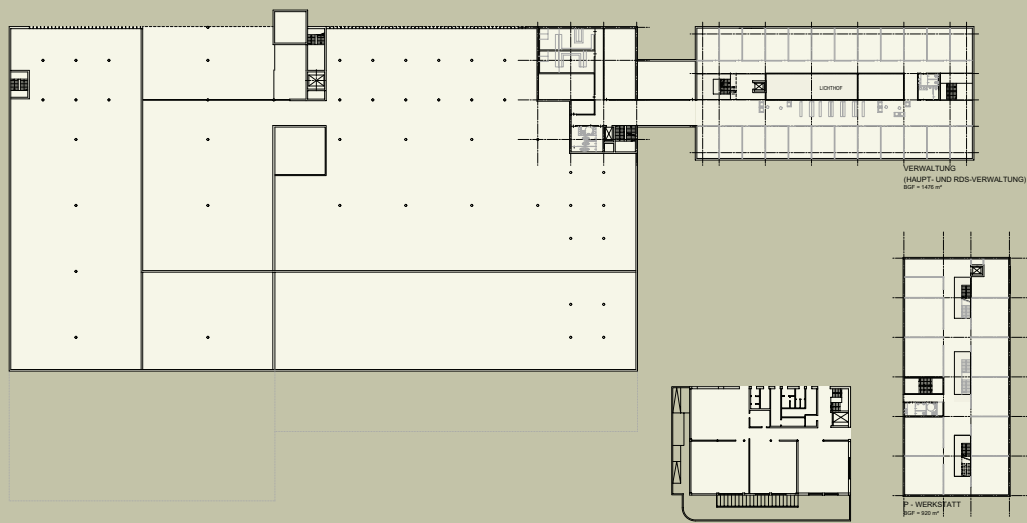
querschnitt m1zu200  
bauabschnitt 1





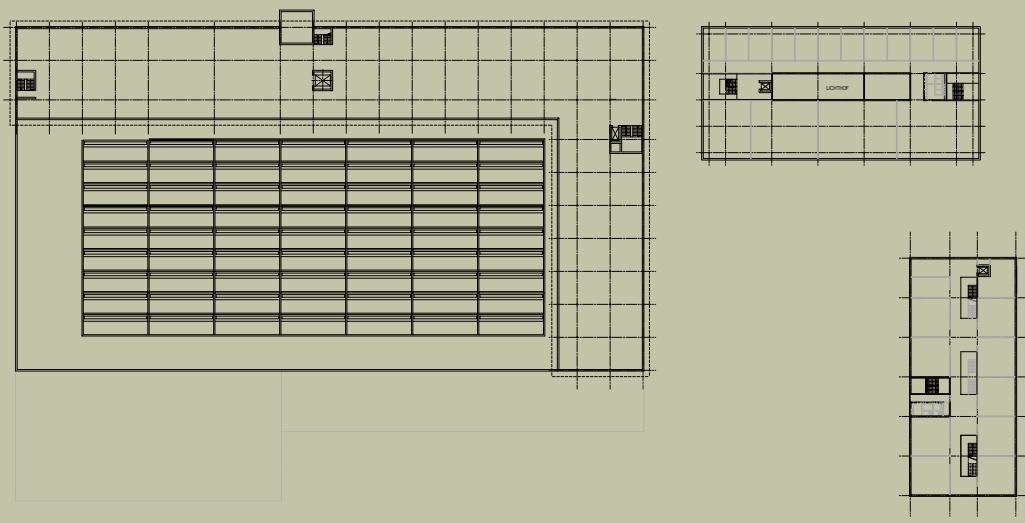
visualisierung

bauabschnitt 2



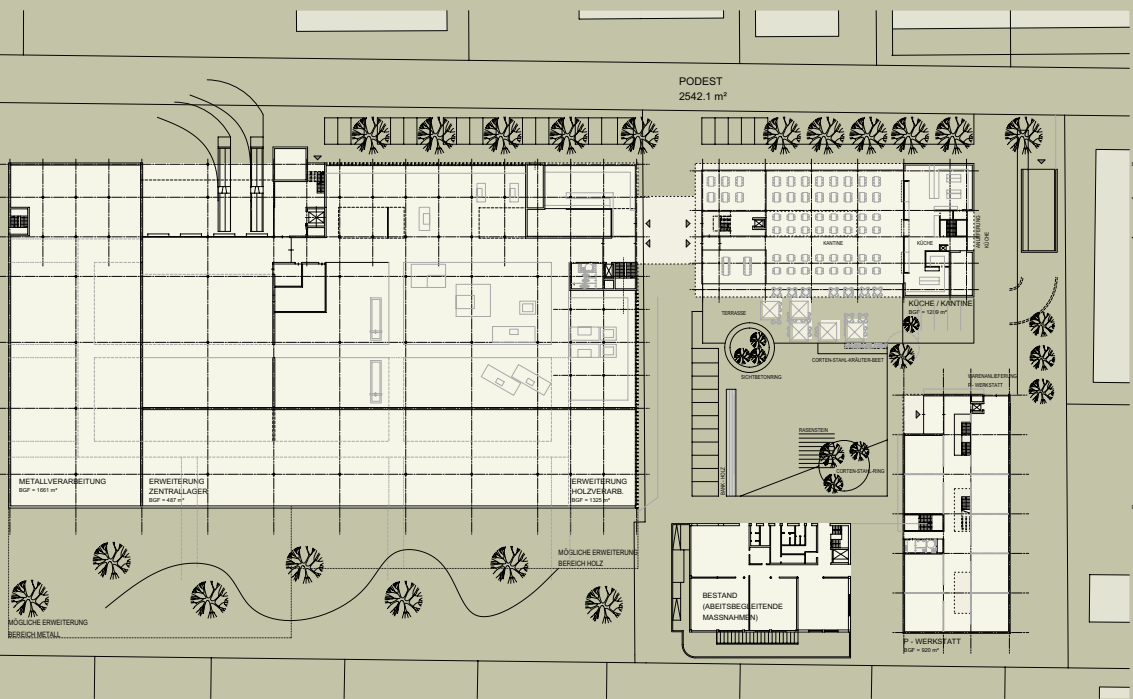
grundriss obergeschoss1 m1zu500

bauabschnitt 2 | ATRIUM | DORFFLACHT



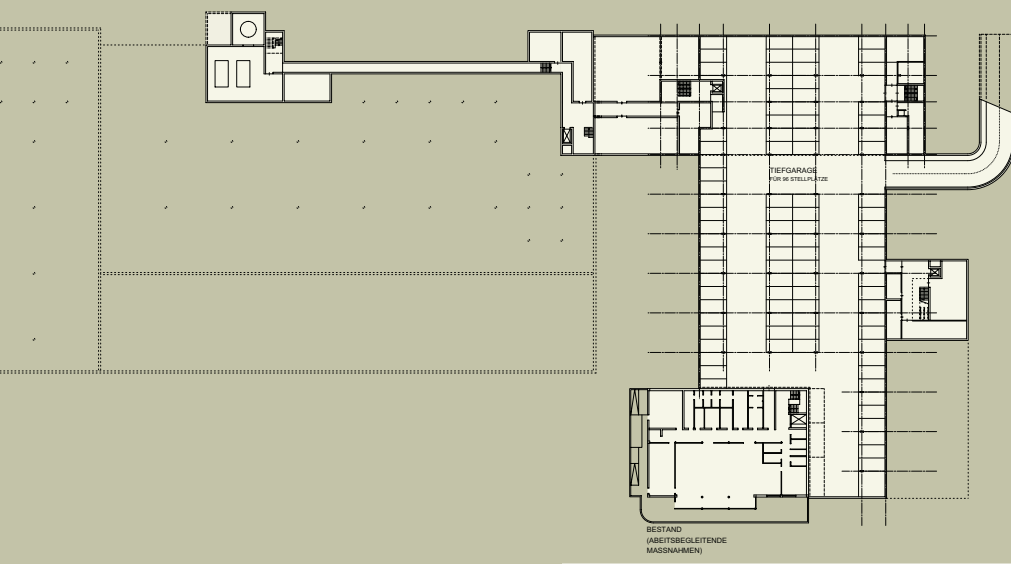
grundriss obergeschoss2 m1zu500

bauabschnitt 2



grundriss erdgeschoss m1zu500

bauabschnitt 2



grundriss untergeschoss m1zu500

bauabschnitt 2



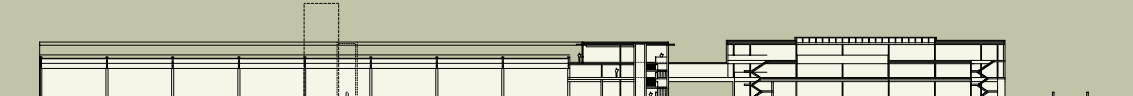
nordansicht m1zu500

bauabschnitt 2



ostansicht m1zu500

bauabschnitt 2

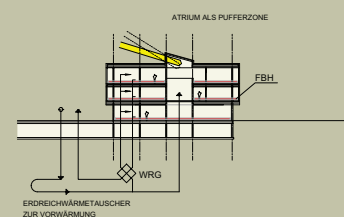


längsschnitt m1zu500



querschnitt m1zu500

WINTER



SOMMER

