



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

# ENERGY DESIGN GUIDE II

## Anwendungsbeispiele

Ausgearbeitet durch

**Andreas Huterer, Petra Benz-Karlström**  
**Basler & Hofmann Ingenieure und Planer AG**  
Forchstrasse 395, 8032 Zürich, <http://www.bhz.ch>

**Bruno Keller, Prof. Dr.**  
**Institut für Hochbautechnik**  
ETH - Hönggerberg, 8093 Zürich, [b.keller@hbt.arch.ethz.ch](mailto:b.keller@hbt.arch.ethz.ch)

An dieser Stelle möchten wir uns herzlich bei den Architekturbüros Baumschlager & Eberle sowie Leutwyler Partner Architekten AG für die Kooperation und die zur Verfügung gestellten Pläne, Fotos und Dokumente bedanken.

## **Impressum**

Datum: 28.07.2008

**Im Auftrag des Bundesamt für Energie**, Forschungsprogramm Energie in Gebäuden

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

Projektnummer: 100025

Bezugsort der Publikation: [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

## Inhaltsverzeichnis

Management Summary .....	1
Ausgangslage und Zielsetzung .....	2
Wohnanlage Mitterweg, Innsbruck .....	3
Wohnanlage Mitterweg, Innsbruck .....	3
Gebäudecharakterisierung .....	3
Eingaben .....	5
Ergebnisse .....	7
Folgerungen aus den Berechnungen .....	11
Optimierung des thermischen Verhaltens des Raumes .....	12
Wohnhaus Ottenbergstrasse, Zürich .....	14
Gebäudecharakterisierung .....	14
Eingaben .....	17
Ergebnisse .....	18
Folgerungen aus den Berechnungen .....	22
Optimierung des thermischen Verhaltens des Raumes .....	22
Übersicht Optimierungsmöglichkeiten .....	25
Optimierung der Leerlauftemperatur LLT .....	26

## Management Summary

Das Programm Energy Design Guide II ist für ArchitektInnen und Planende entwickelt. Der Fokus richtet sich hierbei klar auf die einfache Handhabung und vor allem die Eingabe auf das Wesentliche. Mit dem Programm Energy Design Guide II wird den ArchitektInnen und Planenden ein Werkzeug zur Verfügung gestellt, um bereits in der Frühphase (Vorprojekt) eines Gebäudeentwurfs 80-90% der energetischen Optimierbarkeit auszuschöpfen. Das ausserordentlich gute Verhältnis zwischen dem dabei zu erbringendem Aufwand und des hohen energetischen Optimierungsgrades ist ein enorner Vorteil gegenüber herkömmlichen Simulationsprogrammen.

Alle wesentlichen Elemente, welche zur bestmöglichen Minimierung des thermischen Bedarfs beitragen, können rasch aufeinander abgestimmt werden. In den meisten Fällen kann dann sicherlich auf eine aufwendige thermische Simulation verzichtet werden.

Eine Erweiterung gegenüber dem früher entwickelten Energy Design Guide I ist die quantitative Optimierung, indem der Leistungs- und Energiebedarf direkt abgelesen werden kann.

Anhand zweier Beispiele ist das Programm getestet worden. Jeweils ein repräsentativer Raum des Gebäudes wurde eingegeben und berechnet. Anhand dieser Berechnungen und anschliessenden Interpretationen lässt sich sehr deutlich erkennen, wie das komplexe Verhalten des dynamisch thermischen Zustands eines Raumes auf wenige, aber entscheidende, Parameter reduziert wird und so die Beurteilung des thermischen Bedarfs anschaulich interpretiert werden kann. Optimierungsmöglichkeiten lassen sich direkt erkennen und alle Komponenten können ideal aufeinander abgestimmt werden.

## Ausgangslage und Zielsetzung

Die Version 2.0 des Programms Energy Design Guide II<sup>1</sup> mit der Methodik der Klimaflächen ist die Weiterentwicklung und Verbesserung der früheren Versionen. In die Version 2.0 vom 26.01.2008 sind Änderungen eingearbeitet, welche es zu prüfen gilt. Anhand zweier konkreten Beispiele soll untersucht werden, inwieweit die in früheren Untersuchungen vorgeschlagenen Verbesserungen qualitativ eingearbeitet sind und wie diese praktisch zu handhaben sind. Weiter sollen falls nötig mögliche Verbesserungen aufgezeigt werden und die geplanten Hilfetexte auf ihre Verständlichkeit hin überprüft werden.

Die Ziele im Einzelnen:

- Änderungen und Verbesserungen im Programm anhand zweier konkreten Beispiele auf ihre Umsetzung und Handhabung hin überprüfen
- Beurteilung der Anwendung des Programms hinsichtlich der energetischen Optimierbarkeit eines Gebäudes
- Die geplanten Hilfetexte auf ihre Verständlichkeit und Vollständigkeit hin überprüfen. Dieser Punkt wurde im Vorfeld des Berichts abgeklärt. Die Hilfetexte sind verständlich und nachvollziehbar.

---

<sup>1</sup> Verfügbar unter [www.pinpoint-online.ch](http://www.pinpoint-online.ch) bzw. [www.energy-design-guide.ch](http://www.energy-design-guide.ch)

## Wohnanlage Mitterweg, Innsbruck

### GEBÄUDECHARAKTERISIERUNG

Die Wohnanlage wurde 1997 gebaut und vom Architekturbüro Baumschlager & Eberle geplant. Die zwei Häuser, Abbildung 1, haben 60 Wohneinheiten und entsprechen den Anforderungen des sozialen Wohnungsbaus. Sie werden von der IG Passivhaus in Österreich als "Nahe Passivhaus" klassifiziert.

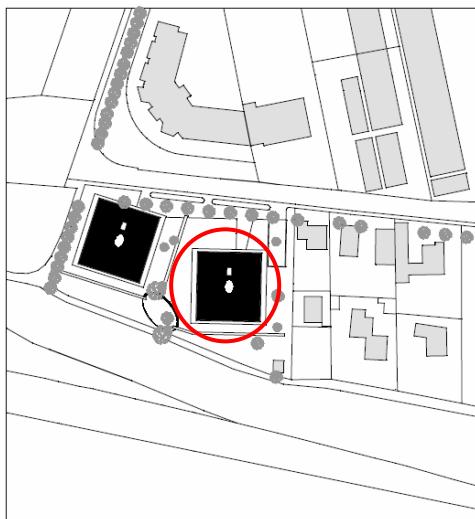


Abbildung 1 Situationsplan (Publiziert mit Zustimmung von Baumschlager & Eberle)

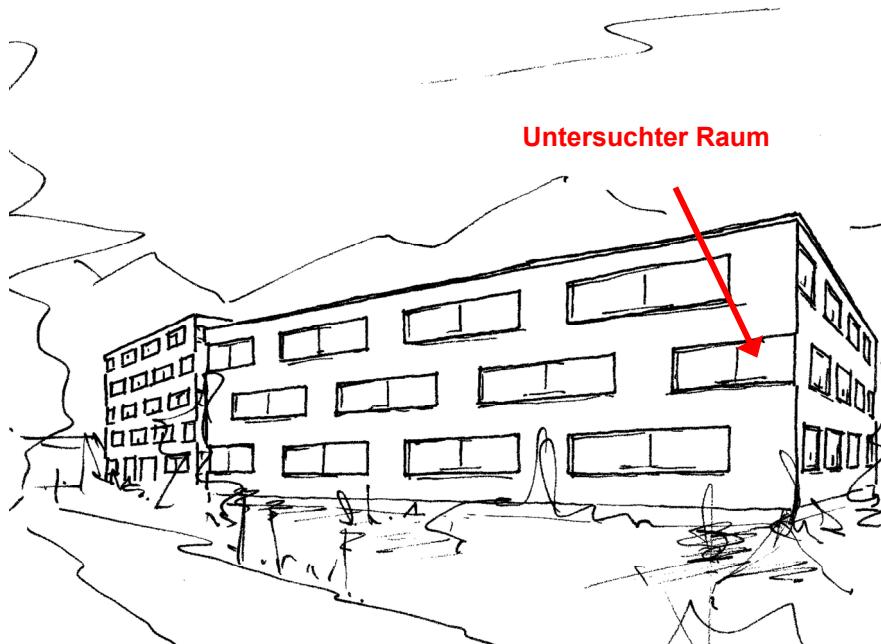
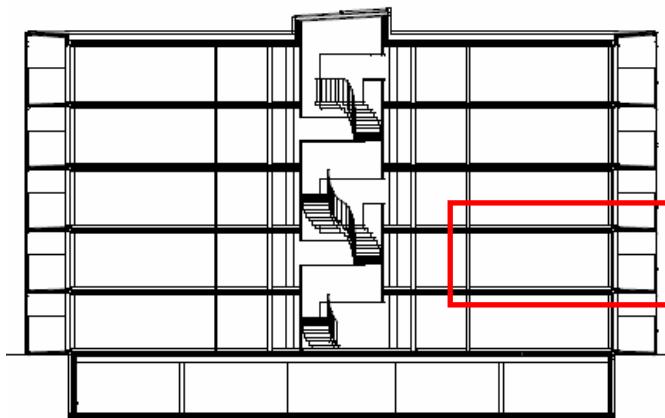
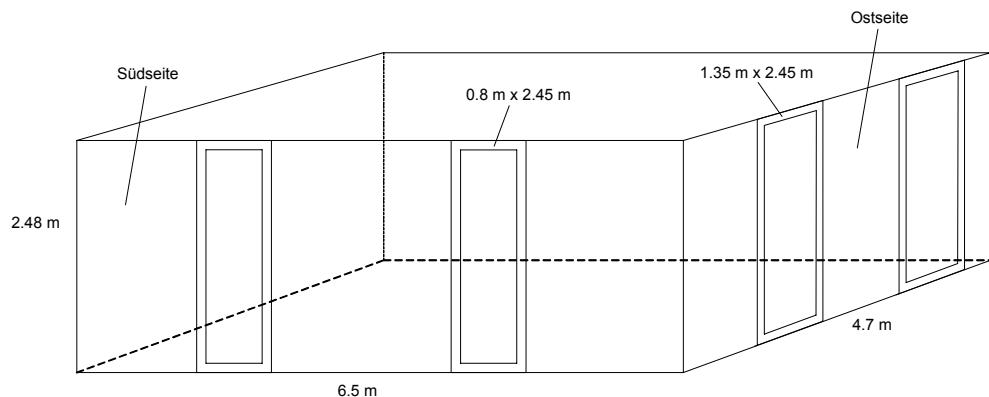


Abbildung 2 Ansicht Mitterweg

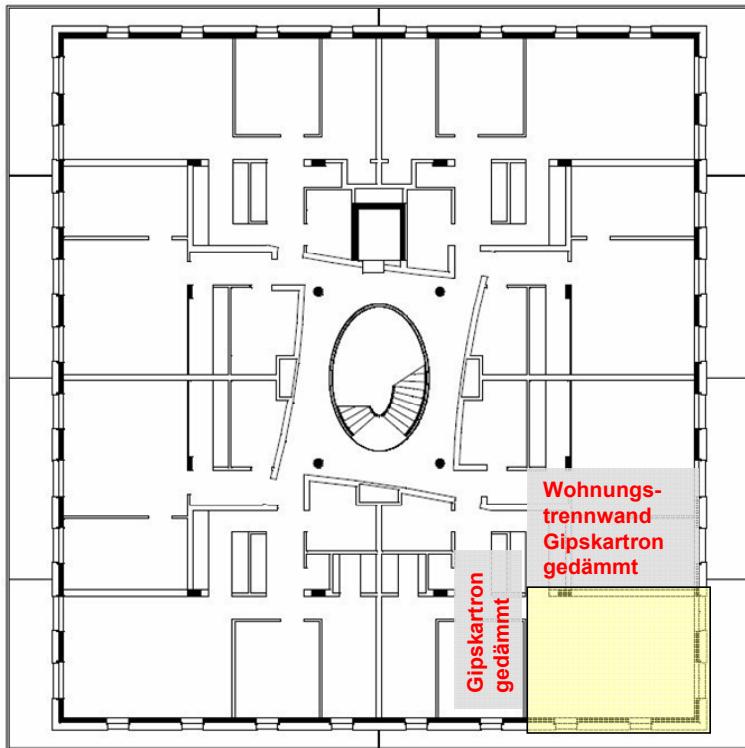


**Abbildung 3 Schnitt durch das Gebäude, Lage des simulierten Raumes. (Publiziert mit Zustimmung von Baumschlager & Eberle)**

Ein Eckzimmer im Zwischengeschoß wurde modelliert, siehe Abbildung 3 und Abbildung 4. Alle Bau- teile wurden detailliert mit Schichtaufbau eingegeben und so der U-Wert des Bauteils ermittelt. Der Raum wird nicht aktiv gekühlt. Der Glasanteil der Fassade beträgt 28%.



**Abbildung 4 Geometrie des simulierten Wohnraums**



**Abbildung 5 Regelgeschoss; simulierter Raum ist markiert. (Publiziert mit Zustimmung von Baumschlager & Eberle)**

## EINGABEN

Klima	Innsbruck	
Geografische Breite	47.0°	
Verschattung	Keine	Raum Richtung Wiese und Strasse. Nachbargebäude weiter als 10m weg.
Sonnenschutz	Ja	Wenn Raumtemperatur über 22 °C
Dichtigkeit der Gebäudehülle	0.275 h <sup>-1</sup>	Entspricht einem spezifischen Luftstrom durch die Gebäudehülle von 0,75 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> Gebäudehüllfläche
Luftwechsel	0.5 Vol./h	konstant
Nachtabsenkung	Nein	
Nachtlüftung	Nein	
Begrenzung Heizleistung	20 W/m <sup>2</sup>	
Begrenzung Kühlleistung	0 W/m <sup>2</sup>	Das Gebäude wird ohne aktive Kühlung betrieben.
Innere Quellen	5 W/m <sup>2</sup>	1.75 W/m <sup>2</sup> pro Person, Raumbelegung 1.5 Personen, Rest von Beleuchtung
Komfort-Bereich	20-26°C	
Nebenräume	gleich betrieben	

**Tabelle 1 Eingegebene Betriebsdaten**

Bauteil	Aufbau (Innen > Aussen)		U-Wert Speicherkapazität
Innenwand links	Gipskarton Glasfaserplatte Gipskarton	0.022 m 0.10 m 0.022 m	0.374 W/m <sup>2</sup> K 230.8 kJ/K
Innenwand hinten (Wohnungs-Trennwand)	Gipskarton Glasfaserplatte Gipskarton	0.06 m 0.10 m 0.06 m	0.336 W/m <sup>2</sup> K 870.5 kJ/K
Decke	Gipsputz Stahlbeton (1%) Steinwolleplatte Beton nicht armiert Holz	0.01 m 0.2 m 0.03 m 0.03 m 0.05 m	0.866 W/m <sup>2</sup> K 8636.8 kJ/K
Boden	Holz Beton nicht armiert Steinwolleplatte Stahlbeton (1%) Gipsputz	0.05 m 0.03 m 0.03 m 0.20 m 0.01 m	0.866 W/m <sup>2</sup> K 3441.5 kJ/K
Aussenwände	Gipsputz Stahlbeton (1%) Polystyrol expandiert Aussenputz	0.01 m 0.20 m 0.24 m 0.01 m	0.155 W/m <sup>2</sup> K 3449.0 kJ/K

Bauteil	Fensterflächen	Anteil an Gesamtfläche	U <sub>g</sub> -Wert Weitere Spezifikationen
Aussenwand rechts	Rahmen Kunststoff Glas	14% 42%	U <sub>g</sub> =0.6 W/m <sup>2</sup> K g=0.46 Rollo aussen Albedo Plan: Mrz-Okt: Wiese Okt-Feb: Neuschnee
Aussenwand vorne	Rahmen Kunststoff Glas	8% 17%	U <sub>g</sub> =0.6 W/m <sup>2</sup> K g=0.46 Rollo aussen Albedo Plan: Mrz-Okt: Wiese Okt-Feb: Neuschnee

**Tabelle 2      Eingegebene Konstruktionsaufbauten**

## ERGEBNISSE

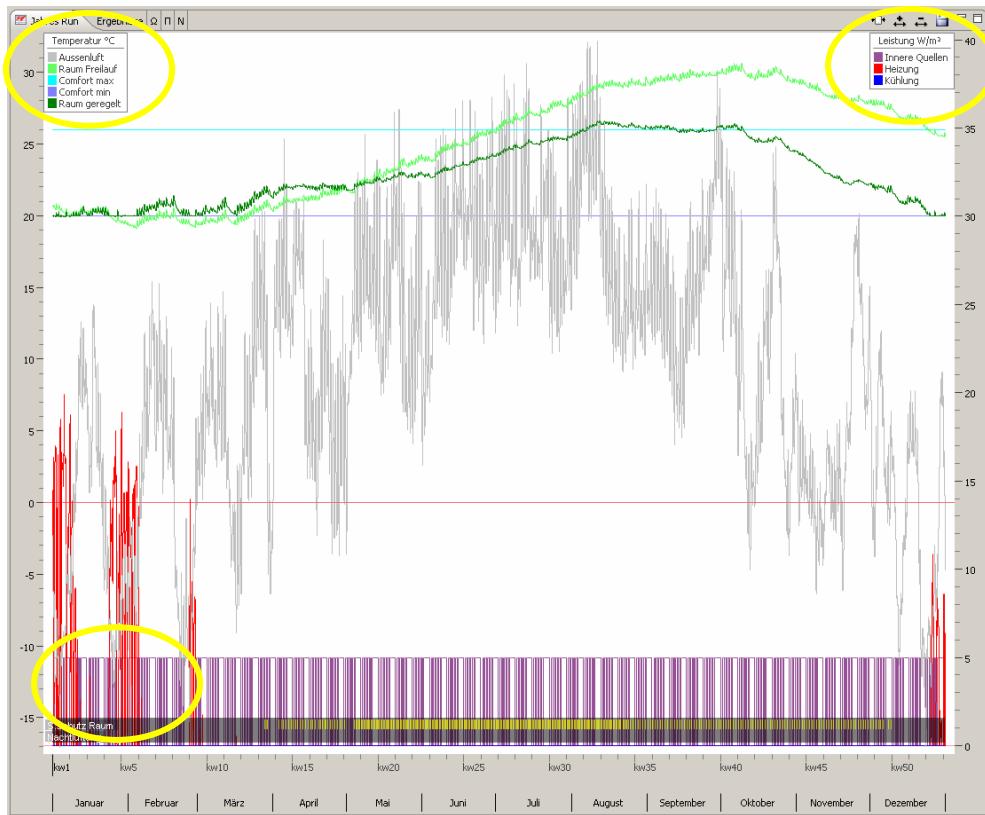
$\gamma$ Summe	0.20 m <sup>2</sup> K/W	Solare Temperaturkorrektur, Durchgriff des Aussenklimas auf das Raumklima
$\tau$	265.4 h	Zeitkonstante, thermische Trägheit, Aufnahmevermögen
K-Wert	0.64 W/m <sup>2</sup> K	Thermischer Verlustfaktor
C	610.3 kJ/m <sup>2</sup> K	Dynamische Wärmekapazität

**Tabelle 3 Ergebnisse der Simulation, Raum**

Die dynamische Wärmekapazität liegt im mittleren Bereich, d.h. die Konstruktion wird als Mischkonstruktion zwischen Leicht- und Schwerbau eingestuft. Nur die Materialien von innen bis erste Wärmedämmung werden für die Berechnung der Wärmekapazität berücksichtigt. Der Verlustfaktor liegt durch den mässigen Glasanteil der Aussenfläche im Rahmen.

$\Omega_h$	22.6 MJ/m <sup>2</sup>	Summe Heizenergie
$\Pi_h$	19.9 W/m <sup>2</sup>	Heizspitzenleistung in Stunde 113
$\Omega_k$	0.00 MJ/m <sup>2</sup>	Summe Kühlenergie
$\Pi_k$	0.00 W/m <sup>2</sup>	Kühlspitzenleistung in Stunde 0
$N_w$	994 h	zu warme Stunden
$N_k$	0 h	zu kalte Stunden
$N_0$	8155 h	0-Energie Stunden

**Tabelle 4 Ergebnisse der Simulation, Jahres Run**



**Abbildung 6 Jahres Run, Abbildung der Temperaturverläufe, Leistungsverläufe und Sonnenschutz und Komfortband**

#### Legenden:

Temperatur °C

- Aussenluft
- Raum Freilauf
- Comfort max
- Comfort min
- Raum geregelt

Ablesung der berechneten Temperaturverläufe und des vorab definierten Komfortbandes.

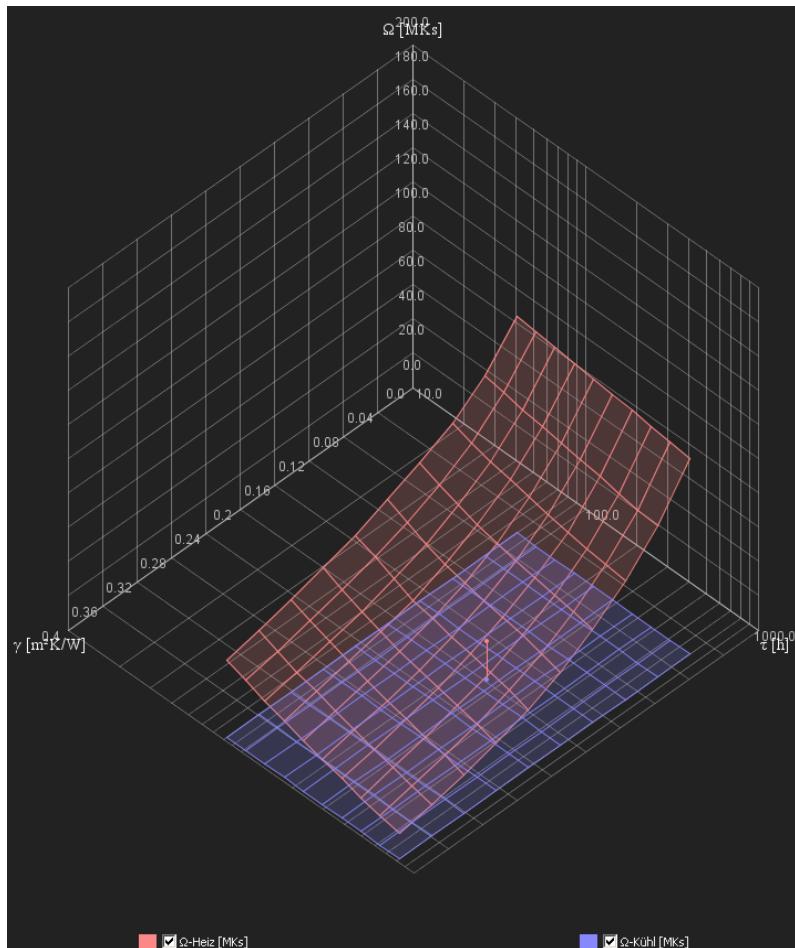
Leistung W/m<sup>2</sup>

- Innere Quellen
- Heizung
- Kühlung

Darstellung der definierten Leistung der inneren Quellen, Heizleistung und Kühlleistung.



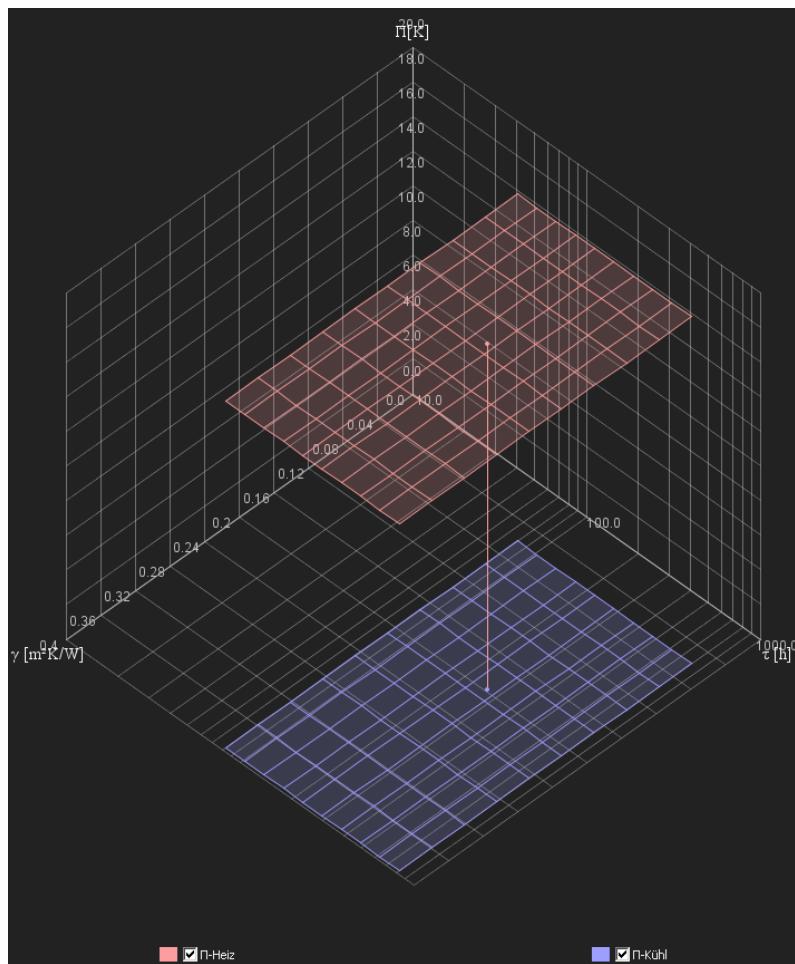
Zeigt, wann der Sonnenschutz aktiv ist und wann eine eventuelle Nachtlüftung betätigt wird.



**Abbildung 7    Klimafläche für Heizenergie, Kühlenergie**

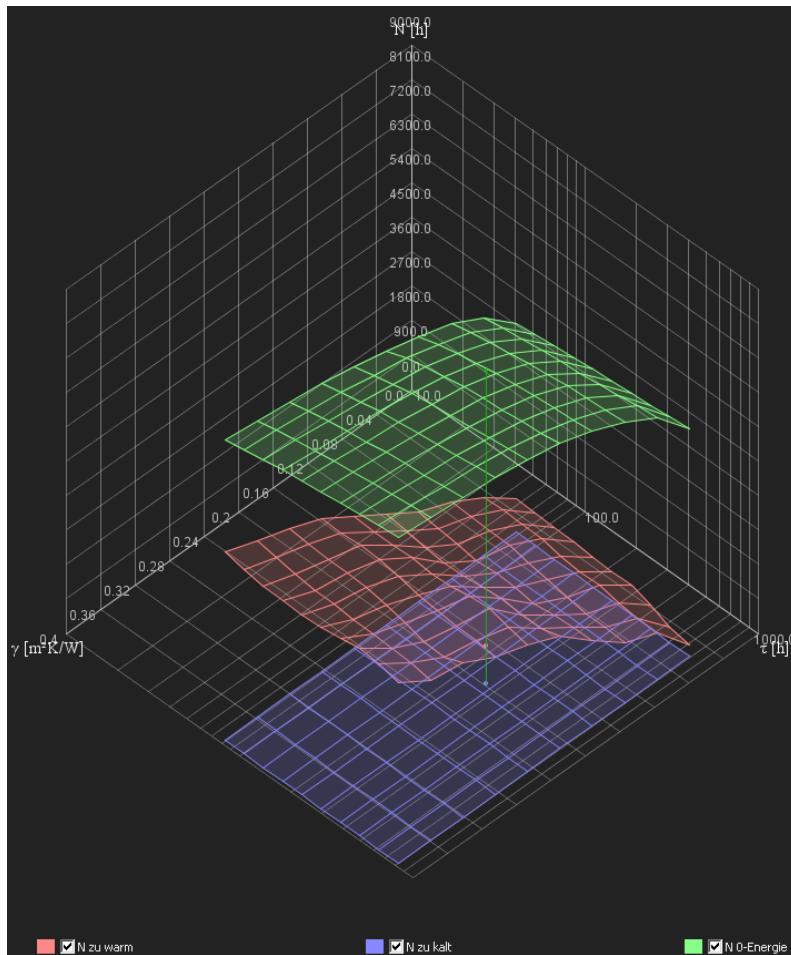
Da der Raum nicht gekühlt wird (wurde in den Eingaben definiert) ist die Kühlenergiefläche (blau) als eine Null-Energie-Ebene dargestellt.

Der Raumpunkt (Funktion von  $\tau$ ,  $\gamma$ ) befindet sich in einem relativ flachen Bereich der Heizenergiefläche (rot). Dies deutet darauf hin dass der Raum gut vom Außenklima abgekoppelt ist. Kleine Änderungen an der Zeitkonstante  $\tau$  oder der solaren Temperaturkorrektur  $\gamma$ , haben mäßige Auswirkung auf den Heizenergiebedarf.



**Abbildung 8 Klimafläche für Heizleistung, Kühlleistung**

Die Heizleistung ist auf  $20 \text{ W/m}^2$  begrenzt. Durch die waagrechte Fläche (rot) ist ersichtlich, dass diese Maximalleistung auch bei veränderter solarer Temperaturkorrektur sowie Zeitkonstante benötigt wird.



**Abbildung 9 Klimafläche für zu warme (rot), zu kalte (blau) und Null-Energie-Stunden (grün)**

Die Begrenzung der Heizleistung auf  $20 \text{ W/m}^2$  hat geringe zu kalte Stunden (blau) zur Folge. Mit kleinerer solarer Temperaturkorrektur nimmt die Anzahl zu kalte Stunden nur wenig zu. Die Anzahl der zu warmen Stunden (rot) ist stark von der solaren Temperaturkorrektur abhängig. Mit einer höheren solaren Temperaturkorrektur steigt die Anzahl der zu warmen Stunden schnell an. Der Raum befindet sich auf dem flacheren Teil der Null-Energie-Fläche (grün).

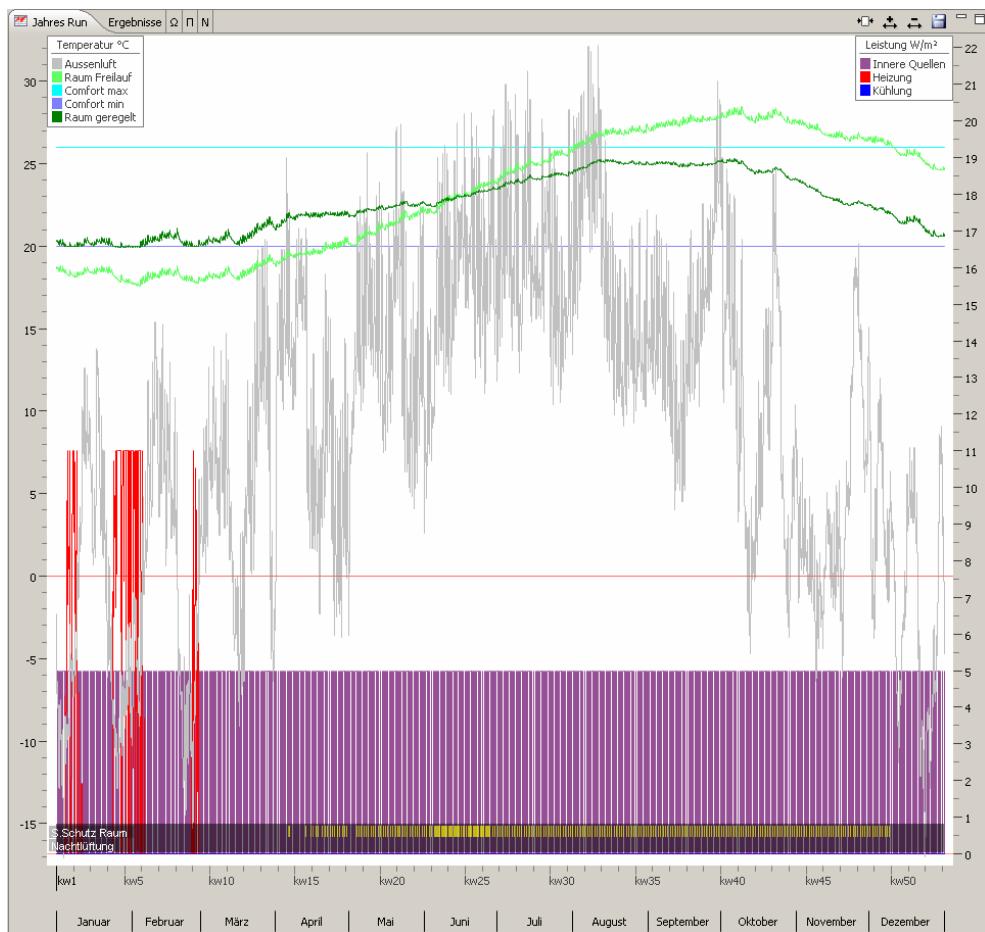
#### FOLGERUNGEN AUS DEN BERECHNUNGEN

Die Steuerung des Sonnenschutzes über die Innentemperatur bewirkt eine maximale Ausnutzung des Wärmeintrags von der Sonne im Winter und begrenzt die Überhitzung im Sommer, siehe Abbildung 6. Wenn die Raumtemperatur  $22^\circ\text{C}$  erreicht, wird der Sonnenschutz aktiviert. Diese Art von Regelung ist realistisch in einem Wohngebäude, mindestens für den Winterfall.

## OPTIMIERUNG DES THERMISCHEN VERHALTENS DES RAUMES

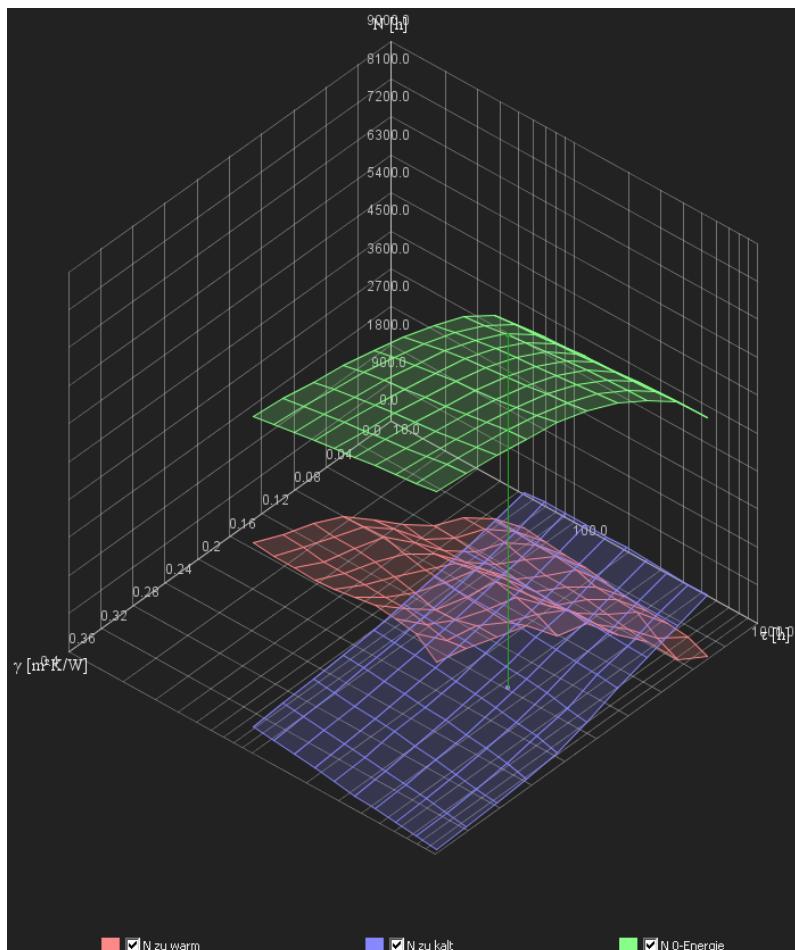
1. Reduzierung des Luftwechsels auf  $0.4 \text{ h}^{-1}$
2. Erhöhung der Speichermasse durch dickeren Unterlagsboden (10 cm)
3. Heizspitzenleistung von  $11 \text{ W/m}^2$  genügt ohne Komforteinbusse

Mit diesen Optimierungen erhalten wir einen niedrigeren Energiebedarf des Raumes. Dieser liegt nun nahezu ganzjährig im Komfortbereich, Abbildung 10.



**Abbildung 10 Jahres Run, Abbildung der Temperaturverläufe, Leistungsverläufe und Sonnenschutz und Komfortband**

Durch den dickeren Unterlagsboden sind die Stundenflächen, Abbildung 11, deutlich auf der Zeitkonstante-Achse verschoben. Da sonst keine grösseren Veränderungen an der Konstruktion durchgeführt wurden, haben sich die Flächen wenig verändert. Die Anzahl der Null-Energie-Stunden ist mit 8361 Stunden sehr hoch und es resultieren nunmehr keine zu warmen Stunden.



**Abbildung 11 Klimafläche für zu warme (rot), zu kalte (blau) und Null-Energie-Stunden (grün)  
NACH OPTIMIERUNG**



#### Raum

$\gamma$ Summe	0,20 $m^2 K/W$
$\tau$	328,83 h
K-Wert	0,64 $W/m^2 K$
C	756,26 $kJ/m^2 K$

#### Jahres Run

$\Omega_h$ ... Summe Heizenergie	12,24 $MJ/m^2$
$\Pi_h$ ... Heizspitzenleistung	11,00 $W/m^2$ in Stunde 113
$\Omega_k$ ... Summe Kühlenergie	0,00 $MJ/m^2$
$\Pi_k$ ... Kühlspitzenleistung	0,00 $W/m^2$ in Stunde 0
$N_w$ ... zu warme Stunden	0 h
$N_k$ ... zu kalte Stunden	6 h
$N_0$ ... 0-Energie Stunden	8361 h

**Abbildung 12 Ergebnisse NACH OPTIMIERUNG**

## Wohnhaus Ottenbergstrasse, Zürich

### GEBÄUDECHARAKTERISIERUNG

Das Wohnhaus in Zürich-Höngg wurde von Leutwyler Partner Architekten AG geplant. Das Haus liegt an einem nach Süden orientiertem Hang und ist im Erdgeschoss mit einer  $5\frac{1}{2}$ , im 1. und 2. Obergeschoss mit je einer  $3\frac{1}{2}$  und  $4\frac{1}{2}$  und im Attikageschoss mit einer grosszügigen  $6\frac{1}{2}$  – Zimmer Wohnung ausgestattet.



Abbildung 13 Ansicht (Quelle: Leutwyler Partner Architekten AG / Wehrli Müller Fotographen)

Ein Eckzimmer im 2.Obergeschoss wurde modelliert. Alle Bauteile wurden detailliert mit Schichtaufbau eingegeben und so der U-Wert des Bauteils ermittelt. Der Raum wird nicht aktiv gekühlt. Der Glasanteil der Fassade beträgt 87%.

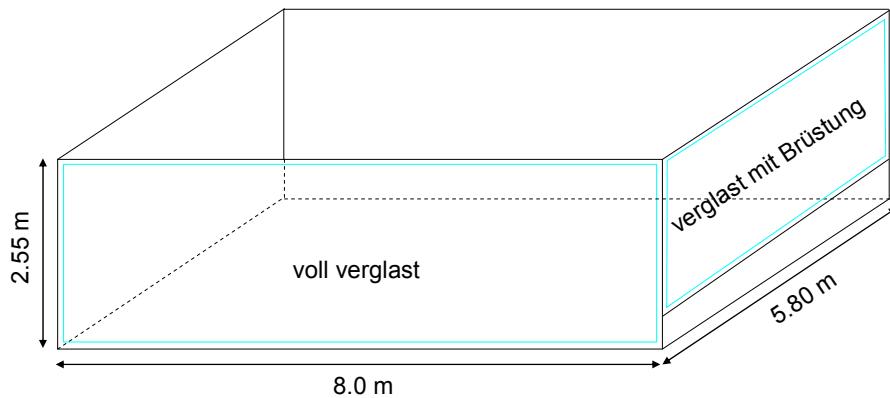
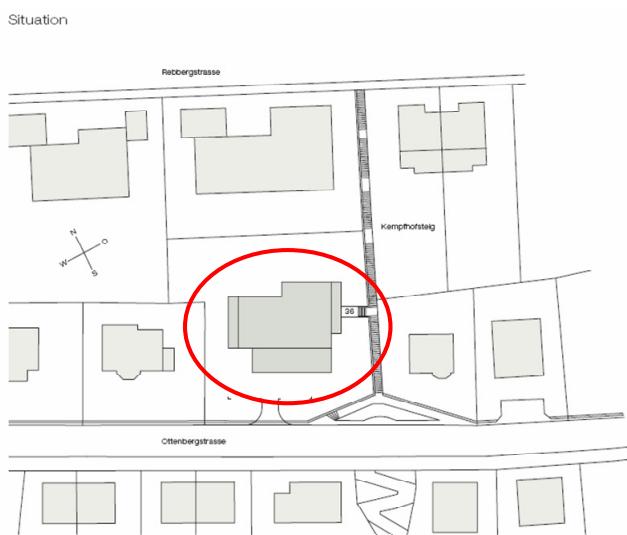


Abbildung 14 Geometrie des simulierten Wohnraums

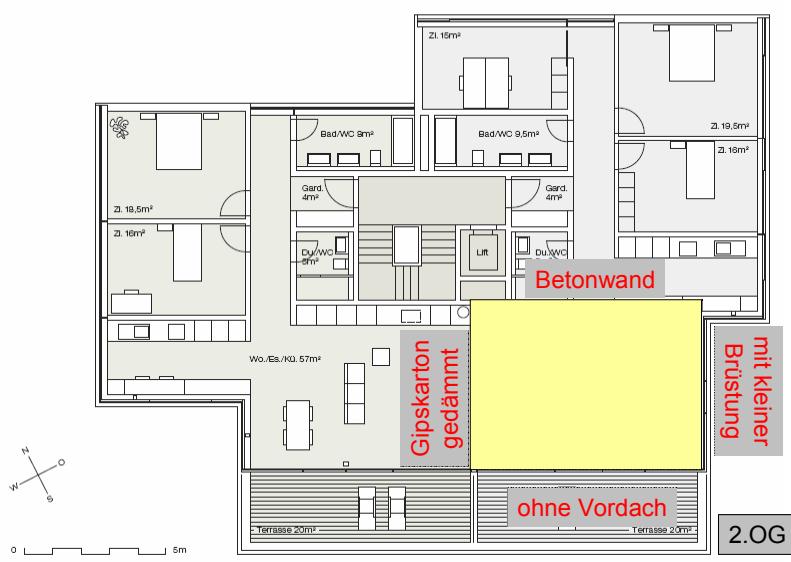


**Abbildung 15 Situationsplan Zürich (Quelle: Leutwyler Partner Architekten AG)**

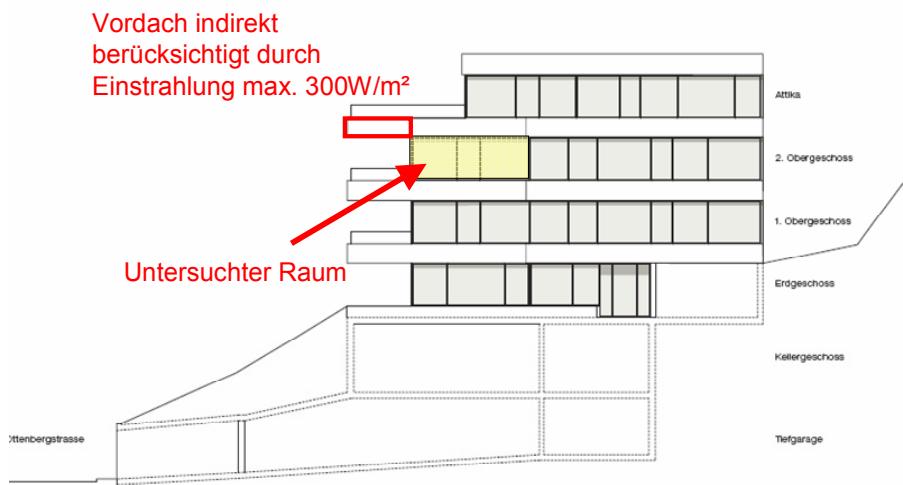


**Abbildung 16 Situation Umgebung (Quelle: Leutwyler Partner Architekten AG)**

1. und 2. Obergeschoss 3 1/2 Zi. 125m<sup>2</sup> / 4 1/2 Zi. 148m<sup>2</sup>



**Abbildung 17 Grundriss (Quelle: Leutwyler Partner Architekten AG)**



**Abbildung 18 Schnitt (Quelle: Leutwyler Partner Architekten AG)**

## EINGABEN

Die technischen Eigenschaften der Baustoffe, die Bauteilaufbauten, Fensterspezifikationen und Handhabung der Automaten wurden so gewählt, dass anschaulich Optimierungsmöglichkeiten bestehen. Diese stimmen nicht mit dem tatsächlich realisierten Objekt überein.

Klima	Zürich SMA	
Geografische Breite	47.0°	
Verschattung	Keine	Freier Horizont und keine Nachbarbebauung (Hanglage)
Sonnenschutz	Ja	Wenn Einstrahlungs-Intensität über 300 W/m <sup>2</sup> Berücksichtigt indirekt Vordach
Dichtigkeit der Gebäudehülle	0.517 h <sup>-1</sup>	Entspricht einem spezifischen Luftstrom durch die Gebäudehülle von 0,75 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> Gebäudehüllfläche
Luftwechsel	0.15 Vol./h	konstant
Nachtabsenkung	Nein	
Nachtlüftung	Ja, von Hand	Intensität: Schwach ( $K'=2.0K$ ) = Verdoppelung des Verlustfaktors K  Start wenn um 21 Uhr Raumtemperatur über 24.0 °C  Ende bei Raumtemperatur 21.0 °C oder $\Delta T$ kleiner 2.0K  Ende spätestens um 6 Uhr
Begrenzung Heizleistung	20 W/m <sup>2</sup>	
Begrenzung Kühlleistung	0 W/m <sup>2</sup>	Das Gebäude wird ohne aktive Kühlung betrieben.
Innere Quellen	5 W/m <sup>2</sup>	1.75 W/m <sup>2</sup> pro Person, Raumbelegung 1.5 Personen, Rest von Beleuchtung
Komfort-Bereich	20-26°C	
Nebenräume	gleich betrieben	Verluste des Anteils der Decke gegen Aussenluft indirekt berücksichtigt, indem die Decke gegen unbeheizt eingegeben wurde.

**Tabelle 5      Eingegebene Betriebsdaten**

Bauteil	Aufbau (Innen -> Aussen)		U-Wert Speicherkapazität
Innenwand links	Gipskarton	0.025 m	0.192 W/m <sup>2</sup> K
	Steinwolleplatte	0.2 m	332.78 kJ/K
	Gipskarton	0.025 m	
Innenwand hinten	Stahlbeton (1%)	0.18 m	25.556 W/m <sup>2</sup> K 4222.8 kJ/K
Decke	Gipsputz	0.02 m	0.779 W/m <sup>2</sup> K
	Stahlbeton (1%)	0.18 m	13720.88 kJ/K
	Steinwolleplatte	0.04 m	
	Beton, nicht armiert	0.08 m	
	Holz	0.02 m	
Boden	Holz	0.02 m	0.779 W/m <sup>2</sup> K
	Beton, nicht armiert	0.08 m	8463.36 kJ/K

	Steinwolleplatte Stahlbeton (1%) Gipsputz	0.04 m 0.18 m 0.02 m	
Aussenwand rechts	Wand (Sockel):  Gipsputz  Stahlbeton (1%)  Polystyrol exp.  Aussenputz	0.02 m 0.18 m 0.14 m 0.015 m	0.262 W/m <sup>2</sup> K 771.80 kJ/K
Bauteil	Fensterflächen	Anteil an Gesamtfläche	U <sub>g</sub> -Wert Weitere Spezifikationen
Aussenwand rechts	Rahmen Alu  Glas Silverstar	5%  77%  (18% Sockel)	U <sub>g</sub> =1.0 W/m <sup>2</sup> K g=0.6  Rollo aussen  Albedo Plan: Mrz-Okt: Asphalt Okt-Feb: Neuschnee
Aussenwand vorne  Vollverglasung	Rahmen Alu  Glas Silverstar	5%  95%	U <sub>g</sub> =1.0 W/m <sup>2</sup> K g=0.6  Rollo aussen  Albedo Plan: Mrz-Okt: Asphalt Okt-Feb: Neuschnee

**Tabelle 6      Eingegebene Konstruktionsaufbauten**

## ERGEBNISSE

$\gamma$ Summe	0.27 m <sup>2</sup> K/W	Solare Temperaturkorrektur, Durchgriff des Aussenklimas auf das Raumklima
$\tau$	94.91 h	Zeitkonstante, thermische Trägheit, Aufnahmevermögen
K-Wert	0.82 W/m <sup>2</sup> K	Thermischer Verlustfaktor
C	281.36 kJ/m <sup>2</sup> K	Dynamische Wärmekapazität

**Tabelle 7      Ergebnisse der Simulation, Raumwerte**

Der Verlustfaktor ist aufgrund der hohen Fensterflächen in den Aussenwänden relativ hoch. Wiederum bewirken diese jedoch einen enormen solaren Energieeintrag, weshalb die solare Temperaturkorrektur im üblichen Bereich liegt. Die dynamische Wärmekapazität ist bezogen auf die Summe der Außenflächen und entspricht einer mittelschweren Bauweise.

$\Omega_h$	8.55 MJ/m <sup>2</sup>	Summe Heizenergie
$\Pi_h$	20.00 W/m <sup>2</sup>	Heizspitzenleistung in Stunde 8330
$\Omega_k$	0.00 MJ/m <sup>2</sup>	Summe Kühlenergie
$\Pi_k$	0.00 W/m <sup>2</sup>	Kühlspitzenleistung in Stunde 0
N <sub>w</sub>	2857 h	zu warme Stunden
N <sub>k</sub>	0 h	zu kalte Stunden
N <sub>0</sub>	8459 h	0-Energie Stunden

**Tabelle 8 Ergebnisse der Simulation, Werte auf Klimaflächen**



**Abbildung 19 Jahres Run, Abbildung der Temperaturverläufe, Leistungsverläufe und Sonnenschutz, Nachtauskühlung und Komfortband**

#### Legenden:

##### Temperatur °C

- Aussenluft
- Raum Freilauf
- Comfort max
- Comfort min
- Raum geregelt

Ableseung der Temperaturverläufe und des definierten Komfortbandes

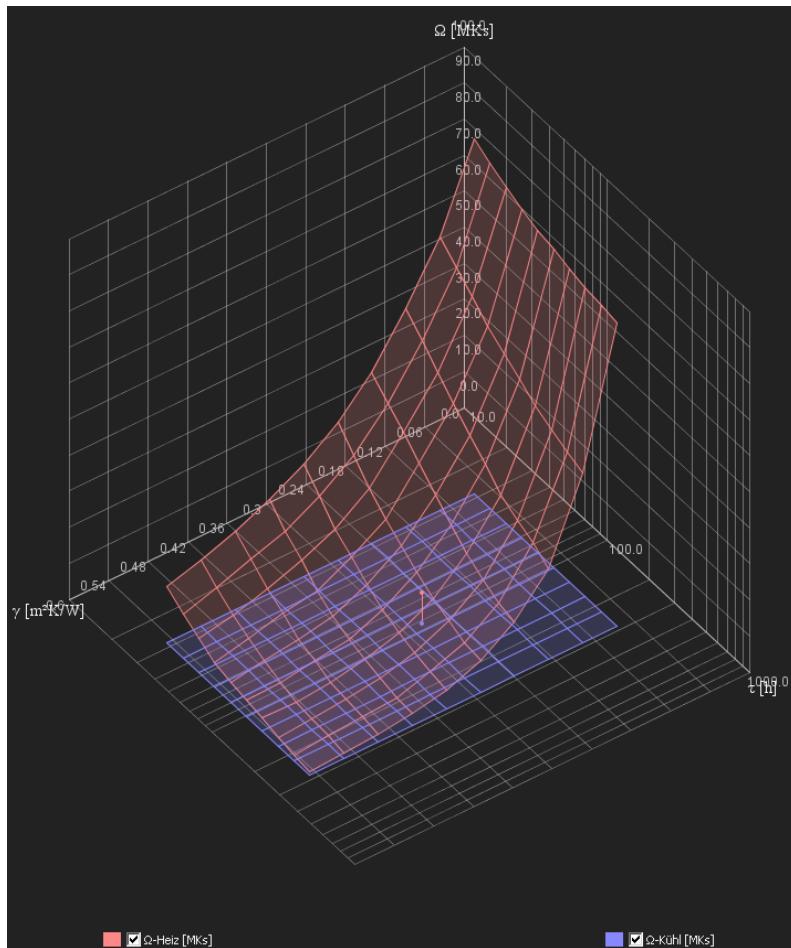
##### Leistung W/m<sup>2</sup>

- Innere Quellen
- Heizung
- Kühlung

Darstellung der definierten Leistung der inneren Quellen, Heizleistung und Kühlleistung.



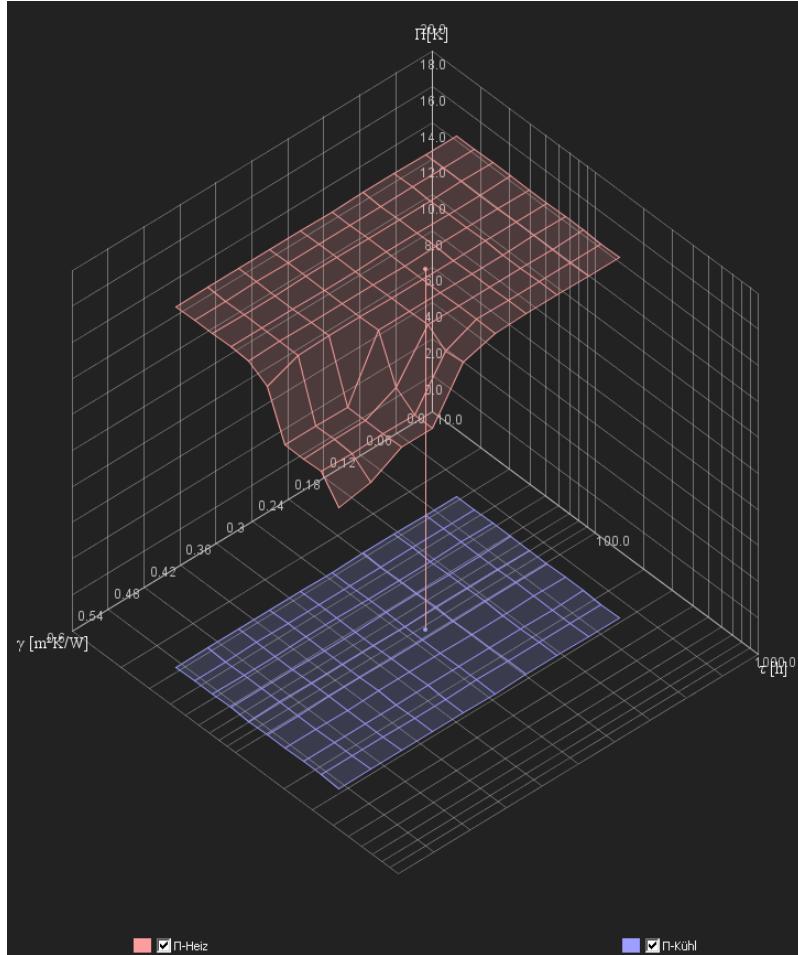
Zeigt, wann der Sonnenschutz aktiv ist und wann die Nachtlüftung betätigt wird.



**Abbildung 20 Klimafläche für Heizenergie, Kühlenergie**

Aufgrund der vorgängig definierten Eingaben, dass das Gebäude nicht aktiv gekühlt werden soll und daher die maximale Kühlleistung auf 0 W/m<sup>2</sup> gesetzt wurde, resultiert keine Kühlenergie. Sobald die Temperatur das Komfortband nach oben überschreitet, resultieren daher auch "zu warme Stunden", welche mit 2857h auf ein unbehagliches Klima des Raumes im Sommer schliessen lassen. Mit Reduzierung der solaren Temperaturkorrektur  $\gamma$  erhöht sich die aufzubringende Heizenergie. Ebenso resultiert aus einer kleineren Zeitkonstante  $\tau$  eine Erhöhung der aufzubringenden Heizenergie.

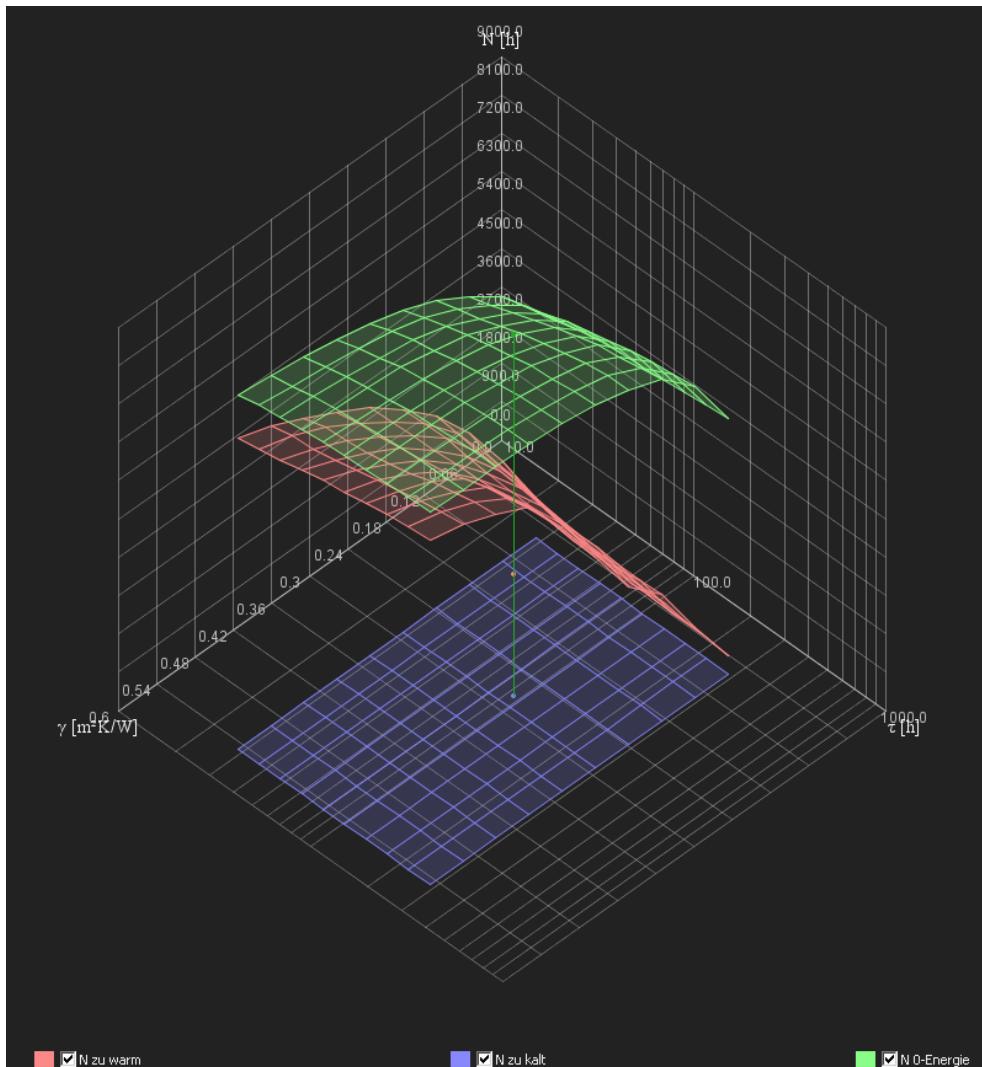
Man sieht deutlich, wie sowohl die solare Temperaturkorrektur wie auch die Zeitkonstante den Heizenergiebedarf beeinflussen.



**Abbildung 21 Klimafläche für Heizleistung, Kühlleistung**

Aufgrund der Eingabe *Begrenzung der Kühlleistung* resultiert keine Kühlleistung (blaue Fläche waagrecht bei Null).

Die maximale Heizleistung von  $20 \text{ W/m}^2$  bleibt nahezu konstant, erst bei enorm grosser solarer Temperaturkorrektur und Zeitkonstante reduziert sie sich.



**Abbildung 22 Klimafläche für zu warme (rot), zu kalte (blau) und Null-Energie-Stunden (grün)**

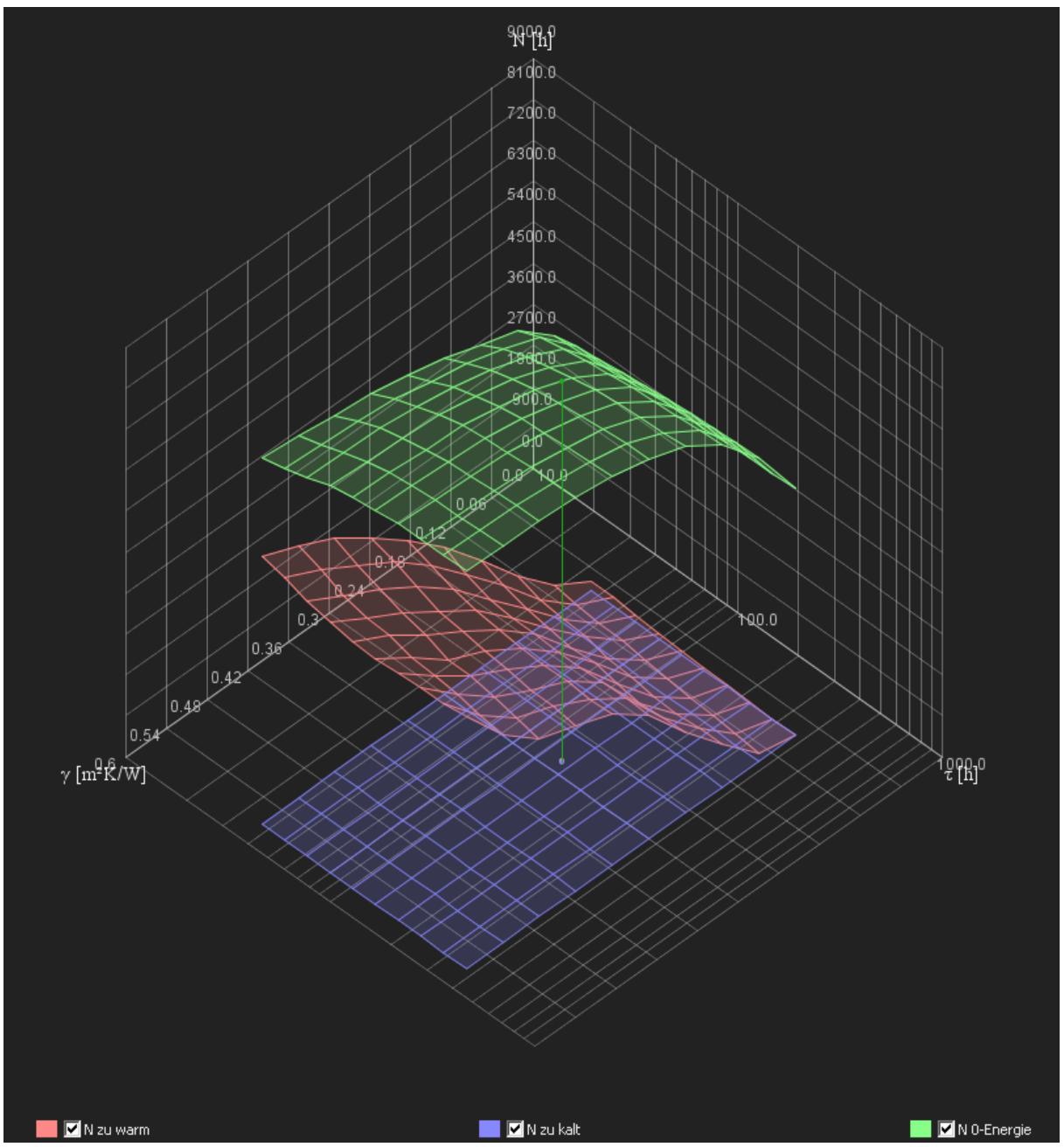
Es resultieren aufgrund der ausreichend gross gewählten Heizleistung keine zu kalten Stunden (blaue Fläche). Daher liegt die Fläche waagrecht bei Null im Raum. Die zu warmen Stunden nehmen mit grösser werdender solarer Temperaturkorrektur stark zu (rote Fläche). Mit vergrösserter solarer Temperaturkorrektur nehmen die Nullenergiestunden (grüne Fläche) nicht proportional zu. Sie nähern sich einer waagrechten Fläche an.

#### FOLGERUNGEN AUS DEN BERECHNUNGEN

Die Summe der Heizenergie mit  $8.55 \text{ MJ/m}^2$  ist äusserst gering. Das Limit von  $20 \text{ W/m}^2$  könnte tiefer gewählt werden, ohne dabei Komforteinbussen in Kauf zu nehmen. Die kritische Situation bei diesem Raum liegt weniger im winterlichen Wärmeschutz. Der sommerliche Wärmeschutz mit Überhitzungsgefahr aufgrund der verglasten Außenwände stellt bei diesem Raum die Herausforderung dar. Ein verbesserter Sonnenschutz (wie die vorhandene Verschattung durch das Vordach) würde deutlich dazu beitragen, dass die Raumtemperatur im Sommer im Komfort-Bereich gehalten werden könnte. Durch eine Veränderung der Eingabewerte der Fenster würde dies unterstützt. Zuletzt ist über eine aktive Kühlung des Raumes nachzudenken, wenn andere Massnahmen nicht zu den gewünschten Verbesserungen führen.

#### OPTIMIERUNG DES THERMISCHEN VERHALTENS DES RAUMES

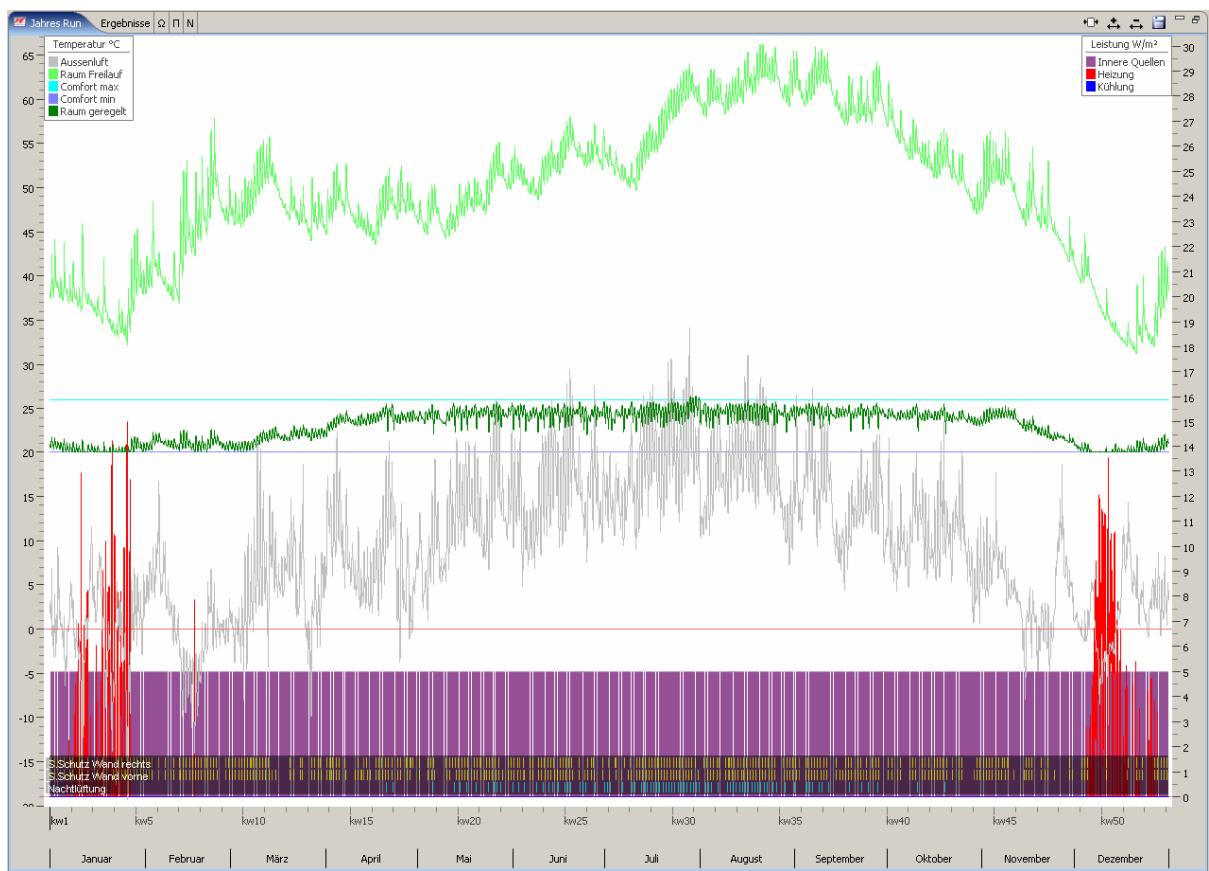
1.  $U_g$ -Wert aller Gläser  $0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $g$ -Wert  $0.48$
2. Sonnenschutz Lamellen, hell aussen gewählt (statt: Rollo, vgl. Seite 18)
3. Heizspitzenleistung von  $15 \text{ W/m}^2$  genügt ohne Komforteinbusse
4. Nachtlüftung: Verdreifachung des Verlustfaktors  $K$ , Beginn ab  $25^\circ\text{C}$ , Ende bei  $\Delta T$  kleiner  $1\text{K}$



**Abbildung 23 Klimafläche für zu warme (rot), zu kalte (blau) und Null-Energie-Stunden (grün)  
NACH OPTIMIERUNG**

Deutlich zu erkennen ist der flachere Verlauf der zu warmen Stunden. Durch die Optimierungsmassnahmen steigen die zu warmen Stunden in Richtung der solaren Temperaturkorrektur - Achse flacher an. Der Raum reagiert nicht mehr so sensibel auf die solare Temperaturkorrektur.

Mit den Optimierungen erhalten wir einen nahezu identischen Energiebedarf des Raumes, jedoch liegt der Raum ganzjährig im Komfortbereich (24h Raumtemperaturen über 26°C im Hochsommer liegen im Toleranzbereich). Das bessere Glas, der aussen liegende Sonnenschutz und vor allem die optimierte Nachtlüftung reduzieren die Übertemperatur im Raum deutlich:



**Abbildung 24 Jahres Run, Abbildung der Temperaturverläufe, Leistungsverläufe und Sonnenschutz, Nachtauskühlung und Komfortband NACH OPTIMIERUNG**

Raum	
$\gamma$ Summe	0,28 $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$
T	123,07 h
K-Wert	0,64 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
C	281,36 $\text{kJ}/\text{m}^2\text{K}$

Jahres Run	
$\Omega_h$ ... Summe Heizenergie	8,84 MJ/m²
$\Pi_h$ ... Heizspitzenleistung	15,00 $\text{W}/\text{m}^2$ in Stunde 604
$\Omega_k$ ... Summe Kühlenergie	0,00 MJ/m²
$\Pi_k$ ... Kühlspitzenleistung	0,00 $\text{W}/\text{m}^2$ in Stunde 0
$N_w$ ... zu warme Stunden	24 h
$N_k$ ... zu kalte Stunden	0 h
$N_0$ ... 0-Energie Stunden	8354 h

Raum	
$\gamma$ Summe	0,27 $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$
T	94,91 h
K-Wert	0,82 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
C	281,36 $\text{kJ}/\text{m}^2\text{K}$

Jahres Run	
$\Omega_h$ ... Summe Heizenergie	8,55 MJ/m²
$\Pi_h$ ... Heizspitzenleistung	20,00 $\text{W}/\text{m}^2$ in Stunde 606
$\Omega_k$ ... Summe Kühlenergie	0,00 MJ/m²
$\Pi_k$ ... Kühlspitzenleistung	0,00 $\text{W}/\text{m}^2$ in Stunde 0
$N_w$ ... zu warme Stunden	2857 h
$N_k$ ... zu kalte Stunden	0 h
$N_0$ ... 0-Energie Stunden	8459 h

**Abbildung 25 Ergebnisse NACH OPTIMIERUNG**

(Vergleich vor Optimierung)

# Übersicht Optimierungsmöglichkeiten

## Energetische Optimierung von Gebäuden mit Energy Design Guide II

Einflussparameter										
Gruppe	Details	Eingabeparameter	Bemerkung							
Gebäude	Standort	Meteoraten								
		Geografische Breite	Eingabe mit Radius 10m							
		Verschattung durch Horizont	Einflussentfernung Radius 1000m							
		Verschattung durch Nachbarbebauung	Einflussentfernung Radius 10m							
	Lage des Raumes	Himmelsrichtung	Ausrichtung des Raumes							
		über Grund	für Albedo Plan, Verschattung							
		Albedo Plan bei transparenten Bauteilen	Reflektion in den Raum							
		Angrenzender Bereich	Nebenräume							
	Luftdichtigkeit	Spezifischer Luftstrom	Eingabe des spezifischen Luftstromes durch die Gebäudehülle							
	Summe der Aussenelementfläche	Fläche aller Aussenelemente	Transmissions- und Lüftungsverluste. Zusätzlich bei transparenten Bauteilen siehe Fenstergröße.							
Automaten	Limit Kühlleistung	Eingabe der maximal möglichen/gewünschten Kühlleistung								
	Limit Heizleistung	Eingabe der maximal möglichen/gewünschten Heizleistung								
	Sonnenschutz									
	Nachtlüftung									
	Nachtabsenkung									
Wochenplan	Innere Quellen									
	Comfort Bereich									
	Luftwechsel									
Gruppe	Details	Eingabeparameter	Bemerkung	Mittlere Strahlungs-durchlässigkeit G A'st <sub>r</sub>	Dynamische Wärmekapazität C C'	Verlustfaktor K K'	Gewinnfaktor γ = G / K γ = A'st <sub>r</sub> / K' γ = C' / K'	Zeitkonstante τ = C / K τ = A'st <sub>r</sub> / K' τ = C' / K'		
Bauteile	Transparente Aussenelemente	↑ U <sub>g</sub> -Wert	Abhängigkeit zu g-Wert				↑	↓	↓	
		↑ g-Wert	Abhängigkeit zu U <sub>g</sub> -Wert	↑				↑		
		↑ U <sub>ihämen</sub>					↑	↓	↓	
		↑ Fenstergröße	Annahme, dass Fläche aller Aussenelemente dabei nicht verändert wird	↑			↑	↓	↓	
Bauteile	Bodenaufbau	↑ Spez. Wärmespeicherfähigkeit der Innenelemente bis zur ersten Dämmschicht ( $\lambda \leq 0.1 \text{ W/mK}$ )	Beiträge zum Speicherertrag: 70 % Geschossdecken							
		↑ Spez. Wärmespeicherfähigkeit der Innenelemente bis zur ersten Dämmschicht ( $\lambda \leq 0.1 \text{ W/mK}$ )	20 % Innenwände							
		↑ Spez. Wärmespeicherfähigkeit der Innenelemente bis zur ersten Dämmschicht ( $\lambda \leq 0.1 \text{ W/mK}$ )	10 % Außenwände							
Bauteile	Deckenaufbau	↑ U-Werte der Aussenbauteile					↑	↓	↓	
		↑ U-Werte der Aussenbauteile					↑	↓	↓	
		↑ U-Werte der Aussenbauteile					↑	↓	↓	
		↑ U-Werte der Aussenbauteile					↑	↓	↓	
Bauteile	Wandaufbau	↑ U-Werte der Aussenbauteile								
		↑ U-Werte der Aussenbauteile								
		↑ U-Werte der Aussenbauteile								
		↑ U-Werte der Aussenbauteile								
G, C, K sind bezogen auf die Summe der Außenflächen $A_e$ $G = A'st_r / \sum A_e$ , $C = C' / \sum A_e$ , $K = K' / \sum A_e$										
<b>Lesebeispiel:</b> Bauteile Transparente Aussenelemente ↑ g-Wert Abhängigkeit zu U <sub>g</sub> -Wert 3 ← Massnahme: g-Wert vergrößern und jeweils umgekehrt: Massnahme: g-Wert verkleinern										
2 ← Strahlungsempfangsfläche erhöhen 1 ↑ Strahlungsempfangsfläche reduzieren Der Gewinnfaktor soll vergrößert werden Der Gewinnfaktor soll verkleinert werden										

Abbildung 26 Optimierung Gebäude, Automaten und Wochenplan, Optimierung der Bauteile

## OPTIMIERUNG DER LEERLAUFTEMPERATUR LLT

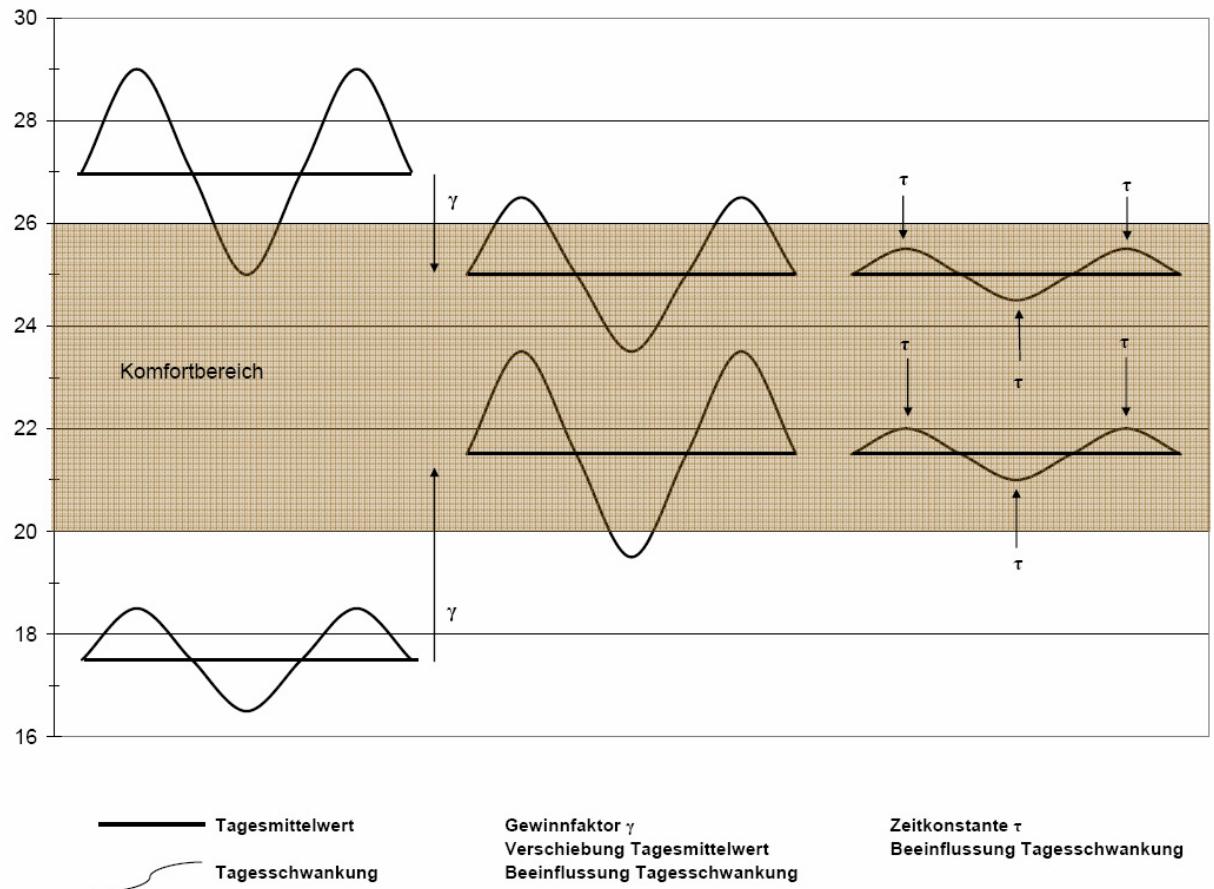


Abbildung 27 Optimierung der Leerlauftemperatur