



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

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

Projektnummer: 100025

Bezugsort der Publikation: 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 enormer 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 II¹ 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.

¹ Verfügbar unter www.pinpoint-online.ch bzw. 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.

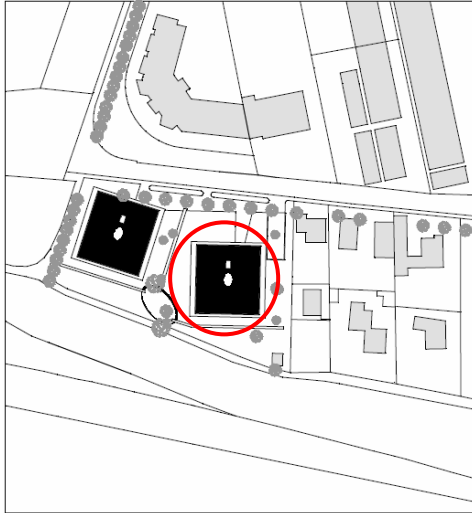


Abbildung 1 Situationsplan (Publiziert mit Zustimmung von Baumschlager & Eberle)

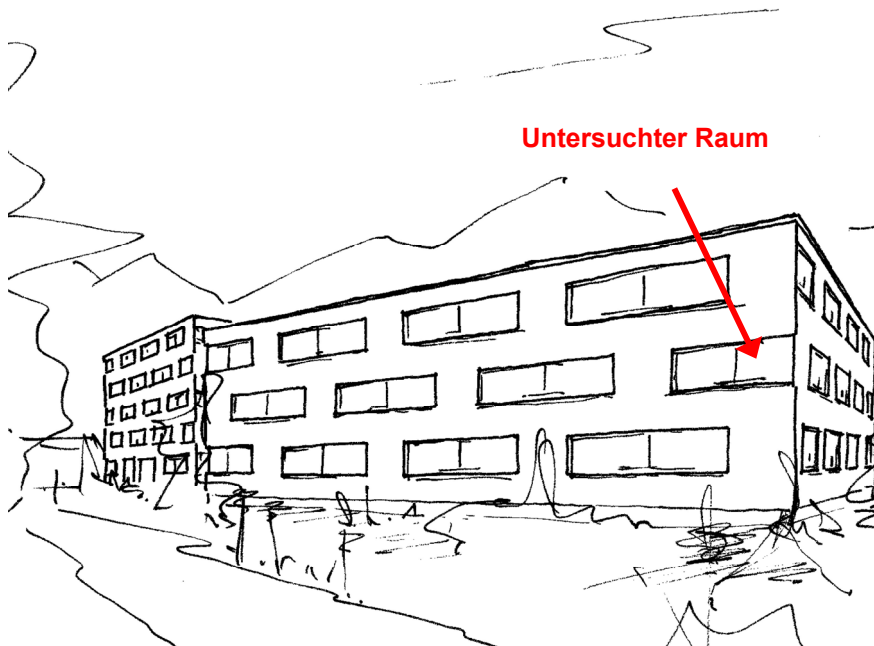


Abbildung 2 Ansicht Mitterweg

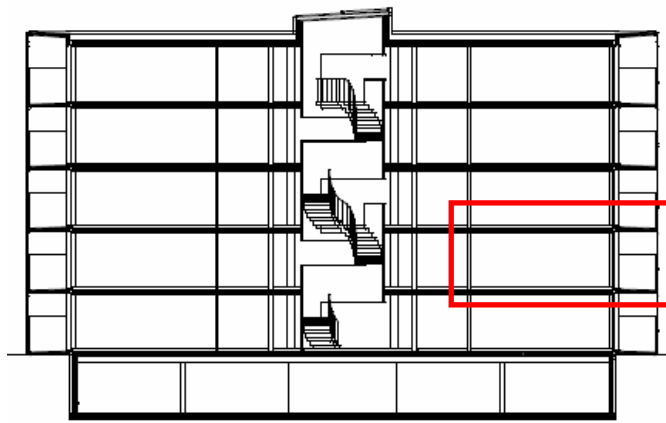


Abbildung 3 Schnitt durch das Gebäude, Lage des simulierten Raumes. (Publiziert mit Zustimmung von Baumschlager & Eberle)

Ein Eckzimmer im Zwischengeschoss wurde modelliert, siehe Abbildung 3 und Abbildung 4. Alle 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 28%.

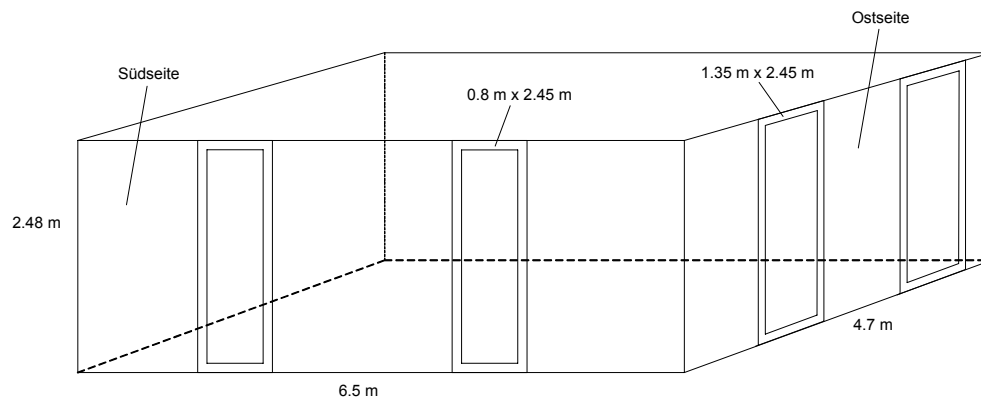


Abbildung 4 Geometrie des simulierten Wohnraums

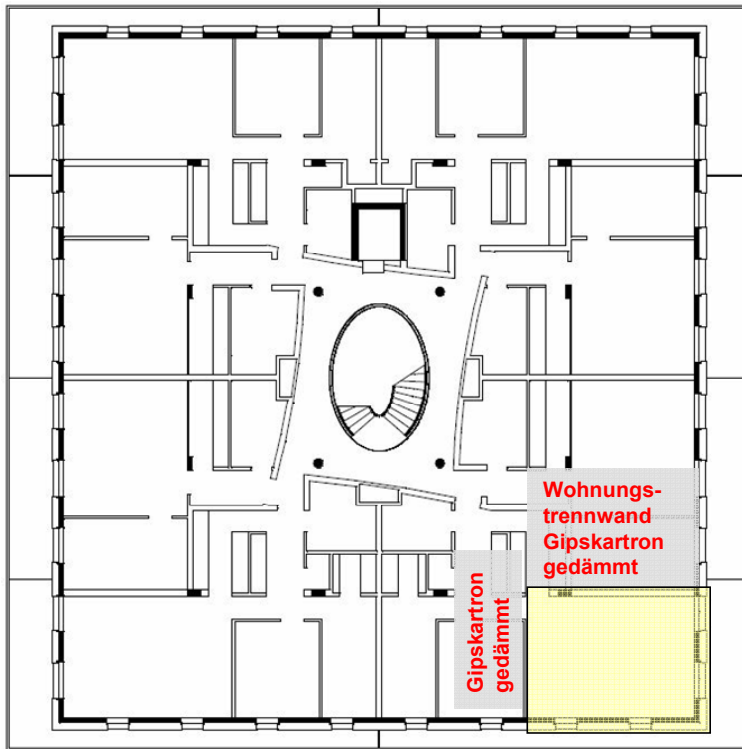


Abbildung 5 Regelgeschoss; simulierter Raum ist markiert. (Publiziert mit Zustimmung von Baumschlager & Eberle)

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 ⁻¹	Entspricht einem spezifischen Luftstrom durch die Gebäudehülle von 0,75 m³/hm² Gebäudehüllfläche
Luftwechsel	0.5 Vol./h	konstant
Nachtabsenkung	Nein	
Nachtlüftung	Nein	
Begrenzung Heizleistung	20 W/m²	
Begrenzung Kühlleistung	0 W/m²	Das Gebäude wird ohne aktive Kühlung betrieben.
Innere Quellen	5 W/m²	1.75 W/m² pro Person, Raumbelugung 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	0.022 m	0.374 W/m ² K
	Glasfaserplatte	0.10 m	230.8 kJ/K
	Gipskarton	0.022 m	
Innenwand hinten (Wohnungs- Trennwand)	Gipskarton	0.06 m	0.336 W/m ² K
	Glasfaserplatte	0.10 m	870.5 kJ/K
	Gipskarton	0.06 m	
Decke	Gipsputz	0.01 m	0.866 W/m ² K
	Stahlbeton (1%)	0.2 m	8636.8 kJ/K
	Steinwolleplatte	0.03 m	
	Beton nicht armiert	0.03 m	
	Holz	0.05 m	
Boden	Holz	0.05 m	0.866 W/m ² K
	Beton nicht armiert	0.03 m	3441.5 kJ/K
	Steinwolleplatte	0.03 m	
	Stahlbeton (1%)	0.20 m	
	Gipsputz	0.01 m	
Aussenwände	Gipsputz	0.01 m	0.155 W/m ² K
	Stahlbeton (1%)	0.20 m	3449.0 kJ/K
	Polystyrol expandiert	0.24 m	
	Aussenputz	0.01 m	

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

Tabelle 2 Eingegebene Konstruktionsaufbauten

ERGEBNISSE

γ Summe	0.20 m ² K/W	Solare Temperaturkorrektur, Durchgriff des Aussenklimas auf das Raumklima
τ	265.4 h	Zeitkonstante, thermische Trägheit, Aufnahmevermögen
K-Wert	0.64 W/m ² K	Thermischer Verlustfaktor
C	610.3 kJ/m ² 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 Wärmedämmsicht werden für die Berechnung der Wärmekapazität berücksichtigt. Der Verlustfaktor liegt durch den mässigen Glasanteil der Aussenfläche im Rahmen.

Ω_h	22.6 MJ/m ²	Summe Heizenergie
Π_h	19.9 W/m ²	Heizspitzenleistung in Stunde 113
Ω_k	0.00 MJ/m ²	Summe Kühlenergie
Π_k	0.00 W/m ²	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*

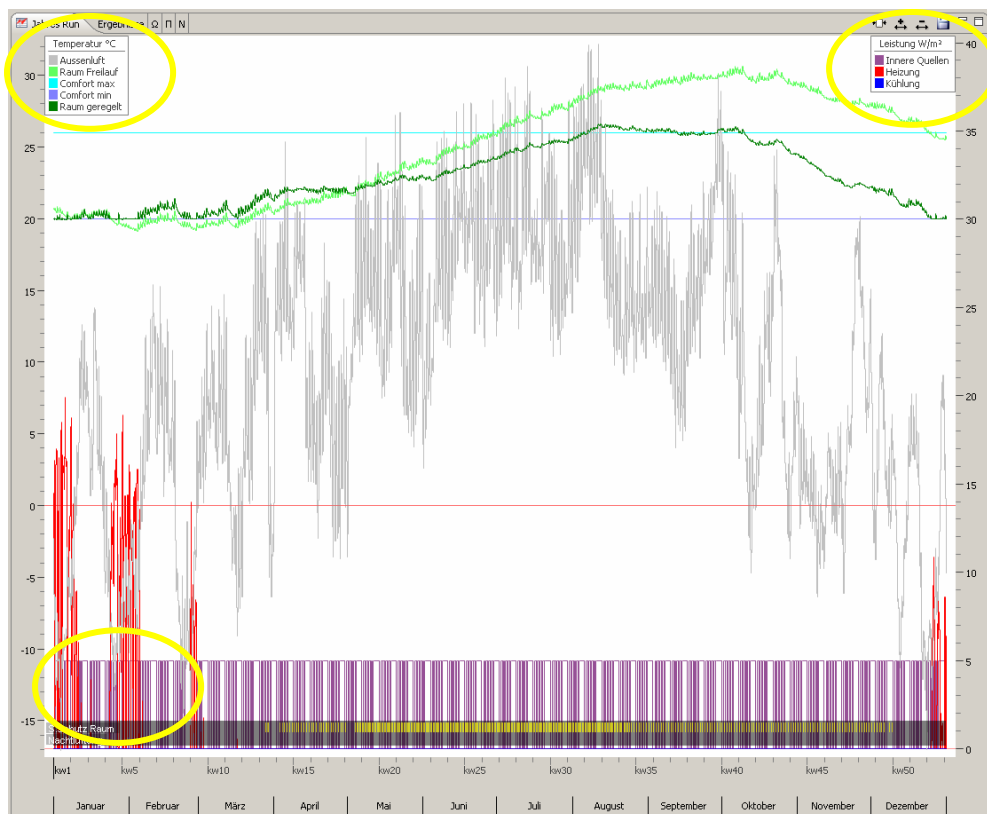


Abbildung 6 Jahres Run, Abbildung der Temperaturverläufe, Leistungsverläufe und Sonnenschutz und Komfortband

Legenden:

Temperatur °C

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

Ablesung der berechneten Temperaturverläufe und des vorab definierten Komfortbandes.

Leistung W/m²

- 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.

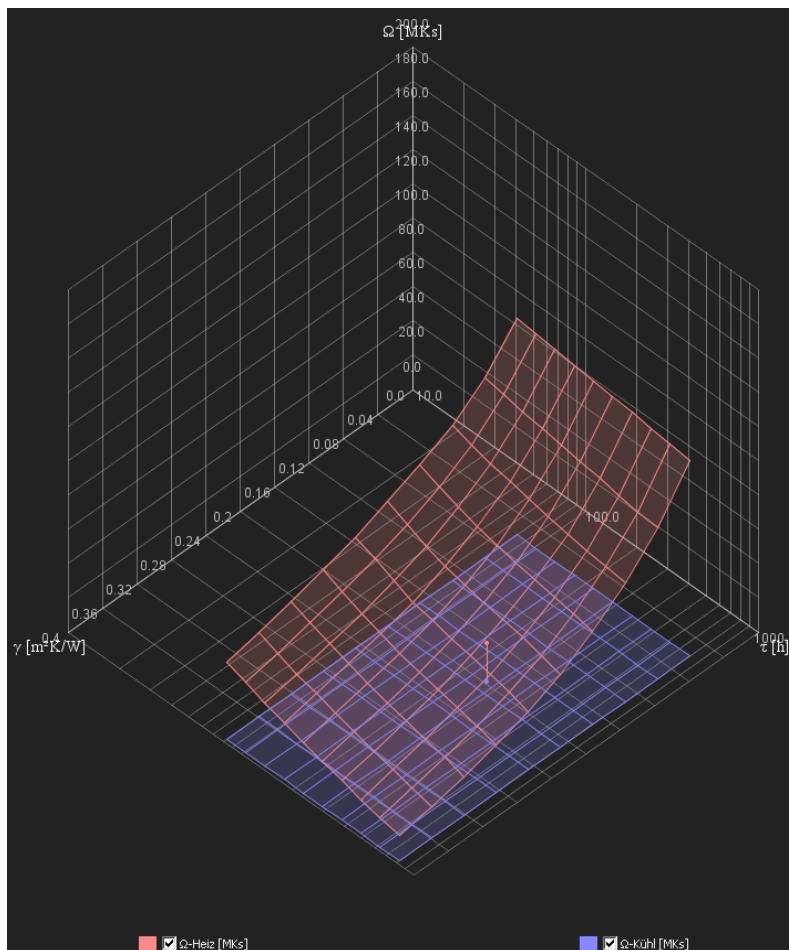


Abbildung 7 Klimafläche für Heizenergie, Kühlenergie

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 τ , γ) 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 τ oder der solaren Temperaturkorrektur γ , haben mässige Auswirkung auf den Heizenergiebedarf.

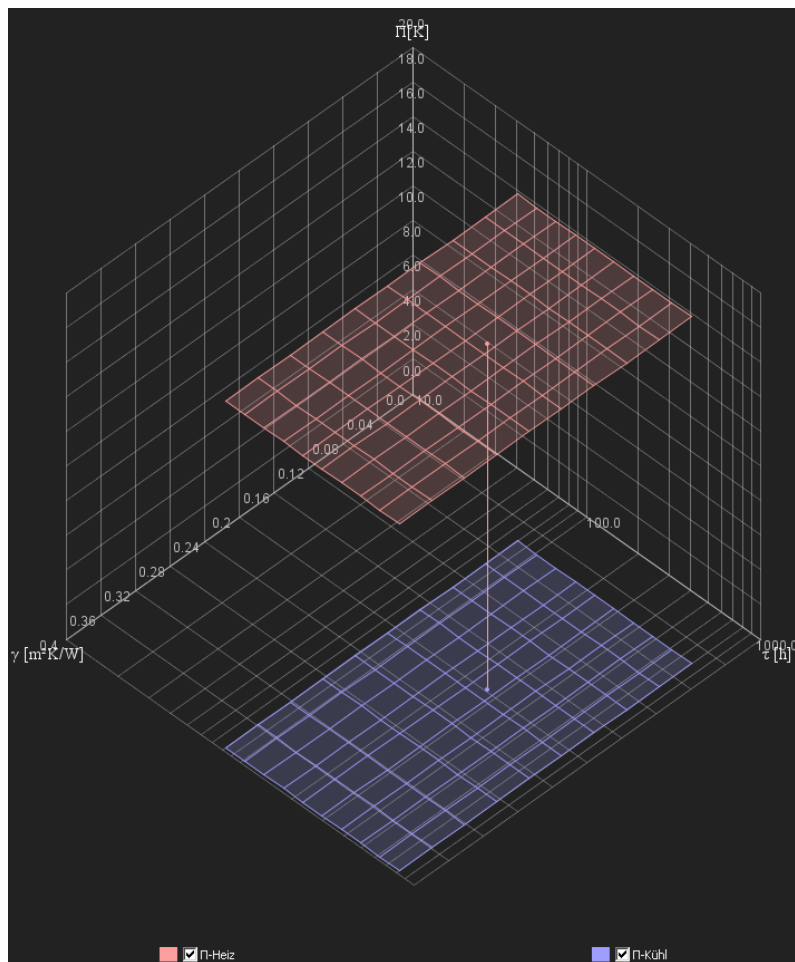


Abbildung 8 Klimafläche für Heizleistung, Kühlleistung

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

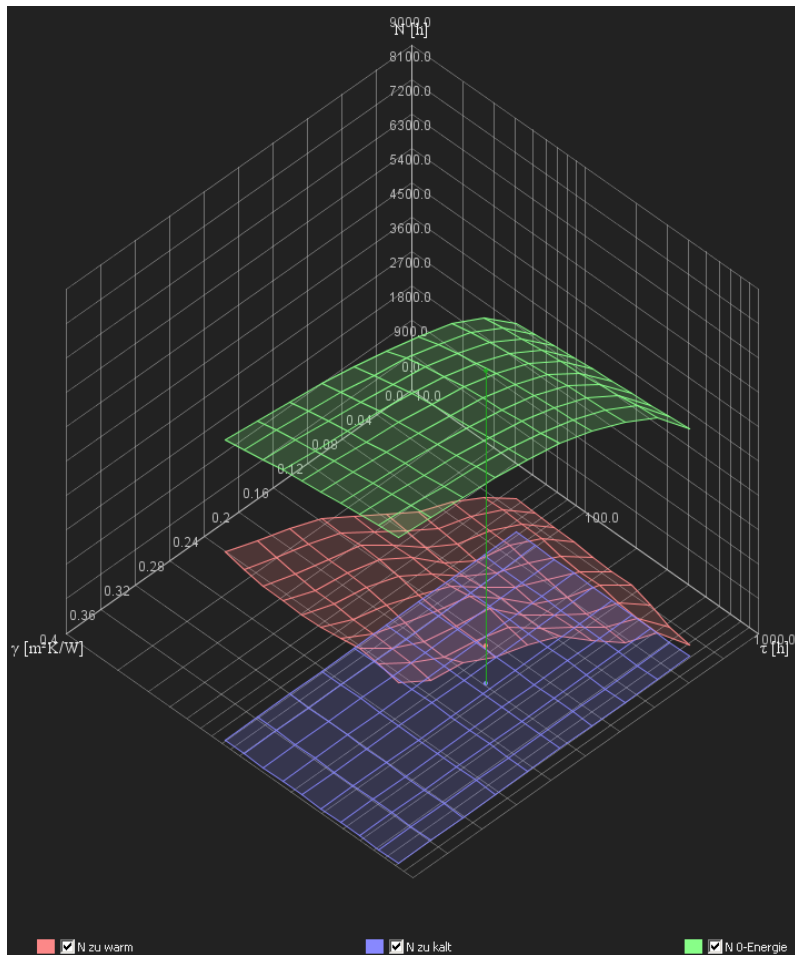


Abbildung 9 Klimafläche für zu warme (rot), zu kalte (blau) und Null-Energie-Stunden (grün)

Die Begrenzung der Heizleistung auf 20 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 Wärmeertrags von der Sonne im Winter und begrenzt die Überhitzung im Sommer, siehe Abbildung 6. Wenn die Raumtemperatur 22°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 h^{-1}
2. Erhöhung der Speichermasse durch dickeren Unterlagsboden (10 cm)
3. Heizspitzenleistung von 11 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.

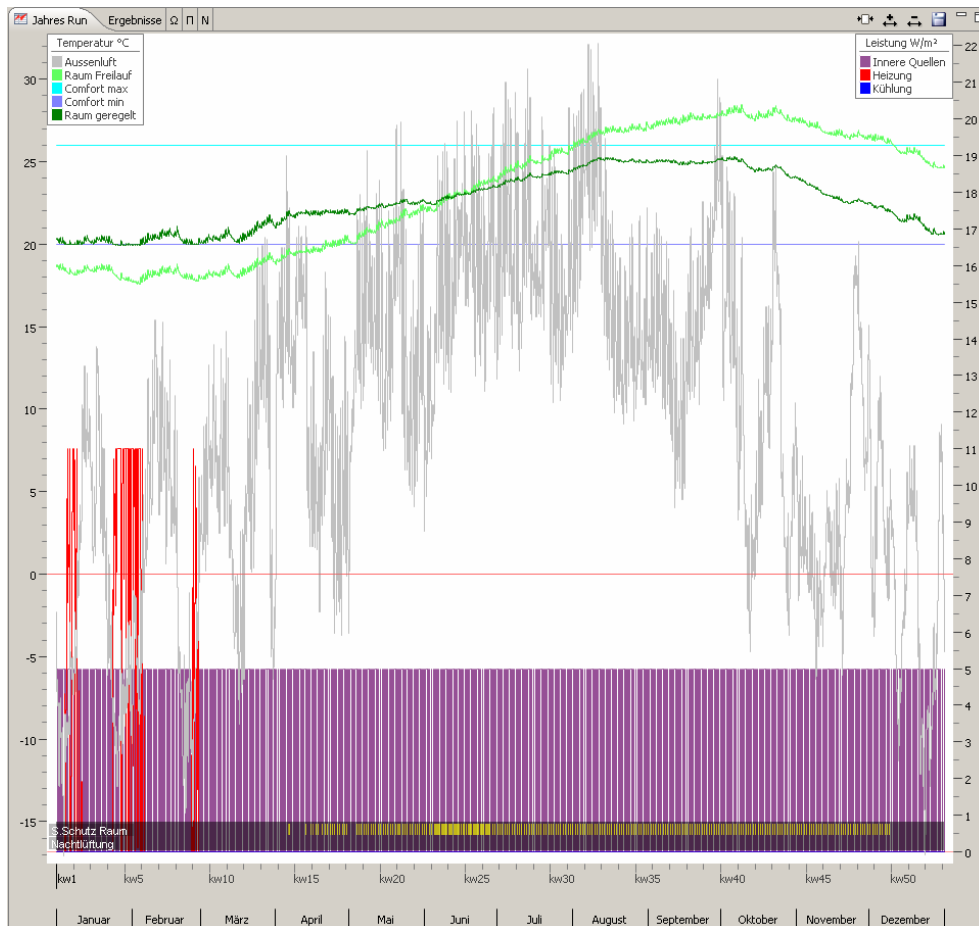


Abbildung 10 Jahres Run, Abbildung der Temperaturverläufe, Leistungsverläufe und Sonnenschutz und Komfortband

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.

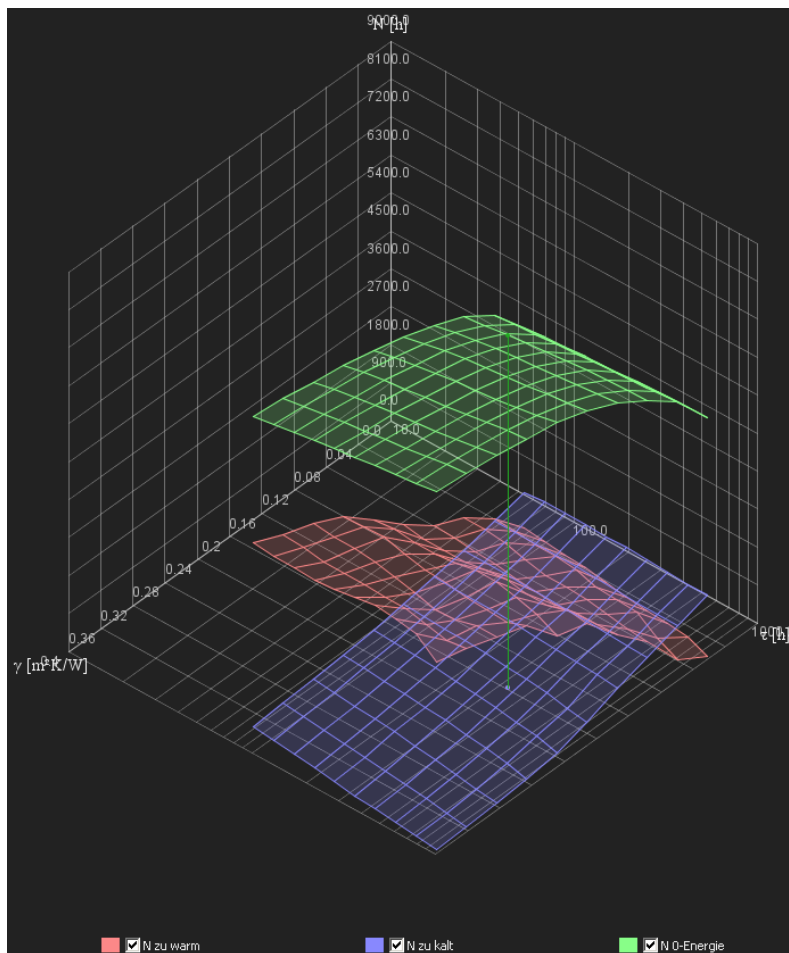


Abbildung 11 Klimafläche für zu warme (rot), zu kalte (blau) und Null-Energie-Stunden (grün) NACH OPTIMIERUNG



Raum

γ Summe	0,20	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$
τ	328,83	h
K-Wert	0,64	$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
C	756,26	$\text{kJ}/\text{m}^2\text{K}$

Jahres Run

Ω_h ... Summe Heizenergie	12,24	MJ/m^2
Π_h ... Heizspitzenleistung	11,00	W/m^2 in Stunde 113
Ω_k ... Summe Kühlenergie	0,00	MJ/m^2
Π_k ... Kühlsitzenleistung	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 5½, im 1. und 2. Obergeschoss mit je einer 3½ und 4½ und im Attikageschoss mit einer grosszügigen 6½ – Zimmer Wohnung ausgestattet.



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

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%.

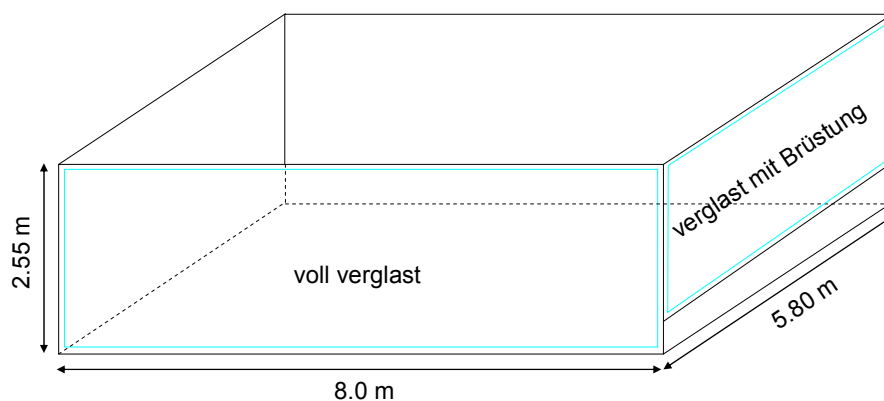


Abbildung 14 Geometrie des simulierten Wohnraums



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

Situation



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

1. und 2. Obergeschoss 3 1/2 Zi. 125m² / 4 1/2 Zi. 148m²



Abbildung 17 Grundriss (Quelle: Leutwyler Partner Architekten AG)

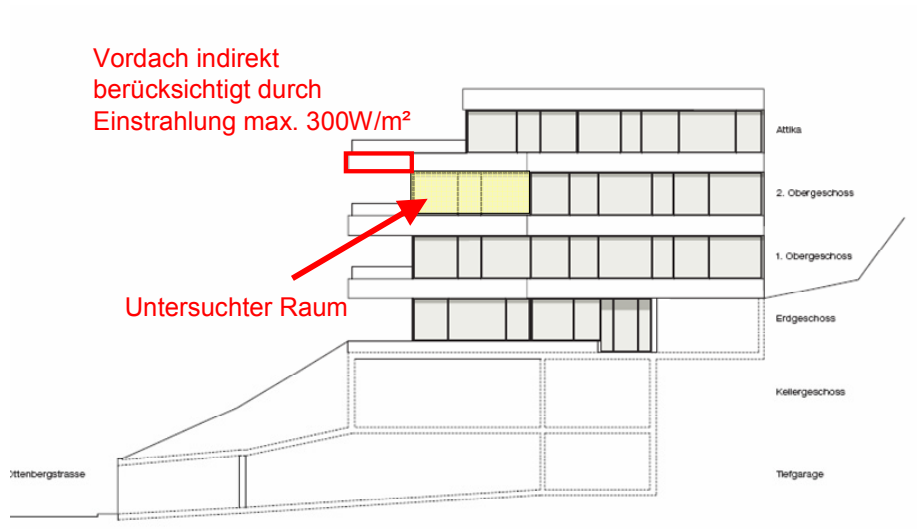


Abbildung 18 Schnitt (Quelle: Leutwyler Partner Architekten AG)

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 ² Berücksichtigt indirekt Vordach
Dichtigkeit der Gebäudehülle	0.517 h ⁻¹	Entspricht einem spezifischen Luftstrom durch die Gebäudehülle von 0,75 m ³ /hm ² Gebäudehüllfläche
Luftwechsel	0.15 Vol./h	konstant
Nachtabenkung	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 ΔT kleiner 2.0K Ende spätestens um 6 Uhr
Begrenzung Heizleistung	20 W/m ²	
Begrenzung Kühlleistung	0 W/m ²	Das Gebäude wird ohne aktive Kühlung betrieben.
Innere Quellen	5 W/m ²	1.75 W/m ² pro Person, Raumbelastung 1.5 Personen, Rest von Beleuchtung
Komfort-Bereich	20-26°C	
Nebenträume	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 ² K
	Steinwolleplatte	0.2 m	332.78 kJ/K
	Gipskarton	0.025 m	
Innenwand hinten	Stahlbeton (1%)	0.18 m	25.556 W/m ² K 4222.8 kJ/K
Decke	Gipsputz	0.02 m	0.779 W/m ² 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 ² K
	Beton, nicht armiert	0.08 m	8463.36 kJ/K

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

Tabelle 6 *Eingegebene Konstruktionsaufbauten*

ERGEBNISSE

γ Summe	0.27 m ² K/W	Solare Temperaturkorrektur, Durchgriff des Aussenklimas auf das Raumklima
τ	94.91 h	Zeitkonstante, thermische Trägheit, Aufnahmevermögen
K-Wert	0.82 W/m ² K	Thermischer Verlustfaktor
C	281.36 kJ/m ² 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.

Ω _h	8.55 MJ/m ²	Summe Heizenergie
Π _h	20.00 W/m ²	Heizspitzenleistung in Stunde 8330
Ω _k	0.00 MJ/m ²	Summe Kühlenergie
Π _k	0.00 W/m ²	Kühlspitzenleistung in Stunde 0
N _w	2857 h	zu warme Stunden
N _k	0 h	zu kalte Stunden
N ₀	8459 h	0-Energie Stunden

Tabelle 8 Ergebnisse der Simulation, Werte auf Klimaflächen

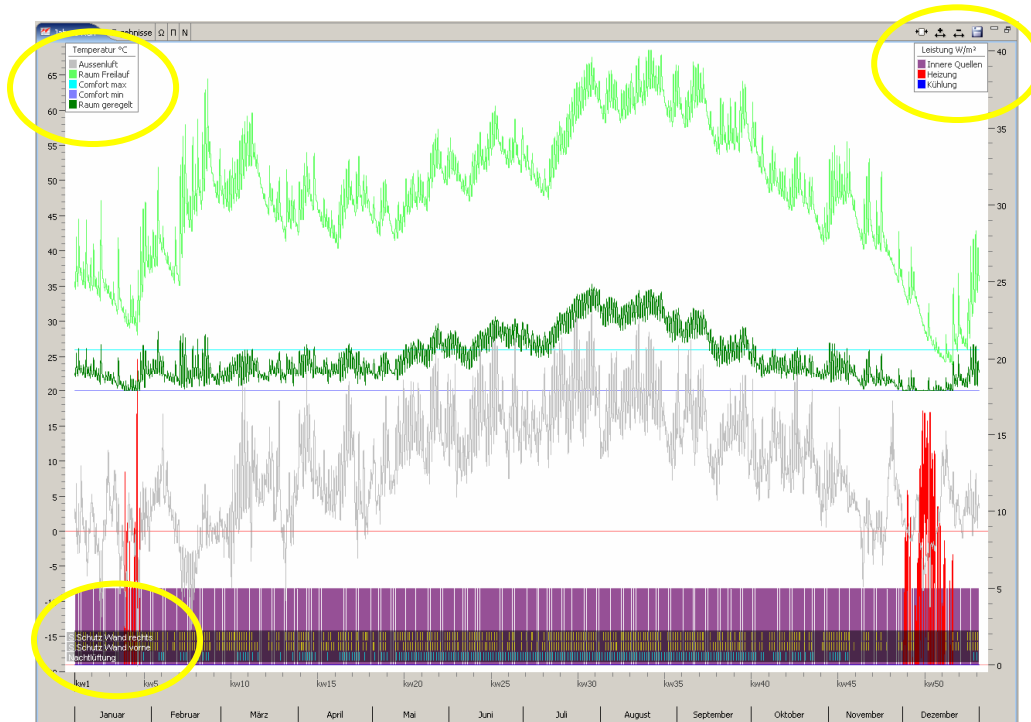


Abbildung 19 Jahres Run, Abbildung der Temperaturverläufe, Leistungsverläufe und Sonnenschutz, Nachtauskühlung und Komfortband

Legenden:

Temperatur °C

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

Ablesung der Temperaturverläufe und des definierten Komfortbandes

Leistung W/m²

- 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.

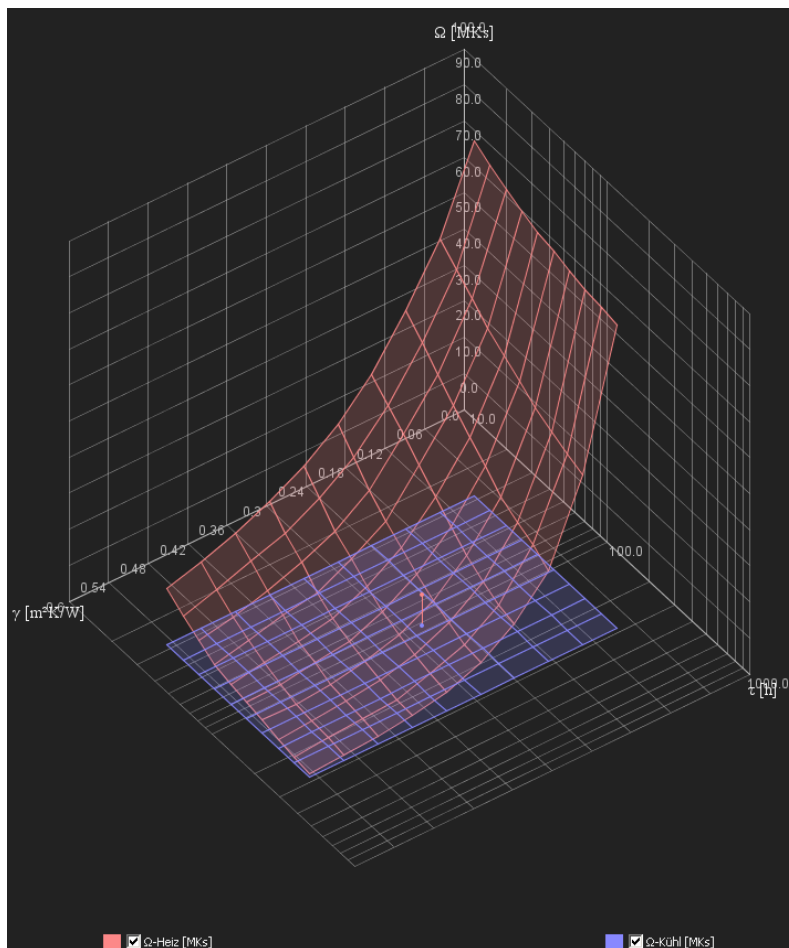


Abbildung 20 Klimafläche für Heizenergie, Kühlenergie

Aufgrund der vorgängig definierten Eingaben, dass das Gebäude nicht aktiv gekühlt werden soll und daher die maximale Kühlleistung auf 0 W/m² 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 γ erhöht sich die aufzubringende Heizenergie deutlich. Ebenso resultiert aus einer kleineren Zeitkonstante τ eine Erhöhung der aufzubringenden Heizenergie.

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

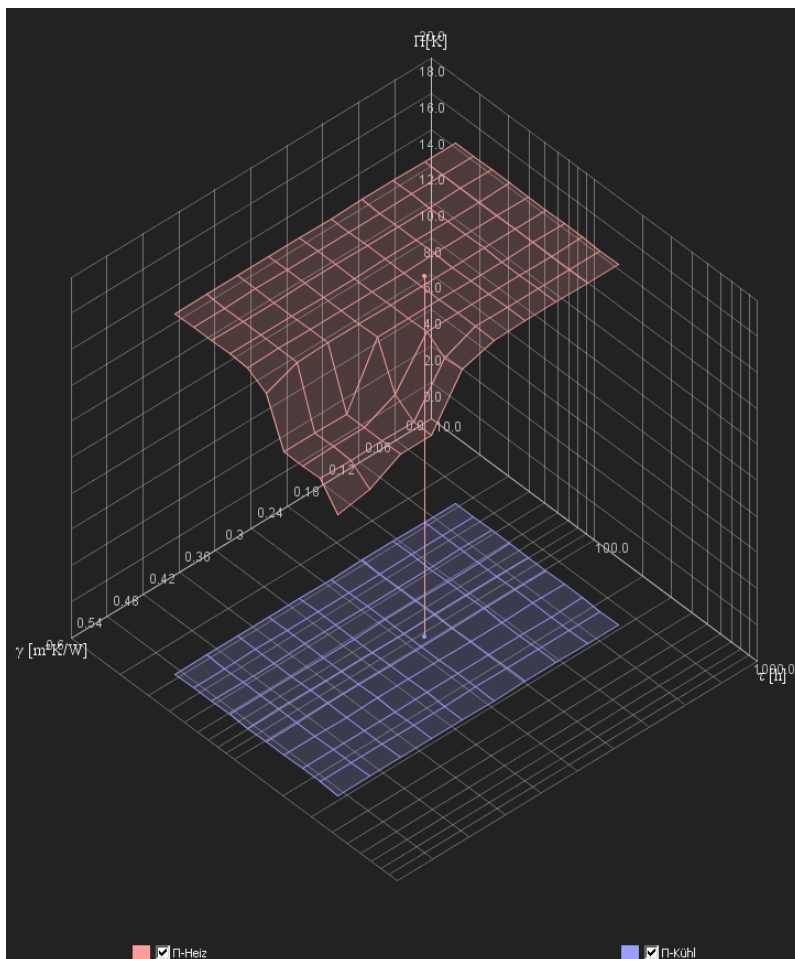


Abbildung 21 Klimafläche für Heizleistung, Kühlleistung

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

Die maximale Heizleistung von 20 W/m² bleibt nahezu konstant, erst bei enorm grosser solarer Temperaturkorrektur und Zeitkonstante reduziert sie sich.

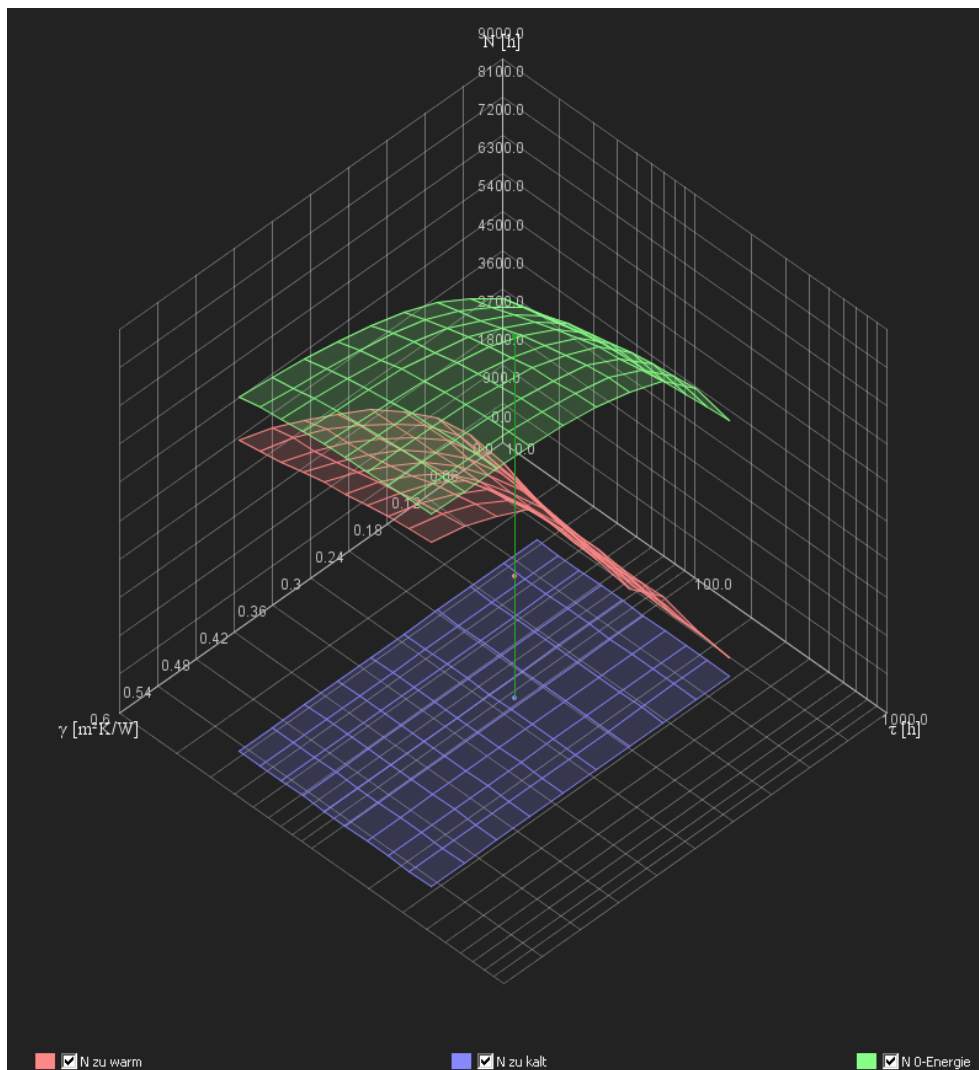


Abbildung 22 Klimafläche für zu warme (rot), zu kalte (blau) und Null-Energie-Stunden (grün)

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 MJ/m^2 ist äusserst gering. Das Limit von 20 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 sommerlicher 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 W/m^2 genügt ohne Komforteinbusse
4. Nachtlüftung: Verdreifachung des Verlustfaktors K , Beginn ab 25°C , Ende bei ΔT kleiner 1K

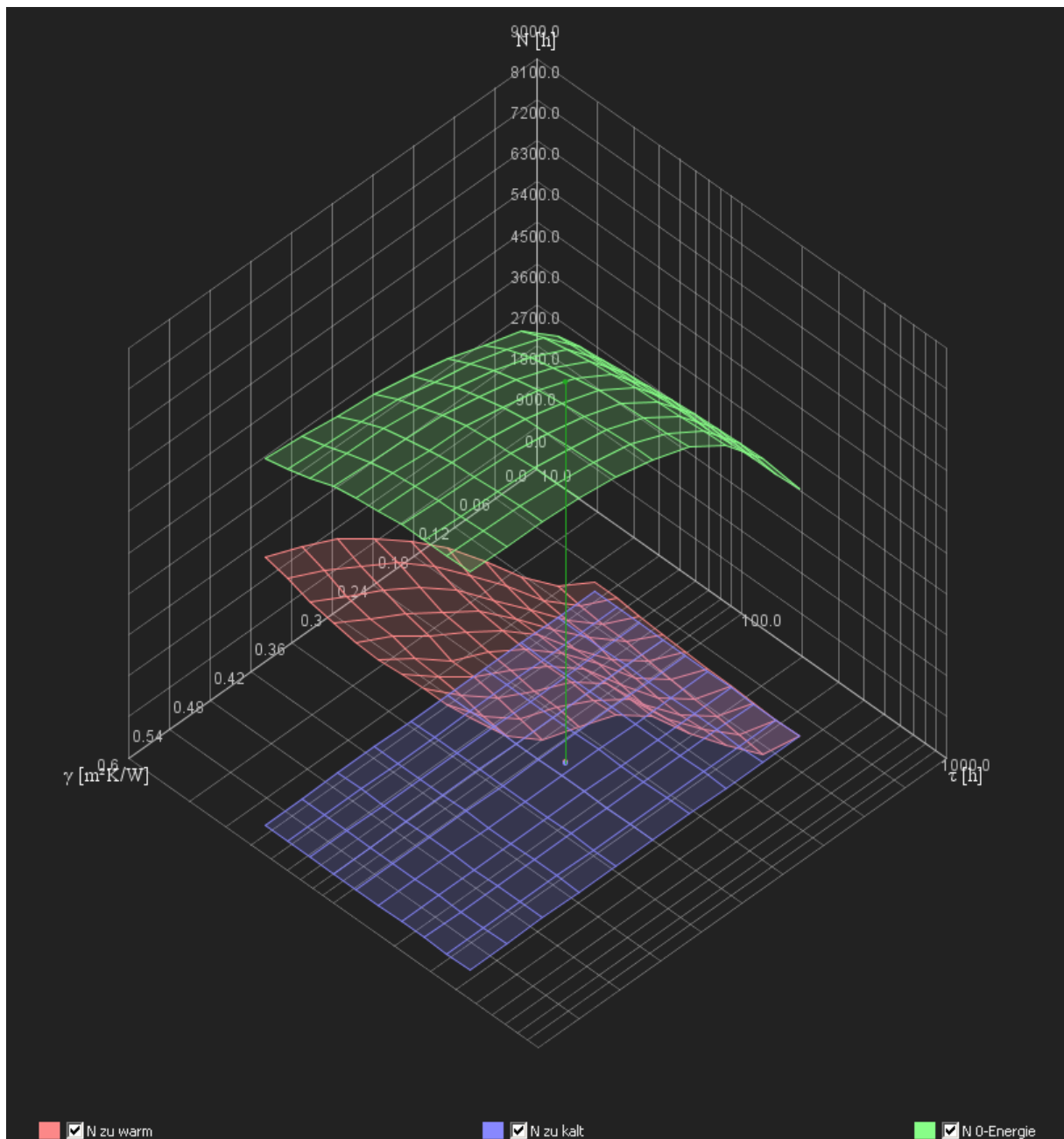


Abbildung 23 Klimafläche für zu warme (rot), zu kalte (blau) und Null-Energie-Stunden (grün) NACH OPTIMIERUNG

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:

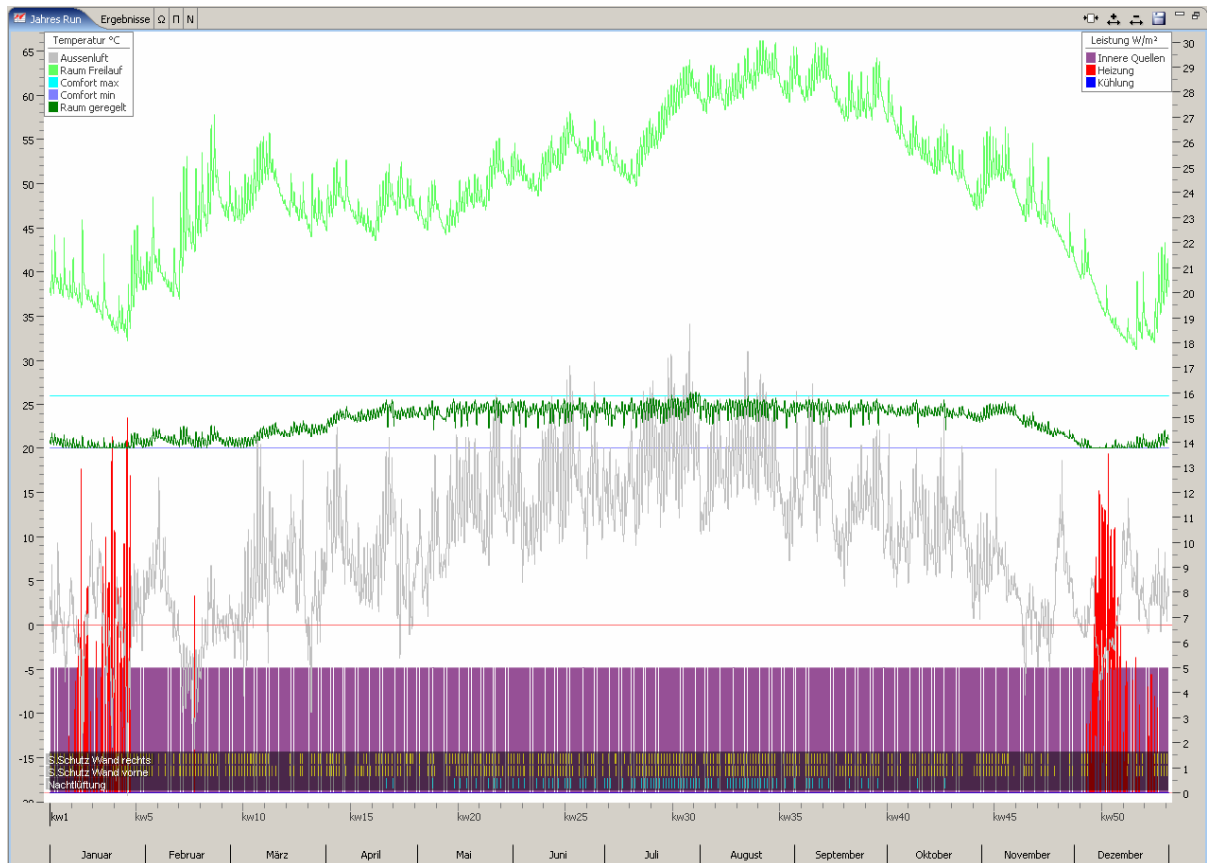


Abbildung 24 Jahres Run, Abbildung der Temperaturverläufe, Leistungsverläufe und Sonnenschutz, Nachtauskühlung und Komfortband NACH OPTIMIERUNG

Jahres Run Ergebnisse		
Raum		
γ Summe	0,28	$\text{m}^2\text{K/W}$
τ	123,07	h
K-Wert	0,64	$\text{W/m}^2\text{K}$
C	281,36	$\text{kJ/m}^2\text{K}$
Jahres Run		
Ω_h ... Summe Heizenergie	8,84	MJ/m^2
Π_h ... Heizspitzenleistung	15,00	W/m^2 in Stunde 604
Ω_k ... Summe Kühlenergie	0,00	MJ/m^2
Π_k ... Kühlsitzenleistung	0,00	W/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

Jahres Run Ergebnisse		
Raum		
γ Summe	0,27	$\text{m}^2\text{K/W}$
τ	94,91	h
K-Wert	0,82	$\text{W/m}^2\text{K}$
C	281,36	$\text{kJ/m}^2\text{K}$
Jahres Run		
Ω_h ... Summe Heizenergie	8,55	MJ/m^2
Π_h ... Heizspitzenleistung	20,00	W/m^2 in Stunde 606
Ω_k ... Summe Kühlenergie	0,00	MJ/m^2
Π_k ... Kühlsitzenleistung	0,00	W/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	Meteodaten						
		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							
	Nachtabenkung							
Wochenplan	Innere Quellen							
	Comfort Bereich							
	Luftwechsel							
Gruppe	Details	Eingabeparameter	Bemerkung	Mittlere Strahlungs-durchlässigkeit	Dynamische Wärmekapazität	Verlustfaktor	Gewinnfaktor	Zeitkonstante
				$\frac{G}{A'_{ST}}$	$\frac{C}{C'}$	$\frac{K}{K'}$	$\frac{\gamma = G / K}{\gamma = A'_{ST} / K'}$	$\frac{\tau = C / K}{\tau = C' / K'}$
Bauteile	Transparente Aussenelemente	↑ U_g -Wert	Abhängigkeit zu g -Wert			↑	↓	↓
		↑ g -Wert	Abhängigkeit zu U_g -Wert	↑			↑	
		↑ U_{rahmen}				↑	↓	↓
		↑ 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 Speichervermögen: 70 % Geschossdecken		↑			↑
	Deckenaufbau	↑ Spez. Wärmespeicherfähigkeit der Innenelemente bis zur ersten Dämmschicht ($\lambda \leq 0.1 \text{ W/mK}$)	20 % Innenwände		↑			↑
	Wandaufbau	↑ Spez. Wärmespeicherfähigkeit der Innenelemente bis zur ersten Dämmschicht ($\lambda \leq 0.1 \text{ W/mK}$)	10 % Aussenwände		↑			↑
	Boden	↑ U-Werte der Aussenbauteile				↑	↓	↓
	Decke	↑ U-Werte der Aussenbauteile				↑	↓	↓
	Wand	↑ U-Werte der Aussenbauteile				↑	↓	↓
					G, C, K sind bezogen auf die Summe der Aussenflächen A_e $G = A'_{ST} / \sum A_e$, $C = C' / \sum A_e$, $K = K' / \sum A_e$			
Lesebeispiel:								
Bauteile	Transparente Aussenelemente	↑ g -Wert	Abhängigkeit zu U_g -Wert	↑				
		3		2	1			
und jeweils umgekehrt:		Massnahme: g -Wert vergrössern Massnahme: g -Wert verkleinern		Strahlungsempfangfläche erhöhen Strahlungsempfangfläche 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

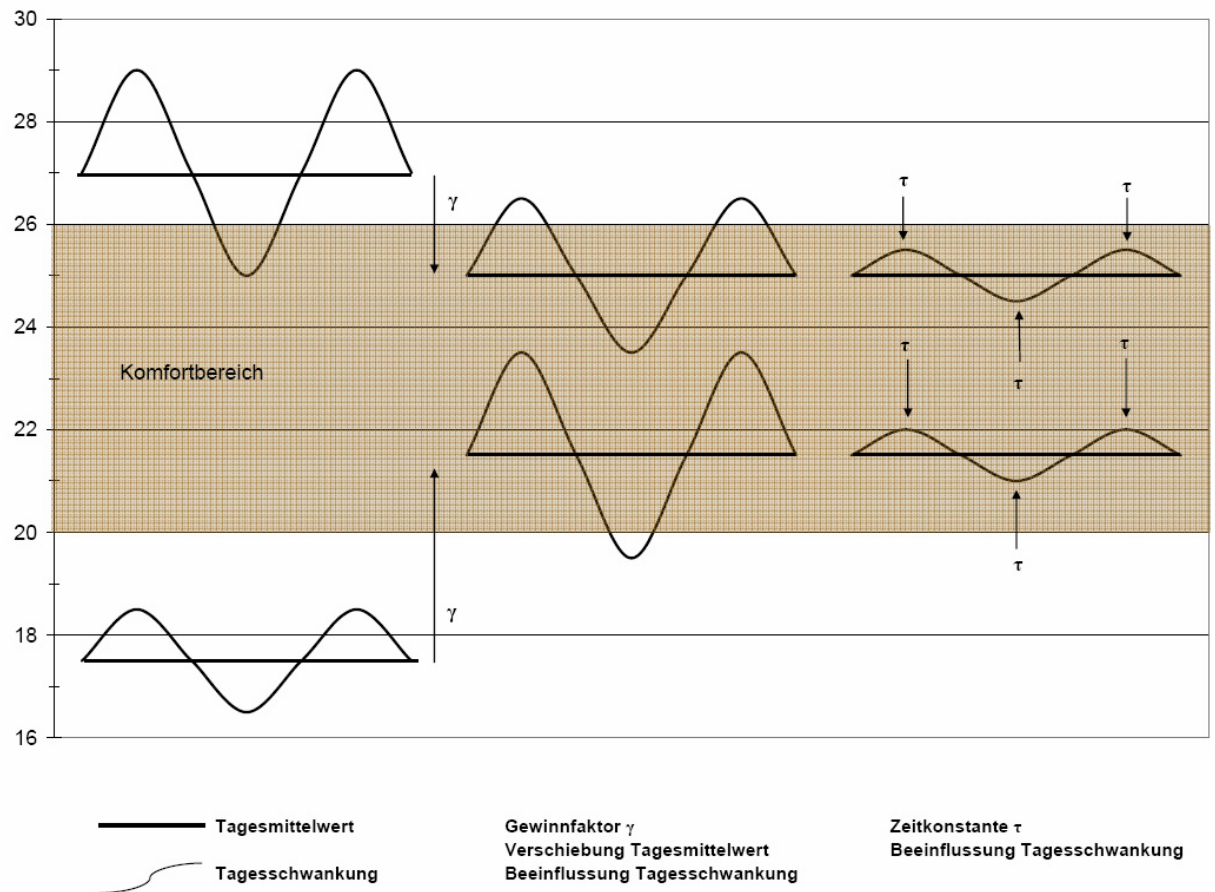


Abbildung 27 Optimierung der Leerlauftemperatur