

COOLSAN  
Kältetechnische Sanierungskonzepte  
für Büro- und Verwaltungsgebäude

AEE Intec Arbeitsgemeinschaft erneuerbare Energie

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**25/2005**

## **Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/>  
oder unter:

Projektfabrik Waldhör  
Nedergasse 23, 1190 Wien  
Email: versand@projektfabrik.at

# COOLSAN

Kältetechnische Sanierungskonzepte für  
Büro- und Verwaltungsgebäude

Autoren

DI Ernst Blümel

DI (FH) Markus Sumann

Ing. Christian Fink

AEE INTEC, Institut für Nachhaltige Technologien

Dr. Richard Heimrath

Dr. Peter Puschnig

Institut für Wärmetechnik, TU Graz

Gleisdorf, August 2005

**Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie**



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie HAUS DER ZUKUNFT. Sie wurde 1999 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie HAUS DER ZUKUNFT sollen neue Wege in der Erforschung und Entwicklung zukunftsfähiger Technologien und Lösungen für nachhaltiges Bauen und Wohnen aufgezeigt und damit neue Chancen für die für eine ökoeffiziente Wirtschaft eröffnet werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und involvierten Betriebe konnten bereits etliche richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Mehrfache Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in HAUS DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist, die Projektergebnisse – sei es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies wird nach Möglichkeit auch durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen, die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit leicht zugänglich zu machen. Durch die Homepage [www.HAUSderZukunft.at](http://www.HAUSderZukunft.at) und die **Schriftenreihe "Nachhaltig Wirtschaften konkret"** soll dies gewährleistet werden.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

## Kurzfassung

Der Betrieb von zehntausenden österreichischen Büro- und Verwaltungsgebäuden sorgt für einen enormen jährlichen Energieverbrauch. Die Klimatisierung spielt dabei eine immer zentralere Rolle. Im gesamten EU-Raum beträgt der Kühlbedarf in Büro- und Verwaltungsgebäuden bereits 193 PJ, was einem Erdöläquivalent von 4.608 Mto gleichkommt (EU, 2000). Die Problemstellung „Schaffung von behaglichen Temperaturen am Arbeitsplatz“ im Gebäudebestand stellt dabei eine besondere Herausforderung dar. Steigender Einsatz von EDV- und Bürogeräten und hohe Solarlasten führen dazu, dass die Raumtemperaturen die Behaglichkeitsgrenzen deutlich überschreiten und somit die Produktivität der Mitarbeiter beeinträchtigt wird.

Ausgehend von diesen Umständen wurde das Projekt COOLSAN definiert. Dieses verfolgt das Ziel, mit nachhaltigen Sanierungskonzepten ein behagliches Raumklima bei gleichzeitig geringstem Energiebedarf und unter Nutzung von Umweltenergien zu schaffen.

Zur Erreichung der definierten Ziele wurde in der ersten Phase des Projektes eine umfassende Dokumentation 15 bestehender Bürogebäude mit Problemen beim sommerlichen Betrieb durchgeführt. In der zweiten Phase wurden zwei dieser 15 Objekte ausgewählt und anhand dieser nachhaltigen Kühlkonzepte ausgearbeitet und mittels dynamischer Gebäudesimulation das Potenzial von Lastreduktionsmaßnahmen sowie von Umweltenergien als Kältequelle analysiert und bewertet.

Die Arbeiten innerhalb der Gebäudedokumentation haben sehr deutlich die Notwendigkeit und das Potenzial für nachhaltige Sanierungskonzepte beim sommerlichen Betrieb von Büro- und Verwaltungsgebäuden aufgezeigt. Neben einem jährlich steigenden Strombedarf von durchschnittlich 5 – 10%, hat die Gebäudedokumentation vor allem gezeigt, dass es für viele Büronutzer keine Seltenheit ist, im Sommer bei 32°C Raumtemperatur und mehr seiner Arbeit nachzugehen.

Der stetig steigende Stromverbrauch (derzeit liegt dieser bei den dokumentierten Gebäuden bei ~ 180 kWh/m<sup>2</sup>a) begründet sich einerseits durch die steigende EDV-Dichte (40% - 50% des gesamten Stromverbrauchs gehen auf Kosten der EDV), andererseits durch den vermehrten Einsatz von Splitgeräten zur Komfortsteigerung oder zur Sicherstellung eines problemlosen Bürobetriebs (z.B. Kühlung von Serverräumen).

Betrachtet man die Kühllastaufteilung, machen die Solarlasten mit etwa 50% (entspricht rund 30 W/m<sup>2</sup> Bürofläche) den größten Teil aus. - Ursachen dafür sind primär die großzügigen Verglasungsflächen und das Nutzerverhalten. Die Personen und EDV-Lasten liegen bei je rund 20% der Gesamtlast und die Beleuchtung inkl. Lüftung umfasst die restlichen 10%.

Die Detailanalysen anhand der beiden Objekte Landhaus Bregenz und Oberlandesgericht Linz haben in weiterer Folge gezeigt, dass optimale Lastreduktionsmaßnahmen (Verschattung, EDV, Beleuchtung, Speichermassen) in Kombination mit einer effizienten Nachtlüftung bereits ausreichen können, um überwiegend ein behagliches Raumklima zu erzielen.

Die Untersuchung der nachhaltigen Kühlkonzepte hat ergeben, dass ein kühllastoptimiertes Gebäude (Zielwert: 30 W/m<sup>2</sup> Bürofläche) über ein Lüftungssystem mit Zulufttemperaturen von 20°C und einem rund 2-fachen Luftwechsel ausreichend gekühlt wird, bei Kühldeckensystemen kann die Vorlauftemperatur sogar 2K höher liegen.

Die gewonnenen Projektergebnisse bilden die Basis für Sanierungsmaßnahmen in den beiden konkreten Objekten bzw. für die Übertragung auf weitere Projekte.

## Abstract

The operation of ten thousand Austrian office and administrative buildings ensures an enormous annual consumption of energy, where climatisation plays a central role. The cooling in office and administrative buildings in the European Union show a demand of 193 PJ, which is a crude oil equivalent of 4,608 million tons (EU, 2000). A challenge in particular would be to integrate the problematic of “creating a comfortable temperature at workplaces” in the building standards. The increasing application of computer and office accessories and high solar loads lead to an obvious increase of room temperatures and comfort limits, which leads to interference of the work productivity of the employees. These circumstances lead to the definition of the COOLSAN project. The project aims at applying sustainable refurbishment concepts and to reach a comfortable indoor environment at lowest possible energy demand, with an application of renewable energy sources.

To reach the defined goals were, the first part of the project, 15 existing buildings with problematic summer operations documented. In the second phase were two of the 15 buildings selected and sustainable cooling concepts were prepared. A dynamical building simulation, which include potential of load reductions and sustainable energy sources as cooling source, was used to analyse and evaluate these cooling concepts.

The work on this building documentation has clearly shown the necessity and potential for sustainable refurbishment concepts for summer operation of office and administrative buildings. The documentation of the buildings has further shown that the yearly electricity consumption has increased with an average of 5-10% and that many office users often have to work in the summer time with temperatures reaching 32 °C. The continuously increasing electricity consumption (presently ~ 180 kWh/m<sup>2</sup>a for the documented buildings) is explained by the increasing density of computer application (40-50 % of the entire electricity consumption arrive from computer equipment) on the one hand and by the increasing application of air conditioning apparatus to increase the comfort or assure a problem free office environment (cooling of server premises) on the other.

Solar load, with about 50% (corresponds to 30 W/m<sup>2</sup> office building) of the cooling load, contribute with the highest amount. Reasons for this are generous glazed areas and the user behaviour. Person and computer loads each make out to about 20% of the total load and lighting plus ventilation correspond to rest 10%.

The detailed analysis of the building “Landhaus” in Bregenz and the “Oberlandesgericht“ in Linz have shown that optimal load reduction measures (shading, computer equipment, lighting, storage mass) in combination with an efficient night ventilation can be enough to reach a predominant comfortable indoor climate.

The study of the sustainable cooling concepts has shown that a building with an optimised cooling (target value 30 W/m<sup>2</sup>) can sufficiently be cooled over a ventilation system with an incoming temperatures of 20°C and a ventilation rate of 2 h<sup>-1</sup>. The incoming temperature could lie 2K higher when applying cooling through panel cooling.

The results of this project will be the base for refurbishment measures in both of the studied buildings. Further should they serve as example and guidelines for further projects.

<b>1</b>	<b>Einleitung und Aufgabenstellung .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen zur Kühllast von Bürogebäuden .....</b>	<b>10</b>
2.1	Behaglichkeit und Raumklima .....	10
2.2	Kühllast.....	12
<b>3</b>	<b>Methodik der Gebäudedokumentation .....</b>	<b>19</b>
3.1	Kontaktaufnahme .....	19
3.2	Kategorisierungsbogen.....	21
3.3	Bestandsaufnahme.....	22
<b>4</b>	<b>Beschreibung der dokumentierten Gebäude.....</b>	<b>27</b>
4.1	Objekt 1 .....	28
4.2	Objekt 2 .....	30
4.3	Objekt 3 .....	32
4.4	Objekt 4 .....	34
4.5	Objekt 5 .....	35
4.6	Objekt 6 .....	37
4.7	Objekt 7 .....	38
4.8	Objekt 8 .....	39
4.9	Objekt 9 .....	40
4.10	Objekt 10 .....	41
4.11	Objekt 11 .....	42
4.12	Objekt 12 .....	43
4.13	Objekt 13 .....	44
4.14	Objekt 14 .....	45
4.15	Objekt 15 .....	46
<b>5</b>	<b>Auswertung zur Gebäudedokumentation .....</b>	<b>47</b>
5.1	Standorte und Flächen .....	47
5.2	Baujahr und Problemstellung der Objekte.....	48
5.3	Kältetechnische Ausstattung .....	50
5.4	Technische Auswertung zur Gebäudedokumentation.....	51
5.5	Bauphysik .....	51
5.6	Interne Lasten.....	54
5.7	Externe Lasten .....	72
5.8	Gesamtkühllast und Gesamtkühlenergie.....	80
5.9	Resümee aus der Gebäudedokumentation.....	81
<b>6</b>	<b>Grundsätzliches zur Sensitivitätsanalyse von Sanierungsvarianten.....</b>	<b>87</b>
<b>7</b>	<b>Simulationssoftware TRNSYS.....</b>	<b>88</b>
7.1	Allgemeines zur Simulationssoftware TRNSYS .....	88
7.2	Gebäudesimulation - Methode und Berechnungsvoraussetzungen in TRNSYS.....	88
<b>8</b>	<b>Objekt 1 – Landhaus Bregenz .....</b>	<b>91</b>

8.1	Erstellung des Gebäudemodells.....	92
8.2	Simulationsergebnisse zur IST - Situation.....	120
<b>9</b>	<b>Sensitivitätsanalyse von Sanierungsvarianten .....</b>	<b>126</b>
9.1	Externe Lasten .....	127
9.2	Speichermassen.....	141
9.3	Interne Lasten.....	144
9.4	Zusammenfassung zu den gebäudeseitigen Sanierungsmaßnahmen.....	150
9.5	Konzepte zur Kühlenergieverteilung und -abgabe .....	152
9.6	Nachhaltige Kältequellen (Wärmesenken) .....	166
<b>10</b>	<b>Objekt 2 – Oberlandesgericht Linz .....</b>	<b>177</b>
10.1	Erstellung des Gebäudemodells.....	178
10.2	Simulationsergebnisse zur IST - Situation.....	195
<b>11</b>	<b>Sensitivitätsanalyse von Simulationsvarianten .....</b>	<b>200</b>
11.1	Externe Lasten .....	201
11.2	Speichermassen.....	206
11.3	Interne Lasten.....	207
11.4	Zusammenfassung zu den gebäudeseitigen Sanierungsmaßnahmen.....	210
11.5	Konzepte zur Kühlenergieverteilung und -abgabe .....	211
11.6	Nachhaltige Kältequellen (Wärmesenken) .....	215
<b>12</b>	<b>Ökonomischer und ökologischer Vergleich der Maßnahmen.....</b>	<b>217</b>
12.1	Kostenermittlung und wirtschaftliche Betrachtung.....	217
12.2	CO <sub>2</sub> - Emissionen .....	221
<b>13</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>224</b>
<b>14</b>	<b>Tätigkeitsbericht und Maßnahmen zur Verbreitung der Projektergebnisse.....</b>	<b>226</b>
<b>15</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>229</b>
<b>16</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>232</b>
16.1	Kategorisierungsbogen.....	232
16.2	Unterlagen zur Vor-Ort Dokumentation .....	234
16.3	Landhaus Bregenz .....	252
16.4	Oberlandesgericht Linz.....	261
16.5	COOLSAN Workshop am 26.11.04 in Gleisdorf.....	268

## 1 Einleitung und Aufgabenstellung

Der vermehrte Einsatz von Raumluftkonditionierungsanlagen in Bürogebäuden, Tourismusbetrieben als auch in privaten Haushalten bewirkt europaweit einen starken Anstieg des Stromverbrauchs für die Kälteerzeugung (Abbildung 1).

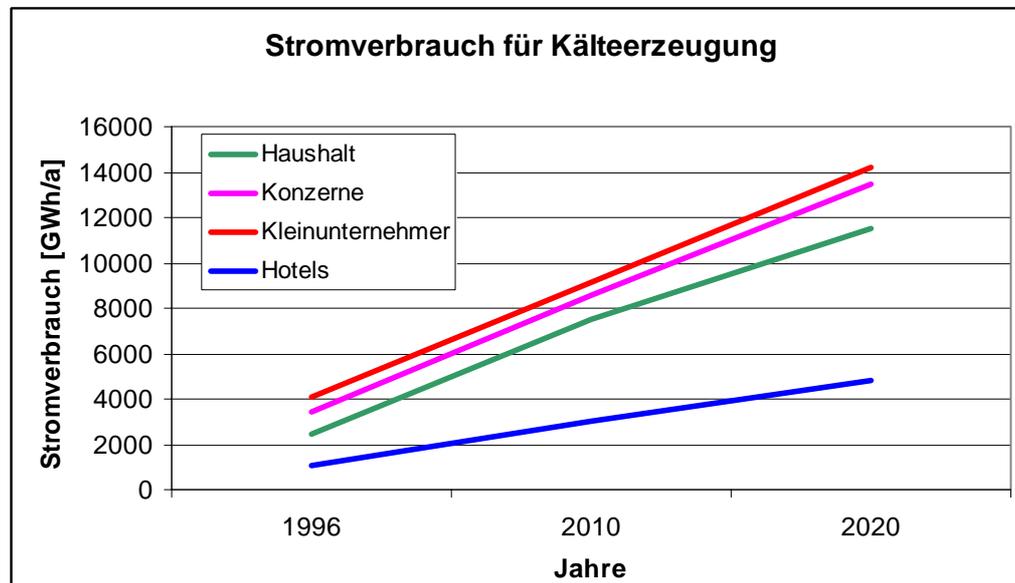


Abbildung 1: Jährlicher Stromverbrauch für Kälteerzeugung in der EU nach Kategorien (EERAC, 99)

Betrachtet man nur die Zahlen des österreichischen Stromverbrauchs, erkennt man dieselbe Tendenz. In Österreich lag der Stromverbrauch für die Kälteerzeugung im Jahre 1990 bei 2,1 GWh/a. 1996 wurde dieser Betrag um das Zehnfache, auf 21,1 GWh/a, erhöht. Die EU prognostiziert für das Jahr 2010 einen Anstieg um noch einmal das Zehnfache (208,3 GWh/a) (EERAC, 99).

Auf Basis dieses Szenarios wurde das Projekt „COOLSAN“ definiert. Dieses verfolgt das Ziel, mit innovativen Sanierungskonzepten den Energiebedarf zur Erreichung und Einhaltung von genormten Behaglichkeitsgrenzen (Temperatur, Luftqualität, Feuchte- und Lichtverhältnisse) im Bestand von Bürogebäuden zu minimieren. Wesentliche Fragestellungen dabei sind:

- Wie kann die Schaffung von Behaglichkeit im Bestand von Bürogebäuden – ohne die Nutzung energieintensiver Kompressionskälteanlagen - erfolgen?
- Wie können Energieverbrauch und Betriebskosten von Büro- und Verwaltungsgebäuden gesenkt werden, wenn bereits Kompressionskälteanlagen installiert sind?

Basierend auf diesen Fragestellungen werden im ersten Teil dieser Arbeit die Ergebnisse aus der Dokumentation von 15 Büro- und Verwaltungsgebäuden mit „problembehaftetem“ Sommerbetrieb analysiert. Im zweiten Teil werden anhand von zwei Objekten mit hohem Umsetzungspotenzial nachhaltige Kühlkonzepte ausgearbeitet und mittels dynamischer Gebäudesimulation das Potenzial von Lastreduktionsmaßnahmen und von Umweltenergien als Kältequelle ermittelt und bewertet.

## 2 Grundlagen zur Kühllast von Bürogebäuden

Nachfolgend werden einleitend die Themen „Behaglichkeit und Raumklima“, „Kühllast und Kühlleistung“ sowie Berechnungsmethoden zur Kühllastermittlung behandelt. Inhaltlich handelt es sich dabei um Auszüge aus dem Endbericht zum Projekt „Passive Kühlkonzepte für Büro- und Verwaltungsgebäude mittels luft- bzw. wasserdurchströmter Erdreichwärmetauscher“ (Fink et.al., 2002) bzw. dem „Leitfaden zur Planung von passiven Kühlkonzepten mittels Nachtlüftung und luft- bzw. wasserdurchströmten Erdreichwärmetauschern“ (Blümel et.al., 2002), die innerhalb der Programmlinie „Haus der Zukunft“ (3. Ausschreibung) - finanziert vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – erstellt wurden.

### 2.1 Behaglichkeit und Raumklima

Das Raumklima wird im wesentlichen bestimmt durch

- die Luftzusammensetzung,
- die Lufttemperatur,
- die Luftfeuchtigkeit,
- die Luftbewegung und
- die Temperatur der Raumbegrenzungen.

Zusammen mit der Art der Tätigkeit und der Bekleidung bestimmt es den Grad der empfundenen Behaglichkeit der sich in einem Raum aufhaltenden Personen.

Da das Behaglichkeitsempfinden von Mensch zu Mensch verschieden ist, ist es kaum möglich ein Raumklima zu schaffen, das alle Personen gleichzeitig als gut empfinden. Vernünftigerweise akzeptabel ist ein Zufriedenheitsgrad von ca. 85 Prozent der betroffenen Personen, wie er in der ISO-Norm 7730 (ISO EN 7730, 1994) angegeben wird.

#### 2.1.1 Luftzusammensetzung – Frischluftstraten

Die Zusammensetzung der Raumluft wird in Bürobauten im wesentlichen durch die sich im Raum aufhaltenden Personen und das Material der Büroausstattung beeinflusst. Diese geben Kohlendioxid, Wasserdampf und Geruchsstoffe an ihre Umgebung ab. Wird nicht geraucht, so muss pro Person und Stunde eine Frischluftmenge von 20 – 30 m<sup>3</sup> zugeführt werden, um verbrauchte und verunreinigte Luft zu ersetzen. Wird geraucht, so muss diese Menge auf etwa 40 bis 70 m<sup>3</sup> pro Person und Stunde erhöht werden. Für Büros und Arbeitsplätze ohne besondere Luftverunreinigung ergeben sich Luftwechselraten von einmal bis dreimal pro Stunde.

#### 2.1.2 Raumlufttemperatur

In Tabelle 1 sind die Lufttemperaturen – abgestuft nach der Art der Tätigkeit - aufgeführt, die für Räume angemessen sind, in denen die mittlere Temperatur der Raumbegrenzungsflächen etwa im Bereich der Lufttemperatur liegt und die Luftbewegung gering ist. Bei hohen Außentemperaturen sind diese Temperaturen nach oben anzupassen (~ 2 – 4°C).

Tabelle 1: Behagliche Raumlufttemperaturen für „mittlerer“ Bürobekleidung, abgestuft nach der Art der Tätigkeit (SECO, 1999)

Art der Tätigkeit	Lufttemperatur [°C]
Sitzende, vor allem geistige Tätigkeit	21 – 23
Sitzende, leichte Handarbeit	20 – 22
Leichte körperliche Arbeit mit Stehen und Fortbewegen	18 – 21
Mittelschwere körperliche Arbeit	16 – 19
Schwere körperliche Arbeit	12 - 17

### 2.1.3 Temperatur der Raumbegrenzungsflächen

Die empfundene (oder operative) Raumtemperatur ist eine Funktion der Raumlufttemperatur und der Temperatur der Raumbegrenzungsflächen und lässt sich aus dem arithmetischen Mittel zwischen Lufttemperatur im Raum und Strahlungstemperatur der Raumschließungsflächen ermitteln.

Gute Behaglichkeitswerte werden erreicht, wenn die mittlere Oberflächentemperatur der Raumbegrenzungsflächen nicht mehr als  $\pm 4$  °C von der mittleren Raumlufttemperatur abweicht.

Abbildung 2 stellt den Bereich der operativen Raumtemperatur nach DIN 1946 (DIN 1946 Teil 2, 1994) dar. Der gelbe Bereich ist dabei die empfohlene operative Raumtemperatur. Treten unterhalb einer Außentemperatur von 29°C kurzzeitig höhere Wärmelasten auf, so darf die Raumtemperatur bis 26°C ansteigen (roter Bereich). Je nach Lüftungssystem (z.B. für Quelllüftung) können auch tiefere operative Raumtemperaturen zwischen 20 und 22°C zugelassen werden (blauer Bereich).

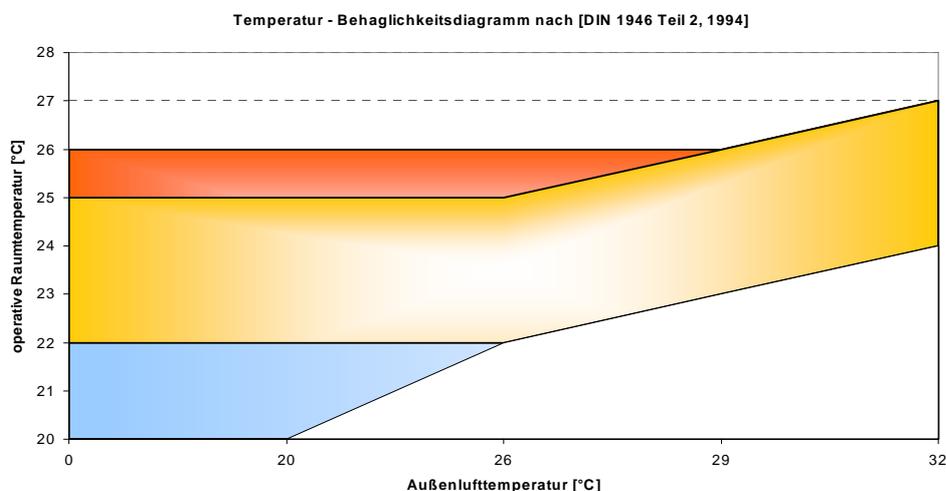


Abbildung 2: Temperatur - Behaglichkeitsdiagramm nach (DIN 1946 Teil 2, 1994)

### 2.1.4 Luftfeuchtigkeit

Der Behaglichkeitsbereich erstreckt sich für die Luftfeuchtigkeit im Bereich von 30% relativer Feuchte im Winterbetrieb (bei 19 - 24°C) bis 65 % relativer Feuchte im Sommerbetrieb (bei 22 - 28°C). Gelegentliche Unterschreitungen an wenigen Tagen pro Jahr bis 20 % relativer Feuchte und gelegentliche Überschreitungen bis 75 % relativer Feuchte sind physiologisch unbedenklich.

### 2.1.5 Luftgeschwindigkeit

Als Faustregel gilt, dass die Luftbewegung im Aufenthaltsbereich 0,15 bis 0,25 m/s nicht überschreiten sollte. Die unteren Werte gelten eher für Lufttemperaturen um 20°C und Winterbetrieb, die oberen Werte eher für Lufttemperaturen um 24 - 28°C und Sommerbetrieb. Beide gelten primär für sitzende, leichte Tätigkeit. Bei intensiver Tätigkeit können die Werte etwas höher liegen. Bei tiefen Lufttemperaturen und kühler eingeblasener Luft sind langsamere Luftgeschwindigkeiten anzustreben.

## 2.2 Kühllast

Das Gegenstück zur Heizlastermittlung bei Wärmeversorgungsanlagen ist die Ermittlung der Kühllast zur Dimensionierung von Kälteversorgungsanlagen.

Bei der Bestimmung der Kühllast gilt als Grundgleichung nachfolgende Energiebilanz:

$$\dot{Q}_A(t) + \dot{Q}_I(t) + \dot{Q}_{KA}(t) = 0 \quad [\text{W}] \quad (\text{Gleichung 1})$$

wobei,

$\dot{Q}_A(t)$  [W] konvektiv an die Raumlufte abgegebene Wärme als Folge der äußeren Raumbelastungen

$\dot{Q}_I(t)$  [W] konvektiv an die Raumlufte abgegebene Wärme als Folge der gebäudeinneren Raumbelastungen

$\dot{Q}_{KA}(t)$  [W] konvektive Raumbelastung durch Raumluftechnische (RLT-)Anlagen

Berechnet man  $\dot{Q}_A$  und  $\dot{Q}_I$  für einen vorgegebenen Raumtemperaturverlauf  $\vartheta_{\text{Raum,soll}}(t)$  (in der Regel konstant 26°C) und betreibt man die „Klimatisierungsanlage“ so, dass über die Zeit  $t$  stets die Anlagenleistung gleich der Summe der Raumbelastungen (externe und interne) wird, so erreicht die Anlage genau den gewünschten Raumtemperaturverlauf.

$$\dot{Q}_{KA}(\vartheta_{\text{Raum,Soll}}) = -[\dot{Q}_A(\vartheta_{\text{Raum,Soll}}) + \dot{Q}_I(\vartheta_{\text{Raum,Soll}})] \quad [\text{W}] \quad (\text{Gleichung 2})$$

In der Kühllastrechnung wird die vorhin getätigte Annahme in Gleichung 3 zur Ermittlung der Raumkühllast  $\dot{Q}_{KR}$  vorausgesetzt.

$$\dot{Q}_{KR} = -\dot{Q}_{KA} = \dot{Q}_A + \dot{Q}_I \quad [\text{W}] \quad (\text{Gleichung 3})$$

Folgende Bezeichnungen werden dafür verwendet:

$\dot{Q}_{KR}$  [W] Kühllast des Raumes bei vorgegebener Raumlufthtemperatur und stationärem Zustand

$\dot{Q}_{KA}$  [W] Kühlleistung der Raumlufthechnische (RLT-)Anlagen

$\dot{Q}_A$  [W] äußere (externe) Lasten

$\dot{Q}_I$  [W] gebäudeinnere (interne) Lasten

### 2.2.1 Externe Lasten

Die externen Lasten setzen sich im wesentlichen aus folgenden beiden Anteilen zusammen:

- Solargewinne durch transparente Bauteile
- Lüftungswärmegewinne

#### 2.2.1.1 Solare Gewinne

Im Kontext einer möglichen sommerlichen Überhitzung durch solare Einstrahlung sind folgende Aspekte zu berücksichtigen: Klimatische Voraussetzungen, Regulierung des Wärme- und Strahlungsdurchgangs an den transparenten Flächen, bauliche Anordnung der transparenten Flächen.

Die über die Sonneneinstrahlung auf der Gebäudeoberfläche auftreffende Wärmeleistung wird essentiell durch den Wert der Globalstrahlung (Summe aus Diffus- und Direktstrahlung) quantifiziert. An Standorten in Mitteleuropa sind während der Sommermonate Spitzenwerte von bis zu 1000 W pro m<sup>2</sup> Horizontalfläche messbar. Betrachtet man den Tagesgang des Sonnenstandes in Verbindung mit der Orientierung der transparenten Bauteile, so ist zu beachten, dass die maximale Einstrahlung im Hochsommer nicht auf die Südfassade, sondern auf die Ost- und Westfassade fällt. Besonders Wärmelasten durch nach Osten orientierte transparente Bauteile müssen speziell berücksichtigt werden, da bereits am Morgen eine signifikante Besonnungsstärke für diese Orientierung auftreten kann und folglich mit einer Erhöhung der Raumlufthtemperatur bereits während der ersten Bürostunden zu rechnen ist.

Zu beachten ist, dass bei transparenten Bauteilen die Energie sowohl direkt über Strahlung (Transmission durch die Verglasung) als auch indirekt über Konvektion an den Innenraum überführt wird. Der Konvektionsanteil kommt dadurch zustande, indem ein Teil der auftreffenden Solarstrahlung an der Verglasung absorbiert, die Scheibe entsprechend erwärmt wird und dadurch ein Temperaturgefälle zur Rauminnenluft entsteht. Ergänzend gibt die erwärmte Verglasung auch noch langwellige Wärmestrahlung an den Innenraum ab. Der gesamte für die Berechnung der Raumlast relevante Anteil, der auf eine transparente Fläche auftreffenden Solarstrahlung wird über den Energiedurchlasskoeffizienten g angegeben. Der für die Kühllastberechnung nach VDI 2078 (VDI 2078, 1996) eingeführte entsprechende

Durchlasskoeffizient  $b$  berechnet sich aus  $b = g/0.8$ . In Tabelle 2 ist der  $b$ -Faktor und der Konvektivanteil für eine Reihe von Verglasungstypen aufgelistet.

Tabelle 2:  $b$ -Faktor und Konvektivanteil für ausgewählte Verglasungstypen gemäß (VDI 2078, 1996)

	Durchlassfaktor $b$	Konvektivanteil [%]
Einfachglas	1,1	5
Zweifachglas	1	9
Reflexionsglas Doppelscheibe	0,28	29
Isolierscheibe Zweischeibe	0,9	9
Zweischeibe außen wärmeabsorbiert	0,68	15

Neben der Größe und Orientierung der transparenten Flächen ist die Wahl und das zeitliche Einsatzprofil des Sonnenschutzes (Lamellenjalousien, Stoffjalousien, Reflexrollos, etc.) ein entscheidender Faktor bei der Reduktion von solarbedingten Wärmelasten. Sonnenschutzeinrichtungen an transparenten Bauteilen übernehmen dabei folgende Funktionen:

- Vermeidung störender Lichtreflexe auf Computermonitoren
- Direktes Sonnenlicht, heller Himmel oder hell beleuchtete Flächen sollen nicht blenden
- Schutz vor Überwärmung der Menschen durch direkte Sonneneinstrahlung
- Eine zu starke Erwärmung der Räume durch hohe Wärmezufuhr infolge der Sonneneinstrahlung soll vermieden werden

In Tabelle 3 sind  $b$ -Werte von unterschiedlich positionierten Sonnenschutzvorrichtungen angeführt. Dabei ist zu beachten, dass auch in diesem Fall ein Teil der auftreffenden Solarstrahlung absorbiert und anschließend konvektiv abgegeben wird. Besonders bei innen- und zwischen den Scheiben liegenden Jalousien führt dies zu einer signifikanten Erhöhung des  $b$ -Wertes.

Tabelle 3: Durchlassfaktor und Konvektivanteil von Sonnenschutzvorrichtungen nach VDI 2078 (VDI 2078, 1996)

Sonnenschutz	Durchlassfaktor b	Konvektivanteil [%]
Außenliegende Jalousie, Öffnungswinkel 45°	0.15	9
Zwischen den Scheiben, Jalousie, Öffnungswinkel 45°, unbelüfteter Zwischenraum	0.5	85
Innenliegende Jalousie, Öffnungswinkel 45°	0.7	90
Gardinen	0.5	60

Nach Möglichkeit sollten die Arbeitsplätze auch bei geschlossenem Sonnenschutz ausreichend mit Tageslicht versorgt werden. Dies kann auf einfache Weise realisiert werden, indem bei einer (hell gefärbten) Jalousie im Oberlichtbereich die Lamellen in einem anderen Winkel ange stellt werden, als im unteren Fensterbereich. So kann ein Teil der Sonneneinstrahlung an die (ebenfalls helle) Raumdecke gelenkt werden, um den Raum indirekt zu beleuchten (Abbildung 3).

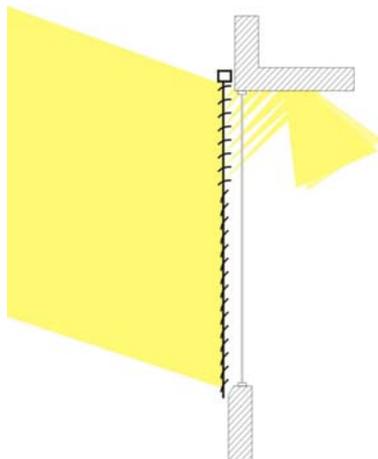


Abbildung 3: Ein außenliegender, zwei-geteilter Sonnenschutz mit lichtlenkender Wirkung im Oberlichtenbereich

Solange lichtlenkende Systeme mit ihren Eigenschaften nicht standardisiert sind, muss eine Optimierung von Beleuchtung und thermischem Verhalten individuell mittels Simulation durchgeführt werden.

### 2.2.1.2 Lüftungswärmegewinne

Bei einem Luftaustausch zwischen innen und außen entsteht bei hohen Außentemperaturen ein Lüftungswärmegewinn, da warme Raumluft durch heiße Außenluft ersetzt wird. Er wird bei der Auslegung der Kühleinrichtungen und Kühlflächen zur Kühlung von Gebäuden durch den Norm-Lüftungsbedarf berücksichtigt. Der Lüftungskühlbedarf ist die stündlich aufzubringende Kühlmenge, um die Luft des aus dem Luftwechsel herrührenden Luftvolumenstromes  $\dot{V}$  von der Außentemperatur  $T_{La}$ , auf die Innentemperatur  $T_{Li}$  zu kühlen.

$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot c_p \cdot \rho_L \cdot (T_{Li} - T_{La}) \quad [W] \quad \text{(Gleichung 4)}$$

$c_p$  ist die spezifische Wärmekapazität und  $\rho_L$  die Dichte der Luft. Aus dem Raumluftvolumen  $V_R$  und der Luftwechselzahl  $n_p$  berechnet sich der Luftvolumenstrom  $\dot{V}$ .

$$\dot{V} = n_p \cdot V_R \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (\text{Gleichung 5})$$

Für  $c_p = 1005 \text{ J}/(\text{kgK})$  und  $\rho_L = 1,205 \text{ kg}/\text{m}^3$  der Luft bei  $20^\circ\text{C}$  ist

$$\dot{q} = \frac{1,005 \cdot 1,205}{3,6} \cdot n_p \cdot V_R \cdot (T_{Li} - T_{La}) \quad [\text{W}/\text{Pers}] \quad (\text{Gleichung 6})$$

Berechnet wird der für die Lüftungswärmegewinne maßgebende Luftvolumenstrom durch das je Person angesetzte Luftvolumina (hier z.B.  $40 \text{ m}^3/\text{h}$ ):

$$\dot{q} = 0,34 \cdot 40 \cdot (T_{Li} - T_{La}) \quad [\text{W}/\text{Pers}] \quad (\text{Gleichung 7})$$

Bei einer Luftinnentemperatur  $T_{Li} = 24^\circ\text{C}$  und einer Außenlufttemperatur von  $T_{La} = 32^\circ\text{C}$  ergibt sich somit ein personenbezogener Lüftungsgewinn von :

$$\dot{q} = 108,8 \text{ W}/\text{Pers}$$

Somit würde man bei einer durchschnittlichen Flächenbelegung von  $18 \text{ m}^2/\text{Pers}$  eine Flächenbelastung von ca.  $6 \text{ W}/\text{m}^2$  Pers nur durch den Luftbedarf pro Person erhalten.

Damit liegt die Belastung des Raumes durch den Luftwechsel im Bereich der Abwärmen durch die Person selbst (ca.  $7 \text{ W}/\text{m}^2$ ) beziehungsweise bei der Hälfte einer effektiven Beleuchtung ( $10 - 14 \text{ W}/\text{m}^2$ ). Dadurch wird ersichtlich, wie wichtig es ist, Lüftungswärmegewinne möglichst gering zu halten.

## 2.2.2 Interne Lasten

Die internen Wärmequellen in Büroräumen können wie folgt kategorisiert werden:

- Bürogeräte wie z.B. Computer, Monitore, Kopierer, Faxgeräte und Scanner
- Beleuchtungseinrichtungen (Glühlampen, Fluoreszenz-Röhren)
- Anwesende Personen

### 2.2.2.1 Bürogeräte

Für die Bestimmung des Kühlleistungsbedarfs stellen in der warmen Jahreszeit (Übergangszeit, Sommer) die elektrischen Geräte in der Regel die bedeutendste interne Last dar. In der Quantifizierung der Geräteabwärmen ist allgemein zu bemerken, dass die Leistungsaufnahmen der meisten EDV- und Bürogeräte in den letzten Jahren durch den technologischen Fortschritt signifikant reduziert wurden (Beispiel: Jahresverbrauch eines PC's (ohne Monitor):  $36 \text{ kWh}$  (neu) gegenüber  $172 \text{ kWh}$  (alt)). Trotzdem hat die dem Raum zugeführte Wärmelast in der Regel eher zu- als abgenommen. Die Gründe dafür liegen einerseits in der erhöhten Gerätedichte und andererseits in der Zunahme der täglichen Betriebsdauer, wobei ein Ganztagesbetrieb des EDV-Systems auf Grund der Gerätevernetzung und des Umfangs der eingesetzten Software in vielen Büroeinheiten bereits üblich ist.

In Tabelle 4 sind typische Wärmelasten von Bürogeräten (EVA, 2000) zusammengefasst, wobei zwischen den verschiedenen Betriebszuständen (aktiv/standby/aus) unterschieden wird.

Tabelle 4: Bandbreiten der Wärmelasten von Bürogeräten (EVA, 2000)

Gerät	Wärmelast [W]		
	aktiv	standby	aus
PC	35 - 70	2 - 40	0 - 5
Monitor (17")	50 - 120	4 - 30	0 - 5
PC+Monitor	85 - 190	6 - 70	0 - 10
Laserdrucker	170 - 300	4 - 80	0
Tintenstrahldrucker	10 - 20	2 - 10	0 - 8
Faxgerät	20 - 80	4 - 12	0 - 5
Kopierer	300 - 500	80 - 220	0 - 30
Scanner	20 - 30	3 - 12	0 - 5

Die Beeinflussung des Raumklimas durch Geräteabwärmern hängt neben deren Absolutwert auch entscheidend von der Art der Wärmeübertragung ab. Dabei wird zwischen Konvektion und strahlungsgebundenen Wärmegewinnen unterschieden. Die konvektiven Wärmelasten zeichnen sich dadurch aus, dass sie lokal auftreten (Luftzirkulation am Gerät) und zu einem direkten Temperaturanstieg der Raumluft führen. Dem gegenüber wird die Strahlungswärme primär an den Speichermassen absorbiert und erst zeitverzögert über Konvektion an den Raum abgegeben. Diese unterschiedliche Dynamik ist vor allem bei Simulationen von thermoaktiven Bauteilen zu berücksichtigen, wo der Energietransfer zwischen inneren Wärmequellen und Bauteil für den Kühlvorgang von zentraler Bedeutung ist. Die prozentuelle Verteilung zwischen konvektiver zu strahlungsgebundener Wärme richtet sich nach dem Betriebszustand des Gerätes. Im aktiven Betrieb geben PCs, Drucker und Kopierer einen großen Teil ihrer Wärmeleistung über Ventilatoren an die Raumluft ab. Entsprechende experimentelle Untersuchungen (EVA, 2000) weisen u.a. für ein PC - System (Pentium - PC inkl. 17" Monitor) einen konvektiven Anteil von knapp über 60% und für Kopierer bzw. Laserdrucker einen entsprechenden Wert von knapp unter 90% auf. Im Standby - Modus liegt dieser Anteil tiefer.

### 2.2.2.2 Beleuchtung

Auch das Beleuchtungssystem kann bei ineffizienten Produkten und entsprechend hohen Betriebsstunden zu großen Wärmelasten führen. Deshalb ist es primär wichtig, dass die künstliche Beleuchtung auch wirklich bedarfsabhängig ein- und ausgeschaltet wird und nicht automatisch einem Ganztagesbetrieb unterworfen wird. Die dafür notwendige moderne Lichtregelung verbindet Präsenzmelder und Tageslichtsensoren. Letztere unterscheiden zwischen Tages- und Kunstlicht um eine Selbstbeeinflussung zu vermeiden.

Moderne Bürobeleuchtungen sind mit einer Leistung von 5 - 10 W/m<sup>2</sup> und einer Beleuchtungsstärke von 300 bis 400 Lux realisierbar. Voraussetzung dafür sind möglichst direkt leuchtende Leuchtstofflampen in hellen Räumen. In Tabelle 5 sind Nennbeleuchtungsstärken für verschiedene Bereiche in Bürogebäuden zusammengestellt (VDI 2078, 1996).

Tabelle 5: Anschlussleistungen und Nennbeleuchtungsstärken gemäß (VDI 2078, 1996)

Bereich	Nennbeleuchtungsstärke [lx]	Anschlussleistung [W/m <sup>2</sup> ]	
		Gebrauchsglühlampen	Entladungslampen
Räume mit Publikumsverkehr Treppe, Flur	100	20 - 25	3 - 8
Büroräume mit Arbeitsplatz in Fensterhöhe	300	60 - 75	8 - 18
Büroräume (Gruppenräume)	500	100 - 120	10 - 25
Großraumbüro, technisches Zeichnen	750		15 - 30

Die bei in Betrieb stehenden Gebrauchsglühlampen anfallende Wärmelast weist für gewöhnlich einen Strahlungsanteil von 70% und einen Konvektionsanteil von 30% auf. Bei Fluoreszenzröhren betragen die respektiven Werte jeweils 50%. Eine Verminderung der Wärmelast für den Raumlufknoten bei gleichbleibender Beleuchtungsstärke ist dadurch erreichbar, dass die Abwärme direkt über das Lampengehäuse abgeführt wird (bis zu 75%).

### 2.2.2.3 Abwärme von Personen

Die Personenabwärme darf bei der Bestimmung der internen Lasten nicht vernachlässigt werden. Bei Ausführung von typischen Bürotätigkeiten produziert eine Person etwa 120 W Wärmeleistung bei einer Raumlufthtemperatur von 23°C (VDI 2078, 1996). Stellt man weiters typische Belegungsdichten für Bürogebäude in Rechnung, so müssen für die Raumlastbestimmung im Einzelbüro bspw. 5 W/m<sup>2</sup> über max. 9 Std. und im Großraumbüro 7 W/m<sup>2</sup> über durchschnittlich 6 Std. berücksichtigt werden (Zimmermann, 1999). Damit tragen die Personen mehr als 1/5 zur gesamten Wärmelast eines mittleren Büros bei. In Sitzungsräumen ist der Anteil der Personenabwärme noch wesentlich höher. Hier beträgt er oft die Hälfte bis 2/3 der gesamten Wärmelast.

Bei Raumtemperaturen im Behaglichkeitsbereich entfallen etwa 60% auf sensible Wärmeabgaben (Konvektion, Wärmestrahlung) und 40% auf die latente Wärmeabgabe (Verdunstung). Letztere wird für die Raumlast normalerweise nicht berücksichtigt, da sie zu keiner spürbaren Temperaturerhöhung führt.

### **3 Methodik der Gebäudedokumentation**

Grundsätzlich ist zu bemerken, dass es um allgemein verfügbare Daten zum Sommerbetrieb von Büro- und Verwaltungsgebäuden sehr schlecht bestellt ist. Dieses Informationsdefizit soll innerhalb dieses Projektes behoben werden, wobei primär folgende Fragen behandelt werden:

- Treten Probleme beim Sommerbetrieb von Büro- und Verwaltungsgebäuden auf?
- Welche Probleme sind das und in welcher Form machen sie sich bemerkbar?
- Wie wird diesen Problemen derzeit begegnet?
- Welche Potenziale bieten diese Gebäude für nachhaltige, ressourcenschonende Kühlkonzepte?

Um auf diese Fragen repräsentative Antworten zu erhalten sowie allgemein gültige Schlüsse ziehen zu können, gilt es, eine entsprechende Anzahl an bestehenden Büro- und Verwaltungsgebäuden zu dokumentieren und zu analysieren. Zur Erreichung dieser Vorgaben wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

1. Adressenrecherche
2. Kontaktaufnahme / Vorerhebung der Gebäudedaten
3. Objektauswahl
4. Begehung
5. Nutzerbefragung
6. Auswertung

#### **3.1 Kontaktaufnahme**

Um eine möglichst große Anzahl repräsentativer Gebäude zu erhalten, wurden zahlreiche Unternehmen zielgerichtet kontaktiert. Neben den vier professionellen Projektpartnern (AIV, BIG, IMMORENT und IMV) wurden noch definierte Zielgruppen wie Architekten, Planer, Landesregierungen, etc. kontaktiert. Abbildung 4 zeigt eine Aufteilung der kontaktierten Firmen nach Ihrem Geschäftsbereich. Insgesamt wurden, wie aus Abbildung 4 zu erkennen ist, über 700 Unternehmen primär per E-Mail und Telefon befragt.

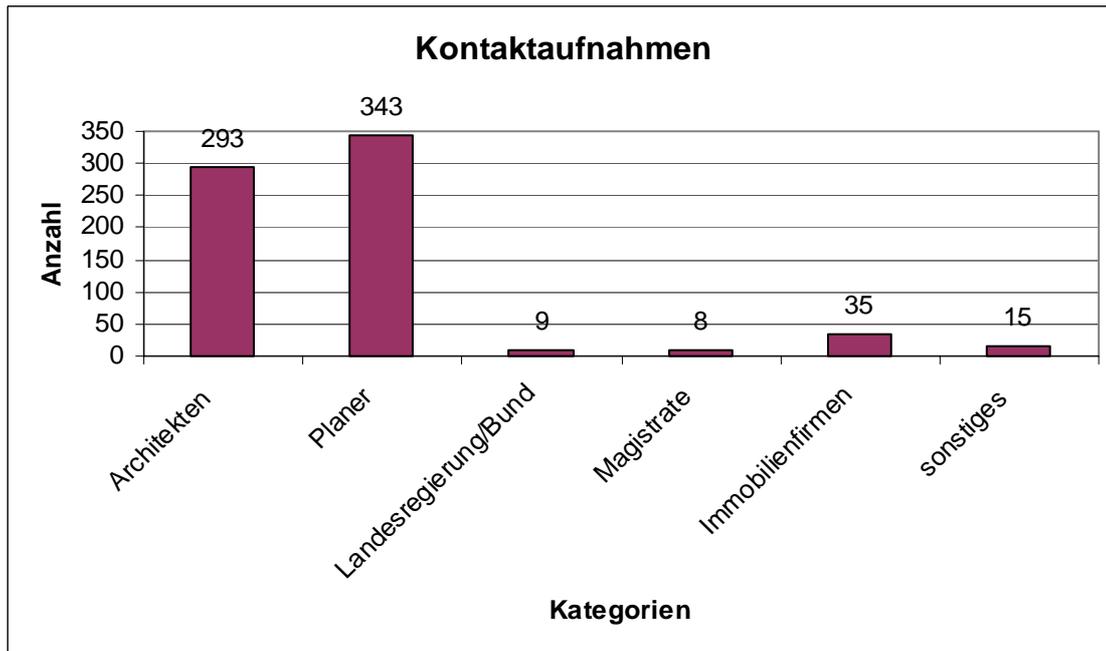


Abbildung 4: Anzahl der kontaktierten Unternehmen aufgeteilt nach Branchen

Das Ergebnis aus den Recherchen nach Bürogebäuden mit kältetechnischem Sanierungsbedarf ist in Abbildung 5 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der Großteil der Gebäude durch Immobilienbüros und öffentliche Stellen zur Verfügung gestellt wurde.

Bei den Architekten und Planern gab es im Verhältnis zu den beiden oben genannten Gruppen mit vier Nennungen zwar weniger Objekte mit aktuellem kältetechnischen Sanierungsbedarf, das grundsätzliche Interesse an der Thematik „Sommerlicher Überhitzungsschutz“ war jedoch sehr hoch. So bezogen sich die konkreten Fragen dieser Branchen im Zuge der Recherchen jedoch vor allem auf mögliche passive Kühlkonzepte für gerade aktuelle Neubauten bzw. Planungen von Neubauten.

Grundsätzlich ist als Ergebnis der Rechercharbeiten festzuhalten, dass von allen kontaktierten Branchen das Einspar- bzw. Optimierungspotenzial im Bereich „Sommerlicher Betrieb von Büro- und Verwaltungsgebäuden“ als sehr hoch eingestuft wurde. Zum Teil verhinderten jedoch laufende Projektarbeiten bzw. Befürchtungen der Gebäudebetreiber / -besitzer durch Veröffentlichungen Imageeinbußen zu erleiden, umfangreichere Rückmeldungen zu Objekten mit Sanierungsbedarf.

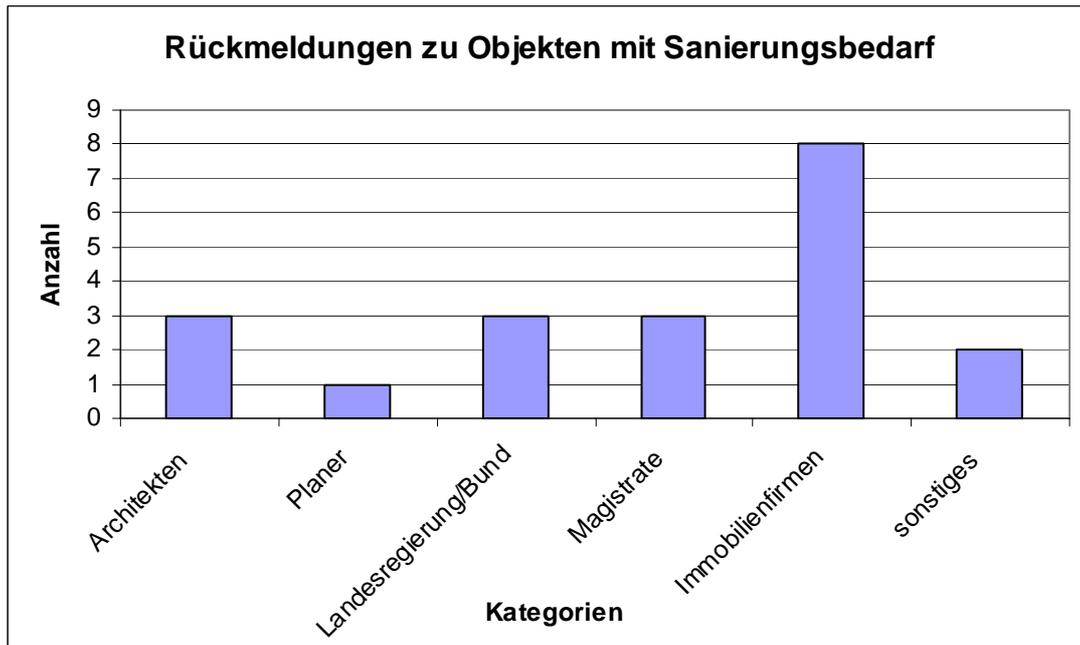


Abbildung 5: Rückmeldungen zu Objekten mit Sanierungsbedarf

## 3.2 Kategorisierungsbogen

Für die Auswahl der Objekte wurde ein Kategorisierungsbogen (siehe Kapitel 16), der Auskunft zu den Problemstellungen sowie zu allgemeinen Daten geben soll, erstellt.

### 3.2.1 Allgemeine Daten

Wesentliche Inhalte in diesem Abschnitt waren Fragen zum Standort und Baujahr des Objektes, zur Funktion des kontaktierten Unternehmens beim vorliegenden Objekt, zur Nutzung des Objektes, zu den Bürotypen sowie der Anzahl der beschäftigten Personen im Objekt. Die Frage nach der Funktion der Kontaktperson begründet sich aus der Klärung der Zugänglichkeit für in weiterer Folge benötigte Daten sowie der Klärung einer Vor-Ort-Dokumentation. Die Nutzungsart des Objektes sollte Auskunft über den Bürotyp (Zellenbüro, Großraumbüro, Kombination aus beiden) und die Aufteilung der Räumlichkeiten nach Ihrer Nutzung geben (Büros, Seminarräume, Lager, usw.).

### 3.2.2 Fragen zur Problemdokumentation

Der Hauptbestandteil des Fragebogens ist dem Herausfinden der technischen Problemstellung des Objektes gewidmet (Abbildung 6). Die Ergebnisse aus diesem Teil waren schlussendlich auch ausschlaggebend für die Auswahl der im Detail untersuchten Objekte.

<b>Fragen zur Problemerkennung:</b>	
<b>Welche Probleme ergeben sich im Sommerbetrieb des Objektes ?</b>	
<input type="checkbox"/> <b>Behaglichkeitsprobleme</b>	<input type="checkbox"/> <b>Wirtschaftliche und technische Probleme</b>
<input type="checkbox"/> Überhitzungen	<input type="checkbox"/> Hohe Stromkosten
<input type="checkbox"/> Zugerscheinungen	<input type="checkbox"/> Hohe Wartungskosten
<input type="checkbox"/> Lärmbelastung (z.B: Klimaanlage)	<input type="checkbox"/> Häufige Ausfälle der Klimatisierung
<input type="checkbox"/> Blendungen bei Computerarbeitsplätzen	<input type="checkbox"/> Temperaturregelungsprobleme
<input type="checkbox"/> sonstiges _____	<input type="checkbox"/> sonstiges _____

Abbildung 6: Ausschnitt aus dem Fragebogen

Durch die oben angeführten Fragen konnte eine grobe Aufteilung der Gebäude hinsichtlich ihrer Problematik durchgeführt werden. Ziel war die Unterscheidung zwischen Gebäuden mit Behaglichkeitsproblemen und Gebäuden mit wirtschaftlich-technischen Problemen.

Die Auswertung der Bögen zeigte, dass bei rund 80% der Objekte Überhitzung in den Büroräumen das Hauptproblem ist. Nur vereinzelt konnte man die Objekte eindeutig in die Kategorie mit wirtschaftlich-technischen Problemen einordnen. In diesen Fällen wurde von den Befragten klar angegeben, dass es sich um zu hohe Kosten bei der Kälteerzeugung bzw. beim Betrieb der Kälteanlage handelt.

Zusätzliche wichtige Punkte für die Weiterbehandlung der Objekte waren auch die Fragen nach der Art der Kälteinstallationen, nach der Art der Verteilung der Kälte (Lüftung, Flächenkühlung, Fan Coils, usw.) bzw. zur Einschränkung des Problembereichs nach dem Ort, wo diese Probleme primär auftreten (nur Serverräume, exponierte Büros, generell im Gebäude, etc.).

Der letzte Punkt des Dokumentationsbogens befasste sich mit der Verfügbarkeit von Unterlagen (Planunterlagen, Verbrauchsdaten, etc.) für eine entsprechende weitere Analyse des Objektes.

### 3.3 Bestandsaufnahme

Anhand der Ergebnisse aus den retournierten Kategorisierungsbögen wurden für eine weitere Bearbeitung 15 geeignete Objekte ausgewählt und Bestandsaufnahmen durchgeführt. In den nachstehenden Kapiteln werden die Vorgangsweise und die Problemstellungen bei der Bestandsaufnahme kurz beschrieben.

Die Bestandsaufnahme beinhaltet im wesentlichen folgende Schwerpunkte:

- Bauteilaufnahme (Geometrie und Bauphysik)
- Interne Lasten
- Messungen
- Externe Lasten
- Nutzerprofil für Beleuchtung, Belegung, EDV,.....
- Haustechnik
- Verbrauchsdaten

### 3.3.1 Bauphysik / Bauteilaufnahme

Die Aufnahme aller Bauteile stellte sich in vielen Fällen als schwierig heraus. Zum einen waren die Plandaten der Objekte lückenhaft oder sind auf Grund des Gebäudealters nicht mehr erhältlich, zum anderen wiesen Plan- und Realdaten deutliche Unterschiede auf. Durch die Vor-Ort-Dokumentation und Gesprächen mit langjährigen Mitarbeitern aus der Gebäude- bzw. Haustechnik konnten jedoch für alle relevanten Bauteile die Abmessungen bzw. der Wandaufbau definiert werden.

Abbildung 7 zeigt einen Auszug aus dem verwendeten Bestandsaufnahmeformular für die Bauteilaufnahme. Die kompletten Formulare für die Aufnahme der Bauteile sind dem Anhang zu entnehmen.

Bauteil	Aufbau (von innen nach außen)		Dicke	Abmessungen brutto		U- Wert	Aus- richtung	Sonstiges (allg. zustand)
				Länge	Breite			
	1=innen 5=außen		cm	m	m	W/m²K	s/o/n/w/h	
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							

Abbildung 7: Auszug aus dem Bestandsaufnahmeformular „Bauteilaufnahme“

Ein weiterer Schwerpunkt der Aufnahme waren die Verschattungseinrichtungen. Auf Grund des Alters mancher Verschattungseinrichtungen standen nicht immer Herstellerangaben zur Verfügung. Zusätzlich konnten durch Verwitterungen und Alterungsprozesse Verschattungswerte der einzelnen Systeme, vor allem bei Markisen, nicht genau ermittelt werden. In diesen Fällen wurden für die nachfolgenden Berechnungen Normwerte laut VDI-Richtlinie 2078 (VDI 2078, 1996) herangezogen.

### 3.3.2 Interne Lasten

Die Definition der internen Lasten findet man in den Grundlagen im Kapitel 2.2.2. In diesem Schritt der Bestandsaufnahme wurden anhand von repräsentativen Büros die internen Lasten der Objekte dokumentiert. Diese wurden wie folgt unterteilt:

- Beleuchtung
- elektronische Geräte (PCs, Drucker,....)
- Personenbelegung

Die Aufnahme der Beleuchtung konnte bei allen Objekten vollständig durchgeführt werden. Die Beleuchtungskörper werden dabei schwerpunktmäßig den Büroflächen zugeordnet. Allgemeine Verkehrsflächen wie Gänge, Sozialräume und Sanitärräume wurden berücksichtigt, sie fließen jedoch in die Auswertungen der Gebäudedokumentationen nicht mit ein. Dies begründet sich durch die, bezogen auf die Gesamtnutzfläche, in der Regel geringen Zonenlasten. Bei den detaillierten Simulationsrechnungen der beiden „Mustersanierungen“ finden diese Lasten für eine ganzheitliche Betrachtung volle Berücksichtigung.

Die Belegung der einzelnen Räume konnte beim Großteil der Objekte auf Grund von vorhandenen Belegungsplänen bzw. Vor-Ort Begehungen nahezu vollständig dokumentiert werden.

Für die Aufnahme der elektronischen Geräte wurden sogenannte „Standard PC-Stationen“ definiert. Eine „PC-Station“ (Abbildung 8) besteht aus einem Terminal und einem Bildschirm. Der Anteil der Flachbildschirme in den einzelnen erhobenen Objekten bewegte sich dabei zwischen 0 und maximal 50%. Die Anzahl der „PC-Stationen“ in den Büroräumen war in der Regel identisch mit der Personenbelegung. Es entsprach somit jeder Arbeitsplatz einem PC-Arbeitsplatz. Die Leistungsaufnahme der EDV-Geräte (primär Terminal und Bildschirm) wurde in den meisten Fällen gemessen (Leistungsmessgerät: "Technischer Alternative", Typ: EPM 3022), um reale Lasten bei der Analyse der Gebäude berücksichtigen zu können.



Abbildung 8: Beispiel für einen „Standard PC-Arbeitsplatz“ mit Drucker

### 3.3.3 Externe Lasten

Die Definition von externen Lasten wurde bereits im Kapitel 2.2.1 vorgenommen. Die Vor-Ort-Dokumentation umfasste dabei schwerpunktmäßig die Orientierung der Büroräume, die Verglasungsfläche und -art, die Art des Verschattungssystems sowie die Wärmelasten durch die (mechanische bzw. natürliche) Frischluftzufuhr.

### 3.3.4 Nutzerprofil für Belegung, Beleuchtung und EDV

Ziel der durchgeführten Nutzerbefragungen war es, möglichst vollständige Daten über tatsächlich vorherrschende Nutzerprofile zu erhalten. Auswirkungen auf die Kühllast der erhobenen Gebäude bei unterschiedlichen Nutzungsverhalten werden in der „technischen Auswertung“ (Kapitel 5.4) sowie in der dynamischen Gebäudesimulation (Kapitel 6 - 11) der beiden „Musterobjekte“ im Detail behandelt.

Das Formular „Nutzerbefragung“ zu den Gebäudedokumentationen ist dem Anhang (Kapitel 16.2) zu entnehmen. Das Formular ist dabei in folgende Teilbereiche gegliedert::

- Allgemeiner Teil
- Fragen zur EDV
- Fragen zur Beleuchtung
- Fragen zur Lüftung
- Fragen zur Verschattungseinrichtung

Der allgemeine Teil beschränkt sich auf die Fragen nach den Arbeitszeiten und Büroanwesenheitszeiten. Das Ziel war es dabei, die Personenlasten nach Zeit und Ort richtig zu berücksichtigen. Die schlussendlichen Auswertungen und Einflüsse der Personen auf die Kühllast kann dem Kapitel 5.4 entnommen werden. Personenlasten nach definierten Anwesenheitsprofilen werden in weiterer Folge bei den dynamischen Gebäudesimulationen berücksichtigt.

Die Nutzerbefragung zu den EDV-Geräten sollte Aufschluss über das Nutzungsprofil und die Betriebsdauer der Geräte geben.

Die Befragungen zur Nutzung der Beleuchtung soll Aufschluss über den tatsächlichen Gebrauch von künstlichem Licht in den Sommermonaten geben. Dabei galt es vor allem herauszufinden, wie das Zusammenspiel zwischen Nutzung der Beleuchtung und Nutzung der Verschattungseinrichtung aussieht.

Ein weiterer Punkt der Befragung war es, die Lüftungsgewohnheiten der Personen herauszufinden. Die manuelle Lüftung durch die Fenster kann speziell bei falscher Nutzung einen negativen Einfluss auf das Temperaturniveau im Raum haben.

Die Frage zur Nutzung der Verschattungseinrichtung war der abschließende Punkt der Nutzerbefragung. Bei falscher Nutzung hat dieser Punkt den gravierendsten Einfluss auf das Raumklima. So können vor allem in den Ostbüros zu spät aktivierte Verschattungen erhebliche Auswirkungen auf die gesamte Tagesraumlast bewirken.

### **3.3.5 Haustechnik**

Die Dokumentation der Haustechnik umfasste die Aufnahme der kältetechnischen Komponenten in den 15 ausgewählten Objekten. Dabei erfolgte im wesentlichen die Unterteilung in die drei Bereiche:

- Kälteerzeugung (Kältemaschine, Splitgerät, etc.)
- Kälteverteilung (über Luft, Wasser oder Kältemittel)
- Kälteabgabe (Lüftung, Fan Coils, Splitgerät, etc.)

### **3.3.6 Verbrauchsdaten**

Die Dokumentation der Verbrauchsdaten umfasste die Energieverbräuche, nämlich sowohl die Bereiche „Strom“, „Wärme“ und „Kälte“, als auch die Unterteilung in einzelne Verbrauchergruppen „EDV“, „Beleuchtung“, „Haustechnik“, etc.. Dadurch sollen zum einen Unterlagen über den Energieverbrauch im Bürobestand zur Verfügung stehen, zum anderen bei detaillierten Simulationen eine Gegenüberstellung zwischen theoretischen Ansätzen und realem Verbrauch möglich sein.

## **4 Beschreibung der dokumentierten Gebäude**

Der Inhalt der Beschreibungen umfasst alle wesentlichen Eckdaten aus den Vor-Ort Dokumentationen und soll die Bandbreite der unterschiedlichen Gebäude verdeutlichen. Für die Dokumentation wurden dabei jene 15 Objekte ausgewählt, die am besten den Anforderungen des Projektes „COOLSAN“ entsprachen und einen dringenden Sanierungs- bzw. einen erheblichen Optimierungsbedarf aufwiesen.

Nach Vereinbarung mit den Objektbetreibern bzw. –eigentümern und aus Gründen des Datenschutzes werden (mit Ausnahme der im Detail untersuchten Referenzobjekte in Kapitel 8 und Kapitel 10) keine Namen oder Adressen der Gebäude genannt. Um in weiterer Folge Auswertungen und Gegenüberstellungen anführen zu können, werden die erhobenen Objekte von 1 bis 15 durchnummeriert. Die Nummerierung erfolgte dabei nach keiner Wertigkeit und gibt auch keine Rückschlüsse über das Sanierungspotenzial der Objekte. Die in der Dokumentation verwendeten Fotos sollen dazu dienen, sich ein besseres Bild über die Gebäude zu machen.

## 4.1 Objekt 1

Das eine Nutzfläche von ca. 11.500 m<sup>2</sup> (ohne Gang und Verkehrsflächen) umfassende Objekt (Abbildung 79) wurde 1981 errichtet und ist im Besitz eines österreichischen Bundeslandes. Es besteht aus 10 Geschoßen, wobei die 7 Obergeschoße des Gebäudes primär als Büroeinheiten genutzt werden. Des weiteren gibt es je Obergeschoß vier klimatisierte Besprechungszimmer.



Im Erdgeschoß findet man zwei große Sitzungssäle, sowie mehrere Seminar- und Besprechungsräume. Für die in Summe 500 Bediensteten gibt es im 4. OG ein hausinternes Restaurant mit Speisesaal. Die Bestandsaufnahme wurde für die 7 Obergeschoße durchgeführt (umfassten eine Fläche von ca. 10.000 m<sup>2</sup>).

Abbildung 9: Südansicht des Objektes

### Baustruktur/ Bauteile:

Die tragende Baustruktur ist ein Stahlbetonskelett. Die Außenwände sind mit einem 20 cm starken Betonkern und einer außenliegenden Wärmedämmung (ca. 6 cm) ausgeführt. Diesen sind in den untersuchten Bereichen bis zu einer Brüstungshöhe von 60 cm primär Blech- bzw. Steinfassaden vorgesetzt. Der weitere Fassadenteil ist bis zur Decke verglast (dreifach



Isolierverglasung). Der Deckenaufbau besteht aus einer 30 cm starken Stahlbetonkonstruktion mit einem abgehängten Zwischendeckenbereich. Den oberen Abschluss des Deckenaufbaus bilden Teppichbodenbelege. Die Innenwände bestehen aus Gipskartonplattenkonstruktionen mit einer Stärke von 15 cm. Die Beschattungseinrichtung besteht aus dunkelbraunen Stoffmarkisen, die aufgrund von Verschleiß- und Alterungserscheinungen einen relativ schlechten Zustand aufweisen.

Abbildung 10: Fassadenansicht des Restaurantbereichs im 4. OG Norden

**Haustechnik:** Der untersuchte Gebäudeteil (1 – 7. OG) weist nur in den Besprechungszimmern Deckenfancoils auf. Diese werden über eine separate Klimazentrale mit einem Luft-Nennvolumenstrom von 5.400 m<sup>3</sup>/h angesteuert. Die Räume des Erdgeschoßes werden von 4 verschiedenen Klimaanlage (in Summe ein Luftvolumenstrom von 150.000 m<sup>3</sup>/h) versorgt. Dabei wird die benötigte Kälte über eine grundwassergekühlte Kompressionskältemaschine (750 kW) erzeugt. Die Technikräume sowie Serverräume sind mit Splitgeräten ausgestattet.

**Problemstellung:**

In den nach Süden orientierten Büroräumen kommt es zu Überhitzungsproblemen. Abbildung 11 zeigt dazu Messergebnisse zum Raumtemperaturverlauf eines Südbüros im 7. Obergeschoß. Es ist dabei zu erkennen, dass das thermische Behaglichkeitsfeld zwischen 22 und 26°C (DIN 1946 Teil 2, 1994) über zwei Wochen hindurch täglich überschritten wird.

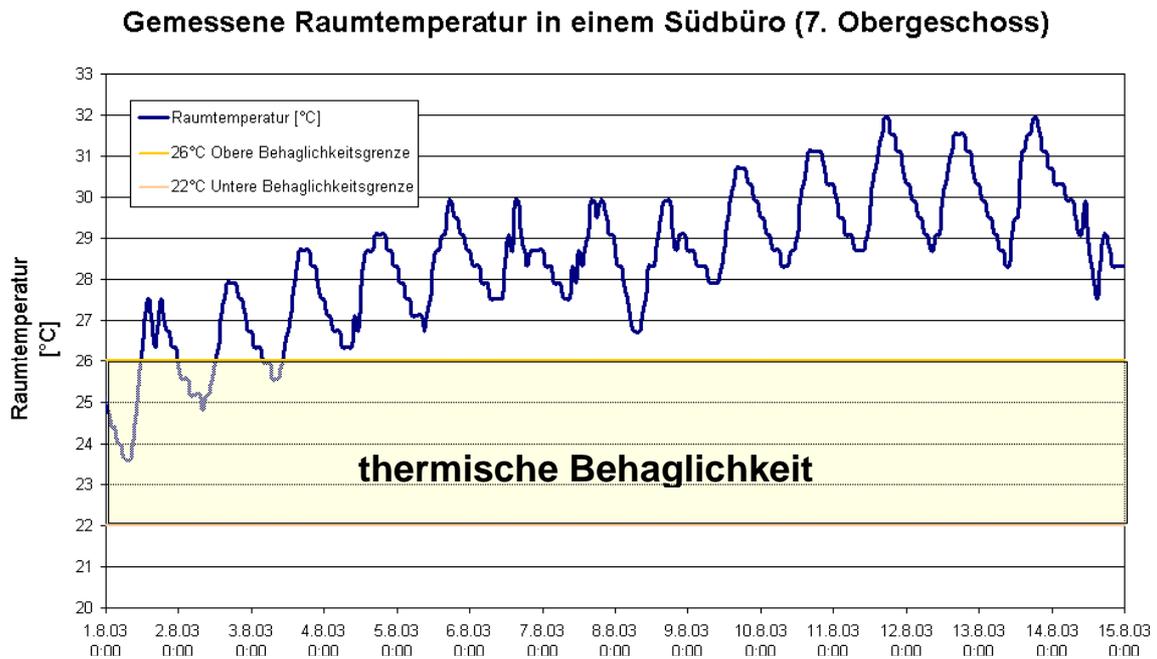


Abbildung 11: Gemessene Raumtemperatur in einem Südbüro des Objektes 1 (7. Obergeschoß) für den Zeitraum vom 1. bis 15. August 2003

## 4.2 Objekt 2

Ursprünglich umfasste das Ende der 80iger Jahre gebaute, viergeschoßige Objekt (Abbildung 12) eine Fläche von ca. 2000 m<sup>2</sup>. Im Jahre 1998 wurde es durch einen Zubau um ca. 950 m<sup>2</sup> erweitert. Der Zubau umfasst die Obergeschoße 5 und 6. Bis auf Teile des 6. Obergeschoßes (Bibliothek) werden die Flächen nur als Büroräume genutzt. Die Geschoße EG bis 4. OG (Altbau) wurden bei der Bestandsaufnahme nicht berücksichtigt, da es in diesen Zonen zu keinen Überhitzungen kommt. Im betrachteten Bereich (5. und 6. Obergeschoß) arbeiten ca. 50 Personen. Das Gebäude, welches Eigentum eines Immobilienbüros ist, ist an ein österreichisches Bundesland vermietet.



Abbildung 12: Ostansicht des Objektes

### Baustruktur/ Bauteile:

Die Grundrisstruktur folgt einem U-förmigen Verlauf. Der Altbau wurde in massivem Ziegelmauerwerk (50 cm) ausgeführt. Die opake Fassade (Abbildung 13) des Neubaus besteht aus 10 cm dicken Stahlbetonfertigteilen mit einer vorgehängten Glasfassade. Die transparente Fläche wurde mit einer Zweifachisolierverglasung ausgeführt. Dieser wurde eine



Verschattungseinrichtung aus weißen Stoffmarkisen vorgesetzt. Tragende Elemente des Bauwerks sind Betonstützen, sowie massive Stirnwände (50 cm Ziegelbau). Die Innenwände sind im Leichtbau (GK-Platten mit 8 cm Dämmung) ausgeführt. Die Decken bestehen aus einem 16 cm starken Stahlbetonkern, weisen keinen abgehängten Bereich in den Büros auf und sind durchwegs mit Parkettböden versehen.

Abbildung 13: Ansicht Osten 5. und 6. Obergeschoß

### Haustechnik:

Es gibt im gesamten Gebäude keine Kälteinstallationen. Im Zuge des Zubaus wurde in den zwei Obergeschoßen eine Nachtlüftungsanlage installiert. Drei Zuluftventilatoren mit á 350 m<sup>3</sup>/h Nennvolumenstrom versorgen die 948 m<sup>2</sup> Bürofläche und werden zur Nachtlüftung eingesetzt. Die Abluftführung erfolgt über gekippte Fenster.

**Problemstellung:**

Die im 5. und 6. Obergeschoß beschäftigten Personen klagen über massive Übertemperaturen in den Sommermonaten. Abbildung 14 zeigt dazu Messergebnisse zum Raumtemperaturverlauf eines nordwestseitigen Büros im 6. Obergeschoß.

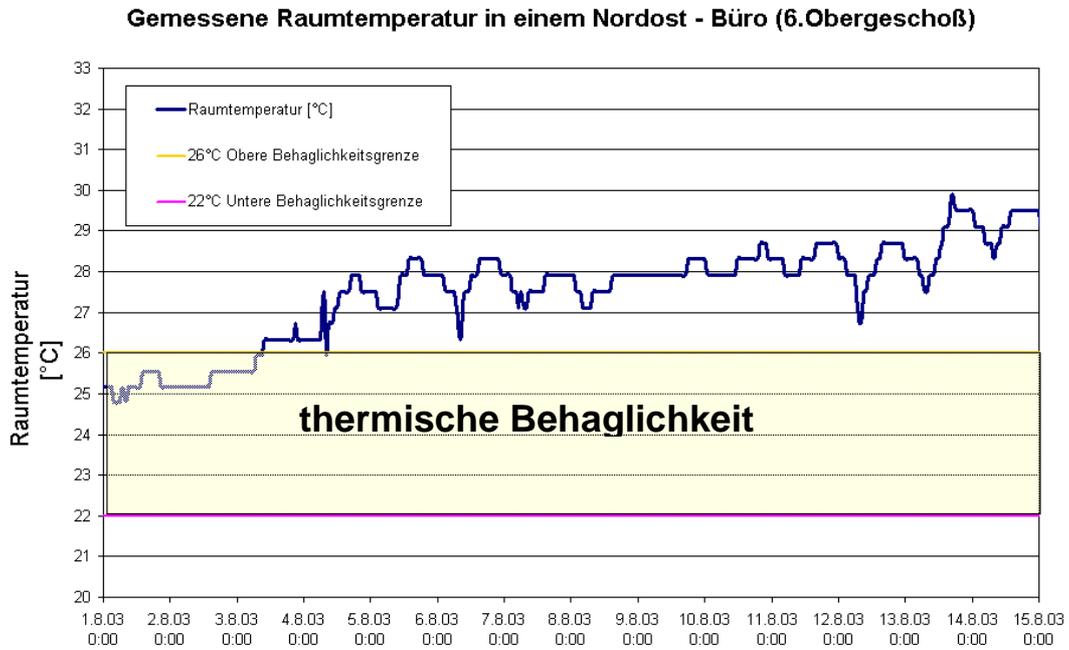


Abbildung 14: Gemessene Raumtemperatur in einem nordwestseitigen Büro des Objektes 2 (6. Obergeschoß) für den Zeitraum vom 1. bis 15. August 2003

### 4.3 Objekt 3

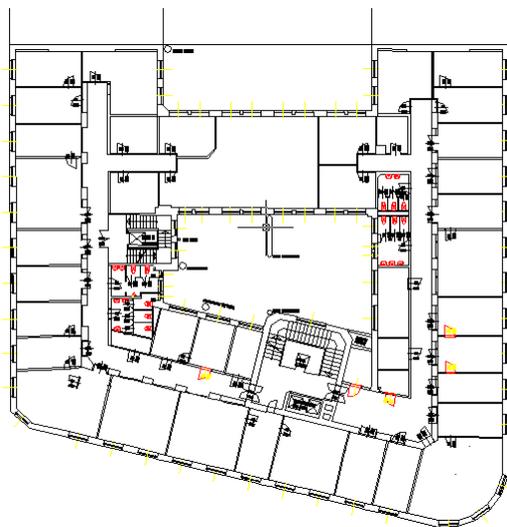
Das in Abbildung 15 dargestellte Objekt wurde im Jahre 1910 errichtet und besitzt eine Nutzfläche von ca. 7.500 m<sup>2</sup>. Es befindet sich im Eigentum eines Immobilienbüros und wird auch vom selbigen genutzt. Lediglich das Erdgeschoß wurde an verschiedene Unternehmen für Geschäftslokale vermietet. Das Gebäude weist 7 Obergeschoße auf, welche mehrheitlich aus Büroflächen, Besprechungszimmern und Vortragssälen bestehen. Im Kellergeschoß befindet sich eine Hausküche mit einem dazugehörigen Speisesaal. Das 7. Obergeschoß war vor etwa 5 Jahren ebenfalls als Bürofläche genutzt. Seither ist es leerstehend und dient teilweise als Archiv bzw. Abstellraum. In den als Büro genutzten Obergeschoßen arbeiten ca. 200 Personen. Die durchgeführte Bestandsaufnahme beschränkte sich auf den Bereich der Obergeschoße.



Abbildung 15: Südwest Ansicht des Gebäudes.

#### Baustruktur /Bauteile:

Der in Abbildung 16 dargestellte Grundriss zeigt die Struktur des Objektes. Es gibt zwei Innenhöfe wobei beide nicht überdacht sind. Der obere Innenhof grenzt an ein Nachbargebäude. Eine detaillierte Aufnahme der Bauteile konnte auf Grund fehlender Unterlagen nicht durchgeführt werden. Aufgrund der Erkenntnisse aus der Vor-Ort-Dokumentation, kann von einer massiven Vollziegelwandkonstruktion mit einer Stärke von ca. 60 cm ausgegangen werden. Die Decken sind ebenfalls massiv ausgeführt. In den



Bürobereichen gibt es ca. 30 cm abgehängte Decken. Die Büros sowie der Gangbereich sind mit einem Parkettboden ausgestattet. Lediglich ein Teil des 3. Obergeschoßes wurde mit einem Teppichboden versehen. Die Innenwände wurden aus Gipskartonplatten mit Wärmedämmung in Leichtbauweise gefertigt. Den Fenstern (2fach-Isolierglas) wurde eine Außenjalousie vorgesetzt.

Abbildung 16: Grundriss des Objektes.

**Haustechnik:**

Das Gebäude besitzt zwei Klimaanlage, welche von zwei Kältemaschinen (95 kW und 30 kW) gespeist werden. Die größere Anlage versorgt die Küche und den Speisesaal des Objektes. Die kleinere Zentrale sollte die Grundlast der Technik- bzw. Serverräume abführen. Da dies nicht ausreichte, wurden hier Splitgeräte nachgerüstet. In Teilbereichen des 3. Obergeschoßes wurden ebenfalls Splitgeräte installiert. Die Außenteile der Splitgeräte befinden sich am Dach des Objektes. Die Splitgeräte der Technik- und Serverräume werden unabhängig von den Geräten des 3. Obergeschoßes versorgt. Die Bürobereiche haben weder Lüftungs- noch Kälteinstallationen.

**Problemstellung:**

Die Erkenntnisse aus der Vor-Ort- Erhebung ergaben primär Überhitzungen in den südseitigen Büros. Nordseitig gibt es dahingehend keine Probleme. Da bei diesem Objekt ein Mieterwechsel bevorsteht, fasst der Eigentümer Sanierungsmaßnahmen im Gebäudeinneren (Lift, Austausch der Böden, ev. neue Zonierung der Räume, etc.) ins Auge.

#### 4.4 Objekt 4

Das sechsgeschoßige Bürogebäude (Abbildung 17) wurde Anfang der 60iger Jahre errichtet und umfasst eine Fläche von ca. 1300 m<sup>2</sup>. Das Objekt ist in privatem Besitz. Zur Zeit der Aufnahme waren lediglich 3 Büros mit 5 Personen belegt, da der Eigentümer dabei ist, das Gebäude sanieren zu lassen. Nach Abschluss der Umbauarbeiten soll Platz für 50 Personen sein. Im Erdgeschoß befinden sich Geschäftlokale, die übrigen Geschoße dienen als Büroräume. Die Bestandsaufnahme beschränkte sich in erster Linie auf den noch genutzten Bereich des 2. Obergeschoßes.



Abbildung 17: Nordansicht des Gebäudes

#### Baustruktur/ Bauteile:

Das Gebäude ist „Nord-Süd“ ausgerichtet und hat einen nicht überdachten Innenhof. Über die Wandaufbauten gibt es keine detaillierten Unterlagen, dennoch sieht man sehr deutlichein klassischer Massivbau mit bis zu 80 cm starken Außenwänden zu erkennen. Auch die Deckenkonstruktionen sind massiv ausgeführt, wobei es weder in den Büro- noch in den Gangbereichen abgehängte Decken gibt. Im gesamten Objekt befinden sich Parkettböden. Die Innenwandelemente sind ebenfalls massiv ausgeführt. Die Fenster sind Zweischeiben-Kastenfenster mit einem Luftraum von ca. 20 cm. Zwischen den Scheiben wurden Jalousien installiert.



Abbildung 18: Westansicht des Innenhofes

#### Haustechnik:

Im gesamten Gebäude gibt es keine Lüftungsinstallationen. Splitgeräte wurden in exponierten Büros nachträglich installiert.

#### Problemstellung:

Ein Teil der nach Süden orientierten Büros weist Überhitzungen auf, der andere Teil der Südbüros wird durch Nachbargebäude beschattet. Derzeit werden die problematischen Büroräume mittels Splitgeräte kostenintensiv gekühlt.

## 4.5 Objekt 5

Das Anfang der 70iger Jahre errichtete Objekt (Abbildung 19) hat eine Gesamtfläche von rund 26.000 m<sup>2</sup>. Es besteht aus 7 Obergeschoßen, die primär als Büroflächen genutzt werden. Im Erdgeschoß befinden sich eine große Empfangshalle, mehrere Vortragssäle, eine Bankfiliale, ein Restaurant, sowie eine Betriebsküche mit Speisesaal. Eigentümer des Objektes ist ein Immobilienbüro. Die Obergeschoße, die Betriebsküche mit dazugehörigem Speisesaal sowie die Vortragssäle wurden an einen Großkunden vermietet. Die übrigen Flächen des Erdgeschoßes sind an kleinere Mieter vergeben worden. Die Aufnahme des Gebäudes beschränkte sich, auf Grund der Nutzung, auf die 7 Obergeschoße. In diesen Geschoßen sind ca. 500 Personen beschäftigt.



Abbildung 19: Ostansicht des Gebäudes

### Baustruktur/ Bauteile:

Auf Grund der äußeren Erscheinung wird das Gebäude in einen historischen und modernen Bauteil untergliedert, obwohl diese zur gleichen Zeit errichtet wurden. Die Unterscheidung der Bauteile wurde nur an Hand der vorgehängten Fassadenstruktur getroffen. Abbildung 19 zeigt die Ansicht des historischen Teils, Abbildung 20 den modernen Teil. Das Gebäude beinhaltet zwei Innenhöfe, die nicht überdacht sind. Das Gebäude ist in Stahlbetonskelettbauweise ausgeführt. Der Außenwandaufbau weist eine Vollziegelkonstruktion (12-15 cm) bis zu einer Parapethöhe von ca. 90 cm auf. Die Fassadenkonstruktionen der beiden Bauteile (historisch und modern) unterscheiden sich nur in der Plattenstärke der vorgehängten Steinplatten (historisch: 5 cm; modern: 2 cm). Der Deckenaufbau ist im gesamten Gebäude gleich und besteht aus einem 20 cm starken Stahlbetonkern mit abgehängten Decken sowie



Teppichböden. Die Innenwände wurden als Schrankwände ausgeführt. Der transparente Anteil der Fassade besteht aus einer Doppelisolierverglasung mit außenliegenden dunkelbraunen Stoffmarkisen.

Abbildung 20: Südansicht des modernen Teils

**Haustechnik:**

Das gesamte Gebäude wird von zwei Klimaanlage versorgt. Eine Anlage versorgt den historischen, eine den modernen Teil. Die Anlagen wurden zur Abdeckung der Gebäudegrundkühlleistung installiert. Die Kälte für die Klimazentralen wird von drei Kältemaschinen erzeugt. Zwei Maschinen decken die Grundlast ab, eine schaltet sich zur Spitzenlastabdeckung dazu. Insgesamt haben die Maschinen eine Kälteleistung von 720 kW.

**Problemstellung:**

Im Objekt kommt es derzeit zu Überhitzungen in den Büroräumen. Speziell in den nach Süden orientierten Büros klagen die Angestellten trotz Grundkühlleistung (bezogen auf das gesamte Gebäude rund 25 W/m<sup>2</sup>) über Temperaturüberschreitungen.

Zusätzlich steht in diesem Objekt ein Mieterwechsel bevor. Je nach Anforderungen des Nachmieters könnten dabei Umbauarbeiten anfallen. Im Zuge dessen wären auch Optimierungen bei der Geräteausstattung und beim Verschattungssystem vorgesehen.

## 4.6 Objekt 6

Dieses Gebäude wurde Anfang der 70iger Jahre errichtet (Abbildung 21). Der siebengeschosige Bau hat eine Nutzfläche von ca. 3.700 m<sup>2</sup>. Die Obergeschoße 2 – 6 werden vorwiegend als Büroflächen genutzt, das Erdgeschoß sowie das 1. Obergeschoß beinhalten verschiedene Geschäftlokale sowie ein Restaurant. Gegenstand der Bestandsaufnahme waren die Obergeschoße 2 – 6, mit einer Nutzfläche von rund 2.500 m<sup>2</sup>. Das Gebäude ist im Besitz eines Immobilienbüros, welches es auch selbst benutzt. Zur Zeit der Bestandsaufnahme wurden 2 Obergeschoße gerade umgebaut. Bei voller Besetzung sind Arbeitsplätze für ca. 150 Personen vorgesehen. Der Umbau beschränkte sich eine Neustrukturierung des Bürobereichs und beinhaltete keine energetischen Maßnahmen.



Abbildung 21: Südansicht des Objektes

### Baustruktur / Bauteile:

Das Objekt ist Nord-Süd ausgerichtet und im Inneren befindet sich ein nicht überdachter Innenhof. Die Bauteile konnten auf Grund fehlender Dokumentationen nicht detailliert aufgenommen werden. Auf Basis des Baujahres und durch die Vor-Ort-Dokumentation kann davon ausgegangen werden, dass die Außenwände des Objektes einen ca. 20 – 30 cm starken Stahlbetonaufbau haben. Bei Betrachtung der Decken geht man ebenfalls von einer Stahlbetonkonstruktion aus. Im gesamten Gebäude sind abgehängte Decken sowie Teppichböden vorzufinden. Die Innenbauteile sind als flexible Innenwände ausgeführt. Die Verglasung besteht aus Doppelisolierverglasung mit Alurahmen. Als Verschattungseinrichtungen wurden Innenjalousien installiert.

**Haustechnik:** Im gesamten Gebäude wurden Klimatisierungsgeräte eingebaut. Die Geräte sind in den Stockwerken 2 – 4 als Fensterstandgeräte und in den Obergeschoßen 5 – 7 als Deckengeräte eingebaut. Die Kälteversorgung der Fan Coils (ca. 250 kW) erfolgt vom gegenüberliegenden Gebäude, welches der gleichen Firma gehört. Das Kaltwasser wird über zwei luftgekühlte Kältemaschinen erzeugt. Die Regelung der Kälteversorgung erfolgt zum einen manuell an den Fan Coils, zum anderen vorab direkt bei der Versorgung. Zwischen 06:00 und 19:00 stehen dem Benutzer 100% der Kälteleistung zur Verfügung. Zwischen 19:00 und 03:30 werden die Fan Coils nicht mit Kälte versorgt. Zwischen 03:30 und 06:00 kann mit etwa 50% der Kälteleistung das Objekt vorgekühlt werden. Der Restaurantbereich im Erdgeschoß und im 1. Obergeschoß wird von einer eigenen Anlage versorgt, welche während der Restaurantöffnungszeiten von 08:00 bis 24:00 in Betrieb ist.

### Problemstellung:

Problem bei diesem Objekt sind primär die hohen Kosten für die Klimatisierung.

## 4.7 Objekt 7

Das Gebäude wurde 1985 mit einer Nutzfläche von ca. 130 m<sup>2</sup> errichtet. Im Zuge des Umbaus 1997 wurde das Dachgeschoß mit einer Fläche von rund 110 m<sup>2</sup> als zusätzliche Nutzfläche adaptiert. Das Objekt ist in Privatbesitz und beherbergt im Dachgeschoß ein EDV-Unternehmen. Für die Bestandsaufnahme wurde nur die als Büroraum genutzte Fläche im Dachgeschoß berücksichtigt. Ein Raum mit einer Fläche von 10 m<sup>2</sup> diente dabei als Serverraum (Abbildung 22).



Abbildung 22: Ausschnitt Serverraum

### Baustruktur / Bauteile:

Der Außenwandaufbau besteht aus 38 cm Hohlziegel und 5 cm Thermoputz. Bis zu einer Kniestockhöhe von ca. 1,10 m zieht sich diese bis zum Anschluss an die Dachkonstruktion. Die Dachkonstruktion besteht aus einer üblichen Sparrenkonstruktion mit Zwischensparrendämmung und Gipskartonplatten-Innenverkleidung. Die Wände zum Gang wurden aus 15 cm starken Ziegel (beidseitig verputzt), die Raumtrennwände aus Gipsplattenkonstruktionen gebaut. Die stirnseitigen Fenster sowie die Dachfenster sind als Doppelisolierverglasung ausgeführt. Den Sonnenschutz an den stirnseitigen Fenstern bilden Innenjalousien. Die Dachfenster wurden mit weißen außenliegenden Stoffmarkisen ausgestattet.



Abbildung 23: Arbeitsplatzsituation

### Haustechnik:

Im Serverraum wurde nachträglich ein Deckensplitgerät eingebaut. Der Rückkühler befindet sich an der Fassade des Objektes. Die restlichen Räume besitzen keine Kälteinstallationen.

### Problemstellung:

Die befragten Personen klagen über massive Übertemperaturen in den Büroräumen.

## 4.8 Objekt 8

Der Gebäudekomplex umfasst eine Fläche von ca. 4.100 m<sup>2</sup> und wurde 1996 errichtet (Abbildung 24). Der sechsgeschoßige Bau wird sehr unterschiedlich genutzt. Im gesamten Erdgeschoß befindet sich ein Restaurant mit Küche, das erste Obergeschoß wird durch ein Fitnessstudio genutzt, die Flächen des zweiten, vierten und fünften Obergeschoßes werden als Büroräume genutzt. Im dritten Obergeschoß befindet sich eine Arztpraxis. Die Bestandsaufnahme konzentrierte sich auf die Geschoße zwei, vier und fünf, mit einer Fläche von etwa 750 m<sup>2</sup>. In diesen Geschoßen werden ca. 30 Personen beschäftigt. Eigentümer des Objektes ist ein Immobilienbüro.



Abbildung 24: Südansicht des Gebäudes

### Baustruktur / Bauteile:

Das Objekt besteht aus einem Stahlbetonskelett. Der Außenwandaufbau ist in Stahlbeton mit einer Dämmung von 8 cm ausgeführt (Abbildung 25). Auch die Decken bestehen aus einem Stahlbetonkern mit abgehängten Zwischendecken sowie in Teilbereichen aufgeständerte Fußbodenkonstruktionen (Abbildung 25). Die Innenwände wurden teils massiv, teils in Leichtbau ausgeführt. Als Verschattungen wurden bauliche Konstruktionen (Abbildung 24), sowie Außen- und Innenverschattung (Jalousien) kombiniert.



Als Verschattungen wurden bauliche Konstruktionen (Abbildung 24), sowie Außen- und Innenverschattung (Jalousien) kombiniert.

Abbildung 25: Nachträglich installierte Splitgeräte in den süd-orientierten Büros

### Haustechnik:

In den Büroräumen der Geschoße zwei, vier und fünf wurden nachträglich Splitgeräte installiert. Die übrigen Geschoße werden von einer Klimazentrale mit vorkonditionierter Luft versorgt. Die Kälte wird zentral über eine luftgekühlte Kältemaschine erzeugt.

### Problemstellung:

Laut Angabe des Objektbetreibers entstehen durch den Betrieb der Klimaanlage sehr hohe Stromkosten. Dabei machen die Büroräume im Vergleich zum Fitnessstudio jedoch nur einen kleinen Anteil aus. Nachträglich installierte Splitgeräte in den süd-orientierten Büroräumen reduzieren die Überhitzungen zum größten Teil.

## 4.9 Objekt 9

Das sechsgeschoßige Objekt wurde 1971 errichtet. Es besteht aus zwei Bauteilen und weist eine Fläche von etwa 11.500 m<sup>2</sup> auf. Der Bauteil 1 (Abbildung 26) beinhaltet Forschungs- und



Entwicklungslabors im Erdgeschoß und im ersten Obergeschoß sowie Büroflächen bis zum fünften Obergeschoß. Im sechsten Geschoß ist eine Küche und ein Speisesaal untergebracht. Im Bauteil 2 befindet sich im Erdgeschoß eine Produktions- und Lagerhalle, die drei darüberliegenden Geschoße werden wiederum als Büroräume genutzt. Im Objekt sind ca. 350 Personen beschäftigt.

Abbildung 26: Nordansicht des Bauteils 1

### Baustruktur / Bauteile:

Der Bauteil 1 hat einen massiven Stahlbetonkern im Gebäudeinneren. Die Außenwand wird, wie in Abbildung 26 ersichtlich, von einer Glasfassade aus Doppelisoliertglas gebildet. Als Verschattungseinrichtungen werden Innenjalousien verwendet. Stahlstützen an den Fassadeninnenseiten stützen die Konstruktion. Die Decken sind aus Stahlbeton ausgeführt und haben an der Unterseite einen abgehängten Bereich. Die Bürotrennwände bestehen ebenfalls



aus Stahlbeton. Im gesamten Bauteil wurde ein Teppichboden verlegt. Die Außenwände sowie Decken des Bauteils 2 wurden aus Stahlbeton gefertigt. Ähnlich dem Bauteil 1 gibt es abgehängte Decken. Die Bürotrennwände sind als Gipskartonständerkonstruktionen ausgeführt. Wie bei Bauteil 1 ist auch hier in den Büros ein Teppichboden verlegt worden. Die Fenster bestehen aus Doppelisoliertglas mit einer außenliegenden Jalousie.

Abbildung 27: Ostfassade Bauteil 2

### Haustechnik:

Es wurde eine Klimaanlage zur Abdeckung der Grundgebäudekühllast des gesamten Gebäudes installiert. Des weiteren wurden in den Büroräumen Induktions-Fan-Coils eingebaut, die von der Klimaanlage mit vorkonditionierter Frischluft versorgt werden. Die Kälte wird von zwei luftgekühlten Kältemaschinen (Summe 1 MW Nennkälteleistung) erzeugt.

### Problemstellung:

Die Objektbetreiber klagen über hohe Kosten durch den Betrieb der Kälteanlage.

## 4.10 Objekt 10

Gegenständliches Gebäude (Abbildung 28) wurde 1975 gebaut und umfasst eine Nutzfläche von ca. 1.500 m<sup>2</sup>. Diese Fläche beinhaltet wiederum rund 1.300 m<sup>2</sup> Lager und Produktionsfläche und etwa 200 m<sup>2</sup> Bürofläche. Im Objekt sind 2 Firmen eingemietet. Eigentümer des Objektes ist eine Privatperson. Auf die ca. 200 m<sup>2</sup> Bürofläche verteilt, arbeiten im Durchschnitt 15 Mitarbeiter.



Abbildung 28: Ostsicht des Objektes

### Baustruktur / Bauteile:

Die Gebäudehülle des Objektes 10 besteht aus einer reinen Stahlkonstruktion, wobei die Außenwände der Lager und Produktionshalle ungedämmt sind. Der sich im ersten Obergeschoß am östlichen Teil der Halle befindliche Bürobereich wurde wärmegeämmt und innen mit Gipskartonplatten verkleidet (Abbildung 28). Als Verschattungssysteme wurden auf der Westseite Außenjalousien, auf der Ostseite Sonnenschutzfolien mit Innenverschattungen realisiert.



### Haustechnik:

Im gesamten Bürobereich wurden nachträglich Splitgeräte installiert. Die Rückkühler befinden sich auf der westlichen Seite des Büroteils (Abbildung 29).

Abbildung 29: Westfassade mit Rückkühlern

### Probleme:

Zum einen kommt es trotz der installierten Splitgeräte zu Überhitzungen, zum anderen zu unbehaglichen Zugscheinungen, verursacht durch die Splitgeräte. Wesentliche Problemzonen sind hier vor allem die Ostbüros aufgrund ihres ineffizienten Verschattungssystems (Innenverschattung mit Sonnenschutzfolien). Zusätzlich werden diese Büros durch die Sonnenschutzfolien so stark verdunkelt, dass auch am Tag künstliches Licht erforderlich ist.

## 4.11 Objekt 11

Der Bau des sechsgeschoßigen Objektes wurde 1960 fertiggestellt. Das Erdgeschoß sowie das erste Obergeschoß wurden an ein Unternehmen verkauft. Die Obergeschoße 3 bis 5 sind im Besitz einer österreichischen Stadt. Diese Geschoße werden primär als Büroflächen genutzt und weisen eine Fläche von ca. 3.000 m<sup>2</sup> auf. Im Bürobereich gibt es ca. 200 Arbeitsplätze. Dieser Teil des Objektes war auch Hauptgegenstand der Bestandsaufnahme.



Abbildung 30: Südansicht des Objektes

### Baustruktur / Bauteile:

Der Gebäudekomplex ist in Stahlbetonskelettbauweise errichtet worden. Die Fassadenelemente bestehen aus Gasbetonblöcken mit Wärmedämmung, einer außenseitig vorgehängten Steinplattenfassade sowie einer Gipskartonplatten-Innenverkleidung. Die Decken sind aus Stahlbeton gefertigt. Im gesamten Gebäude gibt es abgehängte Decken. Die Fenster bestehen aus doppelten Isolierverglasungen und haben Außenjalousien. Die Trennwände zu den Gängen bestehen ebenfalls aus Gasbetonblöcken. Die Konstruktion der Bürotrennwände entspricht der Gipskartonständerwand.

### Haustechnik:

Das gesamte Gebäude wird von zwei zentralen Klimaanlage versorgt. Die Anlage soll die Grundkühllast des Gebäudes abdecken. Eine Zentrale versorgt Unternehmen in den unteren Geschoßen, die zweite den Büroteil der Obergeschoße. Die Bereitstellung der Kälte erfolgt über zwei getrennte grundwassergekühlte Kompressionskältemaschinen. Die Anlage des Büroteils weist dabei eine installierte Kälteleistung von 160 kW auf (Abbildung 31)



Abbildung 31: Kompressionskältemaschine mit Grundwassernutzung

### Problemstellung:

Im Gebäude kommt es zu Überhitzungen der Büros. Besonders betroffen sind davon die südorientierten Büroräume. Ergebnisse bei der Vor-Ort-Dokumentation zeigten bereits, dass Probleme bei der Kälteverteilung auftreten. So tritt die am Kühlregister auf 16°C abgekühlte Frischluft bereits mit einer Temperatur von 21°C in den Büroräumen aus.

## 4.12 Objekt 12

Das Gebäude (Abbildung 32) wurde 1983 errichtet und besteht aus fünf Obergeschoßen. Die Obergeschoße 2 bis 5 werden dabei ausschließlich als Büroräume genutzt. Die unteren



Geschoße dienen als Vortragssäle sowie Laboreinrichtungen. Der Schwerpunkt der Gebäudedokumentation lag im vierten und fünften Obergeschoß, welche in Summe eine Fläche von etwa 400 m<sup>2</sup> und im Schnitt eine Belegung von 13 Personen aufweisen. Eigentümer des Objektes ist der Staat Österreich.

Abbildung 32: Süd-West-Ansicht des Gebäudes

### **Baustruktur / Bauteile:**

Die Stirnwände des Gebäudes haben einen 20 cm starken Stahlbetonkern mit einer 5 cm dicken Wärmedämmung. Die Längswände haben einen Stahlskelett- Aufbau, wobei die Ausfächerungen aus zwei Alublechverkleidungen mit einer Zwischendämmung von 5 cm bestehen und eine Alu-Guss- Fassade vorgehängt ist. Die Wände zu den Erschließungsgängen sind massiv ausgeführt (50 cm Stahlbetonkern). Die Deckenkonstruktion besteht aus einem 35 cm starken Stahlbetonkern und einer rund 20 cm abgehängten Decke. Die Fenster sind in Doppelisolierverglasung und mit außenliegenden Jalousien ausgeführt.

### **Haustechnik:**

Im dritten und vierten Obergeschoß gibt es vereinzelt Kälteinstallationen in Form von Splitgeräten. In den restlichen Räumen ist keine Kühlung vorhanden.

### **Problemstellung:**

Hauptproblem in diesem Objekt sind überhöhte Temperaturen in den Büroräumen. Dies war auch der Grund dafür, dass die am stärksten belasteten Büros mit Splitgeräten nachgerüstet wurden. Diese bringen zwar eine Begrenzung der Spitzentemperaturen, besitzen aber für eine zufriedenstellende Lösung des Problems zu geringe Kühlleistungen.

### 4.13 Objekt 13

Der Bau des ca. 60.000 m<sup>2</sup> großen, viergeschoßigen Gebäudekomplexes wurde Mitte der 90iger Jahre fertiggestellt (Abbildung 33). Dieser ist Eigentum des Staates Österreich. Das



Gebäude wird vielseitig genutzt, da es Forschungs-labors, Versuchshallen, Vortragsäle sowie einen Bürobereich beherbergt. Der Bürobereich, welcher Gegenstand der Bestandsaufnahme war, umfasst eine Fläche von rund 7.800 m<sup>2</sup>. In diesem Bereich arbeiten etwa 200 Personen.

Abbildung 33: Westansicht des Mittelteils des Objektes (Gebäude im Hintergrund)

#### Baustruktur / Bauteile:

Das gesamte Gebäude besteht aus einer Stahlbetonkonstruktion mit Außenwänden aus einem 25 cm starken Stahlbetonkern und einer Wärmedämmung. Die Trennwände der Büros zu den



Gängen wurden als Schrankwände ausgeführt. Die Stahlbetondecken sind im gesamten Gebäude mit abgehängten Zwischendecken ausgeführt. Die Fenster besitzen eine doppelte Isolierverglasung. Das Verschattungssystem wurde im Büroteil mit metallenen Außenbalken (Abbildung 34), in den Labors und Lehrbereichen mit außenliegenden Stoffmarkisen ausgeführt.

Abbildung 34: Außenansicht des vierten Obergeschoßes

#### Haustechnik:

Es gibt insgesamt 12 Lüftungszentralen in diesem Gebäudekomplex. Drei grundwassergekühlte Kompressionskältemaschinen mit einer Leistung von je 450 kW, versorgen diese mit Kälte. Schwerpunktmäßig werden damit die Versuchs- und Forschungslabors versorgt, der Bürobereich weist keine Kälteinstallation auf.

#### Problemstellung:

Die Angestellten in den nach Osten und Westen orientierten Büros klagen über zu hohe Raumtemperaturen in den Sommermonaten.

Für die Objektbetreiber stellt der hohe Stromverbrauch für die Kälteversorgung der Versuchs- und Forschungslabors ein weiteres Problem dar.

#### 4.14 Objekt 14

Dieses Objekt wurde Mitte des 18. Jahrhunderts gebaut und besteht aus vier Obergeschoßen. Die Nutzung des Objektes variiert von Geschoß zu Geschoß. Im Erdgeschoß befindet sich ein



Geschäftslokal, im ersten Obergeschoß eine Firma und in den restlichen Obergeschoßen Wohnungen. Der für die Bestandsaufnahme relevante Teil befindet sich im ersten Obergeschoß und weist eine Fläche von ca. 90 m<sup>2</sup> auf. Diese Fläche wird ausschließlich als Bürofläche genutzt und hat eine durchschnittliche Belegung von vier Personen.

Abbildung 35: Süd-West-Ansicht des Objektes

#### **Baustruktur / Bauteile:**

Die Außenwände des Objektes sind massiv ausgeführt. Sie weisen eine Dicke von 1,1 m auf und bestehen ebenso wie die Innenwände (25 cm) aus Ziegel. Die Decken besitzen keine abgehängten Bereiche und die Kastenfenster weisen einen Zwischenraum von ca. 20 cm auf.

#### **Haustechnik:**

Im gegenständlich untersuchten Bürobereich wurden zwei Splittergeräte eingebaut. Die Rückkühler wurden an der Fassade angebracht.

#### **Problemstellung:**

Die Befragten klagen über Zugerscheinungen in den Räumen, verursacht durch die Splittergeräte.

#### 4.15 Objekt 15

Das viergeschoßige Objekt wurde Mitte des 19. Jahrhunderts errichtet. Im Rahmen eines späteren Zubaus kam ein fünfter Stock hinzu. Dieser ist auch Gegenstand der Bestandsaufnahme. Dieses Geschoß umfasst eine Fläche von ca. 800 m<sup>2</sup>, wobei rund 500 m<sup>2</sup> als Bürofläche genutzt werden. Das Objekt ist im Besitz einer Bank, wobei das fünfte Geschoß an eine Stadt vermietet wurde. In diesen Büros kann von einer durchschnittlichen Belegung von 25 Personen ausgegangen werden.



Dieses Geschoß umfasst eine Fläche von ca. 800 m<sup>2</sup>, wobei rund 500 m<sup>2</sup> als Bürofläche genutzt werden. Das Objekt ist im Besitz einer Bank, wobei das fünfte Geschoß an eine Stadt vermietet wurde. In diesen Büros kann von einer durchschnittlichen Belegung von 25 Personen ausgegangen werden.

Abbildung 36: Nord-Ansicht des Objektes

#### **Baustruktur / Bauteile:**

Die Außenwände haben eine Stärke von 25 cm und wurden als Ziegelkonstruktion ausgeführt. Die Stahlbetondecken sind mit abgehängten Decken versehen und die Innenwände bestehen aus einer Gipskartonständerkonstruktion mit einer Stärke von rund 10 cm. Die Fenster besitzen eine Doppelisolierverglasung und sind mit Außenjalousien ausgestattet.

#### **Haustechnik:**

Es gibt keine Kälteinstallation in diesem Bereich.

#### **Problemstellung:**

Die Befragten klagen über massive Überhitzung in den Büros, schwerpunktmäßig in den nach Süden orientierten Räumen.

## 5 Auswertung zur Gebäudedokumentation

Die Auswertung zu den Gebäudedokumentationen behandelt alle wesentlichen Daten der Objekte. Folgende Punkte wurden dazu näher untersucht:

- Standort
- Nutzfläche
- Baujahr
- Problemstellung
- Technische, kühllastrelevante Auswertungen

### 5.1 Standorte und Flächen

Die 15 Objekte der Gebäudedokumentation weisen verschiedene Größen und Nutzungsarten auf. Das Spektrum, der über ganz Österreich verteilten Gebäude, reicht dabei von Objekten mit 110 m<sup>2</sup> bis zu Objekten mit einer Bürofläche von 26.000 m<sup>2</sup>. Die Aufteilung der Objekte nach ihren Standorten und Flächenverteilungen wird dazu in Abbildung 37 und Abbildung 38 dargestellt.

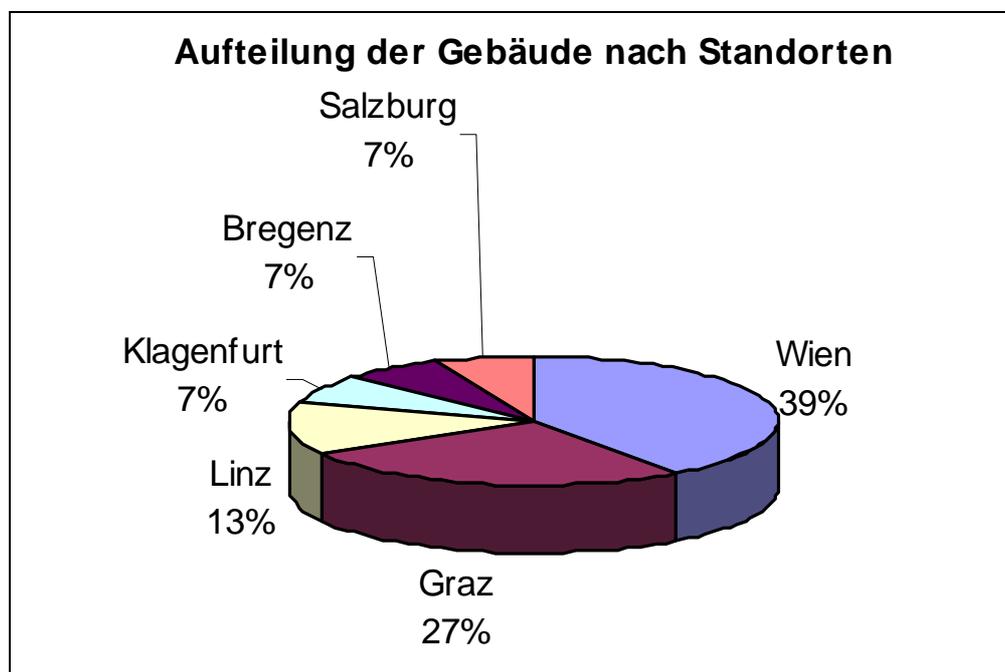


Abbildung 37: Gebäudeverteilung nach Standorten

Über die Hälfte der dokumentierten Objekte befinden sich in den Städten Wien und Graz. Auch die Standorte der übrigen Gebäude liegen durchwegs in größeren Ballungszentren. Die Summe der Nutzflächen zu den dokumentierten Gebäuden bewegt sich dabei um rund 70.000 m<sup>2</sup>.

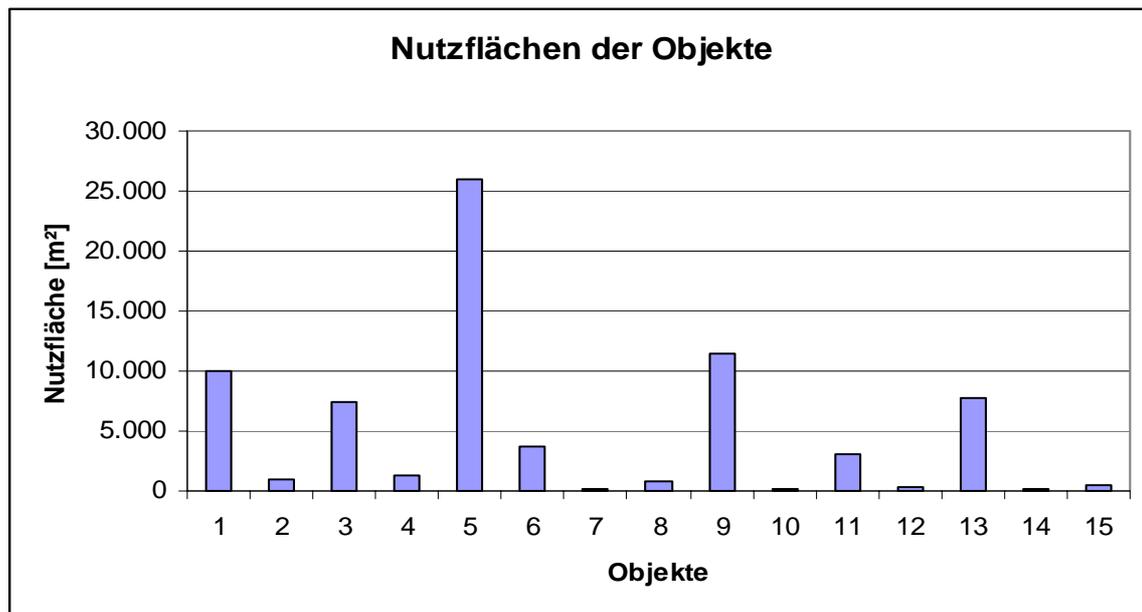


Abbildung 38: Prozentuelle Flächenverteilung der Objekte

## 5.2 Baujahr und Problemstellung der Objekte

Die nachfolgenden Auswertungen beinhalten die Betrachtung des Alters der erhobenen Objekte in Verbindung mit den aufgetretenen Problemstellungen (Abbildung 39). In dieser Darstellung wird zwischen zwei Kategorien unterschieden. Die Kategorie „hoher Strombedarf“ umfasst dabei Gebäude, bei denen die Objektbetreiber über einen hohen Stromverbrauch aufgrund der Kälteversorgung klagten, die Kategorie „Überhitzung“ gibt im wesentlichen zu hohe Raumtemperaturen an. Bei Objekten, die sowohl „Überhitzung“ als auch „hoher Strombedarf“ als Probleme beim sommerlichen Betrieb aufwiesen, wurde nur die Kategorie mit dem höheren Problemgrad angeführt, d.h. in Abbildung 39 gibt es keine Doppelnennungen.

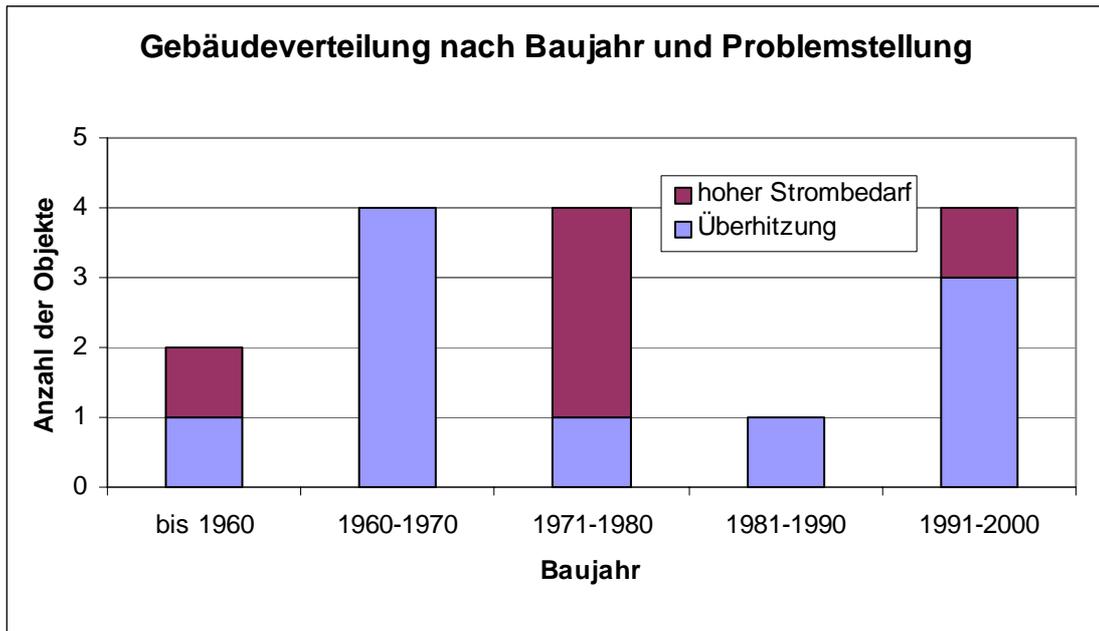


Abbildung 39: Gebäudeverteilung nach Baujahr und Problemstellung

Diese Auswertung zeigt, dass kein direkter Zusammenhang zwischen Baujahr und Art der Problemstellungen zu erkennen ist. Nachträglich installierte Splitgeräte haben meist eine Verbesserung der Situation gebracht, das Problem jedoch nicht vollständig beseitigt. Weiters ist bei den Objekten in der Kategorie „hoher Strombedarf“ zu sagen, dass es trotz Klimatisierung in Teilzonen auch zu Überhitzungen kommt. Die Ursachen dafür werden zum einen in Problemen bei der Kälteverteilung, zum anderen in den steigenden internen Lasten gesehen.

### 5.3 Kältetechnische Ausstattung

Nachfolgend werden die kältetechnischen Ausstattungen für die gesamten Objekte sowie für die maßgebenden Büroräume betrachtet. Abbildung 40 zeigt dabei, welche Haustechnik, bezogen auf das gesamte Gebäude, in den einzelnen Objekten vorhanden war. Gab es für die einzelnen Objekte Mehrfachnennungen zu den installierten kältetechnischen Anlagen (z.B.: Objekte mit einer Klimaanlage und zusätzlichen Splitgeräten in einzelnen Büros), so wurden alle kältetechnischen Anlagen in der Auswertung berücksichtigt.

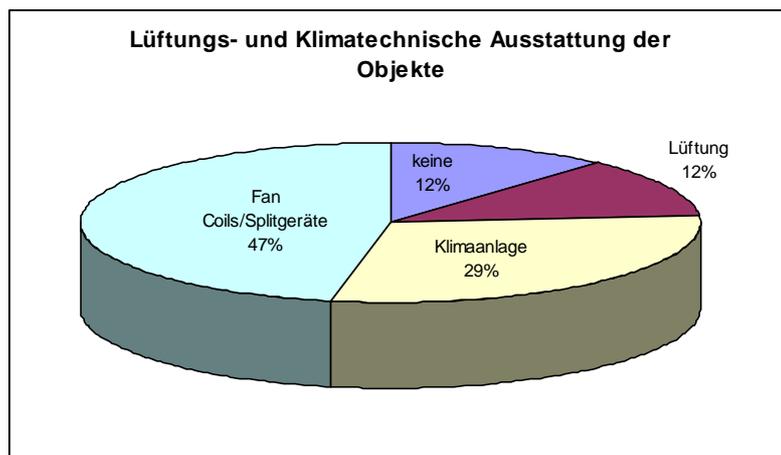


Abbildung 40: Haustechnische Ausstattung der Objekte

Beschränkt man sich jedoch nur auf die Ausstattungen in den Büroräumen (Abbildung 41) und vergleicht das mit der Ausstattung im gesamten Objekt (Abbildung 40), so sind doch gewisse Unterschiede erkennbar. Das resultiert daraus, dass manche Objekte, in denen eine Kälteanlage installiert ist, oft nur ausgewählte Räume (Besprechungsräume, Seminarräume, Kantine, Speisesäle,..) davon versorgt werden.

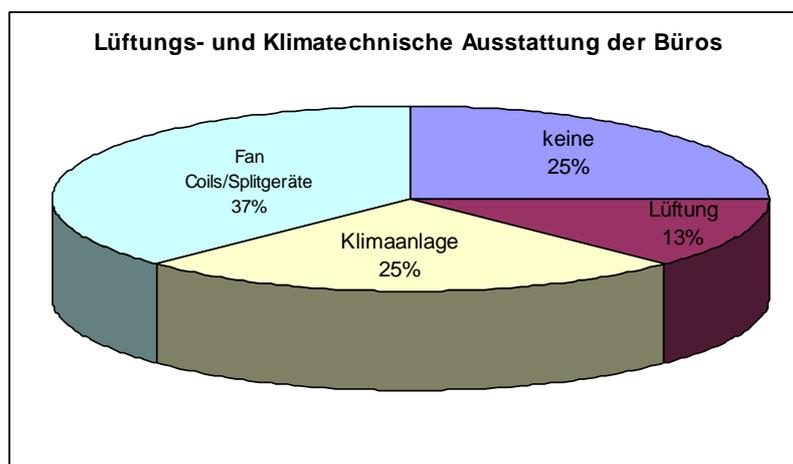


Abbildung 41: Haustechnische Ausstattung der Büros

## 5.4 Technische Auswertung zur Gebäudedokumentation

Die technische Dokumentation und Auswertung beinhaltet die wesentlichen, zur Kühllastermittlung erforderlichen, Daten und Kennwerte (nutzbare Speichermassen, Lasten durch Personen, Beleuchtung und EDV-Geräte, solare Lasten, etc.) zu den Objekten. Als Grundlage dienen die Basisdaten aus der Bestandsaufnahme. Wie schon in den Kapiteln zuvor erwähnt, konnten nicht für alle Gebäude die Daten in gleicher Qualität und Vielfältigkeit erhoben werden. Aus diesem Grund wurden in Fällen, wo keine Werte verfügbar waren, Norm-Richtwerte bzw. Ergebnisse aus den anderen Gebäudedokumentationen entsprechend den speziellen Gegebenheiten an- bzw. übernommen.

Die Dokumentation und Auswertung wurde in folgende Gruppen eingeteilt:

- Bauphysik
- Interne Lasten
- Externe Lasten

Bei der Bestandsaufnahme wurde der Schwerpunkt auf die Dokumentation der Büroräume gelegt. Um bei den spezifischen Kennwerten zu den Objekten (spezifische Wärmelast [ $\text{W}/\text{m}^2$ ], spezifischer Energieeintrag [ $\text{Wh}/\text{m}^2\text{d}$ ], etc.) eine bessere Vergleichbarkeit zu erreichen, wird als Bezugsfläche für alle Wärmelasten die Bürofläche definiert. Die Lasten von allgemeinen Verkehrsflächen (Stiegenhäuser, Gänge), Sanitärräumen, etc., die sich im wesentlichen auf die Beleuchtung beschränken, werden anteilmäßig auf die Büroräume hochgerechnet.

## 5.5 Bauphysik

Wesentlicher Bestandteil bei der Dokumentation des bautechnischen Bestandes war die Ermittlung der Flächen sowie Wandaufbauten. In weiterer Folge sollte daraus eine Aussage über nutzbare Speichermassen möglich sein. Diese sind vor allem aus dem Gesichtspunkt interessant, dass die Nutzung von Speichermassen ein wesentlicher Bestandteil bei kältetechnischen Sanierungen in Kombination mit nachhaltigen Kühlsystemen (Nachtlüftung, Bauteilkühlung,...) ist.

In den meisten Fällen konnte die Dokumentation der bautechnischen Daten durch vom Objektbetreiber bzw. –eigentümer zur Verfügung gestellte Planunterlagen erfolgen. Die Planunterlagen waren zumeist Baupläne mit den eingetragenen Wandaufbauten und Baustrukturen. Bei manchen Gebäuden konnten, auf Grund von fehlenden Dokumentationen, nur in Gesprächen mit den verantwortlichen Objektbetreibern, optischen Kontrollen bzw. durch Anhaltswerte aufgrund des Objekt-Baujahres, Wandaufbauten definiert werden. Waren diese Daten nicht vollständig, wurden die verantwortlichen Planer bzw. Architekten kontaktiert, um eine möglichst vollständige Bauteilaufnahme durchführen zu können. In Tabelle 6 ist beispielhaft eines der entwickelten Formulare, ausgefüllt für das Objekt 5, dargestellt.

Tabelle 6: Beispiel für ein Vor-Ort ausgefülltes Bauteile-Datenblatt (Objekt 5)

Bauteil	Aufbau in cm von innen nach außen		Gesamtdicke	Abmessungen brutto		U-Wert	Sonstiges (allg. Zustand)
				Länge	Breite		
	1=innen 5=außen	cm	m	m	W/m²K		
FB	1	Beton 20	29				Estrichstärken bzw. Bodenbeläge variieren je nach Geschoß
	2	Estrich 7-10					
	3	Textil 0,5/PVC 0,5					
	4						
	5						
DE	1	Zwischendecke ~ 15				über Keller 0,43 unter Durchfahrt 0,3 Gegen beheizten Raum 0,42 Gegen unbeheizten Raum 0,95	
	2						
	3						
	4						
	5						
AW	1	Trockenputz/ Gipsplatten	28			Historischer Teil 0,55 Moderner Teil 0,48 Feuermauer 0,55	Wandaufbau im ganzen Haus gleich; unterschiedliche Plattenstärken zwischen Altbau und Neubau
	2	Vollziegel 12-15					
	3	Betonanker/ Skelett					
	4	Tellwolle 8					
	5	Hinterlüftung 2					
	6	Steinplatten vorgehängt 2,5-3					
DA1 Kupfer	1	CU Blech	20			Kaltdach 0,3	Sargdeckelkonstruktion betonierte Zwischensparrendämmung
	2	Glasvlies/ Bitumen					
	3	Schalung 2,5					
	4	Hinterlüftung 6					
	5	Wärmedämmung 12					
	6	PAE Folie					
DA 2 Flach	1	Bekiesung 12	40			Terrasse-Umkehrdach 0,3	Flachdach
	2	Wärmedämmung 12					
	3	Feuchtigkeitsisolierung 0,5					
	4	Gefälleestrich 10-40					
	5						
IW	1	Schrankwände					Wände der Firma Bene!

Die Objekte wurden in weiterer Folge entsprechend ihrer bauphysikalischen Eckdaten in Bauartklassen nach VDI 2078 eingeteilt. Die Bauartklassen entsprechen den nachfolgenden

Orientierungswerten, wenn man davon ausgeht, dass die im Gebäude verfügbaren Massen nutzbar sind, d.h. nicht durch abgehängte Decken, Teppichböden, o.ä. isoliert werden.

Tabelle 7: Einteilung von Räumen in Bauartklassen (Voraussetzung: keine Isolierung der Massen durch abgehängte Decken, Teppichböden,...)

Bauartklasse	Gesamtmasse [kg / m <sup>2</sup> Nutzfläche]
Schwer (S)	> 800
Mittel (M)	300 – 800
Leicht (L)	150 – 300
Extra Leicht (XL)	80 – 150
Keine Speichermassen (KS)	< 80

Die Auswertung der Objektdaten ergab die in Abbildung 42 dargestellte Aufteilung, die das mögliche Potenzial von ansprechbaren Speichermassen aufzeigt. Der Bauartklasse XL konnte dabei kein Objekt zugeordnet werden. Wie in Abbildung 43 ersichtlich wird, sind diese Massen aber nur begrenzt für die Zwischenspeicherung von Wärme nutzbar. Der Grund dafür liegt, wie bereits erwähnt, darin, dass die vorhandenen Massen (z.B. Betondecke) thermisch nicht nutzbar sind (z.B. abgehängte Decke, Teppichböden, etc.).

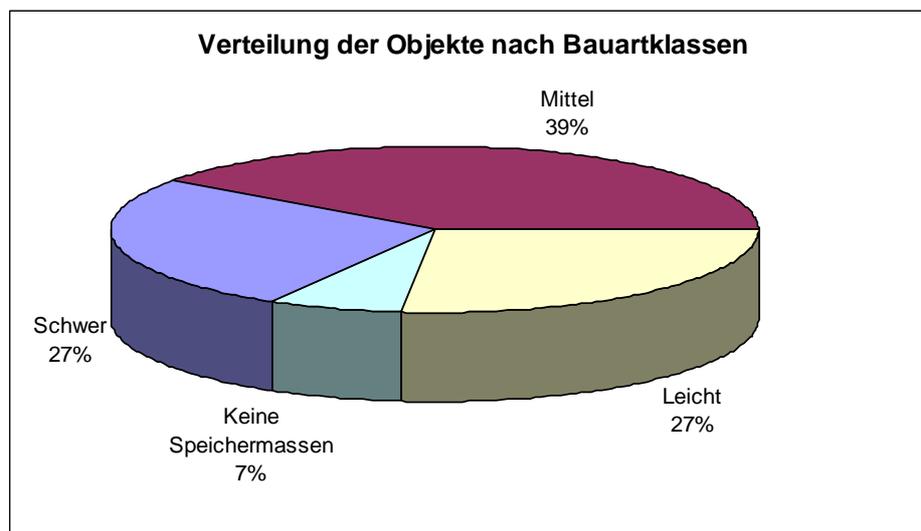


Abbildung 42: Verteilung der Objekte nach Bauartklassen

Unter Berücksichtigung dieser (realen) Situationen in den erhobenen Objekten, entsteht die in Abbildung 43 dargestellte Auswertung. Wie die Erfahrung aus der Praxis zeigt, kann davon ausgegangen werden, dass durch den „Wegfall der Decken“ die Objekte eine Bauartklasse zurückzustufen sind. Wird auch der Fußboden durch z.B. Teppichböden isoliert, so ist das

Objekt um zwei Bauartklassen zurückzureihen. Man erkennt somit eine Verlagerung der Bauartklassen in Richtung „leichterer“ Baustil.

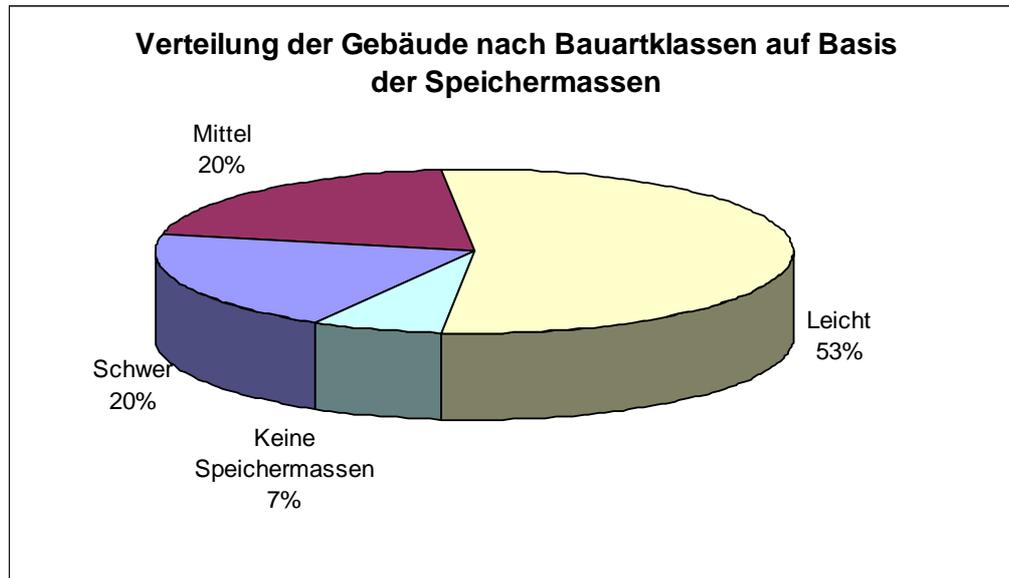


Abbildung 43: Verteilung der Objekte auf Basis der real nutzbaren Speichermassen

## 5.6 Interne Lasten

Die Definition von internen Lasten erfolgte bereits in Kapitel 2. Die Auswertung zu den erhobenen Objekten wurde in folgende Untergruppen eingeteilt:

- Belegungsdichte / Personenlasten
- Beleuchtung
- EDV

### 5.6.1 Belegungsdichte

Ein interessanter Faktor im Bezug auf die internen Lasten durch Personen ist die Belegungsdichte [ $\text{m}^2/\text{Person}$ ]. Im folgenden wird diese auf Basis zweier unterschiedlicher Bezugsflächen dargestellt.

Der erste Bezug für die Belegungsdichte (blaue Säule in Abbildung 44) ist die gesamte Gebäudenutzfläche. Diese Fläche beinhaltet Gänge, Sozialräume, Sanitärräume und alle dazugehörigen Räumlichkeiten der untersuchten Zone. Die Berechnung erfolgte über die Belegschaft, welche aus Belegungsplänen oder während der Bestandsaufnahme ermittelt werden konnte bzw. der Grundrissfläche. In den meisten Fällen wurden die Nettogeschoßflächen herangezogen. Für das Objekt 4 wurde im Bezug auf die gesamte Nettonutzfläche kein Wert ermittelt, da zur Zeit der Begehung nur 10% der Büroräume belegt waren und sich somit kein sinnvoller Wert für die weitere Auswertung ergibt.

In der zweiten Darstellungsart der Belegungsdichte (rote Säule) bezieht man sich rein auf die Büroflächen. Die Berechnung erfolgte ebenfalls mit Hilfe der erhobenen Belegungsdaten und den Planunterlagen zu den einzelnen Objekten.

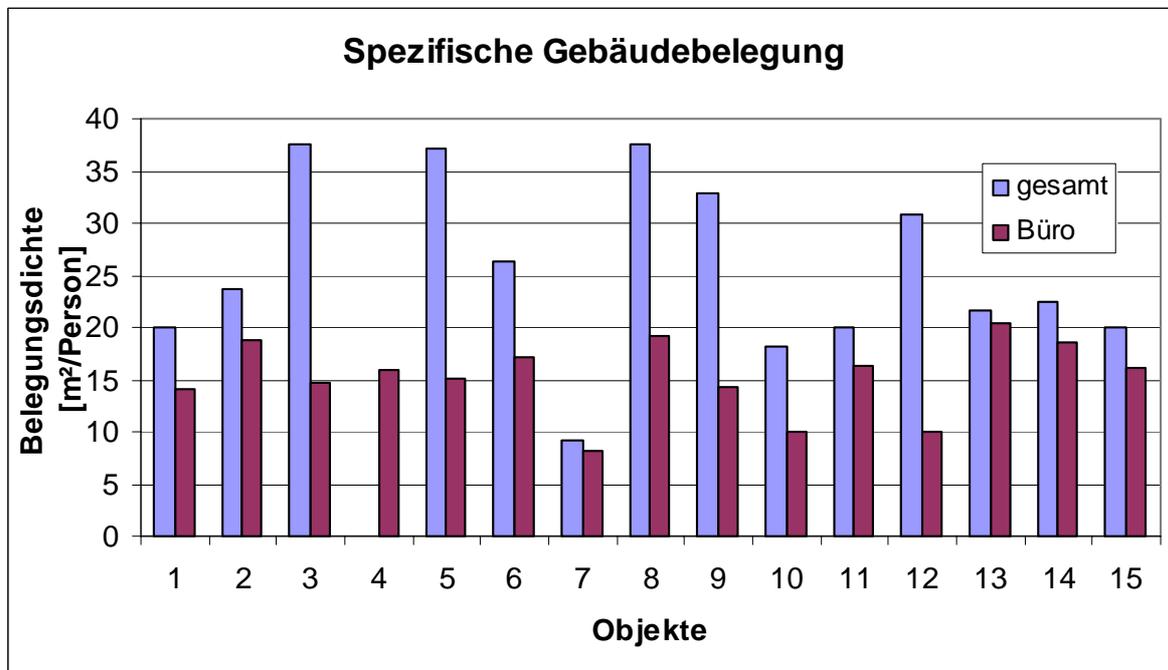


Abbildung 44: Spezifische Gebäudebelegung auf Basis Gesamtfläche und Bürofläche

### 5.6.2 Personen

Da es sich bei dieser Arbeit um eine Analyse der tatsächlich auftretenden Kühllasten handelt, wurde parallel zur Bestandsaufnahme eine Nutzerbefragung durchgeführt. Diese soll Aufschluss über die Anwesenheit der Personen in ihren Räumlichkeiten geben und daraus resultierend ein Wärmelastprofil auf Grund der Belegung erstellt werden.

Die Gespräche und Nutzerbefragungen ergaben eine sehr aufschlussreiche Auswertung über die Arbeitsgewohnheiten der Angestellten der Objekte. In Abbildung 45 sieht man die Verteilung der Arbeitszeiten in den erhobenen Objekten. Deutlich ist zu erkennen, dass schwerpunktmäßig zwischen 08:00 und 17:00 gearbeitet wird. In einigen wenigen Fällen ist der Arbeitsbeginn schon um 07:00 bzw. wird länger als bis 17:00 gearbeitet.

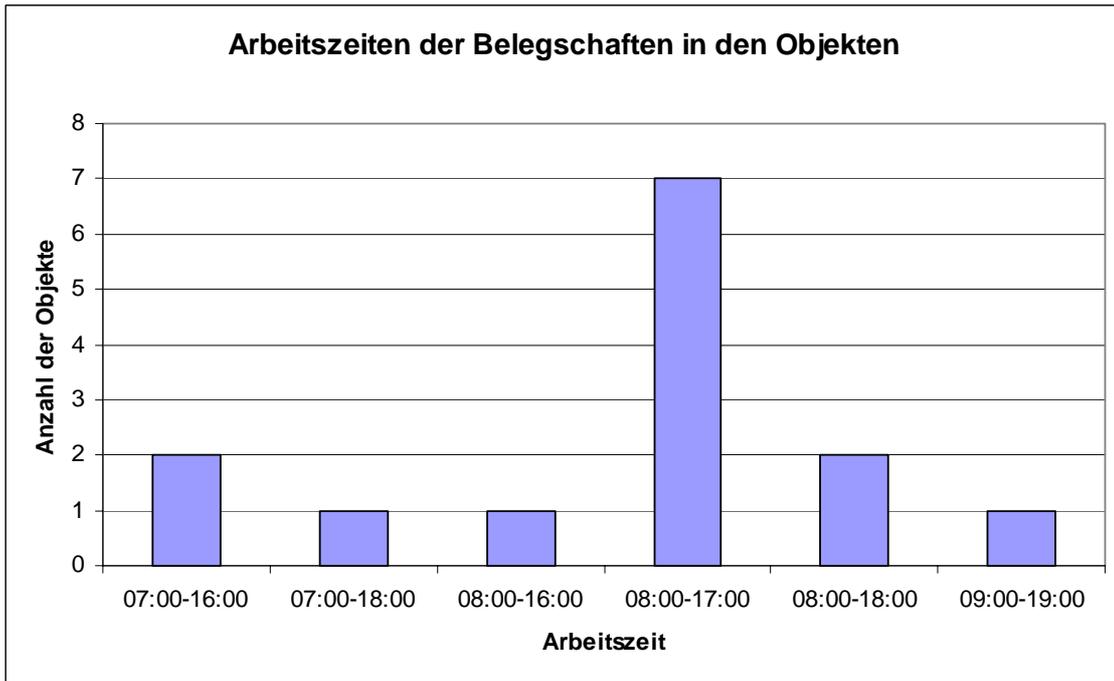


Abbildung 45: Arbeitszeitverteilung der aufgenommenen Objekte

Da Gleitzeitmodelle mittlerweile zur Selbstverständlichkeit gehören, ist eine sehr detaillierte Aufnahme der Arbeitszeiten nur sehr schwer möglich. Dennoch wurde zur besseren Vergleichbarkeit der einzelnen Kühllastposten der Objekte versucht, eine für das Objekt repräsentative Nutzungszeit zu finden. In diesem Zusammenhang wurde auch der Begriff der Kernarbeitszeit definiert. Als Kernarbeitszeit versteht man dabei den Zeitraum, in dem sich mehr als etwa 70 % der Belegschaft im Objekt aufhalten. In Abbildung 46 ist dazu ein beispielhafter Verlauf zur Büroanwesenheit im Objekt 3 dargestellt.

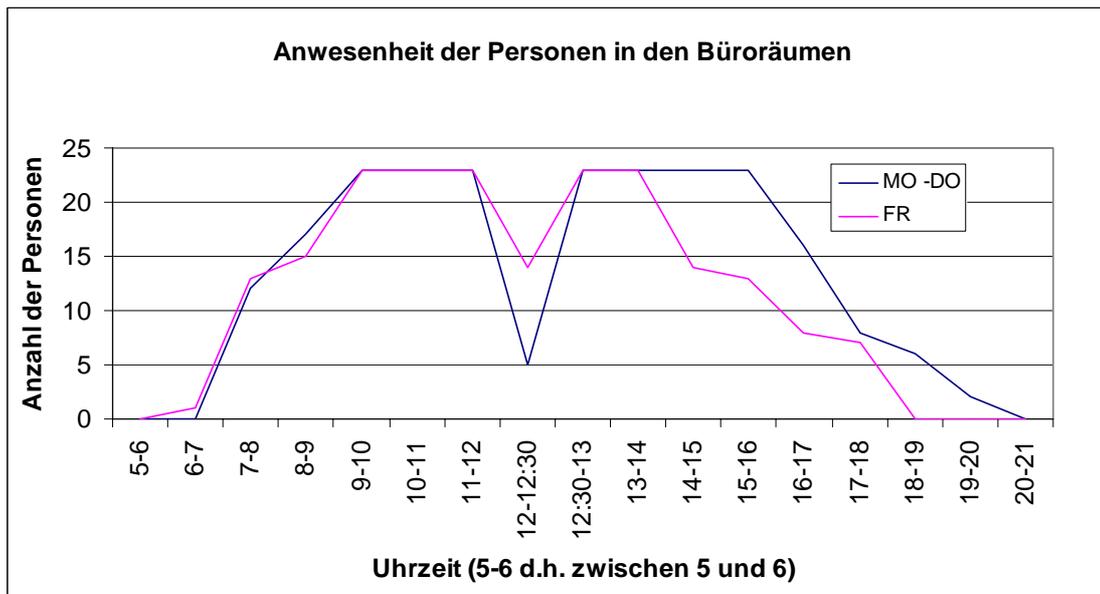


Abbildung 46: Beispielhafter Verlauf der Büroanwesenheit für Objekt 3

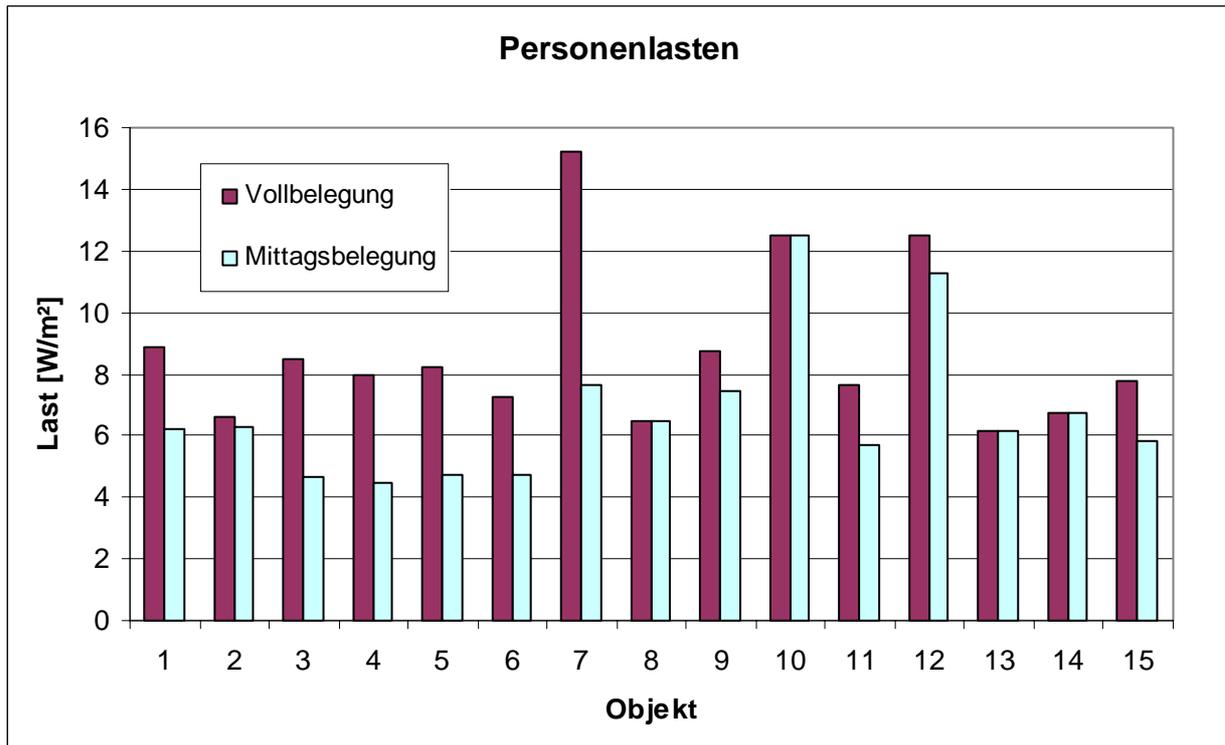
Man kann deutlich erkennen, dass erst ab etwa 8:00 bis 8:30 mehr als 70 % der Belegschaft anwesend ist und ab ca. 17:00 bis 17:30 70 % der Personen ihre Arbeitsstelle wieder verlassen haben. Dieser Zeitraum wird als Kernarbeitszeit definiert.

Die genaue Kenntnis dieser Kernarbeitszeit kann im Vergleich zu allgemeinen Annahmen von Belegungszeitplänen, die Ergebnisse einer Kühllastberechnung massiv beeinflussen. So wurde beispielsweise im oben dargestellten Fall vom Objektbetreiber Personal-Anwesenheitszeiten von 07:00 bis etwa 19:00 genannt, ohne eine genaue Auskunft über die Anzahl der Personen machen zu können. Dies hätte bei einer Kühllastsimulation zur Folge, dass man für diesen Zeitraum mit einer Vollbelegung rechnet, und da es sich durchwegs um Büroarbeitsplätze handelt, auch zusätzlich der Betrieb von EDV-Geräten (PC + Monitor) berücksichtigt werden muss. Wie das Ergebnis aus der Vor-Ort-Befragung zeigt (Abbildung 46), wird tatsächlich erst ab 9:00 eine Vollbelegung erreicht. Der reale Wärmeeintrag durch Personen und EDV-Ausstattung ist somit geringer als der Ansatz für eine Kühllastberechnung. Gleichbedeutend mit dem späteren Beginn des Wärmeeintrages durch Personen bzw. EDV-Geräte, verschieben sich auch die Kühllastspitzen auf einen späteren Zeitpunkt, was sich beispielsweise bei Ostbüros (hier treten in den Vormittagsstunden auch die höchsten solaren Lasten auf) positiv auswirken kann.

In Abbildung 46 ist deutlich erkennbar, dass während der Mittagspausen nur etwa 20% der Belegschaft in ihren Büros ist. Dadurch wird der Energieeintrag in den Raum reduziert. Kühlsysteme, die auf eine Grundlastabdeckung ausgelegt sind, können somit in dieser Zeit bereits „überschüssige“ Wärme abführen bzw. die Speichermassen für die Nachmittagsstunden „vorkühlen“.

In Zusammenhang mit Wärmelast durch Personen spielt die Belegungsdichte (Kapitel 5.6.1) eine wichtige Rolle. In Abbildung 47 ist diese umgerechnet auf den Wärmeeintrag pro m<sup>2</sup> Fläche dargestellt. Für die 15 untersuchten Objekte wurden dabei spezifische Wärmelasten durch Personen während der Normalarbeitszeit mit jenen während der Mittagsstunden verglichen. Die Grundlage für die Berechnung der Lasten während der Mittagsstunden war das Resultat der Nutzerbefragung. Auf Basis der Antworten bzw. durch die Gespräche mit den zuständigen Personen wurden, ausgehend von einer Vollbelegung, anteilige Prozentsätze für die Mittagsbelegung berechnet. Diese Prozentsätze zeigen, welcher Anteil der Belegschaft sich während der Mittagspause nicht im Büro aufhält. Im Mittel liegen diese zwischen 50 und 100 %, d.h. z.B. im Objekt 7 befindet sich zu jeder Zeit mindestens die halbe Bürobelegschaft im Büro, im Objekt 10 verlässt auch während der Mittagsstunden keiner der Angestellten für längere Zeit den Raum.

Als Basis für die Berechnung der Lasten zur Mittagszeit wurde eine halbe Stunde Mittagspause (= Abwesenheit) gewählt. Diese Annahme resultiert ebenfalls aus der Nutzerbefragung. Die befragten Personen gaben mehrheitlich an, zwischen 20 und 30 Minuten Pause zu machen. Da diese Zeitspanne nicht immer genau eingehalten wird, ging man von einer halben Stunde aus.

Abbildung 47: Gegenüberstellung der Personenlasten pro m<sup>2</sup> Büronutzfläche

Objekt 7 weist mit einer spezifischen Personenlast von rund 15 W/m<sup>2</sup> den deutlich höchsten Wert auf. Dieser begründet sich, wie auch bei der Objektdokumentation festgestellt werden konnte, durch eine sehr dichte Belegung. Objekt 10 und 12 weisen aus denselben Gründen etwas erhöhte Werte auf. Die übrigen Objekte liegen in einem, aus praktischen Erfahrungen bekannten, üblichen Bereich und entsprechen in etwa einer Belegungsdichte von rund 15 m<sup>2</sup> Bürofläche pro Person.

Als zweiter Parameter wurde der Energieeintrag der Personen pro m<sup>2</sup> Bürofläche und Arbeitstag, wie in Abbildung 48 dargestellt, verglichen. Dieser gibt an, wie viel Wärme dem Raum an einem Tag durch die Personenabwärme zugeführt wird. Dieser Wert ist vor allem deswegen von Interesse, weil er Aufschluss über die Dauer der einwirkenden Last gibt. Mit diesem Wert kann sehr gut auf die über den Tag verteilte Einwirkdauer der mittleren Wärmelasten rückgeschlossen werden. Tritt so beispielsweise eine nur andauernde Tagesspitzenlast auf, so ist eine Auslegung der Kälteanlage auf diese Last nicht zwingend erforderlich, da der Tagesenergieeintrag im Verhältnis dazu deutlich geringer ist (Beispiel: Wirkt eine Spitzenlast von 100 W/m<sup>2</sup> nur 1 Stunde pro Tag, so ergibt das einen Tagesenergieeintrag von 100 Wh/m<sup>2</sup>d und entspricht so einer durchschnittlichen Last über 8 Stunden von rund 13 W/m<sup>2</sup>). Um solche Fälle zu berücksichtigen, sollte auch das Kühlkonzept so ausgelegt sein, dass diese Spitzenlasten zwischengespeichert (Betondecke, massive Wände, etc.) werden können. Im Falle des Energieeintrages durch Personen deckt sich die rückgerechnete Durchschnittslast jedoch sehr gut mit den maximalen Personenlasten, da sich das Personal in der Regel über längere Zeit im Büro aufhält und somit eine konstante Wärmeabfuhr an den Raum gegeben ist.

Ausgangswerte für die Berechnung waren die in Abbildung 47 dargestellten Daten sowie die Arbeitszeiten der Belegschaften. Wie bereits erwähnt, unterscheidet sich der Trend zwischen

Abbildung 47 und Abbildung 48 nicht wesentlich. Ursache dafür ist das verhältnismäßig konstante Einwirken der Personenlasten über den gesamten Tagesverlauf. Die Ergebnisse aus Abbildung 48 zeigen einen durchschnittlichen täglichen Energieeintrag von rund 60 Wh/m<sup>2</sup>d und Person. Zugrundegelegt wird ein personenbezogener Flächenanteil von 15 m<sup>2</sup> und ein Arbeitstag mit 8 Stunden.

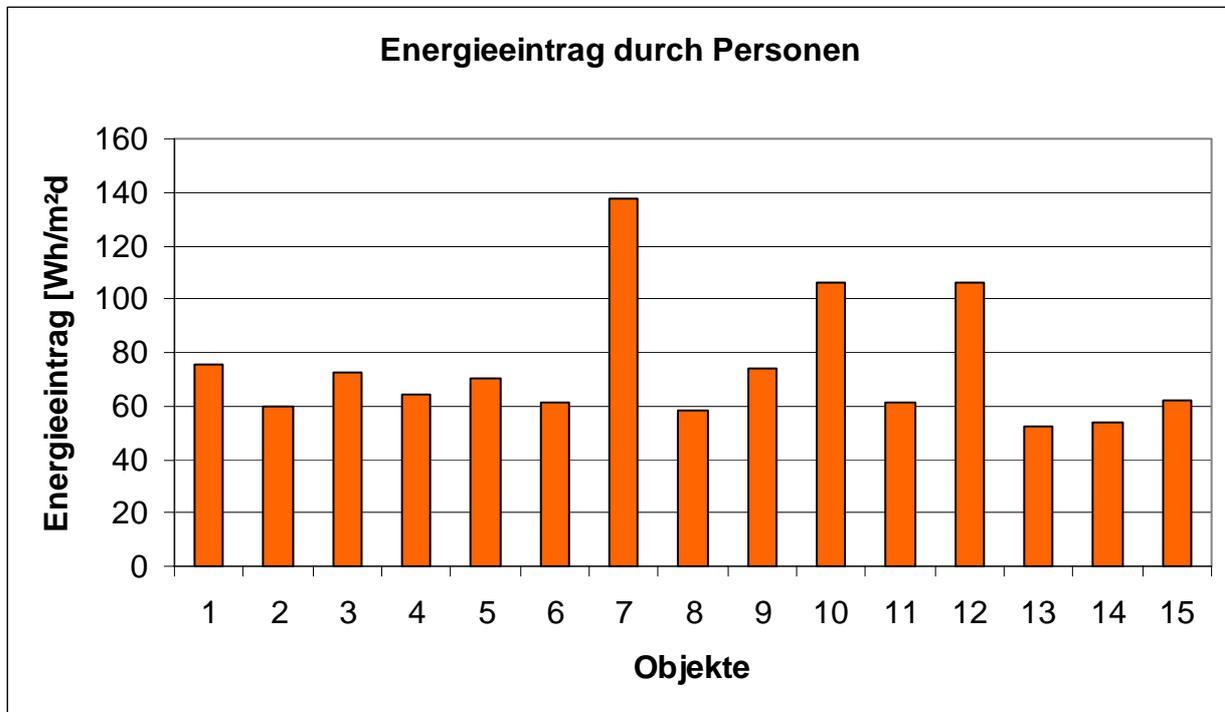


Abbildung 48: Energieeintrag in die Büroräume durch die Personenbelegung

### 5.6.3 Beleuchtung

Um den Wärmeeintrag durch Beleuchtung quantifizieren zu können, wurden zum einen die Anschlussleistungen, zum anderen die Einschaltzeiten der Beleuchtung erhoben. Als Datenquelle zur Dokumentation der Anschlussleistung dienten primär Elektropläne bzw. konnten die Leistungen vor Ort ermittelt werden. Die Einschaltzeiten wurden mittels der Nutzerbefragung definiert.

Der Nutzer bleibt, wie fast bei allen Lasten auch hier der Unsicherheitsfaktor bei den Kalkulationen, da man sein Verhalten im Bezug auf die Verwendung von Beleuchtung, EDV, etc. nur sehr schwer in ein konkretes Nutzungsschema einordnen kann. Schon bei den ersten Dokumentationen wurde deutlich, wie schwer es ist, genaue Antworten auf Fragen nach Nutzerprofilen zu bekommen, ohne dabei die Benutzer auf die aus energetischer Sicht idealen Fälle (z.B.: die Beleuchtung ist während der Sommermonate immer ausgeschaltet) „hinzuführen“.

Bei den untersuchten Objekten wurden zum größten Teil Leuchtstoffröhren verwendet. Die Leistungen der Leuchtstoffröhren lagen zwischen 36 und 58 Watt pro Röhre und es waren im Schnitt 4 - 6 Röhren pro „Durchschnitts-Raum“ (ca. 15 m<sup>2</sup>) installiert. Im günstigsten Fall waren diese auf die Fensterachsen ausgerichtet, hatten ein Lichtband raumseitig, eines fensterseitig

und waren getrennt steuerbar. Die Aufnahme der Beleuchtungen brachte das in Abbildung 49 dargestellte Ergebnis. Um einen Vergleich mit Normvorgaben (DIN 5035, 1983) zu erhalten, wurden die Norm-Anhaltswerte ebenfalls in die Auswertung aufgenommen. Diese sind mit „DIN 5035“ bezeichnet.

Für die Auswertung der Daten wurden, je nach Gebäudegröße, zwischen 20 und 30 Räume eines jeden Objektes aufgenommen und analysiert. Bei kleineren Objekten wurden alle Räume in die Auswertung miteinbezogen.

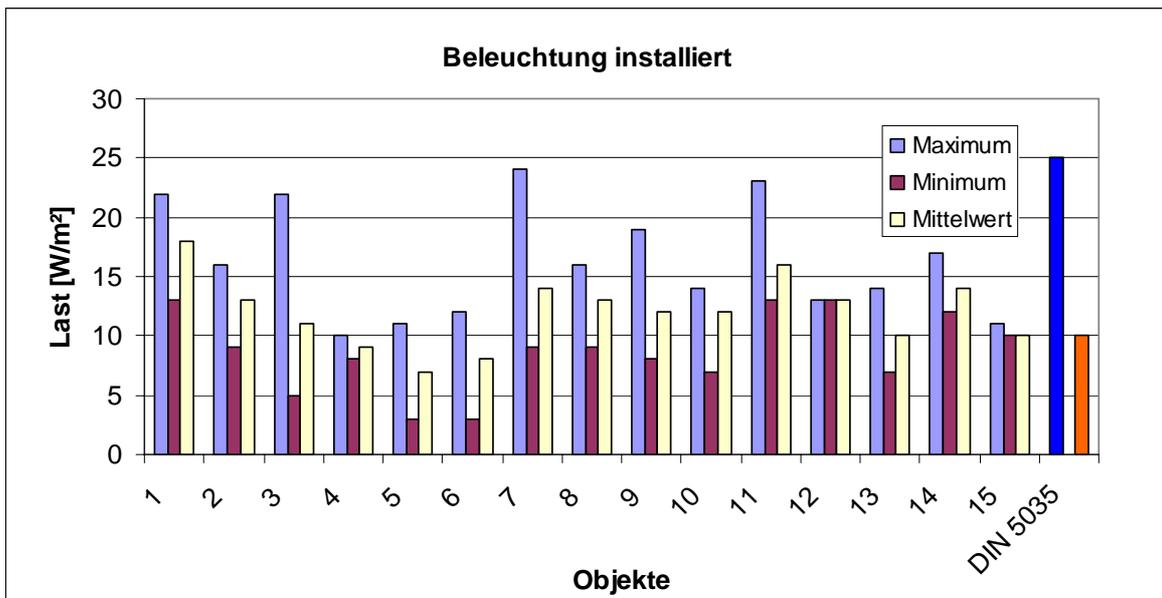


Abbildung 49: Vergleich der installierten Leistungen für die Beleuchtung in den ausgewählten Objekten

Die Basisdaten der Auswertung sind die Anschlusswerte der Beleuchtungskörper in den einzelnen Räumen. Aus dieser Datenmenge wurden für jedes Objekt jene Räume mit maximalen und minimalen Beleuchtungslasten ausgewählt und berechnet (Abbildung 49: „Maximum“, „Minimum“). Der Mittelwert ergibt sich aus der Berücksichtigung aller erhobenen Büroräume. Die Normvorgaben aus der DIN 5035 beinhalten, je nach Art der Büronutzung, ein sehr weites Spektrum an Anschlussleistungen für die Beleuchtung. Aus diesem Grund wurden hier nur die Maximum- und Minimum-Werte für jene Kategorien herangezogen, die auf Büroräume zutreffen.

An Hand der Auswertung kann man sehr gut erkennen, dass die aufgenommenen Objekte etwas unter dem Mittelwert der Norm liegen. Bei der Planung bzw. Kühllastberechnung nach VDI 2078 wird in der Praxis je nach Bürokatgorie meist eine Anschlussleistung zwischen 15 und 22 W/m² verwendet. Diese Werte entsprechen einer Beleuchtungsstärke von 300 bis 500 Lux und sollten laut Normvorgabe nach DIN 5035 für Büroräume erreicht werden. Verglichen mit den tatsächlichen Anschlussleistungen bei den untersuchten Objekten ergibt sich im Vergleich zu den Normvorgaben eine Differenz von etwa 5 – 10 W/m².

Wie schon vorhin erwähnt, wurde aber auch eine Nutzerbefragung durchgeführt, um die realen Zustände hinsichtlich der Nutzung zu erhalten. In sämtlichen Objekten konnte festgestellt werden, dass keiner der Befragten in den Sommermonaten 100% der Beleuchtung benutzt. Vorgabe bei der Befragung war ein schöner, sonniger Sommertag.

Die Befragung ergab, dass mehr als zwei Drittel der Personen entweder keine oder nur 50% der Beleuchtung in den Sommermonaten einschaltet. In Abbildung 50 ist die Verteilung der Prozentsätze an benutzter Beleuchtung dargestellt. Bezugsbasis für die 100 % sind die 15 aufgenommenen Objekte.

Für die Aufteilung der eingeschalteten Beleuchtung wurden folgende Kategorien definiert:

- Kategorie 1: 0 % benutzte Beleuchtung
- Kategorie 2: 5 % benutzte Beleuchtung
- Kategorie 3: 25 % benutzte Beleuchtung
- Kategorie 4: 50 % benutzte Beleuchtung
- Kategorie 5: 80 % benutzte Beleuchtung

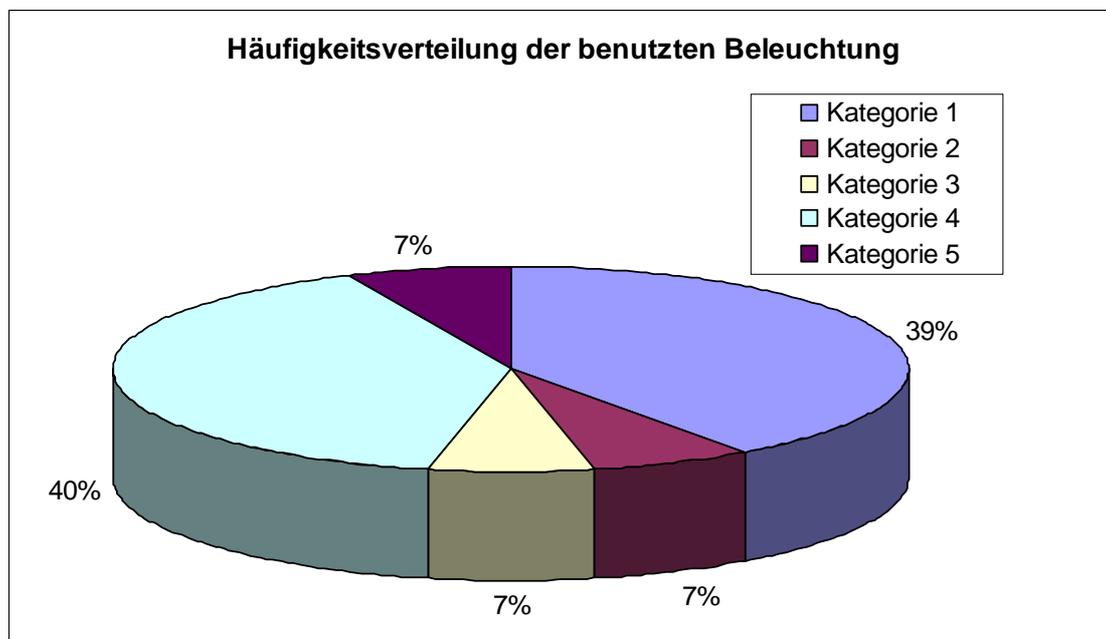


Abbildung 50: Häufigkeitsverteilung zur Nutzung der Beleuchtung an einem sonnigen Sommertag

Auf Grund dieser Ergebnisse kann man sagen, dass die im Betrieb tatsächlich auftretenden Lasten deutlich unter 100 % der installierten Leistung (Abbildung 49) liegen. Um zu verdeutlichen, welche Auswirkung eine Reduktion der benutzten Beleuchtung um 50% (bei 90% aller dokumentierten Objekte werden an einem schönen Sommertag maximal 50% der Beleuchtung verwendet) hat, wurde dieser Ansatz für alle Objekte berechnet und die Ergebnisse in Abbildung 51 dargestellt.

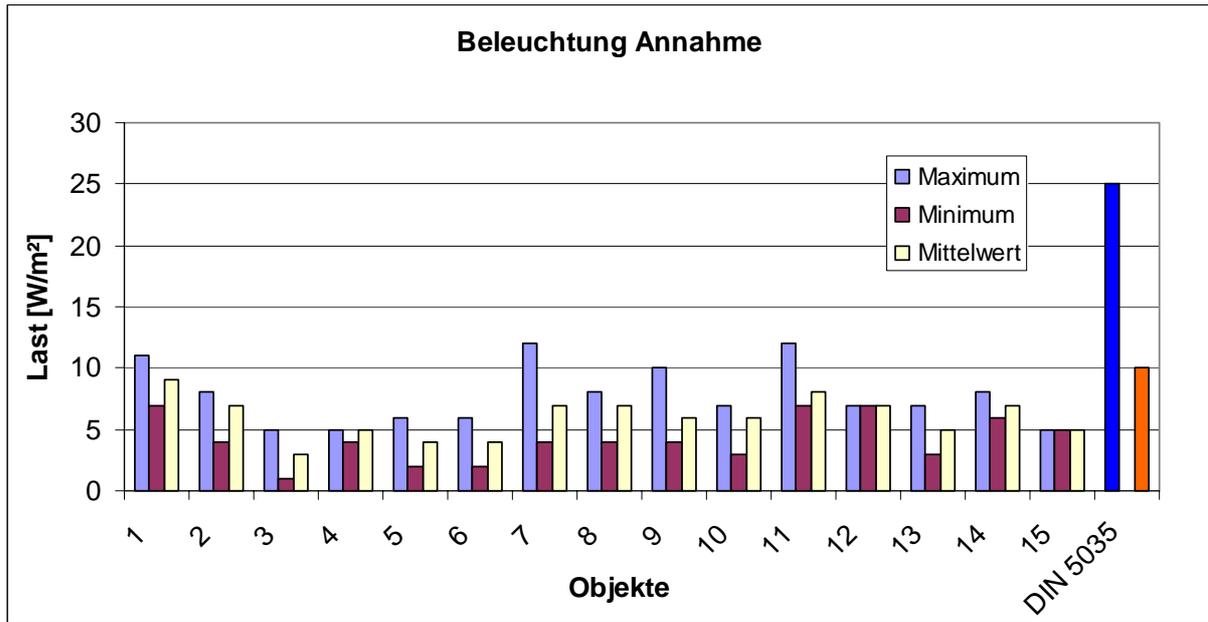


Abbildung 51: Mögliche Wärmelast, wenn nur 50% der installierten Beleuchtung in Betrieb ist

Vergleicht man nun dieses Resultat mit dem aus Abbildung 50 und den eingetragenen Normwerten, stellt man fest, dass sich die maximalen Werte bereits am unteren Bereich der Normvorgaben bewegen.

Geht man einen Schritt weiter und berücksichtigt die aus der Nutzerbefragung erhaltenen Einschaltzeiten für die Beleuchtung in jedem einzelnen Objekt, so erhält man die in Abbildung 52 dargestellten „realen“ Lasten. Für die Berechnung der Werte dieser Abbildung wurden die installierten Leistungen der Beleuchtungskörper verwendet. Die Reduktionsfaktoren (Prozentsatz der tatsächlich benutzten Beleuchtung) ergeben sich, wie oben erwähnt, aus der Nutzerbefragung.

Diese Auswertung zeigt, dass in 6 der 15 untersuchten Objekte laut Nutzerbefragung in den Sommermonaten mehr oder weniger keine Beleuchtung aktiviert wird. Bei den übrigen wird, wie bereits erwähnt, nur zwischen 25 und 50 % der Beleuchtung aktiviert, im Fall von Objekt 10 80%. Am Vergleich der Objekte 10 und 11 kann man auch den Unterschied zwischen installierter und realer Beleuchtungslast deutlich erkennen. So hat das Objekt 10 14 W/m<sup>2</sup> installiert, davon werden 80% benutzt, hingegen wurden im Objekt 11 23 W/m<sup>2</sup> installiert, es werden jedoch nur 50% genutzt. Somit ist die „reale“ Wärmelast bei beiden in etwa gleich. Bei Objekten, in denen laut Benutzer kein Licht eingeschaltet wird, fällt der Unterschied zu den Planungsrichtwerten natürlich noch deutlicher aus.

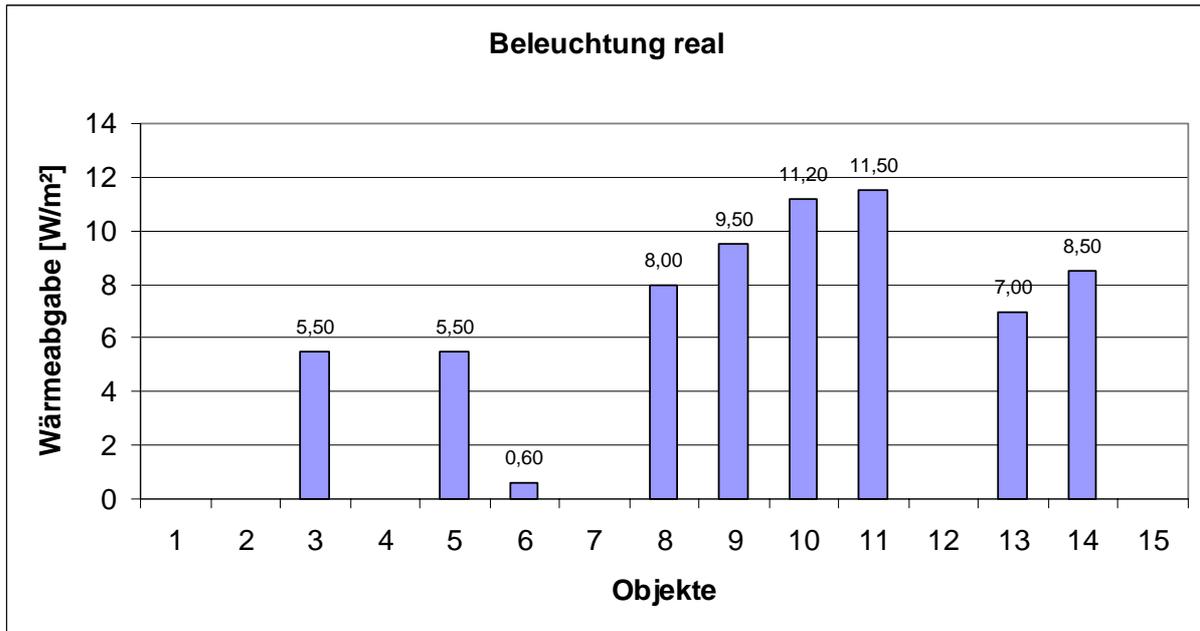


Abbildung 52: Wärmeabgabe der laut Benutzer tatsächlich eingeschalteten Beleuchtung

Ebenso wie bei der Personenlast ist bei der Beleuchtung, neben der Frage nach der Höhe der Maximallast, der zweite wesentliche Faktor die Dauer der einwirkenden Last (Einschaltdauer der Beleuchtung). Die durchgeführte Befragung gab auch darüber Aufschluss. Die Ergebnisse daraus werden in Abbildung 53, in Form des spezifischen Energieeintrags in den Büroraum, zusammengefasst.

Für diese Berechnung wurde als zeitliche Komponente die bei den Nutzerbefragungen erhobene Arbeitszeit (zwischen 8 und 10 Stunden) herangezogen. Die Basiswerte für den Wärmeeintrag waren einerseits die realen Beleuchtungslasten aus Abbildung 52, andererseits wurde ausgehend von den Ergebnissen der Benutzerbefragung definiert, dass über die gesamte Kernarbeitszeit die „reale“ Beleuchtungslast wirkt. Bei den Objekten, wo die Beleuchtung auch in den Sommermonaten aktiviert wird, liegen die Maximalwerte des Energieeintrags durch die Beleuchtung bei rund 100 Wh/m<sup>2</sup>d. Verglichen mit der Wärmeabgabe durch Personen, entspricht das in etwa einer mittleren Personenbelegung von 1,5 Personen in einem Durchschnittsbüro (~15 m<sup>2</sup>/Person) über 8 Stunden.

Im Zuge der Gebäudedokumentation war auch ein direkter Zusammenhang zwischen Beleuchtung und Nutzung der Verschattung (in Abhängigkeit von der Büroorientierung) zu erkennen. So wird zum einen, wie bereits erwähnt, bei Aktivierung der Verschattung das Licht eingeschaltet, zum anderen die Verschattung nur bei direkter Sonneneinstrahlung aktiviert und somit nur zu dieser Zeit das Licht genutzt (laut Nutzerbefragung). Das würde bedeuten, dass je nach Büroorientierung, das Licht nur 4 – 5 Stunden in Verbindung mit der Beschattung als Wärmelast wirkt (z.B. Ostbüro: 7:00 – 12:00 Uhr). Das hätte zur Folge, dass sich die Ergebnisse aus Abbildung 53 um weitere 30% reduzieren würden, da die Beleuchtung nur mehr 5 statt 8 Stunden aktiv ist. Die Unterschiede zwischen Planungsannahmen und „realen“ Lasten wird noch größer.

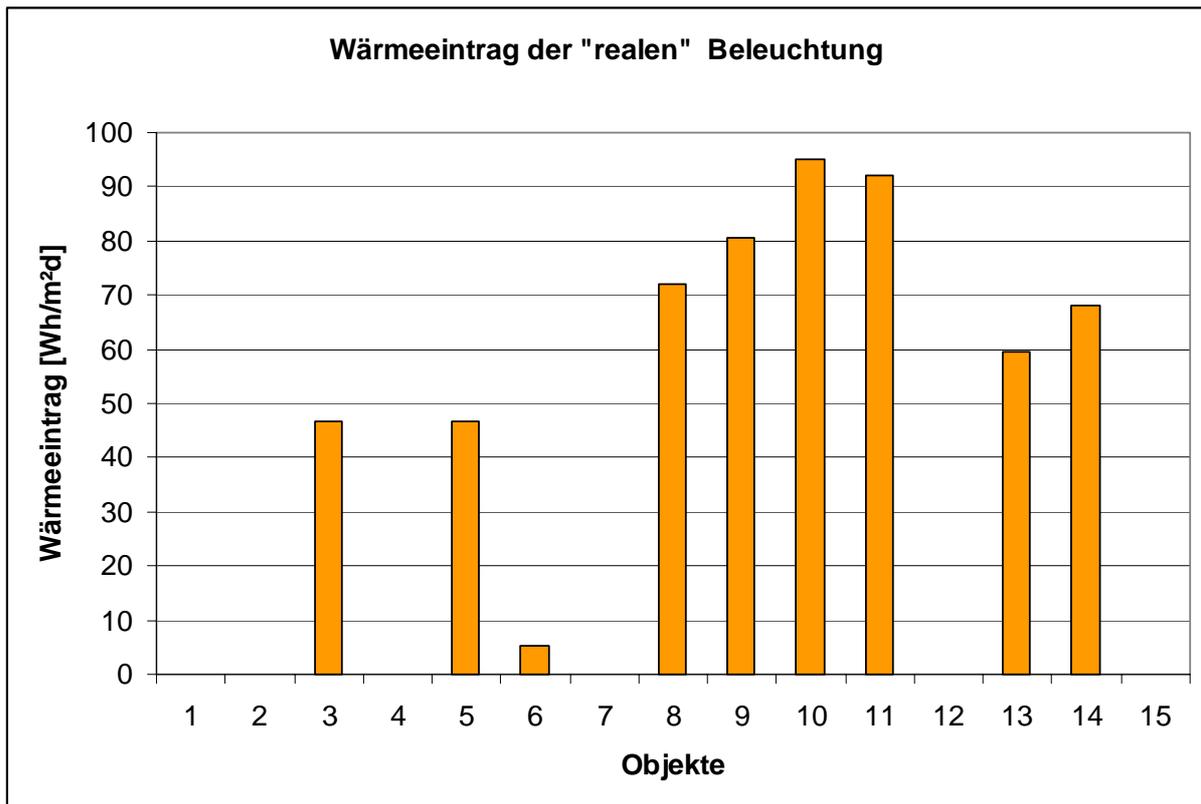


Abbildung 53: Wärmeeintrag durch die tatsächlich benutzte Beleuchtung in den untersuchten Objekten

#### 5.6.4 EDV – Geräte

Die dritte wesentliche Komponente bei den internen Lasten (neben Personen und Beleuchtung) sind die EDV- Geräte. Dazu zählen Computer, Monitore, Drucker, Kopierer, etc.. Bezogen auf die Büroräume werden dabei die wesentlichen Lasten von den drei Komponenten Computer, Monitor und Drucker eingebracht und werden daher im Folgenden näher betrachtet. Zum einfacheren Verständnis werden dazu der Computer und der Monitor gemeinsam behandelt und nachfolgend kurz als „PC-Station“ bezeichnet.

##### 5.6.4.1 PC und Monitore

Die Dokumentation der EDV - Geräte und deren Lasten erfolgte einerseits durch die Aufnahme vor Ort (Anzahl und Art der Geräte) und andererseits durch die Messung der Leistungsaufnahme an den Geräten. Wie bereits oben erwähnt, wurden der Computer und der Monitor als „PC-Station“ zusammengefasst, unter anderem auch, um die Auswertung übersichtlicher zu machen. Auf Basis des Belegungsplanes konnte in weiterer Folge die Anzahl der PC-Stationen ermittelt werden. Die Vor-Ort-Dokumentationen sowie die Leistungsmessungen zeigten, dass für die untersuchten Objekte im wesentlichen zwei PC-Stationen definiert werden konnten. Diese unterscheiden sich primär nur durch die Art der Bildschirme (Röhren- und TFT-Bildschirme).



Abbildung 54: Beispiel PC-Arbeitsplatz mit Drucker

Für die Messungen der Geräteleistungen wurden Zwischenstecker der Firma "Technische Alternative", Typ EPM 3022 (Abbildung 55) verwendet. Diese nehmen die elektrische Leistung der jeweiligen EDV-Geräte auf. Für die Berechnungen wurden die gemessenen Leistungen der Wärmelast gleichgesetzt.



Abbildung 55: Verwendete Leistungs-Messgeräte bei der Bestandsaufnahme

Insgesamt wurden an 8 PC-Stationen Messungen durchgeführt. Bei Objekten, wo die EDV-Ausstattung ähnlich den gemessenen Geräten war, wurden die Messwerte herangezogen. Bei Objekten, wo keine Messung durchgeführt werden konnte, wurden mittlere Werte von den anderen Objekten herangezogen.

#### 5.6.4.2 Computer

In Abbildung 56 sind die Werte der gemessenen Computer in den einzelnen Objekten graphisch dargestellt und werden den Richtwerten der Norm (VDI 2078) gegenübergestellt. Die Messbedingungen waren für alle PCs gleich: Die Messung erfolgte an eingeschalteten Computern, an denen gerade normale PC-Tätigkeiten (Arbeiten mit den Programmen „Word“, „Excel“, ...) verrichtet wurden.

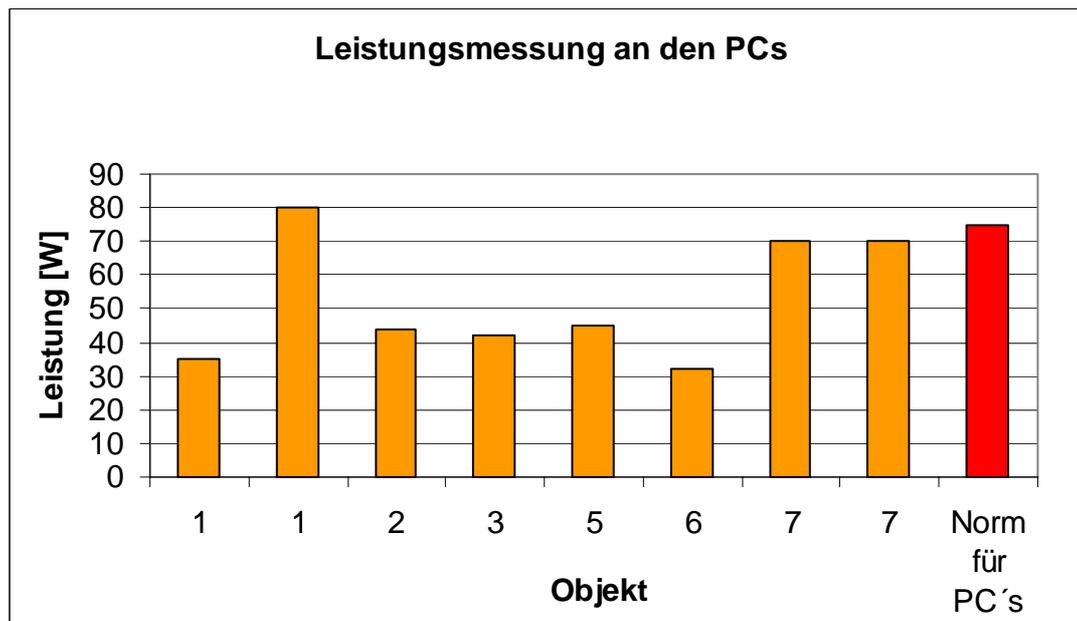


Abbildung 56: Ergebnisse der Leistungsmessungen an den PCs in 6 unterschiedlichen Objekten

Die Messungen an den PCs ergaben im wesentlichen zwei Leistungsbereiche. Die energieeffizienteren und meist vom Produktionsjahr her jüngeren Computer (< 2 Jahre bei den gemessenen Geräten) liegen in einem Leistungsbereich von rund 40 W, die übrigen mit 70 W bei etwa dem Doppelten. Die Entwicklung der Wärmeabgabe durch PCs ist somit erkennbar.

Der Richtwert VDI 2078 für PCs bewegt sich zwischen 50 und 100 Watt pro Gerät. Für die Auswertung wurde ein Mittelwert von 75 Watt als Vergleichsbasis genommen. Stellt man die Normvorgaben (50 – 100 Watt) den Messwerten gegenüber, so sieht man, dass die neueren Geräte deutlich unter den Normwerten liegen, die bei dieser Dokumentation älteren Geräte, (> 4 Jahre bei den gemessenen Geräten) in etwa den Mittelwert der Normvorgaben erreichen.

#### 5.6.4.3 Monitore

Vergleicht man die Messwerte zu den Bildschirmen miteinander (Abbildung 57), erkennt man auf Grund der Entwicklung im Flachbildschirmsektor einen noch deutlicheren Trend in Richtung Effizienzsteigerung der Geräte. Für diese Arbeit wurden Bildschirme verschiedener Art und Größe dokumentiert, die in Tabelle 8 aufgelistet sind.

Tabelle 8: Art und Größe der gemessenen Bildschirme

Objektnummer	Bildschirmart	Größe [Zoll]
1	TFT - Bildschirm	17"
1	Röhren - Bildschirm	17"
2	Röhren - Bildschirm	17"
3	Röhren - Bildschirm	19"
5	Röhren - Bildschirm	17"
6	Röhren - Bildschirm	17"
7	TFT - Bildschirm	17"
7	Röhren - Bildschirm	21"

Die Messungen haben gezeigt, dass in den untersuchten Objekten hauptsächlich Röhrenbildschirme mit 17" in Gebrauch sind. Auffällig war, dass zwar TFT Bildschirme aktuell stärker eingesetzt werden, der Anteil an der Gesamtzahl der in den erhobenen Objekten installierten Bildschirme jedoch noch immer sehr klein ist.

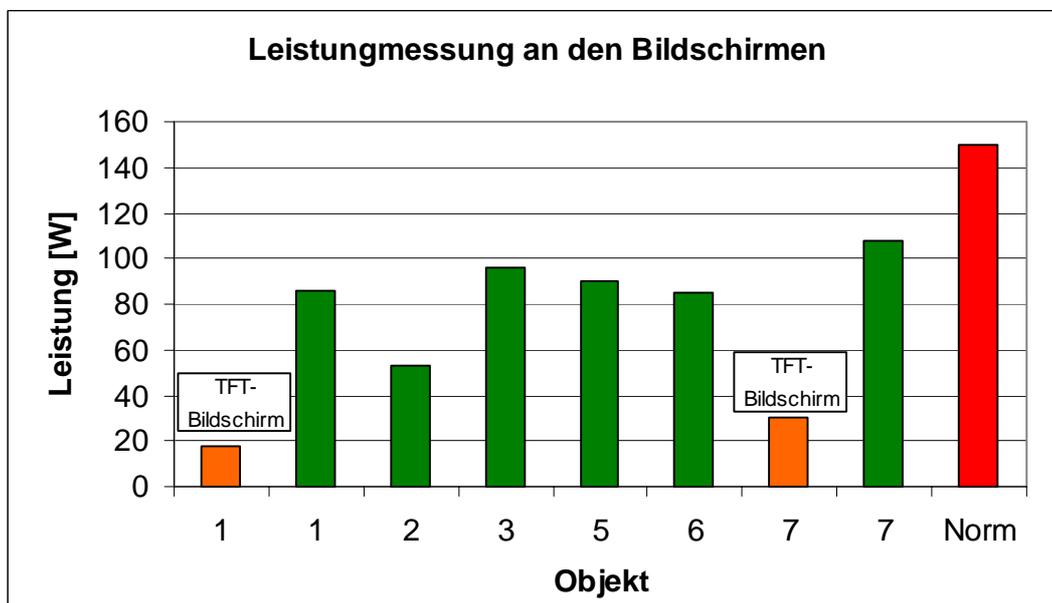


Abbildung 57: Ergebnis der Messungen an den verschiedenen Bildschirmen (orange: TFT Bildschirme)

Die Auswertung in Abbildung 57 zeigt, dass TFT Bildschirme (orange Säulen) mit rund 20 W nur etwa ein Viertel der Leistung eines herkömmlichen Röhrenbildschirms benötigen.

Einen expliziten Normwert nur für Bildschirme gibt es nicht. Wenn, dann werden sie immer nur in Kombination mit dem Computer (Abbildung 58) angegeben. In guter Näherung wurde daher,

ausgehend von einer mittleren PC-Leistung von 75 W und einer mittleren Normvorgabe von 225 W/PC-Station für den Bildschirm, ein von den Normangaben abgeleiteter Wert von 150 W angesetzt. Dieser Wert wird von allen gemessenen Bildschirmen deutlich unterschritten. Deutlichste Erkenntnis aus dieser Gegenüberstellung bleibt das große Einsparpotenzial durch den Einsatz von TFT Bildschirmen.

Betrachtet man nun die Werte für die schon vorher definierten PC-Stationen (bestehend aus 1 PC und 1 Monitor) und vergleicht diese mit der Norm, so erhält man die in Abbildung 58 dargestellte Auswertung. Der Normwert (VDI 2078) entspricht dem Mittelwert der Richtwerte (Computer mit Farbbildschirm), welche zwischen 200 und 250 Watt pro Arbeitsplatz liegen.

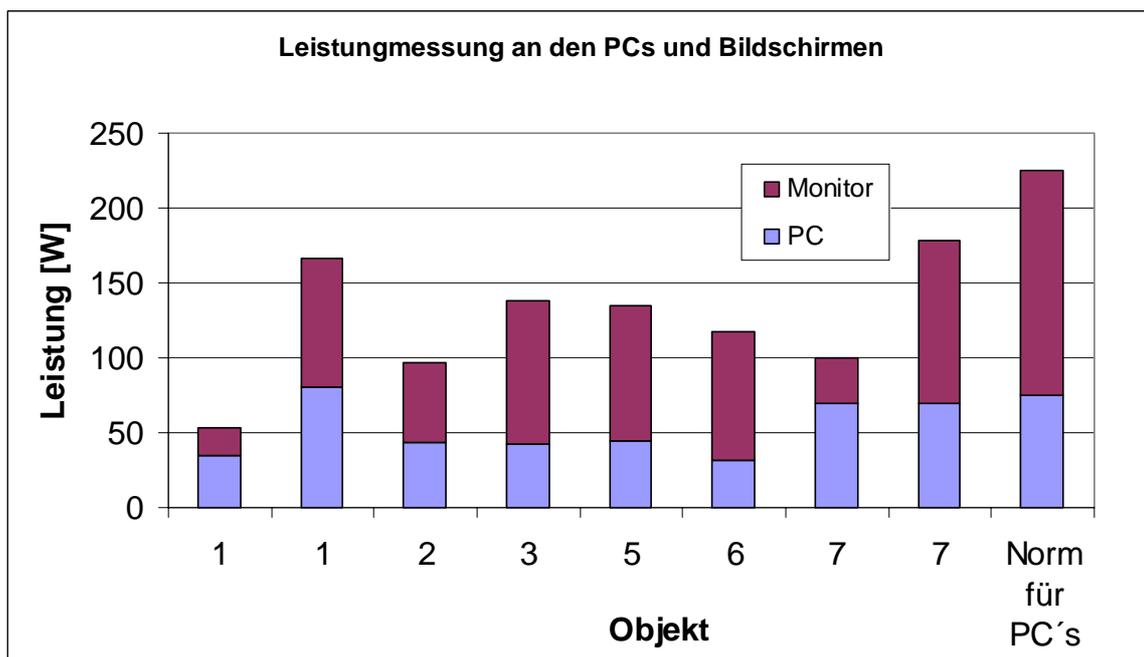


Abbildung 58: Ergebnisse der Leistungsmessungen an den PC-Stationen in 6 unterschiedlichen Objekten

Vergleicht man die Normrichtwerte mit den Messergebnissen, so ist zu erkennen, dass die Messungen zum Teil deutlich unter den Normwerten liegen. Die tatsächlichen Lasten liegen somit bis zu knapp 80% unter denen für die Auslegung nach VDI 2078. Ein zusätzliches Reduktionspotenzial weist die richtige Wahl der EDV-Ausstattung (primär TFT Bildschirme) auf. So sind auch innerhalb der gemessenen Bürogeräte Unterschiede von über 300 % (Vergleich Objekt 1 mit Objekt 7) möglich. Könnte man somit mit den jeweiligen Objektbetreibern und EDV-Verantwortlichen die Auswahl der EDV-Ausstattung vor jedem Neukauf besprechen und sie auf das Potenzial hinweisen, wäre das ein weiterer Schritt in Richtung Energieeinsparung und Kühllastreduktion.

Bezieht man nun die eben beschriebenen Leistungen auf die Büroflächen der Objekte, erhält man die in Abbildung 59 dargestellte Auswertung. Die Auswertung zeigt die gemessenen Arbeitsplätze mit ihren dazugehörigen Objekten. Für die Objekte, bei denen keine Messung an der EDV-Ausstattung durchgeführt werden konnte, wurde je nach Ausstattung, ein Mittelwert aus vorhandenen Messergebnissen gebildet.

In die Auswertung wurden die Maximalwerte, die Minimalwerte und die Mittelwerte der Objekte aufgenommen. Um einen weiteren Vergleichswert zu erhalten, wurden die „Mittelwerte über alle Objekte“ zu den Reihen „Maximum“, „Minimum“ und „Mittelwert“ ebenfalls berechnet und dargestellt.

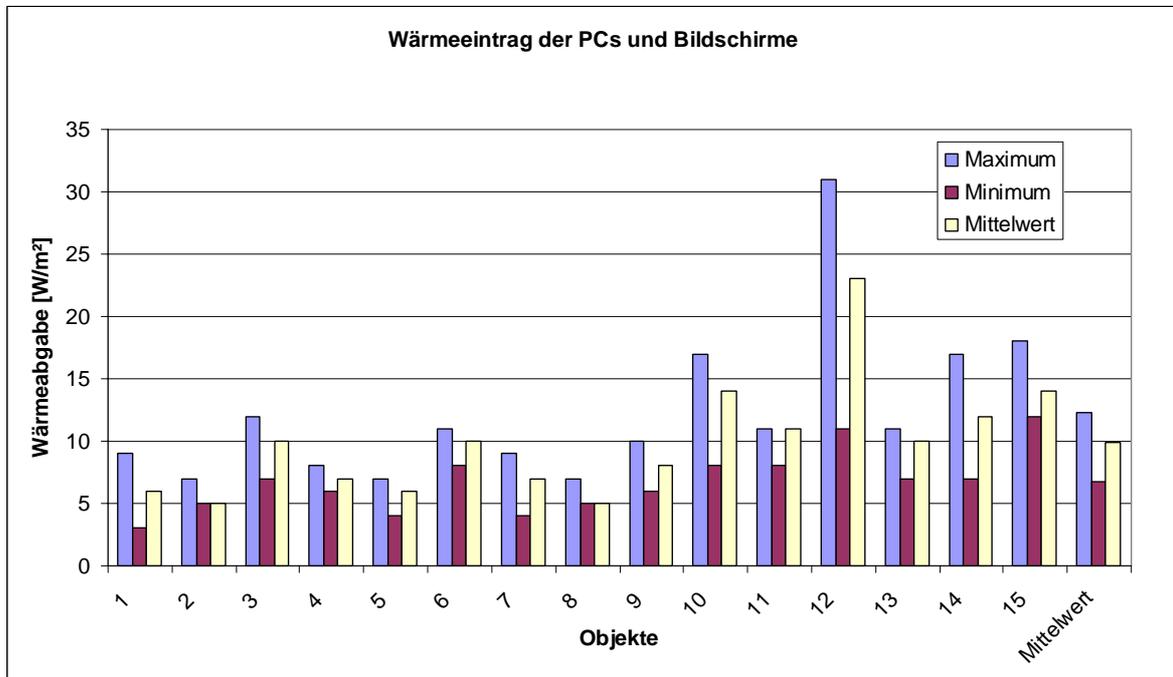


Abbildung 59: Flächenspezifische Lasten der PC-Stationen im Vergleich

Betrachtet man die Mittelwerte über alle Objekte, so kann man von einer durchschnittlichen Kühllast durch EDV Geräte von ca. 10 Watt pro Quadratmeter Bürofläche ausgehen. Deutlich höhere Werte weist nur das Objekt 12 auf. Der Grund dafür ist, dass in diesem Objekt sehr „rechnerintensive“ Arbeiten durchgeführt werden und es so auch Büroräume gibt, in denen pro Person zwei PC-Stationen zu Verfügung stehen und auch genutzt werden.

Ermittelt man dazu die spezifische EDV-Last laut Norm für eine mittlere Bürofläche von 15 m<sup>2</sup> pro PC-Arbeitsplatz und der gewählten Normvorgaben von 225 W/PC-Station, so ergibt sich ein Wert von etwa 15 W/m<sup>2</sup>. Verglichen mit mittleren Werten der erhobenen Objekte von 10 W/m<sup>2</sup> liegt die Normvorgabe somit 50% über der „realen“ Last.

Eine weitere Betrachtung gilt der Wärmemenge pro Arbeitsplatz und Tag (Abbildung 60). Als Berechnungsgrundlage für den spezifischen Energieeintrag dienen die Daten der Auswertung aus Abbildung 59.

Auf Grund der Ergebnisse aus der durchgeführten Nutzerbefragung konnte man die Computerlaufzeit gleich der Arbeitszeit (zwischen 8 und 10 Stunden, siehe Abbildung 45) setzen, da der überwiegende Teil der Befragten weder den Computer noch den Bildschirm bei Abwesenheit ausschaltet. Das Nutzerprofil und die Gewohnheiten der Befragten zeigten deutlich, dass energiesparende Funktionen der PCs oder der Bildschirme nicht genutzt werden. In vielen Fällen wussten die Nutzer über derartige Funktionen ihrer Geräte nicht Bescheid.

Die Messung der Leistungsaufnahme hat ebenfalls gezeigt, dass das Aktivieren von Bildschirmschonern in der Regel nur eine minimale Reduktion der elektrischen Leistungsaufnahme bedeutet. Es konnten Unterschiede von bis zu zwei Watt gemessen werden. Der

Grund dafür ist, dass als Bildschirmschoner meist aufwendige Animationen verwendet wurden und somit auch höhere Leistungen erforderlich sind. Aus dieser Erkenntnis wurde für den Monitor in guter Näherung eine konstante Leistungsaufnahme über den Tag angenommen.

Die Auswertung zu den Wärmeeinträgen pro Tag, verursacht durch PCs und Monitore, in Abbildung 60 zeigt, dass im Mittel zwischen 45 und 150 Wh/m<sup>2</sup>d in die Büroräume eingebracht wird. Die hohen Energieeinträge bei Objekt 12 lassen sich, wie oben bereits erwähnt, auf Grund der hohen Belegungsdichte mit PC-Stationen (zwei pro Person) erklären. Für die zweite PC-Station wurde jedoch, nach Rücksprache mit den Benutzern, nur die halbe Laufzeit (4 Stunden) berücksichtigt. Als grober Anhaltswert kann der mittlere Energieeintrag durch eine PC-Station, bezogen auf die 15 untersuchten Objekte, in etwa mit dem Wärmeeintrag von einer Person gleichgesetzt werden.

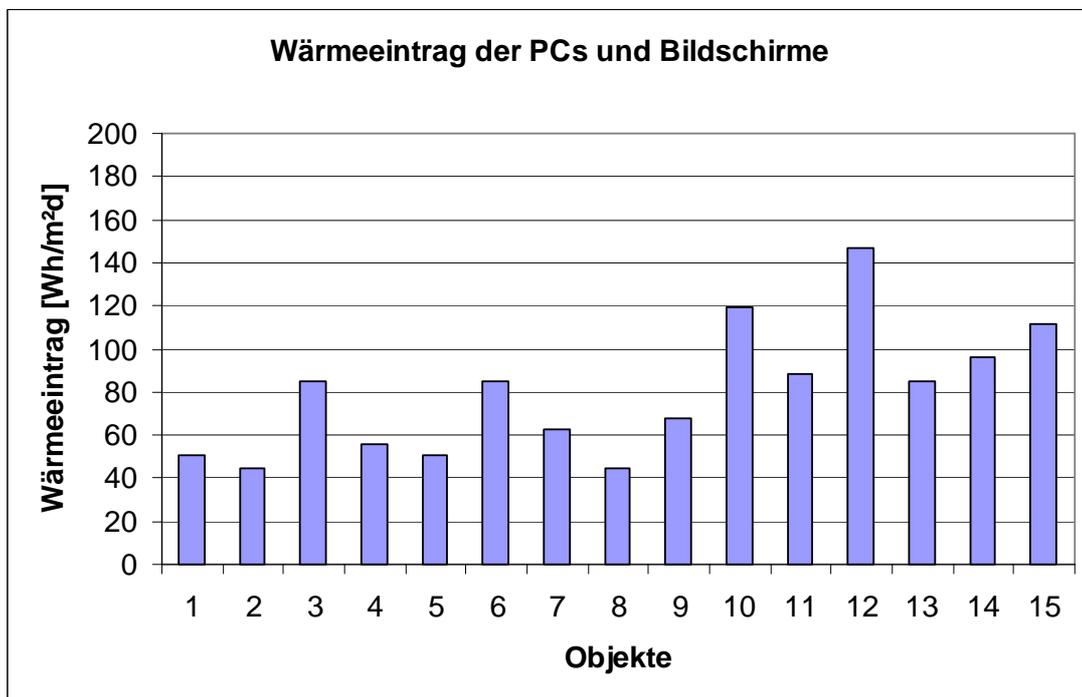


Abbildung 60: spezifischer Energieeintrag pro Tag durch PCs und Monitore

#### 5.6.4.4 Drucker

Ein weiterer Bestandteil der EDV-Ausstattung ist der Drucker. Es wurden im Zuge der Bestandsaufnahme 6 Drucker gemessen. Alle aufgenommenen Drucker sind Laserdrucker. Gemessen wurden die Spitzenlasten, während eines Druckvorganges sowie die Standby-Lasten (siehe Abbildung 61). Die Messergebnisse zeigen eine deutlich höhere Leistung im aktiven Zustand. Im Ruhezustand (Standby) liegen alle Werte der gemessenen Drucker etwa in derselben Größenordnung. Wesentlicher Einflussfaktor ist somit zum einen die Anzahl der gedruckten Seiten (Abbildung 62), zum anderen natürlich auch der Aufstellungsort des Druckers, und somit jener Ort, wo die Last anfällt.

Die Bestandsaufnahme zeigte dabei, dass sich nur vereinzelt Drucker in den Büros befinden. In den meisten Fällen gab es jedoch eigene Druck- und Kopierräume. D.h. der Wärmeeintrag findet in Räumen ohne Personenbelegung statt, weshalb auch höhere Temperaturen

zugelassen werden können. Dennoch wird nachfolgend ein Vergleich angestellt, wie viel Energie durch einen Drucker in ein Durchschnittsbüro (~15 m<sup>2</sup>/Person) eingebracht wird.

Die Berechnungsergebnisse in Abbildung 62 zeigen die Wärmeeinträge der gemessenen Drucker pro Tag in Abhängigkeit von gedruckten Seiten (30 Seiten bis 500 Seiten). Bei den Berechnungen ging man von einer durchschnittlichen Druckdauer von 3 Sekunden pro Seite aus. Dieser Wert wurde aus den Betriebsanweisungen der Geräte gemittelt. Während dieser Zeitspanne wird mit der gemessenen Spitzenlast (Abbildung 62) gerechnet. Während der übrigen Zeit wird mit den Werten im Standbymodus gerechnet. Die Betriebsdauer ist gleich der Computerlaufzeit bzw. Arbeitszeit aus den Dokumentationen. Bei einer Anzahl von 500 gedruckten Seiten pro Tag ergibt sich eine Betriebszeit des Druckers von rund einer halben Stunde und daraus ein maximaler Energieeintrag von etwa 250 Wh/d. Verteilt auf einen 8-Stunden-Arbeitstag entspricht das einer Dauerleistung von knapp 30 Watt.

Bezieht man die Maximalwerte der Drucker auf eine durchschnittliche Bürofläche von 15 m<sup>2</sup>, so erhält man die in der zweiten Spalte in Tabelle 9 angegebenen Werte (Ergebnis in Wh/m<sup>2</sup>d). Bei 500 Seiten pro Tag hätte er eine spezifische Wärmeabgabe von maximal 15 Wh/m<sup>2</sup>d, was einer spezifischen Dauerleistung von knapp 2 W/m<sup>2</sup> entspricht. Beim sparsamsten Gerät reduziert sich dieser Wert bei einer gleichen Seitenanzahl von 500 um nahezu das 10-fache (Tabelle 9, Objekt 6).

Zusammenfassend kann somit gesagt werden, dass der Wärmeeintrag durch Drucker nur bei einer sehr großen Anzahl an gedruckten Seiten einen Einfluss auf die gesamte Wärmelast in Büroräumen hat. Zusätzlich befinden sich die Drucker, wie die Dokumentation zeigte, sehr oft nicht in den Büroräumen, womit auch der Ort, an dem die Wärmelast anfällt, ein anderer ist. Aus diesen Gründen wird der Wärmeeintrag des Druckers in weiterer Folge nicht berücksichtigt.

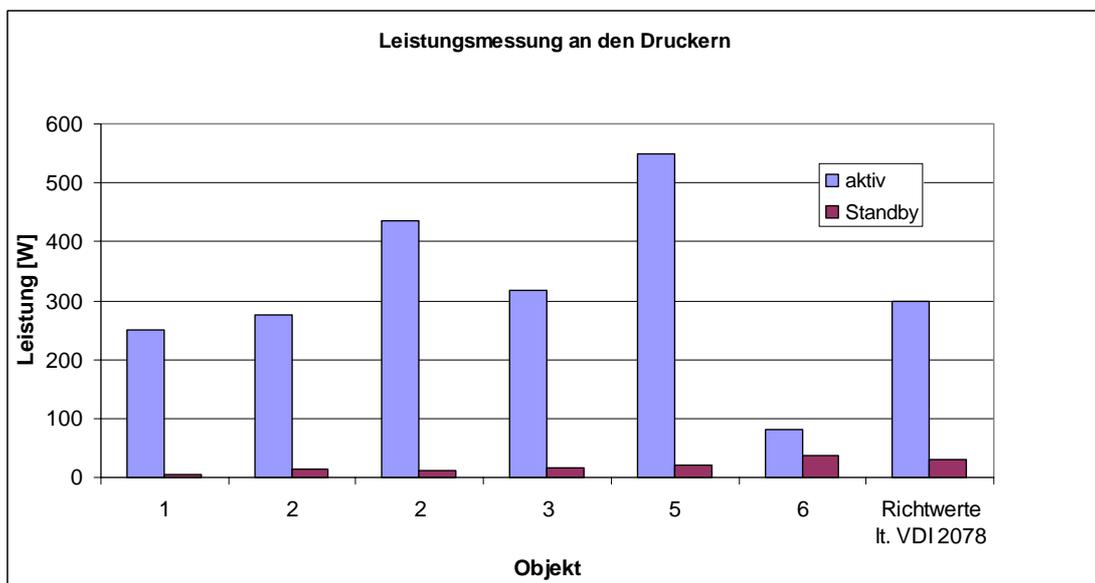


Abbildung 61: Spitzen- und Standby Lasten der aufgenommenen Drucker im Vergleich zu den Richtwerten aus der VDI-Richtlinie 2078

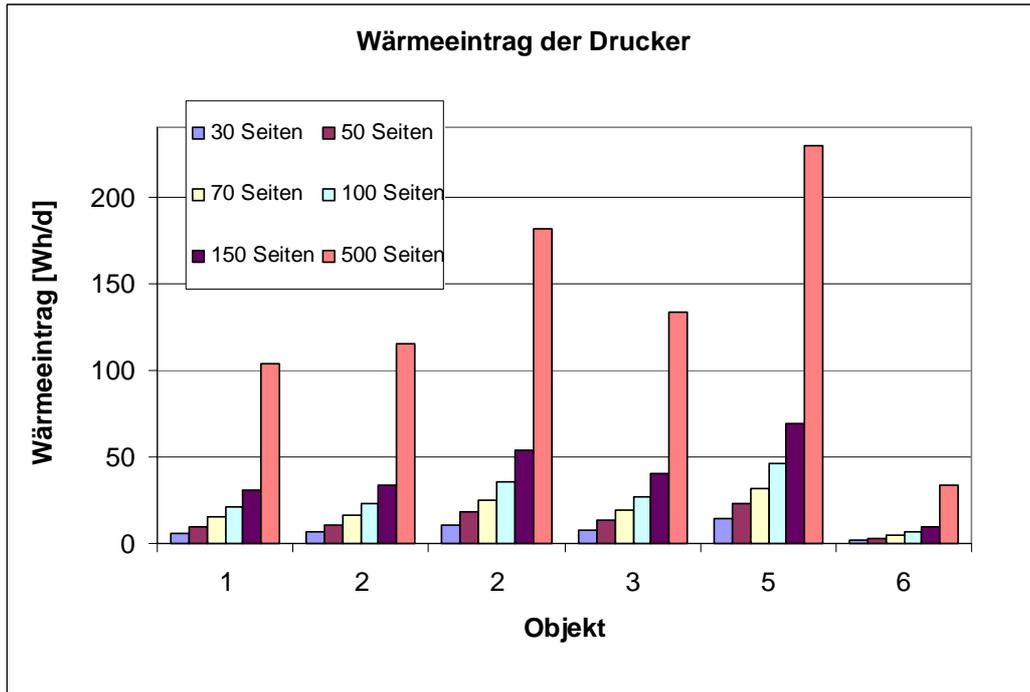


Abbildung 62: Wärmeeintrag der gemessenen Drucker pro Tag bei unterschiedlicher Seitenanzahl

Tabelle 9: Wärmeeintrag der Drucker pro m<sup>2</sup> und Tag

Objekt	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Max. Wärmeeintrag pro Tag bei 500 Seiten [Wh/d]	Max. Wärmeeintrag pro m <sup>2</sup> und Tag bei 500 Seiten [Wh/m <sup>2</sup> d]
1	15	104	7
2	15	115	8
2	15	181	12
3	15	133	9
5	15	229	15
6	15	34	2

### 5.7 Externe Lasten

Die externen Lasten kann man im wesentlichen in zwei Kategorien unterteilen:

- solare Gewinne
- Lüftungswärmegewinne

### 5.7.1 Fensterflächen

Um einen Überblick über den spezifischen Verglasungsanteil (bezogen auf die Büronutzfläche) zu bekommen und damit erste Rückschlüsse über auftretende Solarlasten ziehen zu können, wurden die 15 erhobenen Objekte dahingehend analysiert und ausgewertet. Die Bandbreite bewegt sich dabei zwischen 0,15 und 0,5 m<sup>2</sup> Fensterfläche zu Büronutzfläche (Abbildung 63; rote Säulen). Wie spätere Auswertungen (Kapitel 5.7.2) zeigen, haben Objekte mit den größten Verglasungsflächen nicht zwingend die größten solaren Lasten.

Ein weiterer Vergleichswert ist der Anteil der zu öffnenden Fensterfläche bezogen auf die Büronutzfläche. Wie Abbildung 63 zeigt, können sich auch hier Unterschiede zwischen gesamter Verglasungsfläche und der zu öffnenden Verglasungsfläche ergeben.

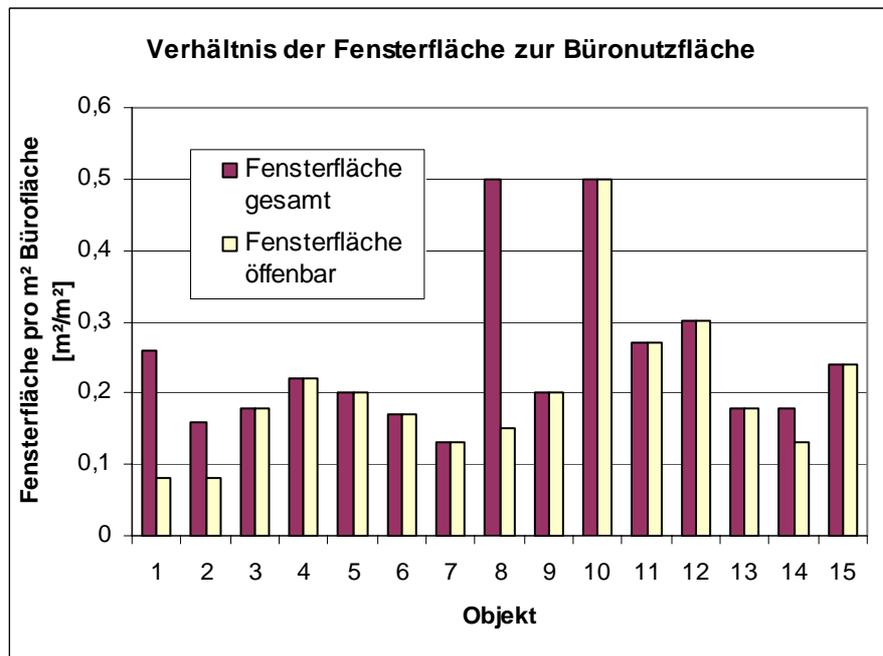


Abbildung 63: Gegenüberstellung von Gesamtverglasungsfläche zu öffenbarer Verglasungsfläche bezogen auf die Büronutzfläche

### 5.7.2 Solare Gewinne

Die Verschattungseinrichtungen der aufgenommenen Gebäude decken einen sehr großen Bereich der am Markt erhältlichen Modelle ab. Sie reichen von innenliegenden Markisen bis hin zu massiven Aluminium-Außenjalousien. Die Art der Verschattungseinrichtungen und deren Benutzung können einen sehr großen Einfluss auf das entstehende Raumklima haben. Durch falsche Benutzung kann das beste Kühlsystem die entstehende Last nicht mehr abführen.

Die aufgenommenen Objekte sind mit den in Tabelle 10 angeführten Verschattungseinrichtungen ausgestattet. Die Tabelle soll eine Übersicht über die Installationen sowie einen Überblick über deren Zustand geben. Die Meinung der Büroangestellten zum Verschattungssystem wurde innerhalb der Nutzerbefragung eingeholt. Die Befragung beinhaltete nicht nur Nutzeraspekte, sondern auch die Zufriedenheit der Personen mit der Verschattungseinrichtung.

Tabelle 10 zeigt, dass bei den hier untersuchten Objekten die installierten Außenmarkisen von den Benutzern als nicht zufriedenstellend beurteilt werden. Ein Kritikpunkt war das unflexible Stellverhalten der Markisen, insbesondere, dass man nicht wie bei Jalousien den Verschattungsgrad ändern kann. Bei den Objekten 1 und 2 klagte man über die starke Verdunkelung, im Objekt 5 über die starke Lichtdurchlässigkeit (Abbildung 64).

Im Vergleich dazu, waren die befragten Personen bei Objekten mit Außenjalousien größtenteils zufrieden. Hier wurden die flexible Einstellmöglichkeit und die leichte Bedienung als sehr positiv erwähnt.

Unabhängig von den subjektiven Äußerungen der Benutzer kann der technische Zustand der Verschattungseinrichtungen als gut bezeichnet werden. Die Ausnahme bildet das Objekt 1. Auf Grund des Alters der Markisen (Baujahr: 1980) müssen häufig Wartungs- bzw. Reparaturarbeiten durchgeführt werden.

Tabelle 10: Übersicht über die installierten Verschattungseinrichtungen

Objekt	Verschattung innen: i; außen: a; zwischen: zw;	Farbe	Technischer Zustand	Kommentar der Befragten
1	Screens a	Dunkel- braun	teilweise schon kaputt	Unzufrieden; nicht einstellbar; schlechte Luftdurchlässigkeit, zu starke Verdunkelung
2	Screens a	Weiß	Gut, relativ neu	Unzufrieden; nicht einstellbar; schlechte Luftdurchlässigkeit; zu starke Verdunkelung
3	Jalousie a	Hellgrau	Gut	Zufrieden
4	Jalousien zw.	Hellgrün	Gut	Zufrieden
5	Screens a	Braun	Relativ gut	Unzufrieden; nicht einstellbar, starke Lichtdurchlässigkeit; schlechte Luftdurchlässigkeit
6	Jalousien i	Hellgrau	Gut	Zweckdienlich
7	Screens i	Weiß	Gut	Zweckdienlich
8	Jalousien a	Hellgrün	Gut	Zufrieden
9	Jalousie (massiv) a	Hellbraun	Gut	Zufrieden
10	Jalousien (West) a Sonnenschutzfolie (Osten) i und a Screens (Osten) i	Hellgrün	Gut	Zufrieden
		Dunkelbraun	Gut	Unzufrieden; verdunkelt zu stark, kein Überhitzungsschutz  Unzufrieden; verdunkelt zu stark
11	Jalousie a	Hellgrau	Gut	Zufrieden
12	Jalousien a	Dunkel- braun	Gut	Zufrieden
13	Fixe Jalousien a	Weiß	Gut	Schwere Bedienung
14	Jalousien zw	Dunkelgrün	Gut	Zufrieden
15	Jalousien a	Hellgrau	Gut	Zufrieden



Abbildung 64: Zwei Beispiele für Verschattungseinrichtungen in den dokumentierten Objekten

Im Zuge der Nutzerbefragung wurden auch die Zeiten, in denen die Verschattungseinrichtungen benutzt werden, aufgenommen. An Hand dieser Angaben konnten Verschattungspläne je nach den Ausrichtungen der Büroräume aufgestellt werden. Die Pläne wurden entsprechend der vier Haupthimmelsrichtungen gruppiert und entsprechen folgenden Zeitverläufen (Tabelle 11):

Tabelle 11: Benutzungszeiten der Verschattungseinrichtungen nach Orientierung

Orientierung	Tageszeit
Osten	07:00 – 12:00
Süden	10:00 – 15:00
Westen	13:00 – 17:00
Norden	Keine Verschattung

Um, ausgehend von den erhaltenen Nutzerprofilen für die Verschattung, die solaren Raumlasten abschätzen zu können, ist die Kenntnis über den Verlauf der solaren Einstrahlung erforderlich. Abbildung 65 zeigt dazu den Tagesverlauf der Solarstrahlung auf vertikale Flächen für drei Himmelsrichtungen. „Osten“ und „Westen“ weisen darin eine Gesamtstrahlung von rund 700 W/m<sup>2</sup>, „Süden“ von etwa 600 W/m<sup>2</sup> auf.

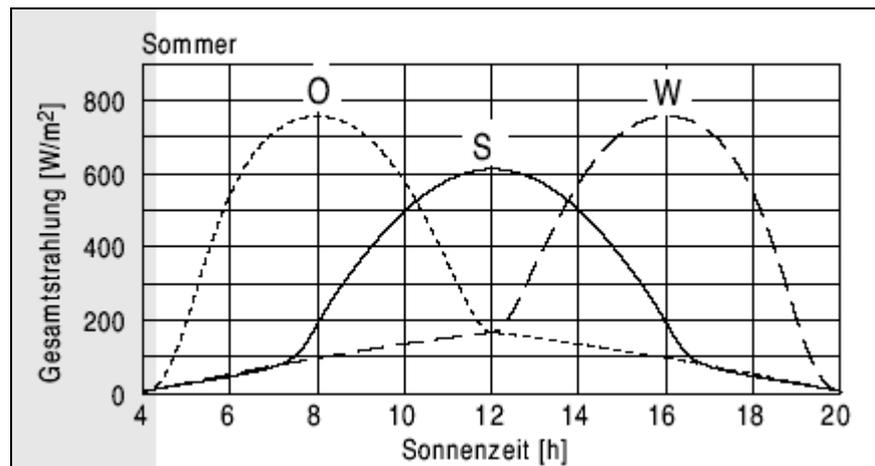


Abbildung 65: Tagesverlauf der Solaren Einstrahlung auf vertikale Flächen (LEV, 1998)

Auf Grund der etwa gleichen Einstrahlungsmaxima für die Richtungen „Osten“ und „Westen“, beschränkte man sich auf eine Einteilung in zwei Gruppen (Osten/Westen und Süden). Für die Berechnungen wurden folgende Einstrahlungsmaxima auf vertikale Flächen verwendet:

Osten und Westen:  $700 \text{ W/m}^2$

Süden:  $600 \text{ W/m}^2$

Des weiteren gilt es, den Einfluss von Verglasung und Verschattungssystem zu bestimmen. Die untersuchten Gebäude sind zum Großteil mit Doppelisolierverglasung ausgestattet. Ausgenommen davon sind die Gebäude 4 und 14. Bei diesen Objekten wurden Kastenfenster mit 2 Scheiben und einem Zwischenraum von ca. 20 cm umgesetzt. Für die Berechnungen des Wärmeeintrages wird für beide Fensterarten ein g-Wert von 0,65 angesetzt. Dieser Wert entspricht den Normrichtwerten für Kühllastberechnungen nach VDI 2078. Die Verschattungssysteme der einzelnen Objekte wurden in Tabelle 10 aufgelistet. Die Verschattungsgrade (b-Werte) bewegen sich dabei von 0,15 (Außenjalousie) über 0,3 (Stoffmarkisen) bis hin zu 0,7 (Innenjalousie).

Unter Berücksichtigung dieser Faktoren (Einstrahlung, g-Wert, b-Wert und Nutzerprofil) entstehen die in Abbildung 66 gezeigten, von der Himmelsrichtung abhängigen, Wärmeeinträge für die 15 erhobenen Objekte. Bei der Größe der Verglasungsflächen wurden die bereits in Kapitel 5.7.1 erläuterten Verglasungsflächen herangezogen. Bei dieser Auswertung wurde jedoch eine mögliche Verschattung durch die Geländestruktur bzw. durch Nachbargebäude außer Acht gelassen.

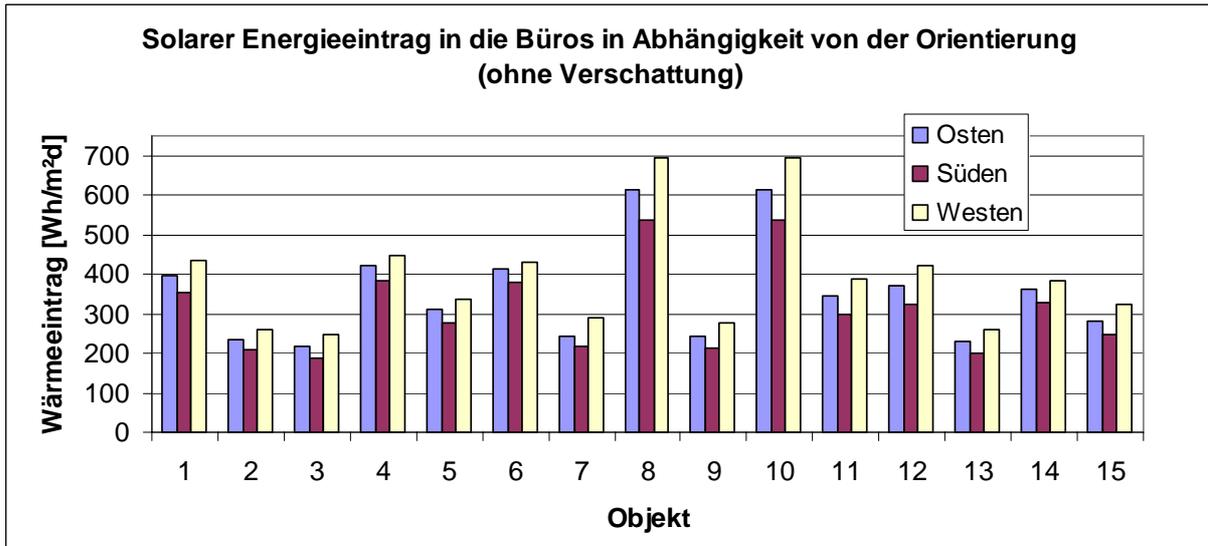


Abbildung 66: Solarer Energieeintrag in die Büroräume in Abhängigkeit von der Ausrichtung

Das Zusammenspiel aller Einflussfaktoren wird an Hand der Abbildung 67 und Abbildung 68 näher erklärt. Abbildung 67 zeigt die Einstrahlungsmaxima mit und ohne voller Verschattung. Abbildung 68 zeigt den Vergleich zwischen den Energieeinträgen pro m² und Tag bei einem definierten Nutzerprofil und den Energieeinträgen pro m² und Tag bei vollständiger ganztägiger Verschattung.

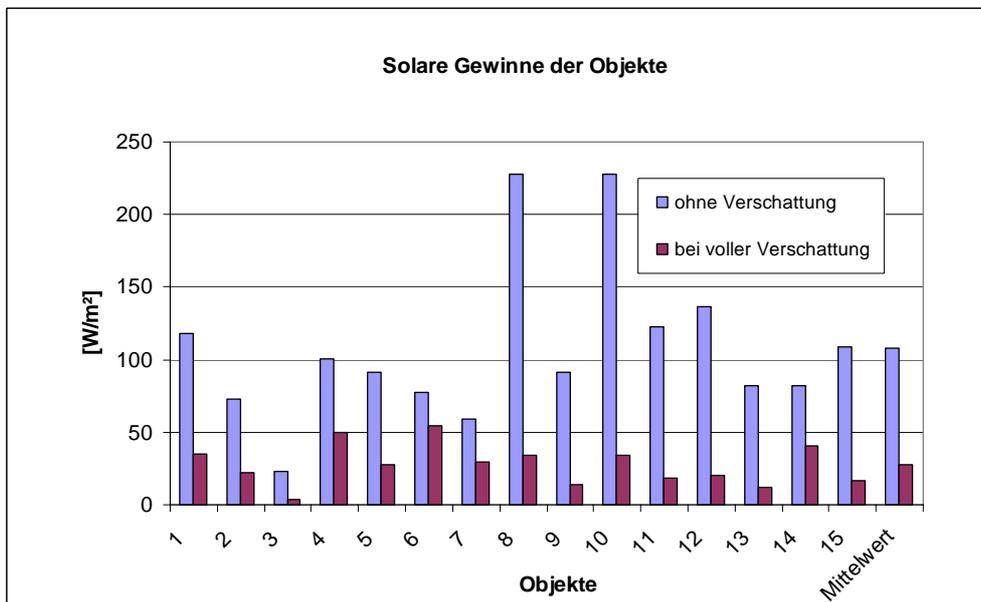


Abbildung 67: Vergleich der Solarlast pro m² Bürofläche mit und ohne Verschattung

Die blauen Säulen in Abbildung 67 spiegeln den Verglasungsanteil wider und beziehen sich auf die in Kapitel 5.7.1 berechneten Verhältniszahlen der verglasten Flächen zu den Büronutzflächen. Vergleicht man die Werte der maximalen Einstrahlung ohne Verschattung für alle Objekte, so sieht man den Einfluss dieser Verhältniszahlen auf die Solarlast. Je höher die Verhältniszahl ist, desto höher ist der Glasflächenanteil, bezogen auf die Bürofläche. Bei den Objekten 8 und 10 liegt dieser Wert bei 0,5. Daraus resultiert der hohe Wärmeeintrag in die

beiden Objekte. Die roten Säulen stellen die maximale Solarlast bei voller Verschattung der jeweiligen Objekte dar. Es ergibt sich daraus das theoretische Reduktionspotenzial der spezifischen Spitzenlast, das durch eine Verschattung erreicht werden könnte. Je nach Art und Typ der Verschattung (inkl. Verglasung) kann die Wärmelast um bis zu 85 % reduziert werden.

Bei Vergleich der Gebäude 5 und 6 ist zu erkennen, dass obwohl das Objekt 6 ein günstigeres Flächenverhältnis und somit einen kleineren Spitzeneintrag (ohne Verschattung) hat, ist die Last bei voller Verschattung gesehen höher als beim Objekt 5. Begründet kann dies durch die verwendeten Verschattungssysteme werden. Objekt 5 weist mit einer außenliegenden Verschattung ein Verschattungsgrad (b-Wert) von 0,3 auf, Objekt 6 aufgrund der innenliegenden Verschattung nur einen b-Wert von 0,7. Mit diesem Vergleich wird deutlich, welchen Einfluss die Verschattungseinrichtung auch bei günstigen Glasflächenverhältnissen besitzt.

Im Mittel kann über alle erhobenen Objekte von einer spezifischen Maximallast von rund 25 W/m<sup>2</sup> bei Vollverschattung ausgegangen werden.

Abbildung 68 stellt den Wärmeeintrag pro m<sup>2</sup> und Tag durch die solare Einstrahlung dar. Verglichen wurde der Wärmeeintrag bei Vollverschattung und bei Verschattung laut Nutzerprofil. Die Differenz, die sich zwischen roten und blauen Balken einstellt, ist jene Energiemenge, die man durch Vollverschattung (statt Verschattung laut Nutzerprofil) noch aus den Büroräumen „fernhalten“ könnte. Die hohen Energieeinträge in die Objekte 8 und 10 bei einer Verschattung laut Nutzerprofil ergeben sich, wie bereits oben erwähnt, auf Grund des hohen Verglasungsanteils bezogen auf die Büronutzfläche. Der mittlere Wärmeeintrag bei Verschattung laut Nutzerprofil beträgt etwa 300 – 400 Wh/m<sup>2</sup>d, dies entspricht einer konstanten spezifischen Last von etwa 40 W/m<sup>2</sup>. Das entspricht etwa der Wärmelast von 5 Personen.

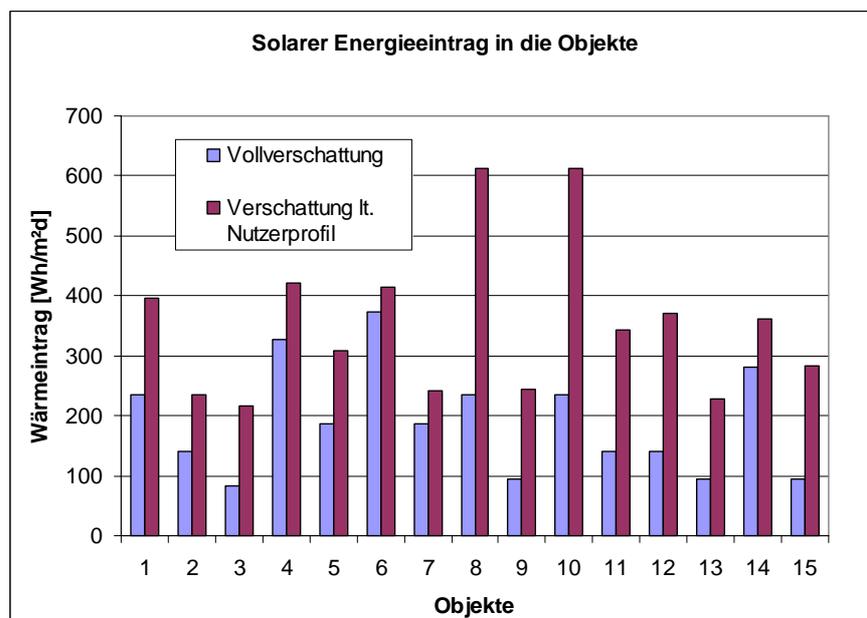


Abbildung 68: Vergleich des Wärmeeintrages bei gantztägiger Vollverschattung und bei einer nach der Nutzerbefragung definierten Verschattung

### 5.7.3 Lüftung

Die Be- und Entlüftung der Räume kann mechanisch oder manuell (über Fensterlüftung) realisiert werden. Bei den erhobenen Objekten waren über 80% der Gebäude ohne mechanische Lüftungsanlage ausgestattet. Mit einer mechanischen Be- und Entlüftung waren nur die Objekte 5 und 11 ausgestattet. Laut den Objektbetreibern liegt der Luftwechsel beim Objekt 5 im Bereich von  $1 \text{ h}^{-1}$  und beim Objekt 11 im Bereich von  $2 \text{ h}^{-1}$ . Über diese Luftmengen wird auch die Grundkühllast abgedeckt. Trotz der Installation der Klimaanlage kommt es in beiden Gebäuden zu Überhitzungsproblemen.

Bei den Gebäuden ohne mechanische Lüftung hängt es von den Nutzern ab, für Lufterneuerung, durch Öffnen der Fenster, zu sorgen. Die genaue Luftwechselrate kann bei der Fensterlüftung nur näherungsweise bestimmt werden, da sich die meisten Literaturangaben auf den Winterfall (Recknagel et.al., 2003/2004) beziehen. Die Basis der natürlichen Lüftung ist zum einen Temperaturunterschied zwischen Raum- und Außenluft, zum anderen die äußeren Windverhältnisse bzw. der Winddruck. Ist nun der Temperaturunterschied zwischen Raumluft und Außenluft gering, so führt dies zu einer Reduktion der laut Literatur (Recknagel et.al., 2003/2004) angegebenen Luftwechselzahlen. Im Winter geht man von einem Luftwechsel von  $0,3 - 1,5 \text{ h}^{-1}$  bei gekippten Fenstern (Recknagel et.al., 2003/2004) aus, für den Sommerfall wird auf Grund der bereits erläuterten schlechten Rahmenbedingungen (geringere Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Raumluft) ein Luftwechsel von  $0,3 - 0,5 \text{ h}^{-1}$  (Recknagel et.al., 2003/2004) angenommen. Dieser Luftwechselbereich bildet auch die Grundlage für die Bestimmung der Lüftungswärmegewinne bei den dokumentierten Objekten. Der Wert variiert dabei in Abhängigkeit des zu öffnenden Verglasungsanteils. Näherungsweise wird bei den untersuchten Objekten bei kleinen zu öffnenden Flächen ein Luftwechsel von  $0,3 \text{ h}^{-1}$  und bei großen ein Luftwechsel von  $0,5 \text{ h}^{-1}$  gewählt. Um detaillierte Luftwechselraten für einzelne Objekte zu erhalten, wäre eine dynamische Gebäudesimulation erforderlich.

Im Rahmen der Nutzerbefragung wurde auch das Verhalten hinsichtlich der Fensteröffnungszeiten aufgenommen. Bei der Mehrheit der Objekte wird in den Morgenstunden eine Stoßlüftung durchgeführt. Danach werden die Fenster zum Großteil gekippt und über den ganzen Tagesverlauf in dieser Stellung belassen. Aus diesem Grund erfolgt ein Wärmeeintrag (Kühllast) in die Räumlichkeiten.

Für definierte Rahmenbedingungen können Richtwerte für den Wärmeeintrag durch die Lüftung angegeben werden. Wird die Temperaturdifferenz zwischen Raum- und Außenluft ( $26^\circ\text{C} / 32^\circ\text{C}$ ) an einem Sommertag mit 6 K definiert, so betragen die Lüftungswärmegewinne für eine mechanische Lüftung (Luftwechsel von  $1 \text{ h}^{-1}$  bzw.  $2 \text{ h}^{-1}$  angenommen)  $50 - 100 \text{ Wh/m}^2\text{d}$  und für eine Fensterlüftung (Luftwechsel zwischen  $0,3 \text{ h}^{-1}$  und  $0,5 \text{ h}^{-1}$  angenommen) zwischen  $20$  und  $30 \text{ Wh/m}^2\text{d}$ . Umgerechnet auf die spezifische Wärmelasten bedeutet das, je nach vorherrschender Luftwechselrate, Werte von  $3 \text{ W/m}^2$  bis  $12 \text{ W/m}^2$ . Vergleicht man diesen Wert wieder mit der Personenlast, so entsprechen die Wärmegewinne über die Lüftung in den vorliegenden Fällen einer mittleren Personenbelegung zwischen  $0,5$  und  $1,5$  Personen.

### 5.8 Gesamtkühllast und Gesamtkühlenergie

Ausgehend von den Einzelergebnissen zu den internen und externen Lasten werden nachfolgend die gesamten Wärmelasten bzw. Energieeinträge, die bei den 15 dokumentierten Objekten auf die Büroräume wirken, betrachtet. Die Basis zu diesen Ergebnissen sind dabei die dokumentierten Daten bei der Vor-Ort-Begehung (Geräteleistungen, Anzahl von Geräten pro Büro, Belegungsdichten,...) und die Ergebnisse aus der Nutzerbefragung (Anwesenheitsprofil, Nutzerprofil für die Verschattungen,...). Damit wurde versucht, möglichst „reale“ Lasten zu den einzelnen Objekten darzustellen. In Abbildung 69 werden die maximalen Wärmelasten verglichen.

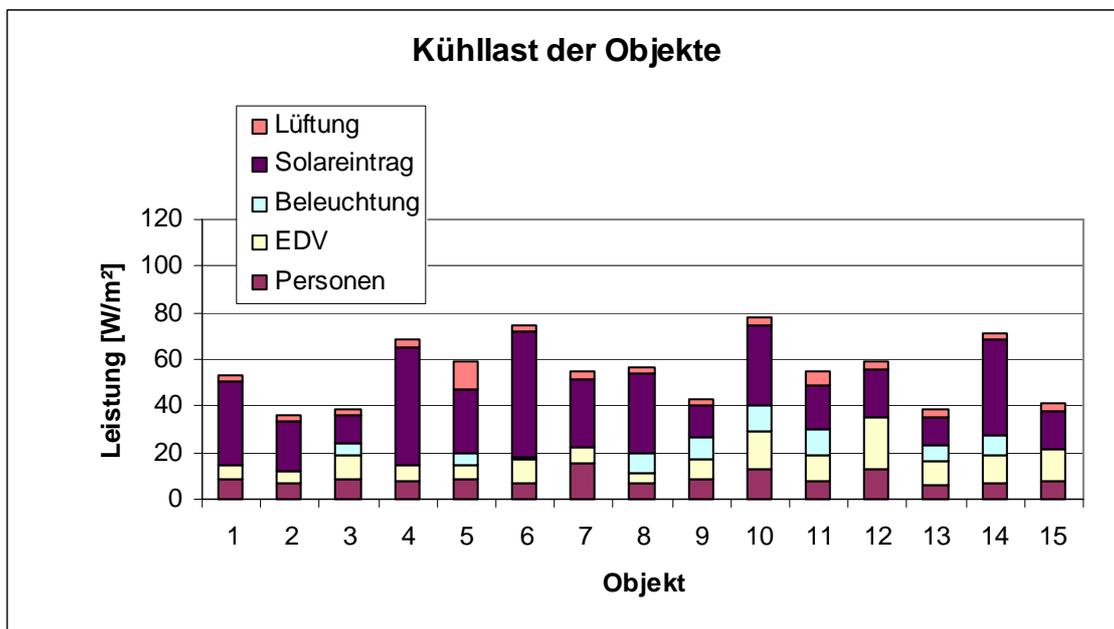


Abbildung 69: Gesamtkühllasten der erhobenen Objekte im Vergleich

Die Bandbreite reicht von knapp 30 W/m² bis 80 W/m². Dabei machen die solaren Lasten fast durchwegs mehr als 50% der Gesamtlast aus. Zum einen liegt der Grund dafür an den hohen Glasflächenanteilen (Kapitel 5.7.1) der erhobenen Objekte, zum anderen an den doch teilweise ungünstigen Verschattungssystemen (z.B. innenliegende Markisen). Bei den internen Lasten überwiegt noch immer die Last der EDV-Ausstattung, wobei durch die Nutzung energieeffizienter Geräte die Lasten auch unter den Personenlasten liegen können. Deutlich wird auch, dass, ausgehend von den Nutzerbefragungen, nur in rund 50% der Gebäude in den Sommermonaten die Beleuchtung benötigt wird.

Wie bereits bei allen Einzellasten, wird auch bei der Gesamtbetrachtung der tägliche Wärmeeintrag (in [Wh/m²d]) der Wärmelast (in W/m²) gegenübergestellt. Der Wärmeeintrag ist in Abbildung 70 dargestellt. In diese Auswertung fließt im wesentlichen das Benutzerverhalten, sowie die Dauer der verschiedenen (Maximal) Lasten ein. Die solaren Wärmeeinträge bleiben weiterhin der dominierende Posten, wobei hier zu erkennen ist, dass Objekt 8 und Objekt 10 auf

Grund ihrer großen Verglasungsflächen in Kombination mit dem nicht optimalen Nutzerverhalten - das bei allen Objekten der Fall war - im Vergleich zu Abbildung 69 deutlich höhere Einträge haben. Umgerechnet auf eine Arbeitszeit von 8 Stunden, betragen die solaren Lasten nicht mehr knapp 60 W/m<sup>2</sup> (Abbildung 69) sondern rund 75 W/m<sup>2</sup>.

Die gesamte Bandbreite der Wärmeeinträge bewegt sich zwischen 300 Wh/m<sup>2</sup>d und 1000 Wh/m<sup>2</sup>d. Umgerechnet in Wärmelasten (Bezugszeit sind 8 Stunden) ergibt das einen Wert von 40 W/m<sup>2</sup> bis 125 W/m<sup>2</sup>. D.h. wie oben bereits bei den solaren Energieeinträgen erläutert, kommt es auf Grund nicht optimaler Nutzung der Verschattung – diese wird meist nur bei direkter Einstrahlung (Blendung) voll aktiviert – zu höheren spezifischen Gesamtlasten.

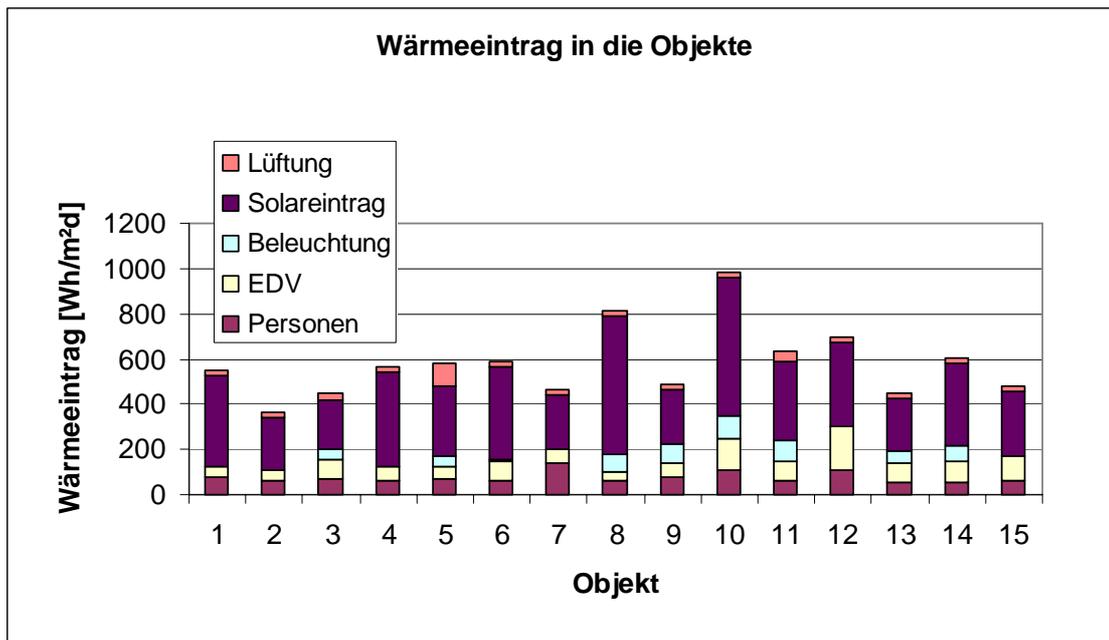


Abbildung 70: Gesamter Wärmeeintrag bei den erhobenen Objekten

### 5.9 Resümee aus der Gebäudedokumentation

Die Auswertung der untersuchten Gebäude hat gezeigt, dass der durchschnittliche Wärmeeintrag durch Personen bei etwa 10 W/m<sup>2</sup> liegt. Dies entspricht ca. 17% der Gesamtlast. Auf Grund der verschiedenen Belegungsdichten können Wärmeeinträge bis zu 140 Wh/m<sup>2</sup>d (Maximum, bei den aufgenommenen Gebäuden) entstehen.

Der Anteil der EDV-Ausstattung an der gesamten Last beträgt im Schnitt 19%, was einem Wert von 10 W/m<sup>2</sup> entspricht. Die durchgeführten Messungen konnten sehr deutlich zeigen, wie groß die Bandbreite der Wärmeabgabe durch diverse EDV-Geräte ist. Speziell bei Bildschirmen wird dies merkbar. So hat beispielsweise ein 17“ Röhrenbildschirm eine Wärmeabgabe von ca. 80 bis 90 Watt, ein TFT Bildschirm dagegen nur ein Viertel (~ 20 W/m<sup>2</sup> Bürofläche).

Die Dokumentation der Beleuchtung und das dabei ermittelte Nutzerprofil ergaben eine große Variation an Betrachtungsmöglichkeiten und Ergebnissen. Die Gebäude wiesen im Durchschnitt einen Wärmeeintrag von 14 W/m<sup>2</sup> bei eingeschalteter Beleuchtung auf. Geht man davon aus, dass im Sommer nur etwa 50% der installierten Beleuchtungskörper benutzt werden, würde

man einen Energieeintrag von 7 W/m<sup>2</sup> erhalten. Die Nutzerbefragung zu dieser Thematik brachte das Ergebnis, dass der spezifische Wärmeeintrag durch die Beleuchtung jedoch nur 4 W/m<sup>2</sup> beträgt. Die Ursache dafür liegt darin, dass die aktivierte Beleuchtungslast in den Sommermonaten deutlich unter der installierten liegt. In Kombination mit den Lüftungswärmegewinnen (~4 W/m<sup>2</sup> Bürofläche) macht die Summe dieser Lasten rund 10% der gesamten Kühllast aus.

Den größten Teil an der gesamten Kühllast bilden die solaren Erträge durch die Fenster. Im Durchschnitt betragen diese in den erhobenen Gebäuden, trotz ganztägig benutzter Verschattung, etwa 50%. Ein sehr hoher Verglasungsanteil der Fassade, sowie ein unzureichender Sonnenschutz können diesen Wert noch erheblich steigern. Eine weitere Erkenntnis in diesem Zusammenhang war, dass in vielen Fällen das Büropersonal aufgrund seines Nutzungsverhalten ein wesentlicher Einflussfaktor für die hohen solaren Lasten ist.

### 5.9.1 Überhitzungsproblematik

Neben der grundsätzlichen Ergebnissen in welcher Größenordnung sich die einzelnen Lasten (Solarlast, Personenlast, EDV-Last, etc.) bewegen und aus welchen Prozentsätzen sich daraus die Gesamtkühllast zusammensetzt, bestätigte die Gebäudedokumentation sehr deutlich, dass überhöhte Raumtemperaturen im Bürobestand den größten Unzufriedenheitsfaktor für die Angestellten bei der sommerlichen Nutzung der Büroräume darstellen. Die damit verbundene Einschränkung der Leistungsfähigkeit des Büropersonals stellt gleichzeitig wesentliche wirtschaftliche Einbußen für das Unternehmen dar. Die Resonanz der Gebäudebetreiber der 15 untersuchten Objekte auf die Gebäudedokumentation sowie die Anfragen von anderen Immobilienbetreibern, Architekten, technischen Büros, etc. zu den Projektergebnissen, zeigen deutlich den Handlungsbedarf und das Potenzial in diesem Bereich.

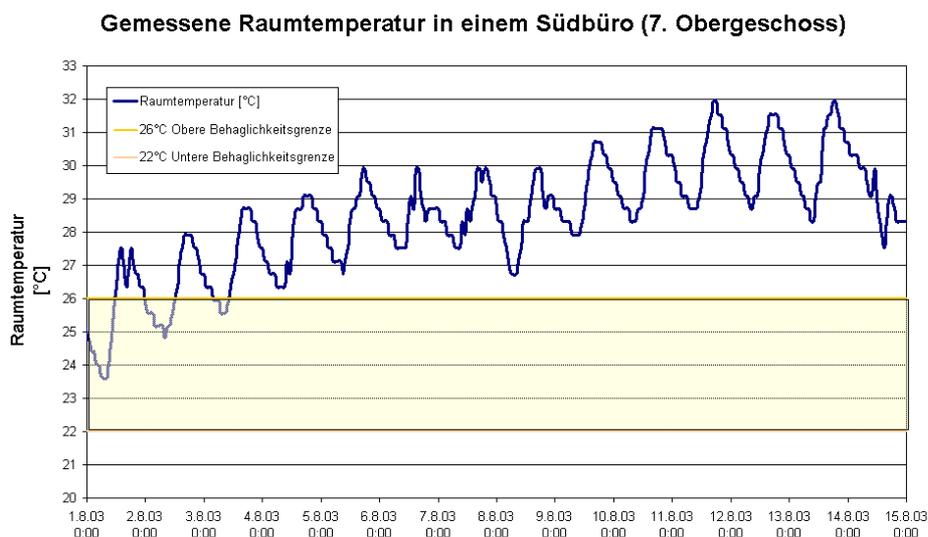


Abbildung 71: Stark überhöhte Raumtemperaturen mit 32°C und mehr stellten bei fast allen dokumentierten Objekten für die Büroangestellten das größte Problem bei der sommerlichen Nutzung dar. Hier: gemessener Raumtemperaturverlauf über 14 Tage im Objekt 1

### 5.9.2 Stromverbrauch

Neben der Überhitzungsproblematik, von der naturgemäß die Büronutzer am stärksten betroffen sind, konnte die Gebäudedokumentation auch einen deutlichen Trend im Primärenergieverbrauch aufzeigen. Abbildung 72 zeigt dazu die Entwicklung des spezifischen Stromverbrauchs der dokumentierten Gebäude im Zeitraum von 1992 bis 2002. Aus dem Verlauf ist herauszulesen, dass sich der Stromverbrauch über 10 Jahre in einem Bereich von 50% bis zu fast 100% erhöht hat. Die Ursachen dafür können unterschiedlich sein. Einen der größten Einflüsse hat, trotz immer energieeffizienterer Geräte, der vermehrte EDV-Einsatz (höhere Installationsdichten) in Verbindung mit längeren Laufzeiten. Der zweite wesentliche Punkt ist der Umstand, dass es unumgänglich wird, zumindest Teilbereiche von Bürogebäuden

zu klimatisieren (z.B. Serverräume, Besprechungszimmer, etc.). Hier wird in der Regel auf primärenergieintensive Splitgeräte zurückgegriffen.

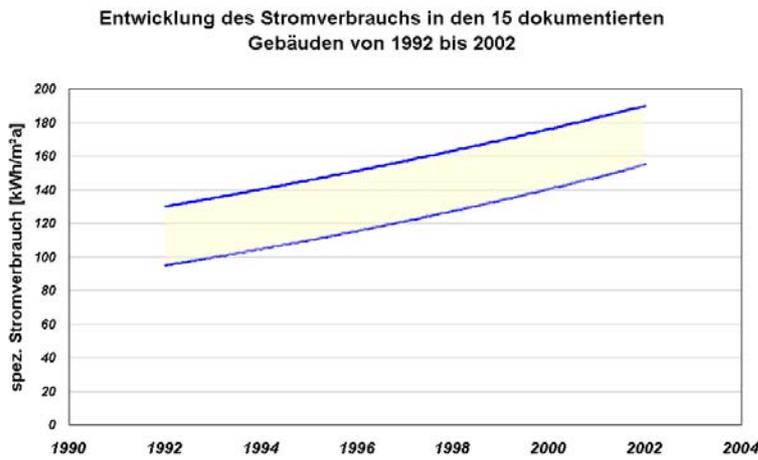


Abbildung 72: Entwicklung des Stromverbrauchs in den 15 dokumentierten Gebäuden von 1992 bis 2002

Ergänzend zur Entwicklung des Gesamtstromverbrauchs in Abbildung 72, kann aus Abbildung 73 die mittlere Aufteilung in Verbrauchersegmente abgelesen werden. Die oben getätigten Aussagen werden durch diese Grafik bestärkt, da das Segment EDV („vermehrter EDV-Einsatz“) und das Segment Haustechnik („vermehrter Einsatz von Splitgeräten“) die beiden größten Verbraucher ausmachen.

Aufteilung des Stromverbrauchs zu den dokumentierten Bürogebäuden

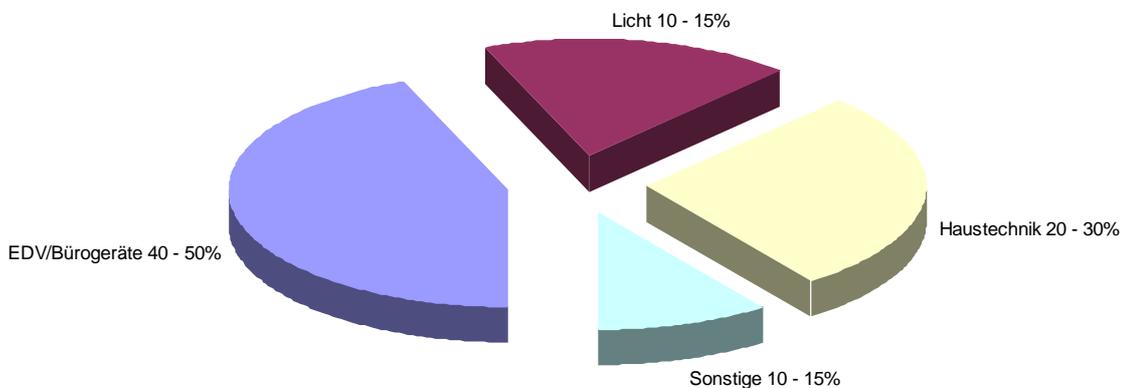


Abbildung 73: Aufteilung des Stromverbrauchs bei den dokumentierten Bürogebäuden (Sonstige: Lift, Außenanlagen, etc.)

### 5.9.3 Stromsparpotenzial

Betrachtet man den starken Anstieg des Stromverbrauchs (Abbildung 72) und die direkt damit verbundene Erhöhung der Energiekosten in den Büro- und Verwaltungsgebäuden in der letzten Dekade, so sind Möglichkeiten und Potenziale zur Stabilisierung bzw. zur Reduktion des Stromverbrauchs von großem Interesse. Nachfolgend werden dazu die drei Segmente „Bürogeräte“, „Beleuchtung“ und „Klimatisierung“ diskutiert.

#### 5.9.3.1 Bürogeräte

Rund 40 – 50% des Stromverbrauchs eines Bürogebäudes werden durch Bürogeräte verursacht (Abbildung 73). Die Gebäudedokumentation hat dabei gezeigt, dass zum einen durch den Einsatz energieeffizienter Geräte und zum anderen durch die Verringerung des Stromverbrauchs während des Stand-by-Betriebs und auch während des AUS-Zustandes deutliche Einsparungen möglich sind. Untersuchungen belegen zum Beispiel, dass nur 30% des Stromverbrauchs eines PC's während der Betriebszeit benötigt werden. Der Rest wird im Stand-by-Betrieb und auch im AUS-Zustand verbraucht (EVA, 2000). Abbildung 74 zeigt dazu das enorme Stromsparpotenzial unterschiedlicher Bürogeräte beim Ersatz eines alten Gerätes durch ein neues.

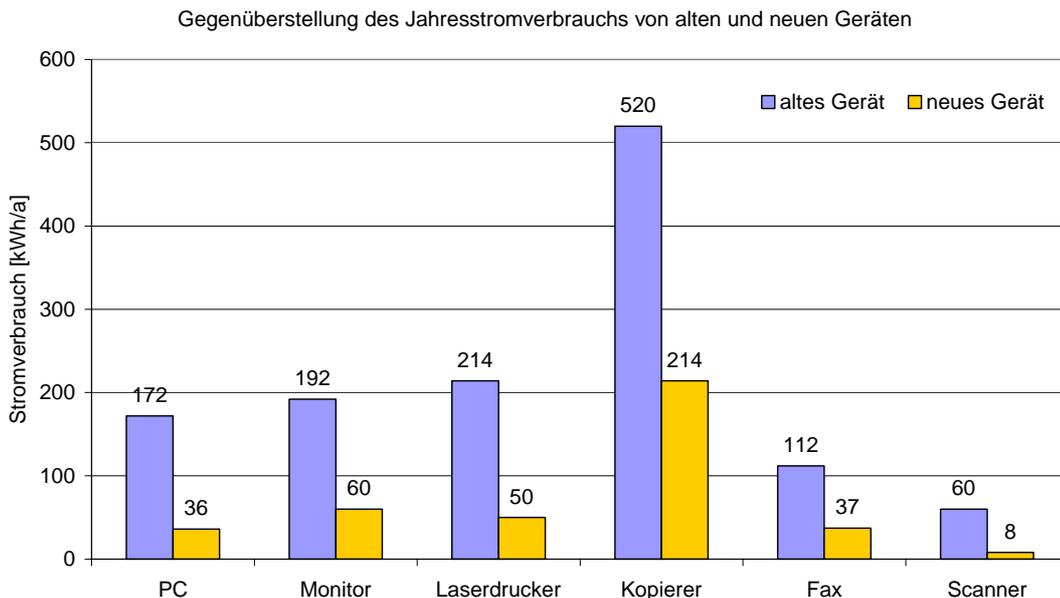


Abbildung 74: Gegenüberstellung des Jahresstromverbrauchs von alten und neuen Geräten (EVA, 2000)

Analoge Größenordnungen ergeben auch die innerhalb der Gebäudedokumentation durchgeführten Messungen an ausgewählten Bürogeräten. Hier zeigt sich, dass der Stromverbrauch von „PC + Monitor“ um mehr als das 3-fache variieren kann. D.h. bei stromeffizienten Geräten kann gegenüber einem Altgerät über zwei Drittel des Stroms eingespart werden. Betrachtet man den Stromverbrauch der Monitore gesondert, so ist das Einsparpotenzial von neuen Geräten (dies sind in der Regel TFT – Bildschirme) noch größer und kann bei den vorliegenden Beispielen bis zu 80% betragen. Dass das Einsparpotenzial von

PC's in der Praxis schwerer zu definieren bzw. generell geringer ist, liegt auch darin, dass alte Geräte zwar durch neue energieeffizientere ersetzt werden, diese jedoch in der Regel wieder schneller und leistungsstärker sind. Dadurch steigt wiederum der Energiebedarf für Prozessor, Festplatte, Grafik- und Erweiterungskarten sowie Ventilator und der Einspareffekt reduziert sich.

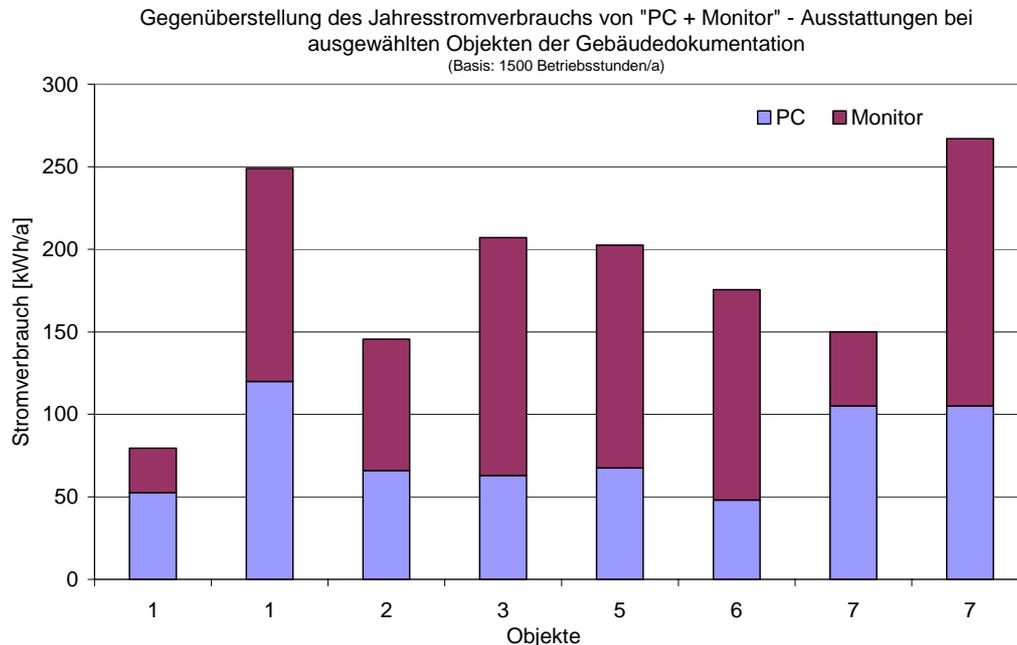


Abbildung 75: Jahresstromverbrauch von unterschiedlichen „PC + Monitor“ - Ausstattungen in ausgewählten Objekten der Gebäudedokumentation (Basis: 1500 Betriebsstunden / a)

### 5.9.3.2 Beleuchtung

Der Stromverbrauch durch die Beleuchtung wird in Bürogebäuden durch zwei Parameter bestimmt. Zum einen durch die installierte Leistung, zum anderen durch die Betriebszeiten. Ziel sollte dabei sein:

- Die installierte Beleuchtungsleistung ist nicht größer als 12 W/m<sup>2</sup> Büronutzfläche.
- Natürliches Tageslicht wird bei gleichzeitig minimaler solarer Kühllast optimal zur Büroausleuchtung genutzt. D.h. die Beleuchtung sollte nur dann erforderlich werden, wenn es die äußeren Witterungsverhältnisse (Schlechtwetter, starke Bewölkung) bzw. die jahreszeitlichen Bedingungen es nicht anders zulassen.

Betrachtet man dazu die Ergebnisse aus der Gebäudedokumentation, so zeigen sich folgende Einsparpotenziale. Die installierte Beleuchtungsleistung liegt bei den dokumentierten Objekten bei bis zu 23 W/m<sup>2</sup> Büronutzfläche, d.h. bei unverändertem Nutzerverhalten kann durch den Einsatz einer energieeffizienten Beleuchtung bis zu 50% des bisherigen Stromverbrauchs eingespart werden. Werden zusätzlich noch Maßnahmen getroffen, dass in den Sommermonaten keine Beleuchtung erforderlich wird (bei 60% der erhobenen Objekte wird diese bei gezogener Verschattung noch benötigt), so sind weitere Einsparungen von bis zu einem Viertel möglich. Nimmt man wiederum eine mittlere Betriebsdauer von 1500 h/a an, so

kann durch eine Kombination der oben erwähnten Maßnahmen eine Reduktion des Stromverbrauchs von bis zu 22 kWh/m<sup>2</sup> Büro Nutzfläche erreicht werden.

### 5.9.3.3 Klimatisierung

Die derzeit übliche Sanierungspraxis im Bürobestand liegt in der Installation von Klimageräten. Dadurch werden aber nicht die eigentlichen Ursachen der Überhitzung in Bürogebäuden behandelt, sondern die auftretenden Wärmemengen primärenergieintensiv „weggekühlt“. Ein wesentlicher negativer Punkt dabei ist, dass die Nutzer ihr Verhalten nicht an die sommerlichen Bedingungen anpassen müssen, sondern sämtliches Fehlverhalten durch den Betrieb der Klimaanlage wettgemacht wird.

Betrachtet man den mittleren Kühlenergiebedarf bzw. die mittlere Kühllast für die dokumentierten Objekte bei den vorherrschenden Rahmenbedingungen, so liegen diese je nach klimatischen Bedingungen in einem Bereich von 18 bis 35 kWh/m<sup>2</sup> a bzw. 40 bis 80 W/m<sup>2</sup> Büro Nutzfläche. Dies entspricht einem Stromverbrauch von rund 6 – 12 kWh/m<sup>2</sup> a bei einer Leistungszahl des Klimagerätes von 3.

Wie die Erfahrung jedoch zeigt, ist bei Bürogebäuden mit installierten Kälteanlagen der tatsächliche Stromverbrauch für Klimatisierung deutlich höher. Dies rührt daher, dass einerseits das konsequente Verhalten der Nutzer zur Kühllastreduktion (rechtzeitige Verschattungsaktivierung, energieeffiziente Nutzung der Beleuchtung bzw. der Bürogeräte) nachlässt, andererseits die Raumtemperaturen auf ein Temperaturniveau von 23 – 24°C und nicht auf die berechneten 26°C Raumtemperatur eingestellt werden. Diese im Betrieb geänderten Rahmenbedingungen können den tatsächlichen Strombedarf für Klimatisierung um ein Vielfaches (allein die Absenkung der Raumtemperatur von 26°C auf 24°C verdoppelt den Stromverbrauch) erhöhen.

Leider wird das „Fehlverhalten“ der Nutzer auch sehr oft in der Planungsphase durch entsprechende Überdimensionierung der Kälteanlage bereits bewusst berücksichtigt. Dadurch werden auch die Leistungsgrenzen der Kühlanlage nur selten oder gar nicht erreicht und das Personal muss keine Anstrengungen zur (kühl-)energieeffizienten Nutzung der Büroräumlichkeiten unternehmen.

## 6 Grundsätzliches zur Sensitivitätsanalyse von Sanierungsvarianten

Nach der Analyse des Gebäudebestands bestätigt sich aus den gewonnenen Erkenntnissen (starke Übertemperaturen in den Sommermonaten bzw. deutlicher Anstieg des Stromverbrauchs zur Deckung des Kühlenergiebedarfs) die Notwendigkeit einer Erarbeitung von nachhaltigen Sanierungskonzepten für den sommerlichen Betrieb von Büro- und Verwaltungsgebäuden. Dass dabei vor allem auf die Nachhaltigkeit von Sanierungsmaßnahmen ein hoher Stellenwert gelegt werden soll, zeigt die derzeit übliche Sanierungspraxis im Bürobestand mit primärenergieintensiven Splitgeräten. Dabei führen diese Lösungen in der Regel nur zu einer Verlagerung der Probleme. Hohe Betriebs- / Stromkosten, unzureichende Behaglichkeitssituationen (hohe Luftumwälzung, tiefe Ausblastemperaturen, hohe Ausblasgeschwindigkeiten, etc.) sowie architektonisch unbefriedigende Ergebnisse (Abbildung 76) sind dabei als wesentliche Problempunkte zu nennen.



Abbildung 76: Nachrüstung von dezentralen Klimageräten auf Grund von überhöhten Raumtemperaturen – eine ästhetisch und energetisch unbefriedigende Lösung

Aus diesem Grund wurden aus den 15 dokumentierten Gebäuden zwei repräsentative Objekte (diese dürfen nach Rücksprache mit den Gebäudebetreibern auch namentlich genannt werden: Landhaus Bregenz, Kapitel 8 und Oberlandesgericht Linz, Kapitel 10) ausgewählt, um an diesen eine Bandbreite verschiedener Maßnahmen zur Verbesserung der sommerlichen Situation in den Büroräumen analysieren und bewerten zu können. Basis für die Auswahl der Gebäude waren primär der Grad des Sanierungsbedarfs, das mögliche Umsetzungspotenzial von nachhaltigen Kühlkonzepten, die Möglichkeit der Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf andere Sanierungsobjekte sowie nicht zuletzt die Qualität der vom Gebäudebetreiber bzw. -besitzer zur Verfügung gestellten Unterlagen. Detaillierte Informationen zum Gebäude (bauphysikalische Daten, installierte EDV-Geräte und Beleuchtungen, Belegungsprofile, Nutzungsprofile, Energieverbrauch etc.) bilden eine wichtige Basis, weil nur so realitätsgetreue Berechnungen der sommerlichen IST-Situation möglich werden und dadurch wiederum die schlussendlichen Auswirkungen bei der Umsetzung von nachhaltigen Sanierungsmaßnahmen exakt bestimmt werden können.

Für dieses Vorhaben ist es unumgänglich ein geeignetes Simulationsprogramm zu verwenden, bei dem reale Bedingungen exakt nachgebildet werden können. Eine häufig praktizierte Überdimensionierung des Kühlsystems entfällt somit. Aufgrund der hohen Flexibilität bei der Definition der Randbedingungen und der Möglichkeit auch Systeme zur Energieabgabe, -verteilung und -bereitstellung zu berücksichtigen (z.B. Bauteilkühlung über ein wassergeführtes System mit Erdsonden als Kältequelle), wurde zu diesem Zweck die Simulationssoftware TRNSYS (TRNSYS, 2000) für alle Vergleichs- und Optimierungsrechnungen gewählt.

## 7 Simulationsoftware TRNSYS

### 7.1 Allgemeines zur Simulationssoftware TRNSYS

TRNSYS (TRNSYS, 2000) ist ein Programmpaket zur Berechnung des thermischen Verhaltens eines Gebäudes einschließlich der aktiven und passiven Komponenten zur Energieversorgung (z.B. Heizkessel, Wärme- / Kälteverteilsystem, Kollektorsysteme, etc.) und zur Bilanzierung der auftretenden zeitabhängigen Energieströme. TRNSYS wurde ursprünglich für die detaillierte Analyse von Gebäuden mit aktiver Solartechnik entwickelt. Heute sind sowohl passive Solarkomponenten als auch herkömmliche Heiz- und Kühleinrichtungen als Modelle erhältlich.

Der Vorteil von TRNSYS besteht in seiner Flexibilität und der Möglichkeit, ein System sehr detailliert nachzubilden. TRNSYS ist modular aufgebaut. Es enthält eine große Anzahl von Standardkomponenten, den TYPES, die je nach Anforderung zur Nachbildung des realen Systems zusammengefügt werden können. Die offene Struktur des Programms erlaubt es dem Anwender, selbst erstellte TYPES einzubinden und vorhandene Standardkomponenten zu verändern.

Jeder TYPE beschreibt die Funktionsweise einer bestimmten Systemkomponente. Das reale Betriebsverhalten der Komponenten wird in den TYPES mit mathematischen Algorithmen nachgebildet. Zur Lösung des Gleichungssystems, das sich aus den Einzelkomponenten und deren logischen Verknüpfungen im Gesamtsystem ergibt, stehen in TRNSYS verschiedene Lösungsalgorithmen zur Verfügung. Die Zeitschrittweite und die Genauigkeit, mit der simuliert wird, sind durch den Anwender wählbar. Prinzipiell können alle Eingangs- und Ausgangsgrößen jeder Komponente ausgegeben werden. Die Ausgabegrößen können zudem über definierte Zeitintervalle (Tage, Monate, Jahre) integriert werden.

### 7.2 Gebäudesimulation - Methode und Berechnungsvoraussetzungen in TRNSYS

Für die dynamische Gebäudesimulation wird das Gebäude in thermische Zonen aufgeteilt. In der Regel werden so einzelne Räume oder auch Raumgruppen abgebildet, die gleiche Randbedingungen wie Nutzung, Belegung oder Verglasung besitzen. Jede Zone wird durch einen Luftknoten repräsentiert, der die Kapazität des Inhalts des Zonenvolumens hat. Die Energiebilanz der Zone wird an diesem Luftknoten durchgeführt. Grundlage der Bilanz ist der Energieerhaltungssatz. Der Strahlungsaustausch zwischen den Oberflächen wird separat gerechnet. Die solaren Gewinne der Zone finden nur indirekt Eingang in die Bilanzierung. Die Strahlung wirkt über den Umweg der Absorption an den Hüllflächen der Zone und die nachfolgende konvektive Wärmeabgabe an den Raum auf den Luftknoten. Dies gilt auch für den Strahlungsanteil interner Wärmequellen. Das thermische Modell der Wände basiert auf der Respons-Faktoren-Methode (Stephenson et. al., 1971). Vor dem eigentlichen Simulationslauf wird das thermische Verhalten der Wand als Transferfunktion berechnet, auf die in der Simulation zugegriffen wird. Die Stoffwerte werden vor der Simulation als Konstanten festgelegt. Die Abhängigkeit von physikalischen Zustandsgrößen findet keine Berücksichtigung.

Die dynamische Gebäudesimulation wird in TRNSYS mit einem Unterprogramm - dem TYPE 56 - durchgeführt. Die Vielzahl der benötigten Gebäude- und Wetterdaten, die Einfluss auf das Gebäudeverhalten haben, wird zunächst extern zusammengestellt und dem eigentlichen TRNSYS-Simulationslauf durch entsprechende Eingabedateien übergeben.

- Aus der Gebäudenutzung und der Gebäudegeometrie ergibt sich die Einteilung in thermische Zonen. Mit den aus den Gebäudeplänen ermittelten Abmessungen, den Materialdaten und weiteren Gebäudedaten (Luftwechselraten, Solltemperaturen etc.) wird über einen Editor das „Building Input Description-File“ (.bid) erstellt. Aus der Building Description erzeugt das BID-Programm die Übergabedateien (.bld und .trn) für die TRNSYS-Simulation. Das .bld-File enthält die Geometriedaten des Gebäudes, die Transferfunktionen der Wände sind im .trn- File niedergelegt. Im Userfile .usr werden die für den in der Simulation aufgerufenen TYPE 56 nötigen INPUTS und die verfügbaren OUTPUTS aufgelistet.
- Die Eingabedatei für die TRNSYS-Simulation des Gebäudes ist das sogenannte Deck-File. Hier werden die Übergabedateien für das Gebäude und die Wetterdaten aufgerufen, eingelesen und mit den in der Simulation benötigten TYPES verknüpft. So werden zum Beispiel die Strahlungsdaten aus dem Wetterdatensatz zuerst in einem Radiation Processor (TYPE 16) nach einem vorgewählten Himmelsmodell auf die Neigung und Orientierung der im .bid vereinbarten Gebäudeaußenflächen umgerechnet, bevor diese an den TYPE 56 übergeben werden können. Die Liste der INPUTS aus dem Userfile wird hier zur Vereinbarung des TYPE 56 im Deck benötigt. Zudem kann die Gebäudesimulation durch andere Komponenten, wie z.B. einem Wärmetauscher für die mechanische Lüftung, ergänzt werden. Die Ergebnisse der Simulation werden gezielt durch das Aufrufen der gewünschten OUTPUTS in einem Ausgabe-TYPE erzeugt.

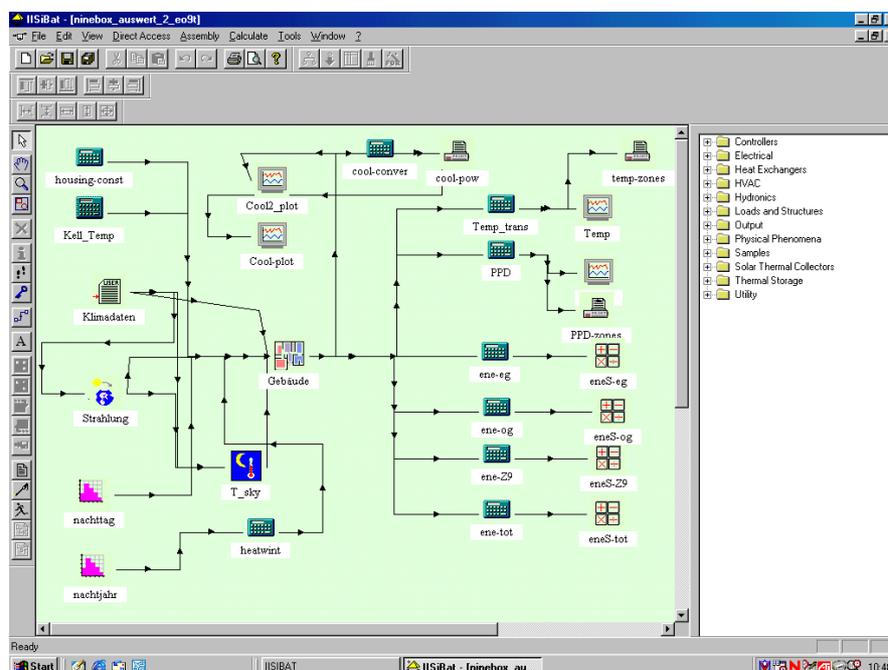


Abbildung 77: „Screen Shot“ der Bearbeitungsoberfläche im Simulationsprogramm TRNSYS. Dargestellt sind die erforderlichen Verknüpfungen zwischen Inputs, Rechenprozessen und Outputs für eine Gebäudesimulation.

Neben den üblichen Simulationsaufgaben, wie

- Dynamische Heiz- und Kühllastermittlung für die thermischen Zonen
- Winterliches und sommerliches Temperaturverhalten in den thermischen Zonen
- Parameterstudien zu Wandaufbauten, Isolationsstärken, Fensteranteilen, -qualitäten und -orientierungen

bietet TRNSYS die Möglichkeit der Nachbildung verschiedenster aktiver Systeme, wie

- Thermische Solaranlagen
- Mechanische Lüftungen mit und ohne Wärmerückgewinnung
- Erdreichwärmetauscher
- Beschattungseinrichtungen
- Transparente Wärmedämmung
- etc.

Damit kann einerseits das Gebäudeverhalten ohne aktive Systeme abgebildet und andererseits der Einfluss aktiver Systeme auf das Gebäudeverhalten ermittelt werden.

## 8 Objekt 1 – Landhaus Bregenz

Beim ersten im Detail untersuchten Objekt handelt es sich um das Landhaus Bregenz in Vorarlberg. Das 1981 errichtete Gebäude umfasst eine auf acht Geschöße aufgeteilte Nutzfläche von rund 11.500 m<sup>2</sup>, die in erster Linie als Büroräumlichkeiten genutzt werden.



Zusätzlich gibt es noch zwei unterirdische Geschöße, die als Parkdecks und für die Technikzentralen zur Verfügung stehen.

Abbildung 78: Nordwest Ansicht des Vorarlberger Landhauses in Bregenz

Laut Nutzerbefragung bzw. nach Angaben der Hausverwaltung liegt die Hauptproblematik bei diesem Objekt an einer in den Sommermonaten zum Teil starken Überhitzung in den nach Süden orientierten Büroräumen. Kurzzeitmessungen im August 2003 bestätigten diese subjektiven Angaben der Benutzer eindrucksvoll. Abbildung 80 zeigt dazu den innerhalb der Gebäudedokumentation ermittelten Raumtemperaturverlauf eines Regel-Südbüros im 7. Obergeschoß. Es ist dabei zu erkennen, dass das thermische Behaglichkeitsfeld zwischen 22 und 26°C (DIN 1946 Teil 2, 1994) über zwei Wochen hindurch täglich überschritten wird.



Abbildung 79: Südansicht des Landhaus Bregenz. Vor allem Büroräume im 6. und 7. Obergeschoß weisen auf dieser Seite Raumtemperaturen von deutlich über 30°C auf.

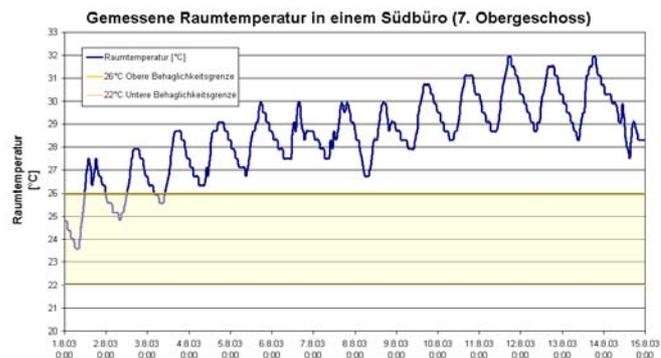


Abbildung 80: Gemessene Raumtemperatur in einem Südbüro des Objektes 1 (7. Obergeschoß) für den Zeitraum vom 1. bis 15. August 2003

Die aus der Gebäudedokumentation gewonnenen Erkenntnisse bestätigen somit eindrucksvoll die Notwendigkeit einer raschen Einleitung von Maßnahmen zur Verbesserung der derzeit vorherrschenden thermischen Situation am Arbeitsplatz. Zu diesem Zweck wird in den nachfolgenden Kapiteln eine Bandbreite nachhaltiger Sanierungsmaßnahmen speziell für

dieses Objekt erarbeitet und verglichen. Der Schwerpunkt wird dabei im ersten Teil auf die Reduktion von Kühllasten gelegt und im zweiten Teil werden Kühlkonzepte mit Umweltenergien integriert.

## 8.1 Erstellung des Gebäudemodells

Um eine möglichst gute Abbildung der IST - Situation in der Simulation durchführen zu können, ist es notwendig, die vorherrschenden Rahmenbedingungen detailliert zu kennen.

Wesentliche Eckdaten für eine realitätsgetreue Abbildung des Gebäudeverhaltens sind dabei:

- **Klimatische Bedingungen am Standort des Gebäudes:**  
Die wichtigsten Parameter sind dabei Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit sowie die Strahlungsdaten (Global- und Diffusstrahlung).
- **Geometrien des Gebäudes:**  
Genauere Planunterlagen, die der tatsächlichen Ausführung des Objektes entsprechen, sind für eine exakte Berechnung ein wichtiger Faktor. Vor allem dann, wenn Überstände, Fassadenvorsprünge, etc. zu gebäudeeigenen Verschattungssituationen führen, die die Kühllast (positiv) beeinflussen.
- **Zusammenfassung der thermisch bzw. nutzungsspezifisch ähnlichen Bereiche zu Zonen:**  
Würde man bei einem Gebäude mit einer Gesamtfläche (inklusive Verkehrs- und Nebennutzflächen) von über 20.000 m<sup>2</sup> jeden einzelnen Raum für sich abbilden, so würden bei der Simulation enorme Rechnerleistungen erforderlich sein bzw. unverträglich lange Berechnungszeiten entstehen. Aus diesem Grund ist es sinnvoll Gebäudebereiche zu Zonen mit ähnlicher Nutzung bzw. ähnlicher thermischer Belastung zusammenzufassen.
- **Konstruktionsaufbauten des Gebäudes:**  
Um das thermische Verhalten der Konstruktionsaufbauten entsprechend berücksichtigen zu können ist es notwendig alle Wandaufbauten genau zu kennen. Neben der Ermittlung des U-Wertes spielen bei der Betrachtung des sommerlichen Betriebs vor allem mögliche ansprechbare Speichermassen eine wichtige Rolle.
- **Externe Lasten:**  
Den größten Anteil der externen Lasten machen grundsätzlich die solaren Lasten aus. D.h. für eine exakte Abbildung sind Art und Nutzung des Verschattungssystems wichtige Parameter. Weitere Einflussgrößen sind Art und Betrieb der Lüftung (natürlich, mechanisch) und der Wärmedurchgang durch die Außenhülle.
- **Interne Lasten:**  
Die Wärmelasten durch Personen, Bürogeräte und Beleuchtungssysteme können im wesentlichen durch Belegungs- bzw. Ausstattungspläne und den zugehörigen Anwesenheits- bzw. Nutzungszeiten berücksichtigt werden.

All diese Parameter wurden im Zuge der detaillierten Gebäudedokumentation aufgenommen bzw. vom Gebäudebetreiber /-besitzer zur Verfügung gestellt. In den nachfolgenden Kapiteln wird auf die konkreten Rahmenbedingungen genauer eingegangen.

### 8.1.1 Klimatische Bedingungen am Standort des Gebäudes

Als Klimadaten wurde die von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) bezogene Messreihe des Jahres 2003 für den Standort des Gebäudes (Bregenz) ausgewertet. Dieses Jahr wies eine lange, intensive Schönwetterperiode auf und soll daher als Basis für Betrachtungen sämtlicher Sanierungs- und Optimierungsmaßnahmen herangezogen werden. In Tabelle 12 sind dazu für den Klimadatensatz „Bregenz 2003“ die Auswertungen für die Global- und Diffusstrahlung in Form von Maximal- und Mittelwert sowie Energieeintrag für jedes Monat angegeben. Zusätzlich findet man noch das Monats-Maximum, -Minimum und den –Mittelwert für die Parameter Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit.

Tabelle 12: Auswertung des Klimadatensatzes vom Gebäudestandort basierend auf gemessenen Stundenwerten für das Jahr 2003 (Quelle ZAMG).

Klimadaten, Bregenz / 2003													
	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	Jahr
<b>GLOBALSTRAHLUNG</b>													
Maxima [W/m <sup>2</sup> ]	439	603	756	900	964	939	936	844	828	597	458	389	964
Mittelwert [W/m <sup>2</sup> ]	40	88	160	201	203	295	243	223	168	77	48	39	149
Energie, [kWh/m <sup>2</sup> ]	30	59	119	145	151	212	181	166	121	58	35	29	1306
<b>DIFFUSSTRAHLUNG</b>													
Maxima, [W/m <sup>2</sup> ]	308	600	444	500	764	703	450	417	397	42	33	24	764
Mittelwert, [W/m <sup>2</sup> ]	28	68	70	98	114	153	84	83	62	5	4	3	64
Energie, [kWh/m <sup>2</sup> ]	21	46	52	71	85	110	62	62	44	4	3	2	561
<b>LUFTTEMPERATUR</b>													
Minima, [°C]	-10.3	-10.1	-1.4	-4.4	4.4	14.1	12.5	10.4	6.0	-2.9	0.5	-10.5	-10.5
Maxima, [°C]	14.1	13.3	18.9	25.8	32.1	34.0	30.7	35.7	24.2	21.2	12.2	17.1	35.7
Mittelwert, [°C]	0.5	-1.6	7.0	9.6	15.1	22.7	20.2	22.4	14.7	7.1	5.4	1.8	10.5
<b>LUFTFEUCHTIGKEIT</b>													
Minima, [%]	47.0	32.0	34.0	35.0	31.0	34.0	41.0	32.0	46.0	44.0	57.0	40.0	31.0
Maxima, [%]	98.0	97.0	97.0	96.0	96.0	95.0	95.0	98.0	98.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Mittelwert, [%]	82.5	80.3	70.3	68.4	74.3	65.6	69.8	68.6	78.1	84.8	88.9	83.8	76.2

Um auch den Einfluss geänderter klimatischer Bedingungen auf die Kühllast des Gebäudes bzw. auf die Raumtemperatur betrachten und analysieren zu können, wird neben dem heißen Sommer-Klimadatensatz 2003, auch ein zweiter, gemittelter Klimadatensatz herangezogen.

Dieser Klimadatenatz wurde basierend auf den gemessenen Monatsmittelwerten für den Zeitraum 1994 – 2001 mittels Meteororm 5.0 (Meteotest AG, 2003) generiert und stellt im Vergleich zum Betrachtungszeitraum ein Durchschnittsjahr dar. Die wesentlichen Parameter des gemittelten Klimadatenatzes sind analog zu den Daten für 2003 in Tabelle 13 zusammengefasst.

Die Auswirkungen dieser beiden Klimadatenätze auf die Gebäude-Kühllast bzw. die Raumtemperatur im Vorarlberger Landhaus werden nach der Beschreibung aller übrigen Randbedingungen (Zonierungen, Konstruktionsaufbauten, externe und interne Lasten, etc.) in 8.2.1 dargestellt.

Tabelle 13: Auswertung des durchschnittlichen Klimadatenatzes von Bregenz generiert in Meteororm 5.0 basierend auf gemessenen Monatsmittelwerten für den Zeitraum von 1994 – 2001.

Klimadaten, Bregenz (1994 - 2001)													
	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	Jahr
<b>GLOBALSTRAHLUNG</b>													
Maxima [W/m²]	378	553	724	851	913	929	911	858	728	609	415	296	929
Mittelwert [W/m²]	40	71	117	163	202	219	230	194	138	83	42	30	128
Energie, [kWh/m²]	29	48	87	117	150	157	171	144	100	62	30	22	1118
<b>DIFFUSSTRAHLUNG</b>													
Maxima, [W/m²]	188	249	360	385	427	460	430	404	378	293	211	156	460
Mittelwert, [W/m²]	26	43	72	94	109	129	117	102	80	50	30	21	73
Energie, [kWh/m²]	20	29	54	68	81	93	87	76	58	37	22	15	639
<b>LUFTTEMPERATUR</b>													
Minima, [°C]	-12.7	-8.9	-5.0	-1.5	1.4	4.9	8.6	7.7	5.6	1.4	-4.5	-8.8	-12.7
Maxima, [°C]	9.5	12.1	15.6	21.3	25.4	26.1	28.2	27.4	24.1	19.3	16.3	10.9	28.2
Mittelwert, [°C]	-0.5	0.9	4.5	8.2	12.8	15.5	17.9	17.4	14.2	9.7	4.3	0.9	8.9
<b>LUFTFEUCHTIGKEIT</b>													
Minima, [%]	51.0	48.0	41.0	38.0	37.0	46.0	41.0	42.0	47.0	51.0	48.0	47.0	37.0
Maxima, [%]	100.0	100.0	97.0	100.0	100.0	99.0	100.0	98.0	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Mittelwert, [%]	80.8	78.0	72.6	71.7	70.4	72.9	71.4	72.2	76.1	78.2	81.0	80.5	75.5

Die zahlenmäßigen Auswertungen der Klimadaten aus Tabelle 12 und Tabelle 13 sind in Abbildung 81 und Abbildung 82 in einer anschaulichen Form dargestellt. In Abbildung 81 ist dazu die grafische Auswertung der Außenlufttemperatur für den Standort Bregenz ersichtlich. Im Jahresmittel (rechter Balken) war die Außenlufttemperatur im Jahr 2003 um etwa 3 K höher als im langjährigen Mittel. Bei den Monatsmittelwerten werden die extremen Temperaturen des Jahres 2003 noch deutlicher. Im Juni liegen hier die mittleren Monatstemperaturen um etwa 8 K, im August um zirka 5 K über dem langjährigen Mittelwert. Ähnliche Tendenzen wie bei den Temperaturen zeigen sich auch bei den Auswertungen zur, für die Solarlasten durch Verglasungsflächen verantwortlichen, Globalstrahlung (Abbildung 82). Im Juni 2003 lag die

Globalstrahlung auf die Horizontale beispielsweise 50 kWh/m<sup>2</sup> über dem Mittelwert, im August um die 20 kWh/m<sup>2</sup> darüber. Die Gegenüberstellung der Jahressumme zeigt, dass im Jahr 2003 ein um rund 20% höherer Energieeintrag erfolgte.

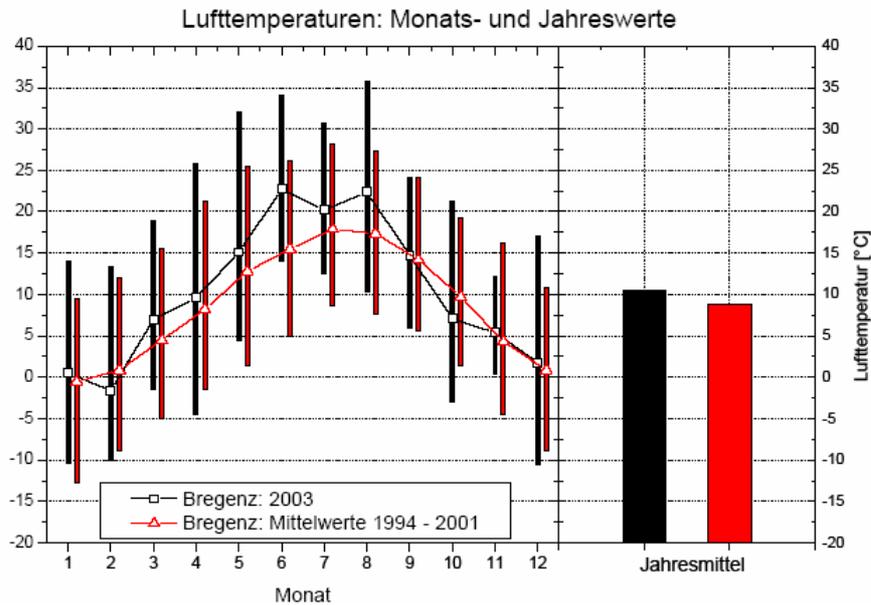


Abbildung 81: Grafische Auswertung der beiden Außentemperatursätze für den Standort Bregenz als Monatsverlauf (links) und als Jahresmittelwert (rechts). Die Monatsmittelwerte sind als Datenpunkte und die minimalen und maximalen Werte als Balken dargestellt.

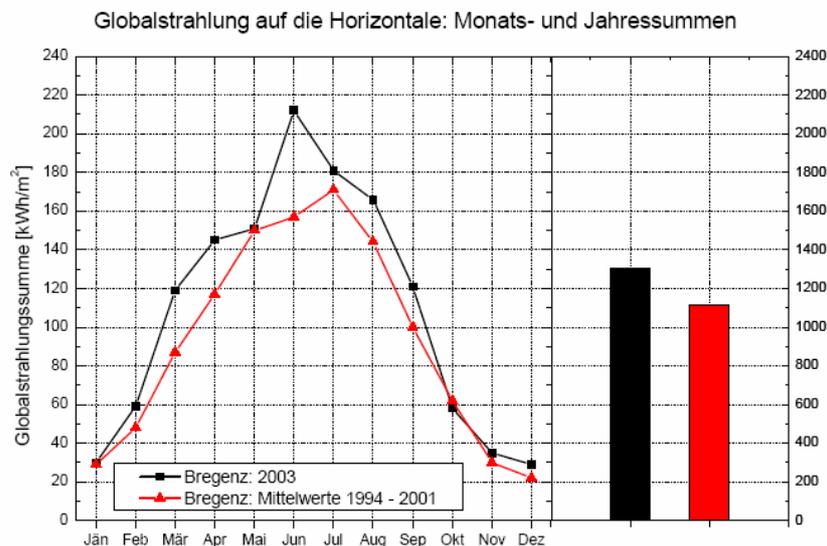


Abbildung 82: Grafische Auswertung der beiden Globalstrahlungssummen für den Standort Bregenz als Monatsverlauf (links) und als Jahressumme (rechts).

Aufgrund der intensiven Schönwetterperiode im Sommer 2003 bietet sich die Betrachtung von Sanierungsmaßnahmen anhand dieser Klimadaten an. Durch die Berücksichtigung dieser Klimadaten wird sowohl dem allgemein erkennbaren Trend der globalen Erwärmung und den somit von der Tendenz her immer wärmer werdenden Sommermonaten, als auch einer fundierten Belastbarkeit der passiven Kühlkonzepte Rechnung getragen.

### 8.1.2 Geometrien und Zonierung des Gebäudes

Bei einem Objekt in dieser Größenordnung (in Summe knapp 20.000 m<sup>2</sup> Büronutz- bzw. Verkehrsflächen) würde die Abbildung eines jeden einzelnen (Büro-)Raums zu große Zeit- und Rechnerkapazitäten in Anspruch nehmen. Um diese Zeiten zu reduzieren und im gleichen Zug doch hinreichend detaillierte Ergebnisse zu erhalten, erfolgt eine Einteilung bzw. Zusammenfassung der (Büro-)Flächen in thermische Zonen ähnlicher Nutzung und ähnlicher Lastprofile. Das Landhaus Bregenz wurde in 28 thermische Zonen eingeteilt, wobei hier im 6. und 7. OG bewusst Zonen detaillierter definiert wurden, da in diesem Bereich des Gebäudes die Überhitzung am größten ist bzw. häufigsten auftritt.

Die Einteilung der Zonen erfolgte primär nach den Gesichtspunkten Orientierung (Himmelsrichtungen) und Nutzungsart (Bürobereiche, Nebenräume, Verkehrsflächen, Veranstaltungssäle, etc.). Im 7.OG wurde ein Büroraum als Referenzzone definiert, der den direkten Vergleich eines einzelnen Büros mit einer Zone, wo mehrere Büroräume zusammengefasst wurden, ermöglichen soll. In weiterer Folge soll diese Zone auch für die Einbindung unterschiedlicher Kälteverteil- und Kälteabgabesysteme (Kühlung über ein Lüftungssystem, Kühlung über Flächenkühlung, etc.) herangezogen werden. Der Grund für die Reduktion auf eine Referenzzone ist dabei, ähnlich wie die Zonierung/Zusammenfassung von Räumen bei der Betrachtung baulicher Maßnahmen, die Begrenzung durch die Rechnerleistungen bzw. die Einhaltung vertretbarer Simulationszeiten.

Die gesamte Gliederung der Flächen des Vorarlberger Landhauses sowie eine Kurzbeschreibung der 28 thermischen Zonen ist Tabelle 14 zu entnehmen bzw. in Abbildung 83 bis Abbildung 90 dargestellt.

Tabelle 14: Kurzbeschreibung der 28 definierten thermischen Zonen.

Stockwerk	Zone	Zone laufend	Beschreibung der in der Zone abgebildeten Räume	Raumnummern
EG	0.1	1	Halle, Gänge, Allgemeinräume, Sanitärräume	
	0.2	2	Landtags- Plänarsaal, Montfortsaal	71; 67
	0.3	3	Bürobereich, Sitzung	001-013; 019-042; 043-58b; 081-086
1.OG	1.1	4	Bürobereich, Sitzung, Serverraum/Telefonanlage	101-120; 133-154; 181-188
	1.2	5	Gänge, Allgemeinräume, Sanitärbereich	
2.OG	2.1	6	Bürobereich, Sitzung	201-224; 226-234; 236-253; 281-286
	2.2	7	Gänge, Allgemeinräume, Sanitärbereich	
3.OG	3.1	8	Bürobereich, Sitzung	301-351; 381-388
	3.2	9	Gänge, Allgemeinräume, Sanitärbereich	
4.OG	4.1	10	Bürobereich, Sitzung	401-426a; 429-434; 427; 481-488
	4.2	11	Gänge, Allgemeinräume, Sanitärbereich	441-449; 480-485; 490; 491
	4.3	12	Küche, Restaurant	450; 451
5.OG	5.1	13	Bürobereich, Sitzung	501-534
	5.2	14	Gänge, Allgemeinräume, Sanitärbereich	580-585
6.OG	6.1	15	Bürobereich Süd, Sitzungszimmer	609-626a
	6.2	16	Klimatisiertes Büro, Telefonzentrale	626a; 627
	6.3	17	Sitzungszimmer, Regierungszimmer	628; 629
	6.4	18	Sanitärbereich	680-681
	6.5	19	Bürobereich Nord	601-608; 630
	6.6	20	Gänge, Allgemeinräume	683-685
7.OG	7.1	21	Bürobereich Süd	708a-712; 714; 716-719
	7.2	22	Seminarraum	713
	7.3	23	Bürobereich Nord	701-708
	7.4	24	Sanitärbereich	780-782
	7.5	25	Allgemeinräume, Technikräume	729-731 783-785
	7.6	26	Appartments	720-727
	7.7	27	Referenzbüro	714
	7.8	28	Gänge	

Das Erdgeschoß (Abbildung 83) wurde in drei thermische Zonen unterteilt. Der rot gekennzeichnete Bereich beinhaltet die Verkehrsflächen, die Halle und die Allgemeinräume. Die blau schraffierten Flächen zeigten die Bereiche, die vorwiegend als Büros bzw. Sitzungs- und Clubräume benutzt werden. Grün gekennzeichnet sind der Landtagssaal und der Montfortsaal, in denen einerseits der Landtag bzw. Veranstaltungen abgehalten werden.

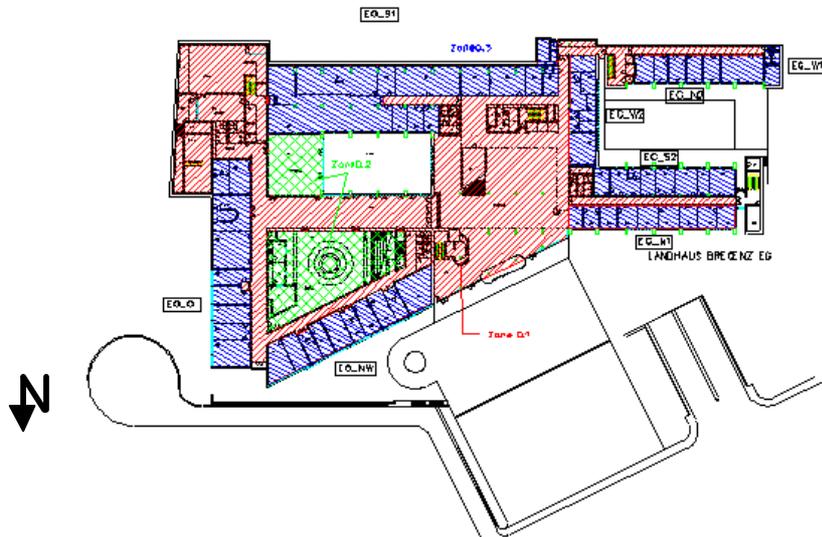


Abbildung 83: Thermische Zonierung des Erdgeschoßes in die Zonen 0.1 – 0.3.

Die Obergeschoße 1 bis 5 (Abbildung 84 bis Abbildung 88) wurden in jeweils zwei thermische Zonen unterteilt, wobei hier die rot gekennzeichneten Bereiche die Verkehrsflächen darstellen. Die blauen Bereiche zeigen die Räumlichkeiten, die als Büro- bzw. Seminarraum genutzt werden. Im 4. Geschoß (Abbildung 87) wurde noch eine dritte Zone eingefügt; diese grün gekennzeichnete Zone stellt den Restaurantbereich samt dazugehöriger Küche dar. Diese Zone musste eingeführt werden, da in diesem Bereich des Gebäudes deutlich andere Lastprofile auftreten. Einerseits kommt es hier durch den Betrieb der Küchengeräte zu sehr hohen Lastspitzen in den Vormittagsstunden und andererseits, bedingt durch die Nutzung, zu hohen Personenlasten in den Mittagsstunden.

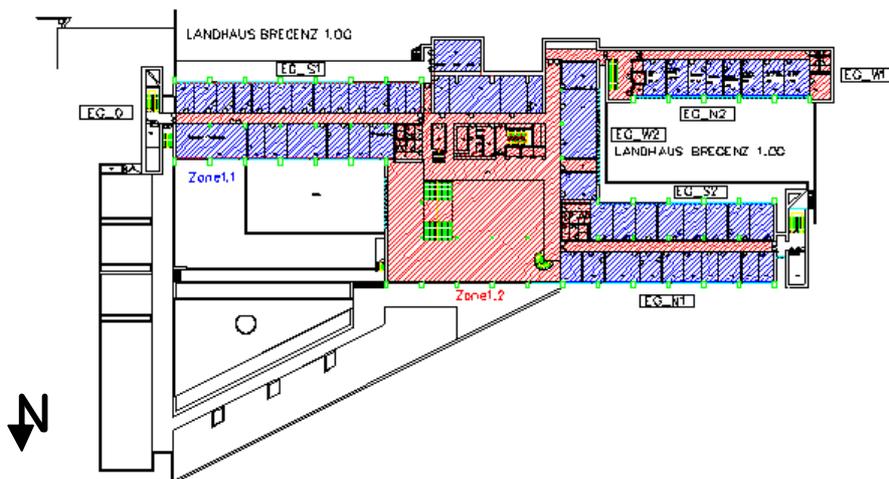


Abbildung 84: Thermische Zonierung des 1. Obergeschoßes in die Zonen 1.1 und 1.2.

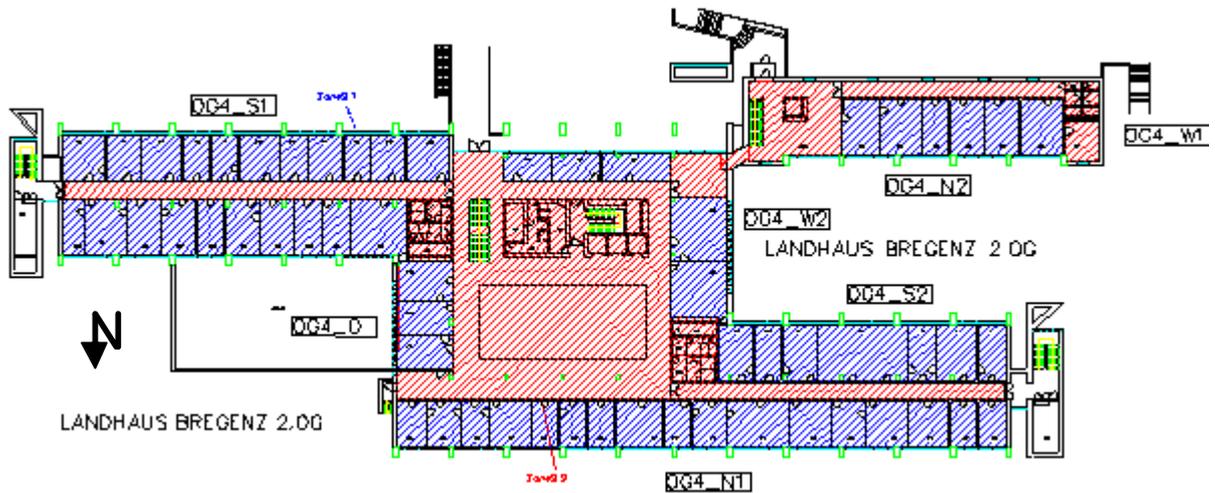


Abbildung 85: Thermische Zonierung des 2. Obergeschoßes in die Zonen 2.1 und 2.2.



Abbildung 86: Thermische Zonierung des 3. Obergeschoßes in die Zonen 3.1 und 3.2.

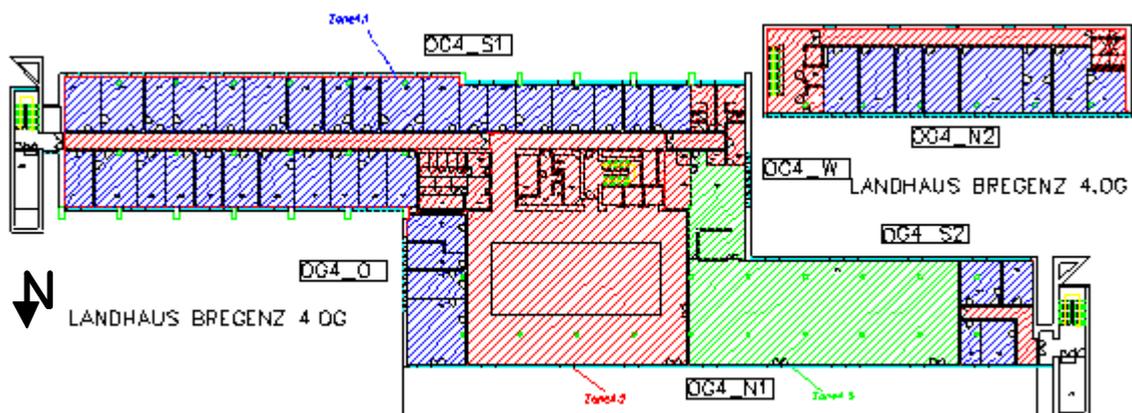


Abbildung 87: Thermische Zonierung des 4. Obergeschoßes in die Zonen 4.1, 4.2 und 4.3.

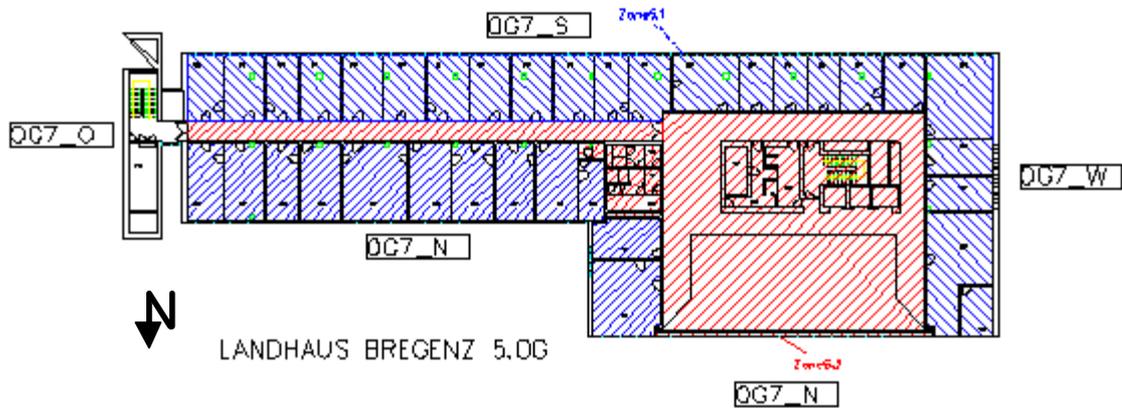


Abbildung 88: Thermische Zonierung des 5. Obergeschoßes in die Zonen 5.1 und 5.2.

Die Unterteilung in thermische Zonen erfolgte im 6. und 7. Obergeschoß (Abbildung 89 und Abbildung 90) mit einer höheren Auflösung, da es in diesen Geschoßen zu den größten Unzufriedenheiten bzgl. thermischer Behaglichkeit kommt und den Ursachen dafür detaillierter auf den Grund gegangen werden soll. Hier wurde neben der Nutzung der Räumlichkeiten bei der Zonierung auch nach deren Lage im Objekt unterschieden. Im 7. Obergeschoß wurden auch einzelne Räume als thermische Zonen definiert. Diese sollen in weiterer Folge für die Betrachtung von Kälteabgabesystemen herangezogen werden.

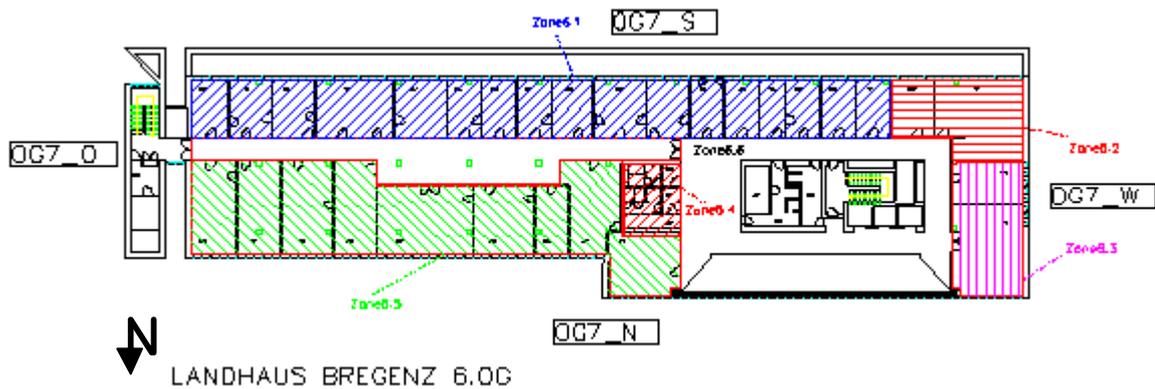


Abbildung 89: Thermische Zonierung des 6. Obergeschoßes in die sechs Zonen 6.1 bis 6.6.

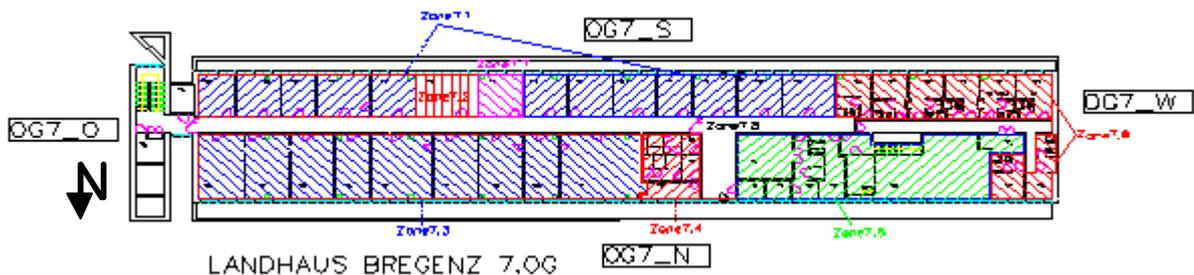


Abbildung 90: Thermische Zonierung des 7. Obergeschoßes in die sieben Zonen 7.1 bis 7.7.

### 8.1.3 Konstruktionsaufbauten

Die Dokumentation der einzelnen Konstruktionsaufbauten erfolgte mittels der zur Verfügung gestellten Planunterlagen bzw. nach Rücksprache mit der Gebäudeverwaltung.

Die Aufbauten der Außenwände und der Decken sind als massiv zu betrachten, wobei vor allem bei Decken und Fußböden die verfügbaren Speichermassen durch abgehängte Decken bzw. durch Teppichfußböden nur sehr begrenzt zum Temperatenausgleich nutzbar sind.

Die Innenwände sind in Leichtbauweise gefertigte Gipskartonständerwände, die eine möglichst flexible Raumaufteilung auch bei späteren Änderungen des Raumkonzepts ermöglichen sollen.

Um die Transmissionswärmegewinne bzw. verfügbaren Speichermassen in entsprechendem Maße berücksichtigen zu können, ist es notwendig, die Wandaufbauten der Außen- und Innenbauteile im Detail zu kennen. Diese sind in Tabelle 15 bis Tabelle 18 zusammengefasst. Die Wandaufbauten der opaken Außenwände sind vom Grundaufbau gleich (40 cm Betonwand + 6 cm Mineralwollendämmung), lediglich für die äußerste Schicht wurden verschiedene Materialien gewählt. An den Längsseiten (nord- und südseitig) wurde hierfür überwiegend Kupferblech verwendet (Abbildung 91). Auf der Schmalseite (Ost – West Orientierung) ist die Fassade mit Granitplatten verkleidet (Abbildung 92).

Die jeweils zugehörigen Flächenauswertungen zu den einzelnen Wandaufbauten können dem Anhang (Kapitel 16.3.1) entnommen werden.



Abbildung 91: Ansicht der Südfassade. Im kleinen Bild ist ein Detailausschnitt der Kupferfassade dargestellt.



Abbildung 92: Ansicht der westseitigen Granitplatten-Fassade.

**Anmerkungen zu den nachfolgenden Tabellen:**

Nomenklatur:

- Schichtdicke einer Bauteilschicht: d [m]
- Dichte des Baustoffes einer Bauteilschicht: ρ [kg/m³]
- Wärmeleitfähigkeit der Bauteilschicht: λ [W/mK]
- Spezifische Wärmekapazität: c<sub>p</sub> [kJ/kgK]
- Wärmedurchgangswiderstand: R [m²K/W]
- U-Wert: U [W/m²K]

Baustoff-Kennwerte:

Die Kennwerte für die berücksichtigten Baustoffe wurden verschiedenen DIN Normen (Lutz et al, 1997) und aus dem „Katalog für wärmeschutztechnische Rechenwerte von Baustoffen und Bauteilen“ entnommen (ON V 31, 2001).

Baustoffschichten:

Baustoffschichten unter einer Dicke von 0,001 m werden in der wärmetechnischen Betrachtung nicht berücksichtigt

Wärmeübergangskoeffizienten:

Die dargestellten U-Werte sind für Außenbauteile mit einem inneren Wärmeübergangskoeffizienten α<sub>i</sub> = 7,7 W/m²K und einem äußeren Wärmeübergangskoeffizienten α<sub>a</sub> = 25,0 W/m²K berechnet

Speichermassen:

Die thermisch wirksame Masse (TWM) eines Schichtaufbaus in [kJ/m²K] wird jeweils für die „äußere“ und „innere“ Seite des Konstruktionsaufbaus angegeben und berechnet sich nach folgender Formel:

$$C_{TWM} = \sum_{i=1}^n \left\{ \sqrt{\frac{\lambda_i \rho_i c_{p,i}}{\omega}} \left[ 1 - \exp\left(-\sqrt{\frac{\omega}{2a_i}} d_i\right) \right] \cdot \prod_{j=1}^i \exp\left(-\sqrt{\frac{\omega}{2a_j}} d_j\right) \right\}$$

Gleichung 8

Wobei a die Temperaturleitfähigkeit (a = λ/c<sub>p</sub>\*ρ) einer Schicht bezeichnet. Diese Größe gibt die auf die Bauteilfläche bezogene thermische Speicherfähigkeit eines Schichtaufbaus bei Temperaturschwankungen mit einer Frequenz ω an. Die Werte für C<sub>TWM</sub> in den nachfolgenden Tabellen sind jeweils für Temperaturschwankungen mit einer Periode von 24 h, d.h. mit 2 π / 86400 [s<sup>-1</sup>], berechnet.

Tabelle 15: Schichtaufbau der fünf unterschiedlichen Außenwandtypen AW1 bis AW5.

	Bauteilschicht	d	$\rho$	$\lambda$	$c_p$	R	U	TWM
		[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[kJ/kgK]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
AW1	KALKMORTEL	0.005	1800	0.870	1.10	0.01	0.480	288.0
	NORMALBETO	0.400	2400	2.100	1.00	0.19		
	FASERDAEMM	0.060	30	0.045	1.03	1.33		
	LUFTVE20MM					0.16		
	GRANIT	0.040	2800	3.500	1.00	0.01		243.5
		<b>0.505</b>						
AW2	KALKMORTEL	0.005	1800	0.870	1.10	0.01	0.503	217.8
	NORMALBETO	0.200	2400	2.100	1.00	0.10		
	FASERDAEMM	0.060	30	0.045	1.03	1.33		
	LUFTVE20MM					0.16		
	GRANIT	0.040	2800	3.500	1.00	0.01		175.0
		<b>0.305</b>						
AW3	KALKMORTEL	0.005	1800	0.870	1.10	0.01	0.506	201.2
	NORMALBETO	0.200	2400	2.100	1.00	0.10		
	FASERDAEMM	0.060	30	0.045	1.03	1.33		
	LUFTVE20MM					0.16		
	KUPFER	0.005	8900	380.000	0.38	0.00		126.8
		<b>0.270</b>						
AW4	KALKMORTEL	0.005	1800	0.870	1.10	0.01	0.506	201.2
	NORMALBETO	0.200	2400	2.100	1.00	0.10		
	FASERDAEMM	0.060	30	0.045	1.03	1.33		
	LUFTVE20MM					0.16		
	KUPFER	0.005	8900	380.000	0.38	0.00		126.8
		<b>0.270</b>						
AW5	KALKMORTEL	0.005	1800	0.870	1.10	0.01	0.480	288.0
	NORMALBETO	0.400	2400	2.100	1.00	0.19		
	FASERDAEMM	0.060	30	0.045	1.03	1.33		
	LUFTVE20MM					0.16		
	GRANIT	0.040	2800	3.500	1.00	0.01		243.5
		<b>0.505</b>						

In Tabelle 16 sind die Wandaufbauten der Innenwände aufgelistet. IW1 entspricht dem Standardaufbau der Trennwände zwischen den Büroeinheiten. Die Ausführung in Leichtbauweise wurde deswegen gewählt, um bei einem möglichen Änderungsbedarf der Raumaufteilung bei den Büroeinheiten möglichst flexibel zu sein. IW2 – IW4 sind massive Betonwände, die vorwiegend im Bereich der Eingangshalle und des Stiegenhauses zu finden sind. IW5 sind jene Innenwände, die in den Sanitäreinheiten des Gebäudes umgesetzt sind. Der Schichtaufbau „WASP“ wurde für die Türen im Landhaus Bregenz angenommen.

Tabelle 16: Schichtaufbau der fünf unterschiedlichen Innenwandtypen IW1 bis IW5.

	Bauteilschicht	d	$\rho$	$\lambda$	$c_p$	R	U	TWM
		[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[kJ/kgK]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
IW1	GIPSKARTON	0.025	650	0.210	1.20	0.12	0.499	17.5
	FASERDAEMM	0.050	30	0.045	1.03	1.11		17.5
	GIPSKARTON	0.025	650	0.210	1.20	0.12		17.5
		<b>0.100</b>						
IW2	NORMALBETO	0.200	2400	2.100	1.00	0.10	1.334	176.9
		<b>0.200</b>						
IW3	NORMALBETO	0.320	2400	2.100	1.00	0.15	1.239	239.6
		<b>0.320</b>						
IW4	NORMALBETO	0.520	2400	2.100	1.00	0.25	1.108	302.6
		<b>0.520</b>						
IW5	GIPSKARTON	0.050	650	0.210	1.20	0.24	1.120	16.9
		<b>0.050</b>						
WASP	SPERRHOLZ	0.070	500	0.130	2.50	0.54	0.838	32.1
		<b>0.070</b>						

In Tabelle 17 ist der Dachaufbau des Landhaus Bregenz ersichtlich. DA1 entspricht der Flachdachkonstruktion des Landhaus Bregenz.

Tabelle 17: Schichtaufbau der Dachkonstruktion DA1.

DA1	HOLZPANEL	0.025	500	0.140	2.50	0.18	0.348	212.8
	LUFTHO30CM					0.18		
	NORMALBETO	0.300	2400	2.100	1.00	0.14		
	FASERDAEMM	0.080	30	0.045	1.03	1.78		
	SCHOTTER	0.150	1800	0.700	1.00	0.21		
		<b>0.555</b>						156.7

Tabelle 18 zeigt die verschiedenen Fußbodenaufbauten im Vorarlberger Landhaus. FB1 entspricht dem Fußbodenaufbau, wie er in den Büroräumen des Landhaus Bregenz anzufinden ist. FB2 beschreibt den Aufbau im Gang- bzw. Hallenbereich. FB3 entspricht grundsätzlich dem Aufbau FB1, nur dass dieser teilweise in den auskragenden Büroräumen im 5. und 6. Obergeschoß zur Anwendung kommt. FB4 und FB5 entsprechen den Aufbauten, wie sie in den Räumlichkeiten über der im Keller befindlichen Tiefgarage vorkommen.

Tabelle 18: Schichtaufbau der fünf unterschiedlichen Fußbodenaufbautypen FB1 bis FB5.

	Bauteilschicht	d	$\rho$	$\lambda$	$c_p$	R	U	TWM
		[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[kJ/kgK]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
FB1	TEPPICH	0.015	200	0.081	1.30	0.19	0.582	152.1
	LEICHTBETO	0.040	1900	1.400	1.00	0.03		
	KORKSCHROT	0.015	200	0.050	1.50	0.30		
	SANDKIES	0.040	1800	0.700	1.00	0.06		
	NORMALBETO	0.280	2400	2.100	1.00	0.13		
	LUFTHO30CM					0.18		
	HOLZPANEL	0.025	500	0.140	2.50	0.18		187.1
		<b>0.415</b>						
FB2	GRANIT	0.015	2800	3.500	1.00	0.00	0.651	204.5
	LEICHTBETO	0.040	1900	1.400	1.00	0.03		
	KORKSCHROT	0.015	200	0.050	1.50	0.30		
	SANDKIES	0.040	1800	0.700	1.00	0.06		
	NORMALBETO	0.280	2400	2.100	1.00	0.13		
	LUFTHO30CM					0.18		
	HOLZPANEL	0.025	500	0.140	2.50	0.18		184.2
		<b>0.415</b>						
FB3	TEPPICH	0.015	200	0.081	1.30	0.19	0.388	147.4
	LEICHTBETO	0.040	1900	1.400	1.00	0.03		
	KORKSCHROT	0.015	200	0.050	1.50	0.30		
	SANDKIES	0.040	1800	0.700	1.00	0.06		
	NORMALBETO	0.280	2400	2.100	1.00	0.13		
	FASERDAEMM	0.060	30	0.045	1.03	1.33		
	LUFTVE20MM					0.16		
GRANIT	0.004	2800	3.500	1.00	0.00	202.1		
		<b>0.454</b>						
FB4	GRANIT	0.015	2800	3.500	1.00	0.00	0.403	220.5
	LEICHTBETO	0.040	1900	1.400	1.00	0.03		
	KORKSCHROT	0.015	200	0.050	1.50	0.30		
	SANDKIES	0.040	1800	0.700	1.00	0.06		
	NORMALBETO	0.280	2400	2.100	1.00	0.13		
	FASERDAEMM	0.030	30	0.045	1.03	0.67		
	HERAKLITH	0.050	250	0.055	1.50	0.91		101.0
		<b>0.470</b>						
FB5	TEPPICH	0.015	200	0.081	1.30	0.19	0.341	167.5
	LEICHTBETO	0.040	1900	1.400	1.00	0.03		
	KORKSCHROT	0.015	200	0.050	1.50	0.30		
	SANDKIES	0.040	1800	0.700	1.00	0.06		
	NORMALBETO	0.280	2400	2.100	1.00	0.13		
	FASERDAEMM	0.030	30	0.045	1.03	0.67		
	HERAKLITH	0.050	250	0.055	1.50	0.91		103.3
		<b>0.470</b>						

### 8.1.4 Verglasungsflächen

Die Verglasungsflächen wurden anhand der vorhandenen Pläne zum Objekt und mit Rücksprache der Verantwortlichen vor Ort ermittelt. Die Fenster sind mit einer zwei Scheiben Verglasung (4/16/4 = 4 mm Glas / 16 mm Luft/ 4 mm Glas) versehen. Die Verglasung weist einen U-Wert von 2,8 W/m<sup>2</sup>K auf. Für die Fensterrahmen wurde ein U-Wert von 2,2 W/m<sup>2</sup>K angenommen.

Für den Energiedurchlassgrad  $g$ , welcher den Durchgang der Strahlungsenergie durch die Verglasung angibt, wurde ein, für Standardverglasungen des vorliegenden Bautyps, üblicher Wert von  $g = 0,755$  gewählt (Okalux, 2004). Das bedeutet, dass 75,5% der auf die Verglasung auftreffenden Solarstrahlung in den Raum geht, die restlichen 24,5% werden von der Verglasung reflektiert.

Größe, Orientierung und Art transparenter Fassadenflächen und ihrer zugehörigen Verschattungssysteme sind maßgebend für eine der wesentlichsten Komponenten der Gebäudekühllast - der solaren Lasten. In den nachfolgenden Tabellen werden dazu die eingesetzten Fenstertypen, die Zuteilung der definierten Strahlungstypen auf die Gebäudeaußenflächen (diese sind zu definieren, da je nach Ausrichtung der Außenflächen die Sonne zu unterschiedlichen Zeiten und mit verschiedenen Diffus- und Direktstrahlungsanteilen auf die Oberfläche wirkt) und die Aufteilung der Fensterflächen nach Typ, Anzahl und Flächen auf die thermischen Zonen vom Erdgeschoß bis zum 7. Obergeschoß beschrieben. Die Beschreibung der wesentlichen Parameter, die im Zusammenhang mit der Verschattung dieser Verglasungsflächen stehen, erfolgt im Kapitel 8.1.5.1.

Abbildung 93 zeigt die Innenansicht eines Standardfensters im Landhaus Bregenz und Abbildung 94 die in der Gebäudemodellierung berücksichtigten Geometrien.



Abbildung 93: Innenansicht eines Standardfensters im Landhaus Bregenz

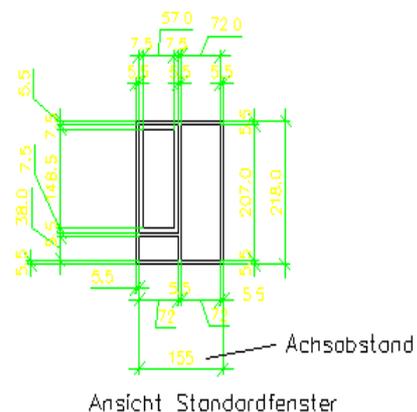


Abbildung 94: Berücksichtigte Fenstergeometrien in der Simulation

In Tabelle 19 sind die einzelnen Fenstertypen des Landhaus Bregenz mit den zugehörigen Glas- und Rahmenabmessungen aufgelistet. AF1 und AF2 sind dabei die in den Büroräumen überwiegend verwendeten Fenstertypen (Abbildung 93). Beim AF3 handelt es sich um die auf der Westseite des Objekts befindlichen Fensterschlitze (Abbildung 95). Fenster AF4 beschreibt die Verglasungsflächen auf der Nordseite des Gebäudes im Bereich der Verkehrs- und Gangflächen sowie im Kantinenbereich (Abbildung 96). AHIG beschreibt den Fenstertyp, der im Bereich des Stiegenhauses verwendet wurde. Die in Tabelle 19 aufgelisteten Bezeichnungen „Rtyp1“ und „Gtyp1“ beinhalten die wesentlichen im oberen Abschnitt bereits erläuterten technischen Daten für  $g$ - und  $U$ -Werte der Verglasung bzw. des Rahmenanteils. Durch die Zusammenfassung der Daten zu diesen Bezeichnungen ist es möglich, Fenster- bzw. Rahmentypen zu definieren und je nach Bedarf diese als Inputdaten mit dem Modell der Gebäudesimulation zu verknüpfen.



Abbildung 95: Innenansicht der westseitigen Fensterschlitze aus einem Besprechungsraum



Abbildung 96: Nordseitige Ansicht der Verglasung im Kantinenbereich

Tabelle 19: Beschreibung der Fenstertypen mit den dazugehörigen Glas- und Rahmenflächen (GTyp1 und RTyp1 beinhalten die technischen Daten zum Glas- bzw. Rahmentyp)

Fenstertypen									
	Stockaußenmaß		Gesamt [m <sup>2</sup> ]	Rahmen			Glasfläche		
	Breite [cm]	Höhe [cm]		Fläche [m <sup>2</sup> ]	Anteil [%]	TYP [-]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Anteil [%]	TYP [-]
	AF1	77,5	220	1,705	0,390	22,9	RTyp1	1,315	77,1
AF2	77,5	350	2,713	0,678	25	RTyp1	2,034	75	GTyp1
AF3	48	285	1,368	0,342	25	RTyp1	1,026	75	GTyp1
AF4	130	130	1,690	0,423	25	RTyp1	1,268	75	GTyp1
AHIG	85	220	1,870	0,468	25	RTyp1	1,403	75	GTyp1

In Tabelle 20 und Tabelle 21 erfolgt die Aufteilung der gesamten Fensterflächen, entsprechend ihres Typs (AF1 – AF4, Tabelle 19), ihrer Orientierung (ORI01 – ORI24, Tabelle 22 bzw. Abbildung 97) und ihrer Verschattungsart (SHADE01 und SHADE02) auf die einzelnen thermischen Zonen. SHADE01 und SHADE02 bezeichnet hier die Verschattungseinrichtungen. SHADE01 beschreibt dabei die derzeit unverschatteten Nordverglasungen, SHADE02 die an der Südseite des Objekts befindlichen Stoffscreens. Eine detaillierte Beschreibung über die installierte Verschattung im Landhaus Bregenz ist Kapitel 8.1.5.1 (Solare Gewinne) zu entnehmen.

In Summe wurde eine Fensterfläche von etwa 3.700 m<sup>2</sup> mit einer Glasfläche von etwa 2.850 m<sup>2</sup> berücksichtigt. In einem Standardbüro ergibt sich dabei ein Verglasungsanteil (Verhältnis aus m<sup>2</sup> Verglasung zu m<sup>2</sup> Bürofläche) von 40%.

Tabelle 20: Aufteilung der Fensterflächen nach Typ, Orientierung und Verschattungseinrichtung auf die thermischen Zonen vom EG bis zum 4. OG.

	Anzahl	Fenstertyp	Strahlungstyp	Verschattung	Glasfläche	Rahmenfl.	Gesamtfläche
					[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]
Zone0.1	28	AF1	ORI16	SHADE02	36,81	10,93	47,74
	12	AF3	ORI22	SHADE01	12,31	4,10	16,42
	29	AF1	ORI19	SHADE01	38,12	11,32	49,45
Zone0.2	15	AF1	ORI18	SHADE01	19,72	5,86	25,58
Zone0.3	53	AF1	ORI19	SHADE01	69,67	20,69	90,37
	28	AF1	ORI22	SHADE01	36,81	10,93	47,74
	42	AF1	ORI20	SHADE01	55,21	16,40	71,61
	35	AF1	ORI16	SHADE02	46,01	13,67	59,68
	22	AF3	ORI18	SHADE01	22,57	7,52	30,10
	35	AF1	OR21	SHADE01	46,01	13,67	59,68
Zone1.1	84	AF1	ORI20	SHADE01	110,42	32,80	143,22
	49	AF1	ORI15	SHADE02	64,41	19,13	83,55
	35	AF1	ORI21	SHADE01	46,01	13,67	59,68
	19	AF3	ORI18	SHADE01	19,49	6,50	25,99
Zone1.2	35	AF1	ORI16	SHADE02	46,01	13,67	59,68
	35	AF2	ORI20	SHADE01	65,10	21,70	86,80
	12	AF3	ORI22	SHADE01	12,31	4,10	16,42
Zone2.1	3	AF3	ORI18	SHADE01	3,08	1,03	4,10
	119	AF1	ORI11	SHADE01	156,43	46,46	202,90
	13	AF3	ORI13	SHADE01	13,34	4,45	17,78
	73	AF1	ORI07	SHADE02	95,96	28,50	124,47
	28	AF1	ORI12	SHADE01	36,81	10,93	47,74
	14	AF3	ORI10	SHADE01	14,36	4,79	19,15
Zone2.2	35	AF1	ORI08	SHADE02	46,01	13,67	59,68
	1	AF3	ORI13	SHADE01	1,03	0,34	1,37
	7	AF1	ORI12	SHADE01	9,20	2,73	11,94
	1	AF4	ORI12	SHADE01	1,27	0,42	1,69
	8	AF1	ORI07	SHADE02	10,52	3,12	13,64
Zone3.1	5	AF4	ORI07	SHADE02	6,34	2,11	8,45
	129	AF1	ORI11	SHADE01	169,58	50,37	219,95
	16	AF3	ORI13	SHADE01	16,42	5,47	21,89
	81	AF1	ORI07	SHADE02	106,48	31,63	138,11
	43	AF1	ORI12	SHADE01	56,53	16,79	73,32
	14	AF3	ORI10	SHADE01	14,36	4,79	19,15
Zone3.2	39	AF1	ORI08	SHADE02	51,27	15,23	66,50
	7	AF1	ORI07	SHADE02	9,20	2,73	11,94
	5	AF4	ORI07	SHADE02	6,34	2,11	8,45
Zone4.1	8	AF1	ORI12	SHADE01	10,52	3,12	13,64
	90	AF1	ORI07	SHADE02	118,31	35,14	153,45
	10	AF1	ORI08	SHADE02	13,15	3,90	17,05
	58	AF1	ORI11	SHADE01	76,24	22,65	98,89
	43	AF1	ORI12	SHADE01	56,53	16,79	73,32
	11	AF3	ORI13	SHADE01	11,29	3,76	15,05
Zone4.2	7	AF1	ORI07	SHADE02	9,20	2,73	11,94
	5	AF4	ORI07	SHADE02	6,34	2,11	8,45
	32	AF1	ORI11	SHADE01	42,07	12,49	54,56
	8	AF1	ORI12	SHADE01	10,52	3,12	13,64
	2	AF3	ORI10	SHADE01	2,05	0,68	2,74
Zone4.3	29	AF1	ORI08	SHADE02	38,12	11,32	49,45
	34	AF1	ORI11	SHADE01	44,69	13,28	57,97
	6	AF3	ORI10	SHADE01	6,16	2,05	8,21

Tabelle 21: Aufteilung der Fensterflächen nach Typ, Orientierung und Verschattungseinrichtung auf die thermischen Zonen vom 5. bis zum 7. OG.

	Anzahl	Fenstertyp	Strahlungstyp	Verschattung	Glasfläche	Rahmenfl.	Gesamtfläche
					[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]
Zone5.1	95	AF1	ORI02	SHADE02	124,88	37,09	161,98
	8	AF3	ORI03	SHADE01	8,21	2,74	10,94
	47	AF1	ORI04	SHADE01	61,78	18,35	80,14
	14	AF2	ORI04	SHADE01	26,04	8,68	34,72
	4	AF3	ORI05	SHADE01	4,10	1,37	5,47
Zone5.2	33	AF2	ORI04	SHADE01	61,38	20,46	81,84
Zone6.1	80	AF1	ORI02	SHADE02	105,16	31,24	136,40
Zone6.2	15	AF1	ORI02	SHADE02	19,72	5,86	25,58
Zone6.3	8	AF3	ORI03	SHADE01	8,21	2,74	10,94
	7	AF2	ORI04	SHADE01	13,02	4,34	17,36
Zone6.5	47	AF1	ORI04	SHADE01	61,78	18,35	80,14
	7	AF2	ORI04	SHADE01	13,02	4,34	17,36
Zone6.6	33	AF2	ORI04	SHADE01	61,38	20,46	81,84
Zone7.1	59	AF1	ORI02	SHADE02	77,56	23,04	100,60
Zone7.2	7	AF1	ORI02	SHADE02	9,20	2,73	11,94
Zone7.3	49	AF1	ORI04	SHADE01	64,41	19,13	83,55
Zone7.4	7	AF1	ORI04	SHADE01	9,20	2,73	11,94
Zone7.5	28	AF1	ORI04	SHADE01	36,81	10,93	47,74
Zone7.6	24	AF1	ORI02	SHADE02	31,55	9,37	40,92
	7	AF1	ORI04	SHADE01	9,20	2,73	11,94
Zone7.7	5	AF1	ORI02	SHADE02	6,57	1,95	8,53
Zone7.8	4	AF1	ORI04	SHADE01	5,26	1,56	6,82
					<b>2835,15</b>	<b>857,68</b>	<b>3692,83</b>

Tabelle 22: Strahlungsdaten für die unterschiedlich orientierten Fensterflächen in Abhängigkeit ihrer Abweichung nach Süden (Azimut = 0°) und ihres Neigungswinkels

Strahlungstyp	Ausrichtung der Fläche		Strahlungssumme		
	Azimut	Neigung	Winter	Sommer	Jahr
	0 = Süd	0 = horizontal			
	90 = West	90 = vertikal	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]
	180 = Nord				
270 = Ost					
ORI1	0.0	0.0			
ORI2	0.0	90.0	499.3	613.5	1112.8
ORI3	90.0	90.0	271.2	672.7	943.8
ORI4	180.0	90.0	88.8	353.2	442.1
ORI5	270.0	90.0	193.0	539.3	732.4
ORI6	0.0	0.0	309.1	994.8	1303.9
ORI7	0.0	90.0	499.3	613.5	1112.8
ORI8	0.0	90.0	499.3	613.5	1112.8
ORI9	90.0	90.0	271.2	672.7	943.8
ORI10	90.0	90.0	271.2	672.7	943.8
ORI11	180.0	90.0	88.8	353.2	442.1
ORI12	180.0	90.0	88.8	353.2	442.1
ORI13	270.0	90.0	193.0	539.3	732.4
ORI14	0.0	0.0	309.1	994.8	1303.9
ORI15	0.0	90.0	499.3	613.5	1112.8
ORI16	0.0	90.0	499.3	613.5	1112.8
ORI17	90.0	90.0	271.2	672.7	943.8
ORI18	90.0	90.0	271.2	672.7	943.8
ORI19	153.8	90.0	97.6	419.3	516.9
ORI20	180.0	90.0	88.8	353.2	442.1
ORI21	180.0	90.0	88.8	353.2	442.1
ORI22	270.0	90.0	193.0	539.3	732.4
ORI23	0.0	0.0	309.1	994.8	1303.9
ORI24	0.0	0.0	309.1	994.8	1303.9

In Abbildung 97 wird zum besseren Verständnis für alle thermischen Zonen des 7. OG die Zuordnung der in Tabelle 22 aufgelisteten Orientierungen (ORI01 – ORI24) dargestellt.

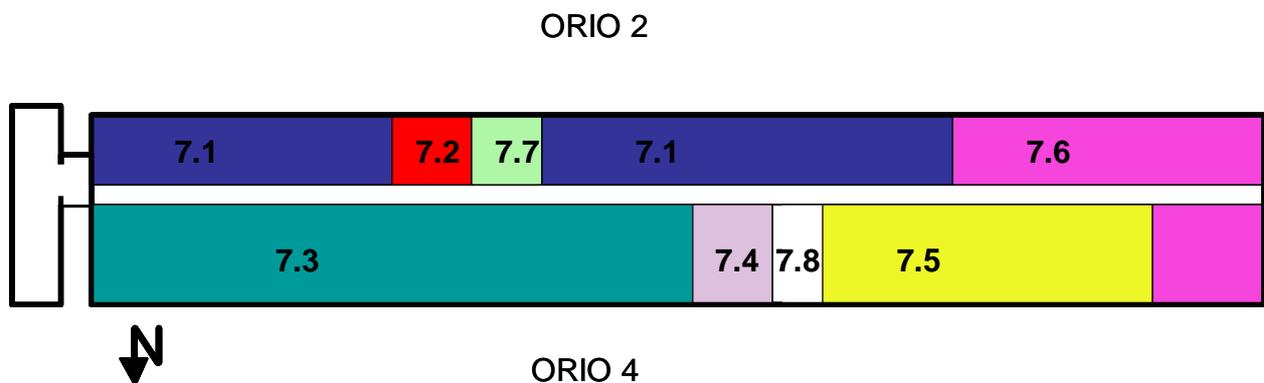


Abbildung 97: Übersicht der Orientierung für alle thermische Zonen im 7. OG

### 8.1.5 Externe Lasten

Wie bereits in Kapitel 2.2.1 beschrieben, setzen sich die externen Lasten aus Solargewinnen, Lüftungswärmegewinnen und Transmissionswärmegewinnen zusammen. Der Parameter mit dem größten Einfluss ist dabei die Solarlast, die bei den 15 dokumentierten Gebäuden bis zu 75% eines gesamten Tages-Wärmeeintrages ausgemacht hat.

#### 8.1.5.1 Solare Gewinne

Größe, Orientierung und Art der Verglasungsflächen wurden bereits in Kapitel 8.1.4 behandelt. Weitere noch nicht behandelte Parameter, die die Solarlasten wesentlich beeinflussen können, sind:

- Fremdverschattungen, d.h. Verschattung des Gebäudes durch das Umgebungsgelände, Bäume, Nachbargebäude, etc.
- bauliche Eigenverschattungen, z.B. durch Dachüberstände
- Art des Verschattungssystems, z.B. Außenverschattungen (Jalousien, Screens, etc.), Innenverschattungen, etc.
- Verschattungsprofil

Diese werden in den nächsten vier Kapiteln 8.1.5.1.1 bis 8.1.5.1.4 näher beschrieben.

### 8.1.5.1.1 Fremdverschattungen

Verschattungen an den Gebäudeaußenflächen aufgrund von Objekten, die nicht dem Gebäude selbst zugeordnet sind (Geländeerhebungen, Nachbargebäude, Bäume, etc.), oder Verschattungen die im Laufe der geplanten Nutzungsdauer des Gebäudes zu erwarten sind, wurden in der Simulation berücksichtigt. Abbildung 98 zeigt eine 360° Aufnahme des Horizonts, fotografiert vom Dach des Bregenzer Landhauses. Süden ist dabei in der Bildmitte, Osten in der Mitte der linken Bildhälfte, Westen in der Mitte der rechten und Norden am linken bzw. rechten Bildrand.



Abbildung 98: Aufnahme des sogenannten „fernen Horizonts“ vom Dach des Landhaus Bregenz. Süden = Bildmitte, Osten = Mitte der linken Bildhälfte, Westen = Mitte der rechten Bildhälfte, Norden = linker bzw. rechter Bildrand

Die Auswertung der Horizontaufnahme ergibt den sogenannten „fernen Horizont“, wie er auch im Sonnenstandsdiagramm in Abbildung 99 links oben dargestellt ist. Zusätzlich wurde aus dem zur Verfügung gestellten Planunterlagen die Verschattung durch benachbarte Gebäude, Geländekuppen, etc. („naher Horizont“) berücksichtigt. Beispielhafte Verschattungsszenarien für verschiedene Geschößhöhen sind ebenfalls in Abbildung 99 dargestellt.

#### Erläuterungen zu den nachfolgenden Sonnenstandsdiagrammen:

Jeder farbige Linienvorlauf in Abbildung 99 kennzeichnet den Tagesverlauf der Sonne an einem bestimmten Tag. So z.B. die oberste, rote Linie den Sonnenverlauf am längsten Tag des Jahres, dem 21. Juni; die unterste blaue Linie jenen vom kürzesten Tag des Jahres, dem 21. Dezember. Dazwischenliegende Kurven stellen die Übergangszeiten inkl. Frühjahrsbeginn (21. März) und Herbstbeginn (21. September) dar. Die schwarze Linie in den vier Sonnenstandsdiagrammen kennzeichnet den Horizont und lässt erkennen, zu welchen Zeiten einzelne Bereiche des Landhaus Bregenz durch umliegende Objekte verschattet werden. Solange die Sonnenverläufe innerhalb dieser schwarzen Linie liegen, ist der Bereich des Gebäudes verschattet. Nachfolgend dazu einige erläuternde Beispiele:

- Im linken oberen Bild (ferner Horizont für das 7.OG) ist beispielsweise zu erkennen, dass am 21. Juni bereits ab etwa 5:30 Uhr das 7.OG nicht mehr verschattet ist und die Sonne dann bis zum Sonnenuntergang (~20:00 Uhr) auf dieses Geschöß einwirkt.
- Im rechten unteren Bild (naher Horizont für das EG) liegt bereits eine etwas andere Situation vor. Hier herrscht am 21.Juni zwar die gleiche Einstrahlungssituation wie im 7. OG. Zu anderen Jahreszeiten kann es jedoch zu wesentlichen Verschattungssituationen kommen. So gibt es beispielsweise am 21. Dezember (blaue Linie) den ganzen Tag hindurch kein direktes Sonnenlicht.

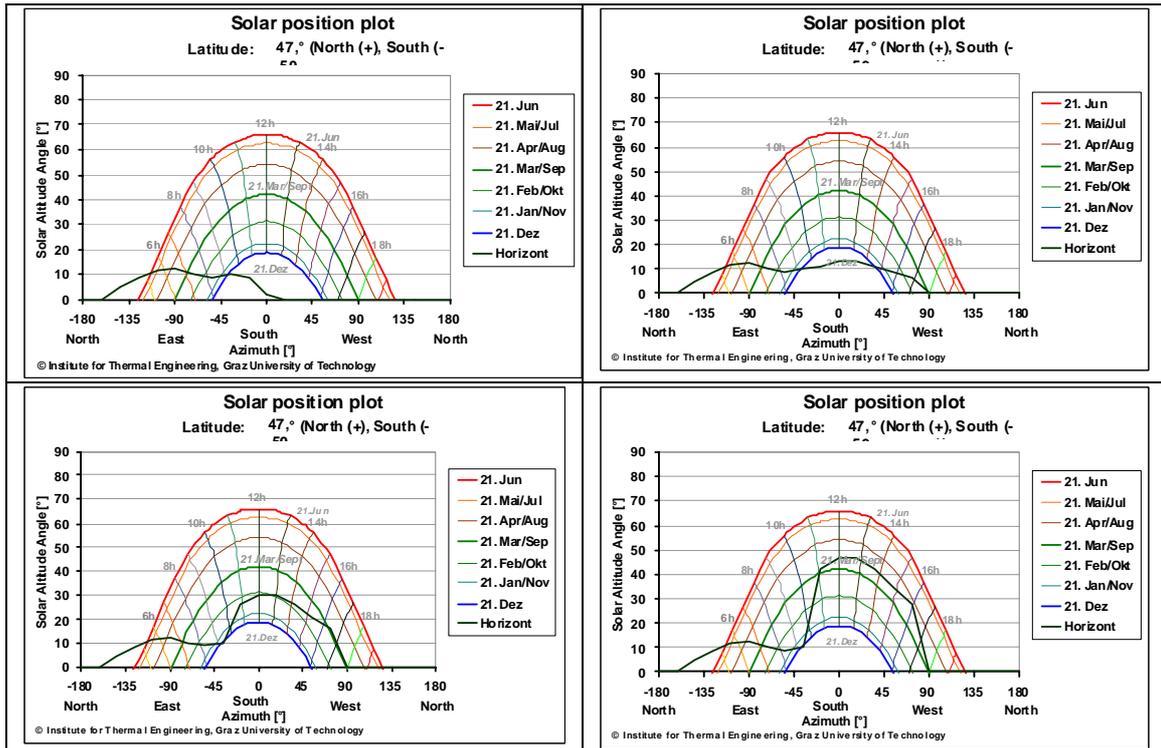


Abbildung 99: Beispielhafte Darstellung der Horizontverschattung für das Landhaus Bregenz. Linkes oberes Bild: „ferner“ Horizont für das 7.OG; rechtes oberes Bild: „naher“ Horizont für das 7.OG; Linkes unteres Bild: „naher“ Horizont für das 4.OG; Rechtes unteres Bild: „naher“ Horizont für das EG.

### 8.1.5.1.2 Bauliche Eigenverschattungen

Neben der Verschattung des Gebäudes durch umliegende Objekte, ergibt sich durch Dachüberstände, seitliche Vorsprünge, etc. zusätzlich eine bauliche Eigenverschattung der Verglasungsflächen. Tabelle 23 zeigt dazu eine Zusammenfassung der in der Gebäudemodellierung berücksichtigten Eigenverschattungen in Abhängigkeit von der Orientierung der Fensterflächen (Strahlungstypen ORI05 – ORI22). Zusätzliche Informationen zu den berücksichtigten Strahlungsdaten können Kapitel 8.1.4 entnommen werden.

Tabelle 23: Geometrien der beim Gebäudemodell berücksichtigten Eigenverschattungen (in m)

Strahlungstyp	ORI05	ORI07	ORI08	ORI10	ORI12	ORI13	ORI16	ORI18	ORI21	ORI22
Receiver height	2,85	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80
Receiver width	2,80	42,70	30,50	10,50	40,00	8,50	30,40	14,60	30,40	9,00
Overhang projection	0,00	1,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Overhang gap	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Overhang left extension	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Overhang right extension	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Left wingwall projection	37,20	0,00	0,00	41,00	15,60	37,20	0,00	41,00	15,60	37,20
Left wingwall gap	2,10	0,00	0,00	3,90	1,30	2,97	0,00	0,00	6,30	2,97
Left wingwall top extension	0,70	0,00	0,00	0,70	11,20	11,20	0,00	11,20	21,70	21,70
Left wingwall bottom extension	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Right wingwall projection	0,00	0,00	19,00	31,08	0,00	0,00	20,23	31,10	0,00	0,00
Right wingwall gap	0,00	0,00	0,00	2,37	0,00	0,00	0,00	3,25	0,00	0,00
Right wingwall top extension	0,00	0,00	11,20	0,70	0,00	0,00	21,70	11,20	0,00	0,00
Right wingwall bottom extension	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Receiver azimuth	260	350	350	80	170	260	350	80	170	260

### 8.1.5.1.3 Art des Verschattungssystems

Abbildung 100 und Abbildung 101 zeigen die derzeitige Beschattungssituation im Landhaus Bregenz. Auf den südseitigen Büroräumen wird mit einer außenliegenden Stoffmarkise (Stoffscreens) verschattet. Die nordseitigen Räume sind mit keinem Verschattungssystem ausgerüstet.



Abbildung 100: Südfassade mit dem derzeitigen Verschattungssystem (braune Stoffscreens) im 7. OG des Landhaus Bregenz



Abbildung 101: Nordfassade, hier der Restaurantbereich, ohne Verschattungseinrichtung

Über das derzeit in Verwendung befindliche Verschattungssystem gibt es keine verfügbaren Produktdaten mehr. Basierend auf einer bereits 2001 durchgeführten Untersuchung am Landhaus Bregenz (Künz, 2002) bzw. durch Analyse der Produktdaten vergleichbarer neuer Stoffscreens (Soltis, 2003) wurden die in Tabelle 24 zusammengefassten Parameter für die IST - Verschattung berücksichtigt:

Tabelle 24: Technische Daten zur IST-Verschattung (brauner Stoffscreens)

IST – Verschattung (braune Stoffscreens)	Technische Daten [-]	Anmerkung
Transmissionsgrad	0,3	30% der auf die Verschattung auftreffenden Solarstrahlung wird ungehindert durchgelassen
Reflexionsgrad	0,1	10% der auf die Verschattung auftreffenden Solarstrahlung wird reflektiert
Absorptionsgrad	0,6	60% der auf die Verschattung auftreffenden Solarstrahlung werden absorbiert und in Wärme umgewandelt

### 8.1.5.1.4 Verschattungsprofil

Sämtliche im Landhaus Bregenz installierten Verschattungen sind manuell zu bedienen. D.h. die Definition des Nutzungsprofils für die Simulation ist entsprechend schwierig, da die Nutzer in der Regel unterschiedliche Verhaltensmuster aufweisen. Um trotzdem ein repräsentatives Verschattungsprofil zu finden, wurden zum einen Fragebögen an die MitarbeiterInnen im Landhaus verteilt, in denen sie ihr Nutzungsverhalten in Hinblick auf die Verschattung angeben sollten, zum anderen wurde bei der Vor Ort Dokumentation das Verschattungsverhalten des Personals notiert. Die Auswertungen dieser beiden Analysen ergaben, dass mit einer definierten Zeitregelung der Verschattung, das Nutzerverhalten in guter Näherung abgebildet werden kann. Das Profil der Verschattungsregelung während der Arbeitstage ist in Abbildung 102 dargestellt.

Ergänzend dazu ergab die Gebäudedokumentation, dass bei voll gezogener Verschattung häufig das Kunstlicht eingeschalten wird. Aus diesem Grund ist in Abbildung 102 zusätzlich auch die definierte Beleuchtungsregelung dargestellt. Wie man erkennen kann, sind die Verschattungen von 10:00 Uhr bis 16:00 Uhr voll gezogen. Das ist auch jener Zeitraum, zu dem in den Südbüros mit direkter Sonneneinstrahlung gerechnet werden muss. Parallel zur Vollverschattung erfolgt dann aufgrund einer zu geringen natürlichen Beleuchtung des Arbeitsplatzes eine 50%ige Aktivierung des künstlichen Lichts. An den Wochenenden bleibt die Verschattung zugezogen.

#### Erläuterung zu Abbildung 102:

Der Verschattungsfaktor (rote Linie) von  $z_{voll} = 0,75$  für die derzeit installierten Screens bedeutet, dass bei voll gezogener Verschattung 75% der auftreffenden Solarstrahlung von der Verschattung daran gehindert wird, in den Büroraum zu gelangen.  $Z_{halb} = 0,375$  analog dazu, dass rund 38% der auftreffenden Solarstrahlung von der Verschattung absorbiert bzw. reflektiert werden.

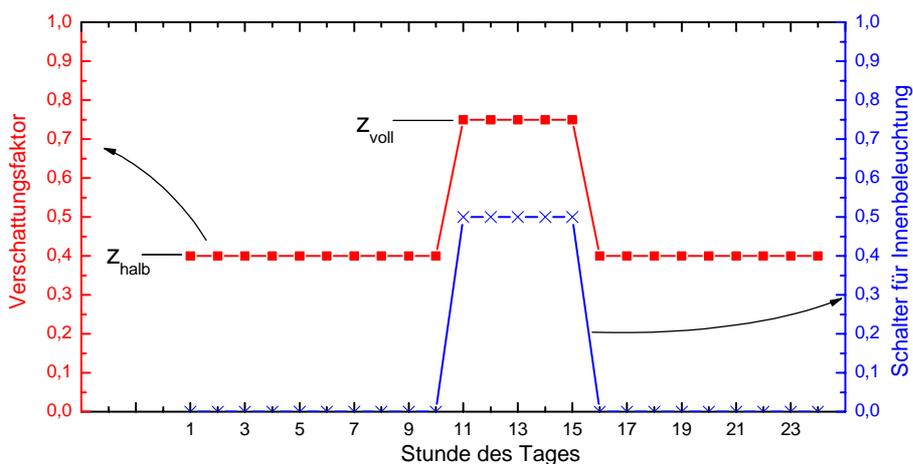


Abbildung 102: Verschattungs- und Beleuchtungsprofil in einem Standardbüro im Landhaus Bregenz während der Sommermonate (Mai – September) für die IST - Situation während eines Arbeitstages

### **8.1.5.2 Lüftungswärmegewinne**

Die für die Analyse von Sanierungsmaßnahmen maßgebenden Bereiche des Landhaus Bregenz, die Büroräume, besitzen keine mechanische Be- und Entlüftung. Hier erfolgt individuell durch Öffnen bzw. Kippen der Fenster die Frischluftzufuhr. Unter Berücksichtigung der gewonnenen Informationen bei der Nutzerbefragung bzw. den Gesprächen mit der Hausverwaltung (Fensteröffnungszeiten, Fenster gekippt oder ganz geöffnet, Öffnungswinkel bzw. Öffnungsgeometrien, etc.) wurden Luftwechselraten, die sich infolge der Temperaturdifferenz zwischen Außen und Innen ergeben für die IST – Situation ermittelt. In guter Näherung hat sich dabei ein Luftaustausch ergeben, der mit  $0,5 \text{ h}^{-1}$  dem hygienischen Luftwechsel ( $\sim 0,7 \text{ h}^{-1}$ ) sehr nahe kommt. Dieser Luftwechsel wird basierend auf den Ergebnissen der Befragungen vor Ort in der Simulation über 24 Stunden als konstant angesehen. Dass auch zu den Nachtstunden eine Luftwechselrate von  $0,5 \text{ h}^{-1}$  berücksichtigt wurde, ergibt sich daraus, dass zum Teil durch die Hausverwaltung, zum Teil durch das Reinigungspersonal die Fenster auch nach Dienstschluss bzw. vor Dienstbeginn im begrenzten Maße zur Entwärmung der Gebäudemassen geöffnet werden. Da kein einheitliches Profil über diese Öffnungszeiten der Fenster definiert werden konnte, wurde in guter Näherung ein konstanter Nachtluftwechsel von  $0,5 \text{ h}^{-1}$  berücksichtigt.

### **8.1.5.3 Transmissionswärmegewinne**

Die Transmissionswärmegewinne des Landhaus Bregenz werden in der Simulation entsprechend ihrer Konstruktionsaufbauten, den klimatischen Bedingungen und den sich einstellenden Raumtemperaturen berücksichtigt.

### **8.1.6 Interne Lasten**

Die internen Lasten setzen sich aus Lasten durch Personen, EDV - Geräte und Beleuchtung zusammen.

Um in der Simulation ein möglichst genaues Abbild der IST - Situation zu schaffen, war es vor allem wichtig, die tatsächlich vorherrschende Situation der internen Lasten so exakt wie möglich zu kennen. Eine Zusammenfassung der gewonnenen Erkenntnisse und der für die Simulation erforderlichen Parameter folgt daher in den drei nächsten Kapiteln.

#### **8.1.6.1 Personenlasten**

Die Personenbelegung der einzelnen Räume bzw. Zonen wurde mittels Belegungsplänen ermittelt. Bei Räumen wo die Belegung durch Personen nicht eindeutig feststellbar war, wurde diese durch Rücksprache mit der Hausverwaltung geklärt.

Die Kernarbeitszeit in den Büroräumlichkeiten konnte durch die Auswertung der Nutzerbefragung zeitlich gut festgelegt werden. Sie ist zwischen 8:00 Uhr und 17:00 Uhr. 50 % der Belegschaft verlassen während ihrer Mittagspause zwischen 12:00 und 13:00 Uhr ihre Büros und finden sich in der im 4.Stock untergebrachten Cafeteria ein.

Die Belegung der übrigen Räume und der Gänge wurde in Rücksprache mit der Hausverwaltung definiert.

Da im Rahmen dieser Arbeit besonderes Augenmerk auf die Überhitzungsproblematik im 6. und 7.OG gelegt wird, werden diese hinsichtlich ihrer Belegung beispielhaft genauer dargestellt.

In Abbildung 103 ist das Belegungsprofil im 6.OG dargestellt. Die Spitzen bei der Belegung der Zone 20 begründen sich daher, dass es sich bei dieser Zone um die Verkehrsflächen (Gänge, etc.) im Objekt handelt, wo es zu den Morgen-, Mittags- und Abendstunden zu erhöhtem Personenverkehr kommt. Bei den Zonen 15, 16, 17 und 19 handelt es sich durchwegs um Büroräume, mit einer mittleren Belegungsdichte von rund 12 - 17m<sup>2</sup> Bürofläche / Person. Die unterschiedlichen absoluten Belegungszahlen der Zonen ergeben sich nur dadurch, dass bei den einzelnen Zonen verschieden viele Büroräume zusammengefasst wurden. Die verhältnismäßig geringe Belegung der Zone 18 erklärt sich dadurch, dass es sich hier um die Toiletten handelt.

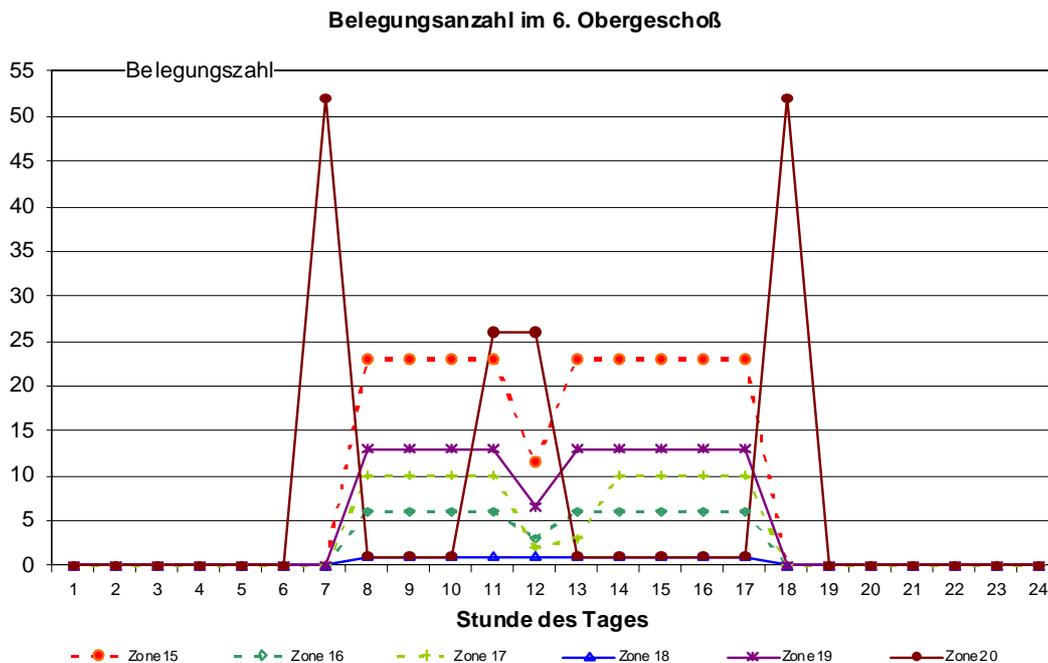


Abbildung 103: Belegungscharakteristik - 6. Obergeschoß

In Abbildung 104 ist das Profil zur Belegung im 7.OG ersichtlich. Zone 28 stellt die Verkehrsflächen im 7. OG dar. Daraus begründen sich auch die Belegungsspitzen ähnlich wie jene von Zone 20 im 6. OG. Das im Vergleich zum 6. OG doch etwas unterschiedliche „Verkehrsflächenprofil“ erklärt sich aus den etwas unterschiedlichen Büobeginnzeiten bzw. Mittagspausen der Belegschaft im 7. OG.

Bei der Zone 24 handelt es sich um die Toiletten, Zone 22 ist ein Seminarraum und die Zonen 21, 23, 24, 25 und 27 sind wiederum unterschiedlich große Bürozonen, wobei die mittlere Belegungsdichte ähnlich wie im 6. OG im Bereich von 12 - 17m<sup>2</sup> Bürofläche / Person liegt.

Das Personenaufkommen in Zone 26 erklärt sich durch den im 7. OG vorhandenen Apartmentbereich, der in der Regel nur in den Nachtstunden belegt ist.

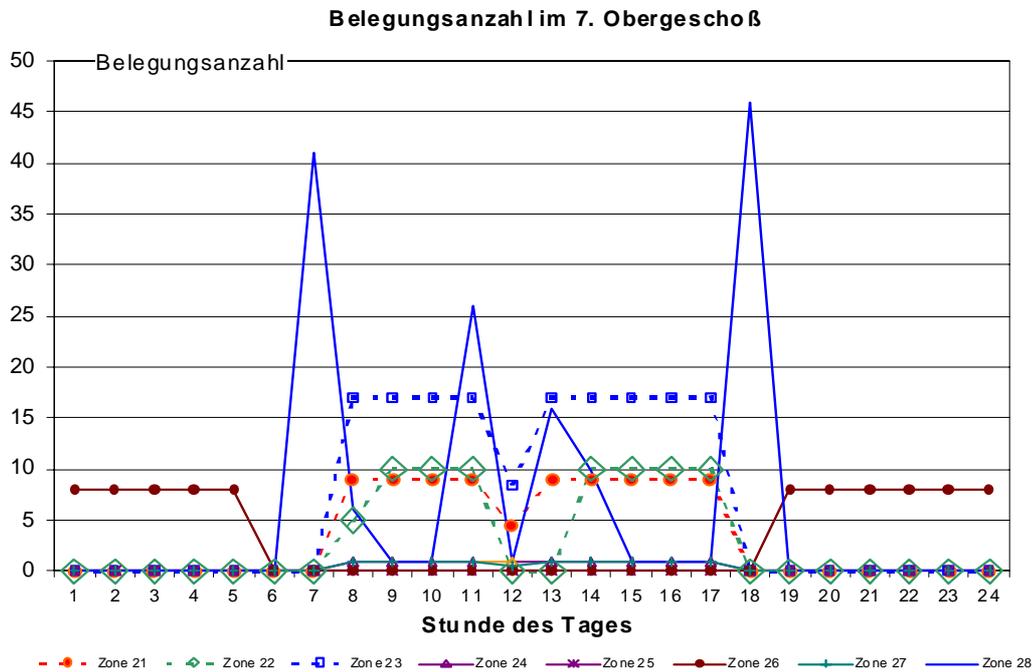


Abbildung 104: Belegungscharakteristik - 7. Obergeschoß

In den Büros ergeben sich durch die oben beschriebenen Belegungsdichten spezifische Personen-Kühllasten von etwa 6 – 10 W/m<sup>2</sup>, wenn man von einer Wärmeabgabe durch Personen von Q<sub>Pges</sub> von 125 W (DIN1946 Teil 2) ausgeht.

### 8.1.6.2 Lasten durch EDV und Geräte

Für die Bestimmung der internen Lasten durch Büro- und EDV-Geräte wurden anhand von Kurzzeitmessungen die Leistungsaufnahmen der unterschiedlichen Geräte (PC, Monitor, Drucker, Kopierer, etc.) im Landhaus Bregenz ermittelt. Abbildung 105 zeigt dazu eine typische EDV-Arbeitsplatzausstattung, wie sie im Vorarlberger Landhaus eingesetzt wird und innerhalb der Vor-Ort Dokumentation stichprobenartig vermessen wurde.

Für die Messungen der Geräteleistungen wurden Zwischenstecker der Firma "Technische Alternative", Typ EPM 3022 (Abbildung 106), verwendet. Diese geben die elektrische Momentanleistung der jeweiligen EDV-Geräte an. Für die Bestimmung der internen Lasten können diese gemessenen Leistungen in sehr guter Näherung mit der Wärmelast gleichgesetzt werden.

Tabelle 25 zeigt dazu eine Zusammenfassung der ermittelten Leistungen für einen PC-Arbeitsplatz, bestehend aus PC und Monitor. Bei den gemessenen Monitoren handelte es sich durchwegs um 17" Bildschirme. Stellt man diese Werte den allgemein gültigen Normvorgaben von etwa 200 – 250 W/PC-Station (VDI 2078) gegenüber, so sind in der Praxis doch deutlich geringere Wärmelasten durch PC's ersichtlich. Vor allem bei den TFT-Bildschirmen ist das

große Einsparpotenzial und somit eine deutliche Reduktionsmöglichkeit der internen Lasten durch EDV ersichtlich.



Abbildung 105: Typische EDV-Arbeitsplatzausstattung im Landhaus Bregenz



Abbildung 106: Verwendete Leistungsmessgeräte bei der Bestandsaufnahme

Tabelle 25: Ermittelte Leistungen bei den PC-Arbeitsplätze

EDV - Gerät	Leistungsaufnahme zu den PC - Betriebszeiten (8:00 - 12:00 und 13:00 - 17:00)	Leistungsaufnahme zu den PC - Standby - Zeiten (12:00-13:00 Uhr)
PC + 17" TFT – Bildschirm	53 W	52 W
PC + 17" Röhren-Bildschirm	162 W	78 W

Tabelle 26 und Tabelle 27 zeigen gemessene Leistungen der vorhandenen Drucker und Kopierer. Für die Simulation wurde, basierend auf den Ergebnissen der Vor-Ort Dokumentation bzw. der Nutzerbefragung, je Büro ein Drucker berücksichtigt, dessen aktive Laufzeiten zwei Stunden am Vormittag und zwei Stunden am Nachmittag betragen. Die restliche Zeit waren die Drucker im Standby-Betrieb. Nachdem ein einheitliches Drucker-Nutzungsprofil naturgemäß nur sehr schwierig zu definieren ist bzw. die Druckerzeiten von Tag zu Tag unterschiedlich je nach Bedarf anfallen, wurden in der Simulation die Wärmelasten durch den Drucker gleichmäßig über den Bürotag aufgeteilt berücksichtigt.

Die Kopiergeräte im Landhaus Bregenz befinden sich überwiegend auf den Gängen. In der Regel ein Gerät je Stockwerk. Dieser Umstand und die in Summe gesehen geringen Betriebszeiten (0,5 – 1 Stunde) haben zur Folge, dass die Kopierer, trotz ihrer bei Betrieb doch großen Leistungsaufnahme, in Summe einen nahezu vernachlässigbaren Wärmeeintrag bezogen auf die Gesamtkühllasten ausmachen.

Tabelle 26: Ermittelte Leistungen bei den Druckern

Drucker	Leistungsaufnahme zu den Drucker - Betriebszeiten (~ ¼ Stunde je Bürotag)	Leistungsaufnahme zu den Drucker - Standbyzeiten (4Stunden je Bürotag)
Leistung	340 W	4,5 W

Tabelle 27: Ermittelte Leistungen bei den Kopierern

Kopierer	Leistungsaufnahme zu den Kopierer - Betriebszeiten (0,5-1 Stunden je Bürotag)	Leistungsaufnahme zu den Kopierer - Standbyzeiten (7-7,5 Stunden je Bürotag)
Leistung	1000 W	30 W

Zusammenfassend können folgende Daten für die internen Lasten durch EDV- und Bürogeräte festgehalten werden. Die spezifischen Lasten, die durch die EDV – Ausstattung in den Regel-Büroräumen auftreten, liegen bei PC's mit TFT – Schirmen zwischen 3,1 und 4,5 W/m<sup>2</sup> Bürofläche und bei PC's mit Röhrenschirmen zwischen 9,5 und 13,5 W/m<sup>2</sup> Bürofläche. Die Drucker verursachen beim Betrieb eine spezifische Spitzenlast von 20 – 28 W/m<sup>2</sup> Bürofläche. Berücksichtigt man dabei jedoch die geringeren „Volllast-Betriebszeiten“ der Drucker von rund einer ¼ Stunde (entspricht ~150 Seiten pro Tag), so liegen die Tageswärmeeinträge im vorliegenden Fall in einer vernachlässigbaren Größenordnung.

### 8.1.6.3 Lasten durch Beleuchtung

In den Regelbüroräumen des Landhaus Bregenz sind grundsätzlich zwei Lichtbänder montiert, wovon eines gang- und eines fensterseitig montiert ist und diese getrennt voneinander betätigt werden können (Schema siehe Abbildung 107).

Wie bereits im Kapitel 2.2.2.2 „Verschattungsprofil“ erläutert wurde, konnte durch die durchgeführte Nutzerbefragung und nach Rücksprache mit der zuständigen Kontaktperson vor Ort ermittelt werden, dass die installierte Beleuchtung bei voll gezogener Verschattung zu 50% aktiv ist. Dieses wiederum führt durch die nicht dem Stand der Technik entsprechenden magnetischen Vorschaltgeräte zu einem hohen Energieeintrag in den Raum. Moderne Vorschaltgeräte, die bei Neuinstallationen standardmäßig zum Einsatz kommen, sind elektronische Vorschaltgeräte und nehmen deutlich geringere Leistungen auf.

Abbildung 107 zeigt eine für einen Regelbüorraum repräsentative Anordnung der Beleuchtungseinrichtungen. Sie besteht aus einem in Fensternähe installierten Beleuchtungsband und zwei Beleuchtungseinrichtungen im Rauminnen (Gangnähe).

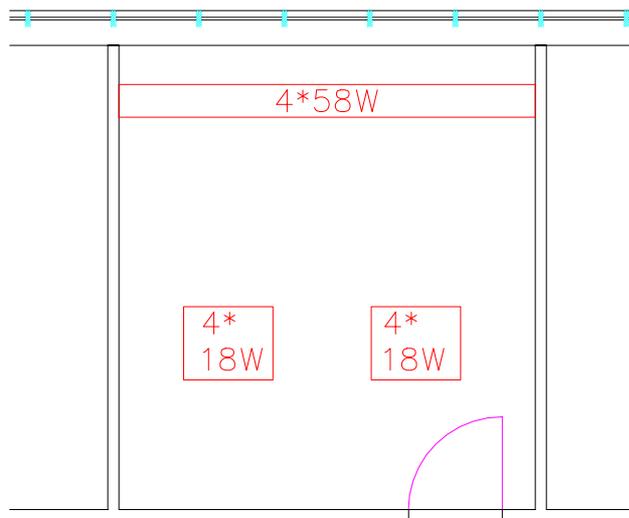


Abbildung 107: Schema zur Anordnung der Beleuchtungseinrichtungen in einem Regelbüro

Da sämtliche Büros von der Raumaufteilung her ähnlich gestaltet sind und die Aufzeichnungen der Hausverwaltung in Form von sogenannten „Achslasten“ zur Verfügung gestellt wurden, zog man für die Ermittlung der internen Lasten diesen Wert heran. Eine

Achse kommt dabei der Fensterbreite gleich. Betrachtet man diese Definition anhand des in Abbildung 107 dargestellten Schemas so, besitzt dieses Regelbüro 5 Fensterachsen mit einer Achslast von  $75 \text{ W / Achse}$  ( $= 4 \times 58 \text{ W} + 8 \times 18 \text{ W}$  dividiert durch 5 Achsen).

Bezogen auf das gesamte Objekt konnten so recht einfach folgende Beleuchtungslasten für drei primär vorherrschende Bürotypen definiert werden:

- 4 achsige Büros:  $83 \text{ W / Achse}$  (entspricht  $\sim 335 \text{ W}$  Gesamtleistung pro Büro)
- 5 achsige Büros:  $75 \text{ W / Achse}$  (entspricht  $\sim 375 \text{ W}$  Gesamtleistung pro Büro)
- restliche Büros:  $86 \text{ W / Achse}$  (Gesamtleistung ergibt sich je nach Achsanzahl)

Für die Seminar- und Besprechungsräume gelten die gleichen Achslasten wie bei den Büroräumen. Ihre 50% - ige Aktivierung bei Vollverschattung erfolgt aber nur während deren Belegungszeiten zwischen 8:30 - 12:00 Uhr und 14:00 - 16:00 Uhr.

Für die Verkehrsflächen vom EG – 7.OG wurde von der Hausverwaltung eine Anschlussleistung von insgesamt  $18 \text{ kW}$  angegeben, welche zwischen 8:00 und 18:00 Uhr zu 50 % aktiv ist. Da keine detaillierteren Informationen zur Verfügung gestellt werden konnten, wurde diese Last gleichmäßig auf die gesamten Verkehrsflächen aufgeteilt.

Werden die oben erläuterten Absolutwerte der Beleuchtungslasten wieder auf spezifische Werte zurückgerechnet, so ergeben sich folgende Lasten:

- Büroräume (Beleuchtung 100% aktiv):  $22 - 27 \text{ W/m}^2$  Bürofläche
- Seminarräume (Beleuchtung 100% aktiv)  $22 - 27 \text{ W/m}^2$  Bürofläche
- Verkehrsflächen (Beleuchtung 100% aktiv):  $11 - 15 \text{ W/m}^2$  Verkehrsfläche

## 8.2 Simulationsergebnisse zur IST - Situation

Nach Dokumentation und Auswertung aller für die Kühllastberechnung notwendigen Parameter, erfolgte die Modellierung und Simulation der IST – Situation. Zusammenfassend wurden in der nachfolgenden Tabelle dazu die Eckdaten zur Ausgangssituation dargestellt (Tabelle 28). Da vor allem die Daten für die Büroräume von Interesse sind, beziehen sich die Angaben grundsätzlich auf diese Zonen.

Tabelle 28: Eckdaten zur IST – Situation

IST - Situation	Kurzbeschreibung
Verschattungssystem	Brauner Screen (nur südseitig, nordseitig keine Verschattung) Transmissionsgrad 0,3 / Reflexionsgrad 0,1 / Absorptionsgrad 0,6
Verschattungsregelung	10:00 – 15:00 Uhr: 100% Verschattung Restliche Zeit: 50% Verschattung
Luftwechsel	0,5 h <sup>-1</sup> über 24 Stunden
Speichermasse	Abgehängte Decken Teppichboden Gipskarton-Innenwände
Beleuchtung	Alte Leuchtstofflampen Installierte Leistung (Bürräume): 22 - 27 W/m <sup>2</sup> Bürofläche 50% der Beleuchtung eingeschaltet, wenn Verschattung aktiv
EDV - Geräte	PC's + 50% Röhrenmonitore / 50% TFT – Monitore Mittlere installierte Leistung: 8 W/m <sup>2</sup> Bürofläche
Belegung	Mittlere Belegungsdichte: 12 – 17 m <sup>2</sup> /Person; entspricht 6 – 10 W/m <sup>2</sup>
Kühlung	Keine (Seminarräume sind mit Gebläsekonvektoren ausgestattet)

Ausgehend von diesen Randbedingungen wurde in der Simulation das Objekt sowohl ideal auf 26°C gekühlt, wie auch ungekühlt gerechnet. Durch die Berechnungen beider Varianten („ideal gekühltes“ und „ungekühltes“ Gebäude) soll zum einen ermittelt werden wie groß die aktuellen Kühllasten sind. Diese geben Aufschluss über die Größe einer eventuell erforderlichen Kälteanlage. Zum anderen zeigt die Simulation des ungekühlten Gebäudes die aktuelle Behaglichkeitssituation im Landhaus Bregenz und ermöglicht in weiterer Folge die Bewertung von nachhaltigen Sanierungsmaßnahmen in Form des „Raumtemperatur-Absenkungspotenzials“. D.h. wie weit können derzeit auftretende Raumübertemperaturen rein durch passive Maßnahmen verbessert werden, ohne dass ein aktives Kühlsystem zum Einsatz kommt.

Abbildung 108 zeigt dazu den Kühlenergiebedarf sowie die maximale Kühllast des gesamten Objektes. Die maximale Gebäudekühllast, die bei Bedarf vor allem ausschlaggebend für die Auslegung einer Kälteanlage ist, beträgt rund 520 kW bzw. 27,3 W/m<sup>2</sup> Gesamtnutzfläche.

Bezieht man die Gesamtkühlleistung nur auf jene Fläche, wo auch der Großteil der Kühlleistung anfällt (auf die Büro- und Seminarräume) so erhöht sich die spezifische Last auf 54,9 W/m<sup>2</sup> Büronutzfläche. Der Jahreskühlenergiebedarf von 270.000 kWh gibt die erste Richtgröße über mögliche Betriebskosten bei Installation einer Kälteanlage. So würden sich in der aktuellen Situation bei Stromkosten von rund 0,14 Euro/kWh<sub>el</sub> und einer Kälteanlagen - Leistungsziffer von  $\epsilon = 3$ , jährliche Kosten von rund 13.000 Euro ergeben. Der Wärmeeintrag pro Tag (kWh/d bzw. Wh/m<sup>2</sup>d) ist vor allem in späterer Folge bei der Betrachtung von passiven Kühlkonzepten von Bedeutung, da das Grundprinzip der passiven Kühlung darauf beruht, die am Tag eingebrachten Wärmemengen in den Gebäudemassen zu speichern und in den Nachtstunden beispielsweise über freie Nachtlüftung wieder abzugeben. In der derzeitigen Situation betragen die mittleren täglich eingebrachten Wärmemengen für das ganze Gebäude rund 1800 kWh/d.

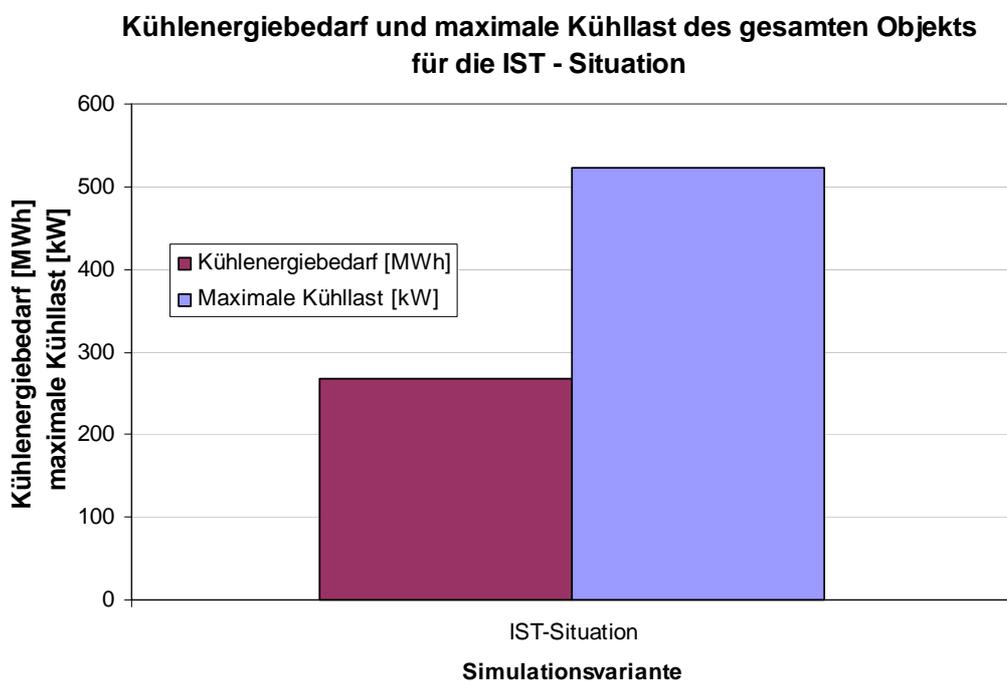


Abbildung 108: Kühlenergiebedarf und maximale Kühlleistung für die IST - Situation des Landhaus Bregenz

Abbildung 109 zeigt als Ergänzung zu Abbildung 108 das Behaglichkeitsfeld für den Sommer 2003. Hier ist die Überhitzungsproblematik deutlich zu erkennen. Es werden Spitzentemperaturen von bis zu 35°C erreicht und über den gesamten dargestellten Zeitraum wird die Behaglichkeitsgrenze von 26°C nach DIN 1946, Teil 2 (DIN 1946 Teil 2, 1994) zu über 50% der Bürozeiten überschritten. Deutlich zu erkennen ist auch, dass trotz zum Teil tiefer nächtlicher Außentemperaturen (< 20°C) die Raumtemperaturen nicht wesentlich absinken. Es erfolgt somit keine nächtliche Auskühlung der Gebäudemassen.

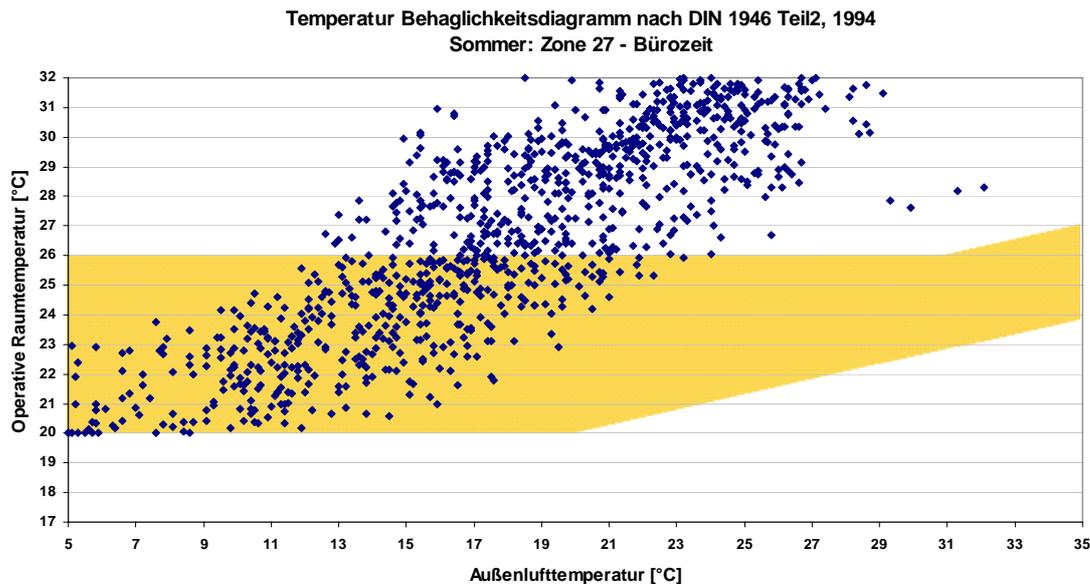


Abbildung 109: Behaglichkeitsdiagramm mit den Stundenwerten der operativen Raumtemperatur zu den Bürozeiten für den Sommer 2003 bei der IST-Situation

### 8.2.1 Einfluss der klimatischen Rahmenbedingungen

Die Ergebnisse aus einer Gebäudesimulation hängen sehr stark von den gewählten Rahmenbedingungen (z.B. Klimadaten, Gebäudedaten, Nutzungsprofile, Belegungsdichten, installierte Leistungen, etc.) ab. In diesem Abschnitt soll an Hand der IST – Situation veranschaulicht werden, wie sich die Ergebnisse bei Änderung der klimatischen Rahmenbedingungen verhalten. Des weiteren wird in Kapitel 8.2.2 gezeigt, wie sich die Orientierung der Büroräume auf die Kühllast bzw. den Kühlenergiebedarf auswirkt.

Inwieweit nun die unterschiedlichen klimatischen Bedingungen (lange, warme Sommerperiode – Klima 2003 vs. durchschnittliche Sommerperiode – Klimamittel aus 1994 bis 2001) die Kühllast bzw. den Kühlenergiebedarf beeinflussen, kann anhand der beiden nachfolgenden Abbildungen ersehen werden. Abbildung 110 zeigt dabei die Absolutwerte für Kühlenergiebedarf und maximale Kühllast bezogen auf das jeweilige Geschöß. Analog dazu Abbildung 111 die spezifischen Werte. Die magentafarbenen Balken bzw. die gelbe Linie stehen für den Energiebedarf beim sehr warmen Sommer 2003, die blauen Balken bzw. die mintfarbene Linie für einen durchschnittlichen Sommer (langjähriges Mittel aus den Klimadaten 1994 – 2001, siehe Kapitel 8.1.1).

Sowohl in Abbildung 110 als auch in Abbildung 111 sind die Auswirkungen des Klimaeinflusses deutlich zu erkennen. So hat der klimatische Einfluss eine bis zu 50% höhere Kühllast zur Folge und, betrachtet man den Kühlenergiebedarf, sogar eine Steigerung um fast 75%.

Die hohe Kühllast und der hohe Kühlenergiebedarf im 1. Obergeschoß erklären sich durch den sich dort befindlichen Serverraum. Das 4. Obergeschoß weist noch etwas höhere Absolutlasten auf, weil sich in diesem Stockwerk die Küche befindet.

Bei Betrachtung der spezifischen Lasten (Abbildung 111) ist zu erkennen, dass neben den beiden bereits erwähnten Geschossen (1. und 4. OG), das 6. und 7. Obergeschoß die höchsten spezifischen Lasten aufweist. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit den Erfahrungen aus der Vor-Ort Dokumentation und ist umso bedeutender ob der Tatsache, dass diese Bereiche nahezu ausschließlich Büroräume sind und somit die Nutzer direkt mit den hohen Lasten konfrontiert werden. Beim Serverraum bzw. in der Küche sind dagegen extra Kühlsysteme vorgesehen, die die auftretenden Wärmelasten durch Küchengeräte bzw. EDV-Anlagen abführen können. Hier wirken sich die hohen Lasten somit nicht unmittelbar als Belastungen für den Menschen aus.

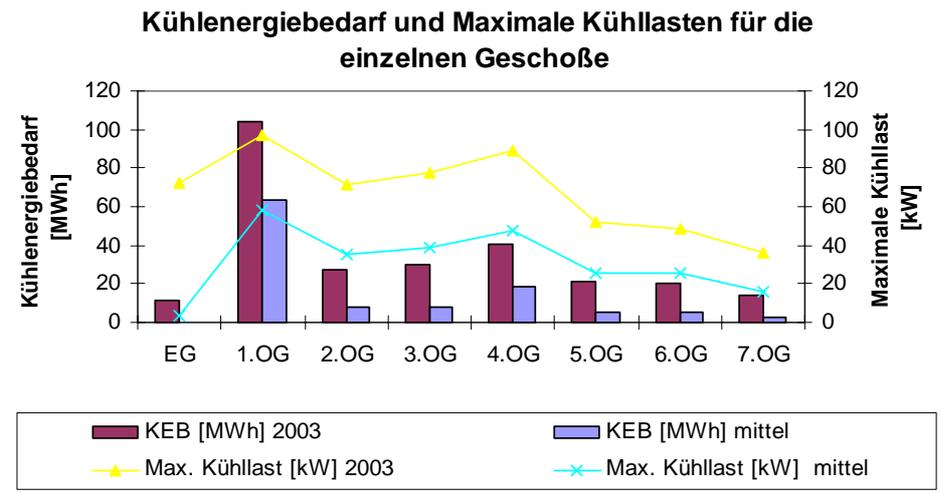


Abbildung 110: Kühlenergiebedarf und maximale Kühllasten für die einzelnen Geschöße beim sehr heißen Klimadatensatz 2003 und beim durchschnittlichen Klimadatensatz 1994 – 2001

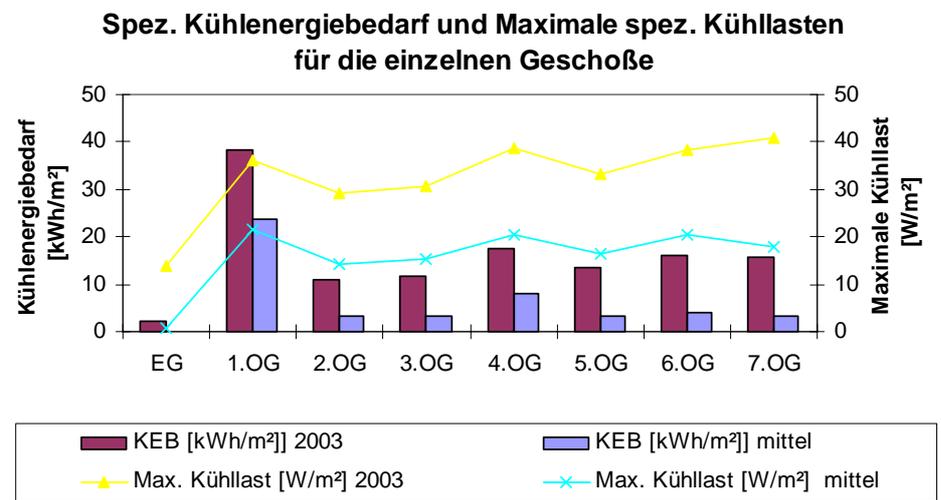


Abbildung 111: Spezifischer Kühlenergiebedarf und maximale spezifische Kühllast für die einzelnen Geschöße beim heißen Klimadatensatz 2003 und beim durchschnittlichen Klimadatensatz 1994 – 2001

## 8.2.2 Einfluss der Büroraum - Orientierung

Das vorangegangene Kapitel (8.2.1 Einfluss der klimatischen Rahmenbedingungen) hat sehr klar gezeigt, wie stark die klimatischen Rahmenbedingungen die Kühllast eines Büroraumes beeinflussen. Dabei hat primär die Solarstrahlung einen wesentlichen Anteil. Höhere Außentemperaturen führen nur bedingt zu einer höheren Kühllast und hier primär durch Steigerung der Lüftungswärmegewinne (warme Raumluft wird durch heiße Außenluft ersetzt).

Im Zusammenhang mit der Solarlast spielen die Größe der Verglasungsflächen, Art der Verschattung und Orientierung der Verglasungsflächen eine maßgebende Rolle. Nachfolgend soll anhand der derzeitigen Situation im Landhaus Bregenz der Einfluss der Gebäudeorientierung betrachtet werden. Zum besseren Verständnis sind dazu in Abbildung 112 die thermischen Zonen im 7. OG dargestellt.



Abbildung 112: Thermische Zonierung des 7. Obergeschoßes in die sieben Zonen 7.1 bis 7.7.

Abbildung 113 zeigt die Absolutwerte des Kühlenergiebedarfs und der maximalen Kühllast für die einzelnen thermischen Zonen des 7. OG. Bei der Betrachtung dieser Werte stechen vor allem Zone 7.1 und Zone 7.3 mit hohen Lasten hervor. Primärer Grund dafür ist, dass es sich hier um Bereiche handelt, wo mehrere Büros zusammengefasst wurden und dadurch auch die Zonenflächen deutlich über den anderen Bereichen liegen. Aussagekräftiger ist somit Abbildung 114 mit den spezifischen Werten für Kühllast und Kühlenergiebedarf. Die höchste Last weist hier der Seminarraum (Zone 7.2) aufgrund seiner hohen Belegungsdichte auf. Betrachtet man des weiteren nur die Bürozononen (Zone 7.1, 7.3 und 7.7), so sieht man, dass die Ergebnisse in einer relativ engen Bandbreite liegen und somit auf den ersten Blick die Orientierung der Büroräume keinen wesentlichen Einfluss hat. Zurückzuführen ist dieser Umstand auf die Tatsache, dass auf der Nordfassade kein Sonnenschutz installiert ist und somit in den frühen Morgenstunden bereits Solarlasten in die Räume eingebracht werden, die über den gesamten Tagesverlauf nicht mehr abgeführt werden können.

Welche Auswirkungen die Installation einer Verschattung auch auf der Nordseite mit sich bringen würde, wird in einem späteren Kapitel (9.1.1.1 Einfluss des Verschattungssystems) betrachtet.

**Kühlenergiebedarf und Maximale Kühllast der verschiedenen Zonen im 7.OG**

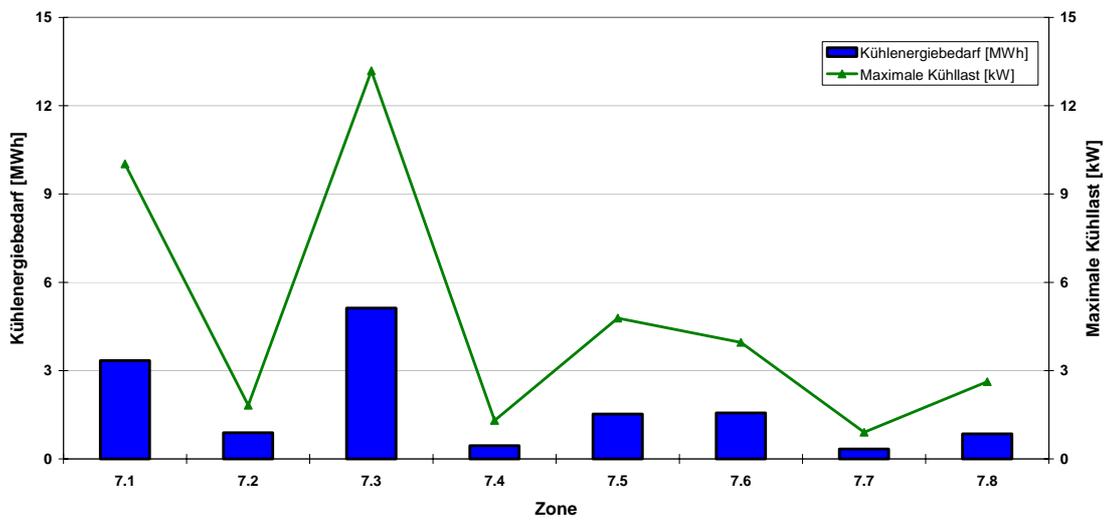


Abbildung 113: Gegenüberstellung des Kühlenergiebedarfs (Balken) und der maximalen Kühllasten (Linien) für das 7. Obergeschoß ermittelt mit dem Klimadatensatz 2003

**Spez. Kühlenergiebedarf und Maximale spez. Kühllast der verschiedenen Zonen im 7.OG**

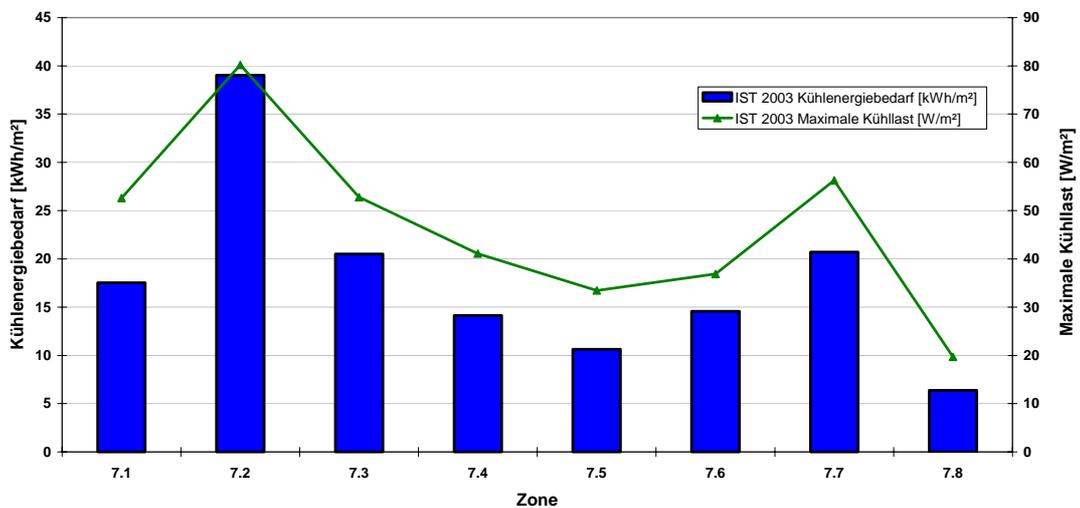


Abbildung 114: Gegenüberstellung des spezifischen Kühlenergiebedarfs (Balken) und der maximalen spezifischen Kühllasten (Linien) für das 7. Obergeschoß ermittelt mit dem Klimadatensatz 2003

## 9 Sensitivitätsanalyse der Sanierungsvarianten

In diesem Abschnitt werden, aufbauend auf der IST - Situation des Gebäudes, verschiedene Sanierungsmaßnahmen zur Reduktion der externen und internen Lasten betrachtet. Wie bei der Zonierung der Büroflächen bereits erläutert, liegt der Schwerpunkt der Analyse auf dem 6. und 7. OG, da hier die größten Unzufriedenheiten bzgl. thermischer Behaglichkeit bestehen. In den nachfolgenden Untersuchungen werden daher auch primär die Sanierungsmaßnahmen für diese Bereiche analysiert.

Nachfolgend ist in Tabelle 29 ein Überblick über die betrachteten Sanierungsvarianten zum Landhaus Bregenz angeführt. Zur besseren Übersicht wurde in der dritten Spalte das Kapitel ergänzt, in dem die Detailergebnisse zu finden sind.

Tabelle 29: Auflistung der Simulationsvarianten zum Landhaus Bregenz

Maßnahme	Varierte Parameter	Kapitel
<b>Reduktion der externen Lasten</b>	Variation der Verschattungssysteme Variation der Verschattungsregelung Variation des Luftwechsels Variation der Lüftungsregelung Nachtlüftungsvarianten	9.1
<b>Reduktion der internen Lasten</b>	Austausch der vorhandenen Beleuchtungskörper durch eine energieeffiziente Beleuchtung Tageslichtgeführte Regelung der Beleuchtung Ersatz der vorhandenen stromintensiven EDV-Geräte durch eine energieeffiziente Ausstattung	9.3
<b>Einbringung von Speichermassen</b>	Einbringung neuer bzw. Aktivierung vorhandener Speichermassen	9.2
<b>Kühlung über ein Lüftungssystem</b>	Variation der Zulufttemperatur Variation der Zulufttemperatur in Kombination mit Nachtlüftung	9.5.2
<b>Kühlung über ein wassergeführtes System</b>	Gebälsekonvektoren: Variation der Vorlauftemperatur Kühldecken: Variation der Systeme (z.B.: Kapillarrohr in Gipskartonplatten; Metallkühldecken; Unterputzkühldecken) Kühldecken: Variation der Vorlauftemperaturen und Flächen	9.5.3
<b>Kältequellen</b>	Nachtluft Grundwasser Erdsonden Kühltürme	9.6

Bei der Betrachtung und Analyse dieser unterschiedlichen Sanierungsvarianten für das Landhaus Bregenz war es das Ziel, ein umfassendes Maßnahmenpaket zur Optimierung des Gebäudes auszuarbeiten. Aus diesem Grund wurde das Landhaus Bregenz Schritt für Schritt, beginnend bei den externen Lasten bis hin zur Wahl der Kältequellen untersucht und die bei den gegebenen Rahmenbedingungen jeweils sinnvollste Sanierungsmaßnahme als Basis für das nächste Maßnahmenpaket herangezogen. D.h. nach Analyse der Verschattungsvarianten wurde die hier idealste Sanierungsmaßnahme als Basis für die weiterfolgenden Sensitivitätsanalysen definiert. Grundlage für die Definition dieser sogenannten „neuen“ Basisvariante war zum einen das erzielbare Kühlenergieeinsparpotenzial, zum anderen die technische und finanzielle Möglichkeit der Umsetzung.

## 9.1 Externe Lasten

Wie bereits im Kapitel 2.2.1 erläutert, setzen sich die externen Lasten, die auf ein Gebäude einwirken, aus folgenden drei Teilen zusammen:

- Solargewinne durch transparente Bauteile, die hauptsächlich durch ihre Ausrichtung, der gewählten Verglasung, der vorhandenen Verschattungseinrichtung und dem Verschattungsprofil (Aktivierungszeiten der Verschattung) beeinflusst werden.
- Lüftungswärmegewinne, welche, sofern keine mechanische Lüftungsanlage installiert ist, durch das Öffnen der Fenster bzw. durch Infiltration verursacht werden.
- Transmission durch Bauteile, die im wesentlichen durch den U-Wert und die Oberflächenfarbe bestimmt wird.

### 9.1.1 Solare Gewinne

Wie die Gebäudedokumentation (Kapitel 5.7.2 Solare Gewinne) gezeigt hat, machen die solaren Lasten den Großteil der Kühllast (bis zu 50%) bzw. des Kühlenergiebedarfs (rund 70%) aus. Des Weiteren sind nach Auskunft der Hausverwaltung die Wartungs- und Instandhaltungskosten für das mittlerweile über 20 Jahre alte Verschattungssystem sehr hoch, bzw. gibt es bei der Beschaffung von Ersatzteilen bereits Probleme (Abbildung 115, Abbildung 116). Darum soll als erstes wesentliches Projektergebnis für den Gebäudebetreiber ein effizienter Ersatz für die bestehenden Verschattungseinrichtungen ausgearbeitet werden.

Im ersten Schritt bei der Betrachtung von Sanierungsmaßnahmen soll daher das Kühlenergie-Einsparpotenzial bzw. die Behaglichkeitssteigerung durch verschiedene Verschattungskonzepte analysiert werden.



Abbildung 115: IST – Verschattung im Landhaus Bregenz



Abbildung 116: Häufig defekte Screens führen zu hohen Instandhaltungskosten

Zur Reduktion der solaren Gewinne im Landhaus Bregenz wurden zum einen verschiedene Verschattungsvarianten definiert, die zeigen sollen, welche Auswirkungen das Verschattungssystem auf das Raumklima hat, zum anderen wurden verschiedene Arten der Verschattungsregelung betrachtet. Nachfolgend dazu ein Überblick über die wesentlichen Variationsparameter, die in den nachfolgenden Kapiteln detailliert betrachtet werden:

- Betrachtung verschiedener Verschattungssysteme (Screen, Raffstore, Außen- / Innenverschattung, Reduktion der Verglasungsfläche, etc.)
- Betrachtung verschiedener Verschattungsregelungen (manuelle Betätigung, Zeitregelung, Einstrahlungsregelung, Tageslichtregelung, etc.)
- Verschattung der nordseitigen Fensterflächen

#### 9.1.1.1 Einfluss des Verschattungssystems

Die Variation von Verschattungssystemen bildet den Beginn der Sensitivitätsanalyse. Abbildung 117 bis Abbildung 120 zeigen hierzu auszugsweise einige mögliche Umsetzungsbeispiele, wobei die beiden letzten Abbildungen Möglichkeiten zur optimierten Tageslichtnutzung darstellen. In Abbildung 120 ist eine Edelstahlverschattung der Firma „clauss Markisen“ abgebildet. Dabei handelt es sich um eine Verschattung mit Tageslichtnutzung, die aufgrund ihrer Geometrien ausreichend Möglichkeit bietet, vom Innenraum nach außen zu blicken und gleichzeitig sehr gute Verschattungswerte erreicht (laut Produktdatenblatt gelangen nur 5% der Solarstrahlung in den Raum, d.h. es wird ein Verschattungsgrad von 95% erreicht). In Abbildung 119 ist eine Verschattung mit Prismenelementen dargestellt. Bei diesem System wird die direkte Solarstrahlung durch die Prismen umgelenkt und es kommt nur diffuse Strahlung in den Raum.



Abbildung 117: Raffstore - Verschattung



Abbildung 118: Screen - Verschattung



Abbildung 119: Prismenelemente als Tageslichtlenksystem (Siteco, 2002)

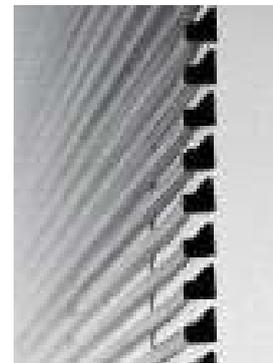


Abbildung 120: Edelstahlverschattung (claus markisen, 2003)

Folgende konkrete Verschattungsmaßnahmen (Tabelle 30) werden für das Landhaus Bregenz untersucht. Wesentlich ist dabei, dass in diesem Schritt der Sensitivitätsanalyse nur das Verschattungssystem variiert wird, die Änderung der Verschattungsregelung und deren Auswirkungen auf die Kühllasten erfolgen im nächsten Abschnitt (Kapitel 9.1.1.2).

Tabelle 30: Verschattungsvarianten mit den Änderungen zur IST – Situation

Simulationsvariante	Änderung zur IST – Situation
IST – Situation	Brauner Screen (nur südseitig)
Screen (hell) N+S	Helle Screen (nord- und südseitig)
Screen (dunkel) N+S	Dunkler Screen (nord- und südseitig)
Raffstore (dunkel)	Dunkler Raffstore (nord- und südseitig)
Raffstore (dunkel)_N+S	Dunkler Raffstore (nord- und südseitig)
Screen (innen) N+S	Innenverschattung (nord- und südseitig)
Fixverschattung	Fixverschattung mit Überständen (nur südseitig)
Edelstahlverschattung N+S	Edelstahlverschattung (nord- und südseitig, siehe auch Abbildung 120)

Die Ergebnisse aus der Simulation der verschiedenen Verschattungssysteme sind in Abbildung 121, in Form des Kühlenergiebedarfs und der maximalen Kühllast für das 7.OG dargestellt.

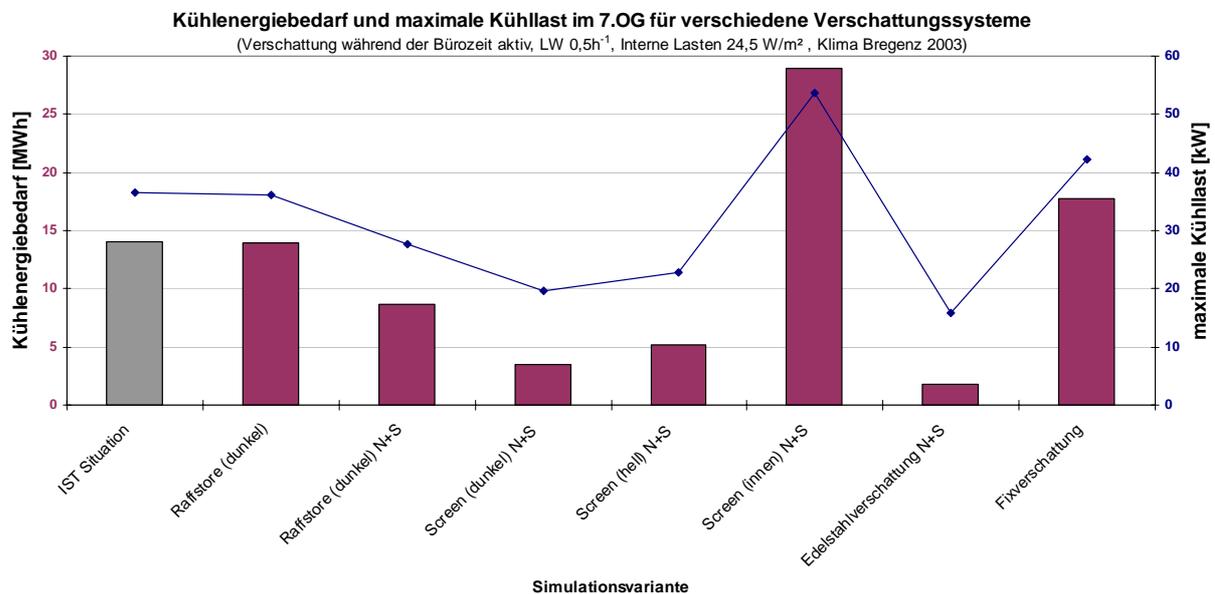


Abbildung 121: Kühlenergiebedarf und maximale Kühllast verschiedener Verschattungssysteme

Bei der Variante „Raffstore (dunkel)“ werden statt des Stoff-Screens, wie bei der Variante „IST-Situation“, dunkle Außenraffstores berücksichtigt. Diese Raffstores sind wie bei der jetzigen Verschattung nur auf der Südseite installiert. Es ist zu erkennen, dass sich hierbei keine deutliche Verringerung der Kühllast bzw. des Kühlenergiebedarfs verwirklichen lassen. In der Praxis ist jedoch in der Regel sehr wohl ein Unterschied beim Einsatz von Raffstores zu erkennen. Der Grund dafür liegt darin, dass durch die möglichen Neigungsvarianten der Raffstore-Lamellen eine „aktiver“ Verwendung von den Büronutzern stattfindet bzw. eine bessere Tageslichtnutzung möglich ist und somit die in diesen Simulationen zu Grunde gelegte 50%ige Aktivierung der Beleuchtung bei Vollverschattung in der Praxis häufig reduziert wird. Nähere Details zur Änderung der Verschattungsregelung in nächsten Abschnitt (Kapitel 9.1.1.2).

Eine deutliche Verringerung des Kühlenergiebedarfs gegenüber der IST - Situation wird durch die Varianten „Raffstore (dunkel) N+S“, „Screen (dunkel) N+S“ und Screen(hell) N+S erreicht. Hier werden Reduktionen des Kühlenergiebedarfs von bis zu 75% und der Kühllast von fast 50% erreicht. Daraus geht sehr anschaulich hervor, die diffuse Solarstrahlung sowie Solarlasten in den Morgen- bzw. Abendstunden auch in nordseitigen Büroräumen die Kühllast beträchtlich erhöhen. Die Simulationsergebnisse für die Innenverschattung zeigen, dass eine deutliche Verschlechterung im Vergleich zu der IST - Situation (Stoff-Screens) eintritt. Die maximale Kühllast steigt um rund 60 %, der Kühlenergiebedarf verdoppelt sich nahezu und erreicht somit Werte, die im Bereich einer unverschatteten Fassade liegen. Das Ergebnis dieser Variante entspricht den Erfahrungswerten aus der Praxis, wurde aber trotzdem bei der Gegenüberstellung integriert, um ihr geringes Kühllasteinsparpotenzial zu verdeutlichen. Eine

Innenverschattung ist somit zur Reduktion von externen Lasten ungeeignet und kann im wesentlichen als reiner Blendschutz angesehen werden.

Das grundsätzliche Prinzip der Variante „Edelstahlverschattung N+S“ (Abbildung 121) wurde bereits kurz beschrieben. Die sehr hohen Kühlenergieeinsparungen dieses Systems von rund 80% gegenüber dem IST - System ergeben sich nicht nur aufgrund der hohen Verschattungswirkung, sondern auch daher, weil bei dieser Variante aufgrund der ausreichenden Tageslichtausbeute die 50%ige Beleuchtung nicht aktiviert wurde. Ohne Deaktivierung der Beleuchtung wäre die Edelstahlverschattung hinsichtlich des Lastreduktionspotentials im Bereich der Screen- Varianten anzusiedeln.

Wie bereits bei der Analyse der IST – Situation (Kapitel 8.2) erläutert, wird das Landhaus Bregenz sowohl ideal auf 26°C Raumtemperatur gekühlt, wie auch ungekühlt simuliert. So soll zum einen das Kühllastreduktionspotenzial, zum anderen die Verbesserung der Behaglichkeitssituation durch die Sanierungsmaßnahmen betrachtet werden. Abbildung 122 zeigt dazu die operativen Raumtemperaturen während der Bürozeiten in einem Südbüro im 7.OG (Zone 27), dargestellt im Behaglichkeitsdiagramm nach DIN 1946 Teil 2 (DIN 1946 Teil 2, 1994). Die operative Raumtemperatur ist dabei die fühlbare Raumtemperatur, die sich in guter Näherung als arithmetisches Mittel aus Raumlufttemperatur und Wandoberflächentemperatur zusammensetzt. Dass diese Raumtemperatur in Abbildung 122 für die verschiedenen Varianten nie unter 20°C sinkt, liegt an der definierten Simulationsrandbedingung, dass zu den Bürozeiten dieser Grenzwert nicht unterschritten werden soll.

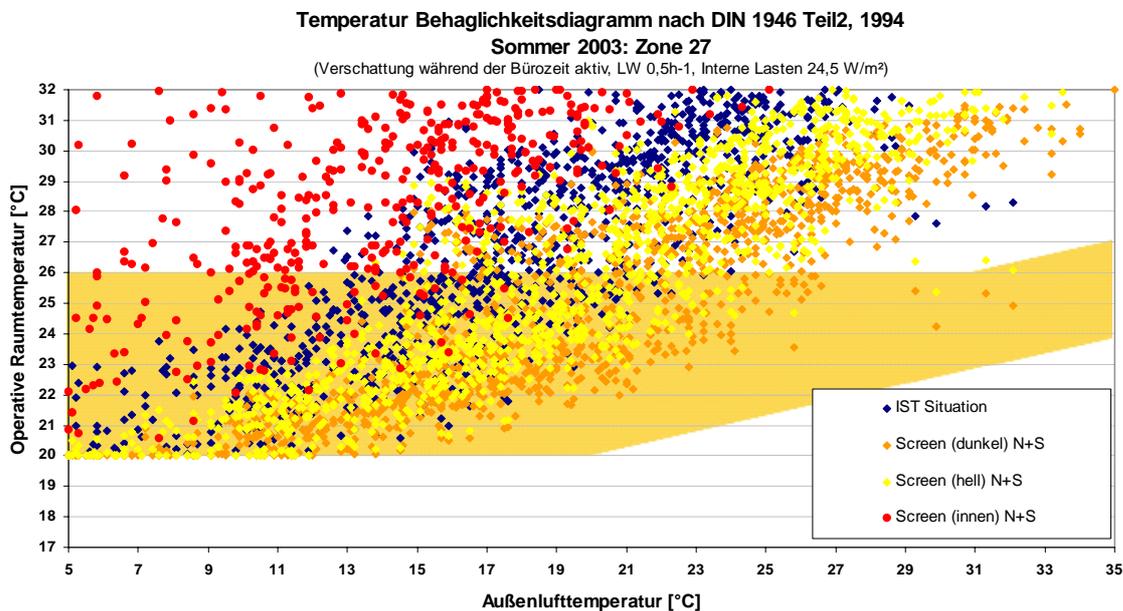


Abbildung 122: Raumtemperaturen während der Bürozeiten in einem Südwestbüro (Zone 27) im Behaglichkeitsfeld für die IST – Situation und für verschiedene Screen-Varianten. Betrachtungszeitraum: Mai 2003 bis September 2003

Die Gegenüberstellung der verschiedenen Screenarten in Abbildung 122 zeigt, dass durch die Wahl geeigneter Materialien eine Raumtemperaturabsenkung von bis zu 3 K möglich ist. Trotz dieser Verbesserung führt der alleinige Austausch der Verschattungssysteme noch nicht zu

einer ausreichenden Verbesserung der thermischen Behaglichkeit bei heißen Sommertagen. Hier können noch immer Raumtemperaturen von bis zu 32°C auftreten. Die Innenverschattung liefert wie erwartet deutlich schlechtere Behaglichkeitswerte als in der derzeitigen Situation vorherrschen. Die Raumtemperaturerhöhungen können bei dieser Variante bis zu 8 K betragen.

Abbildung 123 zeigt die Gegenüberstellung der IST – Situation mit der Edelstahlverschattung. Durch die Möglichkeit der Tageslichtnutzung und somit dem Wegfall der 50%igen Aktivierung des künstlichen Lichtes bei Vollverschattung, sind Übertemperaturabsenkungen von bis zu 4 K möglich. Die maximalen Raumtemperaturen würden nach Durchführung dieser Sanierungsvariante bei unter 31°C liegen.

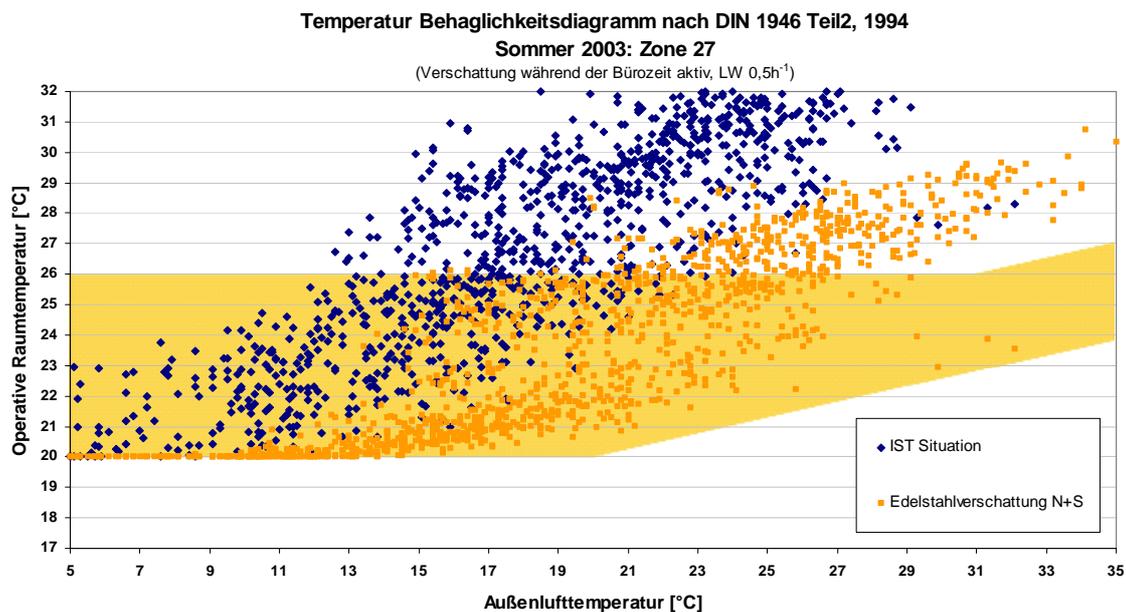


Abbildung 123: Raumtemperaturen während der Bürozeiten in einem Südwestbüro (Zone 27) im Behaglichkeitsfeld für die IST – Situation und für die Edelstahlverschattung.  
 Betrachtungszeitraum: Mai 2003 bis September 2003

Neben den Verschattungsvarianten, wo primär das Verschattungssystem selbst ausgetauscht wird, wurden alternativ auch Varianten mit einer Reduktion der Verglasungsflächen bzw. mit Einsatz von Sonnenschutzverglasungen betrachtet. Abbildung 124 und Abbildung 125 zeigen dazu die Ergebnisse für Kühllasten bzw. Kühlenergien sowie für die operative Raumtemperatur im ungekühlten Gebäude.

Bei den Varianten „50%opak“ und „50%PV“ wird die Hälfte der vorhandenen Verglasungsfläche auf der Südseite einmal als opake Fläche und das zweite Mal in Form von PV-Elementen ausgeführt. Als Verschattungssystem wird der dunkle Außen-Raffstore eingesetzt. Das Kühlenergie-Reduktionspotenzial für diese Varianten liegt im Bereich von 30 – 50% gegenüber der IST - Situation.

Bei der Sonnenschutzverglasung (SSG) wurde, neben einer südseitigen Außen-Raffstore-Verschattung, auch für alle Fensterflächen eine Sonnenschutzverglasung berücksichtigt. Auch hier liegt die Kühlenergieeinsparung im Bereich von 50%.

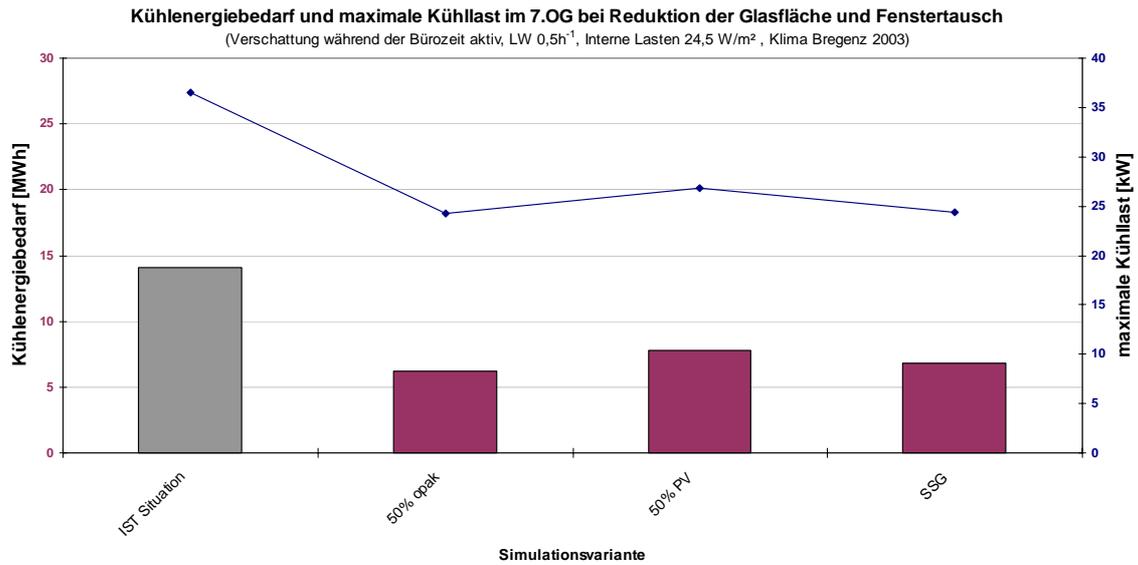


Abbildung 124: Kühlenergiebedarf und maximale Kühllast bei Reduktion der Glasfläche und Austausch der bestehenden Fenster

Abbildung 125 zeigt die operativen Raumtemperaturen während der Bürozeiten in einem Südbüro im 7.OG (Zone 27), wenn keine Kühlung vorgesehen wird. Die möglichen Raumtemperatur-Absenkungen bewegen sich bei rund 2 K.

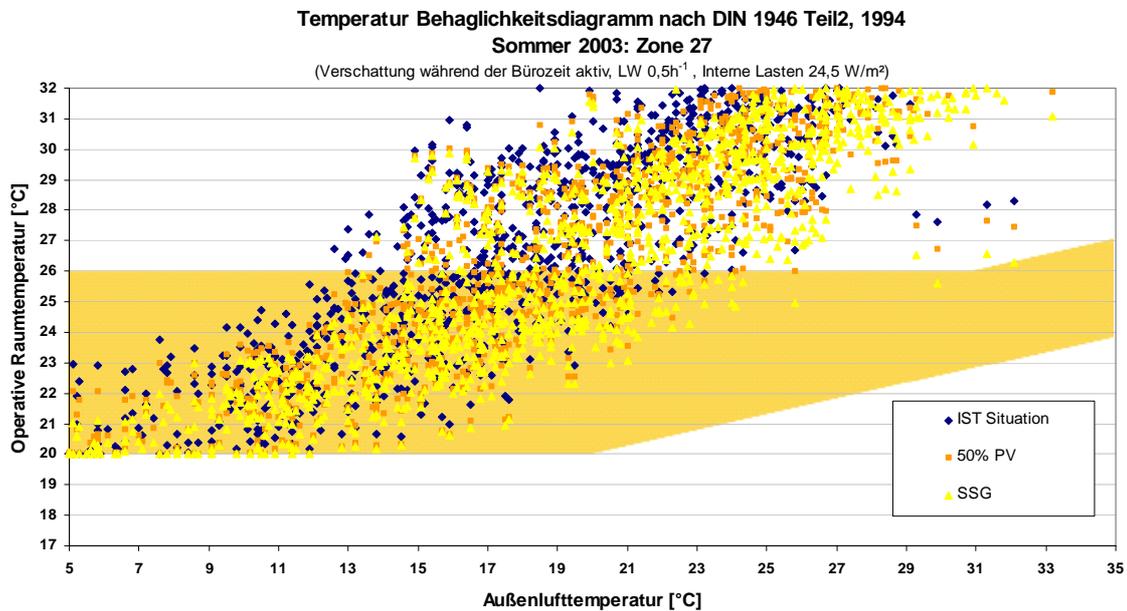


Abbildung 125: Stundenwerte der Temperaturen im Behaglichkeitsfeld für die IST – Situation und Raumtemperaturen während der Bürozeiten in einem Südwestbüro (Zone 27) im Behaglichkeitsfeld für die IST – Situation und für Glasflächenreduktionsmaßnahmen. Betrachtungszeitraum: Mai 2003 bis September 2003

### 9.1.1.2 Einfluss der Verschattungsregelung

Neben dem Verschattungssystem selbst, hat vor allem die Aktivierungszeit der Verschattung einen wesentlichen Einfluss auf die Kühllast bzw. auf den Kühlenergiebedarf. Um das Potenzial der Verschattungsregelung zu untersuchen, wurden daher nachfolgende, in Tabelle 31 aufgelisteten, Szenarien definiert. Als Verschattungssystem liegt diesen Simulationsvarianten ein dunkler Außenraffstore zugrunde.

Tabelle 31: Simulationsvarianten zur Verschattungsregelung mit den Änderungen zur IST – Situation

Simulationsvariante	Änderung zur IST - Situation
IST – Situation	Verschattung ist von 10:00 bis 15:00 zu 100% aktiv und von 8:00 bis 10:00 bzw. 15:00 bis 17:00 zu 50%
Bürozeit	Verschattung ist von 8:00 bis 17:00 Uhr zu 100% gezogen
Tageslichtregelung, einstrahlungsgeführt	Der Verschattungsgrad wird dem momentanen Tageslichtangebot so angepasst, dass die Innenbeleuchtungsstärke am Arbeitsplatz nahe dem Sollwert von 500 Lux liegt
Optimiertes Nutzerverhalten	Es wird von einer sehr aktiven, bewussten Nutzung der Verschattung durch den Büroangestellten ausgegangen. (Aktivierung bei einer Einstrahlung > 30.000 Lux; wird dieser Wert wieder unterschritten, wird die Verschattung wieder deaktiviert)

Zum besseren Verständnis der Variante „Tageslichtregelung“ wird diese optimierte Regelungsstrategie nachfolgend kurz erläutert. Das Grundprinzip besteht darin, den Verschattungsgrad an das momentan verfügbare Tageslichtangebot so anzupassen, dass die Innenbeleuchtungsstärke am Arbeitsplatz immer nahe am Sollwert von 500 Lux ( $E_{i,soll}$ ) liegt. Für die Umsetzung dieser Regelungsstrategie müssen zwei Kennwerte des Raumes bekannt sein, nämlich der Tageslichtquotient ohne Berücksichtigung der Verschattung ( $D_{max}$ ), und der Tageslichtquotient bei 100%iger Verschattung ( $D_{min}$ ). Letzterer ergibt sich in erster Näherung aus der Beziehung  $D_{min} = \tau_{VS,min} \cdot D_{max}$ , wobei  $\tau_{VS,min}$  den Transmissionsgrad der Verschattung bei 100%iger Aktivierung angibt.

Das Regelungskonzept unterscheidet zwischen den drei Bereichen „zu dunkel“, „optimal regelbar“, und „zu hell“. Ist die Außenbeleuchtungsstärke ( $E_a$ ) kleiner als der geforderte Schwellenwert ( $E_a < E_{i,soll} / D_{max}$ ) muß die Verschattung nicht aktiviert werden, hingegen muss Kunstlicht zugeschaltet werden, um die gewünschte Innenbeleuchtungsstärke von  $E_{i,soll} = 500$  Lux zu gewährleisten. Steigt  $E_a$  weiter an, so wird graduell die Verschattung aktiviert, so dass die Innenbeleuchtungsstärke beim Sollwert von 500 Lux bleibt. Kein Kunstlicht ist erforderlich. Steigt  $E_a$  schließlich über den zweiten Schwellenwert ( $E_a < E_{i,soll} / D_{min}$ ), so bleibt die Verschattung 100% aktiviert, und die Innenbeleuchtungsstärke steigt mit zunehmender Außenbeleuchtungsstärke über den Sollwert von 500 Lux an. Es ist also „zu hell“.

Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft die Anteile an Stunden für die drei Bereiche „zu dunkel“, „variable VS“ und „VS 100% aktiviert“ für eine Verschattung mit einem Transmissionsgrad von  $\tau_{VS,min} = 8\%$  (Abbildung 126).

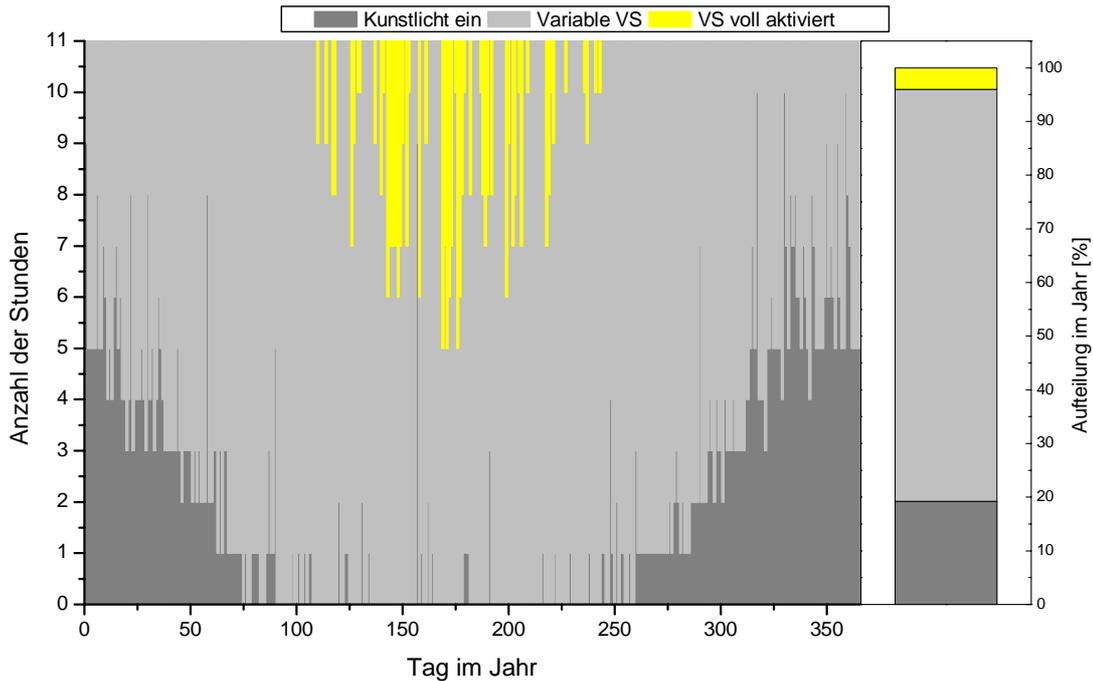


Abbildung 126: Anzahl der Stunden pro Tag (zwischen 8 und 17 Uhr), für die nach der oben beschriebenen Regelungsstrategie, (i) Kunstlicht eingeschaltet wird (dunkelgrau), (ii) der Verschattungsgrad variabel gewählt wird (hellgrau), und (iii) die Verschattung zu 100% aktiviert wird (gelb).

Die Ergebnisse für Kühlenergiebedarf und maximale Kühllast bei der Gegenüberstellung der unterschiedlichen Verschattungsregelungen sind in Abbildung 127 dargestellt. Werden beispielsweise die im Landhaus Bregenz derzeit üblichen Verschattungszeiten (von 10:00 – 15:00 Uhr) auf die gesamte Bürozeit (von 8:00 – 17:00 Uhr) ausgedehnt, so verringert sich der Kühlenergiebedarf für das gesamte 7. OG um etwa 40% und auch die maximale Kühllast reduziert sich von 38 kW auf 28 kW. Das entspricht bei einer Nettonutzfläche von 612 m<sup>2</sup> (457 m<sup>2</sup> sind davon Büroräume) einer spezifischen Kühllastreduktion von 62 W/m<sup>2</sup> Bürofläche auf rund 46 W/m<sup>2</sup> Bürofläche.

Bei der Variante „optimiertes Nutzerverhalten“ geht man einen Schritt weiter und nimmt eine sehr aktive, bewusste Nutzung der Verschattung durch den Büroangestellten an. Es wird hier davon ausgegangen, dass sobald eine erhöhte Solarstrahlung auftritt (> 30.000 Lux) die Verschattung aktiviert wird, auch wenn die Raumtemperaturen noch im behaglichen Bereich liegen bzw. eine Verschattungsaktivierung für viele Nutzer noch nicht erforderlich scheint. Dies ist vor allem ein typischer Fall bei ostorientierten Büroräumen, wo in den frühen Vormittagsstunden noch angenehme Raumtemperaturen vorherrschen und aus diesem Grund oft auf die Verschattungsaktivierung verzichtet bzw. vergessen wird. Im umgekehrten Fall, d.h. verringert sich die solare Einstrahlung, wird bei der Variante „optimiertes Nutzerverhalten“ davon ausgegangen, dass der Nutzer die Verschattung entsprechend reduziert, das Tageslicht zur Raumausleuchtung nutzt und somit das Kunstlicht (ist bei Vollverschattung zu 50% aktiv) als interne Wärmequelle ausschaltet. Diese Variante erfordert sehr aktive Nutzer, reduziert jedoch den Kühlenergiebedarf im 7. OG um 50%.

Die vom Nutzer unabhängige tageslichtoptimierte Regelung erzielt erwartungsgemäß die größten Erfolge und erreicht eine Kühlenergieeinsparung von über 80% bzw. eine Kühllastreduktion von knapp 60%.

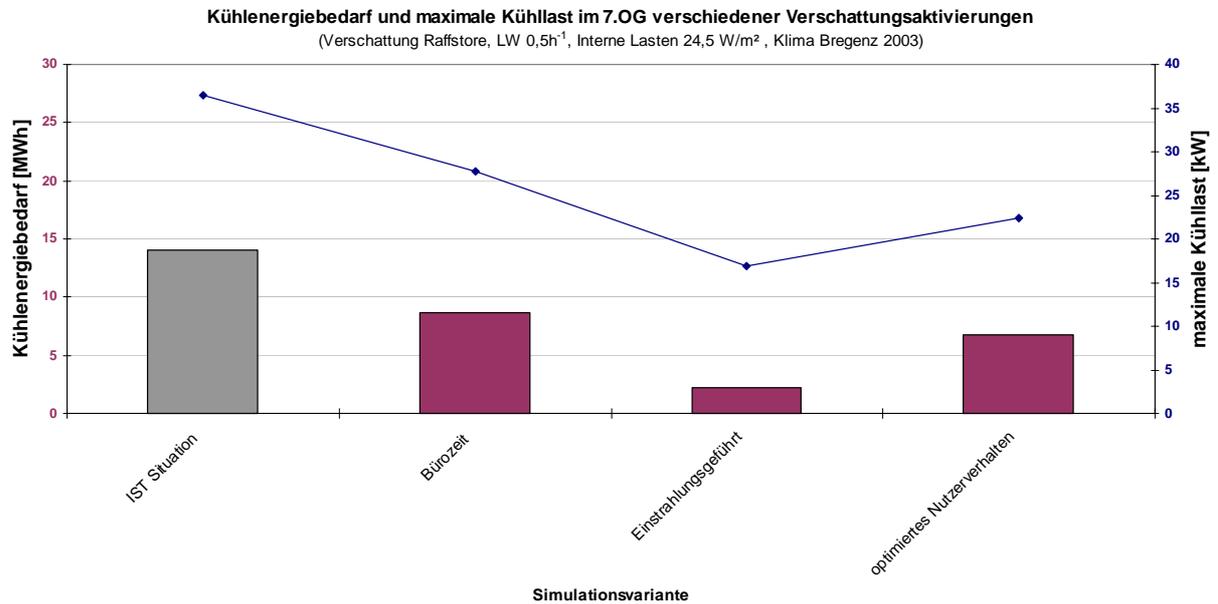


Abbildung 127: Kühlenergiebedarf und maximale Kühllast unterschiedlicher Verschattungsaktivierungen

Betrachtet man die gleichen Sanierungsmaßnahmen für das ungekühlte Gebäude, so ergeben sich die in Abbildung 128 dargestellten Verbesserungen der operativen Raumtemperatur.

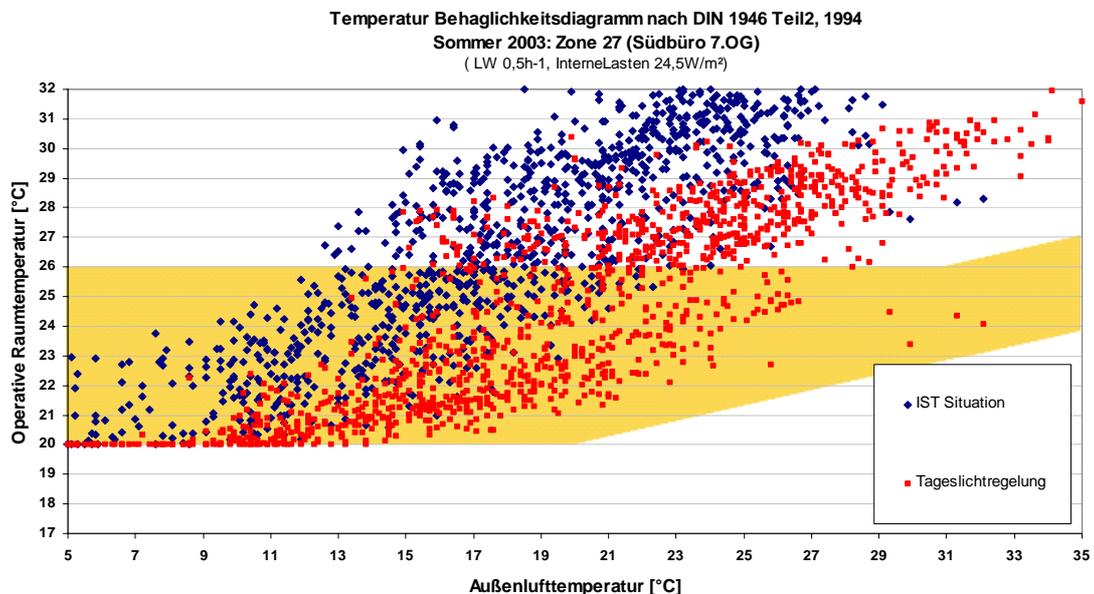


Abbildung 128: Stundenwerte der Temperaturen im Behaglichkeitsfeld für die IST – Situation und Raumtemperaturen während der Bürozeiten im einem Südwestbüro (Zone 27) im Behaglichkeitsfeld für die IST – Situation und die Variante „Tageslichtregelung“. Betrachtungszeitraum: Mai 2003 bis September 2003

Die solaren Gewinne sind ein wesentlicher Teil der gesamten Gebäudekühllast und müssen sorgfältig betrachtet werden. Aus diesem Grund werden nachfolgend die wesentlichen Erkenntnisse aus den vorangegangenen Kapiteln nochmals zusammengefasst:

- Das vorhandene Verschattungssystem ist bezogen auf seine Verschattungswerte im guten Durchschnitt, weist aber aufgrund seines Alters bereits erhöhte Wartungs- und Instandhaltungskosten auf.
- Durch den hohen Verdunkelungsgrad der Büroräume bei Vollverschattung werden derzeit zwar Solarlasten draußen gehalten, jedoch erhöht man die internen Wärmegewinne durch Aktivierung des Kunstlichtes. Bei Erneuerung des Verschattungssystems sind Raffstore-Systeme eine interessante Alternative, da hier durch die Möglichkeit der Veränderung des Lamellen-Neigungswinkels eine höhere Tageslichtausbeute erfolgen kann und somit kein Kunstlicht erforderlich wird.
- Innenverschattungen sind ein ungeeignetes Mittel zur Reduktion der Solarlasten, jedoch als Blendschutz gut einsetzbar.
- Rein bauliche Verschattungsvarianten (z.B. Installation von horizontalen Fix-Überständen auf der Südseite) fangen die Spitzenkühllast gut ab und sind grundsätzlich vorzusehen, sind aber im vorliegenden Projekt aufgrund erhöhter baulicher Anstrengungen und Änderungen am Fassadenkonzept nicht sinnvoll.
- Diffuse bzw. morgendliche und abendliche flach einfallende Solarstrahlung wirkt sich deutlich auf die Kühlenergiebilanz aus. Wird auch an den Nordbüros eine außenliegende Verschattung angebracht, so verringert sich der Kühlenergiebedarf, bezogen auf das 7. OG, um über 35%, die Kühllast um 25%.
- Der alleinige Austausch des Verschattungssystems wird das Problem der sommerlichen Überwärmung der Büroräume nicht lösen. Um eine deutliche Verbesserung der Behaglichkeitssituation zu erzielen, sind auch Optimierungen bei der Verschattungsaktivierung notwendig. Die kostengünstigste Variante ist dabei eine aktive, bewusste, manuelle Aktivierung durch den Büronutzer.
- Eine automatische Aktivierung der Verschattung in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz (300 – 500 Lux) liefert die besten Kühlenergieeinsparungen (über 80%) bzw. die höchsten Absenkungen der Raumübertemperaturen (über 4 K), bedeutet jedoch einen Mehraufwand bei den Investitionen von rund 40% gegenüber einer manuell aktivierbaren Verschattung.

### 9.1.2 Lüftungswärmegewinne

Lüftungswärmegewinne ergeben sich dadurch, dass warme Raumluft durch heiße Außenluft ersetzt wird. Im vorliegenden Projekt wird der Großteil des Gebäudes individuell durch Öffnen der Fenster mit Frischluft versorgt. Basierend auf den Nutzerbefragungen und den Gesprächen mit der Hausverwaltung wurde für die IST - Situation ein kontinuierlicher Luftwechsel von  $0,5 \text{ h}^{-1}$  über 24 Stunden angesetzt. Dieser Luftwechsel entspricht während der Bürozeiten auch in etwa dem hygienisch erforderlichen Luftwechsel von ca.  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  und Person (=  $0,67 \text{ h}^{-1}$ ) und sollte

nicht reduziert werden. Dass auch zu den Nachtstunden (17:00 – 7:00 Uhr) eine Luftwechselrate von  $0,5 \text{ h}^{-1}$  berücksichtigt wurde, ergibt sich daraus, dass zum Teil durch die Hausverwaltung, zum Teil durch das Reinigungspersonal die Fenster auch nach Dienstschluss bzw. vor Dienstbeginn im begrenzten Maße zur Entwärmung der Gebäudemassen geöffnet werden. Da kein einheitliches Profil über diese Öffnungszeiten der Fenster definiert werden konnte, wurde in guter Näherung ein konstanter Nachtluftwechsel von  $0,5 \text{ h}^{-1}$  berücksichtigt.

Ausgehend von den dokumentierten Rahmenbedingungen wurden die verschiedenen Lüftungsvarianten definiert. Nachdem der Luftwechsel zu den Bürozeiten aus hygienischer Sicht nicht mehr reduziert werden sollte, wurden primär Varianten mit erhöhten nächtlichen Luftvolumenströmen betrachtet. Tabelle 32 zeigt dazu eine Kurzbeschreibung der Simulationsvarianten.

Tabelle 32: Lüftungsvarianten mit Änderungen zur IST – Situation bzw. zur Lüftungsbasisvariante

Simulationsvariante	Änderung zur IST - Situation
IST – Situation	IST – Verschattung (dunkle Screens) Verschattungsregelung: Verschattung ist von 10:00 bis 15:00 zu 100% aktiv und von 8:00 bis 10:00 bzw. 15:00 bis 17:00 zu 50% $0,5$ – facher Luftwechsel über 24 Stunden
Basisvariante - Lüftung	Dunkle Raffstores (nord- und südseitig) Verschattungsregelung: „optimiertes Nutzerverhalten“ $0,5$ – facher Luftwechsel über 24 Stunden
NLW $0,3 \text{ h}^{-1}$	$0,3$ -facher Nachtluftwechsel (17:00 – 7:00 Uhr) durch Infiltration
NLW $3 \text{ h}^{-1}$	$3$ -facher Nachtluftwechsel (17:00 – 7:00 Uhr)
NLW $6 \text{ h}^{-1}$	$6$ -facher Nachtluftwechsel ( $17:00 - 7:00 \text{ Uhr}$ )
NLW_1 Fenster $5^\circ$ (entspricht einem $\sim 0,5$ - fachen LW)	Nachtlüftung (17 – 7 Uhr) über 1 Fenster mit je $5^\circ$ Öffnungswinkel
NLW_2 Fenster $5^\circ$ (entspricht einem $\sim 1,0$ - fachen LW)	Nachtlüftung (17 – 7 Uhr) über 2 Fenster mit je $5^\circ$ Öffnungswinkel

Die Ergebnisse zu den beschriebenen Lüftungsvarianten für das ideal gekühlte Gebäude sind in Abbildung 129 dargestellt. Nachdem, wie in der Einleitung zur Sensitivitätsanalyse bereits erläutert, eine schrittweise Gesamtoptimierung der IST - Situation (von der Verschattung bis zur Beleuchtung) stattfinden soll, wird jeweils, aufbauend auf den Erkenntnissen aus den vorangegangenen Variantenanalysen, eine verbesserte Variante, mit gleichzeitigem Potenzial auf Umsetzung, als Basis herangezogen. So wird hier bei der Gegenüberstellung der Lüftungsvarianten von der Variante „Raffstore (dunkel)“ ausgegangen. In dieser Variante wird als Verschattungssystem ein brauner Außenraffstore bei den nord- und südseitigen Verglasungsflächen eingesetzt. Hintergrund, dass mit dieser Variante weitergerechnet wurde, ist u.a., dass der Objekteigentümer konkrete Pläne hat, die derzeitige Außenverschattung (Stoff-Screens) aufgrund der hohen Wartungskosten ohnehin zu ersetzen. Bei

Verschattungsregelung wird im Gegensatz zur aktuellen Situation von einem optimierten Nutzerverhalten ausgegangen. Obwohl eine Tageslichtregelung noch größeres Kühlenergie – Einsparpotenzial hätte, wurde diese aus wirtschaftlichen Überlegungen (höhere Investitionskosten) für die weiteren Betrachtungen nicht berücksichtigt. Durch die Annahme des optimierten Nutzerverhaltens wurde jedoch davon ausgegangen, dass im Zuge der Erneuerung des Verschattungssystems, die Nutzer aufgeklärt werden und ihnen verdeutlicht wird, in wie weit ihr Verhalten die Übertemperaturen bzw. den Kühlenergiebedarf senken kann.

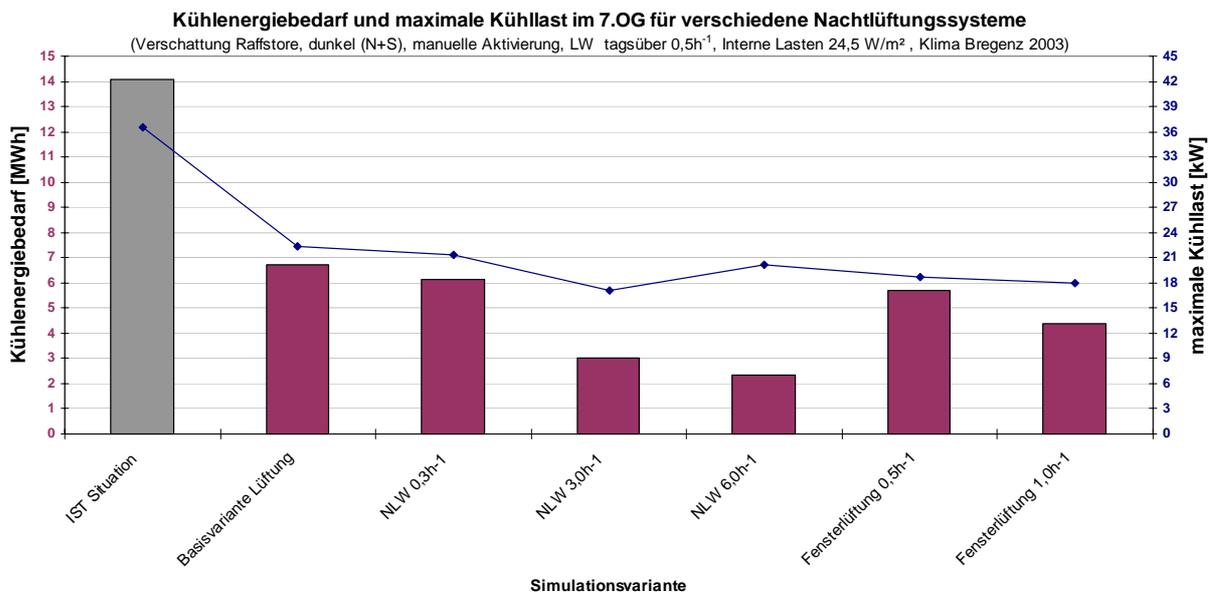


Abbildung 129: Kühlenergiebedarf und maximale Kühllast unterschiedlicher Nachtlüftungsvarianten

Die Ergebnisse aus der Sensitivitätsanalyse der Lüftungsvarianten (Abbildung 129) kann in zwei Gruppen unterteilt werden:

Mechanischer Nachtluftwechsel:

Hier wurde davon ausgegangen, dass eine mechanische Lüftungsanlage nachgerüstet wird. Über diese wird während der Bürostunden die Luftwechselrate mit 0,5 h<sup>-1</sup> konstant gehalten und in den Nachtstunden der Luftwechsel zwischen 3 h<sup>-1</sup> (NLW 3,0 h<sup>-1</sup>) und 6 h<sup>-1</sup> (NLW 6,0 h<sup>-1</sup>) variiert. Ergänzend wurde auch noch jene Variante betrachtet, bei der die Lüftungsanlage während der Bürozeiten mit einem 0,5-fachen Luftwechsel betrieben wird und in den Nachtstunden die Lüftungsanlage ausgeschaltet ist und alle Fenster geschlossen sind. In diesem Fall wurde für die Nachtstunden ein 0,3-facher Luftwechsel, der sich aufgrund von Infiltrationen ergibt, berücksichtigt.

Beschränkt sich der nächtliche Luftwechsel nur auf den Luftaustausch durch Infiltration, so sinkt der Kühlenergiebedarf geringfügig (Abbildung 129). Es wird zwar auf Grund des geringeren Luftwechsels (von 0,5 h<sup>-1</sup> auf 0,3 h<sup>-1</sup>) in den Nachstunden eine kleinere Wärmemenge aus dem Gebäude transportiert, während der noch warmen frühen Abendstunden jedoch auch eine geringere Menge an warmer Außenluft den Büroräumen zugeführt. Analog ist auch die etwas niedrigere maximale Kühllast zu erklären. Die Varianten „NLW 3,0 h<sup>-1</sup>“ und „NLW 6,0 h<sup>-1</sup>“ zeigen deutlich das Einsparpotenzial, wenn ein 3- bzw. 6-facher Nachtluftwechsel betrieben wird. Die maximale Kühllast reduziert sich auf 60% bzw. 80%, der Kühlenergiebedarf auf 50% bzw. 40%.

Der Übergang vom 3-fachen auf 6-fachen Luftwechsel zeigt aber auch, dass trotz Verdoppelung der Luftmenge nur mehr eine vergleichsweise geringfügige Reduktion des Kühlenergiebedarfs möglich ist. Das lässt darauf schließen, dass die derzeit verfügbaren Speichermassen bereits bei einem 3-fachen Luftwechsel sehr gut entladen werden. Zur Steigerung des Reduktionseffektes beim 6-fachen Luftwechsel müssten somit „neue“ Speichermassen (Bauteile mit hoher Dichte) eingebracht werden.

### Natürlicher Nachtluftwechsel:

An Hand der definierten Varianten sollen unterschiedliche Fensterlüftungsstrategien analysiert werden. Variiert wurden dabei die Anzahl der geöffneten Fenster (1 – 2). Der Fenster-Öffnungswinkel beträgt 5°. Tagsüber und nachts wird das Fenster offen gehalten, wenn die Außenlufttemperatur noch 1°C unter der Raumlufttemperatur liegt. In „Fensterlüftung 0,5 h<sup>-1</sup>“ wird ein Fenster (mit 5° Kippwinkel) verwendet. Der Luftwechsel liegt in etwa im Bereich der angenommenen Basisvariante (0,5-facher Luftwechsel), jedoch wird die ungewollte Zufuhr von wärmerer Außenluft unterbunden. In „Fensterlüftung 1,0 h<sup>-1</sup>“ sind zwei Fenster mit 5° geöffnet.

Die Auswertung dieser Varianten (Abbildung 129) zeigt, dass mit herkömmlichen Fensteröffnungswinkeln und ohne Nutzung von Querlüftungseffekten nur relativ geringe Einsparungen im Kühlenergiebedarf möglich sind. Die Einsparungen bewegen sich in einem Bereich von knapp 10 %.

Analog zur Betrachtung des ideal gekühlten Objektes folgen in Abbildung 130 und Abbildung 131 die Ergebnisse für das ungekühlte Gebäude mit der Darstellung der Raumtemperaturen für ein Südbüro im 7. OG im Behaglichkeitsdiagramm nach DIN 1946, Teil 2. Abbildung 130 zeigt dazu einen Auszug aus den Varianten mit mechanischer Nachtlüftung. Bei der Variante „NLW 0,3 h<sup>-1</sup>“ können die operativen Raumtemperaturen während der Bürozeiten im Vergleich zur IST – Situation um bis zu 1 K abgesenkt werden. Der Grund dafür ist, dass, durch den reduzierten Luftwechsel in den frühen Abendstunden reduzierte Wärmemengen in die Büroräume gelangen. Der 6-fache Nachtluftwechsel (NLW 6,0 h<sup>-1</sup>) reduziert die Übertemperaturen um über 4 K.

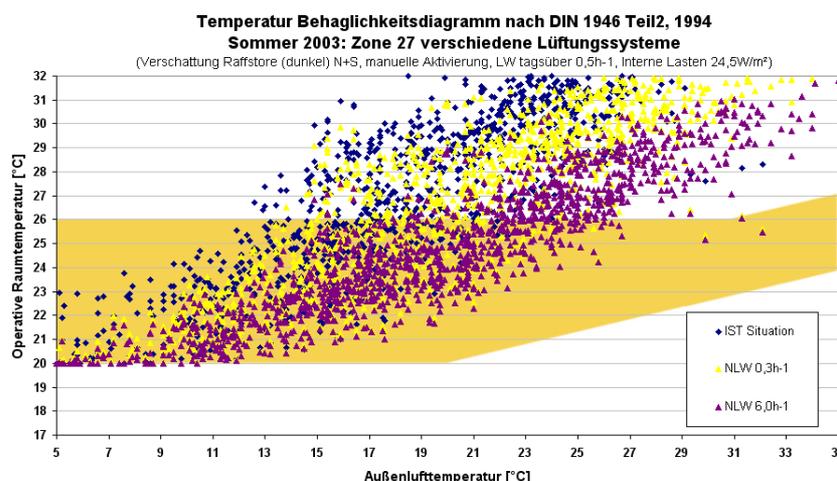


Abbildung 130: Raumtemperaturen während der Bürozeiten im Behaglichkeitsfeld für die IST – Situation und verschiedene Varianten mit mechanischer Nachtlüftung. Betrachtungszeitraum Mai 2003 bis September 2003

Abbildung 131 zeigt die Auswertungen der operativen Raumtemperaturen für die Varianten mit natürlicher Nachtlüftung. Die möglichen Raumtemperaturabsenkungen liegen mit 1,5 – 3 K zwar unter den Reduktionen beim 6-fachen Luftwechsel, jedoch ist hier kein zusätzlicher Strombedarf für einen Ventilatorbetrieb erforderlich und somit als sinnvoller anzusehen.

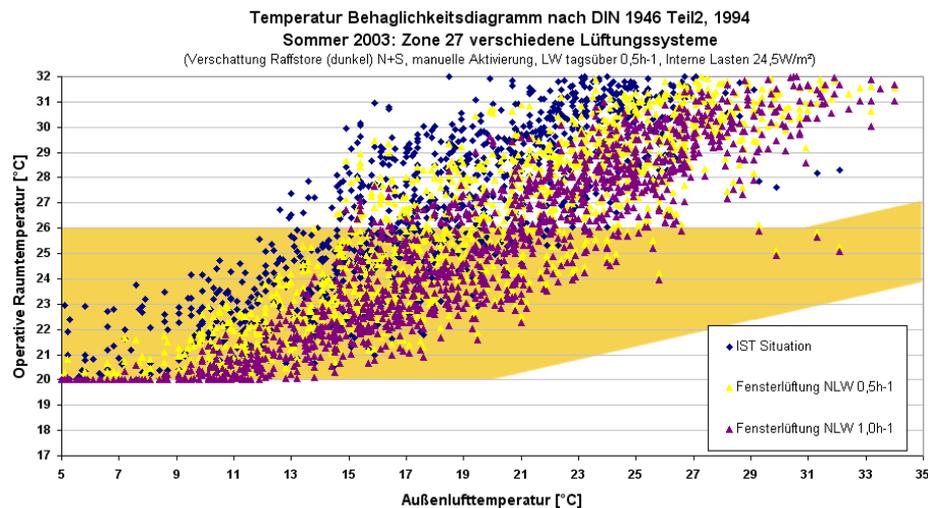


Abbildung 131: Raumtemperaturen während der Bürozeiten im Behaglichkeitsfeld für die IST – Situation und verschiedene Varianten mit natürlicher Nachtlüftung. Betrachtungszeitraum Mai 2003 bis September 2003 (Fensterlüftung NLW 0,5 h<sup>-1</sup> = 1 Fenster mit 5° Kippwinkel / Fensterlüftung NLW 1,0 h<sup>-1</sup> = 2 Fenster mit 5° Kippwinkel)

### 9.1.3 Transmissionswärmegewinne

Da Änderungen an der Gebäudehülle im vorliegenden Projekt nicht vorgesehen sind bzw. Änderungen der opaken Fassadenflächen im Vergleich zu den Aufwendungen nur geringe Reduktionen der Gebäudekühllast mit sich bringen, wurde auf Variationen einzelner Bauteilaufbauten verzichtet. Für alle in der Sensitivitätsanalyse untersuchten Simulationsvarianten gelten daher die bestehenden Wandaufbauten.

## 9.2 Speichermassen

Die Speichermasse des Gebäudes wirkt als Stabilisierungselement der Raumtemperatur. Je größer die Speichermasse, desto gleichmäßiger die Innentemperaturen. Große Speichermassen glätten generell die Temperaturschwankungen über mehrere Tage. Für die Temperaturschwankungen innerhalb eines Tagesverlaufes sind die Oberflächen im Innenraum von ausschlaggebender Bedeutung.

Bei fehlender oder geringer Speichermasse und kleinem Wärmeeindringkoeffizienten müssen die Wärmelasten sofort durch die Lüftung abgeführt werden. Bei hohen Außentemperaturen besteht somit keine Möglichkeit Spitzenlasten zu puffern und zeitverzögert abzugeben.



Abbildung 132: Beispiel für eine gezielte Einbringung von Speichermassen zur Stabilisierung der Raumtemperaturen in einem Bürogebäude.

Im vorliegenden Objekt ist zwar grundsätzlich Speichermasse vorhanden, aber in den Büroräumen sind diese durch abgehängte Decken bzw. durch Teppichböden nicht in vollem Maße aktivierbar. Welche Auswirkung eine Erhöhung der aktivierbaren Speichermassen mit sich bringt, soll in diesem Abschnitt behandelt werden.

Die für die Simulation definierten Speichermassenvarianten werden in Tabelle 33 kurz vorgestellt. Für all diese Varianten gelten die Nachtlüftungsvarianten mit 0,5-fachen bzw. 6-fachen Luftwechsel als Basis.

Tabelle 33: Speichermassen-Varianten mit Änderungen zur IST – Situation

Simulationsvariante	Änderung zur IST - Situation
IST – Situation	IST – Verschattung (dunkle Screens) Verschattungsregelung: Verschattung ist von 10:00 bis 15:00 zu 100% aktiv und von 8:00 bis 10:00 bzw. 15:00 bis 17:00 zu 50% 0,5 – facher Luftwechsel über 24 Stunden
Basis – Speichermasse (NLW 0,5)	Dunkle Raffstores (nord- und südseitig) Verschattungsregelung: „optimiertes Nutzerverhalten“ Nachtlüftung mit 0,5-fachen Luftwechsel
Basis – Speichermasse (NLW 6,0)	Dunkle Raffstores (nord- und südseitig) Verschattungsregelung: „optimiertes Nutzerverhalten“ Nachtlüftung mit 6,0-fachen Luftwechsel
Fliesen	Der Teppichbelag wird durch Fliesen ersetzt
Parkett	Der Teppichbelag wird durch einen Parkettboden ersetzt
Decke hinterlüftet	In den Büroräumen werden an den Randzonen der abgehängten Decken Elemente entfernt, sodass die vorhandene Speichermasse über der abgehängten Decke aktiviert werden kann.
Fliesen + Decke hinterlüftet	Fliesen statt Teppichbelag + Hinterlüften der abgehängten Decke
Gipskarton	Zusätzliche Speichermassen durch Gipskartonplatten an den Wänden
Lehmputz	Zusätzliche Speichermassen durch Lehmputz
Fliesen + Gipskarton	Fliesen statt Teppichbelag + Zusätzliche Speichermassen an den Wänden durch Gipskartonplatten

Abbildung 133 zeigt die Ergebnisse aus jenen Varianten, bei denen die Nachtluftwechselrate  $0,5\text{ h}^{-1}$  beträgt und dazu unterschiedliche Speichermassen eingebracht bzw. freigelegt wurden. Das Ergebnis ist eindeutig: Es sind in das Objekt zwar neue Speichermassen eingebracht worden, aber aufgrund des geringen Nachtluftwechsels werden diese nicht entsprechend entladen. Für alle betrachteten Varianten bleibt der Kühlenergiebedarf bzw. die Kühllast somit nahezu gleich. Das Einsparpotenzial von Kühlenergie bzw. Kühllast liegt bei rund 10%.

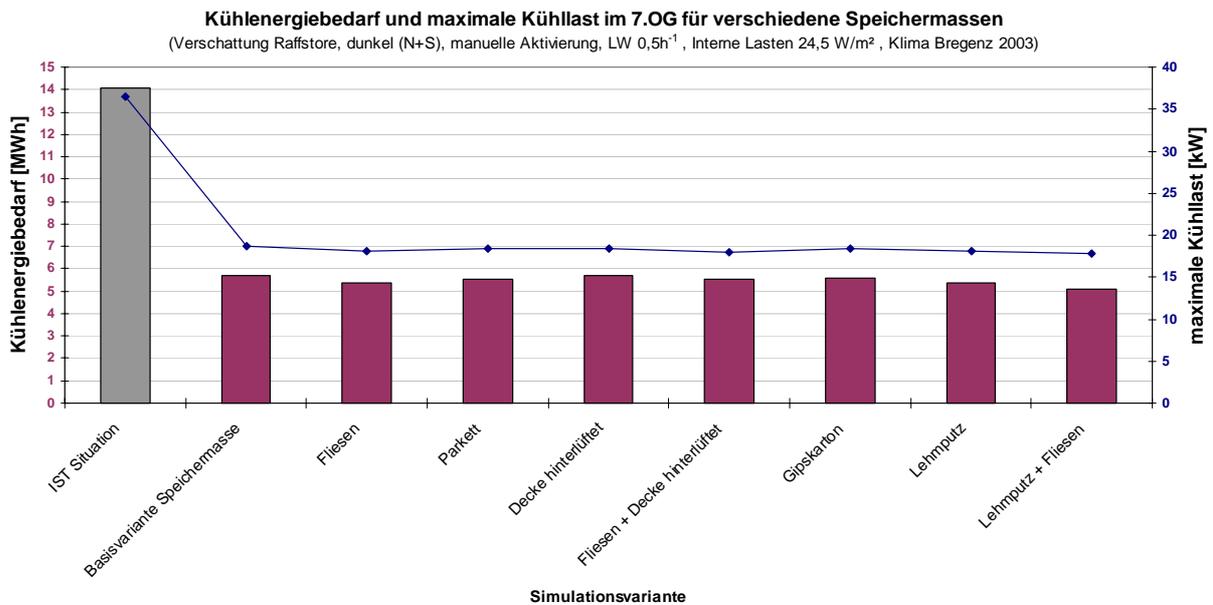


Abbildung 133: Kühlenergiebedarf und maximale Kühllast verschiedener Speichermassenvarianten bei einem Nachtluftwechsel von  $0,5\text{ h}^{-1}$

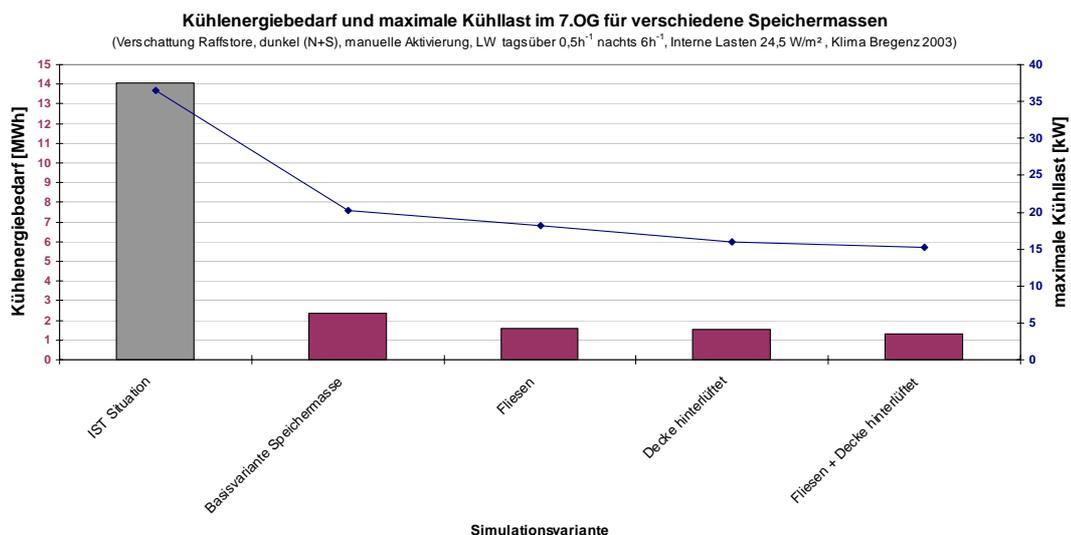


Abbildung 134: Kühlenergiebedarf und maximale Kühllast verschiedener Speichermassenvarianten bei einem Nachtluftwechsel von  $6,0\text{ h}^{-1}$

Erhöht man den Nachtluftwechsel, so können die Speichermassen entsprechend ausgekühlt und eine gewisse Reduktion des Kühlenergiebedarfs kann erzielt werden. Wie sich die Erhöhung der aktivierbaren Speichermassen bei einem 6-fachen Nachtluftwechsel auswirkt, zeigt Abbildung 134. Wird sowohl der Fußboden (Fliesen) als auch der Deckenbereich (Hinterlüftung der abgehängten Decke) mit ansprechbaren Speichermassen ausgestattet, so kann die Kühllast im Vergleich zur Basisvariante um 20% und der Kühlenergiebedarf um etwas 40% abgesenkt werden. Dieses Einsparpotenzial sollte im Zuge eines sowieso geplanten Austausches des Bodenbelages oder des Deckensystems genutzt werden. Als alleinige Maßnahme ohne einen ganzheitlichen Sanierungsansatz (Reduktion der solaren Lasten, Erhöhung des Nachtluftwechsels, Reduktion der internen Lasten, etc.) zu verfolgen, erscheint die Maßnahme „Speichermassen“ jedoch als nicht ausreichend.

Ergänzend zu den Auswertungen des Kühlenergiebedarfs wurde auch die Situation des ungekühlten Gebäudes betrachtet. Die Auswertungen dazu zeigt, dass eine wesentliche Reduktion der Übertemperatur durch den hohen Nachtluftwechsel erreicht wird und in weiterer Folge durch Erhöhung der Speichermassen die operative Raumtemperatur um rund 1 K abgesenkt werden kann.

### **9.3 Interne Lasten**

Wie bereits in vorangegangenen Kapiteln erläutert, setzen sich die internen Lasten eines Gebäudes aus den drei Teilen Lasten durch Personen, Lasten durch die Beleuchtung und Lasten durch Geräte zusammen. In den nachfolgenden Abschnitten (Kapitel 9.3.1 bis 9.3.3) wird dazu für das Landhaus Bregenz das Einsparpotenzial des Kühlenergiebedarfs bzw. die Absenkung der Raumübertemperaturen durch Optimierungsmaßnahmen an den internen Wärmeeinträgen analysiert.

#### **9.3.1 Personen**

Die Personenlasten machen im Gebäudebestand im Mittel 15 – 20% der Gebäudekühllast aus. Vor allem bei dicht belegten Büroräumen (entwickelt sich im Bürobestand oft im Laufe der Nutzungsjahre) können sich durch grundsätzliche Änderungen des Raumkonzepts Möglichkeiten zur Reduktion der Kühllast ergeben. Da im vorliegenden Projekt Änderungen zum Belegungsplan jedoch nicht vorgesehen bzw. nicht erforderlich sind, erscheinen auch Variationen der Personenbelegung als nicht zielführend. Für alle in der Sensitivitätsanalyse untersuchten Simulationsvarianten gelten daher die IST - Belegungsdaten (siehe Abschnitt 8.1.6.1). Umgerechnet auf spezifische Kühllasten liegen die Personenlasten für den vorliegenden Fall in einem Bereich von 6 – 10 W/m<sup>2</sup>, was einer Belegungsdichte von rund 12 – 17 m<sup>2</sup>/Person entspricht.

### 9.3.2 Beleuchtung

Die installierte Beleuchtungsleistung in den Büroräumen des Landhaus Bregenz bewegt sich im Mittel in einem Bereich von rund 25 W/m<sup>2</sup> Büronutzfläche. Vergleicht man diese Werte mit heute erreichbaren Leistungen von modernen Beleuchtungskörpern, so bewegt man sich bei einem etwa 50%igen Einsparpotenzial. Ein zweiter wesentlicher Punkt im Zusammenhang mit den internen Lasten durch die Beleuchtung, ist das Zusammenspiel mit dem Verschattungssystem. Hier ist vor allem zu vermeiden, dass durch eine sehr effiziente Verschattung zwar die Solarlasten gering gehalten werden, jedoch durch eine zu geringe Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz künstliches Licht erforderlich wird und somit interne Lasten aktiviert werden. Diese Situation ist zur Zeit auch im Landhaus Bregenz der Fall. Werden die Verschattungen vollgezogen, so wird im Schnitt 50% der Beleuchtung in den Büroräumen aktiviert.



Abbildung 135: Beleuchtungssituation im Landhaus Bregenz. Trotz großzügiger Verglasungsflächen ergeben sich in gewissen Bereichen des Gebäudes durch die Verschattung der Bäume und durch relativ dunkle Büroausstattungen keine ausreichenden Beleuchtungsstärken am Arbeitsplatz. Kunstlicht wird erforderlich.

Die untersuchten Varianten zur Verringerung der inneren Lasten durch die Beleuchtung werden in Tabelle 34 dargestellt. Für alle Varianten wurde die Speichermassenvariante „Fliesen + hinterlüftete Decke“ als Basis herangezogen.

Tabelle 34: Beleuchtungsvarianten mit Änderungen zur IST – Situation

Simulationsvariante	Änderung zur IST - Situation
IST – Situation	IST – Verschattung (dunkle Screens) Verschattungsregelung: Verschattung ist von 10:00 bis 15:00 zu 100% aktiv und von 8:00 bis 10:00 bzw. 15:00 bis 17:00 zu 50% 0,5 – facher Luftwechsel über 24 Stunden Teppichboden + abgehängte Decke Bestehende Beleuchtung (~22 - 27 W/m <sup>2</sup> Büronutzfläche)
Basisvariante Beleuchtung	Dunkle Raffstores (nord- und südseitig) Verschattungsregelung: „optimiertes Nutzerverhalten“ - 0,5 – facher Luftwechsel über 24 Stunden Fliesen + hinterlüften der abgehängten Decke Bestehende Beleuchtung (installierte Beleuchtungsleistung ~25 W/m <sup>2</sup> Büronutzfläche)
Beleuchtung neu	Einbau energieeffizienter Beleuchtungen (installierte Beleuchtungsleistung 12 W/m <sup>2</sup> )
Beleuchtung neu Tageslichtregelung	Einbau energieeffizienter Beleuchtungen Zusätzlich wird durch Installation einer Tageslichtregelung dafür gesorgt, dass die Innenbeleuchtungsstärke am Arbeitsplatz im Zusammenspiel zwischen Verschattung und Kunstlicht im Bereich von 500 Lux geregelt wird

Beim Vergleich der IST - Situation (installierte Leistung: ~25 W/m<sup>2</sup>) mit der Variante „Beleuchtung neu“ (installierte Leistung: 12 W/m<sup>2</sup>) zeigt sich eine nur sehr geringe Reduktion der Kühllast (Abbildung 136). Der Grund für die geringe Reduktion der Kühllast, obwohl die installierte Leistung halbiert wird, liegt darin, dass bei der Simulation davon ausgegangen wurde, dass eine ausreichende Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz (500 Lux) vorherrschen muss. Diese wird aber bei der energieeffizienten Beleuchtung nur durch eine 100%ige Beleuchtungsaktivierung (d.h. die volle Installationsleistung von 12 W/m<sup>2</sup> ist aktiv) erreicht. Somit bringt die energieeffiziente Beleuchtung bei den konkreten Rahmenbedingungen für den Sommerbetrieb zwar keine wesentliche Reduktionen der Kühllast, führt jedoch über das gesamte Jahr gesehen (im Winterbetrieb wird bei voller Beleuchtung die Leistung von 25 W/m<sup>2</sup> auf 12 W/m<sup>2</sup> reduziert) zu deutlichen Stromeinsparungen.

Verwendet man die neuen energieeffizienten Beleuchtungen in Kombination mit einer Tageslichtregelung, so zeigt sich eine größere Kühllast- bzw. Kühlenergie-Reduktion. Die Kühllast kann um über 50% auf rund 25 W/m<sup>2</sup> Geschoßnutzfläche bzw. ~33 W/m<sup>2</sup> Büronutzfläche reduziert werden.

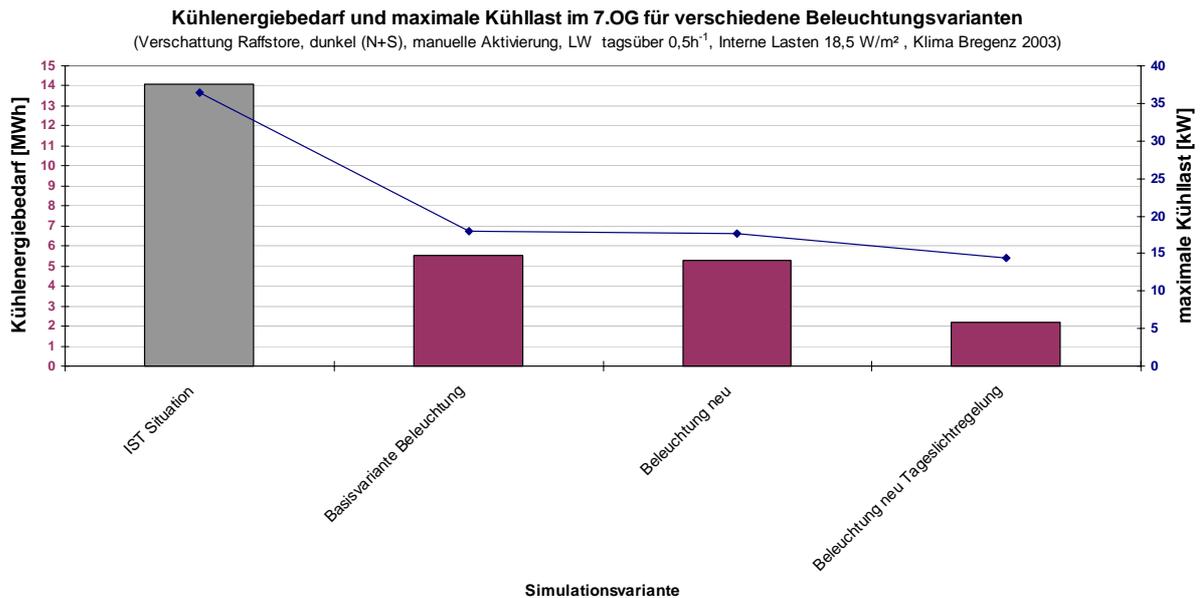


Abbildung 136: Kühlenergiebedarf und maximale Kühllast der unterschiedlichen Beleuchtungsvarianten

### 9.3.3 Bürogeräte

Im Landhaus Bregenz sind die Regelarbeitsplätze zu 50% mit TFT – Schirmen und zu 50% mit herkömmlichen Röhrenbildschirmen ausgestattet. Die daraus resultierende mittlere spezifische Leistung für PC + Bildschirm liegt mit rund 8 W/m<sup>2</sup> Bürofläche bereits bei einem relativ guten Wert. Welche Möglichkeit zur weiteren Reduktion der Lasten durch Bürogeräte besteht, wird in Tabelle 35 kurz dargestellt. Für alle Varianten wurde die Beleuchtungsvariante „Beleuchtung neu“ als Basis herangezogen.

PC und Drucker werden getrennt berücksichtigt. Die Druckerleistung der Tischdrucker wurde von 340 W (Betrieb) auf 280 W (durchschnittliche Leistungsaufnahme von neuen SW-Laserdruckern) geändert. Der Standby-Verbrauch dieser neuen Laserdrucker beträgt 7,5 W. Die Druckleistung wurde basierend auf der Gebäudedokumentation mit 150 Blatt je Drucker festgelegt. Hochgerechnet mit einer durchschnittlichen Druckergeschwindigkeit von 12 Blatt pro Minute ergibt sich eine Tageslaufzeit von etwa 13 Minuten. Die dafür notwendige Leistung wurde gleichmäßig auf die Bürozeit aufgeteilt. Für die PC's und die TFT Schirme wurden die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Werte verwendet.

Tabelle 35: Bürogeräte - Varianten mit Änderungen zur IST – Situation

Simulationsvariante	Änderung zur IST - Situation
IST – Situation	IST – Verschattung (dunkle Screens) Verschattungsregelung: Verschattung ist von 10:00 bis 15:00 zu 100% aktiv und von 8:00 bis 10:00 bzw. 15:00 bis 17:00 zu 50% 0,5 – facher Luftwechsel über 24 Stunden Teppichboden + abgehängte Decke Bestehende Beleuchtung (~22 - 27 W/m <sup>2</sup> Büronutzfläche) 50% PC + Röhrenbildschirm / 50% PC + TFT-Bildschirm (mittlere Leistung ~ 110 W / PC-Arbeitsplatz)
Basisvariante - Geräte	Dunkle Raffstores (nord- und südseitig) Verschattungsregelung: „optimiertes Nutzerverhalten“ 0,5 – facher Luftwechsel über 24 Stunden Fliesen + hinterlüften der abgehängten Decke Energieeffiziente Beleuchtung (installierte Beleuchtungsleistung 12 W/m <sup>2</sup> )
Energieeffiziente Geräte	Die restlichen 50% der PC-Arbeitsplätze, die derzeit noch mit Röhrenbildschirmen ausgestattet sind, werden auf TFT – Bildschirme umgerüstet (PC + TFT-Bildschirm: Betrieb 53 W, Standby 52W)
Terminals	Ersetzen des Arbeitsplatz PC's durch einen Terminal (Leistung pro Arbeitsplatz: 17,5 W)
Laptop mit Flach- bildschirm	Alle Arbeitsplätze werden auf Laptops mit TFT-Bildschirm umgerüstet (TFT-Bildschirm 17,5 W, Laptop 40 W)

In Abbildung 137 sind der Kühlenergiebedarf und die maximale Kühllast der verschiedenen Gerätevarianten dargestellt. Das Energieeinsparpotenzial ist aufgrund der bereits relativ guten Ausgangssituation (mittlere spezifische Leistung von 8 W/m<sup>2</sup> Bürofläche) nicht sehr hoch. Bei der effizientesten Variante („Terminals“) kann die Kühllast um maximal 10% reduziert werden, der Kühlenergiebedarf um rund 25%.

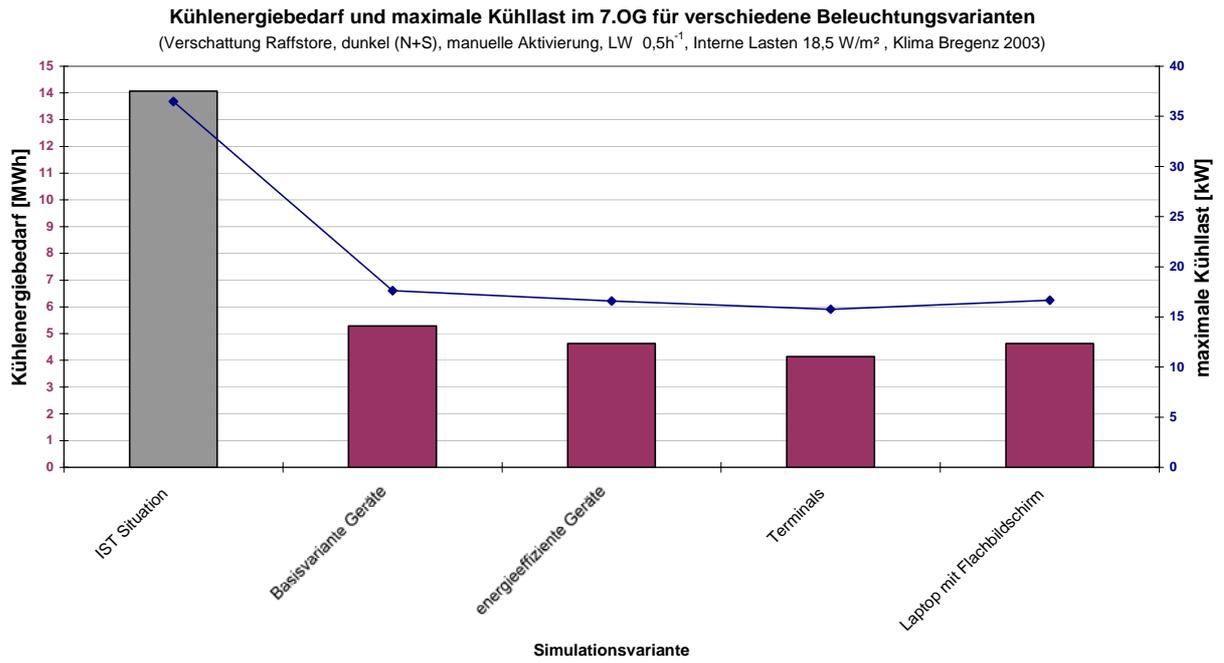


Abbildung 137: Kühlenergiebedarf und maximale Kühllast der unterschiedlichen Gerätevarianten

### 9.4 Zusammenfassung zu den gebäudeseitigen Sanierungsmaßnahmen

Bisher wurden für die Betrachtung der Ergebnisse des ungekühlten Gebäudes in der Regel die Raumtemperaturen im Behaglichkeitsfeld nach DIN 1946, Teil 2 dargestellt. Nachfolgend, in Abbildung 138, wird eine etwas andere Darstellung, mit der aber grundsätzlich die gleichen Erkenntnisse gewonnen werden können, gewählt. Mit Hilfe der dargestellten Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperatur können Aussagen über die thermische Behaglichkeit bei verschiedenen Lastreduktionsmaßnahmen getroffen werden. Der gelb markierte Bereich stellt analog zum Behaglichkeitsfeld nach DIN 1946, Teil 2 den bei sitzender Tätigkeit als behaglich definierten Temperaturbereich dar.

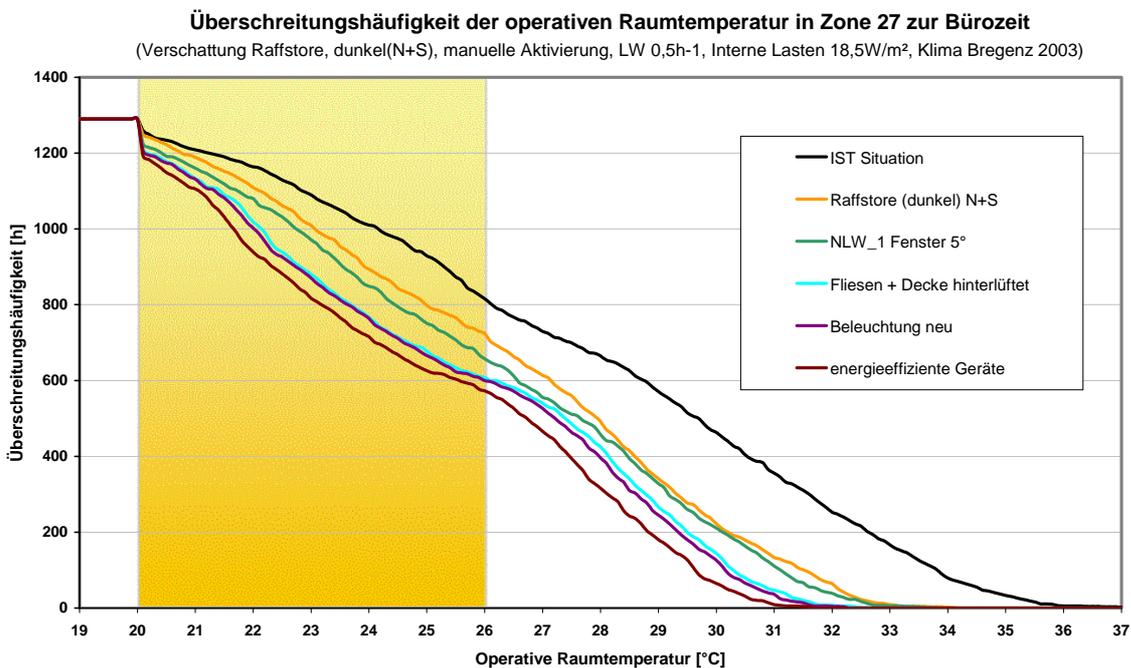


Abbildung 138: Kumulierte Überschreitungshäufigkeiten der operativen Raumtemperatur in Zone 27 der IST-Situation und der Basisvarianten für die Lastreduktion

Ein Erläuterungsbeispiel zu Abbildung 138 zum besseren Verständnis: Die Summe aller Bürostunden für den betrachteten Zeitraum von Mai 2003 bis September 2003 beträgt 1290 Stunden. Betrachtet man die operative Raumtemperatur von 19°C, so ist ersichtlich, dass diese Temperatur zu allen Bürostunden überschritten wird. Die Überschreitungshäufigkeit beträgt somit 1290 Stunden (=100% der betrachteten Bürostunden).

Analog zu dieser Vorgehensweise können im Bezug auf die Behaglichkeitsüberschreitung folgende Aussagen getroffen werden:

Bei der IST – Situation wird basierend auf dem Klimadatensatz von Bregenz 2003 mit rund 800 Bürostunden zu fast zwei Drittel der gesamten Bürozeit die obere Behaglichkeitsgrenze von 26°C überschritten. Mit der Installation des neuen Verschattungssystems (dunkle Außenraffstores) und einer aktiveren Betätigung der Verschattung durch den Nutzer kann diese Überschreitungshäufigkeit um rund 80 Stunden reduziert werden. Gleichzeitig können Raumtemperatur-Peaks von 36°C auf 33°C reduziert werden. Mit der Einbringung eines außentemperaturabhängigen Fensterlüftungssystems (die Fenster werden über Stellmotore zu

Kühlzwecken nur dann geöffnet, wenn die Außentemperatur mindestens 1 K über der Innentemperatur liegt) kann diese Zeit um weitere 60 Stunden auf 660 Stunden über 26°C reduziert werden. Der zusätzliche Einsatz von energieeffizienten Beleuchtungen (von 25 W/m<sup>2</sup> Büronutzfläche auf 12 W/m<sup>2</sup> Büronutzfläche) und Geräten (von rund 8 W/m<sup>2</sup> Büronutzfläche auf rund 4 W/m<sup>2</sup> Büronutzfläche) kann die Zeit über 26°C auf 560 Stunden reduzieren.

Es konnte somit mittels der dargestellten Reduktionsmaßnahmen, die auch grundsätzliches Potenzial zur Umsetzung besitzen, der Zeitraum über der oberen Behaglichkeitsgrenze zwar um rund 1,5 Monate reduziert werden, jedoch sind bei den vorgegebenen Rahmenbedingungen weiterhin operative Raumtemperaturen deutlich über 26°C zu erwarten. Welche Möglichkeiten nun bestehen, die restliche Kühllast von rund 37 W/m<sup>2</sup> Büronutzfläche mittels Umweltenergien abzuführen, wird in den nächsten Abschnitten beschrieben.

## 9.5 Konzepte zur Kühlenergieverteilung und -abgabe

Erst nach der bauseitigen Optimierung eines Sanierungsobjektes hinsichtlich Kühllast und Kühlenergiebedarf, ist es sinnvoll das Kälteverteil- bzw. Kälteabgabesystem zu definieren. Wichtig ist dabei, dieses System so auszulegen, dass Umweltenergien als Kältequellen genutzt werden können. Das heißt, es soll möglich sein, die vorhandene Kühllast des Gebäudes mit möglichst hohen Kühltemperaturen abzuführen. Welche Temperaturniveaus bei entsprechend definiertem Kälteabgabesystem zur Kühlung tatsächlich noch ausreichen, soll in den nächsten Kapiteln behandelt werden. Betrachtet werden dabei folgende Systeme:

- luftgeführte Energieversorgung (Kapitel 9.5.2; Kühlung über das Lüftungssystem)
- wassergeführte Energieversorgung (Kapitel 9.5.3; Einsatz von Fan Coils bzw. Flächenkühlsystemen)

### 9.5.1 Ausgangsvariante

Bei den bisherigen Darstellungen der Ergebnisse aus den Lastreduktionsvarianten wurde schwerpunktmäßig das 7. Obergeschoß bzw. anteilig das gesamte Gebäude betrachtet. Dies konnte deswegen erfolgen, da für die Maßnahmen zur Reduktion der Gebäudekühllast alle einzelnen Zonentemperaturen des Gebäudes im Simulationsprogramm TRNSYS mit vertretbaren Rechenzeiten ermittelt werden konnten. Da die Integration des Kälteabgabesystems die Gebäudesimulation wesentlich komplexer macht, wurde (um die Rechenzeiten in einem vertretbaren Rahmen zu halten) für die weiteren Betrachtungen eine typische Bürozone im 7. Obergeschoß (Zone 7.7, Abbildung 139) herangezogen.

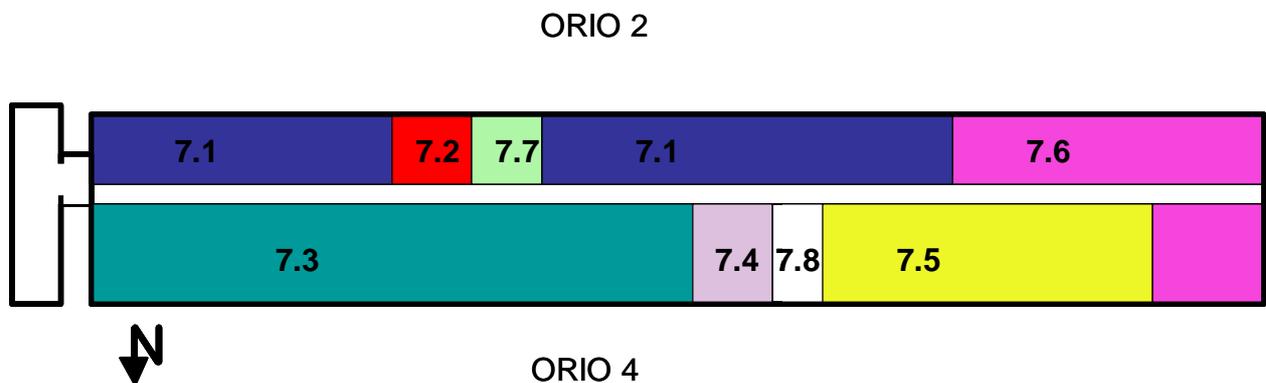


Abbildung 139: Thermische Zonierung des 7. Obergeschoßes in die sieben Zonen 7.1 bis 7.7. Alle nachfolgenden Szenarien zur Kälteabgabe beziehensich auf Zone 7.7.

Als Ausgangsvariante für die Betrachtung der Energieverteil- und Energieabgabesysteme wurde die Variante „Energieeffiziente Geräte“ herangezogen. Bei dieser Basisvariante kamen folgende Lastreduktionsmaßnahmen zur Anwendung:

- Nord- und südseitig dunkle Außenraffstores
- bewusst-aktives Betätigen der Verschattung durch den Nutzer

- Fensterlüftung über Stellmotore, d.h. die Fenster werden über Stellmotore zu Kühlzwecken nur dann geöffnet, wenn die Außentemperatur mindestens 1 K über der Innentemperatur liegt
- Als zusätzliche Speichermasse wurde ein keramischer Bodenbelag (Fliesen) und eine gut hinterlüftete, abgehängte Decke berücksichtigt
- Einsatz einer energieeffizienten Beleuchtung
- Einsatz von energieeffizienten Bürogeräte

Als Ergebnis dieser Maßnahmen ergeben sich für eine maximal zulässige Raumtemperatur von 26°C spezifische Kühlwerte von 37 W/m<sup>2</sup> Büronutzfläche und 12 kWh/m<sup>2</sup> Büronutzfläche und Jahr.

## 9.5.2 Luftgeführte Energieversorgung

Mittels einer Lüftungsanlage kann ein Raum einerseits mit der hygienisch erforderlichen Luftmenge versorgt werden, andererseits kann eine Lüftungsanlage zur thermischen Konditionierung (heizen/kühlen) der Zuluft verwendet werden.

In diesem Kapitel soll die Kühllast mit dem Medium „Luft“ aus dem Raum abgeführt werden. Um dieses Konzept der Energieversorgung im Detail analysieren zu können, wurden für die Simulation nachfolgende Ansätze, die in den nächsten Abschnitten (Kapitel 9.5.2.1 bis 9.5.2.3) behandelt werden, gewählt:

- Variation der Zulufttemperatur
- Variation des Zuluftvolumenstroms
- Kühlung über die Lüftungsanlage in Kombination mit Nachtlüftungsvarianten
- Optimierung der Kühl- / Regelstrategie mittels Lüftungsanlage

Ziel bei der Betrachtung dieser Varianten soll es sein, herauszufinden, inwieweit eine Kühlung der Büroräume über ein Lüftungssystem mittels Umweltenergien möglich ist, d.h. eine Kühlung mit hierfür typischen Lufttemperaturen (im Bereich von 20°C) stattfinden kann.

### 9.5.2.1 Variation der Zulufttemperatur bzw. des Luftvolumenstroms

Bei den in diesem Abschnitt behandelten Varianten wird untersucht, welche Zulufttemperaturen bei hygienischem Luftvolumenstrom (0,67 h<sup>-1</sup>) erforderlich sind bzw. welcher Volumenstrom bei Zulufttemperaturen im Bereich von 20°C nötig ist, um die auftretenden Kühllasten abführen zu können. In den Nachtstunden wird die Lüftungsanlage jeweils ausgeschaltet. Hier stellt sich aufgrund der Infiltration ein Luftwechsel von 0,3 h<sup>-1</sup> ein. Tabelle 36 zeigt eine Auflistung der untersuchten Varianten.

Tabelle 36: Lüftungsvarianten bei Variation der Zulufttemperatur bzw. des Luftvolumenstroms mit Änderungen zur Basisvariante

Simulationsvariante	Änderung zur IST - Situation
Basisvariante Kälteabgabe (Zone 27)	Dunkle Raffstores (nord- und südseitig) Verschattungsregelung: „optimiertes Nutzerverhalten“ 0,5 – facher Luftwechsel über 24 Stunden Fliesen + hinterlüften der abgehängten Decke Energieeffiziente Beleuchtung und Geräte
Tzul = 20°C_NLW 0,3 h <sup>-1</sup>	Die Zulufttemperatur beträgt während der Bürozeiten 20°C Die Lüftungsanlage wird während der Bürozeiten mit dem hygienischen Luftwechsel (0,67 h <sup>-1</sup> ) betrieben Nachts ist die Lüftungsanlage ausgeschaltet, ein Luftwechsel erfolgt nur über Infiltration (0,3 h <sup>-1</sup> )
Tzul = 22°C_NLW 0,3 h <sup>-1</sup>	Die Zulufttemperatur beträgt während der Bürozeiten 22°C Tag: hygienischer Luftwechsel / Nacht: Infiltration
Tzul = var_TRmax=26°C	Gesucht ist die erforderliche Zulufttemperatur um eine maximale Raumtemperatur von 26°C nicht zu überschreiten Tag: hygienischer Luftwechsel / Nacht: Infiltration
Tzul = 20°C_TRmax=26°C	Die Zulufttemperatur beträgt während der Bürozeiten 20°C Gesucht ist die erforderliche Luftmenge um eine maximale Raumtemperatur von 26°C nicht zu überschreiten

Die Auswertungen in Abbildung 140 zeigen, dass eine Kühlung mit hygienischem Luftwechsel und einem Zulufttemperaturniveau von 20°C einen kaum nennenswerten Kühleffekt erzielt. Da bei der Basisvariante eine reine Fensterlüftung zum Einsatz kommt und so im Mittel ein 0,5-facher Luftwechsel über 24 Stunden berücksichtigt wurde, führt der etwas höhere Nachtluftwechsel bei der Basisvariante zu geringfügig niedrigeren Temperaturüberschreitungen bei der Grenztemperatur von 26°C. Die Temperaturspitzen können durch die konstanten Zulufttemperaturen von 20°C bzw. 22°C etwas reduziert werden.

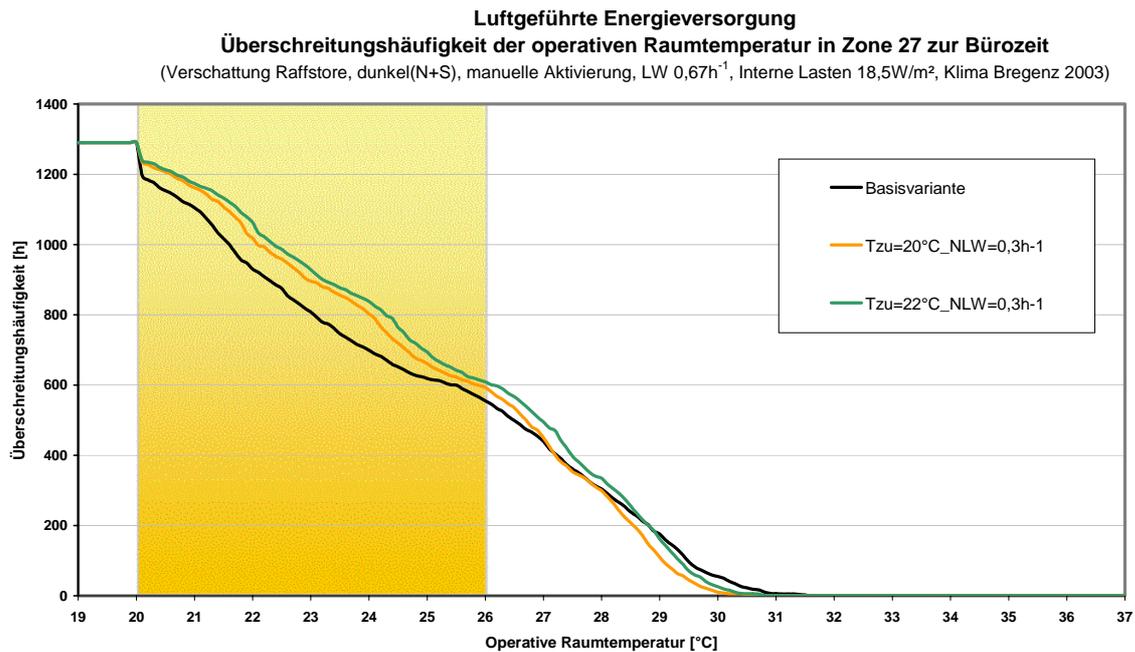


Abbildung 140: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumlufttemperatur in Zone 27 zur Bürozeit bei Variation der Zulufttemperaturen

Die Ergebnisse aus der obigen Abbildung lassen bereits den Schluss zu, dass eine energie- und kosteneffiziente Kühlung nur durch den Betrieb des Lüftungssystems während der Bürozeiten als kaum möglich erscheint. Bestätigt wird dies zusätzlich durch die Ergebnisse der beiden dargestellten Varianten („Tzul = var\_TRmax=26°C“ und „Tzul = 20°C\_TRmax=26°C“, Tabelle 36). Hier gilt die Forderung, Volumenstrom und Zulufttemperatur jeweils so zu variieren, dass die maximale Raumtemperatur während der Bürozeit 26°C nicht überschreitet. Dies ist zwar möglich, jedoch müsste bei hygienischem Luftwechsel die Zulufttemperatur auf bis zu – 30°C konditioniert werden bzw. der Luftwechselwechsel, bei einer Zulufttemperatur von 20°C, auf über 5 h<sup>-1</sup> erhöht werden. Beide Ergebnisse kommen aus Gründen der Behaglichkeit, Energie- und Ökoeffizienz nicht in Frage.

### 9.5.2.2 Luftkühlung in Kombination mit Nachtlüftungsvarianten

Aufgrund der unzureichenden Ergebnisse einer reinen Luftkühlung während der Bürozeiten werden in diesem Abschnitt Lösungen mit integrierter Nachtlüftung untersucht. In Tabelle 37 sind dazu die untersuchten Varianten aufgelistet.

Tabelle 37: Varianten „Luftkühlung + Nachtlüftung“ mit Änderungen zur Basisvariante

Simulationsvariante	Änderung zur IST - Situation
Basisvariante Kälteabgabe (Zone 27)	Dunkle Raffstores (nord- und südseitig) Verschattungsregelung: „optimiertes Nutzerverhalten“ 0,5 – facher Luftwechsel über 24 Stunden Fliesen + hinterlüften der abgehängten Decke Energieeffiziente Beleuchtung und Geräte
Tzul = 20°C_NLW 3h <sup>-1</sup>	Die Zulufttemperatur beträgt während der Bürozeiten 20°C Tag: hygienischer Luftwechsel / Nacht: 3-facher Luftwechsel
Tzul = 22°C_NLW 3h <sup>-1</sup>	Die Zulufttemperatur beträgt während der Bürozeiten 22°C Tag: hygienischer Luftwechsel / Nacht: 3-facher Luftwechsel
Tzul = 22°C_NLW 6h <sup>-1</sup>	Die Zulufttemperatur beträgt während der Bürozeiten 22°C Tag: hygienischer Luftwechsel / Nacht: 6-facher Luftwechsel

In der Variante „Tzul = 20°C\_NLW 3 h<sup>-1</sup>“ wird tagsüber mit hygischischem (LW 0,67h<sup>-1</sup> / Zulufttemperatur: 20°C) und nachts mit Außenluft und einem 3-fachen Luftwechsel gelüftet. Variante „Tzul = 22°C\_NLW 3 h<sup>-1</sup>“ unterscheidet sich nur durch die Wahl einer höheren Zulufttemperatur (22°C) während der Bürozeit. In Variante „Tzul = 22°C\_NLW 6 h<sup>-1</sup>“ wird neben der höheren Zulufttemperatur auch noch die Nachtlüftung von einem 3-fachen auf einen 6-fachen Luftwechsel erhöht. In Abbildung 141 werden die Überschreitungshäufigkeiten dieser drei Varianten im Bezug auf die Basisvariante dargestellt.

Der Temperaturverlauf bei Variante „Tzul = 22°C\_NLW 6 h<sup>-1</sup>“ ist am besten. Durch die Nachtlüftung erreicht man eine gute Entladung der warmen Speichermassen und die Kühllasten während Bürozeiten werden reduziert. Die Überschreitungshäufigkeit der 26°C Grenze kann so auf rund 250 h Stunden reduziert werden. Die Raumtemperaturspitzen liegen nur mehr vereinzelt bei 28°C.

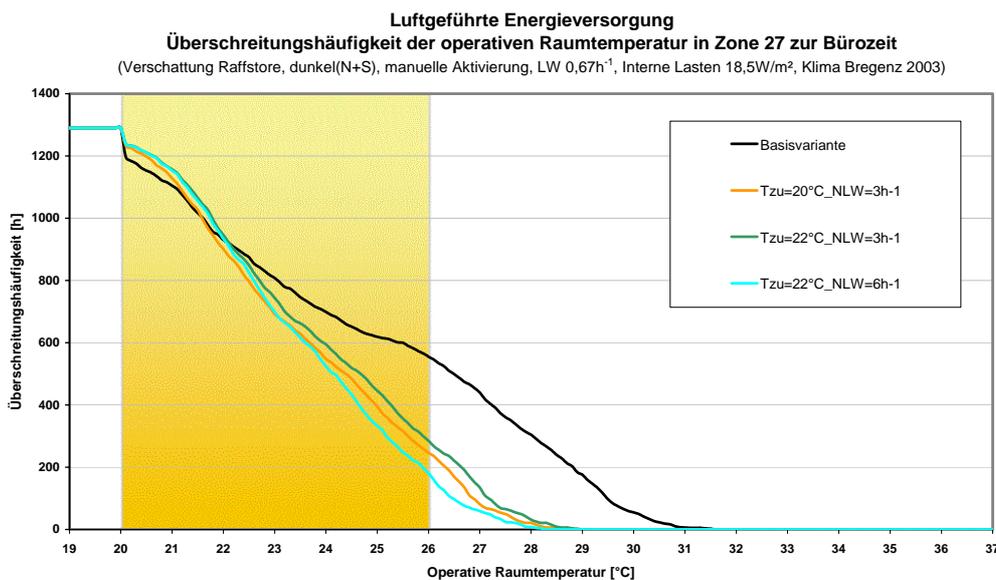


Abbildung 141: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumlufttemperatur in Zone 27 zur Bürozeit

### 9.5.2.3 Optimierung der Kühlstrategie mit einer Lüftungsanlage

Nutzt man die in den beiden vorigen Abschnitten gewonnenen Erkenntnisse, kann eine optimierte Variante zur luftgeführten Energieversorgung erarbeitet werden. Für diese wurden die in Tabelle 38 aufgelisteten Regelkriterien definiert.

Tabelle 38: Regelkriterien für die optimierte Kühlstrategie mittels Lüftungsanlage

Optimierte Luftkühlung	T_Raum > 21°C	T_Raum < 21°C
Bürozeiten (8:00 – 17:00 Uhr)	2-facher Luftwechsel Tzul = 20°C	Hygienischer Luftwechsel Tzul = 20°C
Außerhalb der Bürozeiten (17:00 – 7:00 Uhr)	Wenn T_Raum > T_Außen, dann 3-facher Nachtluftwechsel	Wenn T_Raum < T_Außen, dann Lüftung aus

Diese Regelung ermöglicht die optimale Nutzung der kühlen Nachtluft ohne den Raum unnötig zu erwärmen. Abbildung 142 zeigt, dass durch dieses Regelschema die Überschreitungen über 26°C sehr gering sind und die Raumtemperaturspitze von 27°C nur für ein paar Stunden erreicht wird.

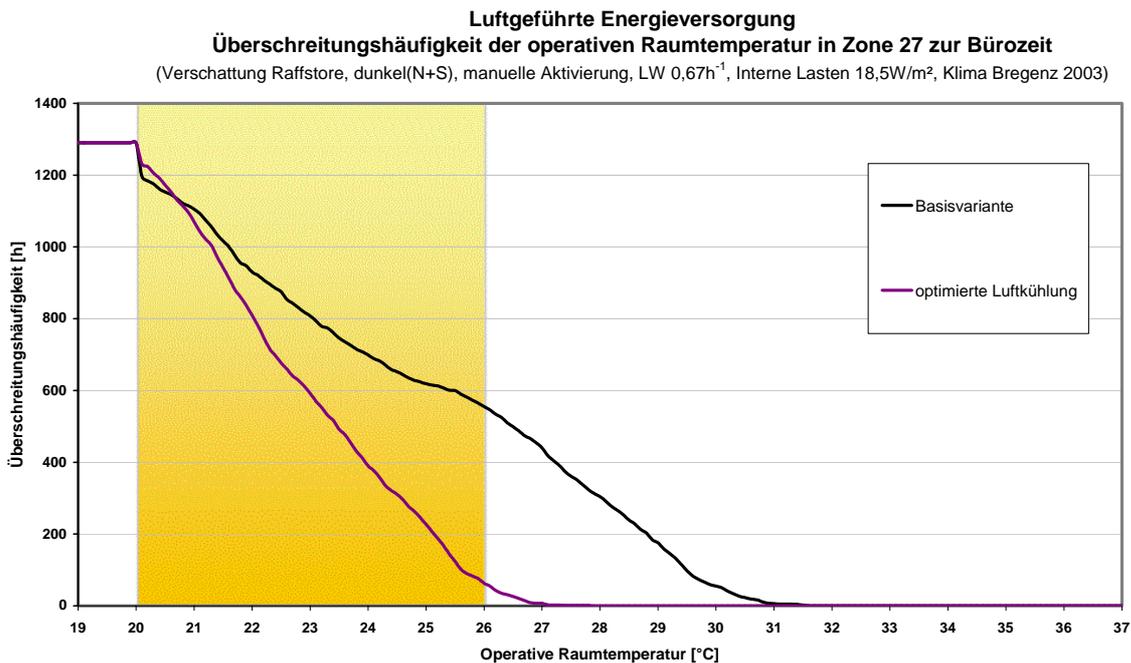


Abbildung 142: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumlufttemperatur in Zone 27 zur Bürozeit bei optimierter Luftkühlung (Regelstrategie, siehe Tabelle 38)

### 9.5.3 Wassergeführte Energieversorgung

Die Ergebnisse zu den luftgeführten Systemen haben sehr gut gezeigt, dass Luft als Kälteträger nur begrenzt einsetzbar ist bzw. höhere Luftmengen (daraus resultierend große Leitungsquerschnitte bzw. erhöhte Betriebskosten für den Transport der Luft) erforderlich werden, um ausreichende Kühlleistungen erzielen zu können. Die spezifische Wärmekapazität und Dichte von Wasser sind hingegen bedeutend größer als die von Luft. Das hat beim Transport von Energie grundsätzlich den Vorteil, dass bei gleicher Leistung ein deutlich geringerer Volumenstrom erforderlich ist.

In den nachfolgenden Abschnitten werden daher wassergeführte Systeme bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen untersucht. Auch hier wurden, wie bei den luftgeführten Systemen, die Simulationsvarianten so definiert, dass Lösungsansätze mit möglichst hohen Kühltemperaturen möglich werden und somit Umweltenergien (Nachtluft, Erdreich, Grundwasser, etc.) genutzt werden können.

Als Basis für die Berechnungen gelten auch hier wieder die spezifische Kühllast von 37 W/m<sup>2</sup> Büronutzfläche und der spezifische Kühlenergiebedarf von 12 kWh/m<sup>2</sup>a, die sich nach Abschluss der Kühllastreduktionsmaßnahmen (siehe Kapitel 9.5.1) ergeben haben.

#### 9.5.3.1 Gebläsekonvektor - Varianten

In den Berechnungen wurde ein Gebläsekonvektor der Firma GEA (GEA, 2004) eingesetzt. Die technischen Eckdaten zu diesem Produkt sehen wie folgt aus:

##### Type GEA Basis Geko (Baugröße 1 / Leistungsgröße 1)

- Leistung 0,76 kW (gesamt)  
(T\_Vorlauf/T\_Rücklauf = 6/12°C)  
(Zustand im Raum: T\_Raum = 27°C, 46% r.H.)
- Massenstrom wasserseitig 88 kg/h
- Umluft - Volumenstrom (Stufe 1) 130 m<sup>3</sup>/h (entspricht einem 2,9-fachen Luftwechsel)

Sämtliche Varianten, bei denen dieser Gebläsekonvektor zur Kühllastabdeckung eingesetzt wird, sind in Tabelle 39 beschrieben. Wesentlich ist dabei vor allem zu untersuchen, mit wie hohen Vorlauftemperaturen der Gebläsekonvektor betrieben werden kann, damit einerseits Umweltenergien als Kältequelle herangezogen werden können, andererseits eine ausreichende Kühlung des Gebäudes stattfindet. Der hygienische Luftwechsel erfolgt bei diesen Varianten (hier handelt es sich um einen reinen Umluft – Gebläsekonvektor) weiterhin durch manuelles Öffnen der Fenster.

Tabelle 39: Gebläsekonvektor - Varianten mit Änderungen zur Basisvariante

Simulationsvariante	Änderung zur IST - Situation
Basisvariante Kälteabgabe	Dunkle Raffstores (nord- und südseitig) Verschattungsregelung: „optimiertes Nutzerverhalten“ - 0,5 – facher Luftwechsel über 24 Stunden Fliesen + hinterlüften der abgehängten Decke Energieeffiziente Beleuchtung und Geräte
Tv=14°C_Tr=18°C	Vorlauftemperatur/Rücklauftemperatur 14/18°C Der Betrieb erfolgt raumtemperaturgeregelt über 24 Stunden: 26°C ein / 24°C aus
Tv=16°C_Tr=18°C	Vorlauftemperatur/Rücklauftemperatur 16/18°C Der Betrieb erfolgt zeitgesteuert: 8:00 – 17:00 Uhr
Tv=20°C_Tr=22°C	Vorlauftemperatur/Rücklauftemperatur 20/22°C Der Betrieb erfolgt zeitgesteuert: 8:00 – 17:00 Uhr

In der Variante „Tv=14°C\_Tr=18°C“ wird ein nach Herstellerangaben (GEA, 2004) definierter Auslegungspunkt verwendet. Für die Eintrittstemperatur in den Gebläsekonvektor (wasserseitig) wird 14°C gewählt, die Austrittstemperatur beträgt 18°C. Die Regelung erfolgt über einen Thermostat, der den Gebläsekonvektor bei einer Raumlufttemperatur von 26°C einschaltet und bei 24°C ausschaltet. Weiters gibt es für das Schalten keine zeitliche Einschränkung, d.h. das Schaltkriterium gilt über 24 Stunden. Der Gebläsekonvektor wird im reinen Umluftbetrieb betrieben, wobei die notwendige Frischluft über ein ständig gekipptes Fenster realisiert wird. Variante „Tv=16°C\_Tr=18°C“ unterscheidet sich von Variante „Tv=14°C\_Tr=18°C“ durch eine geänderte Vorlauftemperatur (16°C) und einer vorgegebenen Betriebszeit (8-17 Uhr). Variante „Tv=20°C\_Tr=22°C“ ist bis auf die Kaltwassertemperatur identisch zur Variante „Tv=16°C\_Tr=18°C“.

Temperaturverlauf in Zone 27 im Zeitraum vom 24. - 29.Juni 2003

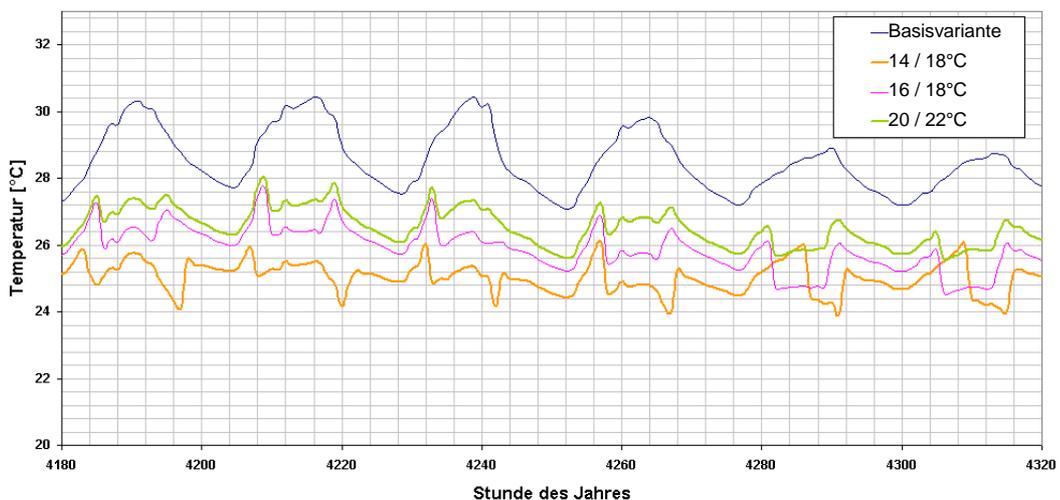


Abbildung 143: Temperaturverlauf in der Zone 27 über einen Zeitraum von einer Woche für die Gebläsekonvektor – Varianten

Die Basisvariante zeigt in Abbildung 143 den Temperaturverlauf einer gut verschatteten und lastreduzierten Variante ohne zusätzliche Kühlung. Verwendet man den Gebläsekonvektor (Variante „Tv=14°C\_Tr=18°C“), so ist ersichtlich, dass die Raumlufttemperatur kaum über 26°C ansteigt. Der Gebläsekonvektor wird am Morgen aktiviert (26 °C werden erreicht) und läuft dann bis um etwa 17 Uhr durch, da erst hier das Ausschaltkriterium (24 °C) erreicht wird. Sehr gut ist bei dieser Variante auch das Wochenende am Ende der Temperaturverläufe zu erkennen. Aufgrund der reduzierten Lasten erreicht die Raumtemperatur erst am frühen Nachmittag das Einschaltkriterium von 26°C. Nachdem der Gebläsekonvektor aktiv ist, sinkt die Raumtemperatur sehr rasch ab und schaltet sich nach Erreichen der 24°C Grenze nach rund 4 Stunden wieder ab.

Bei der nächsten Variante (mit der um 2 K höheren Vorlauftemperatur) ist der Betrieb des Gebläsekonvektors nur in der Bürozeit freigegeben und startet somit bereits in der Früh bei Raumlufttemperaturen von 27°C. Tagsüber läuft auch hier das Gerät auf Stufe 1 und schafft es knapp an den geforderten 26°C zu bleiben. Bei der letzten Variante wird aufgrund der höheren Kaltwassertemperaturen die geforderte Raumlufttemperatur nicht mehr gehalten.

Der betrachtete Gebläsekonvektor wird in den gezeigten Fällen nur in der Stufe eins des Ventilators betrieben. Es wäre somit möglich, durch die Verwendung einer höheren Gebläsestufe (bis zu 280 m³/h = 6,2-facher Luftwechsel) die Temperatur weiter zu senken. Dabei sind aber entsprechende Nachteile hinsichtlich Behaglichkeit (Zugerscheinung und Lärm) zu erwarten.

Abbildung 144 zeigt die Überschreitungshäufigkeiten zu den vier oben beschriebenen Varianten. Es zeigt sich, dass beim Versuch mit Vorlauftemperaturen von rund 20°C zu kühlen und somit Umweltenergien als Kältequelle zu nutzen, zwar noch immer Überschreitungen über 26°C von rund 700 Stunden auftreten, die Temperaturspitzen sich aber auf nur wenige Stunden über 28°C reduzieren.

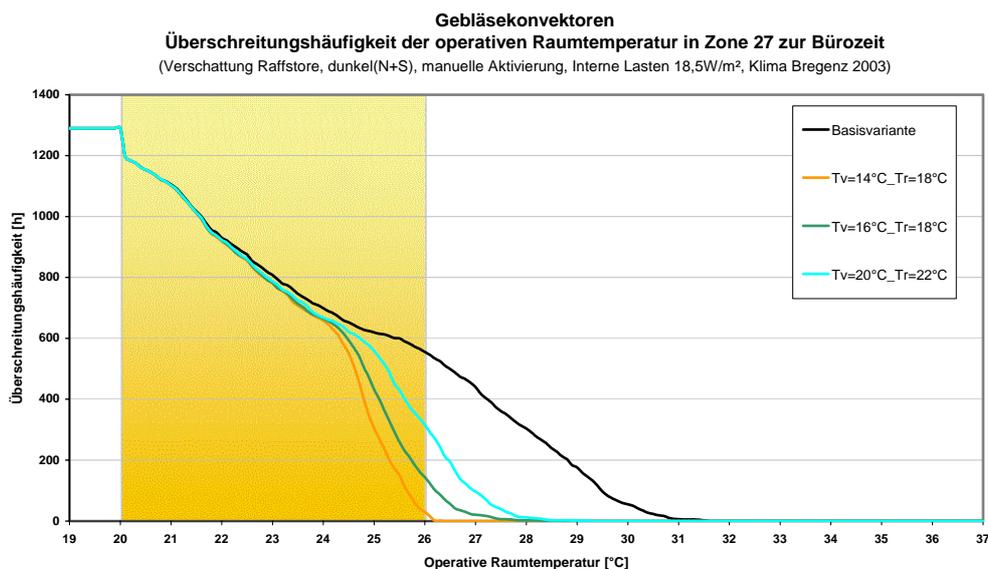


Abbildung 144: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumlufttemperatur in Zone 27 zur Bürozeit bei unterschiedlichen Vorlauftemperaturen eines Gebläsekonvektors

### 9.5.3.2 Flächenkühlsysteme

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden drei unterschiedliche Flächenkühlsysteme von verschiedenen Herstellern betrachtet. Nachfolgend dazu die wesentlichen Eckdaten:

Tabelle 40: Eckdaten zu den betrachteten Flächenkühlsystemen

<p><u>RCS – Knauf Gipskartonkühldecke (RCS, 2004)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kapillarrohrrmatte PN 20 (Sammelrohr d=20 / s=2 mm, Kapillarrohr d=4,5 / s=0,8 mm)</li> <li>• Kapillarrohrabstand: 30 mm</li> <li>• Spez. Kühlleistung: 71 W/m<sup>2</sup> (16°C/18°C und 26,85 kg/m<sup>2</sup>h)</li> </ul>
<p><u>Universa Metallkühldecke (Universa, 2004)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kapillarrohrrmatte PN 20 (Sammelrohr d=20 / s=2 mm, Kapillarrohr d=8,0 / s=1,0 mm)</li> <li>• Kapillarrohrabstand: 40 mm</li> <li>• Spez. Kühlleistung: 81 W/m<sup>2</sup> (16°C/19°C und 24,33 kg/m<sup>2</sup>h)</li> </ul>
<p><u>Universa Unterputz-Kühldecke (Universa, 2004)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kapillarrohrrmatte PN 20 (Sammelrohr d=20 / s=2 mm, Kapillarrohr d=8,0 / s=1,0 mm)</li> <li>• Kapillarrohrabstand: 40 mm</li> <li>• Spez. Kühlleistung: 76 W/m<sup>2</sup> (16°C/19°C und 25,53 kg/m<sup>2</sup>h)</li> </ul>

In den nachfolgenden Abschnitten 9.5.3.2.1 bis 9.5.3.2.3 werden diese Kühldecken – Varianten genauer analysiert.

#### 9.5.3.2.1 Gipskartonkühldecke (GK – Kühldecke)

Die Varianten, bei denen die GK - Kühldecke zur Kühllastabdeckung untersucht wird, sind in Tabelle 41 beschrieben. Es gilt zu untersuchen, wie hoch die hohen Vorlauftemperaturen sein dürfen, damit zum einen Umweltenergien als Kältequelle herangezogen werden können, zum anderen jedoch mit diesen Temperaturen eine ausreichende Kühlung des Gebäudes stattfinden kann. Als zweiter Parameter wird die installierte Kühldeckenfläche variiert. Ziel dieser Variation soll es sein, den minimal erforderlichen Bedarf an Kühlfläche zu ermitteln und so gleichzeitig ein Investitionskosten-Optimum zu erhalten. Der hygienische Luftwechsel erfolgt bei diesen Varianten über Fensterlüftung.

Tabelle 41: Varianten mit Gipskartonkühldecken und deren Änderungen zur Basisvariante

Simulationsvariante	Änderung zur IST - Situation
Basisvariante Kälteabgabe	Dunkle Raffstores (nord- und südseitig) Verschattungsregelung: „optimiertes Nutzerverhalten“ 0,5 – facher Luftwechsel über 24 Stunden Fliesen + hinterlüften der abgehängten Decke Energieeffiziente Beleuchtung und Geräte
Tv=16°C_55%_6-17 Uhr	Vorlauftemperatur 16°C, Kühlfläche = 55% der Bürofläche Betriebszeit: 6 – 17 Uhr
Tv=18°C_75%_6-17 Uhr	Vorlauftemperatur 18°C, Kühlfläche = 75% der Bürofläche Betriebszeit: 6 – 17 Uhr
Tv=19°C_75%_6-17 Uhr	Vorlauftemperatur 19°C, Kühlfläche = 75% der Bürofläche Betriebszeit: 6 – 17 Uhr
Tv=21°C_75%_24h aktiv	Vorlauftemperatur 21°C, Kühlfläche = 75% der Bürofläche Betriebszeit: 24 h Dauerbetrieb

Die Ergebnisse zu den definierten Varianten sind in Abbildung 145 in Form der Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperatur zu den Bürozeiten dargestellt. Bei der ersten Variante mit GK – Kühldecke beträgt die Vorlauftemperatur 16°C und die genutzte Kühlfläche 55% der gesamten Bürofläche. Bei den übrigen Varianten beträgt die installierte Kühlfläche 75% der gesamten Bürofläche. Berücksichtigt man, dass bei diesem Deckensystemen auch noch Platz für Beleuchtungskörper, ev. Lüftungsauslässe, Sammel- und Verteilleitungen sein muss, so kann die installierte Fläche von 75% der gesamten Bürofläche auch gleichzeitig als maximal nutzbare Fläche gesehen werden.

Die Auswertung zeigt, dass mit maximalen Vorlauftemperaturen von 21°C ein vertretbares Raumklima mit geringfügigen Übertemperaturen über 26°C erreicht werden kann.

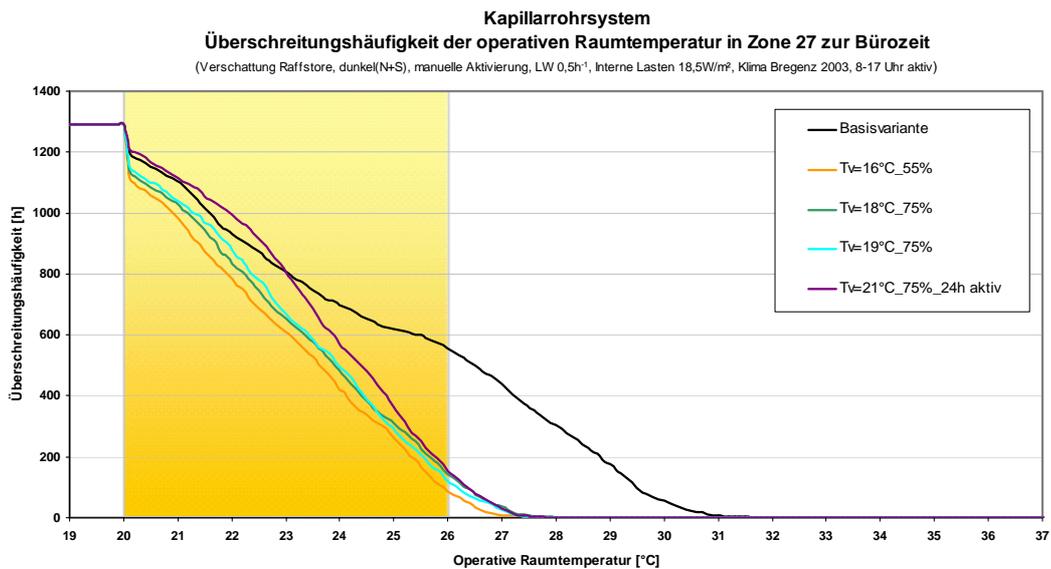


Abbildung 145: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumlufttemperatur in Zone 27 zur Bürozeit bei Einsatz einer Gipskartonkühldecke (bis auf die Variante mit 24 h Dauerbetrieb beträgt die Betriebszeit 6 – 17 Uhr)

**9.5.3.2.2 Metallkühldecke**

Den Simulationsvarianten zur Metallkühldecke liegen die in Kapitel 9.5.3.2 aufgelisteten Produktdaten zugrunde. Die in Tabelle 42 dargestellten Varianten sind aus Vergleichsgründen ähnlich zu jenen der GK – Kühldecke.

Tabelle 42: Varianten mit Metallkühldecken und deren Änderungen zur Basisvariante

Simulationsvariante	Änderung zur IST - Situation
Basisvariante Kälteabgabe	Dunkle Raffstores (nord- und südseitig) Verschattungsregelung: „optimiertes Nutzerverhalten“ 0,5 – facher Luftwechsel über 24 Stunden Fliesen + hinterlüften der abgehängten Decke Energieeffiziente Beleuchtung und Geräte
Tv=16°C_75%_8-17 Uhr	Vorlauftemperatur 16°C, Kühlfläche = 75% der Bürofläche Betriebszeit: 8 – 17 Uhr
Tv=16°C_75%_6-17 Uhr	Vorlauftemperatur 16°C, Kühlfläche = 55% der Bürofläche Betriebszeit: 6 – 17 Uhr
Tv=16°C_45%_6-17 Uhr	Vorlauftemperatur 16°C, Kühlfläche = 45% der Bürofläche Betriebszeit: 6 – 17 Uhr
Tv=20°C_75%_6-17 Uhr	Vorlauftemperatur 20°C, Kühlfläche = 75% der Bürofläche Betriebszeit: 6 – 17 Uhr
Tv=21°C_75%_24h aktiv	Vorlauftemperatur 21°C, Kühlfläche = 75% der Bürofläche Betriebszeit: 24 h Dauerbetrieb

Die Ergebnisse zu den definierten Varianten sind in Abbildung 146 in Form der Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperatur zu den Bürozeiten dargestellt. Die beiden Varianten mit einer Vorlauftemperatur von 16°C überschreiten die 26°C Grenze zu keiner Zeit. Aufgrund der tiefen Vorlauftemperatur kommt es sogar zur umgekehrten Situation, dass es zu häufigen Unterschreitungen der nach DIN 1946, Teil 2 geforderten Temperaturen (20°C) kommt. Die Unterschreitungen können in Abbildung 146 durch den vertikalen Verlauf an der 20°C Grenze interpretiert werden. Dieser ergibt sich dadurch, dass in der Simulation als unterer Raumtemperaturgrenzwert 20°C definiert wurden und bei Erreichen dieses Grenzwertes die Heizung aktiviert wird.

Durch Reduktion der Kühlflächen bzw. Erhöhung der Vorlauftemperatur wird nun versucht, das energetische und ökonomische Optimum zu finden. Hält man die Betriebszeiten konstant (6 – 17 Uhr), so kann man die Kühlfläche um rund 50% reduzieren um weiterhin ein Raumtemperaturniveau in den Sommermonaten zu erhalten, das die 26°C Grenze zu fast keiner Zeit überschreitet. Lässt man die Kühlfläche unverändert groß und erhöht im Gegenzug die Betriebszeiten bzw. die Vorlauftemperatur, so zeigt sich, dass auch mit Vorlauftemperaturen von rund 21°C die Behaglichkeitsgrenzen noch sehr gut eingehalten werden können.

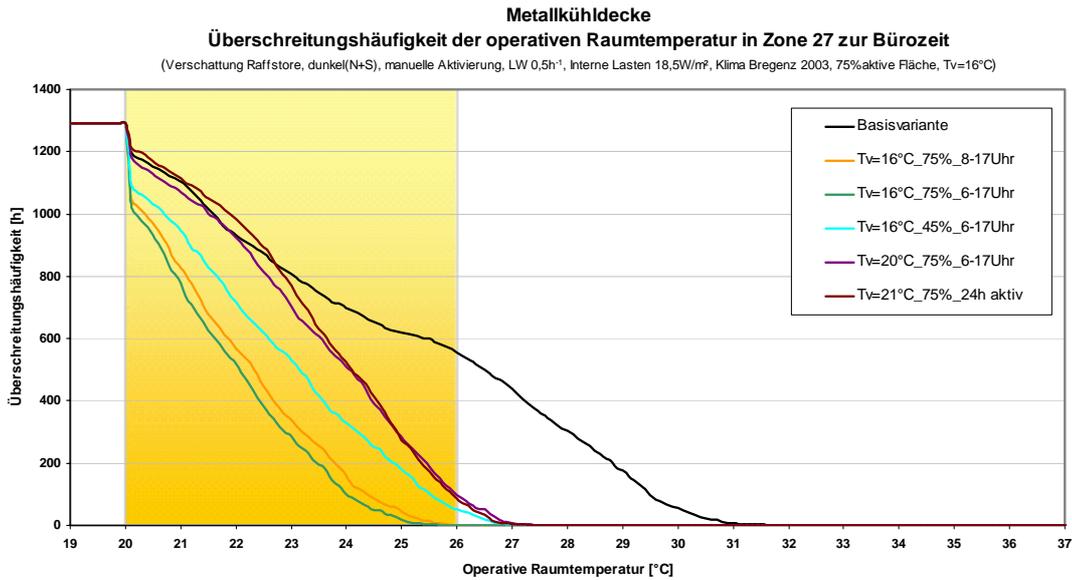


Abbildung 146: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumlufttemperatur in Zone 27 zur Bürozeit bei Einsatz einer Metallkühldecke

### 9.5.3.2.3 Unterputzkühldecke

Den Simulationsvarianten zur Unterputzkühldecke liegen die in Kapitel 9.5.3.2 aufgelisteten Produktdaten zugrunde. Die in Tabelle 43 dargestellten Varianten sind aus Vergleichsgründen ähnlich zu jenen der GK – Kühldecke.

Tabelle 43: Varianten mit Unterputzkühldecken und deren Änderungen zur Basisvariante

Simulationsvariante	Änderung zur IST - Situation
Basisvariante Kälteabgabe	Dunkle Raffstores (nord- und südseitig) Verschattungsregelung: „optimiertes Nutzerverhalten“ 0,5 - facher Luftwechsel über 24 Stunden Fliesen + hinterlüften der abgehängten Decke Energieeffiziente Beleuchtung und Geräte
Tv=16°C_75%_8-17 Uhr	Vorlauftemperatur 16°C, Kühlfläche = 75% der Bürofläche Betriebszeit: 8 – 17 Uhr
Tv=16°C_35%_8-17 Uhr	Vorlauftemperatur 16°C, Kühlfläche = 35% der Bürofläche Betriebszeit: 8 – 17 Uhr
Tv=21°C_75%_8-17 Uhr	Vorlauftemperatur 21°C, Kühlfläche = 75% der Bürofläche Betriebszeit: 8 – 17 Uhr
Tv=21°C_75%_6-17 Uhr	Vorlauftemperatur 21°C, Kühlfläche = 75% der Bürofläche Betriebszeit: 6 – 17 Uhr
Tv=22°C_75%_24h aktiv	Vorlauftemperatur 22°C, Kühlfläche = 75% der Bürofläche Betriebszeit: 24 h Dauerbetrieb

Die Ergebnisse zu den definierten Varianten sind in Abbildung 147 in Form der Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperatur zu den Bürozeiten dargestellt. Die Ergebnisse sind jenen mit einer Metallkühldecke sehr ähnlich. Sie zeigen, dass, ohne wesentliche Behaglichkeitseinbußen zu erleiden, bei einer Vorlauftemperatur von 16°C die Kühlflächen auf rund 35% der gesamten Bürofläche reduziert werden können bzw. bei Ausnutzung der gesamten möglichen Kühlfläche (75% der Bürofläche) die Vorlauftemperatur rund 21 - 22°C (je nach Betriebszeiten) betragen kann.

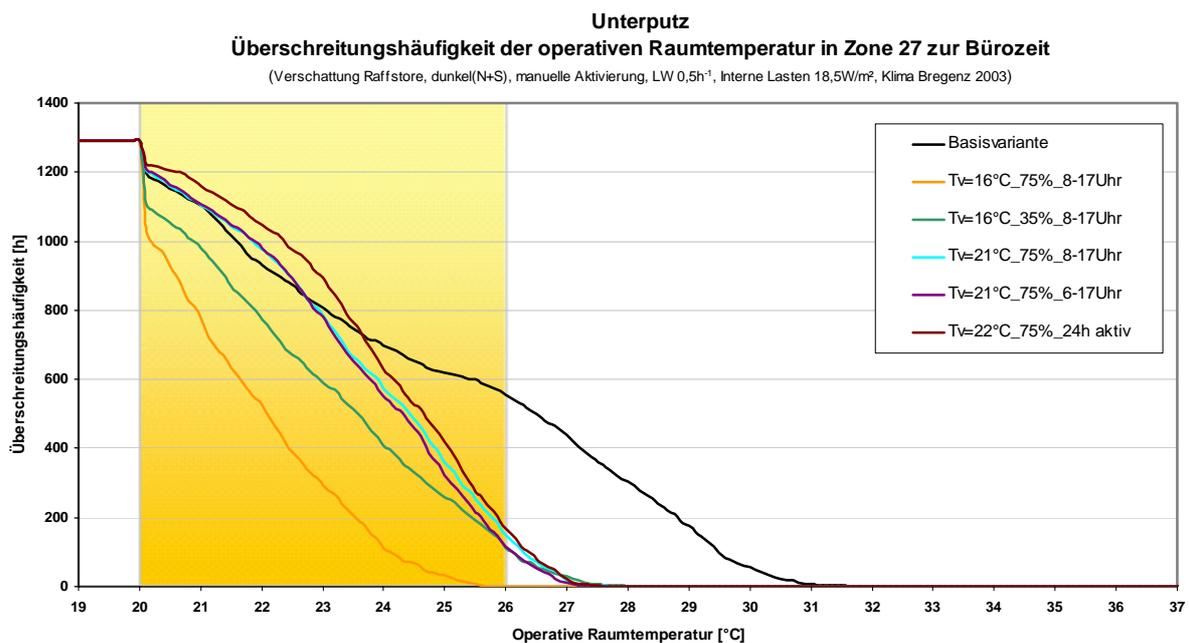


Abbildung 147: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumlufttemperatur in Zone 27 zur Bürozeit bei Einsatz einer Unterputzkühldecke

## 9.6 Nachhaltige Kältequellen (Wärmesenken)

Der vorangegangene Abschnitt (Kapitel 9.5) hat gezeigt, dass je nach Ausführung des Kälteabgabesystems mit einer Vorlauftemperatur von rund 21°C – 22°C ein behagliches Raumtemperaturniveau zwischen 22°C – 26°C erreicht werden kann. Im nächsten Schritt gilt es nun geeignete nachhaltige Kältequellen zu untersuchen. Innerhalb dieses Projektes wird dazu die Einbindung folgender Technologien untersucht:

- Erdsonden
- Kühltürme (offen und geschlossen)
- Grundwassernutzung
- Spitzenlastabdeckung durch die bestehende Kälteanlage (derzeit: Klimatisierung der Veranstaltungs- und Seminarräumlichkeiten)

Als Basis für die Dimensionierung der Kältequellen wurde von einer Kühlung der beiden obersten Geschosse (6. und 7.OG) ausgegangen. Nach Berücksichtigung der Kühllastreduktionsmaßnahmen (Kapitel 9.1 bis 9.3) beträgt die Kühllast für diesen Bereich 32 kW.

### 9.6.1 Erdsonden (EWS)

Das Prinzip, auf welchem der Einsatz von Erdwärmesonden basiert, ist grundsätzlich ein sehr einfaches. Im allgemeinen nutzen sie das gleichmäßige Temperaturniveau in größeren Erdreichtiefen (die mittlere Jahrestemperatur in 100 m Tiefe beträgt rund 12 – 13°C). Durch die jahreszeitlichen Temperaturdifferenzen zwischen Außen- und Erdreichtemperatur, kann so das vorhandene Leistungspotenzial im Sommer zu Kühlzwecken (direkt oder als Wärmesenke für Kältemaschinen) und im Winter zu Heizzwecken (primär in Kombination mit Wärmepumpen) genutzt werden.

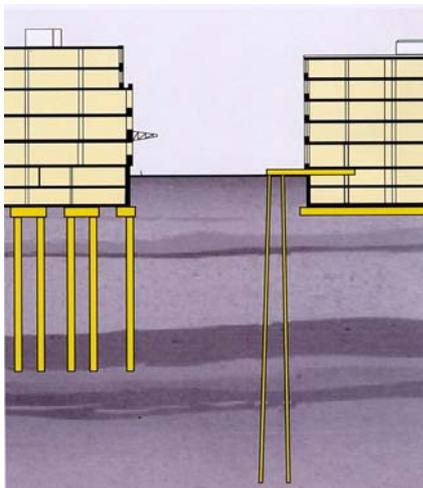


Abbildung 148: Energiepfähle und Tiefensonden (Bildquelle: EMPA, Dübendorf, Schweiz)

Um nun für den vorliegenden Fall eine korrekte Auslegung der Erdsonde zu erreichen, wurde auf ein einfaches Programm (EED [Quelle: <http://www.buildingphysics.com/earth1.htm>])

zurückgegriffen. In diesem Programm ist es möglich eine „Base Load“ und einen „Peak Load“ sowohl für Kühlen als auch Heizen vorzugeben.

Im Fall der beiden obersten Geschosse des Landhaus Bregenz wurde die notwendige Kühlenergie als „Base Load“ und für den „Peak Load“ die maximal auftretenden Leistungen je Monat vorgegeben. Bei der Wahl des Erdreiches wurde von feuchter Erde ( $\lambda = 2,2 \text{ W/mK}$  und  $c_p = 2400 \text{ kJ/m}^3\text{K}$ ) ausgegangen. Das Rohr besteht aus PE und als Hinterfüllmaterial wurde das dauerelastische Bentonit gewählt. Bei der Definition der Bohrlochgeometrie wird auf die Datenbank des Programms EED zurückgegriffen. Es wird ein Doppel-U-Rohr verwendet, das die in der Abbildung 149 angeführten Geometrien besitzt. Als Randbedingung für den Erdsondenbetrieb wurde festgelegt, dass die Vorlauftemperatur (EWS – Austritt)  $19^\circ\text{C}$ , der Massenstrom  $0,52 \text{ kg/s}$  je Bohrloch betragen soll und die Erdsonde zunächst für den reinen Sommerbetrieb bestimmt ist. Der Sondenabstand soll  $6 \text{ m}$  betragen.

BOREHOLE	
Configuration:	5 : 1 x 8, rectangle
- g-function No.	107
Borehole depth	99.00 m
Borehole spacing	6.00 m
Borehole installation	DOUBLE-U
Borehole diameter	0.130 m
U-pipe diameter	0.032 m
U-pipe thickness	0.0030 m
U-pipe thermal conductivity	0.420 W/m,K
U-pipe shank spacing	0.0950 m
Filling thermal conductivity	1.500 W/m,K
Contact resistance pipe/filling	0.0000 K/(W/m)
THERMAL RESISTANCES	
Borehole thermal resistances are calculated.	
Number of multipoles	1
Internal heat transfer between upward and downward channel(s) is considered.	
HEAT CARRIER FLUID	
Thermal conductivity	0.480 W/m,K
Specific heat capacity	3795 J/kg,K
Density	1052 kg/m <sup>3</sup>
Viscosity	0.005200 kg/m,s
Freezing point	-14.0 °C
Flow rate per borehole	0.000650 m <sup>3</sup> /s

Abbildung 149: Output-file aus dem Programm EED mit Geometrie und Stoffwerte für die Dimensionierung des EWS – 32 kW

Wie in Abbildung 149 (Berechnungsergebnis des Programms EED) herauszulesen ist, ergeben sich aus den gegebenen Randbedingungen die notwendigen Sondenlängen von  $99 \text{ m}$  in einem Abstand von  $6 \text{ m}$ . Zurückgerechnet entspricht das einer spezifischen maximalen Sondenleistung von rund  $40 \text{ W/m}$  Sonde, was etwas über den üblichen Planungsrichtwerten von  $25 - 35 \text{ W/m}$  Erdsonde liegt.

Dieses Erdsondenfeld ( $8 \times 99 \text{ m}$ ) wurde als ein Gesamtsystem mit einer Unterputzkühldecke (Kapitel 9.5.3.2.3) simuliert, um die Leistungsfähigkeit des Erdsondenfeldes bei längeren Betriebszeiten (mehrere Jahre) zu analysieren.

Abbildung 150 und Abbildung 151 zeigen dazu die Temperaturverläufe für das Erdsondensystem (bestehend aus „Erdsonde – EWS“ und dem „Wärmeübertrager – WT“, der den Glykol- und Wasserkreislauf trennt) für den gesamten Sommer 2003 bzw. detaillierter für den September 2003. Die Eintrittstemperatur in die Erdsonde schwankt zwischen 19,5°C und 21,5°C, die Austrittstemperatur zwischen 17,5°C und 19,5°C. Das verfügbare Temperaturniveau aus dem Wärmeübertrager erreicht maximal 20,5°C. D.h. nachdem für eine Kühlung mit Unterputzdecke eine Vorlauftemperatur von etwa 21°C erforderlich ist, kann durch dieses Erdsondensystem zumindest für das erste Betriebsjahr ein behagliches Raumklima garantiert werden. Die durchschnittlich gelieferte Leistung liegt bei rund 31 W/m Erdsonde.

Wird dieses System jedoch nur im Sommer für Kühlzwecke eingesetzt, so kommt es zu einer kontinuierlichen Verminderung der Leistungsfähigkeit der Erdsonden und pendelt sich nach regelmäßigem, langjährigem Betrieb bei fast 50% der Startleistung ein.

Diesem Umstand kann durch zusätzliche Nutzung der Erdsonde als Wärmequelle für beispielsweise einen Wärmepumpenbetrieb im Winter begegnet werden. Durch den Ganzjahresbetrieb kann, nachdem sich das System innerhalb der ersten 2 –3 Jahre einpendelt, eine Erdreichermüdung gänzlich vermieden werden.

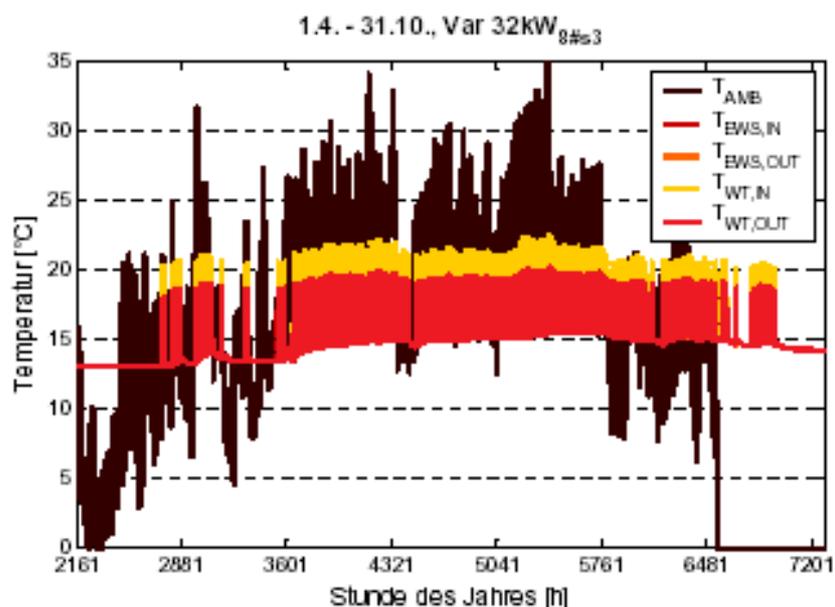


Abbildung 150: Temperaturverlauf der Erdsonde, des Wärmeübertragers (Trennung zwischen Erdsonde und Kühlkreislauf) und der Außentemperatur für den Sommer 2003

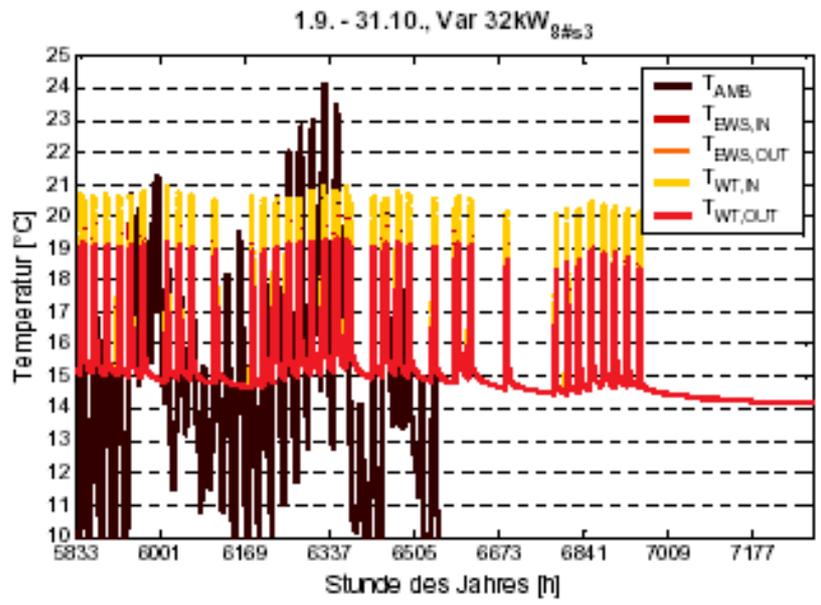


Abbildung 151: Temperaturverlauf der Erdsonde, des Wärmeübertragers (Trennung zwischen Erdsonde und Kühlkreislauf) und der Außentemperatur für den September 2003

### 9.6.2 Kühltürme

Bei der Einbindung von Kühltürmen in das Kühlsystem wurde zwischen offenem und geschlossenem Kreislauf unterschieden. Nachfolgend eine Kurzbeschreibung der beiden Systeme.

#### Nasskühlturm mit offenem Kreislauf

Bei diesem Typ wird der Wärmetauscher auf der Luftseite durch einen sekundären Wasserkreislauf besprüht. Durch die Verdunstung des Wassers kann einerseits die Wärmetauscherfläche reduziert werden, und andererseits kann anstelle der Außenluft- die Feuchtkugeltemperatur ausgenutzt werden. Der Nasskühlturm mit offenem Kreislauf kühlt das Medium (Wasser) direkt ohne zwischengeschalteter Wärmetauscherflächen. Dadurch ergibt

sich der Vorteil eines wesentlich kompakteren Gerätes. Nachteil dabei ist die Verschmutzung des Wassers und die Sauerstoffanreicherung des Wassers, was wiederum zur Verschlamung oder auch zu korrosiven Prozessen innerhalb der Verteilungen der Deckenkühlung führen kann.

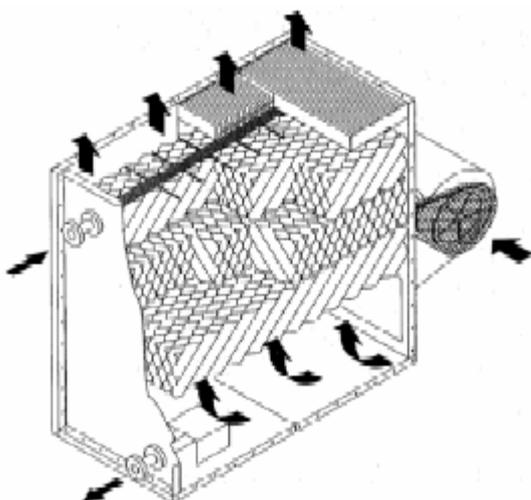


Abbildung 152: Offener Nasskühlturm mit Kunststoffeinsätzen mit Sprüheinrichtung (Quelle Fa. Gohl)

Tabelle 44: Eckdaten des Verdunstungskühlers für den offenen Kreislauf, der in der Simulation berücksichtigt wurde

VERDUNSTUNGSKÜHLER	
FÜR OFFENEN KREISLAUF	
TECHNISCHE DATEN	
Verdunstungskühler für offenen Kreislauf mit Axialventilatoren	
Type	DT-AT520
Kühlleistung	520 kW
Wassereintrittstemperatur	24 Gr.C
Wasseraustrittstemperatur	21 Gr.C
Feuchtkugeltemperatur	16 Gr.C
Wasserumlaufmenge	41,47 l/s
Frishwasserverbrauch durch Verdunstung	10,6 l/min
Anzahl der Axial-Lüfter	1 Stück
Luftmenge	22,5 m <sup>3</sup> /s
Leistungsaufnahme des Lüfters	11/2,8 kW
Versandgewicht der Lieferung	1700 kg
Betriebsgewicht bei einem Wasserstand bis zum Überlauf, max.	2900 kg
Abmessungen l/b/h	ca. 2800/2400/3300 mm

Nasskühlturm mit geschlossenem Kreislauf

Auch bei diesem Typ wird der Wärmetauscher auf der Luftseite durch einen sekundären Wasserkreislauf besprüht. Durch die Verdunstung des Wassers kann einerseits die Wärmetauscherfläche reduziert werden, und andererseits kann anstelle der Außenluft- die Feuchtkugeltemperatur ausgenutzt werden. Der Nasskühlturm mit geschlossenem Kreislauf kühlt durch die Sprüheinrichtung die berippten beziehungsweise die unberippten

Wärmetauscherflächen. Dadurch ergibt sich gegenüber dem offenen Kreislauf ein größer dimensioniertes Gerät. Die Berippung des Wärmetauschers lässt eine längere Betriebszeit im Trocken zu, was sich positiv auf den Sprühwasserverbrauch auswirkt.

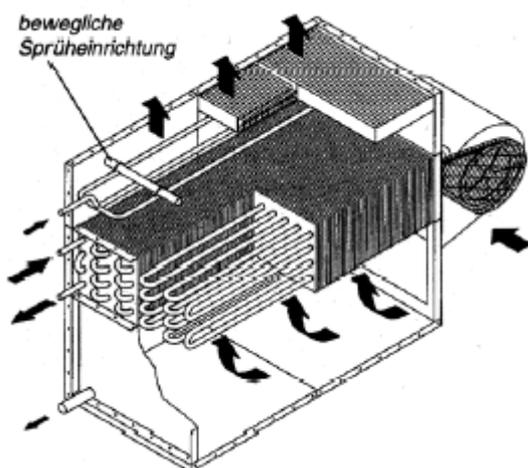


Abbildung 153: Berippter Rohrbündelwärmetauscher mit beweglicher Sprüheinrichtung (Quelle Fa. Gohl)

Tabelle 45: Eckdaten des Verdunstungskühlers für den geschlossenen Kreislauf, der in der Simulation berücksichtigt wurde

Verdunstungskühler			
FÜR GESCHLOSSENEN KREISLAUF			
TECHNISCHE DATEN			
Verdunstungskühler für geschlossenen Kreislauf DT-G 520			
Kühlleistung		520	kW
Wassereintrittstemperatur		24	Gr.C
Wasseraustrittstemperatur		21	Gr.C
Feuchtkugeltemperatur		16	Gr.C
Wasserumlaufmenge mit 0 Gew. % Ethylenglykol		41,47	l/s
Wasserseitiger Druckverlust im Rohrbündel (primär)		31	Pa
Frischwasserverbrauch durch Verdunstung		10,6	l/min
Anzahl der Radial-Lüfter		1	Stück
Luftmenge		38,8	m <sup>3</sup> /s
Leistungsaufnahme des Lüfters		30/7	kW
Versandgewicht der Lieferung		7100	kg
Betriebsgewicht bei einem Wasserstand bis zum Überlauf, max.		11000	kg
Abmessungen l/b/h	ca.	5500/2400/3400	mm

Ausgehend von diesen Eckdaten wurde für die Simulation die Variante „Unterputzkühldecke“ mit den beiden Kühlturmtypen kombiniert. Die Ergebnisse, wie sich die beiden Gesamtsysteme bei unterschiedlichen sekundären Luftvolumenströmen (Luftmenge am Kühlturm, m<sup>3</sup>/h Luft pro m<sup>2</sup> Bürofläche) verhalten sind in Abbildung 154 und Abbildung 155 abgebildet. Als Regelkriterium liegt den Ergebnissen zugrunde, dass der Kühlkreislauf erst dann betrieben wird, wenn die Raumtemperatur größer als 23°C und die Feuchtkugeltemperatur kleiner als die Rücklauftemperatur aus der Kühldecke ist. Alle Varianten, bei denen ein Kühlturm (offen oder geschlossen) als Kältequelle zum Einsatz kam, sind in Tabelle 47 beschrieben. Nachdem zur besseren Vergleichbarkeit für die beiden Kühlturmtypen identische Rahmenbedingungen (Kühldeckentyp und Kühldeckenfläche, Regelkriterium, Sekundärvolumenstrom) angesetzt wurden, gelten die Varianten-Beschreibungen in Tabelle 47 sowohl für den offenen als auch geschlossenen Kühlturm.

Tabelle 46: Kühlturm-Varianten (offen und geschlossen) und deren Änderungen zur Basisvariante

Simulationsvariante	Änderung zur IST - Situation
Basisvariante Kühlturm	Dunkle Raffstores (nord- und südseitig) Verschattungsregelung: „optimiertes Nutzerverhalten“ 0,5 - facher Luftwechsel über 24 Stunden Fliesen + hinterlüften der abgehängten Decke Energieeffiziente Beleuchtung und Geräte Unterputzkühldecke: Vorlauftemperatur 21°C, Kühlfläche = 75% der Bürofläche, Betriebszeit: 8 – 17 Uhr
Offen / Geschlossen 2 m³/h/m²	Offener Kühlturm mit einem Sekundärvolumenstrom von 2 m³/h und m² Bürofläche Unterputzkühldecke: Kühlfläche = 75% der Bürofläche Regelkriterium: Betrieb zu den Bürozeiten, wenn $T_{\text{Raum}} > 23^{\circ}\text{C}$ und $T_{\text{Feuchtkugel}} < T_{\text{Rücklauf}}$
Offen / Geschlossen 5 m³/h/m²	Offener Kühlturm mit einem Sekundärvolumenstrom von 5 m³/h und m² Bürofläche Unterputzkühldecke: Kühlfläche = 75% der Bürofläche Regelkriterium: Betrieb zu den Bürozeiten, wenn $T_{\text{Raum}} > 23^{\circ}\text{C}$ und $T_{\text{Feuchtkugel}} < T_{\text{Rücklauf}}$
Offen / Geschlossen 10 m³/h/m²	Offener Kühlturm mit einem Sekundärvolumenstrom von 10 m³/h und m² Bürofläche Unterputzkühldecke: Kühlfläche = 75% der Bürofläche Regelkriterium: Betrieb zu den Bürozeiten, wenn $T_{\text{Raum}} > 23^{\circ}\text{C}$ und $T_{\text{Feuchtkugel}} < T_{\text{Rücklauf}}$
Offen / Geschlossen 17 m³/h/m²	Offener Kühlturm mit einem Sekundärvolumenstrom von 17 m³/h und m² Bürofläche Unterputzkühldecke: Kühlfläche = 75% der Bürofläche Regelkriterium: Betrieb zu den Bürozeiten, wenn $T_{\text{Raum}} > 23^{\circ}\text{C}$ und $T_{\text{Feuchtkugel}} < T_{\text{Rücklauf}}$

Die Ergebnisse für die beiden Kühlturmtypen (Abbildung 154 und Abbildung 155) weisen sehr ähnliche Verläufe auf und zeigen, dass ab rund 10 m³/h und m² Bürofläche (entspricht beispielsweise einem sekundären Luftvolumenstrom von 200 m³/h bei einem 20 m² großen Büroraum) eine Raumtemperatur von 27°C nur mehr sehr reduziert auftritt. Die Überschreitungshäufigkeit der 26°C Grenze bewegt sich in einem Bereich von 100 bis 130 Stunden.

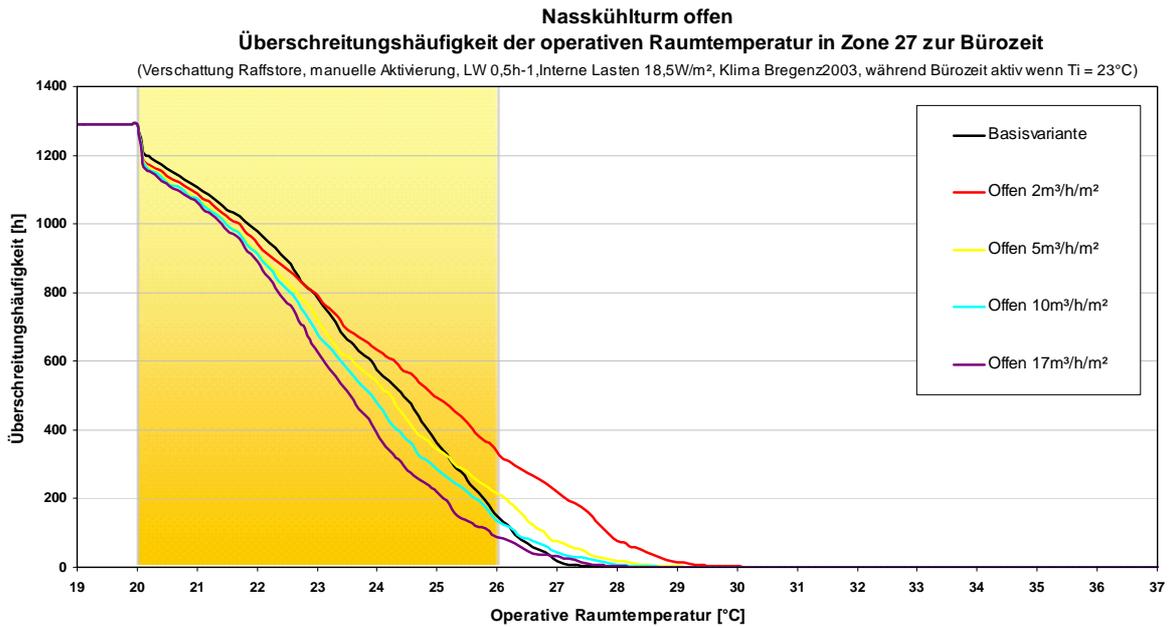


Abbildung 154: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumlufttemperatur in Zone 27 zur Bürozeit bei unterschiedlichen Sekundärluftmengen am offenen Nasskühlturm

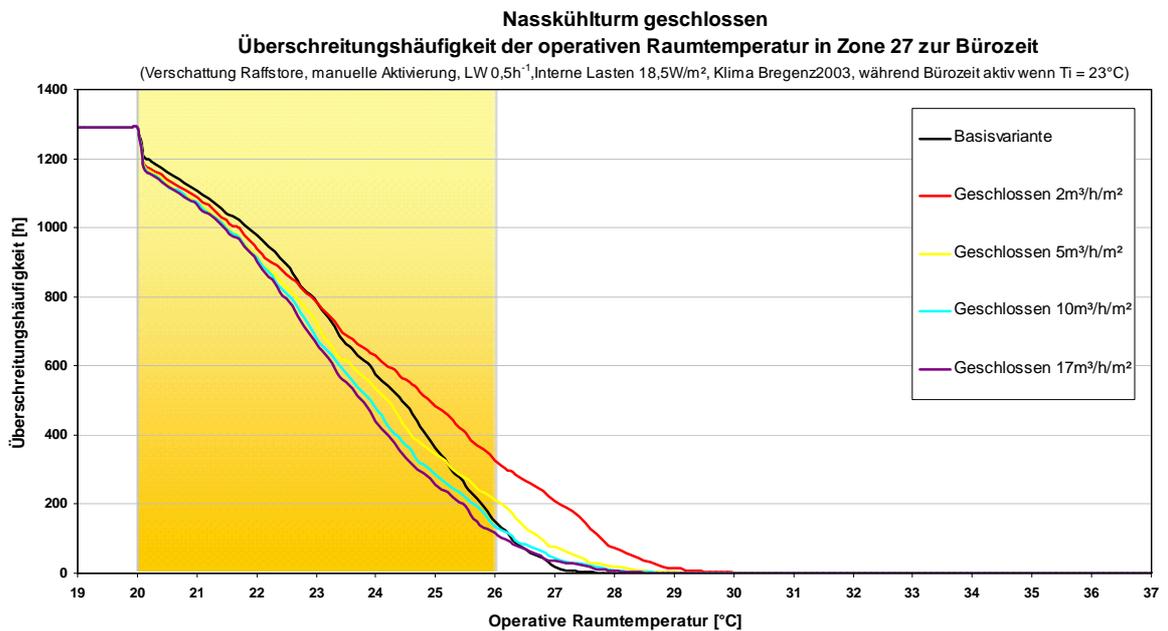


Abbildung 155: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumlufttemperatur in Zone 27 zur Bürozeit bei unterschiedlichen Sekundärluftmengen am geschlossenen Nasskühlturm

### 9.6.3 Grundwasser

Die Verwendung von Grundwasser für Kühlzwecke ist aufgrund seines nutzbaren Temperaturniveaus eines der wirkungsvollsten Kältequellen. So kann man beispielsweise für

den Bregenzer Raum mit einem mittleren Grundwasser-Jahrestemperaturniveau von 11°C rechnen. Die jahreszeitliche Schwankungsbreite beträgt rund 4 K und die Phasenverschiebung gegenüber den 1. Jänner rund 80 Tage. Abbildung 156 zeigt dazu einen beispielhaften Jahrgang des Grundwassers für ein mittleres Jahrestemperaturniveau von 12°C.

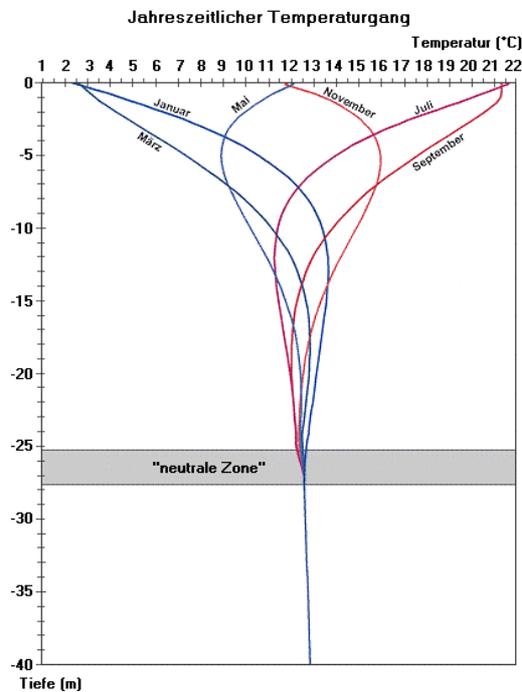


Abbildung 156 Jahreszeitlicher Temperaturgang des Grundwassers (Quelle: [http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/d214\\_02.htm](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/d214_02.htm))

Wie Abbildung 157 zeigt, ist aufgrund des sehr tiefen nutzbaren Temperaturniveaus des Grundwassers (mittlere Vorlauftemp. = 12°C, Rücklauftemp. stellt sich je nach abzuführender Kühllast ein) eine wesentliche Reduktion der Kühldeckenfläche möglich. Auch bei einer Reduktion der Kühlfläche auf 35% der Bürofläche (Variante „35%“) kann zu fast allen Bürostunden ein Raumtemperaturniveau unter 26°C erreicht werden.

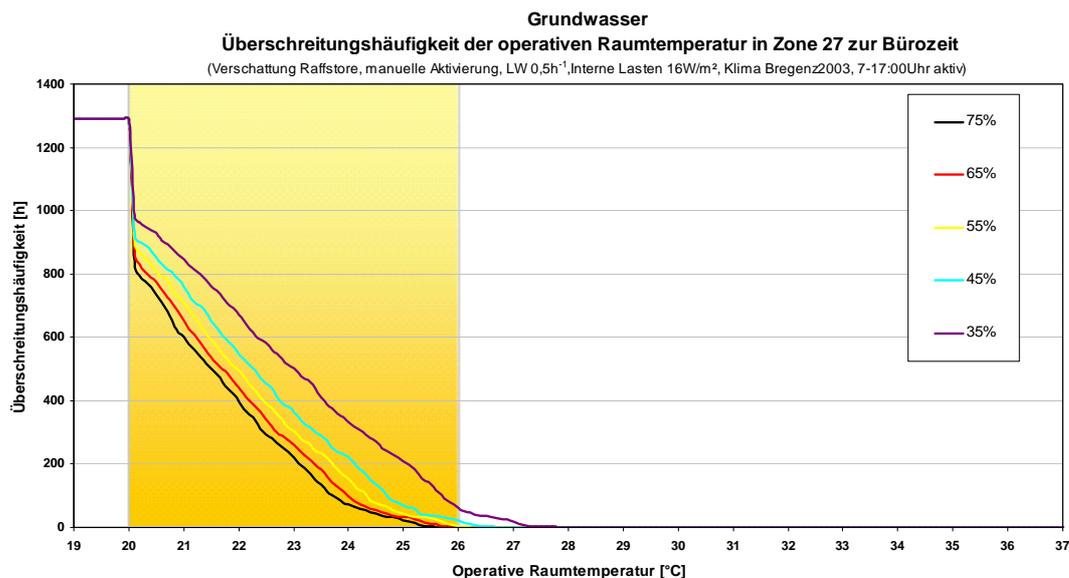


Abbildung 157: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumlufttemperatur in Zone 27 zur Bürozeit bei Nutzung des Grundwassers und Variation der Kühldeckenfläche

Damit dieses System jedoch in der dargestellten Weise funktionieren kann, müssen folgende drei Rahmenbedingungen erfüllt bzw. nachgewiesen sein:

- Grundwasserrechtliche Genehmigung muss vorhanden sein
- Eine ausreichende Menge an Grundwasser muss vorhanden sein
- Es darf zu keiner Durchmischung von angesaugtem und rückgeführten Grundwasserkommen

#### **9.6.4 Nutzung einer bestehenden Kühlanlage zur Nachtauskühlung**

Sehr große Büro- und Verwaltungsgebäude beinhalten häufig Bereiche mit unterschiedlichster Nutzung bzw. Anforderung (Büro-, Seminar-, Veranstaltungs-, Serverräume, Küchen, Kantinen, Cafeterias, etc.), in denen auch unterschiedliche Kühllasten anfallen (Küche vs. Verkehrsfläche) bzw. definierte Raumtemperaturen gefordert (z.B. Serverräume) sind. Da in Bereichen, wie beispielsweise der Küche bzw. Veranstaltungssälen eine Kühlung notwendig bzw. gefordert ist, kann es sein, dass in einem Gebäude eine Kälteanlage bereits vorhanden ist, diese aber nur für bestimmte Bereiche des Gebäudes in der Planungsphase vorgesehen war. Häufig sind diese Anlagen so konzipiert, dass sie in den Tagstunden, wenn eine Kühlanforderung besteht betrieben werden und in den Nachtstunden nicht laufen. Diese Zeit könnte nun genutzt werden, um vor allem Bürobereiche, für die diese Kühlanlage grundsätzlich nicht vorgesehen war, zu kühlen bzw. deren Speichermassen zu entladen. Es entfällt somit die Installation einer gesamten Kälteanlage und es müsste nur ein Abgabesystem nachgerüstet bzw. eventuell erweitert werden.

Inwieweit dieser Ansatz ein behagliches Raumklima schafft, soll an Hand des Landhaus Bregenz analysiert werden. Das Landhaus Bregenz verfügt über eine Kältemaschine (750 kW), die im wesentlichen zur Klimatisierung des Landtagsaals bzw. der Veranstaltungssäle, der Küche und der Seminarräume genutzt wird.

Abbildung 158 zeigt die Ergebnisse, wie der Betrieb der Kälteanlage zu den Nachtstunden (von 20 – 6 Uhr, solange die Raumtemperatur über 20°C liegt und keine Kondensation an der Wandoberfläche eintritt = Taupunktüberwachung) die Behaglichkeitssituation in den Büroräumen zu den Anwesenheitszeiten verbessern kann. Bereits mit Vorlauftemperaturen von 20°C kann durch die Entladung der vorhandenen Speichermassen die Behaglichkeitssituation so verbessert werden, dass die Spitzentagestemperaturen nur mehr in einem Bereich von 27°C liegen. Senkt man die Vorlauftemperatur noch um 1 bis 2 K ab, wird der Behaglichkeitsbereich nach DIN 1946 nie mehr überschritten.

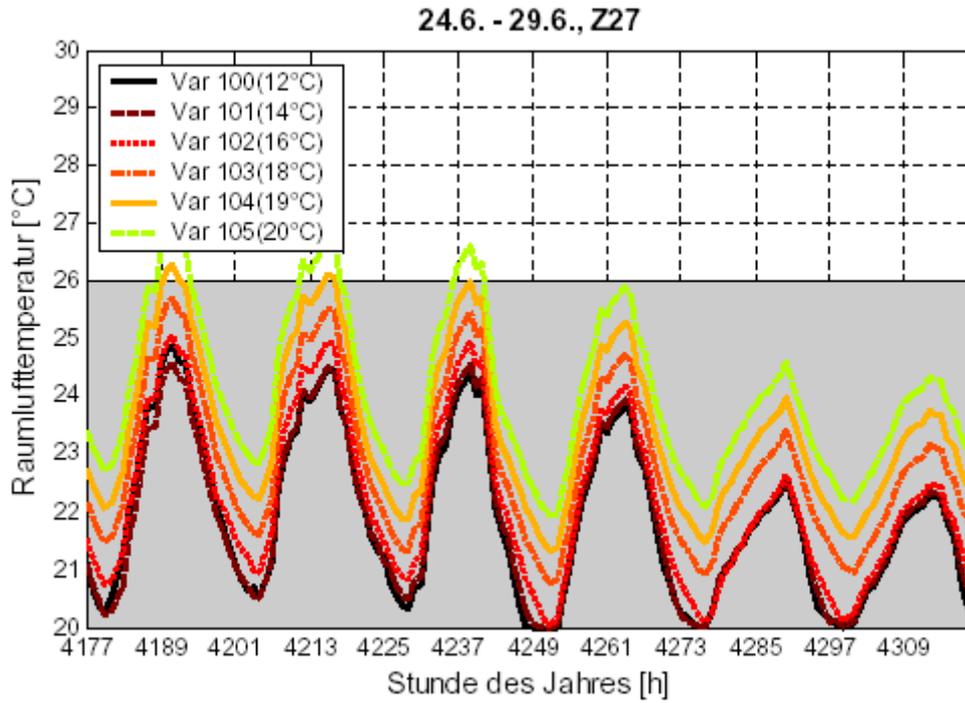


Abbildung 158: Temperaturverlauf der Raumlufttemperatur der Zone 27 bei Beaufschlagung der Aufputzkühldecke (75% der Bürofläche) mit unterschiedlichen Kühlwassertemperaturen

## 10 Objekt 2 – Oberlandesgericht Linz

Das zweite im Detail untersuchte Objekt ist das Oberlandesgericht in Linz (OLG Linz). Abbildung 160 zeigt dazu die südwestseitige Ansicht. Behaglichkeitsprobleme treten in diesem



Objekt (siehe auch Kapitel 4.2) treten überwiegend in den beiden obersten Geschossen (5. und 6. OG) mit einer Nutzfläche von rund 950 m<sup>2</sup> auf. Diese 1998 durchgeführte Aufstockung des Gebäudes bildet gleichzeitig auch den Schwerpunkt der nachfolgenden Untersuchungen.

Abbildung 159: Ost-Ansicht des Oberlandesgerichts in Linz

Im Oberlandesgericht treten in den Sommermonaten trotz einer zur Nachtauskühlung installierten Zuluftanlage, häufig Überhitzungssituationen auf. Kurzzeitmessungen im August 2003 in einem Nordost-Büro bestätigen die durch die Nutzer beschriebene Behaglichkeitssituation. Der in Abbildung 161 dargestellte Temperaturverlauf dieser Messung zeigt, dass das Behaglichkeitsfeld zwischen 22 und 26°C (DIN 1946 Teil 2, 1994) beinahe über die gesamten zwei dargestellten Wochen überschritten wird.



Abbildung 160: Südwest-Ansicht des Oberlandesgerichts Linz. In den obersten zwei Geschossen treten in den Sommermonaten Raumtemperaturen über 26°C auf

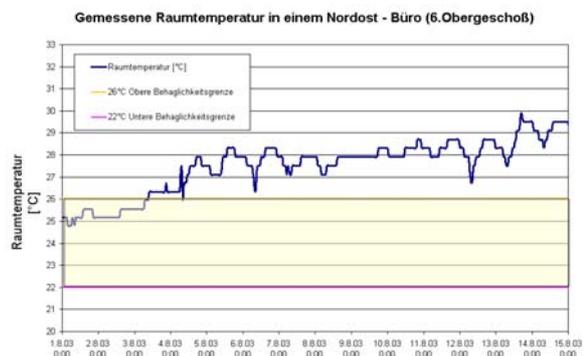


Abbildung 161: Gemessene Raumtemperatur in einem Nordostbüro des Oberlandesgericht Linz (6. Obergeschoß) für den Zeitraum vom 1. bis 15. August 2003

Aus diesem Grund besteht auch bei diesem Objekt (gleich wie im Landhaus Bregenz) Handlungsbedarf, um die auftretenden Raumübertemperaturen minimieren zu können. Die untersuchten Maßnahmen sollen in den nächsten Kapiteln beschrieben werden. Es wird auch hier wieder auf die dynamische Simulationsumgebung TRNSYS zurückgegriffen um die Wechselwirkungen der auftretenden Lasten (innere, äußere, Beleuchtung, Geräte etc.)

darzustellen. Die IST- Situation wurde genau erfasst und in ein Simulationsmodell eingearbeitet. In weiterer Folge wurden die definierten Sanierungsmaßnahmen modelliert und einer Sensitivitätsanalyse unterzogen.

Dabei werden, nachdem die Vorgehensweise bei der Analyse von nachhaltigen Sanierungsmaßnahmen für das OLG Linz analog zu jener beim Landhaus Bregenz ist, die bereits gewonnenen Erkenntnisse beim Vorarlberger Landhaus berücksichtigt und folgende Vereinfachungen bei der Darstellung der Ergebnisse vorgenommen:

- Die berücksichtigten Sanierungsvarianten werden auf jene reduziert, die konkrete Behaglichkeitsverbesserungen bzw. Kühllastreduktionen zur Folge haben. Allgemeine Sensitivitätsanalysen von Maßnahmen, die im konkreten Fall kein Umsetzungspotenzial haben werden nicht mehr analysiert.
- Allgemeine Grundlagen bzw. Erläuterungen zu den jeweiligen Sanierungsmaßnahmen wurden bereits beim Landhaus Bregenz angeführt. Beim OLG Linz werden daher nur mehr die betrachteten Sanierungsmaßnahmen beschrieben und bewertet.

## 10.1 Erstellung des Gebäudemodells

Um eine möglichst der Realität entsprechende Abbildung der IST- Situation in der Simulation zu erreichen, war es auch beim Oberlandesgericht Linz nötig, die vorherrschenden Rahmenbedingungen detailliert zur Verfügung zu haben.

Wesentliche Eckdaten für eine realitätsgetreue Abbildung des Gebäudeverhaltens sind dabei:

- Klimatische Bedingungen am Standort des Gebäudes:  
Die wichtigsten Parameter sind dabei Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit sowie die Strahlungsdaten (Global- und Diffusstrahlung).
- Geometrien des Gebäudes:  
Genau Planunterlagen, die der tatsächlichen Ausführung des Objektes entsprechen, sind für eine exakte Berechnung ein wichtiger Faktor. Vor allem dann, wenn Überstände, Fassadenvorsprünge, etc. zu gebäudeeigenen Verschattungssituationen führen und die Kühllast (positiv) beeinflussen.
- Zusammenfassung der thermisch bzw. nutzungsspezifisch ähnlichen Bereiche zu Zonen.
- Konstruktionsaufbauten des Gebäudes:  
Um das thermische Verhalten der Konstruktionsaufbauten entsprechend berücksichtigen zu können, ist es notwendig, alle Wandaufbauten genau zu kennen. Neben der Ermittlung des U-Wertes spielen bei der Betrachtung des sommerlichen Betriebs vor allem mögliche ansprechbare Speichermassen eine wichtige Rolle.
- Externe Lasten:  
Den größten Anteil der externen Lasten machen grundsätzlich die solaren Lasten aus. D.h. für eine exakte Abbildung sind Art und Nutzung des Verschattungssystems wichtige

Parameter. Weitere Einflussgrößen sind Art und Betrieb der Lüftung (natürlich, mechanisch) und der Wärmedurchgang durch die Außenhülle.

- Interne Lasten:

Die Wärmelasten durch Personen, Bürogeräte und Beleuchtungssysteme können im wesentlichen durch Belegungs- bzw. Ausstattungspläne und den zugehörigen Anwesenheits- bzw. Nutzungszeiten berücksichtigt werden.

All diese Parameter wurden im Zuge der detaillierten Gebäudedokumentation aufgenommen bzw. vom Gebäudebetreiber /-besitzer zur Verfügung gestellt. In den nachfolgenden Kapiteln wird auf die konkreten Rahmenbedingungen genauer eingegangen.

### **10.1.1 Klimatische Bedingungen am Standort des Gebäudes**

Um den Einfluss geänderter klimatischer Bedingungen auf die Kühllast des Gebäudes bzw. auf die Raumtemperatur betrachten und analysieren zu können, werden zwei Klimadatensätze herangezogen. Ein heißer Sommer mit längeren, intensiven Schönwetterperioden wird durch den basierend auf den gemessenen Monatsmittelwerten der letzten 10 Jahre und mittels Meteonorm 5.0 (Meteotest AG, 2003) generierten Klimadatensatz „10-Jahres-Extremwerte“ dargestellt. In Tabelle 48 sind dazu alle wesentlichen Klimadaten zusammengefasst. Die Daten des gemittelten Klimadatensatzes für den Standort Linz (10-Jahres-Mittelwerte) sind in Tabelle 47 aufgelistet.

Die Gebäudekühllast bzw. die Raumtemperatur im OLG Linz wird unter Verwendung dieser beiden Klimadatensätze sowie nach der Beschreibung aller übrigen Randbedingungen (Zonierungen, Konstruktionsaufbauten, externe und interne Lasten, etc.) in Kapitel 10.2.1 dargestellt.

Tabelle 47: Monats- und Jahresauswertung der Meteonorm 5.0 Klimadaten basierend auf 10-Jahresextremwerten für den Standort Linz im Bezug auf Globalstrahlung, Diffusstrahlung, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit.

Linz													
	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	Jahr
<b>GLOBALSTRAHLUNG</b>													
Maxima, [W/m²]	356	528	715	836	929	951	933	832	723	615	417	293	<b>951</b>
Mittelwert, [W/m²]	47	83	129	190	236	234	255	209	151	102	51	36	<b>144</b>
Energie, [kWh/m²]	35	56	96	137	175	169	190	155	108	76	37	27	<b>1261</b>
<b>DIFFUSSTRAHLUNG</b>													
Maxima, [W/m²]	175	251	328	391	428	431	435	409	362	296	199	151	<b>435</b>
Mittelwert, [W/m²]	27	43	67	96	110	108	122	98	78	54	32	22	<b>72</b>
Energie, [kWh/m²]	20	29	50	69	82	78	91	73	56	40	23	17	<b>627</b>
<b>LUFTTEMPERATUR</b>													
Minima, [°C]	-10.5	-8.9	-3.2	-0.6	4.9	7.5	10.3	8.7	8.0	1.3	-3.4	-9.0	<b>-10.5</b>
Maxima, [°C]	10.0	12.6	17.5	24.7	29.1	32.2	34.0	30.2	26.8	22.5	16.7	12.2	<b>34.0</b>
Mittelwert, [°C]	1.5	3.9	7.4	11.6	16.7	18.7	21.4	20.4	17.2	12.3	7.0	3.3	<b>11.8</b>
<b>LUFTFEUCHTIGKEIT</b>													
Minima, [%]	41.0	31.0	33.0	32.0	32.0	34.0	36.0	37.0	40.0	38.0	37.0	38.0	<b>31.0</b>
Maxima, [%]	97.0	100.0	95.0	100.0	99.0	100.0	100.0	98.0	98.0	100.0	100.0	100.0	<b>100.0</b>
Mittelwert, [%]	67.3	64.1	64.7	67.0	61.6	67.9	65.0	69.0	69.0	69.6	76.7	71.4	<b>67.8</b>

Tabelle 48: Monats- und Jahresauswertung der Meteonorm 5.0 Klimadaten basierend auf 10-Jahres-Mittelwerten für den Standort Linz im Bezug auf Globalstrahlung, Diffusstrahlung, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit.

Linz													
	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	Jahr
<b>GLOBALSTRAHLUNG</b>													
Maxima, [W/m²]	364	531	689	822	867	910	885	898	714	607	412	299	<b>910</b>
Mittelwert, [W/m²]	39	69	110	164	202	207	225	188	132	86	42	30	<b>125</b>
Energie, [kWh/m²]	29	46	82	118	151	149	167	140	95	64	30	22	<b>1093</b>
<b>DIFFUSSTRAHLUNG</b>													
Maxima, [W/m²]	183	259	338	388	417	432	447	411	367	286	202	141	<b>447</b>
Mittelwert, [W/m²]	26	41	64	99	122	122	125	101	76	53	28	22	<b>73</b>
Energie, [kWh/m²]	19	28	48	71	90	88	93	75	55	39	20	16	<b>642</b>
<b>LUFTTEMPERATUR</b>													
Minima, [°C]	-12.0	-9.8	-4.4	-0.6	4.1	7.0	9.4	8.5	5.9	0.7	-3.6	-10.1	<b>-12.0</b>
Maxima, [°C]	8.2	11.4	16.7	25.7	26.2	31.5	32.6	29.8	25.9	20.2	14.4	12.2	<b>32.6</b>
Mittelwert, [°C]	-1.9	0.4	4.9	9.8	15.0	17.2	19.6	18.8	15.1	10.0	4.5	0.9	<b>9.6</b>
<b>LUFTFEUCHTIGKEIT</b>													
Minima, [%]	53.0	43.0	36.0	43.0	36.0	39.0	44.0	45.0	48.0	46.0	56.0	50.0	<b>36.0</b>
Maxima, [%]	100.0	100.0	97.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.0	100.0	100.0	100.0	<b>100.0</b>
Mittelwert, [%]	79.0	77.4	75.2	74.0	67.4	73.1	71.3	74.8	77.0	78.1	84.3	79.4	<b>75.9</b>

Die zahlenmäßigen Auswertungen der Klimadaten aus Tabelle 47 und Tabelle 48 sind in Abbildung 162 und Abbildung 163 in einer anschaulichen Form dargestellt. Abbildung 162 zeigt

dazu die grafische Auswertung der Außenlufttemperatur für den Standort Linz. Im Jahresmittel (rechter Balken) bzw. bei den Monatsmittelwerten war die Außenlufttemperatur beim extremen Klimadatensatz um bis zu 3 K höher als beim durchschnittlichen Klimadatensatz. Ähnliche Tendenzen zeigen sich auch bei den Auswertungen zur Globalstrahlung (Abbildung 163). Beim heißen Klimadatensatz lag die Globalstrahlung auf die Horizontale während der Sommermonate um bis zu 30 kWh/m<sup>2</sup> über dem Mittelwert. Die Gegenüberstellung der Jahressumme zeigt, dass im extrem heißen Jahr ein um rund 15% höherer Energieeintrag erfolgte.

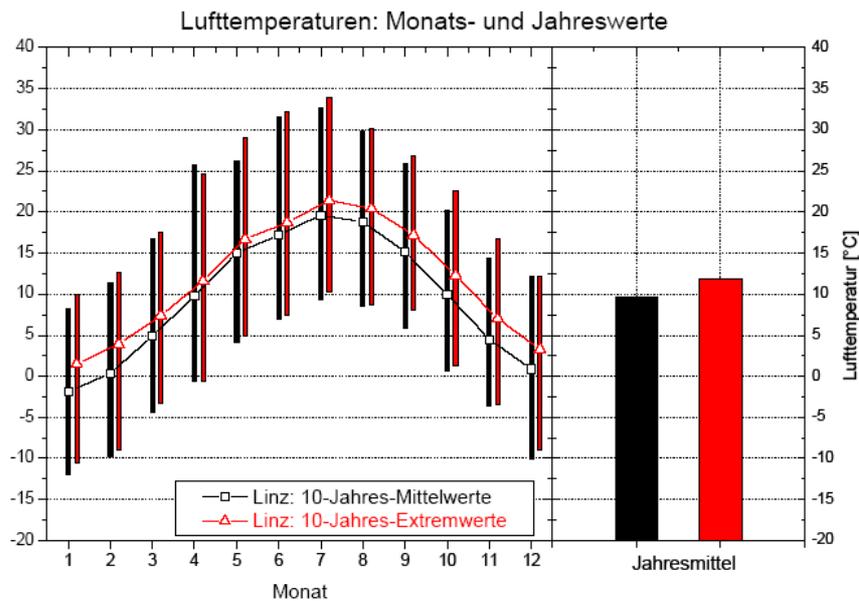


Abbildung 162: Grafische Auswertung der Außenlufttemperatur für den Standort Linz als Monatsverlauf (links) und als Jahresmittelwert (rechts). Für die Monatsmittelwerte sind sowohl Mittelwerte (Symbole) als auch die minimalen und maximalen Werte (Balken) dargestellt.

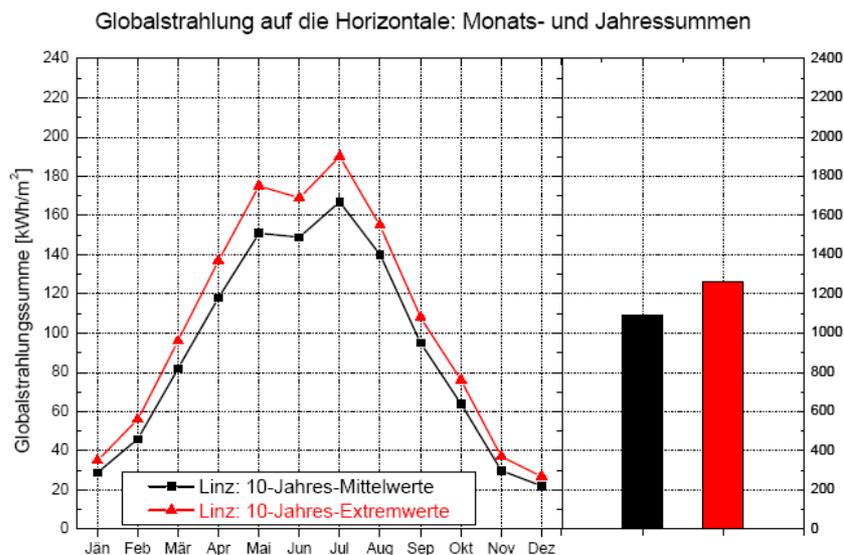


Abbildung 163: Grafische Auswertung der Globalstrahlungssummen für den Standort Linz als Monatsverlauf (links) und als Jahresmittelwerte (rechts).

### 10.1.2 Geometrien und Zonierung des Gebäudes

Analog zu den Ausführungen beim Landhaus Bregenz (Kapitel 8.1.2) wurden die beiden, etwa 950 m<sup>2</sup> umfassenden, Obergeschoße des OLG Linz in thermische Zonen ähnlicher Nutzung und ähnlicher Lastprofile unterteilt. Diese Zonierung ist in Abbildung 164 und Abbildung 165 schematisch dargestellt. Eine detaillierte Zonierung anhand der Grundrisspläne ist dem Anhang (Kapitel 16.4.1 und 16.4.2) zu entnehmen.

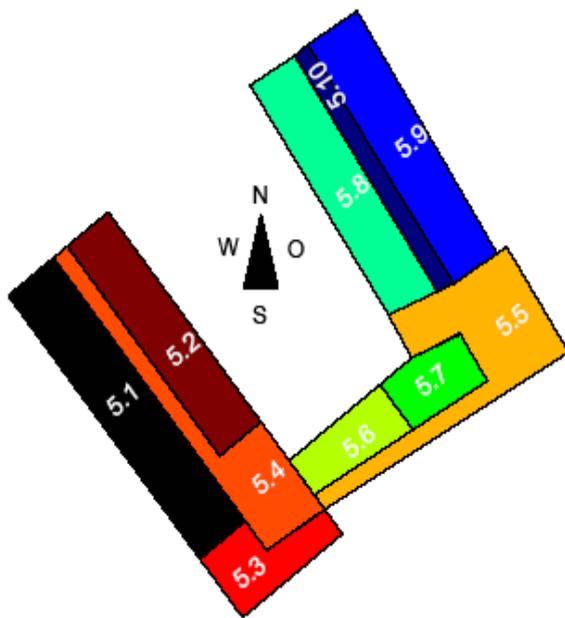


Abbildung 164: Zonierung des 5. OG in 10 thermische Zonen ähnlicher Nutzung

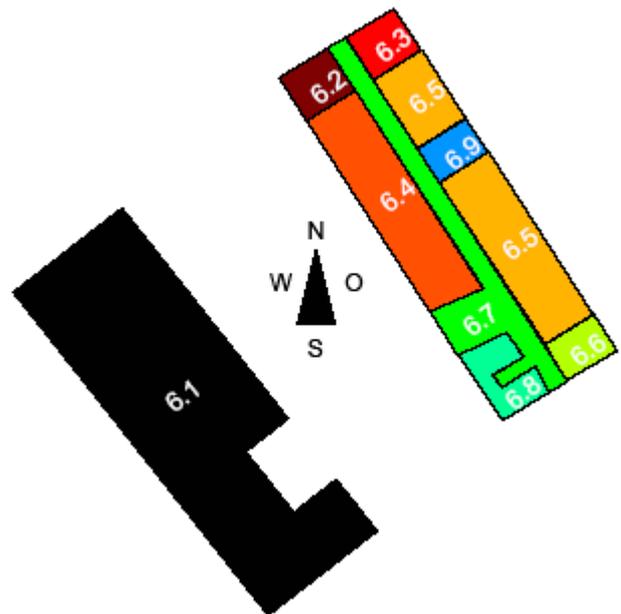


Abbildung 165: Zonierung des 6. OG in 8 thermische Zonen ähnlicher Nutzung

### 10.1.3 Konstruktionsaufbauten

Die Dokumentation der einzelnen Konstruktionsaufbauten erfolgte mittels zur Verfügung gestellter Planunterlagen bzw. nach Rücksprache mit der zuständigen Gebäudeverwaltung.

Um die Transmissionswärmegewinne bzw. die verfügbaren Speichermassen in entsprechendem Maße berücksichtigen zu können, ist es notwendig, die Wandaufbauten der Außen- und Innenbauteile im Detail zu kennen. Diese sind in Tabelle 49 und Tabelle 50 zusammengefasst.

Die jeweils zugehörigen Flächenauswertungen zu den einzelnen Wandaufbauten können dem Anhang (Kapitel 16.4.2) entnommen werden.

**Anmerkungen zu den nachfolgenden Tabellen:**

Nomenklatur:

- Schichtdicke einer Bauteilschicht: d [m]
- Dichte des Baustoffes einer Bauteilschicht: ρ [kg/m³]
- Wärmeleitfähigkeit der Bauteilschicht: λ [W/mK]
- Spezifische Wärmekapazität: c<sub>p</sub> [kJ/kgK]
- Wärmedurchgangswiderstand: R [m²K/W]
- U-Wert: U [W/m²K]

Baustoff-Kennwerte:

Die Kennwerte für die berücksichtigten Baustoffe wurden verschiedenen DIN Normen (Lutz et al, 1997) und aus dem „Katalog für wärmeschutztechnische Rechenwerte von Baustoffen und Bauteilen“ entnommen (ON V 31, 2001).

Baustoffschichten:

Baustoffschichten unter einer Dicke von 0.001 m werden in der wärmetechnischen Betrachtung nicht berücksichtigt.

Wärmeübergangskoeffizienten:

Die dargestellten U-Werte sind für Außenbauteile mit einem inneren Wärmeübergangskoeffizienten α<sub>i</sub> = 7,7 W/m²K und einem äußeren Wärmeübergangskoeffizient α<sub>a</sub> = 25,0 W/m²K berechnet.

Speichermassen:

Die thermisch wirksame Masse (TWM) eines Schichtaufbaus in [kJ/m²K] wird jeweils für die „äußere“ und „innere“ Seite des Konstruktionsaufbaus angegeben und berechnet sich nach folgender Formel:

$$C_{TWM} = \sum_{i=1}^n \left\{ \sqrt{\frac{\lambda_i \rho_i c_{p,i}}{\omega}} \left[ 1 - \exp\left(-\sqrt{\frac{\omega}{2a_i}} d_i\right) \right] \cdot \prod_{j=1}^i \exp\left(-\sqrt{\frac{\omega}{2a_j}} d_j\right) \right\}$$

Gleichung 9

Wobei a die Temperaturleitfähigkeit (a = λ/c<sub>p</sub>\*ρ) einer Schicht bezeichnet. Diese Größe gibt die auf die Bauteilfläche bezogene thermische Speicherfähigkeit eines Schichtaufbaus bei Temperaturschwankungen mit einer Frequenz ω an. Die Werte für C<sub>TWM</sub> in den nachfolgenden

Tabellen sind jeweils für Temperaturschwankungen mit einer Periode von 24 h, d.h. mit  $2\pi / 86400 \text{ [s}^{-1}\text{]}$ , berechnet.

Tabelle 49: Schichtaufbauten der Außenwände, Innenwände und Fußböden

	Bauteilschicht	d	$\rho$	$\lambda$	$c_p$	R	U	TWM
		[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[kJ/kgK]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
AW_OG4	PUTZ	0.020	1800	1.000	1.00	0.02	1.274	152.9
	ZIEGELMAUER	0.300	1800	0.830	0.92	0.36		
	PUTZ	0.020	1800	1.000	1.00	0.02		
		<b>0.340</b>						
AW1	STBFERTIG	0.120	2400	2.300	1.13	0.05	0.250	251.7
	DAEMMUNG	0.100	100	0.041	0.84	2.44		
	STBFERTIG	0.250	2400	2.300	1.13	0.11		
	DAMPFSPERRE	0.001	1700	0.260	1.26	0.00		
	DAEMMUNG	0.040	100	0.041	0.84	0.98		
	ISOLIERUNG	0.001	1700	0.260	1.26	0.00		
	S_HMM	0.040	2000	1.000	1.00	0.04	217.9	
	<b>0.552</b>							
AW2	STBFERTIG	0.100	2400	2.300	1.13	0.04	0.283	201.0
	DAMPFSPERRE	0.001	1700	0.260	1.26	0.00		
	DAEMMUNG	0.120	100	0.041	0.84	2.93		
	LUFTRAUM					0.17		
	GLAS	0.005	2500	0.800	0.75	0.01	14.4	
	<b>0.226</b>							
AW3	STBFERTIG	0.100	2400	2.300	1.13	0.04	0.283	201.0
	DAMPFSPERRE	0.001	1700	0.260	1.26	0.00		
	DAEMMUNG	0.120	100	0.041	0.84	2.93		
	LUFTRAUM					0.17		
	GLAS	0.005	2500	0.800	0.75	0.01	14.4	
	<b>0.226</b>							
AW4	STBFERTIG	0.100	2400	2.300	1.13	0.04	0.283	201.0
	DAMPFSPERRE	0.001	1700	0.260	1.26	0.00		
	DAEMMUNG	0.120	100	0.041	0.84	2.93		
	LUFTRAUM					0.17		
	GLAS	0.005	2500	0.800	0.75	0.01	14.4	
	<b>0.226</b>							
FB1	PARKETT	0.025	600	0.150	2.50	0.17	0.339	116.9
	ESTRICH	0.050	2000	1.400	1.13	0.04		
	PAE_FOLIE	0.001	1700	0.260	1.26	0.00		
	TRITTSCHALL	0.055	100	0.032	0.84	1.72		
	STBHOHLDIELE	0.150	1800	1.330	1.13	0.11		
	LUFTRAUM					0.17		
	STBDECKE	0.200	2400	2.300	1.13	0.09	335.3	
	<b>0.481</b>							

Tabelle 50: Schichtaufbauten der Außenwände, Innenwände und Fußböden

	Bauteilschicht	d	$\rho$	$\lambda$	$c_p$	R	U	TWM
		[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[kJ/kgK]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]	[kJ/m <sup>2</sup> K]
FB2	PARKETT	0.025	600	0.150	2.50	0.17	0.309	113.0
	ESTRICH	0.060	2000	1.400	1.13	0.04		
	PAE_FOLIE	0.001	1700	0.260	1.26	0.00		
	TRITTSCHALL	0.065	100	0.032	0.84	2.03		
	LEICHTBETON	0.170	1500	0.600	1.13	0.28		
	ORTBETON	0.130	2400	2.300	1.13	0.06		
		0.451					287.9	
DE1	ORTBETON	0.130	2400	2.300	1.13	0.06	0.177	292.6
	LEICHTBETON	0.145	1500	0.600	1.13	0.24		
	DAMPFSPERRE	0.001	1700	0.260	1.26	0.00		
	DAEMMUNG	0.200	100	0.041	0.84	4.88		
	ISOLIERUNG	0.001	1700	0.260	1.26	0.00		
	BEGRUENUNG	0.120	1900	1.800	1.05	0.07		
		0.597					172.1	
DE2	GIPSKARTON	0.060	900	0.210	1.20	0.29	0.231	48.4
	BLECH	0.001	5000	10.000	1.00	0.00		
	DAEMMPLATTE	0.150	100	0.041	0.84	3.66		
	HEA220	0.210	7800	45.000	1.20	0.00		
	BLECH	0.050	5000	10.000	1.00	0.01		
		0.471					1433.8	
FB_OG4	PARKETT	0.025	600	0.150	2.50	0.17	0.309	113.0
	ESTRICH	0.060	2000	1.400	1.13	0.04		
	PAE_FOLIE	0.001	1700	0.260	1.26	0.00		
	TRITTSCHALL	0.065	100	0.032	0.84	2.03		
	LEICHTBETON	0.170	1500	0.600	1.13	0.28		
	ORTBETON	0.130	2400	2.300	1.13	0.06		
		0.451					287.9	
TW1	GIPSKARTON	0.025	900	0.210	1.20	0.12	0.491	24.0
	DAEMMUNG	0.040	100	0.041	0.84	0.98		
	LUFTRAUM					0.17		
	GIPSKARTON	0.025	900	0.210	1.20	0.12		
		0.090					24.0	
TW2	GIPSKARTON	0.025	900	0.210	1.20	0.12	0.491	24.0
	DAEMMUNG	0.040	100	0.041	0.84	0.98		
	LUFTRAUM					0.17		
	GIPSKARTON	0.025	900	0.210	1.20	0.12		
		0.090					24.0	
_TW3	GIPSKARTON	0.050	900	0.210	1.20	0.24	1.120	22.9
		0.050						

### 10.1.4 Verglasungsflächen

Die Verglasungsflächen wurden anhand der vorhandenen Pläne des Objekts und durch Rücksprache mit den Verantwortlichen vor Ort ermittelt. Die Außenfenster weisen einen U-Wert (Rahmen inkl. Verglasung) von 2,2 W/m<sup>2</sup>K auf. Der Energiedurchlassgrad, welcher den Durchgang der Strahlungsenergie durch die Verglasung angibt, beträgt g = 0,6.

Größe, Orientierung und Art der transparenten Fassadenflächen sowie ihrer zugehörigen Verschattungssysteme sind maßgebend für eine der wesentlichsten Komponenten der

Gebäudekühllast - der solaren Last. In den nachfolgenden Tabellen werden dazu die eingesetzten Fenstertypen, die Zuteilung der definierten Strahlungstypen auf die Gebäudeaußenflächen (diese sind zu definieren, da je nach Ausrichtung der Außenflächen die Sonne zu unterschiedlichen Zeiten und mit verschiedenen Diffus- und Direktstrahlungsanteilen



auf die Oberfläche wirkt) und die Aufteilung der Fensterflächen nach Typ, Anzahl und Flächen bezogen auf die einzelnen Zonen beschrieben. Die Beschreibung der wesentlichen Parameter, die im Zusammenhang mit der Verschattung dieser Verglasungsflächen stehen, erfolgt im Kapitel 10.1.5.1.

Abbildung 166: Innenansicht eines Standardfensters im Linzer Oberlandesgericht

In Tabelle 51 sind die einzelnen Fenstertypen des OLG Linz mit den zugehörigen Glas- und Rahmenabmessungen aufgelistet.

Tabelle 51: Beschreibung der Fenstertypen mit den dazugehörigen Glas- und Rahmenflächen sowie technischen Kennwerten (U-Wert, g-Wert)

Fenstertypen												
	Stockaußenmaß		Gesamt		Rahmen				Glasfläche			
	Breite	Höhe	Fläche	U-Wert	Fläche	Anteil	U-Wert	Absorb.	Fläche	Anteil	U-Wert	g
	[cm]	[cm]	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	[m <sup>2</sup> ]	[%]	[W/m <sup>2</sup> K]	[-]	[m <sup>2</sup> ]	[%]	[W/m <sup>2</sup> K]	[-]
AF1	69	172	1.187	1.40	0.231	19.5	1.80	0.60	0.955	80.5	1.30	0.591
AF2	69	182	1.256	1.40	0.241	19.2	1.80	0.60	1.015	80.8	1.30	0.591
AF3	64	182	1.165	1.40	0.233	20.0	1.80	0.60	0.932	80	1.30	0.591
AF4	69	135	0.932	1.40	0.194	20.8	1.80	0.60	0.738	79.2	1.30	0.591
AF5	59	182	1.074	1.41	0.231	21.5	1.80	0.60	0.843	78.5	1.30	0.591
AF6	160	160	2.560	1.40	0.512	20.0	1.80	0.60	2.048	80	1.30	0.591
AF7	60	160	0.960	1.40	0.192	20.0	1.80	0.60	0.768	80	1.30	0.591
AF8	207	105	2.174	1.41	0.491	22.6	1.80	0.60	1.682	77.4	1.30	0.591
AF9	105	200	2.100	1.38	0.315	15.0	1.80	0.60	1.785	85	1.30	0.591
AF_4OG1	130	170	2.210	1.40	0.442	20.0	1.80	0.60	1.768	80	1.30	0.591
AF_4OG2	177	180	3.186	1.40	0.637	20.0	1.80	0.60	2.549	80	1.30	0.591
AF_4OG3	177	160	2.832	1.40	0.566	20.0	1.80	0.60	2.266	80	1.30	0.591
AF_4OG4	160	160	2.560	1.40	0.512	20.0	1.80	0.60	2.048	80	1.30	0.591
AF_4OG5	170	170	2.890	1.40	0.578	20.0	1.80	0.60	2.312	80	1.30	0.591

In Tabelle 52 und Tabelle 53 erfolgt eine Aufteilung der gesamten Fensterflächen, entsprechend ihres Typs (AF1 – AF\_4OG5, Tabelle 51) und ihrer Orientierung (ORI01 – ORI24, Tabelle 53) auf die einzelnen thermischen Zonen. Ergänzend sind die einzelnen Orientierungen der Fassadenflächen in den Grundrissen des OLG Linz im Anhang (Kapitel 16.4.1) eingetragen. Die Spalte „Verschattung“ ist ohne Kennwerte, eine detaillierte Beschreibung über die installierte Verschattung im OLG Linz ist Kapitel 10.1.5.1 (Solare Gewinne) zu entnehmen.

In Summe wurde eine Fensterfläche von etwa 406 m<sup>2</sup> mit einer Glasfläche von rund 325 m<sup>2</sup> berücksichtigt. In einem Standardbüro ergibt sich dabei ein Verglasungsanteil (Verhältnis aus m<sup>2</sup> Verglasung zu m<sup>2</sup> Bürofläche) von rund 25%.

Tabelle 52: Aufteilung der Fensterflächen nach Typ und Orientierung ergänzt um den Rahmen- und Glasanteil auf die thermischen Zonen.

	Anzahl	F-Typ	Strahlungstyp	Verschattung	Glasfläche	Rahmenfl.	Gesamtfläche
					[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]
Zone5.1	27	AF1	ORI02		25.80	6.25	32.04
Zone5.2	18	AF1	ORI12		17.20	4.17	21.36
Zone5.3	4	AF1	ORI02		3.82	0.93	4.75
	10	AF3	ORI03		9.32	2.33	11.65
	1	AF3	ORI04		0.93	0.23	1.16
Zone5.4	2	AF3	ORI01		1.86	0.47	2.33
	6	AF1	ORI12		5.73	1.39	7.12
	6	AF2	ORI16		6.09	1.45	7.53
	6	AF4	ORI16		4.43	1.16	5.59
Zone5.5	11	AF5	ORI05		9.27	2.54	11.81
	6	AF3	ORI05		5.59	1.40	6.99
	10	AF9	ORI06		17.85	3.15	21.00
	6	AF1	ORI10		5.73	1.39	7.12
Zone5.6	3	AF6	ORI11		6.14	1.54	7.68
Zone5.7	1	AF7	ORI11		0.77	0.19	0.96
Zone5.8	22	AF1	ORI09		21.02	5.09	26.11
	1	AF3	ORI08		0.93	0.23	1.16
Zone5.9	19	AF1	ORI07		18.15	4.40	22.55
	1	AF3	ORI08		0.93	0.23	1.16
Zone5.10	2	AF3	ORI08		1.86	0.47	2.33
Zone5.11	3	AF1	ORI12		2.87	0.69	3.56
	3	AF1	ORI07		2.87	0.69	3.56
	3	AF2	ORI20		3.04	0.72	3.77
Zone6.1	13	AF2	ORI14		13.19	3.13	16.33
	11	AF2	ORI16		11.16	2.65	13.81
	18	AF8	ORI21		30.28	8.84	39.12
	18	AF8	ORI22		30.28	8.84	39.12
Zone6.2	4	AF2	ORI18		4.06	0.96	5.02
	1	AF3	ORI17		0.93	0.23	1.16
Zone6.3	4	AF2	ORI20		4.06	0.96	5.02
	1	AF3	ORI17		0.93	0.23	1.16
Zone6.4	18	AF2	ORI18		18.26	4.34	22.60
Zone6.5	21	AF2	ORI20		21.31	5.06	26.37
Zone6.6	3	AF2	ORI20		3.04	0.72	3.77
	2	AF3	ORI19		1.86	0.47	2.33
Zone6.7	2	AF3	ORI17		1.86	0.47	2.33
	2	AF3	ORI19		1.86	0.47	2.33
	6	AF2	ORI18		6.09	1.45	7.53
Zone6.8	2	AF3	ORI19		1.86	0.47	2.33
	2	AF3	ORI18		1.86	0.47	2.33
Zone 4.1	1	AF_4OG1	ORI01		1.77	0.44	2.21
	11	AF_4OG2	ORI02		28.04	7.01	35.05
	5	AF_4OG3	ORI03		11.33	2.83	14.16
	6	AF_4OG4	ORI03		12.29	3.07	15.36
	10	AF9	ORI06		17.85	3.15	21.00
	8	AF_4OG4	ORI06		16.38	4.10	20.48
	8	AF_4OG4	ORI09		16.38	4.10	20.48
	6	AF1	ORI09		5.73	1.39	7.12
	4	AF_4OG4	ORI11		8.19	2.05	10.24
7	AF_4OG5	ORI12		16.18	4.05	20.23	
<b>Gesamt</b>	<b>365</b>				<b>325.13</b>	<b>80.87</b>	<b>406.00</b>

Tabelle 53: Strahlungsdaten für die unterschiedlich orientierten Fensterflächen in Abhängigkeit ihrer Abweichung nach Süden (Azimut = 0°) und ihres Neigungswinkels

Strahlungstyp	Ausrichtung der Fläche		Strahlungssumme		
	Azimut	Neigung	Winter [kWh/m <sup>2</sup> ]	Sommer [kWh/m <sup>2</sup> ]	Jahr [kWh/m <sup>2</sup> ]
	0 = Süd	0 = horizontal  90 = vertikal			
	90 = West				
	180 = Nord				
270 = Ost					
ORI1	141.2	90.0	117.9	390.8	508.7
ORI2	51.2	90.0	263.3	527.0	790.3
ORI3	321.2	90.0	270.0	516.2	786.2
ORI4	231.2	90.0	123.3	408.2	531.5
ORI5	326.9	90.0	280.1	514.4	794.4
ORI6	236.9	90.0	128.4	420.8	549.2
ORI7	236.9	90.0	128.4	420.8	549.2
ORI8	146.9	90.0	115.4	377.7	493.1
ORI9	56.9	90.0	252.6	526.5	779.1
ORI10	56.9	90.0	252.6	526.5	779.1
ORI11	141.2	90.0	117.9	390.8	508.7
ORI12	231.2	90.0	123.3	408.2	531.5
ORI13	141.2	90.0	117.9	390.8	508.7
ORI14	51.2	90.0	263.3	527.0	790.3
ORI15	321.2	90.0	270.0	516.2	786.2
ORI16	231.2	90.0	123.3	408.2	531.5
ORI17	146.9	90.0	115.4	377.7	493.1
ORI18	56.9	90.0	252.6	526.5	779.1
ORI19	326.9	90.0	280.1	514.4	794.4
ORI20	236.9	90.0	128.4	420.8	549.2
ORI21	51.2	90.0	263.3	527.0	790.3
ORI22	231.2	90.0	123.3	408.2	531.5
ORI23	0.0	0.0	271.8	820.9	1092.8
ORI24	0.0	0.0	271.8	820.9	1092.8

### 10.1.5 Externe Lasten

Die externen Lasten setzen sich aus Solar-, Lüftungswärme- und Transmissionswärmegewinnen zusammen. Die im OLG Linz maßgebenden Parameter zur Berücksichtigung dieser Lasten werden in den nächsten drei Kapiteln näher beschrieben.

#### 10.1.5.1 Solare Gewinne

Größe, Orientierung und Art der Verglasungsflächen wurden bereits in Kapitel 10.1.4 behandelt. Weitere noch nicht behandelte Parameter, die die Solarlasten wesentlich beeinflussen können, sind:

- Fremdverschattungen, d.h. Verschattung des Gebäudes durch das Umgebungsgelände, Bäume, Nachbargebäude, etc.
- bauliche Eigenverschattungen, z.B. durch Dachüberstände
- Art des Verschattungssystems, z.B. Außenverschattungen (Jalousien, Screens, etc.), Innenverschattungen, etc.
- Verschattungsprofil

Diese werden in den nächsten vier Kapiteln 10.1.5.1.1 bis 10.1.5.1.4 näher beschrieben.

### 10.1.5.1.1 Fremdverschattung

Bei Fremdverschattungen handelt es sich um Verschattungen an den Gebäudeaußenflächen aufgrund von Objekten, die nicht dem Gebäude selbst zugeordnet sind (Geländeerhebungen, Nachbargebäude, Bäume, etc.) oder um Verschattungen die im Laufe der geplanten Nutzungsdauer des Gebäudes zu erwarten sind. Da es sich bei den betrachteten Zonen des OLG Linz um das 5. und 6. Obergeschoß handelt und die umliegenden Objekte in der Regel niedriger sind, gibt es in diesem Zusammenhang keine Einflüsse auf die weiteren Untersuchungen.

### 10.1.5.1.2 Bauliche Eigenverschattungen

Neben der Verschattung des Gebäudes durch umliegende Objekte ergibt sich durch Dachüberstände, seitliche Vorsprünge, etc. zusätzlich eine bauliche Eigenverschattung der Verglasungsflächen. Tabelle 54 zeigt dazu eine Zusammenfassung der in der Gebäudemodellierung berücksichtigten Eigenverschattungen in Abhängigkeit von der Orientierung der Fensterflächen (Strahlungstypen ORI13 – ORI22). Zusätzliche Informationen zu den berücksichtigten Strahlungsdaten können Kapitel 10.1.4 entnommen werden.

Tabelle 54: Geometrien der beim Gebäudemodell berücksichtigten Eigenverschattungen (in m)

Strahlungstyp	ORI13	ORI14	ORI15	ORI16	ORI17	ORI18	ORI19	ORI20	ORI21	ORI22
Receiver height	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	0.95	0.95
Receiver width	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Overhang projection	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	0.85	0.50
Overhang gap	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.35	0.35
Overhang left extension	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Overhang right extension	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Left wingwall projection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Left wingwall gap	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Left wingwall top extension	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Left wingwall bottom ext.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Right wingwall projection	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Right wingwall gap	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Right wingwall top extension	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Right wingwall bottom ext.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Receiver azimuth	141.2	51.2	321.2	231.2	146.9	56.9	326.9	236.9	51.2	231.2

### 10.1.5.1.3 Art des Verschattungssystems

Abbildung 167 und Abbildung 168 zeigen die derzeitige Beschattungssituation im Linzer Oberlandesgericht. Es handelt sich dabei um graue, außenliegende Stoffscreens. Diese werden durchwegs bei allen Fensterflächen im 5. und 6. OG eingesetzt.



Abbildung 167: Außenansicht des derzeitigen Verschattungssystems (grauer Stoffscreen) im 5. OG des OLG Linz



Abbildung 168: Innenansicht des derzeitigen Verschattungssystems bei einem Standardfenster im 6. OG

Bei dem in Verwendung befindlichen Verschattungssystem handelt es sich um ein Produkt der Fa. SOLTIS. Diese konnte auch die in Tabelle 55 aufgelisteten Produktdaten zur Verfügung stellen.

Tabelle 55: Technische Daten zur IST-Verschattung (grauer Stoffscreen)

IST – Verschattung (graue Stoffscreens)	Technische Daten [-]	Anmerkung
Transmissionsgrad	0,07	7% der auf die Verschattung auftreffenden Solarstrahlung wird ungehindert durchgelassen
Reflexionsgrad	0,40	40% der auf die Verschattung auftreffenden Solarstrahlung wird reflektiert
Absorptionsgrad	0,53	53% der auf die Verschattung auftreffenden Solarstrahlung werden absorbiert und in Wärme umgewandelt

Anhand der technischen Daten ergibt sich ein Verschattungsgrad (b-Wert) von 0,92, d.h. nur 8% der auf die Verschattung auftreffenden Solarstrahlung dringt in den dahinterliegenden Büroraum ein. Dieser Wert entspricht einem sehr guten Verschattungssystem. Eine mögliche

Reduktion der Solarlast besteht somit nur mehr durch Optimierung der Verschattungsregelung. Ob das im vorliegenden Objekt der Fall sein kann, wird durch eine Nachbildung des Verschattungsprofils im nachfolgenden Kapitel aufgezeigt.

#### **10.1.5.1.4 Verschattungsprofil**

Sämtliche im Oberlandesgericht Linz installierten Verschattungen sind ähnlich wie im Landhaus Bregenz manuell zu bedienen. D.h. die Definition des Nutzungsprofils für die Simulation ist entsprechend schwierig, da die Nutzer in der Regel unterschiedliche Verhaltensmuster aufweisen. Um trotzdem ein repräsentatives Verschattungsprofil zu finden, wurden zum einen Fragebögen an die MitarbeiterInnen im OLG Linz verteilt, in denen sie ihr Nutzungsverhalten in Hinblick auf die Verschattung angeben sollten, zum anderen wurde bei der Vor Ort Dokumentation das Verschattungsverhalten des Personals notiert. Die Auswertungen dieser beiden Analysen ergaben, dass mit einer definierten Zeitregelung der Verschattung das Nutzerverhalten in guter Näherung abgebildet wird. Ergänzend dazu ergab die Gebäudedokumentation, dass bei gezogener Verschattung häufig das Kunstlicht eingeschaltet wird. Die Verschattungen sind von 7:00 Uhr bis 16:30 Uhr zu 60% gezogen. Parallel dazu erfolgt dann aufgrund einer zu geringen natürlichen Beleuchtung des Arbeitsplatzes eine 50%ige Aktivierung des künstlichen Lichts. An den Wochenenden bleibt die Verschattung zugezogen.

#### **10.1.5.2 Lüftungswärmegewinne**

Das 5. und 6. Obergeschoß ist mit einer Zuluftanlage, die im wesentlichen im Sommer in den Nachtstunden ein Entladen der Speichermassen bewirken soll, ausgestattet. Tabelle 56 zeigt eine Aufstellung der Luftvolumenströme und eine Liste der Zonen, die über die Zuluftanlage versorgt werden können. Der Betrieb der Zuluftanlage ist nach Angaben des Gebäudebetreibers an zwei Bedingungen gekoppelt:

- Raumlufttemperatur muss höher als 24 °C sein und
- Zeit muss zwischen 1 und 6 Uhr in der Früh liegen

Dadurch soll erreicht werden, dass ein erhöhter Nachtluftwechsel nur dann einsetzt, wenn ein Kühlenergiebedarf besteht. Da es sich bei dieser Lüftungsanlage um eine reine Zuluftanlage handelt, muss zusätzlich noch gewährleistet sein, dass die Fenster zur Abluftableitung in Kippstellung gebracht werden. Hier gibt es eine spezielle Stellung beim Fenster, die ein Kippen ermöglicht und durch einen geringeren Kippwinkel auch ein ausreichender Witterungsschutz gegeben ist. Wie die Gebäudedokumentation jedoch gezeigt hat, ergibt sich hier zum einen das Problem, dass die Nutzer in nur sehr geringer Zahl die Fenster kippen und zum anderen die Nachtkippstellung einen deutlich geringeren Öffnungswinkel ( $< 5^\circ$ ) aufweist und somit eine ausreichende Querdurchlüftung nur im reduzierten Maße möglich wird.

Für die restlichen Zeiten wurde für die weiteren Untersuchungen basierend auf der Gebäudedokumentation ein mittlerer Luftwechsel von  $0,5 \text{ h}^{-1}$  (Infiltration + Fensterlüftung) berücksichtigt.

Tabelle 56: Auflistung der Zuluftmengen durch die Lüftungsanlage im Oberlandesgericht Linz in den Nachtstunden (zwischen 1 und 6 Uhr), wenn die Raumtemperatur über 24°C liegt

Luftvolumenströme der Zuluftanlage im 5. und 6. OG					
	Volumenstrom [m <sup>3</sup> /h]	LW [h <sup>-1</sup> ]	Raumvolumen [m <sup>3</sup> ]	Zone	Zonenvolumen [m <sup>3</sup> ]
5. OG links	1280	1.42	898.8	Zone 5.1	351.8
				Zone 5.2	304.0
				Zone 5.3	128.7
				Zone 5.6	114.3
5. OG rechts	785	1.39	564.7	Zone 5.8	287.5
				Zone 5.9	277.2
6. OG links	1800	1.37	1313.1	Zone 6.1	1313.1
6. OG rechts	1260	1.54	817.1	Zone 6.2	59.9
				Zone 6.3	61.1
				Zone 6.4	273.1
				Zone 6.5	324.5
				Zone 6.6	49.8
				Zone 6.9	48.7
<b>Gesamt</b>	<b>5125</b>	<b>1.43</b>	<b>3593.7</b>		

### 10.1.5.3 Transmissionswärmegewinne

Die Transmissionswärmegewinne im OLG Linz werden in der Simulation entsprechend ihrer Konstruktionsaufbauten, den klimatischen Bedingungen und den sich einstellenden Raumtemperaturen berücksichtigt.

### 10.1.6 Interne Lasten

Die internen Lasten durch Personen, EDV - Geräte und Beleuchtung wurden ähnlich der Vorgehensweise beim Landhaus Bregenz innerhalb der Gebäudedokumentation aufgenommen. Eine Zusammenfassung der gewonnenen Erkenntnisse und der für die Simulation wesentlichen Parameter folgt in den drei nächsten Kapiteln aufgelistet.

#### 10.1.6.1 Personenlasten

Die Personenbelegung der einzelnen Räume bzw. Zonen wurde mittels Belegungsplänen ermittelt. In den Büros ergeben sich durch die erhobenen Belegungsdichten spezifische Personenkühllasten von etwa 6 W/m<sup>2</sup> Büronutzfläche, wenn man von einer Wärmeabgabe durch Personen von Q<sub>Pges</sub> = 125 W / Person (DIN1946 Teil 2) ausgeht. Die mittlere Belegungsdichte liegt dabei bei rund 18 m<sup>2</sup>/Person. Die Standardbelegungszeit bewegt sich

wochentags zwischen 7 und 18 Uhr. In Tabelle 57 sind die in der thermischen Simulation berücksichtigten Personenbelegungen für die 20 definierten Zonen aufgelistet. Die dargestellte Tagesbelegung ist für eine Arbeitswoche identisch und gilt von Montag bis Freitag.

Tabelle 57: Wochenschema für die Personenbelegung im OLG Linz für die 20 definierten thermischen Zonen

Wochenschema																									
Personenanzahl [Stk.] zur Stunde:																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Montag - Freitag	Z5.1	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6	3	6	6	6	6	3	0	0	0	0	0	0	0
	Z5.2	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6	3	6	6	6	6	3	0	0	0	0	0	0	0
	Z5.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z5.4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Z5.5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Z5.6	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
	Z5.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z5.8	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6	3	6	6	6	6	3	0	0	0	0	0	0	0
	Z5.9	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	3	0	0	0	0	0	0	0
	Z5.10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Z6.9	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	Z6.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z6.2	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6	3	6	6	6	6	3	0	0	0	0	0	0	0
	Z6.3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	Z6.4	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	Z6.5	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	3	0	0	0	0	0	0	0
	Z6.6	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6	3	6	6	6	6	3	0	0	0	0	0	0	0
	Z6.7	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	Z6.8	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
	Z6.4	0	0	0	0	0	0	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	0	0	0	0	0	0	0
Σ		0	0	0	0	0	6	71	71	71	71	71	68	71	71	71	71	57	0	0	0	0	0	0	

### 10.1.6.2 Lasten durch EDV und Geräte

Für die Bestimmung der internen Lasten durch Büro- und EDV-Geräte wurden anhand von Kurzzeitmessungen die Leistungsaufnahmen der unterschiedlichen Geräte (PC, Monitor, Drucker, Kopierer, etc.) im OLG Linz ermittelt. Die Kurzzeitmessungen ergaben eine mittlere Wärmelast von rund 100 W pro PC-Arbeitsplatz (50% PC + TFT-Bildschirm, 50% PC + Röhrenbildschirm). Dies entspricht in einem Standardbüro einer spezifischen Wärmelast durch PC + Monitor von etwa 6 W/m<sup>2</sup> Bürofläche. Tabelle 58 zeigt das Wochenschema für die Innenwärmen durch EDV-Geräte in den 20 Zonen.

Tabelle 58: Wochenschema für die Wärmelasten durch Bürogeräte in den 20 definierten thermischen Zonen

Wochenschema																									
Innenwärmen durch Geräte zur Stunde in [W]																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Montag - Freitag	a Z5.1	18	18	18	18	18	18	18	615	615	615	615	309	615	615	615	615	615	615	18	18	18	18	18	18
	a Z5.2	18	18	18	18	18	18	18	675	675	675	675	369	675	675	675	675	675	675	18	18	18	18	18	18
	a Z5.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a Z5.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a Z5.5	0	0	0	0	0	0	0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0	0	0	0	0	0
	a Z5.6	0	0	0	0	0	0	0	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	0	0	0	0	0	0
	a Z5.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a Z5.8	18	18	18	18	18	18	18	585	585	585	585	279	585	585	585	585	585	585	18	18	18	18	18	18
	a Z5.9	18	18	18	18	18	18	18	585	585	585	585	279	585	585	585	585	585	585	18	18	18	18	18	18
	a Z5.10	0	0	0	0	0	0	0	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	0	0	0	0	0	0
	a Z6.9	0	0	0	0	0	0	0	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	0	0	0	0	0	0
	a Z6.1	18	18	18	18	18	18	18	971	971	971	971	665	971	971	971	971	971	971	18	18	18	18	18	18
	a Z6.2	3	3	3	3	3	3	3	98	98	98	98	47	98	98	98	98	98	98	3	3	3	3	3	3
	a Z6.3	3	3	3	3	3	3	3	98	98	98	98	47	98	98	98	98	98	98	3	3	3	3	3	3
	a Z6.4	15	15	15	15	15	15	15	548	548	548	548	304	548	548	548	548	548	548	15	15	15	15	15	15
	a Z6.5	18	18	18	18	18	18	18	675	675	675	675	369	675	675	675	675	675	675	18	18	18	18	18	18
	a Z6.6	3	3	3	3	3	3	3	98	98	98	98	47	98	98	98	98	98	98	3	3	3	3	3	3
	a Z6.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a Z6.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a Z4	0	0	0	0	0	0	0	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	0	0	0	0	0	0
Σ		132	132	132	132	132	132	9015	9015	9015	9015	8282	9015	9015	9015	9015	9015	9015	132	132	132	132	132	132	

### 10.1.6.3 Lasten durch Beleuchtung

In den Regelbüroräumen des OLG Linz sind grundsätzlich zwei Lichtbänder montiert, wovon eines gang- und eines fensterseitig montiert ist und diese getrennt voneinander betätigt werden können. Da der Zubau noch relativ neu ist (Errichtungsjahr 1998), liegen die installierten Beleuchtungsleistungen von rund 14 W/m<sup>2</sup> Bürofläche bereits in einem guten Bereich. Tabelle 59 zeigt das Wochenschema für die Innenwärmen durch EDV-Geräte in den 20 Zonen. Analog zu den Erfahrungen beim Landhaus Bregenz kommt es auch bei diesem Objekt zur Nutzung des künstlichen Lichts bei Aktivierung der Verschattung. In der Simulation wurde daher während der Verschattungszeit 7 – 16 Uhr auch mit aktivierter Beleuchtung gerechnet.

Tabelle 59: Wochenschema für die Wärmelasten durch die Beleuchtung in den 20 definierten thermischen Zonen

Wochenschema																									
Innenwärmen durch Beleuchtung zur Stunde in [W/m <sup>2</sup> ]																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Montag - Freitag	s Z5.1	0	0	0	0	0	0	0	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	0	0	0	0	0	0	
	s Z5.2	0	0	0	0	0	0	0	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	0	0	0	0	0	0	
	s Z5.3	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	
	s Z5.4	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	
	s Z5.5	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	
	s Z5.6	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	
	s Z5.7	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	
	s Z5.8	0	0	0	0	0	0	0	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	0	0	0	0	0	0	
	s Z5.9	0	0	0	0	0	0	0	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	0	0	0	0	0	0	
	s Z5.10	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	
	s Z6.9	0	0	0	0	0	0	0	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	0	0	0	0	0	0	
	s Z6.1	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	
	s Z6.2	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	
	s Z6.3	0	0	0	0	0	0	0	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	0	0	0	0	0	0	
	s Z6.4	0	0	0	0	0	0	0	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	0	0	0	0	0	0	
	s Z6.5	0	0	0	0	0	0	0	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	0	0	0	0	0	0	
	s Z6.6	0	0	0	0	0	0	0	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	0	0	0	0	0	0	
	s Z6.7	0	0	0	0	0	0	0	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	0	0	0	0	0	0	
	s Z6.8	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	
	s Z4	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	
Σ		0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	

## 10.2 Simulationsergebnisse zur IST - Situation

Nach der Dokumentation und Auswertung aller für die Kühllastberechnung notwendigen Parameter, erfolgte die Modellierung und Simulation der IST – Situation. Zusammenfassend werden in der nachfolgenden Tabelle dazu die Eckdaten zur Ausgangssituation dargestellt (Tabelle 60). Da vor allem die Daten für die Büroräume von Interesse sind, beziehen sich die Angaben grundsätzlich auf diese Zonen.

Tabelle 60: Eckdaten zur IST – Situation

IST – Situation	Kurzbeschreibung
Verschattungssystem	Grauer Screen Transmissionsgrad 7% / Reflexionsgrad 40% / Absorptionsgrad 53%
Verschattungsregelung	7:00 – 16:30 Uhr: 60% Verschattung
Luftwechsel	0,5 h <sup>-1</sup> über 24 Stunden, außer: Sommer von 1 – 6 Uhr: ~1,5-facher Luftwechsel durch Zuluftanlage, wenn Raumtemperatur > 24°C
Speichermasse	Betondecke Parkettboden Gipskarton-Innenwände
Beleuchtung	Moderne Beleuchtungssysteme Installierte Leistung (Büroräume): ~ 14 W/m <sup>2</sup> Bürofläche Beleuchtung zu 50% eingeschalten, wenn Verschattung aktiv
EDV – Geräte	PC's + 50% Röhrenmonitore / 50% TFT – Monitore Mittlere installierte Leistung: ~ 6 W/m <sup>2</sup> Bürofläche
Belegung	Mittlere Belegungsdichte: ~ 18 m <sup>2</sup> /Person; entspricht 6 W/m <sup>2</sup>
Kühlung	Kein Aktivsystem Nachtlüftung über Zuluftanlage

Ausgehend von diesen Randbedingungen wurde in der Simulation das Objekt sowohl ideal auf 26°C gekühlt, wie auch ungekühlt gerechnet. Durch die Berechnungen beider Varianten („ideal gekühltes“ und „ungekühltes“ Gebäude) soll zum einen ermittelt werden, wie groß die aktuellen Kühllasten sind, denn diese geben Aufschluss über die Größe einer eventuell erforderlichen Kälteanlage. Zum anderen zeigt die Simulation des ungekühlten Gebäudes die aktuelle Behaglichkeitssituation im Linzer Oberlandesgericht und ermöglicht in weiterer Folge die Bewertung von nachhaltigen Sanierungsmaßnahmen in Form des „Raumtemperatur-Absenkungspotenzials“. D.h. wie weit können derzeit auftretende Raumübertemperaturen rein durch passive Maßnahmen verbessert werden, ohne dass ein aktives Kühlsystem zum Einsatz kommt.

Abbildung 169 zeigt dazu den Kühlenergiebedarf sowie die maximale Kühllast des betrachteten Gebäudebereiches (5. und 6. OG). Die maximale Bereichskühllast, die bei Bedarf vor allem ausschlaggebend für die Auslegung einer Kälteanlage ist, beträgt rund 16 kW bzw. 17 W/m<sup>2</sup> Büronutzfläche. Der Jahreskühlenergiebedarf liegt für die beiden Geschoße in einer Größenordnung von 39.000 kWh. Wie diese Ergebnisse erkennen lassen, liegen die Kühllasten

bereits auf einem niedrigen Niveau. Dies lässt darauf schließen, dass bei der Planung des Zubaus bereits Überlegungen angestellt wurden, die Kühllasten möglichst gering zu halten. Dass es trotzdem zu Überhitzungen kommt, kann verschiedene Ursachen (geänderte Nutzungsprofile, geänderte installierte Leistungen, etc.) haben. Nachdem die Ausgangssituation aber bereits gut ist, sollte es Ziel bei der Betrachtung von Sanierungsmaßnahmen sein, entsprechende Lösungen, die (aktive) Kühlsysteme überflüssig machen und behagliche Temperaturen primär durch weitere Lastreduktionen erreichen, zu finden.

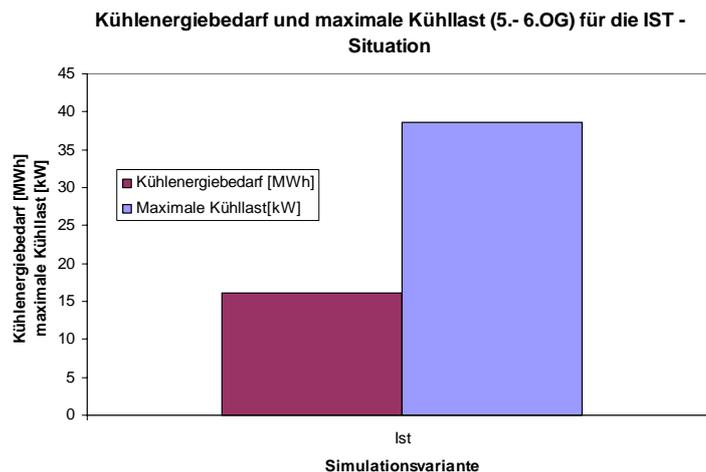


Abbildung 169: Kühlenergiebedarf und maximale Kühllast für die IST - Situation des OLG Linz

### 10.2.1 Einfluss der klimatischen Rahmenbedingungen

Die Ergebnisse aus einer Gebäudesimulationen hängen sehr stark von den gewählten Rahmenbedingungen (z.B. Klimadaten, Gebäudedaten, Nutzungsprofile, Belegungsdichten, installierte Leistungen, etc.) ab. In diesem Abschnitt soll an Hand der IST – Situation veranschaulicht werden, wie sich die Ergebnisse bei Änderung der klimatischen Rahmenbedingungen verhalten. Des weiteren wird im nachfolgenden Kapitel betrachtet, inwieweit sich die Orientierung der Büroräume im vorliegenden Fall auf die Kühllast bzw. den Kühlenergiebedarf auswirkt.

Welchen Einfluss die unterschiedlichen klimatischen Bedingungen (warme Sommerperiode – 10 Jahresextremwert vs. durchschnittliche Sommerperiode – 10 Jahresmittelwert) auf die Kühllast bzw. auf den Kühlenergiebedarf haben, kann anhand der beiden nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 170 und Abbildung 171) analysiert werden.

**Kühlenergiebedarf und Maximale Kühllasten für die Zonen im 5. und 6.OG**

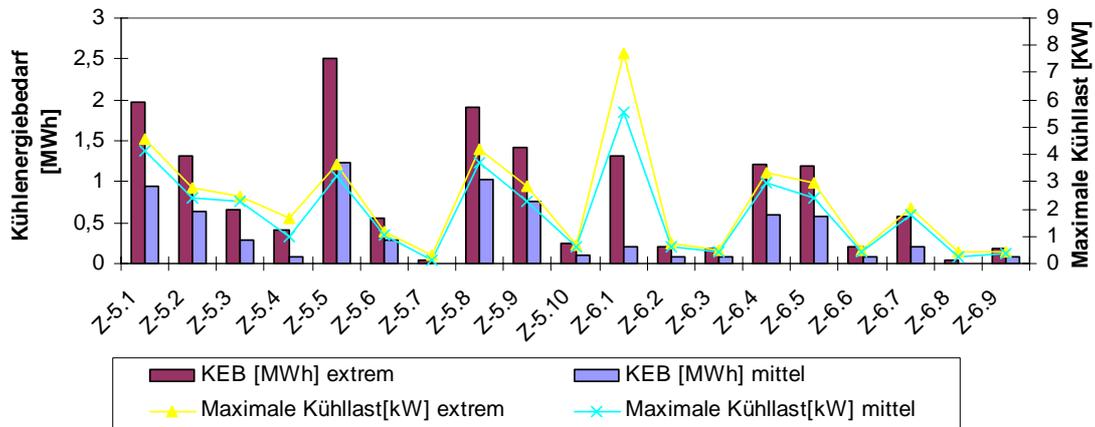


Abbildung 170: Kühlenergiebedarf und maximale Kühllasten für die einzelnen Zonen beim extremen und beim mittleren Klimadatensatz

**Kühlenergiebedarf und Maximale Kühllasten für die Zonen im 5. und 6.OG**

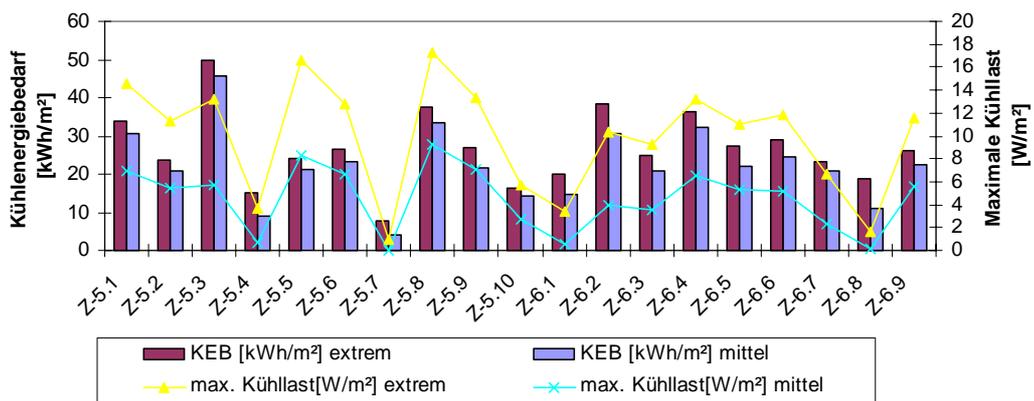


Abbildung 171: spezifischer Kühlenergiebedarf und maximale spezifische Kühllasten für die einzelnen Zonen beim extremen und beim mittleren Klimadatensatz

Abbildung 170 zeigt dabei die Absolutwerte für den Kühlenergiebedarf und die maximale Kühllast bezogen auf die jeweiligen Zonen. Analog dazu Abbildung 171 die spezifischen Werte. Die magentafarbenen Balken bzw. die gelbe Linie stehen für den Energiebedarf beim extremen Sommer, die blauen Balken bzw. die mintfarbene Linie für den Sommerdurchschnitt.

### 10.2.2 Einfluss der Büroraum - Orientierung

Anhand der derzeitigen Situation im OLG Linz soll der Einfluss der Gebäudeorientierung betrachtet werden. Zum besseren Verständnis sind dazu in Abbildung 172 die thermischen Zonen im 6. OG dargestellt.

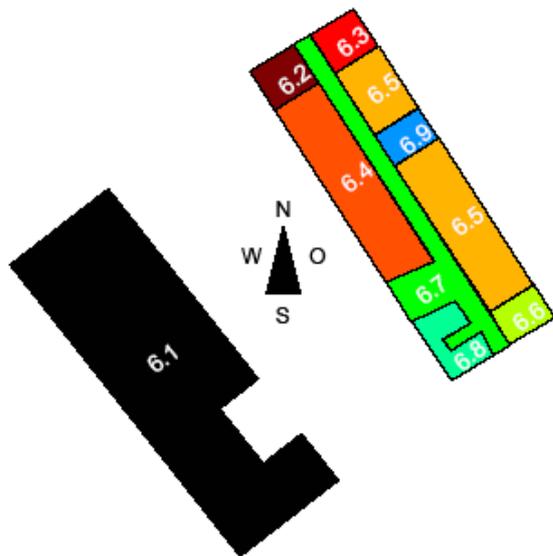


Abbildung 172: Zonierung des 6. OG in 9 thermische Zonen ähnlicher Nutzung

Abbildung 173 zeigt die Absolutwerte des Kühlenergiebedarfs und der maximalen Kühllast für die einzelnen thermischen Zonen des 6. OG. Bei der Betrachtung dieser Werte fallen vor allem die Zonen 6.1, 6.4 und 6.5 mit hohen Lasten auf. Primärer Grund dafür ist, dass es sich hier um Bereiche handelt, wo mehrere Büros zusammengefasst wurden und dadurch auch die Zonenflächen deutlich über den anderen Bereichen liegen. Aussagekräftiger ist somit Abbildung 174 mit den spezifischen Werten für Kühllast und Kühlenergiebedarf. Die höchsten Lasten weisen hier durchwegs Bürozononen (Zone 6.2, 6.4, 6.5, 6.6 und 6.9) auf. Betrachtet man den Kühlenergiebedarf, so ist jener bei den nach Südwesten orientierten Räumen (Zone 6.2 und 6.4) doch um über 30% höher als jener bei den nach Nordosten orientierten Büros.

**Kühlenergiebedarf und Maximale Kühllast der verschiedenen Zonen im 6.OG**

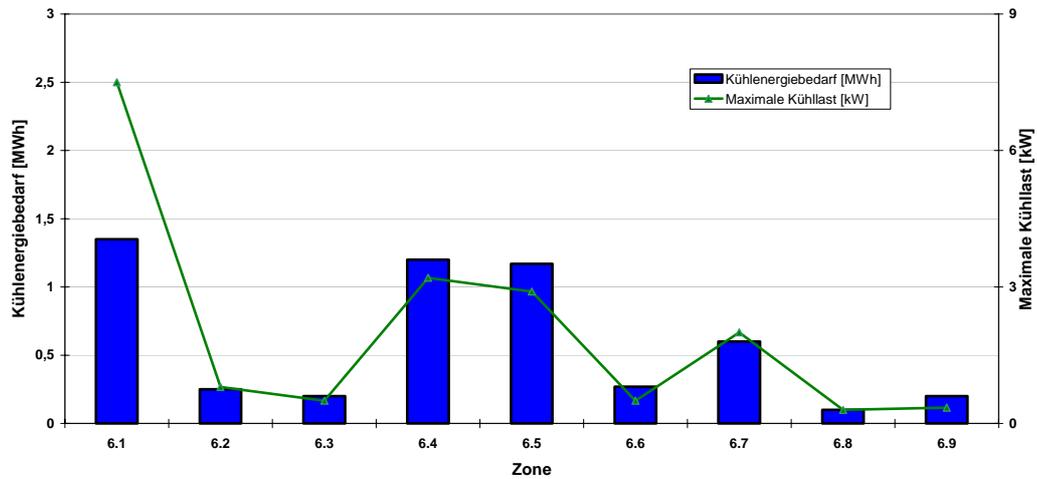


Abbildung 173: Gegenüberstellung des Kühlenergiebedarfs und der maximalen Kühllasten für die 9 thermischen Zonen im 6. OG

**Spez. Kühlenergiebedarf und Maximale spez. Kühllast der verschiedenen Zonen im 6.OG**

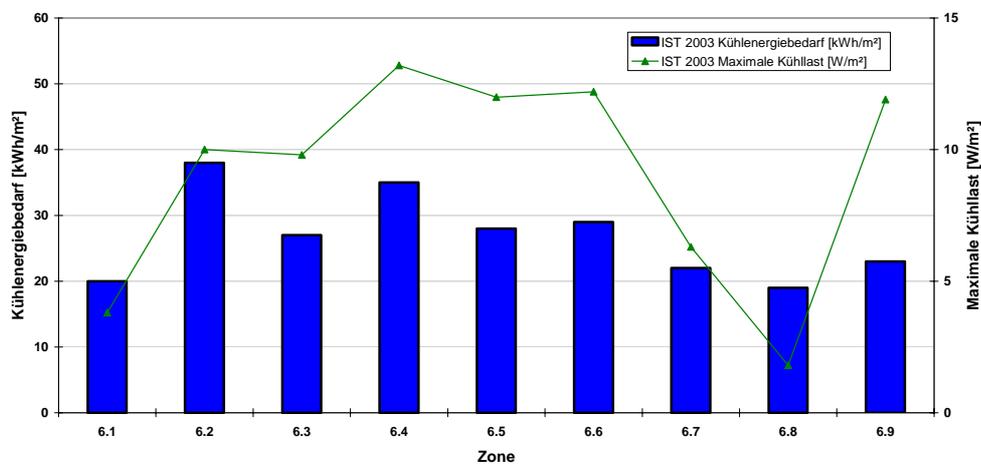


Abbildung 174: Gegenüberstellung des spezifischen Kühlenergiebedarfs und der maximalen spezifischen Kühllasten für die 9 thermischen Zonen im 6. OG

## 11 Sensitivitätsanalyse der Sanierungsvarianten

In diesem Abschnitt werden, aufbauend auf der IST - Situation des Gebäudes, verschiedene Sanierungsmaßnahmen zur Reduktion der externen und internen Lasten betrachtet. Der Schwerpunkt der Analyse liegt auf dem gesamten 6. OG bzw. auf einzelnen Zonen (Zone 6.4 = Südwest-Büro bzw. Zone 6.9 = Nordost-Büro). Nachfolgend ist in Tabelle 29 ein Überblick über die betrachteten Sanierungsvarianten für diese Bereiche angeführt. Zur besseren Übersicht wurde in der dritten Spalte das Kapitel ergänzt, in dem die Detailergebnisse zu finden sind.

Tabelle 61: Auflistung der Simulationsvarianten zum Oberlandesgericht Linz

Maßnahme	Variierte Parameter	Kapitel
<b>Reduktion der externen Lasten</b>	Variation der Verschattungssysteme Variation der Verschattungsregelung Variation des Luftwechsels Variation der Lüftungsregelung Nachtlüftungsvarianten	11.1
<b>Reduktion der internen Lasten</b>	Austausch der vorhandenen Beleuchtungskörper durch eine energieeffiziente Beleuchtung Tageslichtgeführte Regelung der Beleuchtung Ersatz der vorhandenen stromintensiven EDV-Geräte durch eine energieeffiziente Ausstattung	11.3
<b>Einbringung von Speichermassen</b>	Einbringung neuer bzw. Aktivierung vorhandener Speichermassen	11.2
<b>Kühlung über ein Lüftungssystem</b>	Variation der Zulufttemperatur Variation der Zulufttemperatur in Kombination mit Nachtlüftung	11.5.2
<b>Kühlung über ein wassergeführtes System</b>	Gebläsekonvektoren: Variation der Vorlauftemperatur Kühldecken: Variation der Systeme (z.B.: Kapillarrohr in Gipskartonplatten; Metallkühldecken; Unterputzkühldecken) Kühldecken: Variation der Vorlauftemperaturen und Flächen	11.5.3
<b>Kältequellen</b>	Nachtluft Kühltürme	11.6

Ziel bei der Betrachtung und Analyse dieser unterschiedlichen Sanierungsvarianten für das Oberlandesgericht Linz war es, analog zum beim Landhaus Bregenz, ein umfassendes, ganzheitliches Maßnahmenpaket zur Optimierung des Gebäudes auszuarbeiten.

## 11.1 Externe Lasten

Folgende für die externen Lasten verantwortlichen Parameter werden in diesem Kapitel bearbeitet:

- Solargewinne durch transparente Bauteile, die hauptsächlich durch ihre Ausrichtung, die gewählte Verglasung, die vorhandene Verschattungseinrichtung und das Verschattungsprofil (Aktivierungszeiten der Verschattung) beeinflusst werden.
- Lüftungswärmegewinne, welche, sofern keine mechanische Lüftungsanlage installiert ist, durch das Öffnen der Fenster bzw. durch Infiltration verursacht werden.
- Transmission durch Bauteile, die im wesentlichen durch den U-Wert und die Oberflächenfarbe bestimmt wird.

### 11.1.1 Solare Gewinne

Im ersten Schritt bei der Betrachtung von Sanierungsmaßnahmen soll das Kühlenergie-Einsparpotenzial bzw. die Behaglichkeitssteigerung von verschiedenen Verschattungskonzepten analysiert werden.



Abbildung 175: Derzeit installiertes Verschattungssystem (grauer Stoffscreen) beim Zubau (5. und 6.OG) des OLG Linz

Da das derzeit eingesetzte Verschattungssystem (graue Stoffscreens, Abbildung 175) noch in einem technisch einwandfreien Zustand ist (Errichtungsjahr 1998) und zusätzlich der Verschattungsgrad mit einem b-Wert von 0,92 (92% der auf die Verschattung einfallenden Solarstrahlung gelangen nicht in den Büroraum) sehr gut ist, wurde beim vorliegenden Objekt auf eine Variation des Verschattungssystems verzichtet. Auswirkungen unterschiedlicher Verschattungen (Raffstores, Screens, Fixverschattungen, Reduktion der Verglasungsflächen, etc.) auf die Solarlast wurden bei der Analyse des Landhaus Bregenz (Kapitel 9.1.1.1 Einfluss des Verschattungssystems) bereits detailliert untersucht. Grundsätzliche Erkenntnisse, die in diesem Abschnitt gewonnen wurden, haben allgemeine Gültigkeit und können bei Bedarf auf dieses (oder ein anderes Sanierungs-) Objekt übertragen werden.

Für die Betrachtung des Einsparpotenzials durch die Änderung der derzeitigen Verschattungsregelung (von 7:00 bis 16:30 Uhr zu 60% aktiv), wurden nachfolgende, in Tabelle 62 aufgelistete, Szenarien definiert. Bis auf die Variante mit Tageslichtregelung ist bei allen Verschattungsvarianten die Beleuchtung eingeschaltet, wenn die Verschattung aktiv ist.

Tabelle 62: Simulationsvarianten zur Verschattungsregelung mit den Änderungen zur IST – Situation

Simulationsvariante	Änderung zur IST - Situation
IST – Situation	Grauer Stoffscreen (b-Wert = 0,92) Verschattung ist von 7:00 bis 16:30 zu 60% aktiv Beleuchtung eingeschalten, wenn Verschattung aktiv
Keine Verschattung	Die Verschattung wird zu keiner Zeit aktiviert
7 – 18 Uhr	Die Verschattungszeiten werden an die Anwesenheitszeiten des Büropersonals angepasst (7 – 18 Uhr)
9 – 16:30 Uhr	Die Verschattungszeiten beginnen um 2 Stunden später als bei der IST - Situation (9 – 16:30 Uhr)
24 h aktiv	Die Verschattung ist immer (24 h/d) zu 100% aktiviert
Tageslichtregelung	Der Verschattungsgrad wird dem Tageslichtangebot so angepasst, dass die Innenbeleuchtungsstärke am Arbeitsplatz nahe dem Sollwert von 500 Lux liegt

Die Gegenüberstellung der unterschiedlichen Verschattungsregelungen liefert die in Abbildung 178 dargestellten Ergebnisse für den Kühlenergiebedarf und die maximale Kühllast. Werden beispielsweise die derzeit üblichen Verschattungszeiten von „7:00 – 16:30 Uhr“ auf „9:00 – 16:30 Uhr“ verändert, so ist zu erkennen, dass sich der derzeit mit 7:00 Uhr sehr frühe Verschattungsbeginn positiv auf den Gesamtkühlenergiebedarf auswirkt und beibehalten werden soll. Dadurch werden die solaren Einträge in den ostseitigen Büros gering gehalten und wirken sich positiv auf die Raumtemperatur für den gesamten restlichen Tag aus.

Die vom Nutzer unabhängige tageslichtoptimierte Regelung (Variante „Tageslichtregelung“) erzielt erwartungsgemäß die größten Erfolge und erreicht eine Kühlenergieeinsparung von über 80% bzw. eine Kühllastreduktion von knapp 70%. Das entspricht bei einer Netto-Büronutzfläche von rund 270 m<sup>2</sup> einer spezifischen Kühllastreduktion von 64 W/m<sup>2</sup> Bürofläche auf 22 W/m<sup>2</sup> Bürofläche.

Die Ergebnisse zur relativen Kühlenergieerduktion liegen hier auch in einer ähnlichen Größenordnung wie beim Landhaus Bregenz und lassen schon das mögliche Einsparpotenzial durch optimierte Verschattungsregelungen im Bürobestand erkennen.

Ein weiteres, bei näherer Überlegung erwartungsgemäßes Ergebnis aus diesen Untersuchungen ist, dass je besser die Verschattungsregelung ist, desto geringer ist der Einfluss der Orientierung der Büroräume auf die Kühllast. Differiert die Kühllast bei der IST – Situation je nach Orientierung um bis zu 30%, so ist bei der Variante mit Tageslichtregelung keine Orientierungsabhängigkeit der Kühllast mehr zu erkennen.

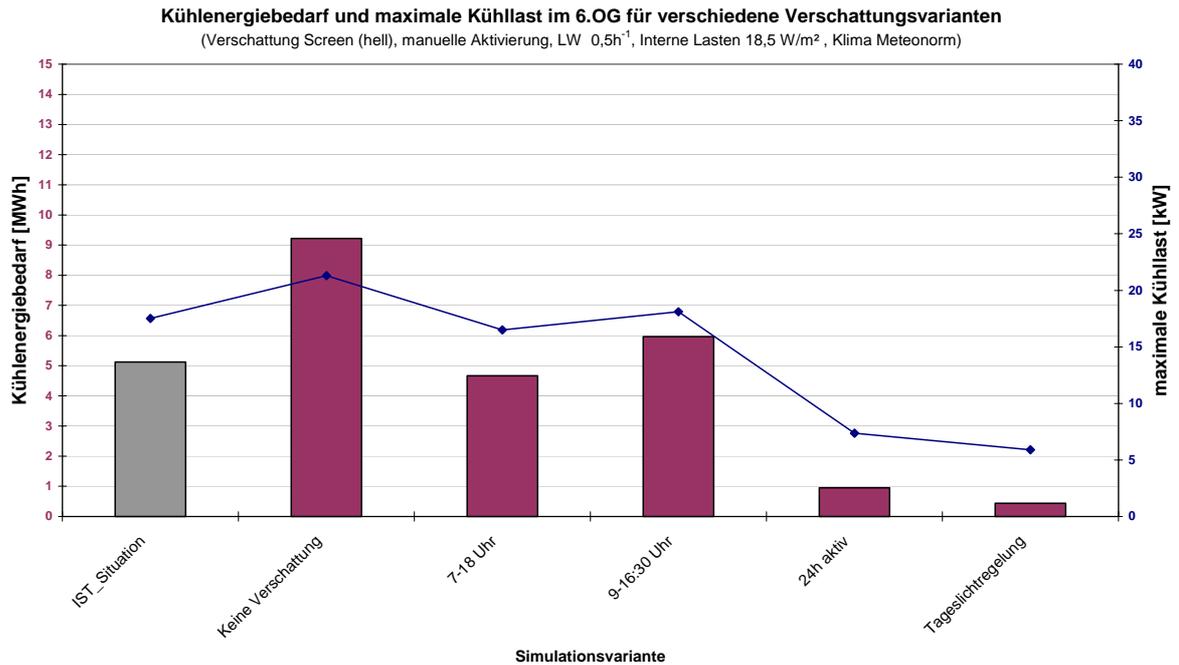


Abbildung 176: Kühlenergiebedarf und maximale Kühllast bei unterschiedlicher Verschattungsaktivierung

Betrachtet man die gleichen Sanierungsmaßnahmen für das ungekühlte Gebäude (Abbildung 177 zeigt die Ergebnisse für ein Südwestbüro), so ergeben sich Absenkungen der operativen Raumtemperatur von bis zu 6 K. Dadurch wird erreicht, dass sich die Temperaturspitzen in einem Bereich von 27°C bewegen. D.h. eine nahezu ausreichende Behaglichkeitssituation bereits durch diese Maßnahme erzielt werden kann. In Kombination mit einer etwas höheren Nachtlüftung sollte sich eine Überschreitung der 26°C auf wenige Ausnahmefälle reduzieren.

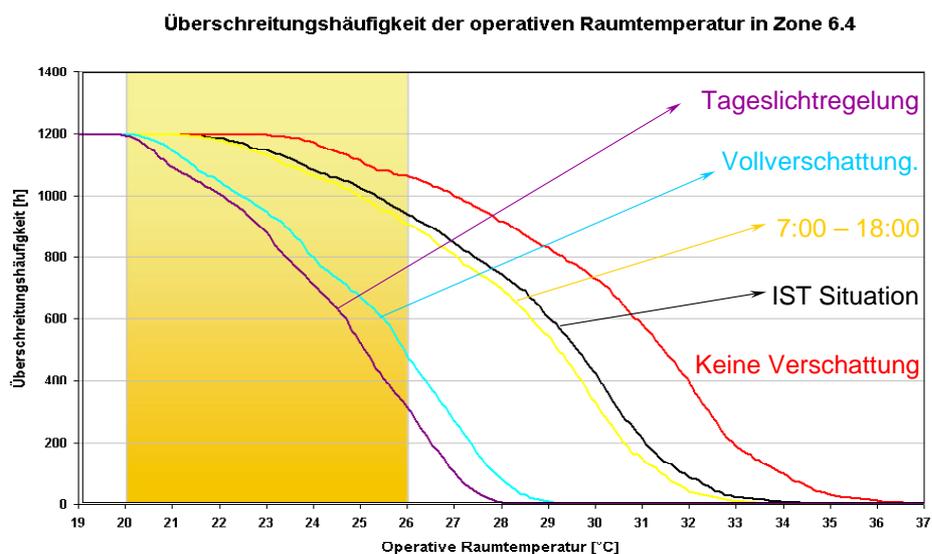


Abbildung 177: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperatur in Zone 6.4 (Südwestbüro) zur Bürozeit bei unterschiedlicher Verschattungsaktivierung

Wie die Ergebnisse gezeigt haben, kann mit der Installation einer Tageslichtregelung (eventuell in Kombination mit etwas höheren Nachtluftwechselraten) ein mit wenigen Ausnahmen ausreichend behagliches Raumklima geschaffen werden. Da der nachträgliche Einbau dieser Regelung jedoch mit höheren Investitionskosten verbunden ist, sollen in den nachfolgenden Untersuchungen Alternativen gefunden werden, die ähnliche Ergebnisse erzielen, jedoch kostengünstiger und mit den bereits vorhandenen Möglichkeiten erzielbar wären. Aus diesem Grund wird, bezogen auf die Verschattungsregelung, für die Simulation angenommen, dass die Büronutzer ihr Verhalten nicht verändern und weiterhin die Verschattung in den Sommermonaten von 7:00 – 16:30 zu 60% gezogen wird.

### 11.1.2 Lüftungswärmegewinne

Ausgehend von den dokumentierten Rahmenbedingungen (Kapitel 10.1.5.2), wurden die in Tabelle 63 aufgelisteten Lüftungsvarianten definiert.

Tabelle 63: Lüftungsvarianten mit den Änderungen zur IST – Situation

Simulationsvariante	Änderung zur IST - Situation
IST – Situation	Grauer Stoffscreen (b-Wert = 0,92) Verschattung ist von 7:00 bis 16:30 zu 60% aktiv 0,5 h <sup>-1</sup> über 24 Stunden, außer: Sommer von 1 – 6 Uhr: ~1,5-facher Luftwechsel durch Zuluftanlage, wenn Raumtemperatur > 24°C
LW 0,5 h <sup>-1</sup> _24h	Es wird auf die sommerliche Nachtlüftung über Zuluftanlage verzichtet
NLW 1,5 h <sup>-1</sup>	Lüftung mit 1,5-fachem Nachtluftwechsel (20 – 6 Uhr, wenn Raumtemperatur > 24°C)
NLW 3,0 h <sup>-1</sup>	Lüftung mit 3,0-fachem Nachtluftwechsel (20 – 6 Uhr, wenn Raumtemperatur > 24°C)
NLW 6,0 h <sup>-1</sup>	Lüftung mit 6,0-fachem Nachtluftwechsel (20 – 6 Uhr, wenn Raumtemperatur > 24°C)
NLW_2 Fenster 5°	Nachtlüftung (20 – 6 Uhr) über 2 Fenster mit je 5° Öffnungswinkel
NLW_2 Fenster 10°	Nachtlüftung (20 – 6 Uhr) über 2 Fenster mit je 10° Öffnungswinkel

Die Ergebnisse zu den beschriebenen Lüftungsvarianten für das ideal gekühlte Gebäude sind in Abbildung 178 dargestellt. Bei den Varianten mit mechanischer Nachtlüftung (NLW 1,5 h<sup>-1</sup>, NLW 3,0 h<sup>-1</sup> und NLW 6,0 h<sup>-1</sup>) zeigt sich das steigende Kühlenergie-Einsparpotenzial mit zunehmendem Nachtluftwechsel. Die maximale Kühllast reduziert sich auf bis zu 80%, der Kühlenergiebedarf auf bis zu 40%. Bei der Variante mit 6-fachem Luftwechsel kann man auch den Einfluss der Lüftungszeiten auf die Kühllast sehr gut erkennen. Dadurch, dass mit der Nachtlüftung um 20 Uhr begonnen wird, können für kurze Zeit Wärmelasten in den Raum eingebracht, statt abgeführt werden. Dadurch ist die maximale Kühllast in diesem Fall sogar

höher als bei der IST – Situation. Ein späterer Beginn der Nachtlüftung bzw. eine Kopplung der Laufzeiten mit der Außentemperatur wäre somit erforderlich.

Die Fensterlüftungsvarianten haben den großen Vorteil, dass sie fremdenergiefrei funktionieren und somit, außer etwaigen Wartungsaufwendungen, keine laufenden Kosten entstehen. Im vorliegenden Fall kann durch Fensterlüftung eine Kühlenergieeinsparung erreicht werden, die im Bereich der 3-fachen mechanischen Nachtlüftung liegt, jedoch den großen Vorteil hat, dass kein zusätzlicher Primärenergieaufwand erforderlich ist. Nach Möglichkeit ist also der Fensterlüftung der Vorzug zu geben.

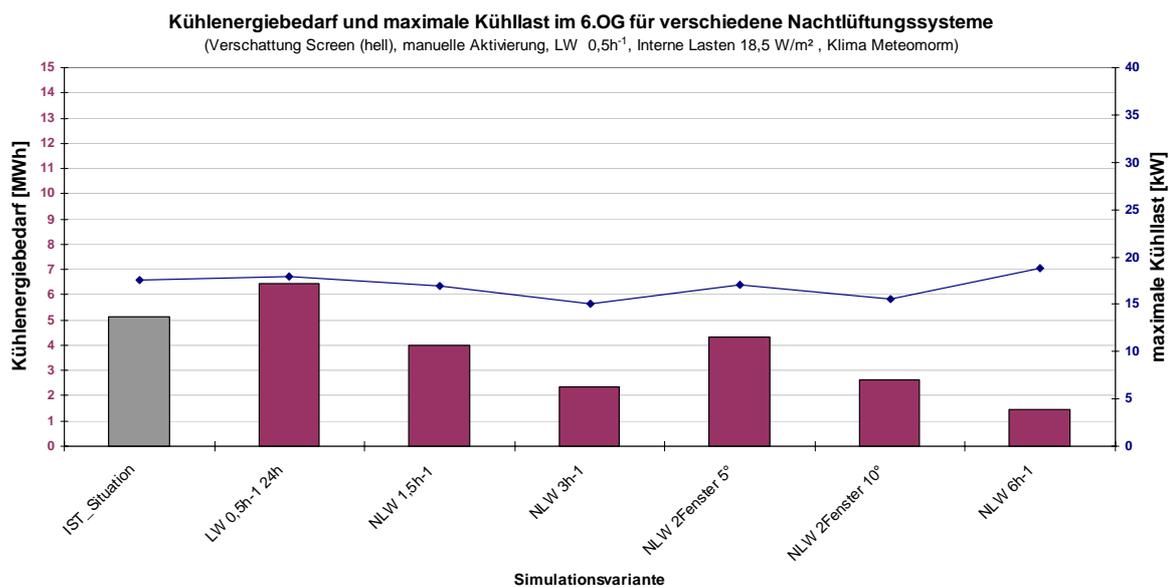


Abbildung 178: Kühlenergiebedarf und maximale Kühllast unterschiedlicher Nachtlüftungsvarianten

Analog zur Betrachtung des ideal gekühlten Objektes folgen in Abbildung 179 die Ergebnisse für das ungekühlte Gebäude, ausgewertet in Form der Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperatur für ein Südwestbüro während der Bürozeiten. Die Überschreitungshäufigkeit der 26°C Grenze kann zwar von über 900 Stunden (IST-Situation) auf rund die Hälfte (400 h bei 6-fachem Nachtluftwechsel) reduziert bzw. die Raumtemperaturspitzen um etwa 4 K abgesenkt werden, dennoch bleiben die Ergebnisse relativ deutlich hinter einer optimierten Verschattungsregelung. Sinnvoll im Zusammenhang mit Kühllastreduktionen ist aber auf jeden Fall eine primärenergiefreie Nutzung der kühlen Nachtluft über Fensterlüftung.

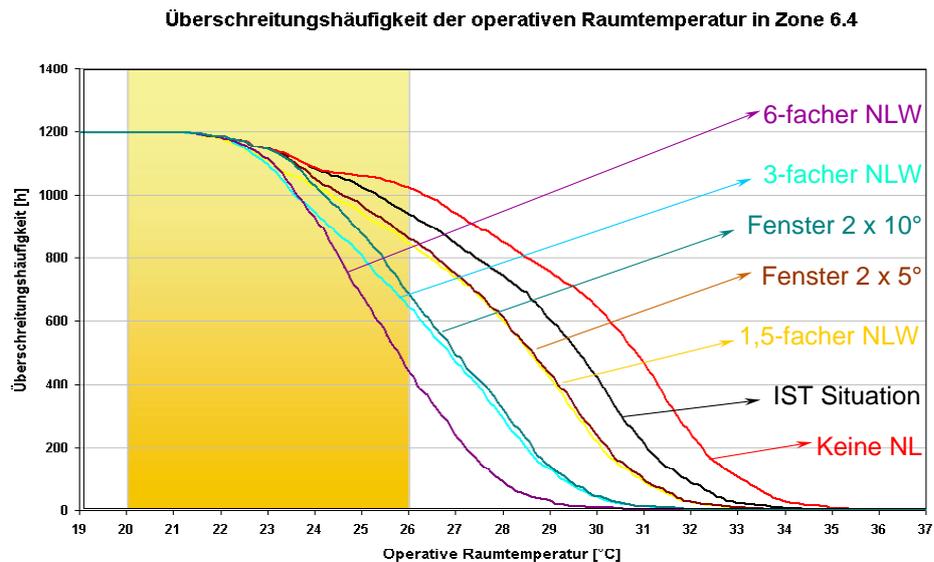


Abbildung 179: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperatur in Zone 6.4 (Südwestbüro) zur Bürozeit bei unterschiedlicher Lüftungsvarianten

### 11.1.3 Transmissionswärmegewinne

Da Änderungen an der Gebäudehülle im vorliegenden Projekt nicht vorgesehen sind bzw. Änderungen der opaken Fassadenflächen im Vergleich zu den Aufwendungen nur geringe Reduktionen der Gebäudekühllast mit sich bringen, wurde auf Variationen einzelner Bauteilaufbauten verzichtet. Für alle in der Sensitivitätsanalyse untersuchten Simulationsvarianten gelten daher die bestehenden Wandaufbauten.

## 11.2 Speichermassen

Im vorliegenden Objekt stehen in den Bürobereichen bereits größere Flächen an Speichermasse zur Verfügung. So ist neben den Gipskarton-Innenwänden und einem Parkettboden auch die gesamte Betondecke voll nutzbar. Wie sich eine zusätzliche Erhöhung der aktivierbaren Speichermassen auswirkt, zeigt Abbildung 180 sehr deutlich. Hier sind die Änderungen der Überschreitungshäufigkeiten dargestellt, wenn man innerhalb der beiden Fensterlüftungsvarianten (2 Fenster mit je 5° bzw. 10° Öffnungswinkel) die Innenwände zusätzlich mit einer zweiten Gipskartonebene versieht. Die Verbesserungen sind marginal und rechtfertigen den dafür erforderlichen Aufwand nicht. Ähnliche Erkenntnisse ergeben sich bei einer, neben den Gipskartonplatten, weiteren Einbringung von Speichermassen. Beispielsweise könnten durch den Austausch des Parkettbodens durch Fliesenböden die Spitzentemperaturen um nur maximal 1 K reduziert werden.

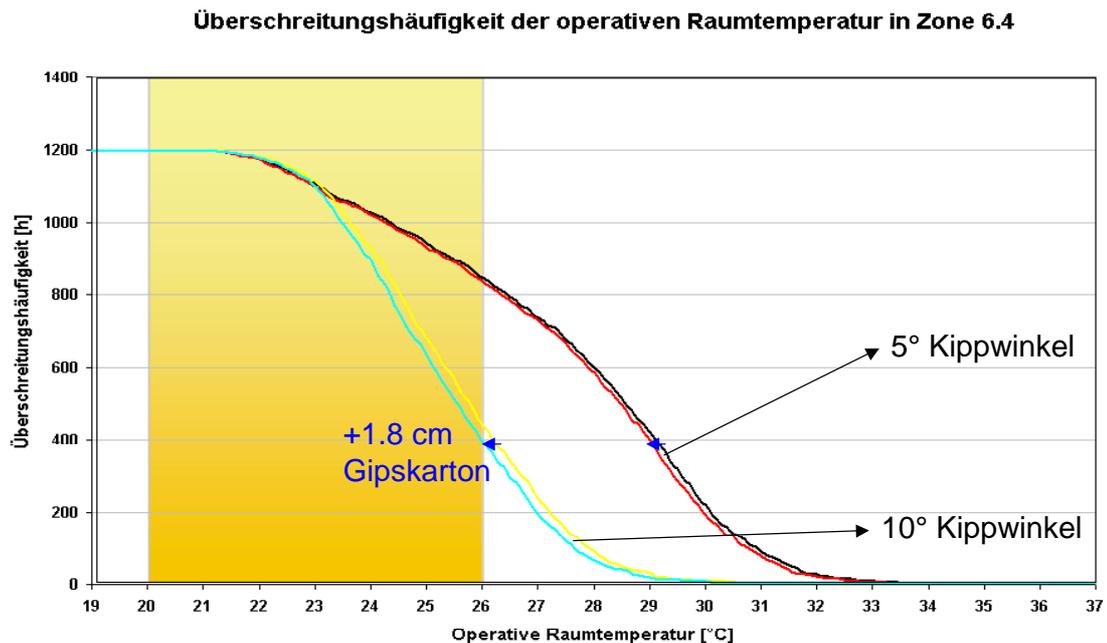


Abbildung 180: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperatur in Zone 6.4 (Südwestbüro) zur Bürozeit bei Erhöhung der Speichermassen durch eine zusätzliche Gipskarton-Bepunktung

### 11.3 Interne Lasten

Wie bereits in vorangegangenen Kapiteln erläutert, setzen sich die internen Lasten eines Gebäudes aus den drei Teillasten durch Personen, Beleuchtung und Geräte zusammen. In den beiden nachfolgenden Abschnitten wird dazu für das OLG Linz das Einsparpotenzial des Kühlenergiebedarfs bzw. die Möglichkeit zur Absenkung der Raumübertemperaturen durch Optimierungsmaßnahmen an den internen Wärmeeinträgen analysiert.

#### 11.3.1 Personen

Die Personenlasten machen im Gebäudebestand im Mittel 15 – 20% der Gebäudekühllast aus. Vor allem bei dicht belegten Büroräumen (entwickelt sich im Bürobestand oft im Laufe der Nutzungsjahre), können sich durch grundsätzliche Änderungen des Raumkonzepts Möglichkeiten zur Reduktion der Kühllast ergeben. Da im vorliegenden Projekt solche Änderungen am Belegungsplan jedoch nicht vorgesehen bzw. nicht erforderlich sind, sind auch Variationen der Personenbelegung nicht zielführend. Für alle in der Sensitivitätsanalyse untersuchten Simulationsvarianten gelten daher die IST - Belegungsdaten (siehe Abschnitt 10.1.6.1). Umgerechnet auf spezifische Kühllasten liegen die Personenlasten für den vorliegenden Fall in einem Bereich von zirka 6 W/m<sup>2</sup>, was einer Belegungsdichte von rund 18 m<sup>2</sup> / Person entspricht.

### 11.3.2 Bürogeräte und Beleuchtung

Bereits bei der Dokumentation der internen Lasten war ersichtlich, dass nicht zuletzt aufgrund des noch relativ neuen Zubaus (Errichtungsjahr 1998) die internen Lasten durch Bürogeräte bzw. Beleuchtung bereits niedrige Wärmelasten verursachen. Die installierten Beleuchtungslasten von rund 14 W/m<sup>2</sup> Bürofläche liegen noch immer in einer Bandbreite eines heute verfügbaren modernen Beleuchtungssystems. Bei der EDV-Ausstattung ist es ähnlich wie beim Landhaus Bregenz. Bei Ersatzbedarf bzw. Erweiterung der EDV werden kontinuierlich die Röhrenbildschirme durch Flachbildschirme ersetzt. Daher liegt man im OLG Linz mit einer Aufteilung von rund 50% PC + Röhrenbildschirm und 50% PC + TFT-Bildschirm auch hier in einem spezifischen Wärmelastbereich (rund 6 W/m<sup>2</sup> Bürofläche), der eher auf ein geringes Einsparpotenzial hindeutet.

Diese Umstände waren auch der Grund dafür, warum die Optimierungsmaßnahmen für diese beiden Bereiche gleich in Kombination betrachtet wurden.

Tabelle 64: Varianten für EDV-Geräte und Beleuchtung mit den Änderungen zur IST – Situation

Simulationsvariante	Änderung zur IST - Situation
IST – Situation	Grauer Stoffscreen (b-Wert = 0,92) Verschattung ist von 7:00 bis 16:30 zu 60% aktiv 0,5 h <sup>-1</sup> über 24 Stunden, außer: Sommer von 1 – 6 Uhr: ~1,5-facher Luftwechsel durch Zuluftanlage, wenn Raumtemperatur > 24°C Beleuchtung aktiv bei Verschattung (14 W/m <sup>2</sup> Bürofläche) EDV-Ausstattung: ~6 W/m <sup>2</sup> Bürofläche
Basisvariante Beleuchtung + Geräte	Grauer Stoffscreen (b-Wert = 0,92) Verschattung ist von 7:00 bis 16:30 zu 60% aktiv Luftwechsel 0,5 h <sup>-1</sup> über 24 Stunden, außer: Sommer von 1 – 6 Uhr: ~1,5-facher Luftwechsel durch Zuluftanlage, wenn Raumtemperatur > 24°C Gipskartonplatte als zusätzliche Speichermasse
Beleuchtung_7 W/m <sup>2</sup>	Bei Verschattung werden nur mehr 50% der Beleuchtung aktiviert
Laptop mit Flach- bildschirm	Alle Arbeitsplätze werden auf Laptops mit TFT-Bildschirm umgerüstet (TFT-Bildschirm 17,5 W, Laptop 40 W)

Abbildung 181 zeigt zu den oben definierten Varianten die Überschreitungshäufigkeiten der operativen Raumtemperatur zur Bürozeit. Dargestellt ist der Verlauf der IST – Situation und die Optimierungsmaßnahmen (1,5-facher Nachtluftwechsel, Gipskartonplatte als zusätzlich Speichermasse), die in der Basisvariante „Geräte + Beleuchtung“ enthalten sind sowie die Verläufe bei reduzierter Beleuchtungs- bzw. Bürogeräte-Last. Durch die nur mehr 50%ige Aktivierung der Beleuchtung im Verschattungsfall (Variante: Beleuchtung\_7 W/m<sup>2</sup>) können die Spitzentemperaturen um rund 1 K herabgesetzt werden. Die zusätzliche Umrüstung der PC-Arbeitsplätze auf Laptops mit Flachbildschirmen bringt nochmals 0,5 K.

Beim ideal gekühlten Gebäude können durch diese Verbesserungsmaßnahmen in Summe, bezogen auf die Basisvariante „Geräte + Beleuchtung“, rund 25% an Kühlenergie eingespart bzw. rund 10% der Kühllast reduziert werden.

**Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperatur in Zone 6.4**

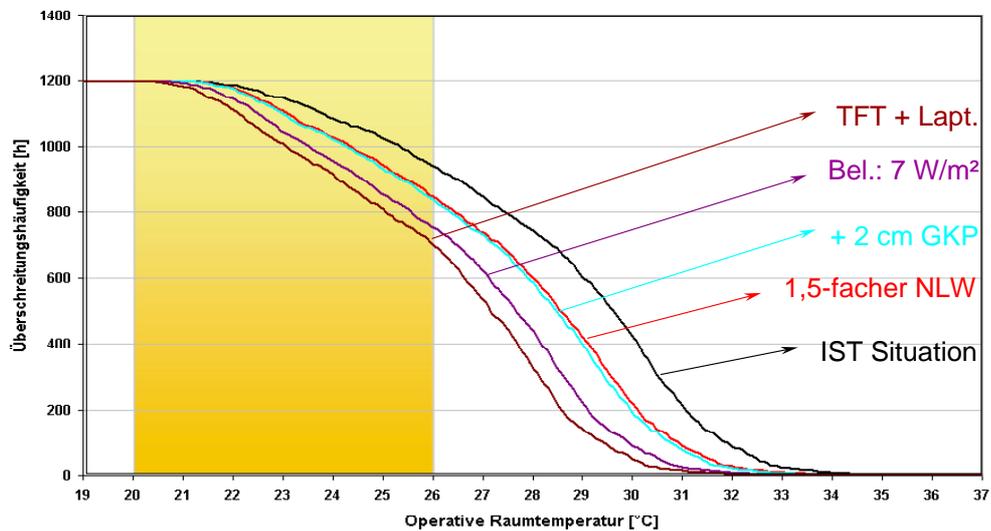


Abbildung 181: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperatur in Zone 6.4 (Südwestbüro) zur Bürozeit. Gegenüberstellung von Maßnahmen zur Reduktion der Wärmelasten durch EDV und Beleuchtung mit den Basisvarianten.

## 11.4 Zusammenfassung zu den gebäudeseitigen Sanierungsmaßnahmen

Bereits bei der Analyse der IST – Situation (Kapitel 10.2) hat sich gezeigt, dass trotz der Überhitzungsproblematik im OLG Linz, die Kühllasten auf einem relativ geringen Niveau liegen bzw. auch gebäudeseitig gute Voraussetzungen bestehen (Effizientes Verschattungssystem, aktivierbare Speichermassen, grundsätzliche Möglichkeit einer Nachtlüftung, installierte Lasten durch Beleuchtung und Bürogeräte liegen im guten Mittelfeld), die Überhitzungsproblematik durch Kühlastreduktionsmaßnahmen in den Griff zu bekommen.

Dass dies auch tatsächlich möglich ist, hat bereits die Sensitivitätsanalyse zu den solaren Gewinnen gezeigt (Kapitel 11.1.1). Wird das vorhandene, im Bezug auf die Solarlasten sehr effiziente, Verschattungssystem (b-Wert = 0,92) mit einem entsprechend optimierten Nutzerverhalten bzw. mit einer Tageslichtregelung versehen, so sind zum Großteil bereits die sommerlichen Bürostunden in einem behaglichen Temperaturbereich. Die Spitzentemperaturen liegen etwas über 27°C. Jede weitere Optimierungsmaßnahme in Kombination mit dieser Verschattungsregelung kann schon dazuführen, dass die 26°C Grenze nur mehr an wenigen Sommerstunden überschritten wird. Sinnvoll in diesem Zusammenhang wäre es die vorhandene Lüftungsanlage zu nutzen und die bisher festgelegten Regelkriterien (Laufzeit von 1 – 6 Uhr, wenn die Raumtemperatur über 24°C liegt) etwas abzuändern. So kann mit einer Erhöhung der Laufzeit (z.B. von 20 – 6 Uhr, wenn die Raumtemperatur über 22°C liegt) eine Kühlenergieeinsparung von rund 25% des derzeitigen Bedarfs (14 kWh/m<sup>2</sup>a) erzielt werden.

Beim vorliegenden Objekt ist es somit möglich, rein mit Lastreduktionsmaßnahmen (in Kombination mit einer effizienten Nutzung der Nachtlüftungsanlage) überwiegend behagliche Raumtemperaturen zu erzielen. Eine zusätzliche Installation eines Kälteabgabesystems bzw. die Integration einer Kühlung mittels Umweltenergien sollte daher bei gleichbleibenden Rahmenbedingungen (keine höheren Belegungsdichten, keine Erhöhungen der internen Lasten durch zusätzliche Bürogeräte, etc.) nicht erforderlich sein bzw. nicht angestrebt werden.

Durch dieses sehr positive Ergebnis aus der Analyse der Lastreduktionsmaßnahmen wären Analysen von Kälteabgabesystemen für das konkrete Objekt nicht mehr erforderlich. Dass trotzdem mögliche Kühlvarianten für das OLG Linz in den nächsten Abschnitten kurz zusammengefasst sind, hat folgende Hintergründe:

- Vergleichbarkeit der Ergebnisse vom Landhaus Bregenz
- Die vorgeschlagenen Lastreduktionsmaßnahmen werden nicht in entsprechender Form umgesetzt und es kommt weiterhin zu Überhitzungen
- Der Gebäudebetreiber benötigt ein „Backup-System“, dass ihm jederzeit Raumtemperaturen unter 26°C gewährleistet, um die Zufriedenheit der Büronutzer sicherzustellen

## 11.5 Konzepte zur Kühlenergieverteilung und -abgabe

Das OLG Linz hat, wie im vorigen Kapitel erläutert, das Potenzial bei den derzeitigen Rahmenbedingungen (effizientes Verschattungssystem, aktivierbare Speichermassen, grundsätzliche Möglichkeit einer Nachtlüftung, installierte Lasten durch Beleuchtung und Bürogeräte liegen im guten Mittelfeld) in Kombination mit einer optimierten Verschattungsregelung (durch die Nutzer selbst oder über eine Tageslichtregelung) ohne zusätzliches Kühlsystem auszukommen.

Für den Fall, dass beispielsweise die vorgeschlagenen Lastreduktionen nicht zur Umsetzung kommen bzw. aufgrund anderer Umstände (z.B.: interne Lasten steigen durch höhere Belegungsdichten und EDV-Ausstattungen) werden Möglichkeiten zur luft- bzw. wassergeführten Energieversorgung kurz dargestellt und bewertet.

### 11.5.1 Ausgangsvariante

Da die Integration des Kälteabgabesystems in die Gebäudesimulation sehr komplex ist, wurde (um die Rechenzeiten in einem vertretbaren Rahmen zu halten) für die Betrachtung der Kälteabgabesysteme eine typische Bürozone im 6. Obergeschoß (Zone 6.4, Abbildung 182) herangezogen.

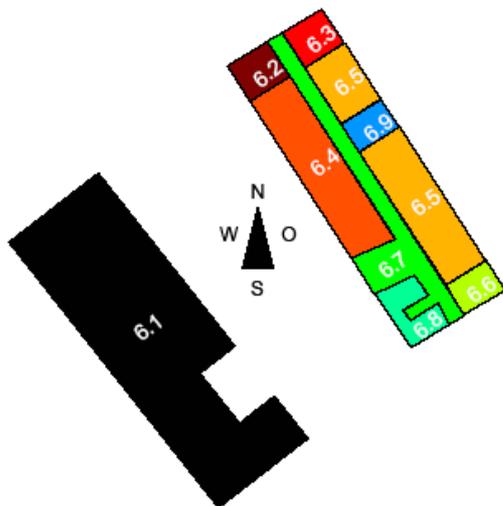


Abbildung 182: Zonierung des 6.OG in 9 thermische Zonen ähnlicher Nutzung

Als Ausgangsvariante für die Betrachtung der Energieverteil- und Energieabgabesysteme wurde eine lastreduzierte Variante herangezogen. Dieser Basisvariante liegen folgende Rahmenbedingungen zu Grunde:

- IST – Verschattung (graue Stoffscreens)
- IST – Verschattungsregelung (manuell von 7:00 – 16:30 Uhr)
- 1,5-facher Nachtluftwechsel über die Lüftungsanlage (20:00 – 6:00 Uhr, wenn die Raumtemperatur > 22°C)
- Bei Verschattung wird Beleuchtung aktiviert
- Einsatz von energieeffizienten Bürogeräten (es werden keine Röhrenbildschirme verwendet)

Als Ergebnis dieser Maßnahmen ergeben sich die in Abbildung 183 dargestellten spezifischen Kühllasten bzw. Kühlenergien. Je nach geforderter Raumtemperatur ergibt sich der Kühlbedarf. Für die weiteren Betrachtungen wurde als maximal zulässige Raumtemperatur 26°C definiert. Bei dieser Grenztemperatur ergeben sich spezifische Kühlwerte für die Zone 6.4 (Südwestbüro) von rund 32 W/m<sup>2</sup> Büro Nutzfläche und etwa 7 kWh/m<sup>2</sup>a.

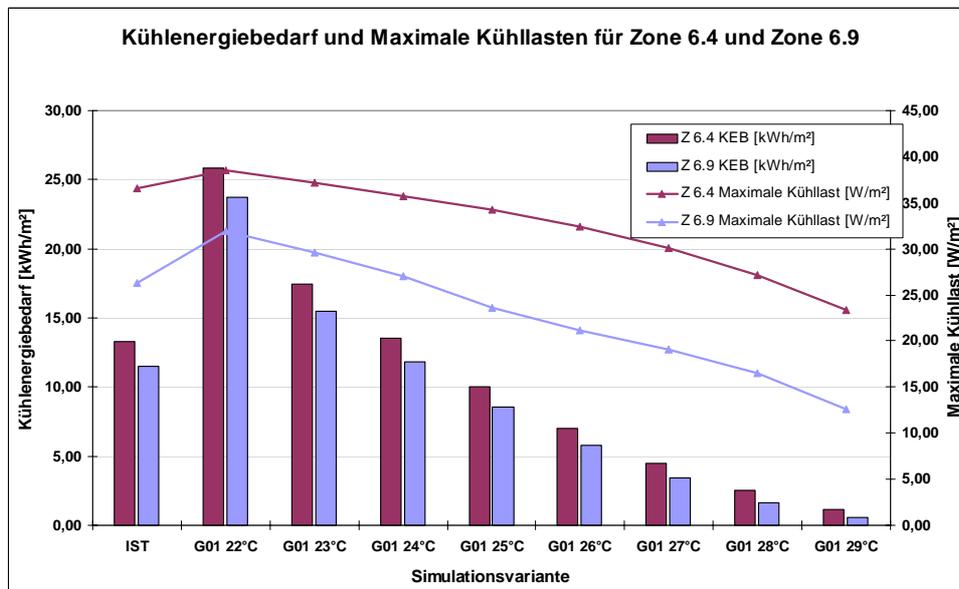


Abbildung 183: spezifischer Kühlenergiebedarf und spezifische maximale Kühllast für die Zonen 6.4 und 6.9 in Abhängigkeit unterschiedlicher Anforderungen an Raumtemperaturen

### 11.5.2 Luftgeführte Energieversorgung

Die Ergebnisse zur luftgeführten Energieversorgung haben bereits beim Landhaus Bregenz gezeigt, dass eine energie- und kosteneffiziente Kühlung nur durch den Betrieb eines Lüftungssystems während der Bürozeiten kaum möglich ist. Beim Landhaus Bregenz war dies zwar theoretisch möglich, jedoch müsste bei hygienischem Luftwechsel die Zulufttemperatur auf unter die 0°C Grenze konditioniert werden bzw. der Luftwechselwechsel, bei einer Zulufttemperatur von 20°C, auf ein rund 10-faches des hygienischen Luftwechsels erhöht werden.

Die Ergebnisse beim OLG Linz sind von der Tendenz her ähnlich, jedoch erzielt man aufgrund der geringeren Kühllasten etwas günstigere Ergebnisse. So können bei hygienischem Luftwechsel (0,5 h<sup>-1</sup>) bereits mit Zulufttemperaturen um 12°C Raumtemperaturen erzielt werden, die maximal 27°C erreichen. Ein ähnliches Ergebnis kann erreicht werden, wenn man bei einer Zulufttemperatur von 18°C den Luftwechsel auf 1 h<sup>-1</sup> erhöht (Abbildung 184). Durch eine weitere Erhöhung des Luftvolumenstroms auf den 1,5-fachen Luftwechsel könnte man sogar ein durchgehend behagliches Raumklima unter 26°C erreichen. Die Realisierung des 1,5-fachen Luftwechsels könnte hier sogar mit der bereits vorhandenen Lüftungsanlage erfolgen. Die Zulufttemperatur von 18°C ist grundsätzlich für den idealen Einsatz von Umweltenergien etwas zu tief, liegt aber im möglichen Bereich von Grundwassernutzung bzw. Kühlturm- oder Erdsonden-Systemen.

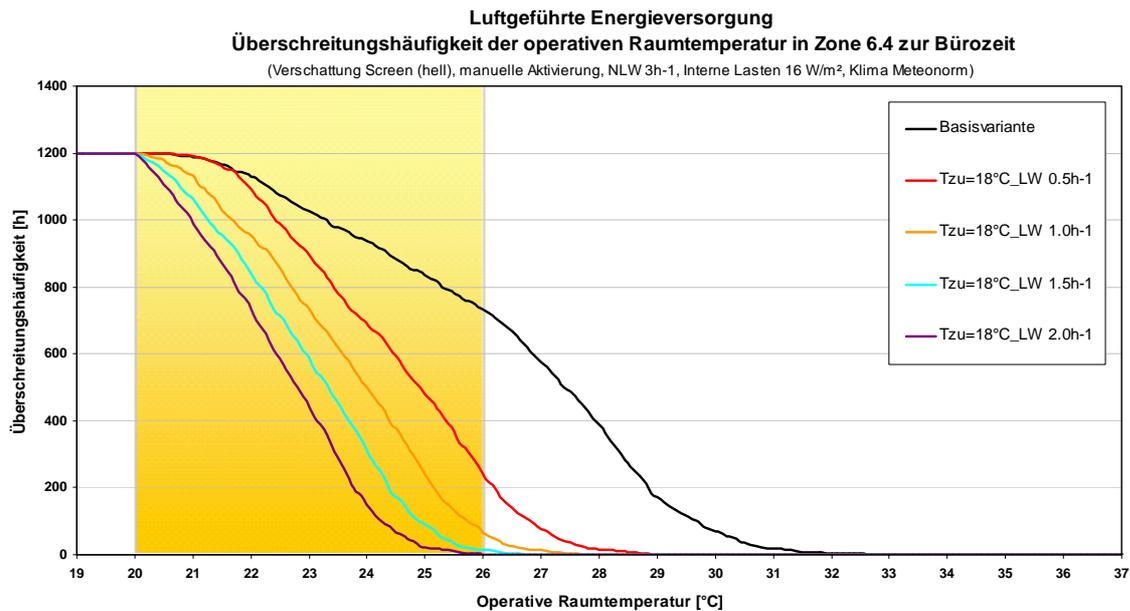


Abbildung 184: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumlufttemperatur in Zone 6.4 (Südwestbüro) bei Variation des Luftvolumenstroms zu den Bürozeiten

### 11.5.3 Wassergeführte Energieversorgung

Wassergeführte Systeme haben den Vorteil, dass der Wärme-/Kälteträger Wasser im Vergleich zu Luft eine wesentlich höhere spezifische Wärmekapazität und Dichte hat. Das hat beim Transport von Energie wiederum den Vorteil, dass bei gleichem Primärenergieaufwand (Pumpenenergie) eine deutlich höhere Kühlenergiemenge transportiert werden kann. In diesen Abschnitten werden daher Kühldeckensysteme bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen untersucht. Auch hier wurden (wie bei den luftgeführten Systemen) die Simulationsvarianten so definiert, dass Lösungsansätze mit möglichst hohen Kühltemperaturen möglich werden und somit Umweltenergien (Nachtluft, Erdreich, Grundwasser, etc.) genutzt werden können.

Als Basis für die Berechnungen gelten auch hier wieder die spezifische Kühllast von 32 W/m<sup>2</sup> Büronutzfläche und der spezifische Kühlenergiebedarf von 7 kWh/m<sup>2</sup>a (Kapitel 11.5.1).

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde, nachdem im OLG Linz die Betondecke direkt nutzbar ist, eine Unterputzkühldecke mit nachfolgenden Daten untersucht:

- Universa Unterputz-Kühldecke (Universa, 2004)
- Kapillarrohmatte PN 20  
(Sammelrohr d=20 / s=2 mm, Kapillarrohr d=8,0 / s=1,0 mm)
  - Kapillarrohrabstand: 40 mm
  - Spez. Kühlleistung: 76 W/m<sup>2</sup> (16°C/19°C und 25,53 kg/m<sup>2</sup>h)

Die Betriebszeiten für die Kühldecke wurden so festgelegt, dass sie nur zu den Bürozeiten (7 – 18 Uhr) und wenn die Raumtemperatur größer als 23°C ist, aktiviert wird.

Schwerpunkt der Analyse ist wiederum:

- Wie hoch können die Vorlauftemperaturen maximal sein, damit das Gebäude noch ausreichend gekühlt wird?
- Wie klein darf die installierte Kühldeckenfläche sein, damit das Gebäude noch ausreichend gekühlt wird?

Die Ergebnisse zur Variation der Vorlauftemperatur und zur Variation der Kühldeckenfläche sind in Abbildung 185 und Abbildung 186 in Form der Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperatur zu den Bürozeiten dargestellt.

Bei der Variation der Vorlauftemperatur (die Kühlfläche wird mit 75% der gesamten Bürofläche konstant gehalten) zeigen sich ähnliche Ergebnisse wie beim Landhaus Bregenz. Bei den hier zu Grunde liegenden Betriebszeiten der Kühldecke sind Vorlauftemperaturen von ~ 21°C möglich um bis auf wenige Bürostunden immer im Behaglichkeitsbereich unter 26°C zu bleiben. Modifiziert man noch die Betriebszeiten (z.B. Beginn des Kühlbetriebs bereits vor Bürobeginn) so können auch 22°C für eine ausreichende Kühlung genügen.

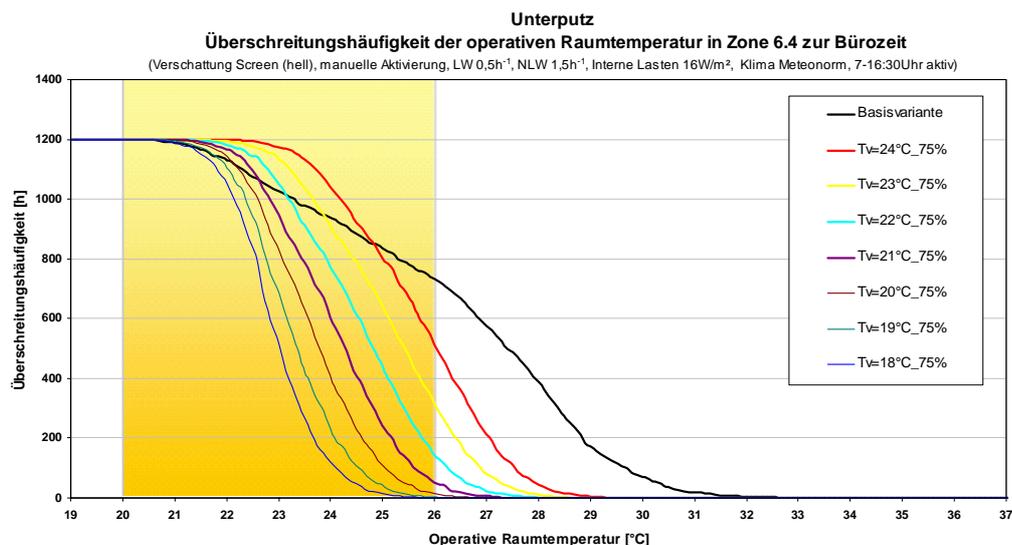


Abbildung 185: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumlufttemperatur in Zone 6.4 (Südwestbüro) zur Bürozeit bei Variation der Vorlauftemperatur (Kühldeckenfläche = 75% der Bürofläche)

Besteht aufgrund der verfügbaren Kältequelle die Möglichkeit, auch etwas tiefere Temperaturen (20°C) zu realisieren, so zeigt sich in Abbildung 186, dass auch eine Reduktion der Kühldeckenfläche um fast 50% Raumtemperaturen liefert, die noch als tolerierbar anzusehen sind. So kommt es bei einer installierten Kühlfläche von 45% der Bürofläche zwar zu Überschreitungen der 26°C Grenze, eine Raumtemperatur von 27°C tritt aber nahezu nie auf.

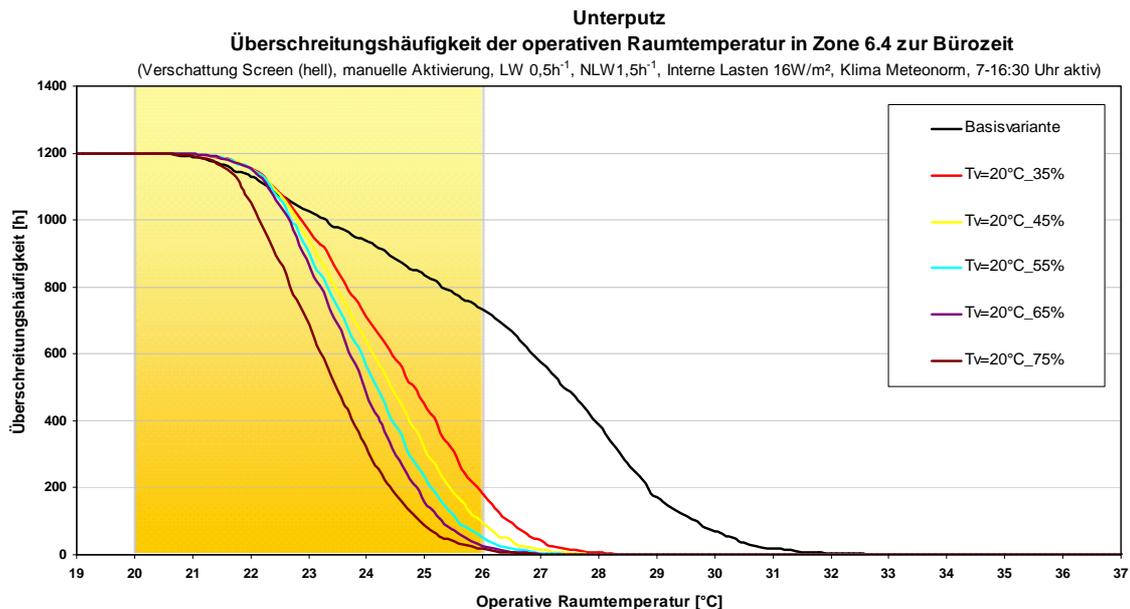


Abbildung 186: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumlufttemperatur in Zone 6.4 (Südwestbüro) zur Bürozeit bei Variation der Kühldeckenfläche (Vorlauftemperatur = 20°C)

### 11.6 Nachhaltige Kältequellen (Wärmesenken)

Wie bereits beim Landhaus Bregenz dargestellt, gibt es mehrere Möglichkeiten Umweltenergien effizient zur Kühlung von Gebäuden einzusetzen. Auch beim vorliegenden Objekt können diese Systeme grundsätzlich eingesetzt werden. Wie jedoch die Dokumentation der IST – Situation bzw. die Ergebnisse aus den Analysen der Lastreduktionsmaßnahmen gezeigt haben, sind die Rahmenbedingungen (Effizientes Verschattungssystem, aktivierbare Speichermassen, grundsätzliche Möglichkeit einer Nachtlüftung, installierte Lasten durch Beleuchtung und Bürogeräte liegen im guten Mittelfeld) bereits gut und sind durch reine Lastreduktionen die Möglichkeiten gegeben, ein durchgehend behagliches Raumklima zu den Bürozeiten zu erzielen. Daher erscheint es als nicht sinnvoll bei gleichbleibenden Rahmenbedingungen (keine höheren Belegungsdichten, keine Erhöhungen der internen Lasten durch zusätzliche Bürogeräte, etc.) zusätzliche Investitionen für ein nachhaltiges Kühlsystem bzw. eine nachhaltige Kältequelle zu tätigen.

Dass dieses Objekt, wo grundsätzlich die Kühllasten mit rund 30 – 35 W/m<sup>2</sup> Bürofläche bereits in einem guten niedrigen Bereich liegen, natürlich auch gute Voraussetzungen für den Einsatz von nachhaltigen Wärmesenken bietet, soll beispielhaft anhand der nachfolgenden Grafiken dargestellt werden. Hier wird ein Kühlturm (offen bzw. geschlossen) mit einer Unterputzkühldecke (die Fläche beträgt 75% der Bürofläche) kombiniert und bei unterschiedlichen sekundären Volumenströmen (Volumenstrom am Kühlturm) betrachtet. Als Regelkriterium wurde angesetzt, dass der Kühlturm nur zu den Bürozeiten, wenn die Raumtemperatur höher als 23°C und die Feuchtkugeltemperatur am Kühlturm tiefer als die Kühldeckenrücklauftemperatur ist, betrieben wird. Der Volumenstrom in der Kühldecke beträgt 24,3 kg/h m<sup>2</sup>. Der geschlossene (Variante „Gesamt-01“, Abbildung 187) und der offene Kühlturm (Variante „Gesamt-02“, Abbildung 188) zeigen sehr ähnliche Ergebnisse. Bereits mit

einem Luftvolumenstrom von 10 m<sup>3</sup>/h und m<sup>2</sup> Büronutzfläche können überwiegend behagliche Raumtemperaturen geschaffen werden.

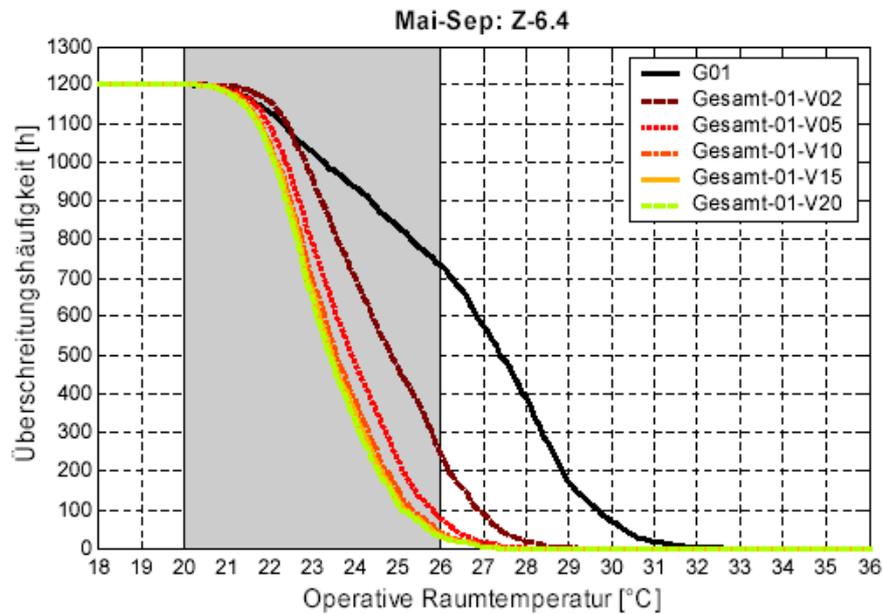


Abbildung 187: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperaturen in der Zone 6.4 (Südwestbüro) für die Ausgangsvariante G01 sowie für die Variante Gesamt01 (Nasskühlturm mit geschlossenem Kreislauf) für sekundäre Luftvolumenströme zwischen 2 und 20 m<sup>3</sup>/h pro Büronutzfläche (V2 – V20).

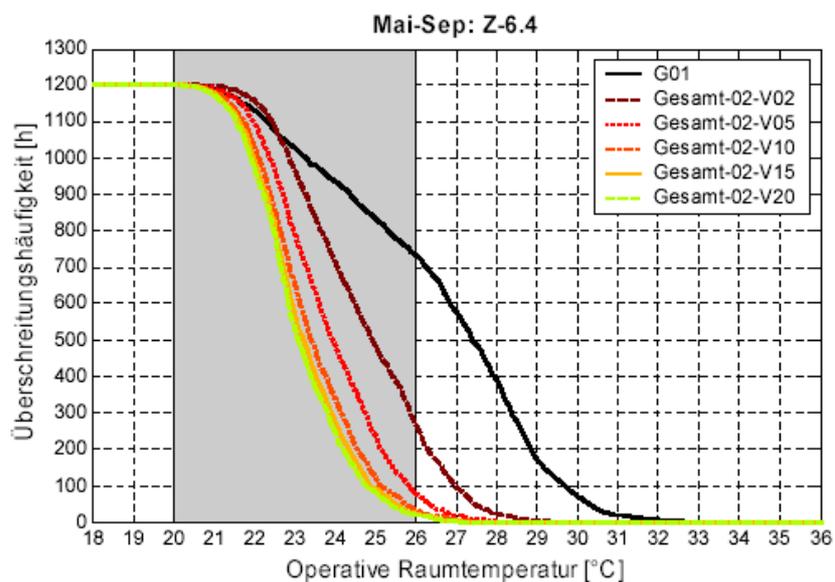


Abbildung 188: Überschreitungshäufigkeit der operativen Raumtemperaturen in der Zone 6.4 (Südwestbüro) für die Ausgangsvariante G01 sowie für die Variante Gesamt02 (Nasskühlturm mit offenem Kreislauf) für sekundäre Luftvolumenströme zwischen 2 und 20 m<sup>3</sup>/h pro Büronutzfläche (V2 – V20).

## 12 Ökonomischer und ökologischer Vergleich der Maßnahmen

In den bisherigen Kapiteln wurden die verschiedenen Sanierungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Einsetzbarkeit bei den beiden Objekten „Landhaus Bregenz“ und „Oberlandesgericht Linz“ nach den Kriterien „Behaglichkeit“, „Einsparung an Kühlenergie“ sowie „Reduktion der Kühllasten“ untersucht. Nicht berücksichtigt wurden Parameter wie „Ökologie“ (CO<sub>2</sub> - Einsparung) und „Ökonomie“ (Investitionskosten bzw. der laufenden jährlichen Kosten). Da diese Faktoren bei der Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen eine ebenso wichtige Rolle spielen sollten, werden in diesem Kapitel für technisch und energetisch interessante Lösungen grundsätzliche Betrachtungen in Richtung Ökologie und Ökonomie angestellt.

### 12.1 Kostenermittlung und wirtschaftliche Betrachtung

Bei der wirtschaftlichen Betrachtung der verschiedenen Sanierungsmaßnahmen werden im wesentlichen die Investitionskosten und die laufenden jährlichen Kosten analysiert. Basis für die Gegenüberstellungen sind Richtofferte, die für die jeweiligen Systeme eingeholt wurden und Kühlenergieverbräuche, die sich aus den Simulationen ergeben haben. Zusätzlich jährlich anfallende Kosten, wie beispielsweise Wartungs- und Instandhaltungskosten, werden in der Regel als Prozentsatz der gesamten Investitionskosten angegeben und wurden aus der Fachliteratur entnommen.

Um die gewonnenen Erkenntnisse auch auf andere Objekte für überschlägige Abschätzungen übertragen zu können, wird primär mit spezifischen Kennwerten gearbeitet, d.h. es werden beispielsweise Investitionskosten in Euro pro m<sup>2</sup> Bürofläche angegeben.

#### 12.1.1 Lastreduktionsmaßnahmen

In diesem Abschnitt werden Lastreduktionsmaßnahmen mit wirtschaftlichen Kennwerten bewertet und einander gegenübergestellt. Abbildung 189 zeigt dazu Bandbreiten spezifischer Investitionskosten (Euro / m<sup>2</sup> Bürofläche) für verschiedene Lastreduktionsmaßnahmen. Basis für die Auswertungen sind Richtofferte. Bei den Verschattungsvarianten liegt den wirtschaftlichen Daten ein Verglasungsanteil von 40% (Verhältnis aus m<sup>2</sup> Verglasung zu m<sup>2</sup> Bürofläche) zugrunde. Die Auswertungen zeigen, dass die Kosten für die Neuinstallation einer Verschattung mit 35 – 115 Euro/m<sup>2</sup> Bürofläche in einem relativ breiten Bereich liegen. Am unteren Ende der Kostenskala liegen hier manuell betriebene Screens, die obere Grenze wird bei der Ausführung von Raffstores mit Tageslichtregelung erreicht.

Sollen die Speichermassen in den Büroräumen durch Maßnahmen wie beispielsweise Einbau einer zweiten Gipskarton-Ebene oder Austausch des Teppichbodens durch einen Fliesenboden erhöht werden, liegen die Kosten je nach Ausführung in einem Bereich von 20 – 40 Euro / m<sup>2</sup> Bürofläche.

Maßnahmen, die zur Reduktion der internen Lasten führen, liegen nach dem Ergebnis der Richtofferte ebenfalls in einer größeren Bandbreite. Beleuchtungssanierungen erreichen hier z.B. Werte bis über 70 Euro/m<sup>2</sup> Bürofläche und die Erneuerung des EDV-Systems bis 100 Euro/m<sup>2</sup> Bürofläche.

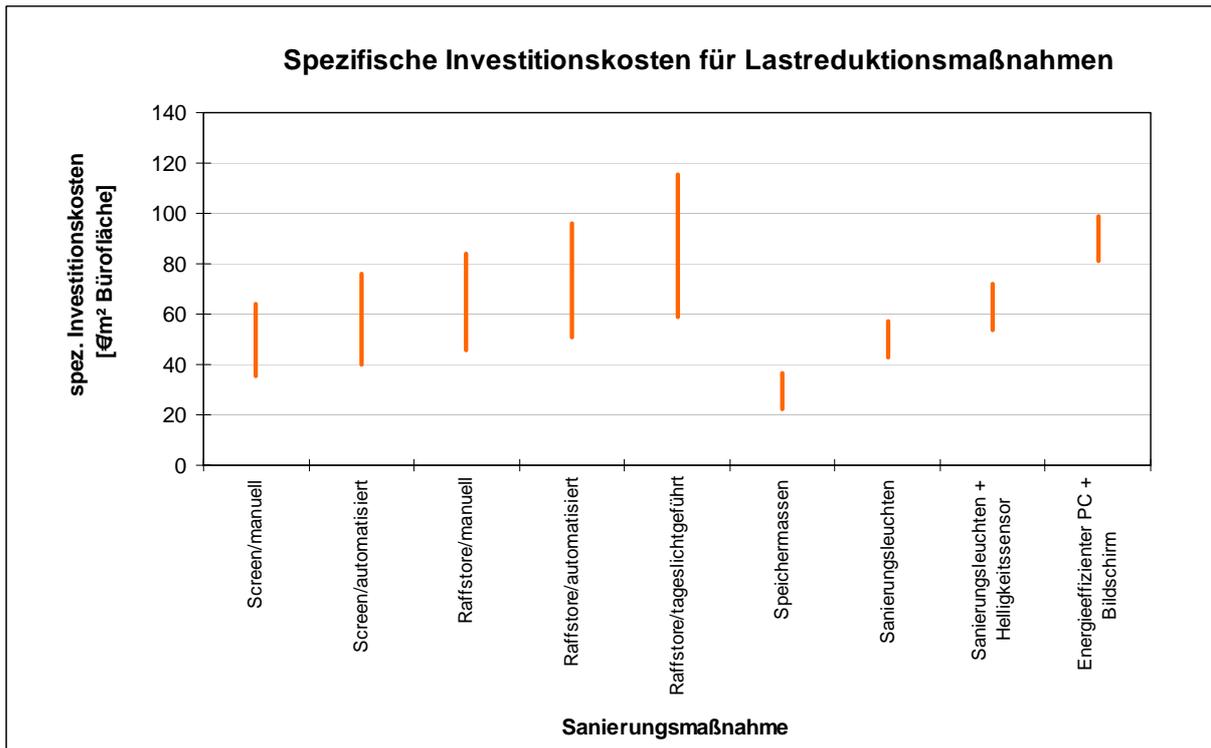


Abbildung 189: Spezifische Investitionskosten (Euro pro m² Bürofläche) für verschiedene Lastreduktionsmaßnahmen

Neben den reinen Investitionskosten sind für den Gebäudebetreiber naturgemäß auch die durchschnittlichen jährlichen Kosten von Interesse. Diese wurden im vorliegenden Projekt nach der Kapitalwertmethode VDI 2067 berechnet. Die Kosten nach der dynamischen Methode der Wirtschaftlichkeitsanalyse setzen sich aus Investitions-, Betriebs- und Verbrauchskosten zusammen. Die einmaligen Investitionskosten einer Anschaffung (z.B.: Erneuerung der Außenverschattung) werden über die Nutzungsdauer auf jährliche Kosten zurückgerechnet und sind somit direkt mit laufenden Kosten vergleichbar. Als Basis für die verbrauchsgebundenen Kosten wird von einem Raum ausgegangen, der mit einer konventionellen Kühlanlage auf 26°C Raumtemperatur gehalten wird (ideal gekühlt). Jede Lastreduktionsmaßnahme wirkt sich somit positiv auf die jährlich anfallenden verbrauchsgebundenen Kosten aus. Zusätzlich wurde davon ausgegangen, dass bei allen Maßnahmen bis auf die Verschattungsvarianten eine zusätzliche Installation eines Klimagerätes erforderlich ist, um jederzeit behagliche Raumtemperaturen zu erzielen. Die Investitionskosten dafür wurden nach Richtwerten aus der Fachliteratur mit rund 100 Euro/m² Bürofläche berücksichtigt.

Für die Ermittlung der durchschnittlichen jährlichen Kosten nach der Kapitalwertmethode VDI 2067 wurden folgende nach der VDI – Richtlinie definierte, beziehungsweise aus Mittelwerten der letzten Jahre errechneten Basisdaten angenommen:

gemittelte Nutzungsdauer (Verschattung):	25a
gemittelte Nutzungsdauer (Speichermasse):	40a
gemittelte Nutzungsdauer (Beleuchtung):	20a
gemittelte Nutzungsdauer (EDV):	5a
Kalkulatorischer Zinssatz:	5%

Teuerungsrate: 2,31%  
 Energiepreissteigerung: 4%  
 Stromkosten: 0,17 Euro/kWh<sub>el</sub>

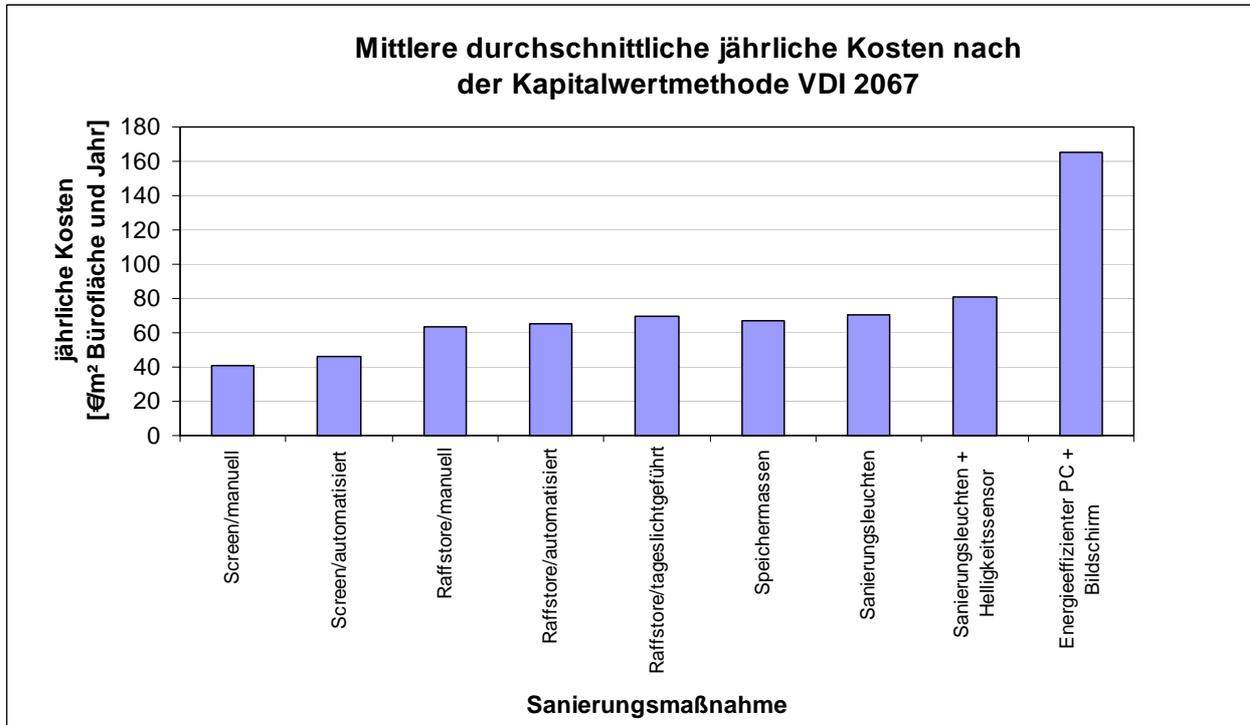


Abbildung 190: Durchschnittliche jährliche Kosten nach der Kapitalwertmethode nach VDI 2067 für verschiedene Lastreduktionsmaßnahmen

Abbildung 190 zeigt, wie sich, basierend auf den obigen Randbedingungen, die dynamischen jährlichen Gesamtkosten (zusammengesetzt aus den anteiligen Investitions-, Betriebs- und Wartungs- sowie Verbrauchskosten) für die einzelnen Lastreduktionsmaßnahmen verhalten. Aufgrund der relativ geringen mittleren Nutzungsdauer von 5 Jahren bei einer EDV-Ausstattung ergeben sich für diese Sanierungsmaßnahme deutlich höhere jährliche Kosten. In dieser Auswertung wurden jedoch nur die Einsparungen im Bezug auf den Kühlenergiebedarf berücksichtigt. Betrachtet man zusätzlich die Stromeinsparung mit dem Hintergrund, dass Bürogeräte einen großen Anteil am Gesamtstromverbrauch ausmachen (40 – 50%; siehe Kapitel 5.9.2 Stromverbrauch), so ist es trotzdem sinnvoll und notwendig alte Bürogeräte durch energieeffiziente zu ersetzen. Bei den übrigen Varianten ist zu erkennen, dass die Verschattungsvarianten, trotz zum Teil wesentlich höheren Investitionskosten, bis zu 50% geringere jährliche Kosten bezogen auf die Gesamtnutzungsdauer aufweisen. Dies lässt sich dadurch begründen, dass die verbrauchsgebundenen Kosten (= Kosten für den Kühlbetrieb) bei den Verschattungsvarianten deutlich reduziert werden können und sich somit der größte Anteil der jährlichen Kosten aus den auf die Nutzungsdauer zurückgerechneten Investitionskosten ergibt.

### 12.1.2 Kühlkonzepte

In diesem Abschnitt werden verschiedene nachhaltige Kühlkonzepte mit wirtschaftlichen Kennwerten bewertet und einander gegenübergestellt. Abbildung 191 zeigt dazu Bandbreiten spezifischer Investitionskosten (Euro / m<sup>2</sup> Bürofläche) für verschiedene Kühlkonzepte, die nachträglich im Gebäudebestand installiert werden. Basis für die Auswertungen sind Richtofferte bzw. Kennwerte aus der Fachliteratur. Eine Vollklimaanlage (Heizen, Kühlen, Be- und Entfeuchten) liegt bei mittleren Investitionskosten von rund 180 Euro / m<sup>2</sup> Bürofläche. Damit bietet sie zwar die meisten Freiheitsgrade im Bezug auf eine entsprechende Konditionierung der Zuluft, weist aber auch gleichzeitig die höchsten Investitionskosten auf. Die Nachtlüftungsvarianten mit mechanischer Zu- und Abluft (1-facher bis 6-facher NLW) liegen bei rund 50 – 100 Euro / m<sup>2</sup> Bürofläche. Die Fensterlüftung mit nachgerüsteten Stellmotoren liegt im unteren Bereich dieser Bandbreite, die Kühlturm-Varianten mit Kühldecken bzw. Gebläsekonvektoren (GEKO) im oberen Bereich. Sollen Erdsonden zum Einsatz kommen, so liegen diese rund 40% über jenen mit einer Kühlturm-Variante. Bei Grundwasserdirektnutzung ergibt sich je nach örtlichen Rahmenbedingungen eine größere Bandbreite an Investitionskosten, bewegen sich aber in guter Näherung im Bereich der Kühlturm-Varianten.

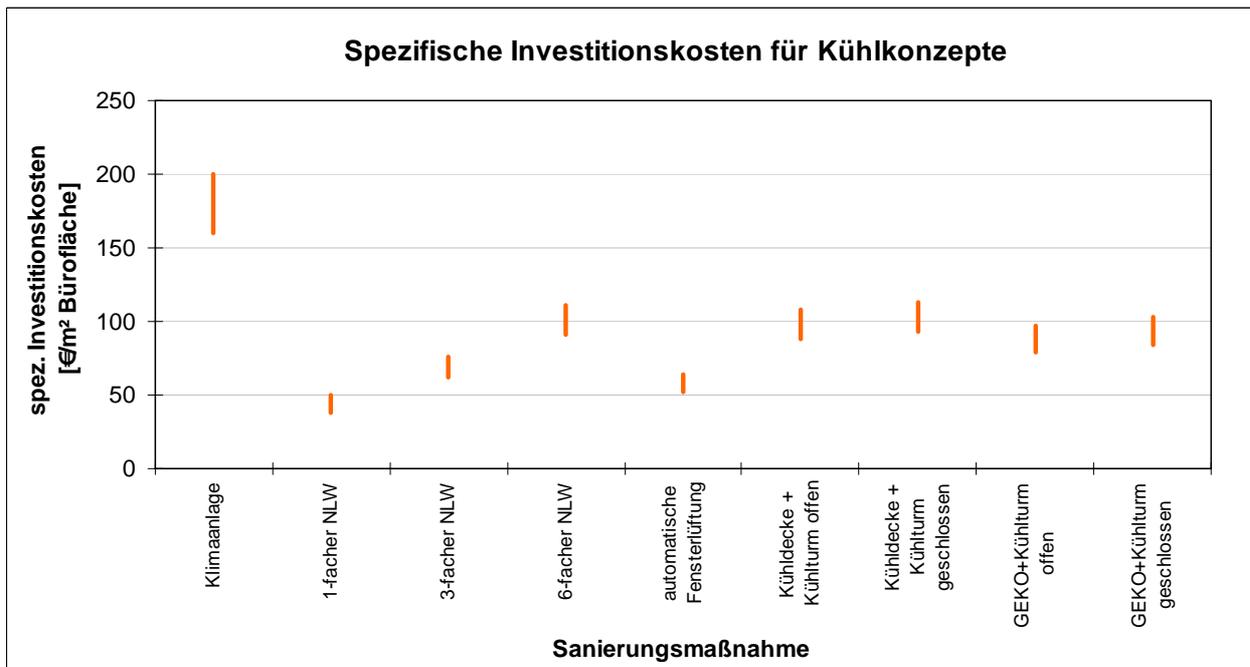


Abbildung 191: spezifische Investitionskosten für verschiedene Kühlkonzepte

Neben den Investitionskosten wurden analog zu den Lastreduktionsmaßnahmen auch für die verschiedenen Kühlkonzepte wieder die durchschnittlichen jährlichen Kosten nach der Kapitalwertmethode nach VDI 2067 ermittelt.

Für die Ermittlung der durchschnittlichen jährlichen Kosten nach der Kapitalwertmethode VDI 2067 wurden folgende nach der VDI – Richtlinie definierten beziehungsweise aus Mittelwerten der letzten Jahre errechneten Basisdaten angenommen:

Allg. gemittelte Nutzungsdauer	25a
Kalkulatorischer Zinssatz:	5%

Teuerungsrate: 2,31%  
 Energiepreissteigerung: 4%  
 Stromkosten: 0,17 Euro/kWh<sub>el</sub>

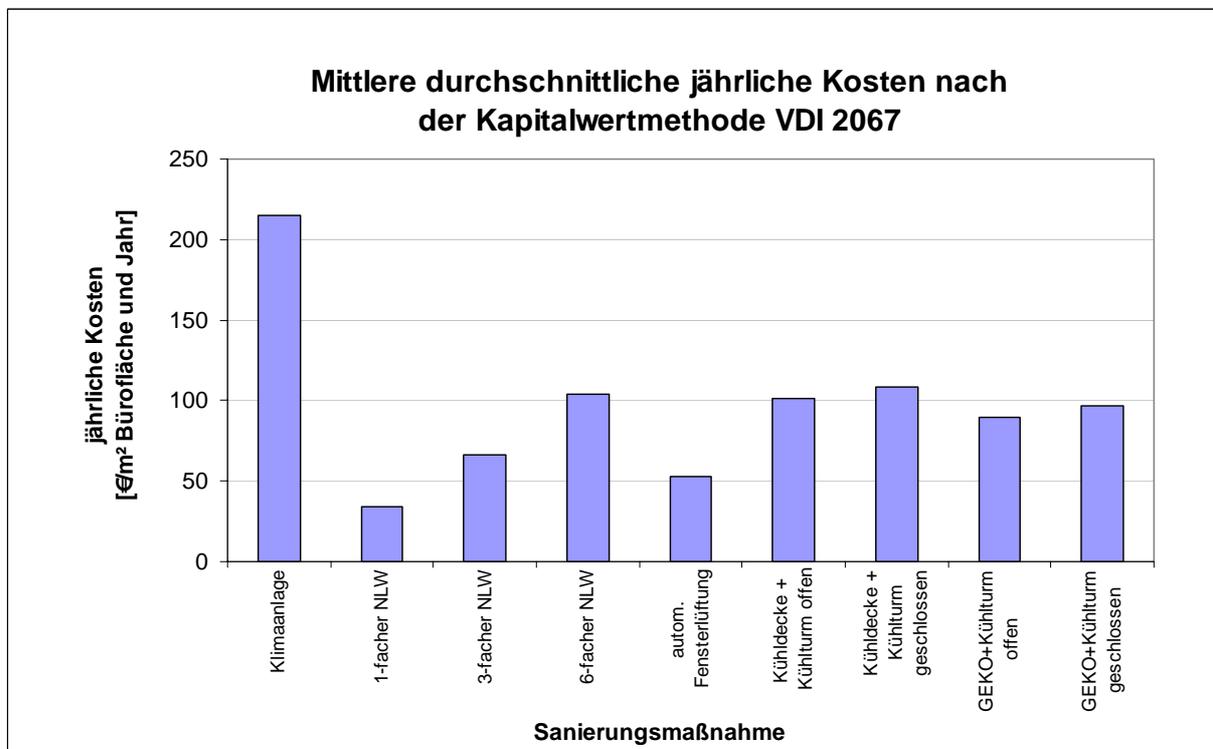


Abbildung 192: Durchschnittliche jährliche Kosten nach der Kapitalwertmethode nach VDI 2067 für verschiedene Kühlkonzepte

Abbildung 192 zeigt, wie sich, basierend auf den obigen Randbedingungen, die dynamischen jährlichen Gesamtkosten (zusammengesetzt aus den anteiligen Investitions-, Betriebs- und Wartungs- sowie Verbrauchskosten) für einzelne Kühlkonzepte verhalten. Die hohen Investitionskosten der Vollklimaanlage schlagen sich auch auf die dynamischen jährlichen Kosten nieder. Alle übrigen Kühlkonzepte (auch die hier nicht dargestellten Varianten zur Erdsonde bzw. zur Grundwasserdirektnutzung) liegen mit ihren durchschnittlichen jährlichen Kosten bei maximal 50% der Vollklimaanlage bzw. deutlich darunter. All diese Kühlkonzepte setzen jedoch ein kühllastoptimiertes Gebäude voraus, was bei einer Vollklimaanlage nicht zwingend erforderlich ist. Berücksichtigt man ergänzend die Integration dieser kühllastreduzierenden Maßnahmen (z.B. Verschattung sowie energieeffiziente Beleuchtung und EDV-Ausstattung) so erhöhen sich die durchschnittlichen jährlichen Kosten zwar um rund 100 Euro / m² Bürofläche und Jahr, liegen aber noch immer zum Teil deutlich unter jenen der Vollklimaanlage.

## 12.2 CO<sub>2</sub> - Emissionen

Aus ökologischer Sicht ist schlussendlich entscheidend, welche Mengen an CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die unterschiedlichen Maßnahmen substituiert werden können. Bei der

Gegenüberstellung von Lastreduktionsmaßnahmen wird davon ausgegangen, dass die Kühlenergie, die notwendig ist um keine Raumtemperaturen über 26°C zu erreichen, von einer konventionellen Kälteanlage mit einer Leistungsziffer von  $\varepsilon = 3$  bereitgestellt wird. Der daraus resultierende Strombedarf wird mit einem CO<sub>2</sub>-Äquivalente von 0,6244 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sub>el</sub> (TQ Tool, 2002) bewertet. D.h. die Ergebnisse zum Kühlenergiebedarf aus der Sensitivitätsanalyse von Lastreduktionsmaßnahmen (Landhaus Bregenz: Kapitel 9.1 bis 9.4 und OLG Linz: Kapitel 11.1 bis 11.4) können direkt mit dem Faktor „CO<sub>2</sub>-Äquivalente durch Leistungsziffer“ =  $0,6244 / 3 = 0,208$  kg CO<sub>2</sub>/kWh Kühlenergie multipliziert werden. Die substituierbaren CO<sub>2</sub>-Emissionen sind somit über den Faktor 0,208 direkt proportional zu den Kühlenergieeinsparungen. Nachfolgend dazu ein Beispiel:

Wird bei einem typischen Gebäudebestand durch die Umsetzung eines effizienten Verschattungssystems der Kühlenergiebedarf von rund 18 kWh/m<sup>2</sup>a in der IST-Situation um rund 70% reduziert, so reduzieren sich in der gleichen Größenordnung auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen, nämlich von 3,7 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> Bürofläche auf rund 1,1 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> Bürofläche. Bei einem Bürogebäudebestand in der Größenordnung des Landhaus Bregenz (~11.500 m<sup>2</sup> Bürofläche) entspricht die Umsetzung einer effizienten Verschattung vor der Installation eines konventionellen Kühlsystem somit einer CO<sub>2</sub>-Einsparung von rund 30 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr.

Betrachtet man nicht nur die Lastreduktionsvarianten, sondern gesamte Kühlkonzepte, dann ergeben sich die in Abbildung 193 dargestellten mittleren CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dabei wurden für die Variante mit der Vollklimaanlage keine lastreduzierenden Maßnahmen berücksichtigt und als Basis ein Kühlenergiebedarf von 18 kWh/m<sup>2</sup>a angesetzt. Bei den vier Lüftungsvarianten wurde neben dem erhöhten Luftwechsel auch ein optimiertes Verschattungskonzept berücksichtigt. Die noch verbleibende Restkühlenergieabdeckung erfolgte rechnerisch über ein konventionelles Klimagerät. Die drei letzten dargestellten Varianten beinhalten ebenfalls ein optimiertes Verschattungskonzept. Der Restkühlenergiebedarf wird hier über die angeführten Kühlkonzepte gedeckt. Ein Klimagerät kommt somit bei diesen Varianten nicht mehr zum Einsatz.

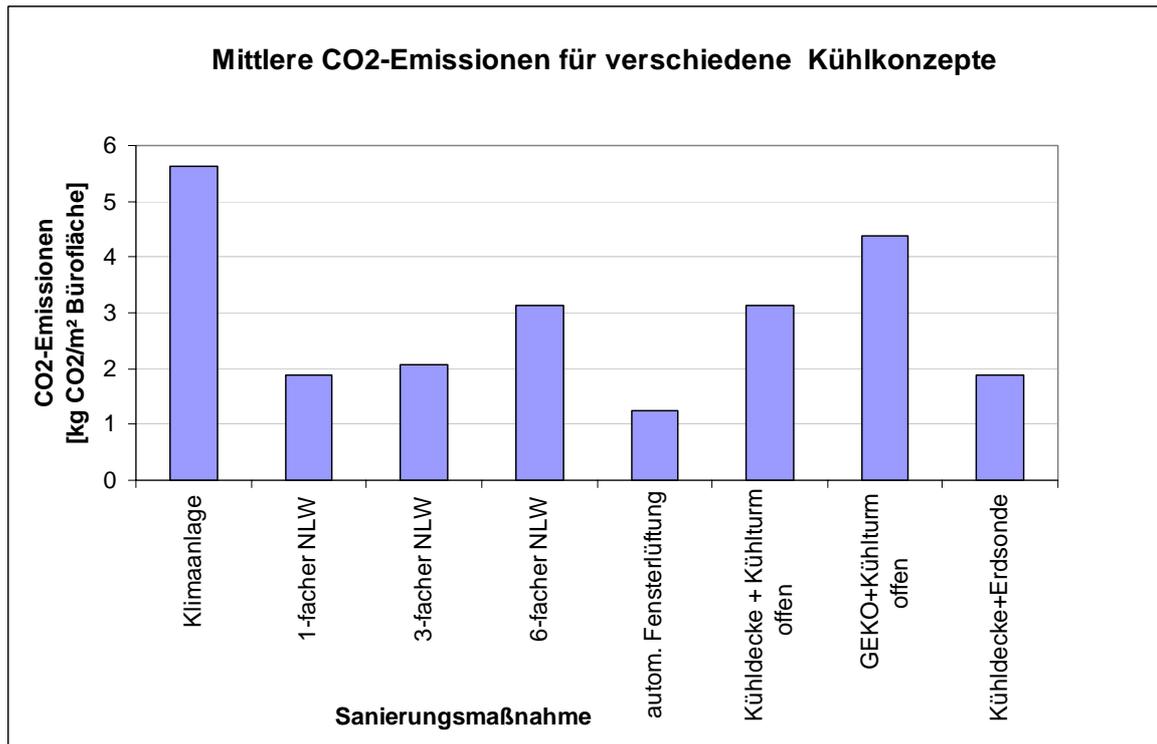


Abbildung 193: Mittlere CO<sub>2</sub>-Emissionen für verschiedene Kühlkonzepte

Abbildung 193 zeigt, dass im Vergleich zur Vollklimaanlage alle Varianten reduzierte CO<sub>2</sub>-Emissionen aufweisen. Werden jedoch höhere Luftmengen bewegt (6-facher Nachtluftwechsel bzw. Kühlturm-Varianten), so steigt auch der Energieaufwand und somit reduziert sich der Grad der CO<sub>2</sub>-Substitution. Die Variante mit der automatischen Fenster(nacht)lüftung liefert erwartungsgemäß die besten ökologischen Ergebnisse, erfordert jedoch um einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten, erhöhte Aufwendungen in der Planungsphase zur Findung von guten Lösungen für die Problemstellung „Witterungs- und Einbruchschutz“.

### 13 Zusammenfassung und Ausblick

Die Arbeiten innerhalb der Gebäudedokumentation haben sehr deutlich die Notwendigkeit und das Potenzial von nachhaltigen Sanierungskonzepten beim sommerlichen Betrieb von Büro- und Verwaltungsgebäuden aufgezeigt. Neben einem jährlich steigenden Strombedarf von durchschnittlich 5 – 10%, hat die Gebäudedokumentation vor allem gezeigt, dass es für viele Büronutzer keine Seltenheit ist, im Sommer seiner Arbeit bei 32°C Raumtemperatur und mehr nachzugehen. Dies verursacht zum einen natürlich eine erhebliche Unzufriedenheit bei den Nutzern, hat aber aufgrund der verringerten Leistungsfähigkeit der Angestellten auch wesentliche wirtschaftliche Auswirkungen für das Unternehmen selbst. Eine Schweizer Studie (M. Zimmermann, 1999) zeigt dazu, dass ein Mensch in sommerlicher Bekleidung und sitzender Beschäftigung bei einer Raumtemperatur von 23°C seine höchste Leistungsfähigkeit besitzt. Steigt die Temperatur darüber, sinkt die Leistungsfähigkeit enorm. Bei Temperaturen am Arbeitsplatz von beispielsweise 28°C sinkt die Produktivität um 25%.

Der stetig steigende Stromverbrauch begründet sich aus zweierlei Dingen. Zum einen steigt die Belegungsdichte der installierten EDV-Anlagen, zum anderen wird immer häufiger auf Splitgeräte zurückgegriffen, die entweder zur Komfortsteigerung eingesetzt werden, oder Teilbereiche von Bürogebäuden (z.B. Serverräume) klimatisieren, um einen problemlosen Bürobetrieb überhaupt zu ermöglichen.

Der vermehrte EDV-Einsatz spiegelt sich aber nicht nur im Stromverbrauch wider (rund 40 – 50% des gesamten Stromverbrauchs gehen auf Kosten von Bürogeräten), sondern auch am Anteil der Kühllast. Hier liegen die Bürogeräte mit einer Wärmelast von rund 20% der gesamten Kühllast bereits an zweiter Stelle. Absolut an der Spitze sind aber weiterhin noch die solaren Lasten mit rund 50% der Gesamtlast. Neben der Problematik der oft sehr großzügigen Verglasungsflächen, ist aber leider sehr oft der Nutzer selbst für höhere solare Wärmelasten verantwortlich als sie tatsächlich sein müssten. Ein zu spätes Aktivierung der Verschattung ist ein Hauptgrund dafür. Optimiert man diesen Parameter, d.h. geht man von einem aktiven Nutzerverhalten bzw. von einer Tageslichtregelung aus, so sind beim Kühlenergiebedarf Reduktionen von 70% und mehr möglich. Nimmt man die Raumtemperatur als Parameter, so können durch diese Maßnahme die Spitzentemperaturen um rund 4 K gesenkt werden (z.B. von 32°C auf 28°C). Bei allen übrigen Maßnahmen (EDV, Beleuchtung, Speichermasse) liegen die Einsparungen je nach Ausgangssituation zwischen jeweils 10% bis 30% bzw. ist eine Raumtemperaturabsenkung von bis zu 3 K möglich.

Diese Ergebnisse zeigen, dass bei guten Voraussetzungen bereits durch Lastreduktionsmaßnahmen die Raumtemperaturen zu einem sehr großen Teil in ein behagliches Temperaturniveau gebracht werden können. In Kombination mit einer effizienten Nachtlüftung kann sogar komplett auf ein aktives Kühlsystem verzichtet werden.

Betrachtet man im nächsten Schritt die Ergebnisse zu den Kühlkonzepten, so können folgende Aussagen getroffen werden:

- Die Voraussetzung für das Kühlen mit Umweltenergien ist ein kühllastoptimiertes Gebäude (Zielwert: ~ 30 W/m<sup>2</sup> Bürofläche).
- Ein kühllastoptimiertes Gebäude (inklusive Nachtlüftung) kann mit Zulufttemperaturen von 20°C und einem rund 2-fachen Luftwechsel ausreichend gekühlt werden.

- Werden bei einem kühllastoptimierten Gebäude wassergeführte Systeme eingesetzt, so kann die Vorlauftemperatur bei rund 22°C liegen um ein behagliches Raumklima zu erzielen.
- Werden bei der Nutzung von nachhaltigen Kältequellen (Erdreich, Grundwasser, Nachtluft, etc.) die Kühlsysteme fachgerecht dimensioniert, so erreichen diese die geforderten Vorlauftemperaturen von mindestens 22°C und tiefer.

Im Bezug auf die beiden konkret untersuchten Objekte (Landhaus Bregenz und Oberlandesgericht Linz) kann folgender Ausblick gegeben werden. Die Gebäudebetreiber sind an den Ergebnissen des Projektes sehr interessiert und planen, basierend auf den Projektergebnissen, Sanierungsmaßnahmen umzusetzen. So wurde beim Landhaus Bregenz bereits mit der Detailplanung zur Erneuerung der Verschattung im 6. und 7. OG begonnen. Im Sommer 2005 soll es zur Umsetzung kommen. Aufbauend auf den konkreten Erkenntnissen beim Betrieb der neuen Verschattung sollen dann nächste Sanierungsmaßnahmen folgen. Beim Oberlandesgericht Linz wird basierend auf den Projektergebnissen versucht, noch in diesem Jahr Maßnahmen zu setzen. Sinnvoll ist es dabei die bereits vorhandenen Systeme entsprechend zu optimieren (z.B. Verschattungsaktivierung), bevor es zu Neuinvestitionen kommt.

Dass grundsätzlich akuter Handlungsbedarf beim sommerlichen Betrieb von Büro- und Verwaltungsgebäuden besteht, bestätigen auch das allgemein hohe Interesse an den Projektergebnissen sowie das große Engagement der vier im Projekt beteiligten Gebäudebetreiber (Allgemeine Immobilien-Verwaltungs-GesmbH, Bundesimmobiliengesellschaft mbH, IMMORENT AG, Immobilien Management und Verwaltung GmbH). Ein wichtiger nächster Schritt im Zusammenhang mit den vorliegenden Projektergebnissen und dem großen Interesse unterschiedlicher Zielgruppen (Immobilienverwaltungsgesellschaften, Investorengruppen, Facility Manager, Planungsbüros) wäre es nun, diese Ergebnisse entsprechend den Anforderungen der Zielgruppen aufzubereiten. So könnte zum einen bei konkreten Umsetzungsbeispielen eine Unterstützung in Form von Guidelines angeboten werden und zum anderen kann nachhaltigen Kühlkonzepten zu einer breiteren Umsetzung verholfen werden.

## 14 Tätigkeitsbericht und Maßnahmen zur Verbreitung der Projektergebnisse

Neben den inhaltlichen Arbeiten, die die Projektpartner innerhalb der einzelnen Arbeitspakete durchführten, sind in Tabelle 65 alle projektrelevanten Tätigkeiten bzw. in Tabelle 66 alle Maßnahmen zur Verbreitung der Projektergebnisse in chronologischer Reihenfolge aufgelistet.

Tabelle 65: Workshops und Arbeitstreffen innerhalb des Projektes

Datum	Inhalt des Meetings	Teilnehmende Organisationen
14.02.2003	Kick off Meeting	AEE INTEC Institut für Wärmetechnik, TU-Graz IMMORENT AG Allgemeine Immobilien-Verwaltungs-GesmbH (verhindert) BIG Bundesimmobiliengesellschaft mbH (verhindert) IMV Immobilien Management und Verwaltung GmbH (verhindert)
13.03.2003	HDZ - Startworkshop	AEE INTEC
11.04.2003	Arbeitstreffen zur Dokumentation der Objekte	AEE INTEC Institut für Wärmetechnik, TU-Graz
April – August 2003	Durchführung der Vor-Ort Dokumentationen und Nutzerbefragungen	AEE INTEC
15.09.2003	Arbeitstreffen zur Analyse der Erhebungsdaten und zur Definition der Mustersanierungen	AEE INTEC Institut für Wärmetechnik, TU-Graz
November – August 2003	Simulation und Analyse der beiden Mustersanierungen	AEE INTEC Institut für Wärmetechnik, TU-Graz
13.11.2003	Arbeitstreffen zur Besprechung der ersten Simulationsergebnisse; Definition des zweiten Mustersanierungsobjektes	AEE INTEC Institut für Wärmetechnik, TU-Graz
19.12.2003	Arbeitstreffen zur Besprechung der Simulationsergebnisse der beiden Objekte	AEE INTEC Institut für Wärmetechnik, TU-Graz
03.06.2004	Arbeitstreffen zu den Ergebnissen für das Landhaus Bregenz	AEE INTEC Institut für Wärmetechnik, TU-Graz
22.10.2004	Arbeitstreffen zu den Ergebnissen für das OLG Linz	AEE INTEC Institut für Wärmetechnik, TU-Graz
26.11.2004	COOLSAN WORKSHOP in Gleisdorf	AEE INTEC Institut für Wärmetechnik, TU-Graz OEGUT (in Vertretung vom BMVIT) 44 Workshopteilnehmer (Teilnehmerliste, siehe Kapitel 16.5.2)

Tabelle 66: Maßnahmen zur Verbreitung der Projektergebnisse

Datum	Verbreitungsmaßnahmen
4.12.2003	Vortrag und Tagungsbeitrag: Passive Kühlkonzepte im Neubau und im Bestand Veranstaltung: Harnessing the Sun for office buildings Veranstalter: EUREC Agency Ort: Athen Teilnehmer: 130
Dezember 2004	Artikel: Überhitzungsschutz im Bestand von Bürogebäuden Zeitschrift: Erneuerbare Energie 2003-4 Herausgeber: AEE - Dachverband Ort: Gleisdorf Auflage: 10.000 Stück
17.4.2004	Vortrag: Nachhaltige Kühlkonzepte für großvolumige Bauten Veranstaltung: 8. Europäische Passivhaustagung Veranstalter: PHI Darmstadt, Donau Uni Krems, Energieinstitut Vorarlberg Ort: Krems Teilnehmer: 300
24.6.2004 13.10.2004	Vortrag und Beratung zum Thema „Nachhaltige Kühlkonzepte im Bürobestand“ Inhalt: Beim Leobner Stadtgemeinde treten massive Überhitzungsprobleme auf. Erkenntnisse aus dem Projekt COOLSAN sollen für Sanierungsmaßnahmen genutzt werden. Ort: Gleisdorf, Leoben Teilnehmer: 4 Vertreter der Leobner Stadtgemeinde
26.6.2004	Vortrag: Nachhaltige Kühlkonzepte für großvolumige Bauten Veranstaltung: Energieberater Weiterbildung Veranstalter: Energie Tirol Ort: Tirol Teilnehmer: 20
11.10.2004	Vortrag: Energiekonzepte für nachhaltige Gebäude Veranstaltung: Green Buildings II Veranstalter: Facility Management Austria Ort: Gleisdorf Teilnehmer: 20
November 2004	Artikel: Ankündigung zum COOLSAN WORKSHOP Zeitschrift: HLK 11/04 Herausgeber: Springer Science+Business Media Austria GmbH Ort: Wien Auflage: 12.000 Stück
November 2004	Emailaussendung: Einladung zum COOLSAN WORKSHOP Absender: AEE INTEC Ort: Gleisdorf Verteiler: 2.5000 Adressen

26.11.2004	<p>COOLSAN WORKSHOP (siehe Kapitel 16.5)</p> <p>Veranstalter: AEE INTEC</p> <p>Ort: Gleisdorf</p> <p>Teilnehmer: 44</p>
15.12.2004	<p>Artikel: Die Klimafrage im Büro</p> <p>Portal: APA-OnlineJournal „Bauen&amp;Wohnen“</p> <p>Herausgeber: Austria Presse Agentur (APA)</p> <p>Ort: Wien</p>
15.12.2004	<p>Artikel: Besseres Klima für Büros</p> <p>Portal: APA-OnlineJournal „Energie“</p> <p>Herausgeber: Austria Presse Agentur (APA)</p> <p>Ort: Wien</p>
28.01.2005	<p>Vortrag: Nachhaltige Sanierungskonzepte für den sommerlichen Betrieb von Büro- und Verwaltungsgebäuden</p> <p>Veranstaltung: Themenworkshop „Nachhaltige Dienstleistungsgebäude“</p> <p>Veranstalter: BMVIT</p> <p>Ort: Ludesch</p> <p>Teilnehmer: 30</p>
Februar 2005	<p>Artikel: COOLSAN - Projektergebnisse</p> <p>Zeitschrift: Erneuerbare Energie 2005-2</p> <p>Herausgeber: AEE - Dachverband</p> <p>Ort: Gleisdorf</p> <p>Auflage: 10.000 Stück</p>
Februar 2005	<p>Artikel: COOLSAN - Projektergebnisse</p> <p>Zeitschrift: Gebäude Installation</p> <p>Herausgeber: österreichischer Wirtschaftsverlag</p> <p>Ort: Wien</p> <p>Auflage: 17.000 Stück</p>

## 15 Literaturverzeichnis

BFE, 1997:

BFE – Merkblatt „Arbeitshilfe zum Bedarfsnachweis Kühlung und Befeuchtung“,  
Bundesamt für Energie, 1997, EDMZ, 3000 Bern, Schweiz

Blümel et.al., 2002:

Blümel E., Fink C., Kouba R.: „Leitfaden zur Planung von passiven Kühlkonzepten mittels  
Nachtlüftung und luft- bzw. wasserdurchströmten Erdreichwärmetauschern“,  
Auftraggeber: BMVIT innerh. der Programmlinie „Haus der Zukunft“ – 3. Ausschreibung,  
Gleisdorf, 2002.

clauss markisen, 2003

Tilmann Kuhn, Edelstahlbehag „s\_enn“. Prüfung der solarthermischen und optischen  
Eigenschaften, Freiburg 2003

DIN 1946 Teil 2, 1994:

Raumlufttechnik, Teil 2: Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI Lüftungsregel), DIN  
Deutsche Institut für Normung e.V.. Berlin 1994

DIN 5035, 1983:

DIN 5035, Teil 4 Abschnitt 3.2: „Innenräumeleuchtungen mit künstlichem Licht“, DIN  
Deutsche Institut für Normung e.V.. Berlin 1983

EERAC, 1999:

Energy Efficiency of Room Air-Conditioners, Co-ordinator: Jerome Adnot, Final Report  
May 1999

EIB, 2001:

Lukas Weber: Energie in Bürogebäuden Verbrauch und energierelevante  
Entscheidungen, ISBN 3-7281-2819-8, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 2001

EIB, 1999:

Lukas Weber, Urs-Peter Menti, Ivan Keller: Energieverbrauch in Bürogebäuden,  
Bundesamt für Energie, EDMZ, CH-3003 Bern, 1999

EVA, 2000:

Leitfaden „Einkauf Energieeffiziente Bürogeräte“, Energieverwertungsagentur E.V.A..  
Wien, 2000

Fink et.al., 2002:

Fink C., Blümel E., Kouba R., Heimrath R.: Endbericht zum Projekt „Passive Kühlkonzepte  
für Büro- und Verwaltungsgebäude mit luft- bzw. wasserdurchströmten  
Erdreichwärmetauschern“, Auftraggeber: BMVIT innerhalb der Programmlinie „Haus der  
Zukunft“ – 3. Ausschreibung, Gleisdorf, 2002.

GEA, 2004:

GEA Wärme- Energie und Lufttechnik, Produktkatalog, Bochum, Deutschland, 2004

ISO EN 7730, 1994:

Moderate thermal environment – Determination of the PMV and PPD indices specification of the conditioning of thermal comfort, 1994

Künz, 2002:

Künz, Lothar: Simulationsbericht „Landhaus Bregenz, Dynamische Gebäudesimulation zur Untersuchung der Wirksamkeit von Sonnenschutzsysteme in Hinblick auf den sommerlichen Wärmeschutz“, Hard, 2002.

LEV, 1998:

LandesEnergieVerein Steiermark: Info Broschüre 5 “Niedrigenergie”, Graz, 1998.

Lutz et al, 1997:

Lutz, Jenisch, Klopfer, Freymuth, Krampf, Petzold, Lehrbuch der Bauphysik, B.G. Teubner Stuttgart, 1997.

Meteotest AG, 2003:

Meteotest AG: Meteonorm, Global Meteorological database for Solar Energy and Applied Meteorology, Version 5. Bern, Schweiz 2003

Okalux, 2004:

Okalux Isoliergläser, Produktkatalog, Marktheidenfeld-Altfield, Deutschland, 2004.

ON V 31, 2001:

Katalog für wärmeschutztechnische Rechenwerte von Baustoffen und Bauteilen, Österreichisches Normungsinstitut, 1. Auflage, Ausgabe 1. Dezember 2001

RCS, 2004:

RCS Heiz- und Kühldeckensysteme, Produktkatalog, Ybbs/Donau, 2004.

Recknagel et.al., 2003/2004:

Recknagel, H.; Sprenger, E. und Schramek, E.: Taschenbusch für Heizung und Klimatechnik. Oldenburg Verlag; München , 2003

SECO, 1999:

Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartment, Staatssekretariat für Wirtschaft: Wegleitung zur Verordnung 3 zum Arbeitsgesetz, 2. Abschnitt, Artikel 16 „Raumklima“. Bern, 1999

Siteco, 2002:

Siteco Tageslichtsysteme, Produktkatalog, Traunreut, 2002

Soltis, 2003:

Soltis Screens 92/86, Produktdatenblatt, Schechingen, 2003.

TABS, 2000:

Markus Koschenz, Beat Lehmann: Thermoaktive Bauteilsysteme, ISBN 3-905594-19-6, EMPA ZEN, CH-8600 Dübendorf, 2000

TQ Tool, 2002:

TQ – Total Quality, Planung und Bewertung – TQ Kriterienkatalog Version 2.0, Österreichisches Ökologie Institut und Kanzlei Dr. Bruck, 2002

TRNSYS,2000:

Klein,S.A.; Beckmann, W. A. et. al.; A Transient System Simulation Programm – Version 15; Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, USA; Vertrieb in Deutschland: Transsolar Energietechnik, Stuttgart.

Universa, 2004:

Universa Heiz- und Kühldeckensysteme, Produktkatalog, Ybbs/Donau, 2004.

VDI 2078, 1996:

Kühllastregeln. Hrsg vom Verein Deutscher Ingenieure, VDI Verlag, Düsseldorf 1996

ZAMG, 2004:

Bezug der verwendeten Klimadatensätze von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, A-1190 Wien, Hohe Warte 38, 2004

Zimmermann, 1999:

Mark Zimmermann: Handbuch zur passiven Kühlung, ISBN 3-905594-06-4, EMPA ZEN, CH-8600 Dübendorf, 1999

## 16 Anhang

### 16.1 Kategorisierungsbogen






### Fragebogen zur Kategorisierung von problembehafteten Bürogebäuden im Sommerhalbjahr

**Hinweis: Für jedes Objekt bitte einen Fragebogen ausfüllen.**

**Bitte Namen und Firma der ausfüllenden Person eintragen:**  
 Namen: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

**Allgemeine Daten**

Adresse des Objekts:  
 PLZ: \_\_\_\_\_ Ort: \_\_\_\_\_ Straße/Hausnummer: \_\_\_\_\_  
 Errichtungsjahr: \_\_\_\_\_

**Funktion Ihres Unternehmens im gegenständlichen Objekt?**

Besitzer     Verwalter     sonstiges \_\_\_\_\_

**Nutzung des Objekts:** (bei Mehrfachnennung bitte m<sup>2</sup> angeben!)

Büros \_\_\_\_\_m<sup>2</sup>     Seminarräume \_\_\_\_\_m<sup>2</sup>     Lager \_\_\_\_\_m<sup>2</sup>     Produktion \_\_\_\_\_m<sup>2</sup>  
 Erschließungsflächen (Gänge, Stiegenhäuser)     sonstiges: \_\_\_\_\_

**Bürotypen:**     Zellenbüro     Großraumbüro     Kombination

**Wie viele Mieter gibt es in diesem Objekt?** \_\_\_\_\_

**Wie viele Personen arbeiten im Objekt?** (Belegschaft) \_\_\_\_\_

---

**Fragen zur Problemerkhebung:**

**Welche Probleme ergeben sich im Sommerbetrieb des Objektes ?**

<input type="checkbox"/> <b>Behaglichkeitsprobleme</b> <input type="checkbox"/> Überhitzungen <input type="checkbox"/> Zugerscheinungen <input type="checkbox"/> Lärmbelastung (z.B: Klimaanlage) <input type="checkbox"/> Blendungen bei Computerarbeitsplätzen <input type="checkbox"/> sonstiges _____	<input type="checkbox"/> <b>Wirtschaftliche und technische Probleme</b> <input type="checkbox"/> Hohe Stromkosten <input type="checkbox"/> Hohe Wartungskosten <input type="checkbox"/> Häufige Ausfälle der Klimatisierung <input type="checkbox"/> Temperaturregelungsprobleme <input type="checkbox"/> sonstiges _____
--	--

**Wie äußert sich die sommerliche Überhitzung?**

Generell (im gesamten Gebäude)     einzelne Bürozonnen     punktuell (Serverräume)

**Gibt es eine Klimaanlage?**     ja     nein

**Gibt es eine Lüftungsanlage?**     ja     nein

**Wie wird die Kälte im Objekt verteilt?** (bei Mehrfachnennung bitte prozentuellen Anteil angeben!)

Lüftung \_\_\_\_\_%     Flächenkühlung (Deckenkühlung) \_\_\_\_\_%     Fan Coils \_\_\_\_\_%  
 anderes \_\_\_\_\_

---

**Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE    AEE INTEC    Institut für Nachhaltige Technologien**



Gibt es verfügbare Daten zur Weiterverarbeitung? (z.B. Planmaterial)

ja

nein

Wenn ja, wo sind diese beziehbar?

im eigenem Haus

im gegenständlichen Objekt

beim Planer: Name: \_\_\_\_\_ Tel.Nr.: \_\_\_\_\_

Nennen Sie bitte die Ansprechpartner für die Haus- und Gebäudetechnik:

Name: \_\_\_\_\_ Tel.Nr.: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

**Bitte den ausgefüllten Fragebogen an untenstehende Adresse retournieren:**

AEE INTEC  
z.H. Stefan Galli  
Feldgasse 19  
8200 Gleisdorf

e-mail: [s.galli@aee.at](mailto:s.galli@aee.at)  
TelNr: 03112/ 58 86 - DW 29

Für offene Fragen stehen wir gerne jederzeit zur Verfügung!

Besten Dank für Ihre Mitarbeit

Mit sonnigen Grüßen

Stefan Galli

Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE **AEE INTEC** Institut für Nachhaltige Technologien

## 16.2 Unterlagen zur Vor-Ort Dokumentation



### Allgemeine Bauphysik

Blatt 1

**Bauteilaufnahme**

Baujahr: \_\_\_\_\_

falls vorhanden, Daten laut Prüfbericht des Herstellers verwenden  
 (Bauteil: AW=Außenwand; FB=Fußboden; DE=Decke; DA=Dach; IW=Innenwand; e=erdanliegend)

Bauteil	Aufbau	dicke	Abmessungen brutto		u-Wert	Aus- richtung	sonstiges (allg. zustand)
	von innen nach außen		Länge	breite			
	I=innen	cm	m	m	w/m <sup>2</sup> k	s/o/n/w/h	
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						


---

Seite 1



# Allgemeine Bauphysik

Blatt 1

Bauteil	Aufbau	Dicke	Abmessungen brutto		u-Wert	Aus- richtung	sonstiges (allg. zustand)
	von innen nach außen		Länge	Breite			
	1=innen	cm	m	m	W/m <sup>2</sup> k	s/o/n/w/h	
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						



# Allgemeine Bauphysik

Blatt 1

Bauteil	Aufbau von innen nach außen I=innen	Dicke cm	Abmessungen brutto		u-Wert w/m <sup>2</sup> ·k	Aus- richtung s/o/n/w/h	sonstiges (allg. zustand)
			Länge m	breite m			
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						



# Allgemeine Bauphysik

Blatt 1

## Fenster

Baujahr: \_\_\_\_\_ Fenstertyp/Hersteller: \_\_\_\_\_

falls vorhanden, Daten laut Prüfbericht des Herstellers verwenden

Bezeichnung	Art des Fensters	Anzahl d. Gläser	in Bauteil	Laibung	g-Wert	Abmessung		u-Wert	Bezeichnung der VS	sonstiges
						Breite	Höhe			
a/at mit viel glas	Kastenf. etc.	Stück	AW/Dach/ete	[cm]	[%]	m	m	w/m <sup>2</sup> k		

## Verschattung

Bezeichnung	Lage der VS	Art der Verschattung	Farbe	sonstiges
Z.B.: VS 1	* I:A:Z	Markise, Jalousie, Screen... etc.		

\* I...innenliegend  
 A...außenliegend  
 Z...zwischen Fenster



## Allgemeine Bauphysik

Blatt 1

### Türen

Baujahr: \_\_\_\_\_

falls vorhanden, Daten laut Prüfbericht des Herstellers verwenden

Bezeichnung	Art der Tür	Anzahl	in Bauteil	Abmessung		u-Wert	sonstiges
				Breite	Höhe		
				m	m	w/m <sup>2</sup> k	
AT/etac.	Holz/Metall		AW-eg; etc.			falls bekannt	(allg. zustand)

### sonstiges/Notizen:



## Bestandsaufnahme Innere Lasten

Blatt 2-1

**Raumnummer/bezeichnung:** \_\_\_\_\_

Bürobelegung: \_\_\_\_\_ Anzahl der Personen (Anwesenheitsprofil laut Fragebogen)

Bürogröße: \_\_\_\_\_ [m<sup>2</sup>]

**Ausstattung des Büros mit elektronischen Geräten:**

Art d. Gerätes	Anzahl	Fabrikat	Type	Seriennummer
PC				
Monitor				
Drucker				
Kopierer				
Fax				
Radio				

**Beleuchtung:**

Typ	Fabrikat	Seriennummer	Länge	Füllstoff	Röhrenbeschriftung

Die erhobenen Daten sind für folgende Büroräume identisch:

Raum Nr.:      von \_\_\_\_\_      bis \_\_\_\_\_

**Notizen:**







## Bestandsaufnahme Externe Lasten

Blatt 3

Nachbarräume:

- belüftet, WO: \_\_\_\_\_
- klimatisier , WO: \_\_\_\_\_
- ohne, WO: \_\_\_\_\_

### Lüftung:

#### **Mechanische Lüftung:**

Luftwechsel: \_\_\_\_\_ [1/h]

Volumenstrom: \_\_\_\_\_ [m<sup>3</sup>/h]

Einblastemperatur: \_\_\_\_\_ [°C]

Regelung der Lüftungsanlage:

- manuell
- Temperaturregelung nach \_\_\_\_\_
- Zeitregelung nach (Tag/Stunden) \_\_\_\_\_
- sonstiges

#### **Fensterlüftung: Angaben über Luftwechsel lt. Nutzerbefragung**



Nutzerbefragung

Blatt 4

Raumnummer/-bezeichnung: \_\_\_\_\_

Personenanzahl: \_\_\_\_\_  
 (bei mehreren Personen bitte in die  
 Tabelle die Anzahl eintragen)

Bürogröße: \_\_\_\_\_m<sup>2</sup>

Wann und wie lange sind Sie im Sommer auf Urlaub?

\_\_\_\_\_ Wochen in welchen Monat/en \_\_\_\_\_

**Arbeitszeiten:** (bei mehreren Personen bitte in die Tabelle die Anzahl eintragen)

Stunde des Tages z.B 0 - 1 Uhr	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
Montag-Donnerstag																									
Freitag																									
Samstag/Sonntag																									

**Wann sind Sie während Ihrer Arbeitszeit im Büro?** (bei mehreren Personen bitte in die Tabelle die Anzahl eintragen)

Stunde des Tages z.B 0 - 1 Uhr	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
Montag-Donnerstag																									
Freitag																									
Samstag/Sonntag																									

**Befinden Sie sich bei Abwesenheit im Objekt?**  wenn ja, wo \_\_\_\_\_  nein

**Fragen zu EDV Anlage:**

Wann läuft Ihr Computer?  ganze Arbeitszeit  Büroanwesenheit  kein PC

Wann schalten Sie Ihren Bildschirm aus?  während der Abwesenheit  
 von \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_

Wann ist Ihr Bildschirm in Standby Modus? von \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_ Uhr **oder** \_\_\_\_\_ Std.

Welche anderen elektronischen Geräte benutzen Sie in Ihrem Büro?

Drucker  Scanner  sonstiges: \_\_\_\_\_

Können Sie eine ungefähre Zahl der gedruckten/gescannten Seiten pro Tag nennen?

\_\_\_\_\_Seiten gedruckt \_\_\_\_\_Seiten gescannt

Wann werden diese Arbeiten von Ihnen meistens verrichtet?

gleichmäßig während der Anwesenheit im Büro

Stunde des Tages z.B 0 - 1 Uhr	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
Montag-Donnerstag																									
Freitag																									
Samstag/Sonntag																									



**Fragen zur Beleuchtung:**

Wann und wie viel Prozent der Hauptbeleuchtung wird in den Sommermonaten eingeschaltet? (Bsp.: 17-18 Uhr → 75% der Gesamtbeleuchtung)

Stunde des Tages z. B 0 - 1 Uhr	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
Montag-Freitag																									
Prozent																									
Samstag/Sonntag																									
Prozent																									

Haben Sie eine Arbeitsplatzbeleuchtung?  ja  nein

Wenn ja, wann wird diese in den Sommermonaten benützt?

von \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_ Uhr **oder** \_\_\_\_\_ Stunden/Tag

**Fragen zur Lüftung:**

Sind Ihre Fenster öffenbar?  ja  nein

Wenn ja, werden sie geöffnet?  ja, warum (Hygiene...etc.) \_\_\_\_\_  nein

Welcher Teil der Fenster wird geöffnet?  ganzer Flügel  Oberlichten  
 Flügel gekippt  sonstiges \_\_\_\_\_

Wie werden die Fenster geöffnet? ganzer Flügel  händisch  automatisch  
 Oberlichten  händisch  automatisch  
 Flügel gekippt  händisch  automatisch

Wann wird welcher Teil geöffnet?

Stunde des Tages z. B 0 - 1 Uhr	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
Ganzer Flügel Mo/Fr																									
Sa/So																									
Oberlichten Mo/Fr																									
Sa/So																									
Flügel gekippt Mo/Fr																									
Sa/So																									



**Fragen zur Beschattungseinrichtung:**

Bei mehreren Beschattungseinrichtungen, welche wird von Ihnen benutzt?

- innenliegende       außenliegende       beide       keine

Wie werden diese bedient?      innenliegend       händisch       automatisch  
 Außenliegend       händisch       automatisch

Wie ist Ihre Beschattungseinrichtung ausgerichtet? (Mehrfachnennung möglich)

\_\_\_\_\_ Himmelsrichtung      \_\_\_\_\_ Himmelsrichtung      \_\_\_\_\_ Himmelsrichtung

Warum und wann wird die jeweilige Beschattungseinrichtung benutzt bzw. wie viel Prozent? (bei Mehrfachnennung bitte Himmelsrichtung eintragen!!)

**Innenliegende:**

- Blendung des Arbeitsplatzes       überhöhter Temperatur  
 durch die Sonne       durch die Sonne  
 bei Bewölkung       bei Bewölkung

Stunde des Tages z.B 0 - 1 Uhr	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
Beschattung																								
Prozent																								
Beschattung																								
Prozent																								

**Außenliegende:**

- Blendung des Arbeitsplatzes       überhöhter Temperatur  
 durch die Sonne       durch die Sonne  
 bei Bewölkung       bei Bewölkung

Stunde des Tages z.B 0 - 1 Uhr	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
Beschattung																								
Prozent																								
Beschattung																								
Prozent																								

Schalten Sie bei aktiver Beschattungseinrichtung die Beleuchtung ein?

- wenn ja, wie viel Prozent der Gesamtbeleuchtung      %       nein

**Vielen Dank für Ihre Zusammenarbeit!!!**

Mit sonnigen Grüßen

Stefan Galli  
 AEE INTEC  
 Institut für Nachhaltige Technologien



## Haustechnik

Blatt 5

✓ **Klimaanlage**

Gerätebezeichnung	Typ	Fabrikat	Baujahr	Nennvolumenstrom	Aufnahmestrom Ventilator	Betriebszeiten	Regelung

**Notizen:**

✓ **Lüftungsanlage**

Gerätebezeichnung	Typ	Fabrikat	Baujahr	Nennvolumenstrom	Aufnahmestrom Ventilator	Betriebszeiten	Regelung

**Notizen:**



## Haustechnik

Blatt 5

✓ **Kälteanlage**

Gerätebezeichnung	Typ	Fabrikat	Baujahr	Nennleistung	Art der Kälteerzeugung	Arbeitszahl	Betriebszeiten	Regelung

**Notizen:**

---

✓ **Heizungsanlage**

Gerätebezeichnung	Typ	Fabrikat	Baujahr	Nennleistung	Art der Wärmeerzeugung	Arbeitszahl	Betriebszeiten	Regelung

**Notizen:**

---



## Haustechnik

Blatt 5

1) Installierte Kälteleistung (Bereitstellung): \_\_\_\_\_ [KW]

2) Kälteabgabe:

Art der Kälteabgabe	Installierte Leistung [KW]
FanCoils	
Klimaanlage	
Splitgeräte	
Klimatruhen	

3) Wie geschieht die Kälteverteilung?

4) Regelung der Kälteerzeugung:

5) Regelung der Kälteverteilung

6) Regelung der Kälteabgabe

7) Aufbau der Zentrale: (Art; Volumenstrom, Aufnahmestrom des Ventilators)

8) Kältezentrale: (Art; Leistung; Rückkühlung)

9) Heizung: Energiebereitstellung (Versorgung), Baujahr; Leistung; Abgabesystem;

10)Raumtemperaturprofil laut Regelung:

	<u>Soll-</u>	<u>Ist -Temperaturen</u>	
<b>Sommer:</b>	_____ °C	_____ °C von _____	bis _____
<b>Winter:</b>	_____ °C	_____ °C von _____	bis _____

11)Nachtabenkung:

	<u>Soll-</u>	<u>Ist -Temperaturen</u>	
<b>Sommer:</b>	_____ °C	_____ °C von _____	bis _____
<b>Winter:</b>	_____ °C	_____ °C von _____	bis _____



## Haustechnik

Blatt 5

12) Wochenendabsenkung:

	<u>Soll-</u>	<u>Ist -Temperaturen</u>		
Sommer:	_____ °C	_____ °C von _____	bis _____	
Winter:	_____ °C	_____ °C von _____	bis _____	

13) Gibt es Unterlagen zur Haustechnik: ( Photos; Pläne Schemata.....etc.)



## Verbrauchsdaten

Blatt 6

1) Stromverbrauch des „Gesamten“ Objektes: \_\_\_\_\_ [KWh]

2) Aufteilung des Stromverbrauches in Sparten (falls möglich):

Sparte	Verbrauch [KWh]
EDV Geräte	
Beleuchtung	
Kälteerzeugung	
Kälteverteilung	

3) Heizenergieverbrauch: \_\_\_\_\_ [KWh]

4) Energieträger für Wärme: \_\_\_\_\_ Einheit: \_\_\_\_\_

5) Kälteverbrauch: \_\_\_\_\_ [KWh] elektrisch  
 \_\_\_\_\_ [KWh] thermisch

6) Netto-Raumfläche des gekühlten Gebäude: \_\_\_\_\_ [m<sup>2</sup>]



## Checkliste Bestandsaufnahme

Blatt 7

### **1. Bauphysik / Bauteilaufnahme Blatt 1**

Daten erhalten:  bei Vorbesprechung       durch eigene Erhebungen  
 aus Planunterlagen

### **2. Interne Lasten Blatt 2-1**

Daten erhalten:  bei Vorbesprechung       durch eigene Erhebungen  
 aus Planunterlagen

### **3. Messwerte Blatt 2-2**

Daten erhalten:  bei Vorbesprechung       durch eigene Erhebungen  
 aus Planunterlagen

### **4. Externe Lasten Blatt 3**

Daten erhalten:  bei Vorbesprechung       durch eigene Erhebungen  
 aus Planunterlagen

### **5. Nutzerprofil für Belegung, Beleuchtung, EDV..... Blatt 4**

Daten erhalten:  bei Vorbesprechung       durch eigene Erhebungen  
 aus Planunterlagen

### **6. Haustechnik Blatt 5**

Daten erhalten:  bei Vorbesprechung       durch eigene Erhebungen  
 aus Planunterlagen

### **7. Verbrauchsdaten Blatt 6**

Daten erhalten:  bei Vorbesprechung       durch eigene Erhebungen  
 aus Planunterlagen

### 16.3 Landhaus Bregenz

#### 16.3.1 Flächenauswertungen der einzelnen Zonen

Begrenzungsflächen der Zonen															
Funktion	grenzend an	Aufbau	Außenwände					Boden	Decke	Trennwände			Innenwände		
			Fenster		Tür	Wand	Σ			Tür	Wand	Σ	Tür	Wand	Σ
			Rahmen	Glas											
			[m <sup>2</sup> ]			[m <sup>2</sup> ]									
ZONE_0_1	FB	FB4					2451.20								
	DE	ORI23	DA1						1175.32						
	DE	ZONE_1_2	FB2						899.44						
	AW	ORI20	AW5			29.65	29.65								
	AW	ORI22	AW5	4.11	12.32	102.51	118.93								
	AW	ORI15	AW5			86.80	86.80								
	AW	ORI15	AW1			166.95	166.95								
	AW	ORI16	AW1	10.93	36.81	36.96	84.70								
	AW	ORI22	AW3			47.08	47.08								
	AW	ORI19	AW5	11.32	38.13	76.55	126.00								
	TW	ZONE_0_3	IW1								580.46	580.46			
	TW	ZONE_0_3	IW2								308.24	308.24			
	TW	ZONE_0_3	IW3							114.02	42.26	156.28			
	TW	ZONE_0_2	IW3								360.20	360.20			
	TW	ZONE_0_2	IW4								122.17	122.17			
	IW		IW1											374.00	374.00
	IW		IW2											342.00	342.00
IW		IW3											302.00	302.00	
IW		IW4										88.00	76.00	164.00	
DE	ZONE_1_2	FB1							376.38						
			26.36	87.25		546.50	660.11	2451.20	2451.14	114.02	1413.33	1527.35	88.00	1094.00	1182.00
ZONE_0_2	TW	ZONE_0_1	IW3								360.20	360.20			
	TW	ZONE_0_1	IW4								122.17	122.17			
	FB	FB4						640.90							
	DE	ORI23	DA1						640.90						
	AW	ORI18	AW3	5.86	19.72	29.33	54.91								
	TW	ZONE_0_3	IW3								34.69	34.69			
	IW		IW2											197.50	197.50
			5.86	19.72		29.33	54.91	640.90	640.90		517.06	517.06		197.50	197.50
ZONE_0_3	TW	ZONE_0_1	IW1								580.46	580.46			
	TW	ZONE_0_1	IW2								308.24	308.24			
	TW	ZONE_0_1	IW3							114.02	42.26	156.28			
	TW	ZONE_0_2	IW3								34.69	34.69			
	FB	FB5						2169.32							
	DE	ORI23	DA1						722.94						
	DE	ZONE_1_1	FB1						1314.16						
	DE	ZONE_1_2	FB1						132.16						
	AW	ORI19	AW2	20.69	69.68	53.66	144.03								
	AW	ORI22	AW2	10.93	36.81	107.28	155.02								
	AW	ORI20	AW2	16.40	55.21	89.04	160.65								
	AW	ORI17	AW1			63.81	63.81								
	AW	ORI16	AW2	13.67	46.01	47.28	106.96								
	AW	ORI18	AW1	7.53	22.58	57.54	87.64								
	AW	ORI21	AW3	13.67	46.01	134.22	193.90								
	AW	ORI15	AW5			227.08	227.08								
	IW		IW1												1842.42
IW		IW2											78.54	546.26	624.80
			82.88	276.30		779.91	1139.09	2169.32	2169.26	114.02	965.65	1079.67	78.54	2388.68	2467.22



Begrenzungsflächen der Zonen															
Funktion	grenzend an	Aufbau	Außenwände					Boden	Decke	Trennwände			Innenwände		
			Fenster		Tür	Wand	Σ			Tür	Wand	Σ	Tür	Wand	Σ
			Rahmen	Glas											
			[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]			[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]

ZONE_2_2	FB	ZONE_1_1	FB1					48.79								
	FB	ZONE_1_2	FB2					615.84								
	TW	ZONE_2_1	IW1							635.68	635.68					
	TW	ZONE_2_1	IW2							85.60	85.60					
	TW	ZONE_2_1	IW4							112.20	9.17	121.37				
	DE	ZONE_3_1	FB1						99.21							
	DE	ZONE_3_2	FB2						579.26							
	AW	ORI13	AW1	0.34	1.03		48.09	49.46								
	AW	ORI07	AW1	2.11	6.34		127.84	136.29								
	AW	ORI07	AW3	3.12	10.52		27.35	40.99								
	AW	ORI09	AW1				71.79	71.79								
	AW	ORI12	AW1	3.16	10.47		37.05	50.68								
	AW	ORI10	AW1				17.50	17.50								
	IW		IW1											374.00	374.00	
	IW		IW2											342.00	342.00	
	IW		IW3											216.26	216.26	
	IW		IW4										87.74	74.00	161.74	
	DE	ZONE_3_2	FB1						373.40							
	FB	ZONE_1_2	FB1						456.68							
					8.74	28.35		329.62	366.71	1121.29	1051.87	112.20	730.45	842.65	87.74	1006.26

ZONE_3_1	FB	ZONE_2_1	FB1					1368.08								
	FB	ZONE_2_2	FB1					99.21								
	DE	ZONE_4_1	FB1						870.97							
	DE	ZONE_4_2	FB1						101.26							
	DE	ZONE_4_3	FB1						258.46							
	AW	ORI11	AW3	50.37	169.58		147.69	367.64								
	AW	ORI13	AW1	5.47	16.42		97.39	119.28								
	AW	ORI07	AW3	31.63	106.48		99.16	237.27								
	AW	ORI12	AW3	16.79	56.53		43.16	116.48								
	AW	ORI10	AW1	4.79	14.36		46.20	65.35								
	AW	ORI08	AW3	15.23	51.27		42.35	108.85								
	AW	ORI09	AW1				52.85	52.85								
	TW	ZONE_3_2	IW1							567.12	567.12					
	TW	ZONE_3_2	IW2							82.55	82.55					
	TW	ZONE_3_2	IW3							13.90	13.90					
	TW	ZONE_3_2	IW4							130.90	9.45	140.35				
	IW		IW1										26.18	960.72	986.90	
	FB	ORI01	FB3						72.98							
	DE	ORI14	DA1						353.76							
					124.27	414.65		528.80	1067.72	1540.27	1584.45	130.90	673.02	803.92	26.18	960.72



Begrenzungsflächen der Zonen																
Funktion	grenzend an	Aufbau	Außenwände					Boden	Decke	Trennwände			Innenwände			
			Fenster		Tür	Wand	Σ			Tür	Wand	Σ	Tür	Wand	Σ	
			Rahmen	Glas												
			[m <sup>2</sup> ]			[m <sup>2</sup> ]										
ZONE_4_2	DE	ZONE_5_1	FB1						66.63							
	DE	ZONE_5_2	FB2						492.40							
	FB	ZONE_3_1	FB1					101.26								
	FB	ZONE_3_2	FB2					567.50								
	TW	ZONE_4_1	IW1							84.15	464.65	548.80				
	DE	ORI14	DA1						268.83							
	AW	ORI07	AW3	4.85	15.54		136.03	156.42								
	AW	ORI11	AW2	12.49	42.07		37.04	91.60								
	AW	ORI12	AW2	3.12	10.52		7.19	20.83								
	AW	ORI13	AW1				38.57	38.57								
	AW	ORI09	AW1				35.98	35.98								
	AW	ORI10	AW1	0.69	2.06		27.89	30.63								
	TW	ZONE_4_3	IW1							14.96	74.78	89.74				
	IW		IW1											276.52	276.52	
	IW		IW2											342.64	342.64	
	IW		IW3											217.82	217.82	
	IW		IW4											75.56	75.56	
	IW		IW5										127.16	197.10	324.26	
	DE	ZONE_5_2	FB1						86.23							
FB	ZONE_3_2	FB1					234.51									
				21.15	70.18		282.70	374.03	903.27	914.09	99.11	539.43	638.54	127.16	1109.64	1236.80
ZONE_4_3	DE	ZONE_5_1	FB1						101.12							
	FB	ZONE_3_1	FB1					258.46								
	FB	ZONE_3_2	FB1					115.11								
	TW	ZONE_4_1	IW1							27.80	27.80					
	TW	ZONE_4_2	IW1							14.96	74.78	89.74				
	FB	ORI01	FB3					29.27								
	DE	ORI14	DA1						300.98							
	AW	ORI08	AW3	11.32	38.13		31.44	80.89								
	AW	ORI11	AW2	13.28	44.69		44.76	102.73								
	AW	ORI10	AW1	2.05	6.16		28.19	36.40								
	IW		IW1										14.96	56.10	71.06	
				26.65	88.98		104.39	220.02	402.84	402.10	14.96	102.58	117.54	14.96	56.10	71.06
ZONE_5_1	DE	ZONE_6_1	FB1						295.55							
	DE	ZONE_6_2	FB1						73.04							
	DE	ZONE_6_3	FB1						74.71							
	DE	ZONE_6_5	FB1						264.18							
	DE	ZONE_6_6	FB1						36.12							
	FB	ORI01	FB3					146.00								
	FB	ZONE_4_1	FB1					659.12								
	FB	ZONE_4_2	FB1					66.63								
	FB	ZONE_4_3	FB1					101.12								
	DE	ORI06	DA1						232.06							
	AW	ORI02	AW3	37.09	124.89		86.80	248.78								
	AW	ORI03	AW1	2.73	8.21		78.24	89.18								
	AW	ORI04	AW2	27.03	87.83		48.28	163.14								
	AW	ORI05	AW1	1.37	4.10		76.82	82.29								
	TW	ZONE_5_2	IW1							61.71	357.29	419.00				
	IW		IW1										59.84	1186.22	1246.06	
					68.23	225.02		290.14	583.39	972.87	975.66	61.71	357.29	419.00	59.84	1186.22

Begrenzungsflächen der Zonen															
Funktion	grenzend an	Aufbau	Außenwände					Boden	Decke	Trennwände			Innenwände		
			Fenster		Tür	Wand	Σ			Tür	Wand	Σ	Tür	Wand	Σ
			Rahmen	Glas											
			[m <sup>2</sup> ]			[m <sup>2</sup> ]									

ZONE_5_2	DE	ZONE_6_1	FB1						17.93							
	DE	ZONE_6_5	FB1						3.47							
	DE	ZONE_6_6	FB2						354.78							
	DE	ZONE_6_4	FB1						31.83							
	TW	ZONE_5_1	IW1							61.71	357.29	419.00				
	FB	ZONE_4_1	FB1						22.61							
	FB	ZONE_4_2	FB2						492.40							
	DE	ORI06	DA1							129.94						
	AW	ORI04	AW2	20.46	61.38		7.34	89.18								
	AW	ORI05	AW2			3.74	1.46	5.20								
	IW		IW1										66.94	66.94		
	IW		IW2										308.32	308.32		
	IW		IW3										169.74	169.74		
	IW		IW4										75.56	75.56		
	IW		IW5										56.10	58.64	114.74	
DE	ZONE_6_6	FB1							61.02							
FB	ZONE_4_2	FB1							86.23							
				20.46	61.38	3.74	8.80	94.38	601.24	598.97	61.71	357.29	419.00	56.10	679.20	735.30

ZONE_6_1	DE	ZONE_7_1	FB1						174.04								
	DE	ZONE_7_2	FB1						20.71								
	DE	ZONE_7_6	FB1						26.51								
	DE	ZONE_7_7	FB1						14.68								
	FB	ZONE_5_1	FB1						295.55								
	FB	ZONE_5_2	FB1						17.93								
	DE	ORI06	DA1							76.25							
	AW	ORI02	AW3	31.24	105.16		75.41	211.81									
	AW	ORI05	AW1				11.76	11.76									
	AW	ORI05	AW2				9.45	9.45									
	TW	ZONE_6_2	IW1								14.40	14.40					
	TW	ZONE_6_6	IW1							31.79	136.45	168.24					
	IW		IW1										37.40	423.42	460.82		
					31.24	105.16		96.62	233.02	313.48	312.19	31.79	150.85	182.64	37.40	423.42	460.82

ZONE_6_2	DE	ZONE_7_6	FB1						47.97						
	DE	ZONE_7_8	FB1						11.09						
	TW	ZONE_6_1	IW1								14.40	14.40			
	FB	ZONE_5_1	FB1						73.04						
	DE	ORI06	DA1							13.98					
	AW	ORI02	AW3	5.86	19.71		14.89	40.46							
	AW	ORI06	AW1				25.53	25.53							
	TW	ZONE_6_3	IW1								17.34	17.34			
	TW	ZONE_6_6	IW1							3.74	16.93	20.67			
	IW		IW1										34.36	34.36	
				5.86	19.71		40.42	65.99	73.04	73.04	3.74	48.67	52.41	34.36	34.36

ZONE_6_3	DE	ZONE_7_5	FB2						16.61						
	DE	ZONE_7_6	FB1						25.21						
	TW	ZONE_6_2	IW1								17.34	17.34			
	FB	ZONE_5_1	FB1						74.71						
	DE	ORI06	DA1							33.06					
	AW	ORI03	AW1	2.73	8.21		31.69	42.63							
	AW	ORI04	AW4	4.34	13.02		1.76	19.12							
	TW	ZONE_6_6	IW1								5.61	30.42	36.03		
	IW		IW1										34.68	34.68	
				7.07	21.23		33.45	61.75	74.71	74.88	5.61	47.76	53.37	34.68	34.68

Begrenzungsflächen der Zonen																
Funktion	grenzend an	Aufbau	Außenwände				Boden	Decke	Trennwände			Innenwände				
			Fenster		Tür	Wand			Σ	Tür	Wand	Σ	Tür	Wand	Σ	
			Rahmen	Glas												
			[m²]	[m²]	[m²]	[m²]			[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	
ZONE 6_4	DE	ZONE_7_4	FB1					31.83								
	FB	ZONE_5_2	FB1				31.83									
	TW	ZONE_6_5	IW2							30.80	30.80					
	TW	ZONE_6_6	IW1						3.74	13.08	16.82					
	TW	ZONE_6_6	IW3							14.00	14.00					
	IW		IW1									26.18	101.70	127.88		
							31.83	31.83	3.74	57.88	61.62	26.18	101.70	127.88		
ZONE 6_5	DE	ZONE_7_3	FB1					216.14								
	TW	ZONE_6_4	IW2							30.80	30.80					
	FB	ZONE_5_1	FB1				264.18									
	FB	ZONE_5_2	FB1				3.47									
	FB	ORI01	FB3				70.00									
	DE	ORI06	DA1					108.58								
	AW	ORI04	AW3	18.35	61.79		46.46	126.60								
	AW	ORI04	AW4	4.34	13.02		2.03	19.39								
	AW	ORI05	AW1				43.13	43.13								
	TW	ZONE_6_6	IW1						18.70	114.46	133.16					
	IW		IW1									18.70	272.64	291.34		
	IW		IW2										12.40	12.40		
				22.69	74.81		91.62	189.12	337.65	324.72	18.70	145.26	163.96	18.70	285.04	303.74
ZONE 6_6	DE	ZONE_7_1	FB1					16.55								
	DE	ZONE_7_2	FB1					1.97								
	DE	ZONE_7_3	FB1					33.70								
	DE	ZONE_7_5	FB2					126.34								
	DE	ZONE_7_6	FB1					7.73								
	DE	ZONE_7_7	FB1					1.40								
	DE	ZONE_7_8	FB1					122.07								
	TW	ZONE_6_1	IW1						31.79	136.45	168.24					
	TW	ZONE_6_2	IW1						3.74	16.93	20.67					
	TW	ZONE_6_3	IW1						5.61	30.42	36.03					
	TW	ZONE_6_4	IW1						3.74	13.08	16.82					
	TW	ZONE_6_4	IW3							14.00	14.00					
	TW	ZONE_6_5	IW1						18.70	114.46	133.16					
	FB	ZONE_5_1	FB1					36.12								
	FB	ZONE_5_2	FB2					354.78								
	DE	ORI06	DA1						142.73							
	AW	ORI04	AW4	20.46	61.38		7.34	89.18								
	AW	ORI05	AW1				3.74	2.81	6.55							
	IW		IW1										19.66	19.66		
	IW		IW2										165.30	165.30		
IW		IW3										121.96	121.96			
IW		IW4									26.18	74.84	101.02			
FB	ZONE_5_2	FB1					61.02									
				20.46	61.38	3.74	10.15	95.73	451.92	452.49	63.58	325.34	388.92	26.18	381.76	407.94
ZONE 7_1	FB	ZONE_6_1	FB1					174.04								
	FB	ZONE_6_6	FB1					16.55								
	DE	ORI06	DA1					190.59								
	AW	ORI02	AW3	23.04	77.56		55.99	156.59								
	AW	ORI05	AW1				14.91	14.91								
	TW	ZONE_7_2	IW1							11.84	11.84					
	TW	ZONE_7_6	IW1							11.84	11.84					
	TW	ZONE_7_7	IW1							11.84	11.84					
	TW	ZONE_7_8	IW1						22.44	101.94	124.38					
	IW		IW1									3.74	209.44	213.18		
					23.04	77.56		70.90	171.50	190.59	190.59	22.44	137.46	159.90	3.74	209.44



Begrenzungsflächen der Zonen															
Funktion	grenzend an	Aufbau	Außenwände					Boden	Decke	Trennwände			Innenwände		
			Fenster		Tür	Wand	Σ			Tür	Wand	Σ	Tür	Wand	Σ
			Rahmen	Glas											
			[m <sup>2</sup> ]			[m <sup>2</sup> ]									

ZONE_7_7	TW	ZONE_7_1	IW1								11.84	11.84			
	FB	ZONE_6_1	FB1					14.68							
	FB	ZONE_6_6	FB1					1.40							
	DE	ORI06	DA1						16.08						
	AW	ORI02	AW3	1.95	6.58		4.68	13.21							
	TW	ZONE_7_8	IW1							1.87	8.62	10.49			
	TW	ZONE_7_2	IW1								11.84	11.84			
					1.95	6.58		4.68	13.21	16.08	16.08	1.87	32.30	34.17	

ZONE_7_8	TW	ZONE_7_1	IW1							22.44	101.94	124.38				
	TW	ZONE_7_2	IW1							1.87	12.93	14.80				
	TW	ZONE_7_3	IW1							16.83	87.36	104.19				
	TW	ZONE_7_4	IW2							3.74	51.00	54.74				
	TW	ZONE_7_5	IW1								3.36	3.36				
	TW	ZONE_7_5	IW2							11.22	82.06	93.28				
	TW	ZONE_7_6	IW1							14.96	57.71	72.67				
	TW	ZONE_7_7	IW1							1.87	8.62	10.49				
	FB	ZONE_6_2	FB1					11.09								
	FB	ZONE_6_6	FB1					122.07								
	DE	ORI06	DA1						133.16							
	AW	ORI03	AW1				4.20	4.20								
	AW	ORI04	AW3	1.56	5.26		3.68	10.50								
	AW	ORI05	AW3			1.87	3.38	5.25								
	IW		IW1										3.74	25.90	29.64	
					1.56	5.26	1.87	11.26	19.95	133.16	133.16	72.93	404.98	477.91	3.74	25.90

## 16.4 Oberlandesgericht Linz

### 16.4.1 Thermische Zonierung

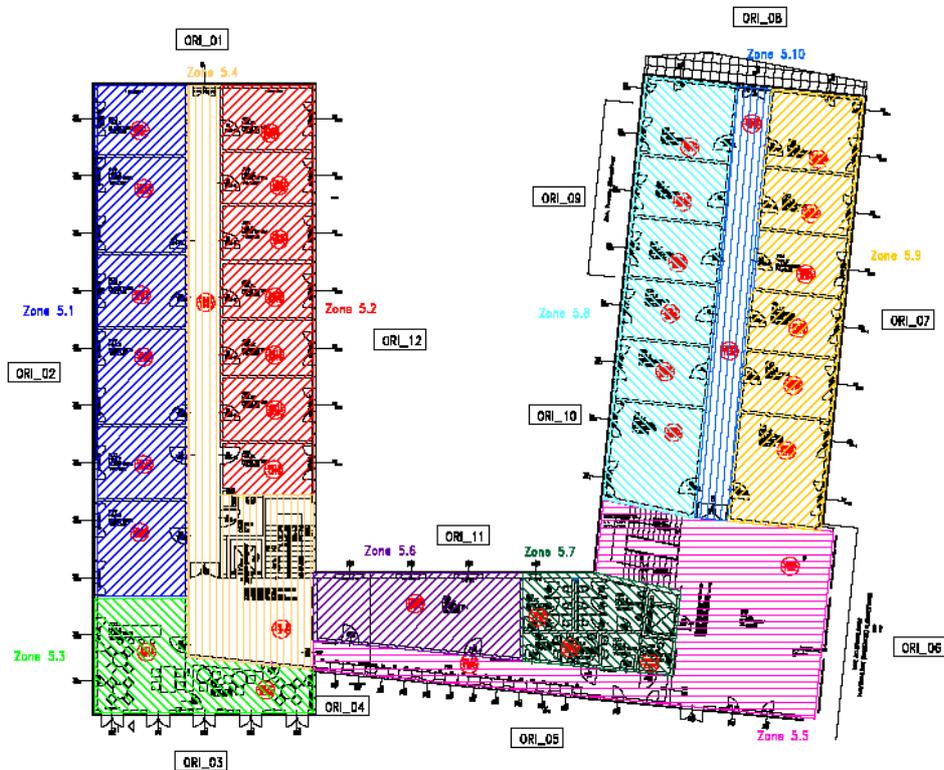


Abbildung 194: Thermische Zonierung des 5. OGs mit den Zonen 5.1 bis 5.10 und den Bezeichnungen für die Orientierungen der Außenflächen ORI\_01 – ORI\_12.

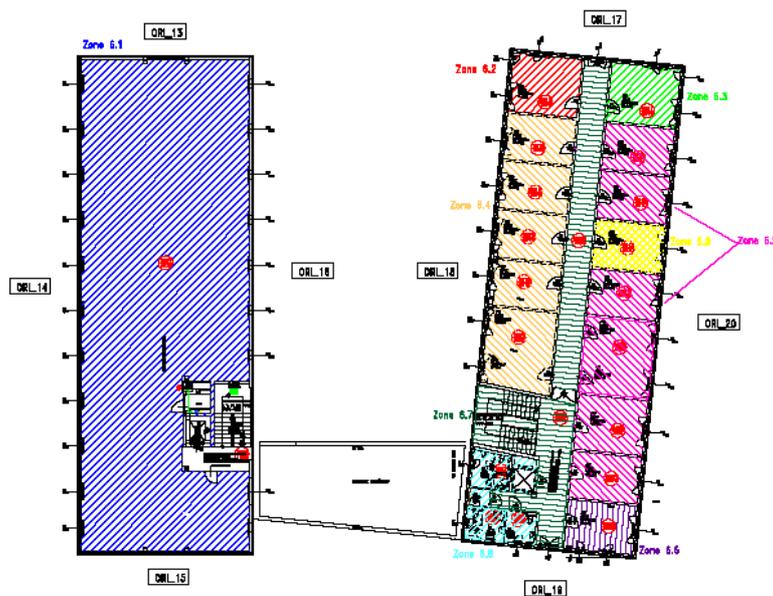


Abbildung 195: Thermische Zonierung des 6. OGs mit den Zonen 6.1 bis 6.8 und den Bezeichnungen für die Orientierungen der Außenflächen ORI\_13 – ORI\_20.

### 16.4.2 Flächenauswertungen der einzelnen Zonen

Begrenzungsflächen der Zonen															
Funktion	grenzend an	Aufbau	Außenwände					Boden	Decke	Trennwände			Innenwände		
			Fenster		Tür	Wand	Σ			Tür	Wand	Σ	Tür	Wand	Σ
			Rahmen	Glas											
			[m <sup>2</sup> ]			[m <sup>2</sup> ]									
ZONE 5.1	FB	ZONE_4	FB1					135.32							
	DE	ZONE_6_1	FB2						135.32						
	AW	ORI02	AW1				32.72	32.72							
	AW	ORI02	AW2	6.25	25.79		15.93	47.97							
	AW	ORI01	AW2				14.20	14.20							
	TW	ZONE_5_3	TW1							12.69	12.69				
	TW	ZONE_5_4	TW1							10.80	61.30	72.10			
	IW		TW1										126.88	126.88	
				6.25	25.79		62.85	94.89	135.32	135.32	10.80	73.99	84.79	126.88	126.88
ZONE 5.2	FB	ZONE_4	FB1					116.93							
	DE	ZONE_6_1	FB2						116.93						
	AW	ORI12	AW1				27.84	27.84							
	AW	ORI12	AW2	4.86	20.06		15.99	40.81							
	AW	ORI01	AW2				14.20	14.20							
	TW	ZONE_5_4	TW1							12.60	50.53	63.13			
	IW		TW1										152.26	152.26	
			4.86	20.06		57.93	82.85	116.93	116.93	12.60	50.53	63.13	152.26	152.26	
ZONE 5.3	TW	ZONE_5_1	TW1							12.69	12.69				
	FB	ZONE_4	FB1					49.50							
	DE	ZONE_6_1	FB2						49.50						
	AW	ORI02	AW1				7.32	7.32							
	AW	ORI02	AW2	0.93	3.82		5.98	10.73							
	AW	ORI03	AW2	2.33	9.32		22.66	34.51							
	AW	ORI04	AW1				2.69	2.69							
	AW	ORI04	AW2	0.23	0.93		2.78	3.94							
TW	ZONE_5_4	TW1							3.60	22.53	26.13				
			3.49	14.07		41.63	59.19	49.50	49.50	3.60	35.22	38.82			
ZONE 5.4	TW	ZONE_5_1	TW1							10.80	61.30	72.10			
	TW	ZONE_5_2	TW1							12.60	50.53	63.13			
	TW	ZONE_5_3	TW1							3.60	22.53	26.13			
	FB	ZONE_4	FB1					112.28							
	DE	ZONE_6_1	FB2						82.01						
	DE	ORI23	DE1						30.27						
	AW	ORI01	AW1				2.12	2.12							
	AW	ORI01	AW2	0.47	1.66		0.78	3.11							
	AW	ORI12	AW1				5.10	5.10							
	AW	ORI12	AW2	1.39	5.73		0.36	7.47							
	AW	ORI16	AW2	2.61	10.51		1.78	14.90							
	TW	ZONE_5_5	TW1							2.70	1.07	3.77			
	TW	ZONE_5_6	TW1								8.74	8.74			
	TW	ZONE_6_1	TW1								47.58	47.58			
IW		TW1										6.80	2.56	9.36	
			4.46	18.11		10.13	32.70	112.28	112.28	29.70	191.75	221.45	6.80	2.56	9.36

Begrenzungsflächen der Zonen																			
Funktion	grenzend an	Aufbau	Außenwände									Boden	Decke	Trennwände			Innenwände		
			Fenster		Tur	Wand	Σ	Tur	Wand	Σ	Tur			Wand	Σ				
			Rahmen	Glas															
			[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]			[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	
ZONE_5_5	TW	ZONE_5_4	TW1										2.70	1.07	3.77				
	FB	ZONE_4	FB1							150.30									
	DE	ZONE_6_6	FB2								37.84								
	DE	ZONE_6_6	FB2								16.59								
	DE	ZONE_6_7	FB2								41.71								
	DE	ZONE_6_8	FB2								7.50								
	DE	ORI23	DE1								46.56								
	AW	ORI05	AW3				43.10	43.10											
	AW	ORI05	AW2	3.94	14.66		18.88	37.68											
	AW	ORI08	AW4	3.15	17.85		9.18	30.18											
	AW	ORI10	AW1				4.80	4.80											
	AW	ORI10	AW2	1.35	5.55		0.14	7.04											
	TW	ZONE_5_8	TW1											3.60	25.55	29.15			
	TW	ZONE_5_7	TW1											8.40	22.75	31.15			
	TW	ZONE_5_7	TW2												11.80	11.80			
	TW	ZONE_5_8	TW1												12.48	12.48			
	TW	ZONE_5_9	TW1												12.61	12.61			
	TW	ZONE_5_10	TW1											3.40	1.28	4.68			
IW		TW1														6.00	1.28	7.28	
				8.43	38.27		76.10	122.80		150.30	150.30		18.10	87.54	105.64	6.00	1.28	7.28	
ZONE_5_7	TW	ZONE_5_5	TW1										8.40	22.75	31.15				
	TW	ZONE_5_5	TW2											11.80	11.80				
	TW	ZONE_5_6	TW1											11.65	11.65				
	FB	ZONE_4	FB1							35.89									
	DE	ORI23	DE1								16.28								
	DE	ZONE_6_7	FB2								3.61								
	DE	ZONE_6_8	FB2								16.00								
	AW	ORI11	AW1	0.19	0.77		10.83	11.79											
	IW		TW4													25.60	105.68	131.28	
	IW		TW3														16.16	16.16	
				0.19	0.77		10.83	11.79		35.89	35.89		8.40	46.20	54.60	25.60	121.82	147.42	
ZONE_5_8	TW	ZONE_5_5	TW1											12.48	12.48				
	FB	ZONE_4	FB1							110.57									
	DE	ZONE_6_2	FB2								19.98								
	DE	ZONE_6_4	FB2								91.04								
	AW	ORI09	AW1				26.63	26.63											
	AW	ORI09	AW2	5.09	21.02		13.23	39.34											
	AW	ORI08	AW2	0.23	0.93		12.95	14.11											
	TW	ZONE_5_10	TW1										10.80	46.35	57.15				
IW		TW1														126.10	126.10		
				5.32	21.95		53.01	80.28		110.57	111.02		10.80	58.83	69.63		126.10	126.10	

Begrenzungsflächen der Zonen																
Funktion	grenzend an	Aufbau	Außenwände						Boden	Decke	Trennwände			Innenwände		
			Fenster		Tür	Wand	Σ	Tür			Wand	Σ	Tür	Wand	Σ	
			Rahmen	Glas												
			[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]			[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	
ZONE_5_9	TW	ZONE_5_5	TW1									12.61	12.61			
	FB	ZONE_4	FB1					106.61								
	DE	ZONE_6_9	FB2						16.23							
	DE	ZONE_6_3	FB2						20.37							
	DE	ZONE_6_5	FB2						70.24							
	AW	ORI07	AW1				25.94	25.94								
	AW	ORI07	AW2	5.09	21.02		11.24	37.35								
	AW	ORI08	AW2	0.23	0.93		11.45	12.61								
	TW	ZONE_5_10	TW1								10.80	46.35	57.15			
	IW		TW1											126.10	126.10	
				5.32	21.95		48.63	75.90	106.61	106.84	10.80	58.96	69.76	126.10	126.10	
ZONE_5_10	TW	ZONE_5_5	TW1							3.40	1.26	4.66				
	TW	ZONE_5_8	TW1							10.80	46.35	57.15				
	TW	ZONE_5_9	TW1							10.80	46.35	57.15				
	FB	ZONE_4	FB1					41.38								
	DE	ZONE_6_7	FB2						41.38							
AW	ORI08	AW2	0.47	1.86		2.91	5.24	41.38	41.38	25.00	93.98	118.98				
				0.47	1.86		2.91	5.24	41.38	41.38	25.00	93.98	118.98			
ZONE_6_9	FB	ZONE_5_9	FB2					16.23								
	DE	ORI23	DE1						16.23							
	AW	ORI20	AW2	0.72	3.05		7.62	11.39								
	TW	ZONE_6_5	TW1								29.10	29.10				
TW	ZONE_6_7	TW1								1.80	8.10	9.90				
				0.72	3.05		7.62	11.39	16.23	16.23	1.80	37.20	39.00			
ZONE_6_1	FB	ZONE_5_1	FB2					135.32								
	FB	ZONE_5_2	FB2					116.93								
	FB	ZONE_5_3	FB2					49.50								
	FB	ZONE_5_4	FB2					82.01								
	TW	ZONE_5_4	TW1								47.56	47.56				
	DE	ORI23	DE1						297.18							
	DE	ORI23	DE2						86.18							
	AW	ORI13	AW2				40.92	40.92								
	AW	ORI14	AW2	3.14	13.19		103.45	116.78								
	AW	ORI21	AW2	8.84	30.28		28.58	67.70								
	AW	ORI16	AW2	2.65	11.16		83.89	97.70								
AW	ORI22	AW2	8.84	30.28		16.10	55.22									
AW	ORI15	AW2				40.92	40.92									
				23.47	84.91		313.86	422.24	383.76	383.36		47.58	47.58			
ZONE_6_2	FB	ZONE_5_8	FB2					19.98								
	DE	ORI23	DE1						19.98							
	AW	ORI18	AW2	0.96	4.06		9.19	14.21								
	AW	ORI17	AW2	0.23	0.93		15.57	16.73								
	TW	ZONE_6_4	TW1								14.55	14.55				
TW	ZONE_6_7	TW1								1.80	10.56	12.36				
				1.20	4.98		24.76	30.94	19.98	19.98	1.80	25.11	26.91			
ZONE_6_3	FB	ZONE_5_9	FB2					20.37								
	DE	ORI23	DE1						20.37							
	AW	ORI20	AW2	0.96	4.06		9.47	14.49								
	AW	ORI17	AW2	0.23	0.93		15.57	16.73								
	TW	ZONE_6_5	TW1								14.55	14.55				
TW	ZONE_6_7	TW1								1.80	10.80	12.60				
				1.20	4.98		25.04	31.22	20.37	20.37	1.80	25.35	27.15			

Begrenzungsflächen der Zonen																
Funktion	grenzend an	Aufbau	Außenwände			Boden	Decke	Trennwände			Innenwände					
			Fenster		Tür			Wand	Σ	Tür	Wand	Σ	Tür	Wand	Σ	
			Rahmen	Glas												
			[m²]	[m²]	[m²]			[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]
ZONE_6_4	FB	ZONE_5_8	FB2								91.04					
	TW	ZONE_6_2	TW1									14.55	14.55			
	DE	ORI23	DE1								91.04					
	AW	ORI18	AW2	4.34	18.26		41.02	63.62								
	TW	ZONE_6_7	TW1							9.00	47.91	56.91				
	IW		TW1										58.20	58.20		
				4.34	18.26		41.02	63.62	91.04	91.04	9.00	62.46	71.46	58.20	58.20	
ZONE_6_5	FB	ZONE_5_5	FB2								37.94					
	FB	ZONE_5_9	FB2								70.24					
	TW	ZONE_6_9	TW1									29.10	29.10			
	TW	ZONE_6_3	TW1									14.55	14.55			
	DE	ORI23	DE1								108.18					
	AW	ORI20	AW2	5.06	21.31		50.57	76.94								
	TW	ZONE_6_6	TW1									14.55	14.55			
	TW	ZONE_6_7	TW1							12.60	54.30	66.90				
IW		TW1										116.40	116.40			
				5.06	21.31		50.57	76.94	108.18	108.18	12.60	112.50	125.10	116.40	116.40	
ZONE_6_6	FB	ZONE_5_5	FB2								16.59					
	TW	ZONE_6_5	TW1									14.55	14.55			
	DE	ORI23	DE1								16.59					
	AW	ORI19	AW2	0.47	1.86		14.40	16.73								
	AW	ORI20	AW2	0.72	3.05		8.03	11.80								
TW	ZONE_6_7	TW1							1.80	8.48	10.28					
				1.19	4.91		22.43	28.53	16.59	16.59	1.80	23.01	24.81			
ZONE_6_7	FB	ZONE_5_5	FB2								41.71					
	FB	ZONE_5_7	FB2								3.81					
	FB	ZONE_5_10	FB2								41.38					
	TW	ZONE_6_9	TW1								1.80	8.10	9.90			
	TW	ZONE_6_2	TW1								1.80	10.56	12.36			
	TW	ZONE_6_3	TW1								1.80	10.80	12.60			
	TW	ZONE_6_4	TW1								9.00	47.91	56.91			
	TW	ZONE_6_5	TW1								12.60	54.30	66.90			
	TW	ZONE_6_6	TW1								1.80	8.48	10.28			
	DE	ORI23	DE1								86.70					
	AW	ORI17	AW2	0.47	1.86		3.88	6.21								
	AW	ORI18	AW2	1.45	6.08		8.62	14.15								
	AW	ORI19	AW2	0.47	1.86		3.88	6.21								
TW	ZONE_6_8	TW5									18.82	18.82				
TW	ZONE_6_8	TW4							5.00	10.20	15.20					
IW		TW1										6.80	4.00	10.80		
				2.38	9.81		14.38	26.57	86.70	86.70	33.80	169.15	202.95	6.80	4.00	10.80
ZONE_6_8	FB	ZONE_5_5	FB2								7.50					
	FB	ZONE_5_7	FB2								18.00					
	TW	ZONE_6_7	TW5									18.82	18.82			
	TW	ZONE_6_7	TW4								5.00	10.20	15.20			
	DE	ORI23	DE1								23.50					
	AW	ORI19	AW2	0.45	1.88		14.09	18.42								
	AW	ORI18	AW2	0.45	1.88		18.92	21.25								
	IW		TW5										11.40	11.40		
	IW		TW4										48.78	48.78		
IW		TW3										6.40	7.82	14.22		
				0.89	3.77		33.01	37.67	23.50	23.50	5.00	29.02	34.02	6.40	68.00	74.40

Begrenzungsflächen der Zonen																
Funktion	grenzend an	Aufbau	Außenwände						Boden	Decke	Trennwände			Innenwände		
			Fenster		Tür	Wand	Σ	Tür			Wand	Σ	Tür	Wand	Σ	
			Rahmen	Glas												
			[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]			[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	[m²]	
ZONE 4	DE	ZONE_5_1	FB1							135.32						
	DE	ZONE_5_2	FB1							116.93						
	DE	ZONE_5_3	FB1							46.50						
	DE	ZONE_5_4	FB1							112.28						
	DE	ZONE_5_5	FB1							150.30						
	DE	ZONE_5_6	FB1							43.97						
	DE	ZONE_5_7	FB1							35.89						
	DE	ZONE_5_8	FB1							110.57						
	DE	ZONE_5_9	FB1							106.61						
	DE	ZONE_5_10	FB1							41.38						
	FB		FB_GG4						1189.26							
	DE	ORI23	DE1							288.32						
	AW	ORI01	AW_GG40.44	1.77		35.47	37.66									
	AW	ORI02	AW_GG47.01	28.04		85.97	121.02									
	AW	ORI03	AW_GG45.90	23.82		85.35	114.87									
	AW	ORI06	AW_GG47.25	34.23		79.12	120.60									
	AW	ORI08	AW_GG4			37.74	37.74									
	AW	ORI09	AW_GG45.46	22.12		56.83	86.43									
	AW	ORI11	AW_GG42.05	8.19		33.32	43.56									
	AW	ORI12	AW_GG44.05	16.18		62.33	82.56									
IW		TW4											1800.00	1800.00		
				32.18	134.15		478.13	644.46	1189.26	1191.07				1800.00	1800.00	

Tabelle 67: Die Grundflächen (A), die Nettoraumluftvolumina (V) und die mittlere Raumhöhe (H) für jede Zone. Ebenso aufgelistet sind die Außenflächen (Außenwände und Dachflächen), die verglasten Flächen und die thermisch wirksame Masse (TWM) für jede Zone jeweils als absoluter Wert und bezogen auf die Grundfläche.

Zone	A [m <sup>2</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ]	H [m]	Außenflächen		Verglasung		TWM	
				abs. [m <sup>2</sup> ]	spez. [-]	abs. [m <sup>2</sup> ]	spez. [-]	abs. [kWh/K]	spez. [Wh/m <sup>2</sup> K]
				ZONE_5_1	135.32	351.8	2.60	69.10	0.51
ZONE_5_2	116.93	304.0	2.60	62.79	0.54	20.06	0.17	18.2	155.6
ZONE_5_3	49.50	128.7	2.60	45.12	0.91	14.07	0.28	8.3	167.4
ZONE_5_4	112.28	291.9	2.60	14.59	0.13	18.11	0.16	14.8	132.0
ZONE_5_5	150.30	390.8	2.60	84.53	0.56	38.27	0.25	22.0	146.4
ZONE_5_6	43.97	114.3	2.60	26.45	0.60	6.14	0.14	7.1	160.8
ZONE_5_7	35.89	93.3	2.60	11.02	0.31	0.77	0.02	6.1	170.5
ZONE_5_8	110.57	287.5	2.60	58.33	0.53	21.95	0.20	17.1	154.6
ZONE_5_9	106.61	277.2	2.60	53.95	0.51	21.95	0.21	16.4	153.6
ZONE_5_10	41.38	107.6	2.60	3.38	0.08	1.86	0.05	5.6	134.8
ZONE_6_9	16.23	48.7	3.00	8.34	0.51	3.05	0.19	2.5	154.7
ZONE_6_1	383.76	1313.1	3.42	337.33	0.88	84.91	0.22	55.2	143.8
ZONE_6_2	19.98	59.9	3.00	25.96	1.30	4.98	0.25	3.8	190.7
ZONE_6_3	20.37	61.1	3.00	26.24	1.29	4.98	0.24	3.9	190.1
ZONE_6_4	91.04	273.1	3.00	45.36	0.50	18.26	0.20	13.4	147.2
ZONE_6_5	108.18	324.5	3.00	55.63	0.51	21.31	0.20	16.6	153.5
ZONE_6_6	16.59	49.8	3.00	23.62	1.42	4.91	0.30	3.3	198.0
ZONE_6_7	86.70	260.1	3.00	16.76	0.19	9.81	0.11	12.1	139.4
ZONE_6_8	23.50	70.5	3.00	33.90	1.44	3.77	0.16	5.4	230.8
ZONE_4	1189.26	3092.1	2.60	510.31	0.43	134.15	0.11	177.3	149.0
	<b>2858.36</b>	<b>7900.1</b>	<b>2.76</b>	<b>1512.71</b>	<b>0.53</b>	<b>459.10</b>	<b>0.16</b>	<b>429.6</b>	<b>150.3</b>

## 16.5 COOLSAN Workshop am 26.11.04 in Gleisdorf

### 16.5.1 Einladung und Programm

**Einladung**  
**WORKSHOP**

bm vti  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

HAUS  
der Zukunft

AEE INTEC

IWT  
TUG

**ÜBERHITZUNGSPROBLEMATIK  
IM BÜROBESTAND -  
NACHHALTIGE  
SANIERUNGSKONZEPTE**

Freitag, 26. November 2004  
Rathaus Gleisdorf

[www.aee.at](http://www.aee.at)



Vor allem im Gebäudebestand österreichischer Büro- und Verwaltungsbauten hat der verstärkte Einsatz von EDV- und Bürogeräten in den letzten 10 Jahren (nahezu jeder Büroarbeitsplatz ist ein PC-Arbeitsplatz) häufig zur Überschreitung der sommerlichen Behaglichkeitsgrenzen geführt. Neben der Erhöhung der internen Lasten durch EDV-Geräte existieren zusätzlich noch ungünstige Voraussetzungen wie hohe externe Lasten (durch Sonneneinstrahlung, Lüftung), hohe Belegungsdichten, wenig Speichermassen, etc..

In der Regel wird der Problematik der sommerlichen Überwärmung mit dem Einbau von konventionellen (zentralen oder dezentralen) Kompressionskälteanlagen begegnet. Die daraus resultierenden Kälteenergieverbräuche, die den Heizwärmebedarf sogar überschreiten können, werden bei diesen Installationen jedoch zumeist nicht in Betracht gezogen. Um Lösungsansätze für diese Problemstellung zu finden, bearbeitet die AEE INTEC in Kooperation mit dem Institut für Wärmetechnik an der TU-Graz das Projekt COOLSAN, das innerhalb der Programmlinie "Haus der Zukunft" vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie in Auftrag gegeben wurde. Ziel dieses Projektes ist es, Möglichkeiten von nachhaltigen Sanierungskonzepten zu überprüfen, die den Energiebedarf zur Erreichung und Einhaltung von zufriedenstellenden Behaglichkeitsgrenzen (Temperatur, Luftqualität, Feuchte- und Lichtverhältnisse) im Bürobestand minimieren bzw. erübrigen. Die Erkenntnisse aus dem seit Jänner 2003 laufenden Projekt COOLSAN, interessante nachhaltige Lösungsansätze und Technologien zur Kühllastreduktion bzw. Kühlung mittels Umweltenergien werden innerhalb dieses Workshops dem interessierten Fachpublikum präsentiert und mit ihm diskutiert.

## WORKSHOP

### ÜBERHITZUNGSPROBLEMATIK IM BÜROBESTAND - NACHHALTIGE SANIERUNGSKONZEPTE

**Termin:** Freitag, 26. November 2004, 9:00 - 14:00 Uhr

**Ort:** Großer Sitzungssaal (1. Stock),  
Rathaus Gleisdorf, Floriantplatz 13

**Workshopleitung:** Ing. Christian Fink, AEE INTEC, Gleisdorf

#### Programm:

- 9:00 h Registrierung und Kaffee
- 9:30 h Begrüßung und Eröffnung  
**Mag. Elisabeth Huchler**, Wien
- 9:45 h Die Programmlinie "Haus der Zukunft" - Bisherige Ergebnisse und zukünftige Schwerpunkte  
**Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Dipl. Energiewirt (FH) Robert Freund**, OÖLUT, Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik, Wien
- 10:00 h Das Projekt COOLSAN "Nachhaltige Sanierungskonzepte für den sommerlichen Betrieb von Büro- und Verwaltungsgebäuden"  
**Dipl.-Ing. Ernst Bömel**, AEE INTEC, Gleisdorf
- 10:15 h Behaglichkeitsituation und Kühlenergiebedarf im Bürobestand - Ergebnisse aus der Analyse 15 bestehender Bürogebäude  
**Dipl.-Ing. (FH) Markus Sumann**, AEE INTEC, Gleisdorf
- 10:45 h Diskussion
- 11:05 h Kaffeepause
- 11:25 h Überhitzungsschutz im Bürobestand - Möglichkeiten zur nachhaltigen Sanierung anhand zweier konkreter Beispiele  
**Dipl.-Ing. Ernst Bömel**, AEE INTEC, Gleisdorf  
**Dr. Peter Puschnig**, Institut für Wärmetechnik, TU-Graz
- 12:05 h Phase Change Material (PCM) - Ein neuer Baustoff zum Temperaturengleich in Gebäuden  
**Dipl.-Ing. (FH) Thomas Hausmann**, FHG - ISE, Freiburg, Deutschland
- 12:25 h Innovativ sanieren - Das Klimakollektiv Programm "eco facility"  
**Dipl.-Ing. Werner Lautgöb**, Energieverwaltungsagentur, Wien
- 12:45 h Diskussion
- 13:15 h Einladung zum Mittagessen

#### Workshopbeitrag:

Inkl. Unterlagen, Frisongetränke und Mittagessen € 35,- bzw. € 10,- für Mitglieder der AEE und Studenten mit Studienausweis, Anmeldung erforderlich

## Anmeldung zum Workshop

ÜBERHITZUNGSPROBLEMATIK IM BÜROBESTAND -  
NACHHALTIGE SANIERUNGSKONZEPTE

Freitag, 26. November 2004, Rathaus Gleisdorf

Name: \_\_\_\_\_

Institution: \_\_\_\_\_

Anschrift: \_\_\_\_\_

Tel.: \_\_\_\_\_

Fax: \_\_\_\_\_

E-Mail: \_\_\_\_\_

"Ich kann leider nicht teilnehmen, möchte aber weiterhin über dieses Themengebiet informiert werden."

Datum \_\_\_\_\_

Unterschrift \_\_\_\_\_



**AEE INTEC**

Wir ersuchen um Anmeldung bis spätestens  
17. November 2004 bei:

Feldgasse 19  
A-8200 Gleisdorf  
Fax: 03112/5886 18  
Tel.: 03112/5886  
[seminare-aeaintec@ae.at](mailto:seminare-aeaintec@ae.at)



**16.5.2 Teilnehmerliste**

**Teilnehmerliste**  
**Workshop Überhitzungsproblematik im Bürobestand**  
**26.11.2004 Rathaus Gleisdorf**

Ing. Erwin Angermayr / BIG Services	Prunerstraße 5, 4021 Linz
DDI Jan Bleyl / GEA	Kaiserfeldgasse 13/1, 8010 Graz
DI Ernst Blümel / AEE INTEC	Feldgasse 19, 8200 Gleisdorf
Ing. Josef Buchgraber / TB Buchgraber	Waldersdorf 76, 8262 Ilz
Gottfried Derler / W.E.I.Z.	Karl Pichler Straße 30, 8160 Weiz
Ing. Josef Domweber / Fa. Domweber	Burgauer Straße 21, 8280 Fürstenfeld
Ing. Christian Fink / AEE INTEC	Feldgasse 19, 8200 Gleisdorf
DI Robert Freund / ÖGUT	Hollandstraße 10/46, 1020 Wien
Bmst Franz Genböck / GENBÖCK Haus	Niederhaag 32, 4680 Haag
Ing. Peter Glatz / TB Leitgeb	Lindaustrasse 9a, 8350 Fehring
DI (FH) Angelika Glatz / Spitzer GmbH	Badsiedlung 389, 8250 Vorau
DI Thomas Haussmann / FhG-ISE	Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg
Mag. Karl Heiny / RCS GmbH	Wüsterstraße 3, 3370 Ybbs
Dr. Karl Höfler 7 TU Graz	Nitscha 200, 8200 Gleisdorf
Barbara Horst / Mag. Graz Umweltamt	Kaiserfeldgasse 1, 8010 Graz
Mag. Elisabeth Huchler / BMVIT	Rosengasse 4, 1014 Wien
Rupert Jeitler / TB-Die Haustechniker	Penzendorf 152, 8230 Hartberg
DI Matthias Lenz / TU Graz	Stremayrgasse 11, 8010 Graz
DI Wilfried Linol / Grazer Verkehrsbetriebe	Steyrergasse 114, 8010 Graz
Manfred Luckerbauer / BIG	Neulinggasse 29, 1030 Wien
Wolfgang Marth / TU Graz	Rechbauerstraße 12, 8010 Graz
DI Harald Mayr / Bautechnisches Institut	Karl Leitl Straße 2, 4040 Puchenau