

# **Neubau Pollmeier Massivholz GmbH**

**Forschungsvorhaben „Neubau des Verwaltungsgebäudes der  
Pollmeier Massivholz GmbH in Creuzburg“  
Förderkonzept Solar optimiertes Bauen, Teil 3 des  
Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie**



**Förderkennzeichen:** 0335007B  
**Schlussbericht:** 01.09.2000 – 31.12.2001  
Bericht 0002/02

**Projektnehmer:**  
Pollmeier Massivholz GmbH  
Pferdsdorfer Weg 6  
99831 Creuzburg

**Bearbeitung des Berichts durch:**  
solares bauen GmbH  
Langemarckstraße 112  
79100 Freiburg

Freiburg im Mai 2002

Pollmeier Massivholz GmbH

Creuzburg, den .....

---

Ralf Pollmeier

**solaresbauen GmbH**

Freiburg, den.....

---

Martin Ufheil

## Inhalt

Einleitung .....	1
1 Kurzfassung .....	2
2 Planungsteam .....	4
3 Projektübersicht und Planungsziele .....	6
3.1 Standort .....	6
3.2 Objektbeschreibung .....	6
3.3 Baukonstruktion .....	8
3.4 Geometrische Kenndaten .....	10
3.5 Konzeption und Planung .....	12
4 Wärmeschutz .....	13
4.1 Preis-Leistungs-Verhältnisse Dämmung .....	13
4.1.1 Außenwand .....	13
4.1.2 Boden .....	13
4.1.3 Dächer .....	14
4.1.4 Fenster .....	14
4.2 Realisierter Wärmeschutz .....	14
5 Raumklima .....	15
5.1 Referenzvariante .....	15
5.2 Parametervariation .....	16
5.3 Konzeption der optimierten Variante .....	17
5.4 Nebenbetrachtungen .....	19
5.4.1 Sonnenschutz .....	19
5.4.2 Kleine Büroeinheiten .....	20
5.4.3 Vergleich von Kühlsystemen .....	23
5.5 Realisierte Maßnahmen .....	25
5.5.1 Sonnenschutz .....	25
5.5.2 Gebäudemassen .....	25
5.5.3 Lüftung / Kühlung .....	26
6 Tageslicht .....	27

7	Kunstlicht.....	30
7.1	Raumaufteilung / Beleuchtungskonzept.....	30
7.2	Steuerung / Regelung.....	31
7.2.1	Kunstlichtsteuerung 1.OG.....	32
7.2.2	Kunstlichtregelung 2.OG.....	32
7.2.3	Energieeinsparung.....	33
8	Haustechnikkonzept.....	34
8.1	Heizung.....	34
8.2	Lüftung.....	34
8.2.1	Basissystem: Abluftanlage.....	35
8.2.2	Energiesparmaßnahmen Lüftung.....	36
8.3	Realisiertes System.....	38
8.3.1	Heizung.....	38
8.3.2	Lüftung.....	38
9	Überblick Gesamtkonzept und Endenergiebilanz.....	42
9.1	Überblick/ Zusammenstellung Gesamtkonzept.....	42
9.2	Wärme.....	46
9.3	Strom.....	47
10	Energieversorgung.....	48
10.1	Wärme.....	48
10.2	Strom.....	48
11	Primärenergie- und Kostenbilanz.....	50
11.1	Primärenergiebedarf und Emissionen.....	50
11.2	Kosten.....	51
12	Mess- und Regelkonzept.....	52
13	Veröffentlichungen / Ausbildung.....	55
Anhang 1 Datenbasis und Berechnungsverfahren.....		II
Datenbasis.....		II
Arbeitsunterlagen.....		II
Standort und Klima.....		II
Nutzung und Interne Lasten.....		II
Berechnungsverfahren.....		III

Wärme .....	III
Tageslicht.....	IV
Thermische Behaglichkeit .....	VI
Preis-Leistungs-Verhältnis.....	VII
Anhang 2 Lageplan und Grundrisse .....	VIII
Wärmeschutznachweis.....	XI
Ergebnisse der Lichtsimulation am Beispiel 1.OG .....	XIII
Anhang 5 Schema Lüftungsanlage.....	XIV
Anhang 6 Beschreibung Abnahmemessung Photovoltaikanlage .....	XV
Anhang 7 Mess- und Regelkonzept.....	XVI

## Einleitung

Die Fa. Pollmeier Massivholz GmbH ist ein exportorientiertes mittelständisches Unternehmen der Holzverarbeitenden Industrie mit insgesamt 400 Mitarbeitern. Für die Hauptverwaltung in Creuzburg (bei Eisenach) hat der Bauherr ein neues Verwaltungsgebäude für bis zu 100 Mitarbeitern errichtet.

Die Konzeption des Gebäudes ist nicht Ergebnis eines Wettbewerbs. Vielmehr wurden die Architekten aufgrund eines vergleichbaren Referenzobjektes unmittelbar vom Bauherrn angesprochen. Das Projektteam selbst hat sich aufgrund einer früheren Zusammenarbeit bei einem ähnlichen Projekt ergeben.

Die Motivation für ein TK3 Demo-Projekt entstand aus dem Wunsch des gesamten Planungsteams sowie des Bauherrn im speziellen ein innovatives Gebäude mit entsprechender Außenwirkung zu errichten.

Neben dem Verwaltungsgebäude selbst war auch das gesamte Sägewerk Teil der Betrachtung. Der enorme Energieumsatz im Werk war der Auslöser auch hier nach Einsparpotenzialen zu suchen.

Dieser Bericht beschreibt die Zielvorstellungen des Projekts, den Ablauf von Konzeption und Planung sowie die Umsetzung.

## 1 Kurzfassung

Der Neubau des Verwaltungsgebäudes der Pollmeier Massivholz GmbH besitzt ca. 3500 m<sup>2</sup> beheizte Nettogrundfläche. Das Gebäude hat einen quadratischen Grundriss. Um ein 3-geschossiges verglastes Atrium gruppieren sich im Erdgeschoss mehrere Besprechungs- und Serviceräume sowie eine Cafeteria. In den Obergeschossen befinden sich großzügige Bürobereiche, die zum Atrium großflächig verglast sind. Insgesamt werden rund 100 Arbeitsplätze bereitgestellt. Das Gebäude wurde im September 2001 bezogen und ist seitdem in Betrieb.

Ziel des Projektes war die Schaffung von optimalen Arbeitsplatzbedingungen hinsichtlich Tages- und Kunstlicht sowie in Bezug auf das zu erwartende Raumklima. Diese Qualität sollte mit einer schlanken Gebäudetechnik und einem Höchstmaß an Energieeffizienz erreicht werden. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde ein umfangreiches Energiekonzept mit Hilfe von Simulationswerkzeugen erarbeitet, das die Bereiche Wärmeschutz, Raumklima, Tageslicht und Haustechnik abdeckt.

Der Heizenergiebedarf liegt nach dem Berechnungsverfahren der Wärmeschutzverordnung '95 bei 33,4 kWh/m<sup>2</sup>a. Der zulässige Wert wird um rund 45% unterschritten. Der Primärenergiebedarf für Heizung, Lüftung, Beleuchtung und sonstige Haustechnik liegt bei 197 MWh/a, das sind 56,4 kWh/m<sup>2</sup>a. Die Ziele des Förderprogramms werden damit rechnerisch gut erfüllt.

Die Wärmeversorgung des Gebäudes erfolgt durch das firmeneigene Nahwärmenetz, das auch das angrenzende Sägewerk versorgt. Da als Brennstoff ausschließlich Restholz aus der Produktion verwendet wird, kann die Wärmeversorgung zu 100% als regenerativ bezeichnet werden.

Eine Photovoltaikanlage mit 7 kWp wurde in den Dachkranz des Atriums integriert und kann ca. 8% des gesamten Strombedarfs abdecken. Als weitere Einsparmaßnahme wurde eine Abluftwärmepumpe zur Lüftungswärmerückgewinnung ergänzt, die knapp 15% des Heizenergiebedarfs einspart.

Während der Planungsphase hat sich gezeigt, dass eine enge Zusammenarbeit der Projektbeteiligten und die Verwendung geeigneter Planungshilfsmittel unablässige Voraussetzungen für den Erfolg eines solchen Projekts sind. Hilfreich war hierbei, dass bereits der erste Entwurf des Architekten viele Eigenschaften aufzeigte, die der Erreichung der oben genannten Ziele zu Gute kamen (z.B. Verglasungsanteile der Fassaden).

Einer der Hauptschwerpunkte an der Schnittstelle Konzept/Planung war der Entwurf eines möglichst einfachen Lüftungssystems mit maschinellm Antrieb, das sowohl für die Grundbelüftung als auch für die Nachtlüftung zur sommerlichen Entwärmung des Gebäudes eingesetzt werden kann.

Das Ergebnis ist eine Abluftanlage mit zentraler Absaugung auf den Geschossen und Nachströmung der Frischluft über Zuluftelemente in der Fassade. Die Zuluftelemente wurden speziell für das Gebäude entwickelt. Es sind zwar verschiedene Elemente am Markt verfügbar, jedoch keines das sowohl die Lüftungstechnischen sowie die schallschutztechnischen Belange bei ansprechender Ansicht erfüllt hätte. Weiterhin musste die Leitungsführung speziell angepasst werden, um sowohl tagsüber eine Regelung des Luftvolumenstroms als auch die Nachtlüftung mit erhöhtem Volumenstrom zu ermöglichen. Es wurde ein Bypass vorgesehen, der beide Funktionen mit dem einfachen System erst ermöglicht.

Im Planungsverlauf hat sich gezeigt, dass mit diesem System (im Zusammenspiel mit Sonnenschutz und optimierter Gebäudemasse) ein angenehmes Raumklima bei minimierter Technik und geringen Kosten erreicht werden kann. Dies gilt insbesondere im Vergleich mit aktiven Kühlsystemen.

Die Optimierung der Tageslichtsituation im Gruppenbüro hat sich als besonders schwierig erwiesen- insbesondere im Zusammenhang mit Blendschutz. Durch große Raumtiefen ergeben sich - allein aufgrund der Lage des jeweiligen Arbeitsplatzes zum Fenster - eine Vielzahl unterschiedlicher Situationen. In diesem Sinne stellt jede Lösung des Problems einen Kompromiss dar.

Bei der Planung des Kunstlichtes war der Einsatz geeigneter Planungshilfsmittel von besonderer Bedeutung, da durch Überdimensionierung der Beleuchtungsanlage sowohl enorme Mehrkosten als auch ein deutlich höherer Strombedarf erzeugt worden wären. Durch exakte Berechnungen konnte die installierte Leistung für die Beleuchtung im Vergleich zum Ansatz nach DIN um rund 75% reduziert werden.

Bei allen installierten Systemen wurde auf ein hohes Maß an Energieeffizienz geachtet (z.B. Wärmeschutz, Antrieben für Pumpen und Ventilatoren, Ablufthaube für Küche, Leuchtmittel), wobei immer auch der wirtschaftliche Vorteil für den Bauherren berücksichtigt wurde. Für alle Systeme wurde eine vereinfachte Kosten-Nutzen-Betrachtung durchgeführt.

Ein weiterer besonderer Aspekt der Planung war die optionale Bereitstellung alternativer Systeme mit Hinblick auf das anschließende Monitoring. So wurden neben CO<sub>2</sub>-Sensoren zur Regelung der Luftqualität auch Mischgassensoren vorgesehen. Über die Gebäudeleittechnik ist es möglich, die Art des Sensors zu wählen und somit deren Funktion im realen Betrieb zu vergleichen. Weiterhin wurde für das Kunstlicht im 1.OG eine zentrale Steuerung eingesetzt, während im 2.OG eine dezentrale Regelung zum Einsatz kommt. Auch hier ist ein direkter Vergleich alternativer Systeme möglich.

In Phase II des Forschungsprojektes wird das Gebäude unter Leitung der GH Kassel vermessen und bewertet.



## 2 Planungsteam

---

### Bauherr und Nutzer

---

Pollmeier Massivholz GmbH  
Pferdsdorfer Weg 6  
99831 Creuzburg  
Herr Ralf Pollmeier

Tel.: 036926-945-13  
Fax: 036926-945-96

---

### Architekt

---

seelinger und vogels Architekten  
Lucasweg 15  
64287 Darmstadt  
Herr Martin Seelinger

Tel.: 06151/ 43677  
Fax: 06151/ 43717

---

### Technische Gebäudeausrüstung

---

solares bauen GmbH  
Langemarckstraße 112  
79100 Freiburg  
Herr Martin Ufheil

Tel.: 0761 / 45688-40  
Fax: 0761 / 45688-50

---

### Energie, Simulation

---

solares bauen GmbH  
Langemarckstraße 112  
79100 Freiburg  
Herr Christian Neumann

Tel.: 0761 / 45688-31  
Fax: 0761 / 45688-50

Fraunhofer ISE  
Heidenhofstraße 2  
79110 Freiburg  
Herr Karsten Voss

Tel.: 0761 / 45885-135

---

### Tragwerksplanung

---

Prof. Pfeiffer + Partner  
Ahastr. 7  
64285 Darmstadt  
Herr Wittenbecher

Tel.: 06151 / 3627 20  
Fax: 06151 / 3627 22

---

---

**Messkonzept**

---

Zentrum für umweltbewusstes Bauen  
Gottschalkstr. 28  
34109 Kassel  
Herr Laudenbach

Tel.: 0561/804-3188

Fax: 0561-804-3187

---

**Luftdichtigkeitsprüfung**

---

FH Bochum  
Haferkamp 68  
58093 Hagen  
Prof. Knublauch

Tel.: 02331-54408

Fax: 02331-54478

---

### 3 Projektübersicht und Planungsziele

Der Neubau der Hauptverwaltung der Fa. Pollmeier Massivholz ersetzt bzw. ergänzt die bestehende Verwaltung am Standort Creuzburg. Das Gebäude bietet Arbeitsplätze für 100 Mitarbeiter.

Ziel des Projektes war die Schaffung von optimalen Arbeitsplatzbedingungen hinsichtlich Tages- und Kunstlicht sowie hinsichtlich des zu erwartenden Raumklimas. Diese Qualität sollte mit einer schlanken Gebäudetechnik und einem Höchstmaß an Energieeffizienz erreicht werden. Das Gebäude wurde im September 2001 bezogen und ist seit dem in Betrieb.

#### 3.1 Standort

Das Gebäude befindet sich auf dem Gelände des Sägewerks, in einem Industrie- und Gewerbegebiet in Creuzburg (Thüringen/ Nähe Eisenach). Die umliegende Bebauung erfolgt auf Grundlage eines von den Architekten Seelinger + Vogels erarbeiteten B-Plan-Entwurfes, der sich gerade in der Realisierung befindet. Der Standort des Gebäudes ist freiliegend ohne Verschattung.



Abb. 1 Südansicht des Gebäudes

#### 3.2 Objektbeschreibung

Der Baukörper orientiert sich an der bestehenden Ausrichtung der Produktionsbereiche und entwickelt sich nach Süden in den Landschaftsraum des Werratales.

Das Gebäude besitzt einen quadratischen Grundriss, wobei die Grundfläche des EG kleiner als die der darüber liegenden Geschosse ist. Dadurch ergibt sich ein Überstand, der für das EG auch eine Sonnenschutzfunktion übernimmt. Insgesamt ergibt sich ein Bruttovolumen von ca. 16.800 m<sup>3</sup> bei ca. 3.500 m<sup>2</sup> beheizter Nutzfläche.

Um ein 3-geschossiges verglastes Atrium gruppieren sich im Erdgeschoss mehrere Besprechungs- und Serviceräume sowie eine Cafeteria. In den Obergeschossen befinden sich großzügige Bürobereiche, die zum Atrium großflächig verglast sind.



Abb. 2 Panoramaaufnahme des Atriums vom Bereich der Cafeteria aus gesehen. Im 1. und 2.OG sind die Verglasungen zu den Bürobereichen zu sehen. rechts: Besprechungsräume, in der Mitte: Empfang, links Aufzug.



Abb. 3 links: Empfang vom Eingang aus gesehen mit Cafeteria im Hintergrund, rechts: Cafeteria

Die Gruppenbüros in den OG, können durch teilweise umsetzbare Wandscheiben in Zonen aufgeteilt werden. Hierdurch wird das Gebäude den sich wechselnden räumlichen Anforderungen verschiedener Arbeitsgruppen gerecht.

Die Fassaden des Gebäudes orientieren sich nach den vier Himmelsrichtungen, mit einer Abweichung der Südfassade von 22° nach West.

Der Verwaltungsbau wird von bis zu 100 Mitarbeitern zu den üblichen Bürozeiten genutzt.



Abb. 4 Bürobereich 1.OG Nordseite



Abb. 5 Besprechungsraum im EG

In Anhang 2 findet sich der Lageplan und die Grundrisse der Geschosse.

### 3.3 Baukonstruktion

Das Gebäude ist als Stahlskelettkonstruktion mit massiven Decken ohne Unterzüge mit Stützen geplant. Die Fassaden bestehen aus vorgefertigten Holzelementen. Zur Erhöhung der inneren Masse, die die Temperaturschwankungen dämpft, wurden auf der Innenseite vorgefertigte Betonplatten vorgesehen. Im Rahmen des innenarchitektonischen Konzepts und zur Verbesserung der Raumakustik wurden diese z.T. mit Stoff bespannt. Die Fassadendämmung ist nicht in den Holzelementen integriert und wurde nachträglich von außen aufgebracht und mit einer vorgehängten Fassade abgeschlossen. Besondere Beachtung musste bei

dieser Konstruktion der Luftdichtheit der Fassade geschenkt werden, da viele Gewerke ineinander greifen.



Abb. 6 Stahlskelettkonstruktion des Gebäudes. Im EG sind bereits die vorgefertigten Wandelemente aus Beton zur Erhöhung der internen Masse des Gebäudes erkennbar.

Das Dach des Atriums besteht aus einer rostartigen Holz-Stahl-Konstruktion, die mit einer Shedverglasung über dem umlaufenden Baukörper schwebt. Das Hauptdach des Gebäudes ist als extensiv begrüntes Flachdach ausgeführt.

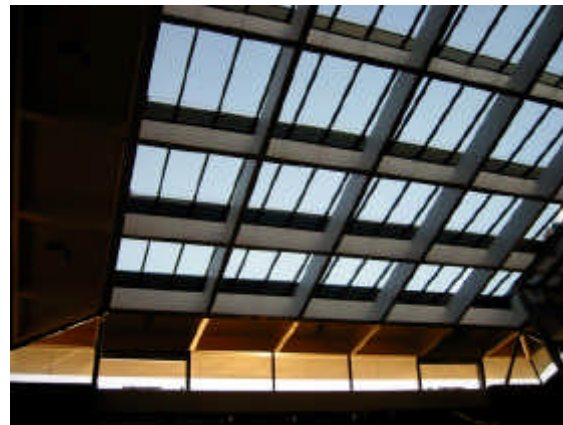


Abb. 7 links: Tragkonstruktion des Atriumdachs im Bau, rechts: Blick vom EG im Atrium auf das Sheddach.

### 3.4 Geometrische Kenndaten

Tab. 1 Kenndaten des Bauvorhabens

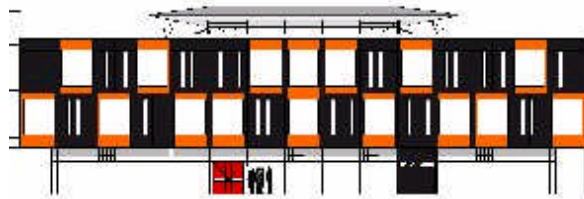
Bruttovolumen	16.850 m <sup>3</sup>
A/V-Verhältnis	0,32
Nettogrundfläche (beheizt)	3.489 m <sup>2</sup>
Hüllflächen	
Außenwand	977 m <sup>2</sup>
Boden zu UG / außen	1.258 m <sup>2</sup>
Dach	1.420 m <sup>2</sup>
Fenster	1.060 m <sup>2</sup>



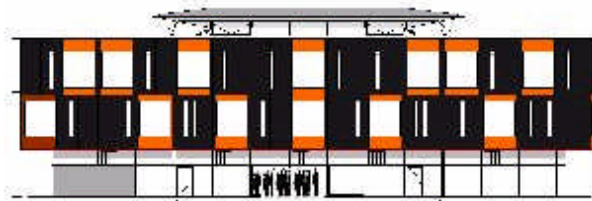
Mit einem A/V-Verhältnis von  $0,30 \text{ m}^{-1}$  ist der Baukörper sehr kompakt

Ost- und Westfassade besitzen einen moderaten Fensterflächenanteil von ca. 30%, während die Nord- und Südfassaden mit einem großzügigen

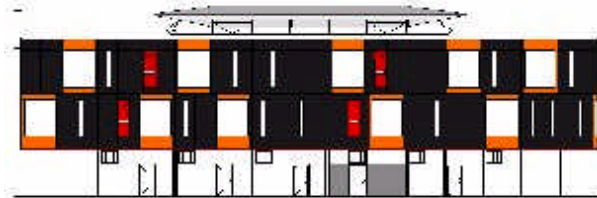
Ansicht Nord



Ansicht Süd



Ansicht Ost



Ansicht West



Abb. 8 Fassadenansichten des Entwurfs



### **3.5 Konzeption und Planung**

Ziel des Vorhabens war die Schaffung von optimalen Arbeitsplatzbedingungen hinsichtlich Tages- und Kunstlicht sowie hinsichtlich des zu erwartenden Raumklimas bei hoher Energieeffizienz.

Zur Erreichung dieses Zieles muss zwischen einer Vielzahl zum Teil gegensätzlicher Anforderungen vermittelt werden. Aus diesem Grund wurden umfangreiche Voruntersuchungen mit Hilfe von Simulationsrechnungen und Kennzahlverfahren unternommen. Einzelne Belange wie Tageslicht und Raumklima wurden in Form von Parameterstudien näher beleuchtet, um letztendlich ein Gesamtkonzept für das Gebäude zu entwerfen.

In den nachfolgenden Kapiteln werden die durchgeführten konzeptionellen Untersuchungen und die umgesetzten Maßnahmen dargestellt.

Die Grundlagen der Untersuchungen sind Anhang 1 zu entnehmen.

## 4 Wärmeschutz

Beim Wärmeschutz stellte sich die Frage nach der optimalen Dämmstärke. Ausgehend von einem Mindeststandard, der sich an der Wärmeschutzverordnung 95 orientiert, wurden daher die Preis-Leistungs-Verhältnisse (Erläuterung hierzu in Anhang 1) der Dämmung ermittelt. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Konstruktion der Bauteile bei unterschiedlichen Dämmstärken gleich ist. Somit werden nur die Mehrkosten für die verstärkte Dämmung angerechnet.

### 4.1 Preis-Leistungs-Verhältnisse Dämmung

#### 4.1.1 Außenwand

Tab. 2 PLV Außenwanddämmung

Dämmstärke	Einsparung	Mehrkosten	PLV
	MWh/a	DM	DM/kWh
8 cm	-	-	-
15 cm	21	20.000	0,03
20 cm	28	33.000	0,04
25 cm	32	47.000	0,05

Nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist damit eine Außenwanddämmung über 25 cm vertretbar.

#### 4.1.2 Boden

Tab. 3 PLV Bodendämmung

Dämmstärke	Einsparung	Mehrkosten	PLV
	MWh/a	DM	DM/kWh
5 cm	-	-	-
10 cm	11	13.000	0,04
15 cm	16	25.000	0,05
20 cm	18	38.000	0,07

Bei der Bodendämmung sind Dämmstärken bis zu 20 cm wirtschaftlich sinnvoll. Darüber hinausgehende Dämmung liegt mit seinem PLV über dem Grenzwert von 0,07.

### 4.1.3 Dächer

Tab. 4 PLV Dachdämmung

Dämmstärke	Einsparung Mehrkosten		PLV
	MWh/a	DM	DM/kWh-
8 cm	-	-	-
15 cm	25	17000	0,02
20 cm	33	28000	0,03
25 cm	38	40000	0,04

Die Dachdämmung erreicht ein sehr gutes PLV. Hier sind Dämmstärken von 25 cm und mehr ökonomisch sinnvoll.

### 4.1.4 Fenster

Tab. 5 PLV Fenster

Fenstertyp	Einsparung Mehrkosten		PLV
	MWh/a	DM	DM/kWh-
2-fach Isolierverglasung $U_v=1,8 \text{ W/m}^2\text{K}; g=0,7$	-	-	-
2-fach Wärmeschutzverglasung $U_v = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}, g = 0,6$	27	21.000	0.03
3-fach Wärmeschutzverglasung $U_v = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}, g = 0,6$	55	159.000	0.11

Die 3-fach Wärmeschutzverglasung erreicht mit 0,11 DM/kWh ein ungünstiges PLV.

## 4.2 Realisierter Wärmeschutz

Es wurde entsprechend den ermittelten PLV-Werten ein hochwertiger Wärmeschutz realisiert. Die Außenwand weist eine Dämmstärke von 30 cm auf, Das Dach 20 cm und der Boden 12 cm. Als Verglasung wurde eine qualitativ hochwertige 2-fach Wärmeschutzverglasung gewählt mit einem U-Wert von  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  und einem g-Wert von 0,58.

Der Nachweis entsprechend Wärmeschutzverordnung 95 findet sich in Anhang 3. Die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung werden um knapp 45% unterschritten.

## 5 Raumklima

Ziel der raumklimatischen Untersuchung war es, ein Gebäudekonzept zu entwickeln, bei dem in den Bürobereichen auf aktive Kühlung – und somit auf den dafür notwendigen Energieaufwand – möglichst vollständig verzichtet werden kann. Hierzu wurden ausgehend von einer Referenzvariante verschiedene Gebäudeparameter variiert, um deren Einfluss auf das Raumklima aufzuzeigen. Die Berechnungen wurden mit dem Simulations-Werkzeug TRNSYS durchgeführt (siehe Anhang 1).

### 5.1 Referenzvariante

Bei der Untersuchung wurden jeweils alle Gebäudezonen betrachtet. In der folgenden Darstellung werden exemplarisch jeweils die Ergebnisse für die Südzone des 2.OG dargestellt.

Tab. 6 Merkmale der Referenzvariante der raumklimatischen Untersuchung

<b>Merkmale Referenzvariante</b>	
Decken	Abgehängt
Innenwände	Überwiegend leicht, wenige
Nachtlüftung	Nein
Sonnenschutz	Nordfassade (alle Geschosse) und Südfassade (nur EG) ohne Sonnenschutz*  Atriumdach mit innenliegendem Sonnenschutz*  Alle anderen Fassadenabschnitte mit einfachem Sonnenschutz entsprechend Wärmeschutzverordnung (g=0,5)
Kunstlichtsteuerung	Ja

\* siehe Abschnitt 5.4

Die folgende Abbildung zeigt die Ergebnisse für die Referenzvariante, für die absichtlich raumklimatisch ungünstige Parameter gewählt wurden (schlechter Sonnenschutz, wenig interne Masse, keine Nachtlüftung)

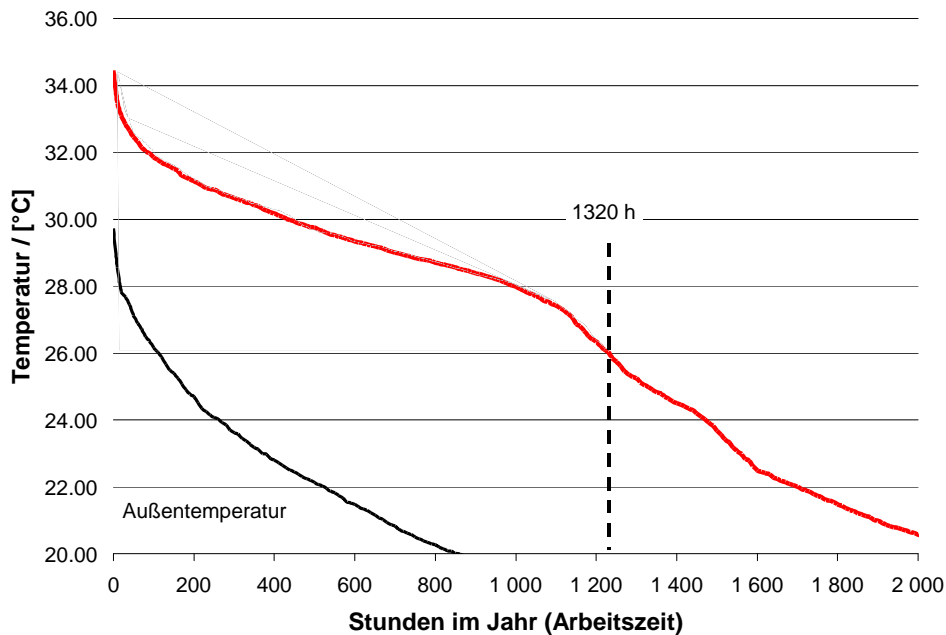


Abb. 9 Häufigkeitsverteilung der Außentemperatur, der operativen Raumtemperatur

Das Ergebnis zeigt, dass unter den genannten Randbedingungen kein akzeptables Raumklima zu erreichen ist (ca. 1.320 h/a operative Raumtemperatur über 26°C).

## 5.2 Parametervariation

Um die raumklimatische Situation zu verbessern, wurden folgende Variationen berechnet:

Tab. 7 berechnete Varianten Raumklima

0	Referenz
1	verbesserter Sonnenschutz ( $g=0,15$ )
2	mehr Gebäudemasse (freie Decken)
3	maschinelle Nachtlüftung mit einem Luftwechsel von $2 \frac{1}{h}$

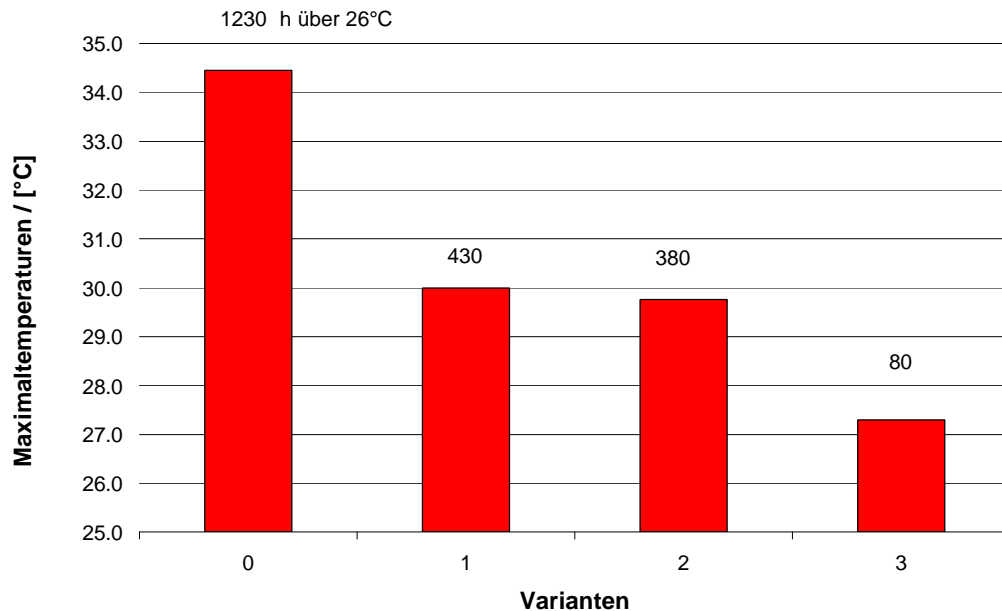


Abb. 10 Änderung Maximaltemperatur und Anzahl der Stunden über 26°C im Vergleich zur Referenzvariante

Aus den Ergebnissen geht folgendes hervor:

- ? Für ein optimales Raumklima ist zwingend ein effektiver, außenliegender und - im Idealfall - automatisch gesteuerter Sonnenschutz erforderlich.
- ? Eine Nachtlüftung des Gebäudes im Sommer zur Kühlung der Gebäudemassen ist sehr empfehlenswert.
- ? Um höhere Potenziale für die Nachtlüftung zu erreichen, sollte die Decke frei (nicht abgehängt) sein.

### 5.3 Konzeption der optimierten Variante

Um ein angenehmes Raumklima ohne maschinelle Kühlung zu erreichen wurden auf Grundlage der vorangegangenen Berechnungen folgende Empfehlungen ausgesprochen:

- ? **Automatisch geregelter außenliegender Sonnenschutz**  
Um die solaren Wärmeeinträge zu reduzieren ist ein effektiver außenliegender Sonnenschutz notwendig. Dieser sollte weiterhin automatisch nach Einstrahlung und Raumtemperatur geregelt sein, um ein ungewolltes Aufheizen der Räume etwa an Wochenenden zu verhindern. Die Regelung kann vom Nutzer allerdings zu jedem Zeitpunkt überstimmt werden.

Der Sonnenschutz sollte in Kombination mit der Verglasung einen g-Wert von 0,15 nicht überschreiten. Als Systeme kommen hier Lamellenjalousien oder spezielle Fassadenmarkisen (z.B. alubedampfte Stoffe) in Betracht. Siehe hierzu weiterhin Abschnitt 5.4.

#### ? **Nachtlüftung**

Mit der Nachtlüftung des Gebäudes können die Maximaltemperaturen um 2°C gesenkt werden. Der dafür notwendige Luftwechsel liegt bei etwa 2 1/h. Da dieser Luftwechsel über gekippte Fensterflügel kaum erreicht werden kann wird eine mechanische Abluftanlage zur Nachtlüftung empfohlen.

#### ? **Freie Decken und schwere Innenwände**

Je mehr interne Masse im Gebäude vorhanden ist, desto besser können Temperaturschwankungen gedämpft werden. Damit werden auch die sommerlichen Maximaltemperaturen gesenkt. Daher sollten die Betondecken frei bleiben und möglichst alle Innenwände massiv ausgeführt werden (z.B. KS 1200).

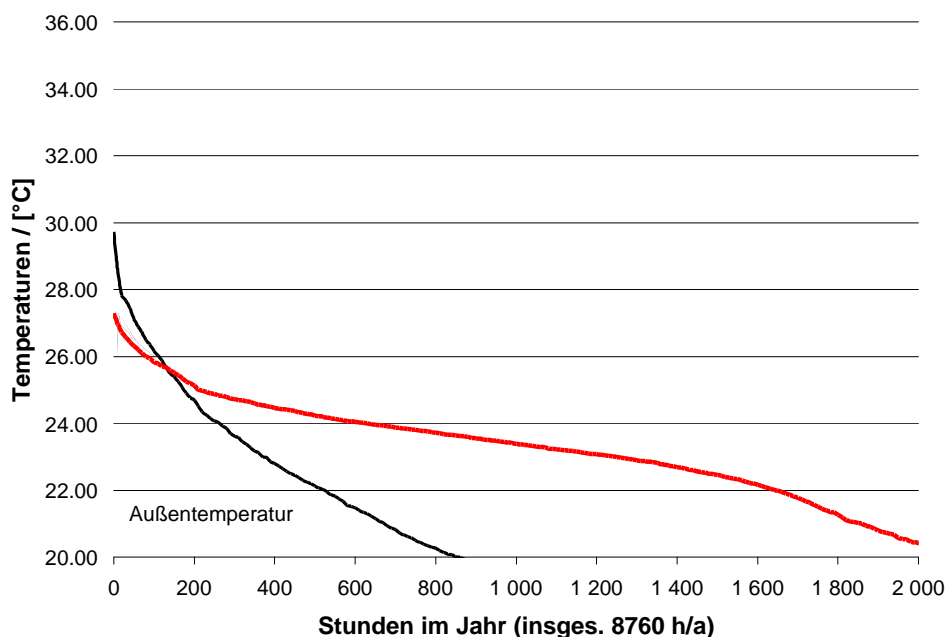


Abb. 11 Häufigkeitsverteilung der Außentemperatur, der operative Raumtemperatur bei der optimierten Variante

In Abb. 11 ist das Ergebnis der Simulation für die optimierte Variante gezeigt. Raumtemperaturen über 26°C treten nur in ca. 100 Stunden im Jahr auf.

Insgesamt kann mit den genannten Maßnahmen das Ziel eines optimalen Raumklimas ohne maschinelle Kühlung in den Bürobereichen erreicht werden.

## 5.4 Nebenbetrachtungen

Während des Planungsprozesses wurden mehrere Nebenbetrachtungen durchgeführt, um eine Entscheidungsgrundlage bei verschiedenen Einzelaspekten zu erhalten. Im folgenden werden die Ergebnisse dieser Betrachtungen beschrieben.

### 5.4.1 Sonnenschutz

Beim Sonnenschutz stellte sich die Frage, ob er auf allen Fassadenabschnitten notwendig sei. Mit Hilfe von Simulationsrechnungen wurde ermittelt, dass auf folgenden Abschnitten ohne größeren Komfortverlust auf einen Sonnenschutz verzichtet werden kann:

- ? EG: Nord- und Südfassade  
Durch den Überstand, den das 1.OG in Bezug auf das EG bildet, kann hier im Norden und Süden – nicht jedoch im Osten – auf einen Sonnenschutz verzichtet werden. Es wurde allerdings empfohlen, in den Bereichen ohne Sonnenschutz dennoch einen innenliegenden Blendschutz vorzusehen.
- ? 1. + 2.OG Nordfassade  
Aufgrund der geringeren Strahlung kann auf der Nordseite des Gebäudes auf einen Sonnenschutz verzichtet werden. Es wurde ebenfalls ein Blendschutz empfohlen.

Weiterhin wurde untersucht, ob für das Atriumdach auf einen außenliegenden Sonnenschutz verzichtet werden kann, um somit Investitionskosten einzusparen.

Hier wurde ermittelt, dass die Kombination aus Verglasung und Sonnenschutz im Atriumdach maximal einen g-Wert von 0,30 aufweisen darf, um die Temperaturen im Aufenthaltsbereich des Atriums nicht über maximal 29°C ansteigen zu lassen (wobei die seitliche Schrägverglasung des Atriumdachs gänzlich ohne Sonnenschutz bleibt). Dieser Temperaturbereich wurde vom Bauherren als akzeptabel betrachtet.

Der g-Wert von 0,3 ist zwar ohne weiteres mit einer Sonnenschutzverglasung erreichbar. Jedoch werden durch diese auch die solaren Gewinne im Winter beschnitten. Daher wurde nach einer Kombination von Verglasung und innenliegendem Sonnenschutz gesucht, die beide Anforderungen erfüllt. Hierzu wurde von Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme eine gesonderte Untersuchung durchgeführt („Berechnung der g-Werte für ein Atriumdach“, Bericht TOS3-TK-0101-E01; Tilmann Kuhn, FhG-ISE, Januar 2001), die zu folgender Empfehlung kommt:



- ? Verglasung mit  $U_v=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;  $g=0,45$
- ? Sonnenschutz: innenliegendes Rolll. Geeignete Stoffe: Soltis 046 der Fa. Warema; Silent Gliss der Fa. Verosol; mit leicht schlechteren Kennwerten ( $g=0,32$ ): Shadow Col. 185, Fa. Création Baumann.

#### 5.4.2 Kleine Büroeinheiten

Im verwendeten Modell des Gesamtgebäudes werden die Bürobereiche im 1. und 2. OG als Gruppenbüros mit offenen Grundrissen behandelt. Dadurch ergeben sich Zonen mit großen Volumina und Kapazitäten. Werden aufgrund des Bedarfs des Nutzers einzelne Bereiche abgetrennt, kann sich für diese ein vollkommen anderes Raumklima ergeben. Um diese Effekte zu untersuchen, wurde ein Einzelbüro auf der Südseite untersucht.

Es wurden zwei Varianten mit unterschiedlicher Unterteilung und Belegung untersucht.

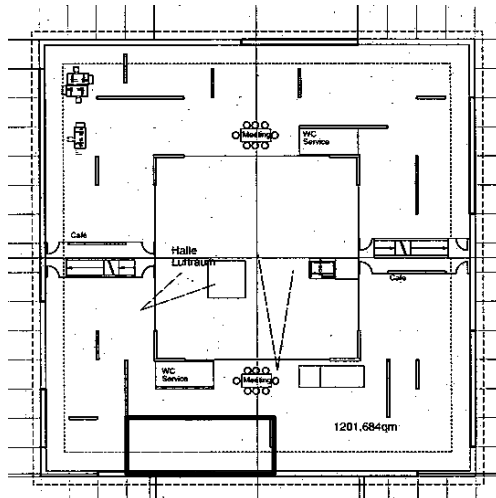


Abb. 12 Einzelbüro Variante 1: ein Büro, 65m<sup>2</sup>, 4 Personen

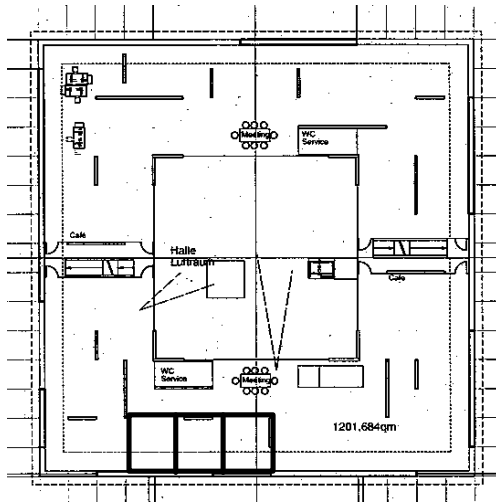


Abb. 13 Einzelbüro Variante 2: 3 Büros, insges. 65m<sup>2</sup>, 3 Personen

Abb. 12 und Abb. 13 zeigen die Varianten. Zum einen ein 65 m<sup>2</sup> großes Büro belegt mit vier Personen mit jeweils einem PC (hohe Belegung), zum anderen wird das Büro weiter unterteilt in drei Einzelbüros mit jeweils einer Person. Für diese Varianten wurde darüber hinaus der Fensterflächenanteil der Fassade und das Material der Innenwände variiert. Dabei wurde ein effektiver außenliegender Sonnenschutz und Nachtlüftung mit Luftwechsel 2 1/4 berücksichtigt.

Ein Büro, 65m<sup>2</sup>, 4 Personen, Süd

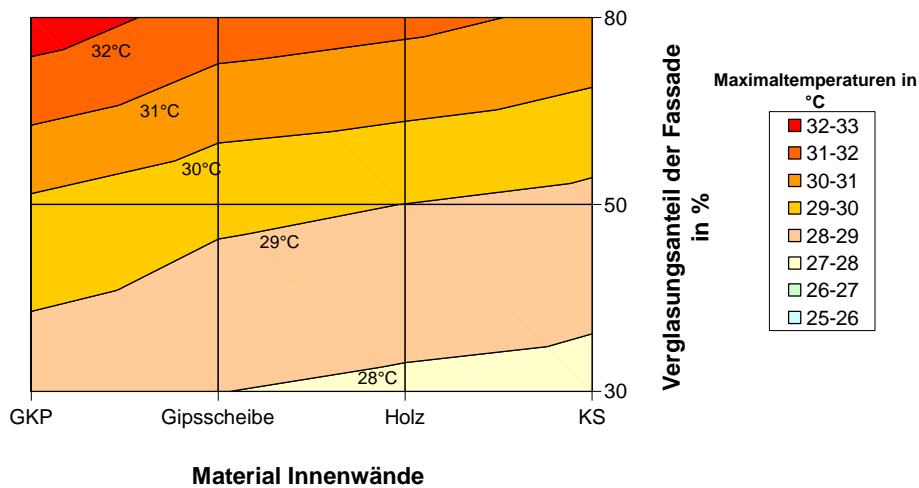


Abb. 14 Maximaltemperaturen Einzelbüro Variante 1 (ein Raum)  
GKP – Leichtbau mit Gipskartonplatten; KS – Kalksandstein; Wandaufbauten jeweils mit 10-12 cm Dicke

3 Büros mit insges. 65m<sup>2</sup>, 3 Personen, Süd

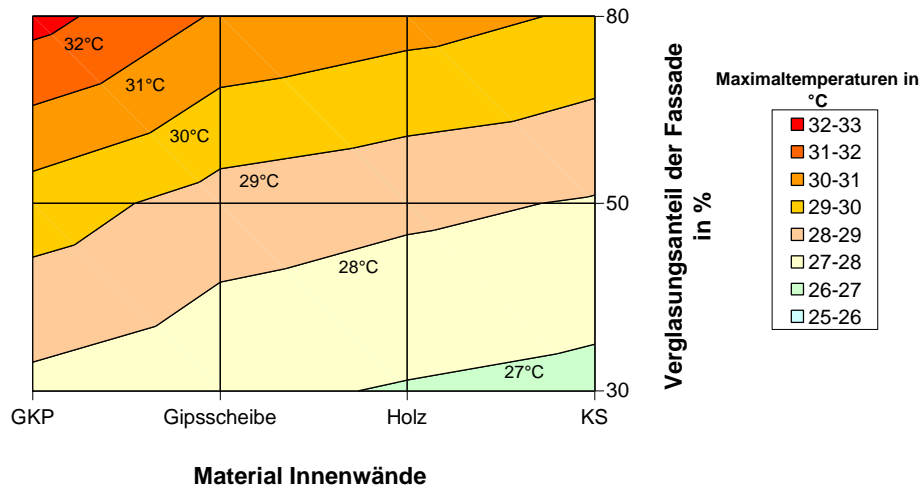


Abb. 15 Maximaltemperaturen Einzelbüro Variante 2 (3 Räume)  
GKP – Leichtbau mit Gipskartonplatten; KS – Kalksandstein; Wandaufbauten jeweils mit 10-12 cm Dicke

Aus Abb. 14 und Abb. 15 sind die jeweiligen Maximaltemperaturen für die unterschiedlichen Verglasungsanteile und Materialien ersichtlich.

Daraus folgt, dass auf der Südfassade der Fensterflächenanteil 50% nicht übersteigen sollte. Weiterhin ist das Gruppenbüro kritischer als die 3 Einzelräume, da diese spezifisch mehr Masse aufweisen und somit die Temperaturschwankungen besser gedämpft werden.

Dass die vorhandene Masse einen großen Einfluss hat zeigt auch die Variation über die verschiedenen Innenwandmaterialien. Zwischen der Variante mit Leichtbauwänden und der mit massiven Kalksandsteinwänden liegen etwa 1,5 K Temperaturunterschied.

Insgesamt ist ein angenehmes sommerliches Raunklima ohne aktive Kühlung nur erreichbar, wenn der Fensterflächenanteil maximal 50% beträgt und möglichst viel Masse mit hoher Wärmekapazität zur Absorption der Solarstrahlung zur Verfügung steht. Die Speicherfähigkeit bei Variante 2 liegt bei 0,2 kWh/K pro m<sup>2</sup> Fensterfläche. Dieser Wert wird nur durch massive Holz- oder Kalksandsteinwände erreicht.

### 5.4.3 Vergleich von Kühlsystemen

Laut Wärmeschutzverordnung ist beim Bauvorhaben Pollmeier für den sommerlichen Wärmeschutz nur auf der Südfassade ein Sonnenschutz vorzusehen. Darüber hinaus wird nur ein qualitativ minderwertiger Sonnenschutz gefordert, der mit einer leichten Sonnenschutzverglasung (g-Wert=0,5) bereits erbracht wird.

Aus Abschnitt 5.1 wird deutlich, dass mit diesen Vorgaben kein angenehmes Raumklima erreicht werden kann. Daraus ergibt sich die Fragestellung, inwieweit die in Abschnitt 5.3 vorgestellte Lösung zur Optimierung des Raumklimas (verbesserter Sonnenschutz in Verbindung mit der Nachtlüftung) anderen Lösungen energetisch und ökonomisch überlegen ist.

Daher wurde ein Vergleich folgender Systeme durchgeführt:

- ? **verbesserter Sonnenschutz + Nachtlüftung**  
Dieses System entspricht der Lösung aus Abschnitt 5.3. Es werden zwar nicht während aller Stunden im Jahr die Komfortkriterien erreicht. Allerdings sind die Abweichungen in einem noch vertretbaren Bereich. Mehrkosten entstehen vor allem durch den verbesserten Sonnenschutz (bei vorhandenem Abluftsystem). Das Lüftungssystem muss lediglich größer dimensioniert werden. Weiterhin wird ein Bypass für die Nachtlüftung benötigt.
- ? **Kühldecke mit Kältemaschine**  
Mit diesem System kann bei richtiger Auslegung zu jeder Zeit ein optimales Raumklima garantiert werden. Es besteht aus einem Kälteerzeuger, etwa einer Kompressions- oder Absorptionskältemaschine und einem Verteilnetz mit entsprechenden Kühlflächen, die unter der Decke angebracht werden. Im Kühlfall wird Kühlwasser durch die Kühlflächen gefördert und die Räume somit temperiert. Über dieses System können die Räume ebenfalls geheizt werden, so dass die Aufwendungen für die Heizkörper entfallen. Die Leistung des Systems wird beschränkt durch den Taupunkt der Raumluft und die damit verbundene Gefahr der Kondensation an den Kühlleitungen bzw. Kühlflächen. In der Literatur wird oftmals empfohlen aus diesem Grund die Zuluft zu konditionieren. Dies erfordert allerdings ein Zu-/Abluftsystem. In dieser Betrachtung wird davon ausgegangen, dass die Kühldecke in Kombination mit einer Abluftanlage mit geringem (dem hygienischen) Luftwechsel arbeitet. Mehrkosten für die Lüftungsanlage entstehen somit nicht.
- ? **Bauteilkühlung mit Rückkühlwerk, trocken zur nächtlichen Kühlung**  
Bei der Bauteilkühlung werden Rohrleitungen in die Betondecken eingegossen. Damit ist es möglich die gesamte Decke zu temperieren, indem Wasser mit geringer Untertemperatur durch die Rohre gefördert

wird. Das System erfordert, dass die Decken frei bleiben, da andernfalls der Wärmeaustausch zwischen Decke und Raum stark behindert wird.

Zur Rückkühlung des Kühlwassers kann aufgrund dessen hohen Temperaturniveaus die Umgebungskälte genutzt werden. Technisch am einfachsten geschieht das mit einem Rückkühlwerk (trockener Kühlturm), der die Außenluft nutzt. Die Kühlung kann dementsprechend im Sommer nur nachts erfolgen, wenn die Außentemperatur unter Raumtemperatur liegt. Somit ist das System darauf angewiesen, dass über die Abkühlung der Gebäudemassen in der Nacht soviel Kühlpotenzial bereitgestellt wird, dass es tagsüber zu keiner Überhitzung kommt.

Die thermisch aktivierte Betondecke kann auch einen Teil der Heizleistung bereitstellen. Zur vollständigen Beheizung reicht ihre Leistungsabgabe jedoch nicht aus. In der Betrachtung werden deshalb keine Kosteneinsparungen beim Heizungssystem berücksichtigt.

Tab. 8 Vergleich Kühlsysteme

	Kühlenergie	Bedarf elektrische Energie	Arbeitszahl	Primärenergieaufwand	Investitionskosten > 26°C	
	MWh/a	MWh/a	-	MWh/a	DM	h/a
Nachtlüftung + Sonnenschutz	31,5	1,4	21,9	4,1	76.000	80
Deckenkühlung	50,0	20,6	2,4	58,6	340.000	0
Bauteilkühlung	76,0	5,7	13,4	16,1	290.000	80

Im Vergleich zeigt sich, dass das System Nachtlüftung + verbesserter Sonnenschutz mit Abstand die beste Lösung sowohl in Hinsicht auf die Investitionskosten, als auch auf die energetische Effizienz ist.

Während bei der Nachtlüftung mit jeder Kilowattstunde elektrischer Energie knapp 22 Kilowattstunden Kühlenergie bereitgestellt werden kann (Arbeitszahl), sind es bei der Bauteilkühlung 13,4 und bei der Deckenkühlung nur 2,4.

Aus energetischer Sicht ist auch die Bauteilkühlung interessant, die Investitionskosten liegen jedoch deutlich über den Kosten für die Nachtlüftung.

Der Nachteil des Nachtlüftungssystem ist die geringe Regelbarkeit. Anders als bei dem System mit Deckenkühlung, lässt sich kein Sollwert für die Raumtemperatur einstellen. Die Kühlleistung ist stark davon vom Verlauf der Außentemperatur abhängig. Bei länger anhaltenden Hitzeperioden kann es zum „Aufschaukeln“ der Raumtemperaturen kommen. In diesem Sinne stellt die Nachtlüftung keine Komfortkühlung dar, mit der jederzeit

ein gewünschter Raumzustand erreicht werden kann. Sie sorgt vielmehr dafür, dass extreme Spitzen in der Raumtemperatur verhindert werden. Dennoch kann mit dem System mit relativ hoher Sicherheit ein angenehmes Raumklima bei vergleichsweise sehr niedrigen Investitionskosten hergestellt werden.

## 5.5 Realisierte Maßnahmen

### 5.5.1 Sonnenschutz

Im EG wurde aufgrund des Überstandes der darüber liegenden Geschosse auf einen Sonnenschutz verzichtet.

Die Büroggeschosse erhielten einen automatisch gesteuerten, außenliegenden Sonnenschutz in Form einer Fassadenmarkise. Allerdings wurde aufgrund eines Missverständnisses zwischen den Planungsbeteiligten ein Stoff mit zu hohem Energiedurchlassgrad eingesetzt. In Abhängigkeit des sich einstellenden Raumklimas wird dieser evtl. in den nächsten Jahren ausgetauscht.

Im Atriumdach wurde bislang aus Kostengründen auf einen Sonnenschutz verzichtet. Allerdings ist die Konstruktion für die Nachrüstung eines Sonnenschutzsystems vorbereitet. Hier möchte der Bauherr das Raumklima im ersten Sommer beobachten und erst bei Bedarf nachrüsten.



Abb. 16 Detail der Fassade mit Sonnenschutz

### 5.5.2 Gebäudemassen

Die Decken auf den Büroggeschossen wurden nicht abgehängt. Allerdings war aus raumakustischen Gründen ein Deckenschild im Mittelbereich der

Büroflächen notwendig. Dieser verschlechtert die raumklimatische Situation allerdings nur gering.

Um weiterhin die Masse zu erhöhen, wurden spezielle Betonfertigteile auf der Innenseite der Außenwände integriert.



Abb. 17 Betonfertigteile auf der Innenseite der Fassade zur Erhöhung der Gebäudemasse.

### 5.5.3 Lüftung / Kühlung

Es wurde ein einfaches Abluftsystem mit der Möglichkeit zur Nachtlüftung vorgesehen. Allerdings wurde nicht ganz der Luftwechsel von  $2 \frac{1}{h}$  erreicht, um Investition und Systemgröße möglichst gering zu halten. Der jetzt mögliche Nachtluftwechsel liegt bei  $1,6 \frac{1}{h}$ .

## 6 Tageslicht

Der Fassadenentwurf folgte zunächst hauptsächlich den Anforderungen des sommerlichen Raumklimas. Um zu überprüfen, ob der Entwurf auch im Hinblick auf die Tageslichtversorgung der Räume geeignet ist, wurde eine Lichtsimulation durchgeführt.

In Anhang 4 sind exemplarisch die Ergebnisse für das 1.OG dokumentiert.

Für das Erdgeschoss ergibt sich eine positive Tageslichtsituation mit hohen Werten des Tageslichtquotienten. Speziell das Atrium liegt bei sehr hohen Werten über 10%.

Für die Küche, Technikraum und WC's bestanden keinen besonderen Anforderungen und sind deshalb nicht speziell tageslichttechnisch untersucht worden.

Geht man von den offenen Grundrissen im Entwurf aus, zeigen die Arbeitsbereiche im Obergeschoss (Ebene 1) und Dachgeschoss (Ebene 2) im Fensterbereich eine nach DIN ausreichende Helligkeit. Auch die Bereiche hinter der Innenverglasung zum Atrium hin zeigen Werte des Tageslichtquotienten von 2,5 bis 5%. Prinzipiell besteht allerdings das Problem, dass über das Atrium nicht die erwartete Menge an Tageslicht für die Büroflächen zur Verfügung gestellt werden kann wie erwartet.

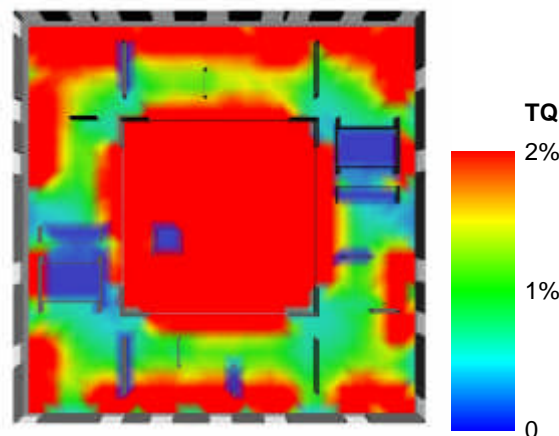


Abb. 18 Tageslichtverteilung im 1. OG: Ausgeführte Variante mit weißem Streifen in der Raummitte

Kritisch sind die Bereiche in der Raummitte zwischen Atrium und Außenfassade, wo sich die Arbeitsplätze befinden. Um hier eine Verbesserung zu erreichen wurde anhand einer Parameterstudie untersucht, inwieweit sich die Situation mit einer hell gestalteten Decke (statt Sichtbeton) verbessern lässt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die besten Werte ergeben, wenn die Decke komplett weiß ausgeführt wird



(RAL 9016, Reflexionsgrad ca.90%). Allerdings war dies aus architektonischer Sicht nicht gewünscht. Als zweitbeste Lösung wurde deshalb ein umlaufender weißer Deckenstreifen gewählt, der den Mittelbereich der Bürogeschosse aufhellt. Diese Lösung verbessert die Lichtsituation hauptsächlich im Arbeitsbereich, während ein an der Fassade umlaufender Streifen nur fassadennah eine Verbesserung bringt. An der Fassade befinden sich keine Arbeitsplätze, dort ist der Erschließungsbereich.

Im Projektverlauf hat sich gezeigt, dass das Thema Tageslicht im Gruppenbüro – insbesondere im Zusammenhang mit Blendschutz - sehr schwierig zu lösen ist. Durch große Raumtiefen ergeben sich - allein aufgrund der Lage des jeweiligen Arbeitsplatzes zum Fenster - eine Vielzahl unterschiedlicher Situationen. Werden die Verglasungsflächen entsprechend den Anforderungen der Tageslichtnutzung so dimensioniert, dass alle Arbeitsplätze gut versorgt sind, ist an den Fensternahen Arbeitsplätzen mit einem hohen Maß an Blendung und darüber hinaus insgesamt mit sommerlicher Überhitzung zu rechnen. Werden andererseits Raumklima und Blendung optimiert, kann nicht jeder Arbeitsplatz ausreichend mit Tageslicht versorgt werden.

In diesem Sinne stellt die Lösung, die beim Bauvorhaben Pollmeier gewählt wurde (weißer Mittelbereich) aus Sicht der Planer einen akzeptablen Kompromiss dar.



Abb. 19 Ansicht Innenraum 2.OG; Nordseite bei trübem Wetter. An der Decke ist der weiße Mittelstreifen erkennbar (eine Teilabhängung, die gleichzeitig raumakustische Funktionen übernimmt)

Im Betrieb hat sich gezeigt, dass die Tageslichtsituation verbesserungswürdig ist. Wie auch in Abb. 19 ersichtlich, wird auch tagsüber häufig das Kunstlicht in Betrieb genommen. Z.T. hängt das mit der relativ dunklen Möblierung und den dunklen Böden und Wänden zusammen. In Phase II des Projektes werden weitere Untersuchungen vorgenommen, um die Situation zu verbessern.

## 7 Kunstlicht

### 7.1 Raumaufteilung / Beleuchtungskonzept

Ziel des Kunstlichtkonzeptes war es, bei geringem Energiebedarf ein Maximum an Flexibilität und Akzeptanz zu erreichen. Aus diesem Grund wurde ein sogenanntes 2-Komponenten-Beleuchtungskonzept gewählt. Die hauptsächlich indirekte Grundbeleuchtung (Typ ERCO T16 13602, 1 x 54 W) soll im Arbeitsbereich (mittlere Zone zwischen Atrium und Fassade) 300 Lux im Mittel erreichen. An jedem Arbeitsplatz befinden sich eine zusätzliche individuelle Arbeitsplatzleuchte, die dort eine Mindestbeleuchtungsstärke von 500 Lux garantieren kann.

In der Erschließungszone entlang der Fassade und des Atriums wurden downlights vom Typ ERCO Lightcast 22175 (1 x 42 W TC-TEL). Siehe auch Abb. 19.

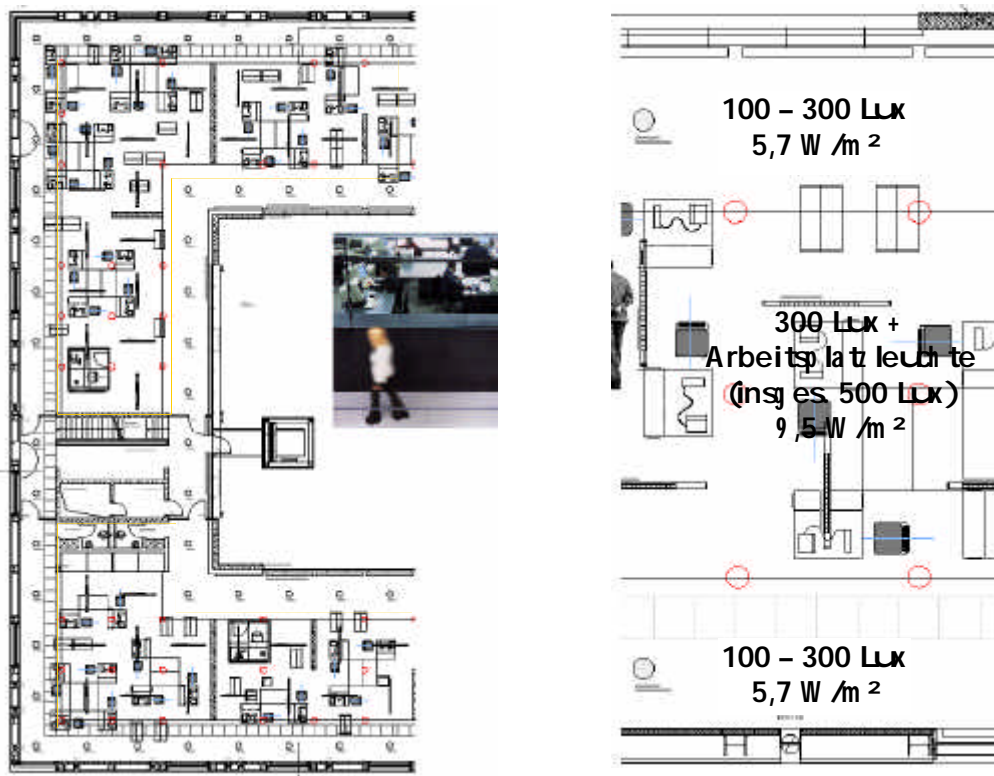


Abb. 20 Beleuchtungszonen: links Teilgrundriss mit markierter Arbeitsplatzzone, rechts: Detail Grundriß mit Angabe Beleuchtungsstärken.

Bei der Auswahl des Leuchtentyps ERCO T16 Lichtstruktur konnte seitens des Leuchtenherstellers die geforderte mittlere Beleuchtungsstärke von

300 Lux nicht garantiert werden. Dies lag maßgeblich daran, dass das verwendete Berechnungswerkzeug die Gebäudegeometrie nicht richtig abbilden konnte. Aus diesem Grund wurde die Beleuchtungsstärkeverteilung für die elektrische Grundbeleuchtung ebenfalls mit Hilfe von RADIANCE nachgerechnet. Hier konnte eine mittlere Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich von 310 Lux nachgewiesen werden.

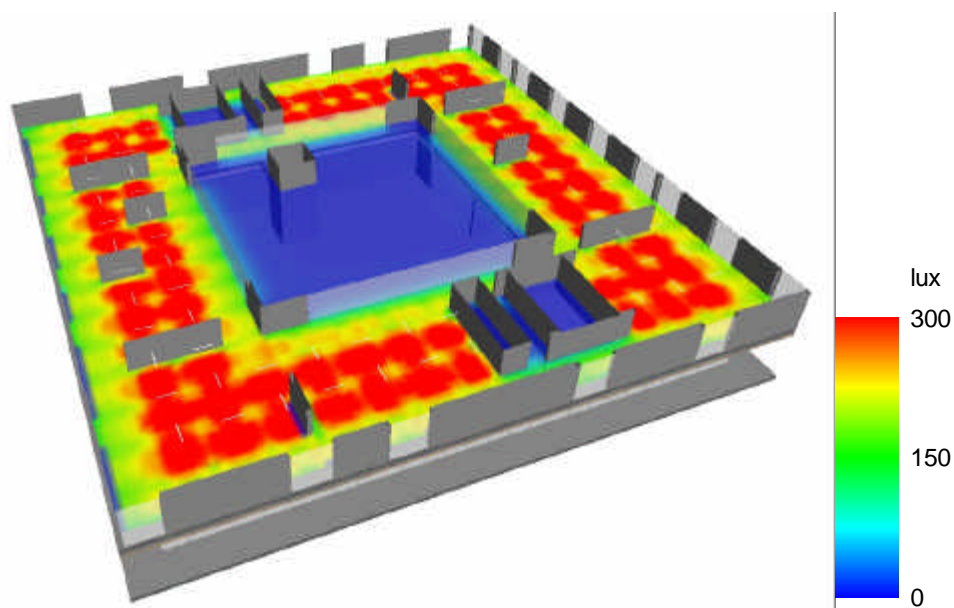


Abb. 21 Lichtverteilung im 1. OG bei reinem elektrischem Licht, Arbeitsplatzbereich:  
Typ ERCO T16 13602

Durch die Ergebnisse der Untersuchung war es möglich den Einsatz eines Leuchtentyps mit höherer möglicher Lichtleistung zu vermeiden. Insgesamt konnten somit Kosten von ca. 80.000 DM eingespart werden.

## 7.2 Steuerung / Regelung

Möchte man den Energiebedarf für elektrische Beleuchtung senken, so sollten die Leuchten tageslichtabhängig gedimmt werden.

Derzeit beherrschen zwei grundsätzlich verschiedene Regelstrategien den Markt: 1. Kunstlichtoutput wird je nach Außenhelligkeit gesteuert, 2. Kunstlichtoutput wird je nach Helligkeit am Arbeitsplatz geregelt.

Beide Regelstrategien sind am Gebäude verwirklicht worden. Im 1. OG wurde ein gesteuertes System installiert. Im 2. OG befindet sich die geregelte Variante.

### 7.2.1 Kunstlichtsteuerung 1.OG

Im 1.OG werden sowohl die Arbeitsplatzzonen als auch die Verkehrszonen über einen zentralen Helligkeitssensor auf der Nordfassade gesteuert. Die zunächst beabsichtigte Steuerung über einen Sensor pro Himmelsrichtung hat sich zu anfällig gegenüber veränderlichen Wettersituationen gezeigt. Daher wurde die Steuerung jetzt ausschließlich mit dem Nordsensor betrieben.

Ab einem bestimmten Schwellwert der Außenhelligkeit wird das Kunstlicht linear bis 50% der Leistung gedimmt und danach ausgeschaltet. Im Gegensatz zu den Verkehrszonen hat der Nutzer in den Arbeitsplatzzonen Eingriffsmöglichkeiten auf die Beleuchtung. Schaltet der Nutzer das Licht an, so erfolgt für 4 Stunden keine Ansteuerung über die MSR. Somit soll die Zufriedenheit der Nutzer gesteigert werden.

### 7.2.2 Kunstlichtregelung 2.OG

Das Kunstlicht in den Arbeitsplatzzonen im 2.OG wird über dezentrale Helligkeitssensoren (Philips TRIOS Luxsense) am Arbeitsplatz geregelt. Der Fühler wird mit Hilfe eines Clips direkt am Leuchtmittel befestigt.

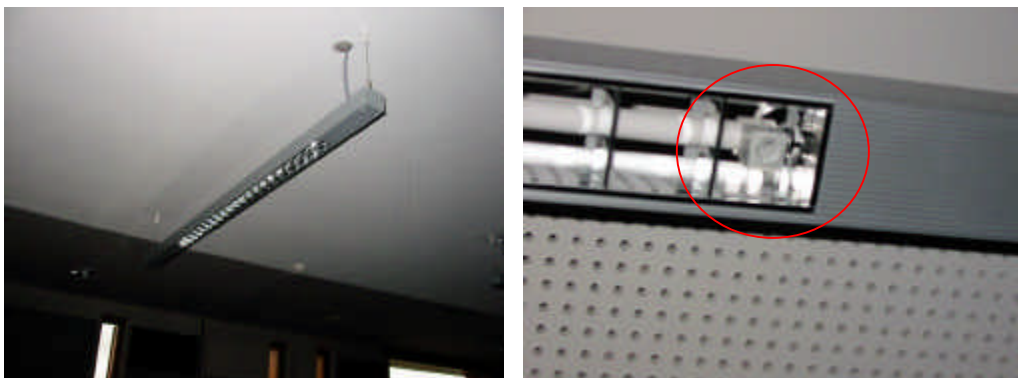


Abb. 22 Pendelleuchte ERCO T16 mit aufgekliptem Helligkeitssensor (Markierung)

Der Sensor nimmt die Helligkeit auf den Schreibtischen wahr und hält diese entsprechend einem eingestellten Sollwert konstant. Dies soll dazu führen, dass das Kunstlicht bei steigendem Tageslichtanteil gedimmt und schließlich ausgeschaltet wird.

Der Vorteil dieses dezentralen Systems sind die relativ geringen Kosten gegenüber der zentralen Ansteuerung über die MSR in Verbindung mit dem Bus-System (EIB).

Im Betrieb hat sich jedoch gezeigt, dass der Sensor wechselnde Tageslichtanteile nicht bzw. nur sehr reduziert wahrnimmt. Zum einen mag das am Produkt selbst bzw. mangelnder Empfindlichkeit liegen. Andererseits bietet die Büroeinrichtung, die eher in dunklen Tönen

gehalten ist (siehe Abb. 19), wenig Reflexion. Untersuchungen vor Ort lassen jedoch darauf schließen, dass die Empfindlichkeit des Sensors zumindest verbesserungswürdig ist.

### **7.2.3 Energieeinsparung**

Gegenüber einer Beleuchtungsanlage, die ohne besondere Berücksichtigung nach den Vorgaben der DIN 5035 geplant wurde, kann mit dem vorgestellten Kunstlichtkonzept eine Energiemenge von ca. 90 MWh/a (32 kWh/m<sup>2</sup> Nutzfläche) eingespart werden.

Allerdings ist zu bemerken, dass bei der Erstausrüstung des Gebäudes für die Arbeitsplatzleuchten statt der geplanten 15W Leuchtmittel versehentlich normale Glühbirnen mit 100 W eingesetzt wurden. Diese werden mittelfristig ausgetauscht.

Die Funktion und Benutzung in der Praxis werden in Phase II des Forschungsvorhabens näher untersucht.

## 8 Haustechnikkonzept

Die haustechnischen Anlagen sollten bei hohem Nutzungskomfort und Energieeffizienz so einfach und kostengünstig wie möglich gehalten werden.

Neben der allgemeinen Forderung an die Heizung, für ausreichend hohe Temperaturen im Winter zu sorgen, ergeben sich aus den Anforderungen des Wärme- und sommerlichen Überhitzungsschutzes vor allem Randbedingungen für die Lüftung.

### 8.1 Heizung

Basissystem ist eine einfache Pumpenwarmwasserheizung in Zweirohrausführung. Alle Pumpen sind selbstregelnde Energiesparpumpen.

Die Wärmeabgabe erfolgt in den Obergeschossen über Rippenrohrheizkörper und im EG über eine Fußbodenheizung, die in den Fassadennahen Bereichen von Konvektoren unterstützt wird. Die Wärmedämmung der Rohrleitungen erfolgt in größerem Umfang als nach Heizungsanlagenverordnung vorgeschrieben, um die Wärmeverteilverluste zu reduzieren.

Alle Heizkörper erhalten thermostatische Heizkörperventile. Die Solltemperatur beträgt im ganzen Gebäude 20°C. Die Regelung sieht nachts und am Wochenende ein Abschalten der Heizung vor. Atrium, Cafeteria und die Obergeschosse können dabei jeweils einzeln geregelt werden.

Dieses System stellt einen gängigen Standard dar, der als praktikable und kostengünstige Lösung beim Bauvorhaben Pollmeier eingesetzt wurde.

Die niedrigen Betriebstemperaturen der Fußbodenheizung kommen allerdings einer Abluftwärmepumpe zugute, mit der eine Lüftungswärmerückgewinnung betrieben wird (siehe nächsten Abschnitt).

### 8.2 Lüftung

Die Aufgaben des Lüftungssystems sind einerseits die Bereitstellung des hygienisch notwendigen Luftwechsels und andererseits – als Ergebnis der raumklimatischen Untersuchungen - die nächtliche Entwärmung des Gebäudes im Sommer. Gleichzeitig sollte das System Vorrichtungen zur Wärmerückgewinnung vorsehen, um den Heizenergiebedarf zu minimieren.

### 8.2.1 Basissystem: Abluftanlage

Eine reine Fensterlüftung des Gebäudes ist nicht möglich, da es innenliegende Räume wie die WCs gibt bzw. Bereiche wie die Cafeteria aus Komfortgründen eine Lüftungsanlage erfordern.

Daher wurde als Basissystem eine Abluftanlage gewählt. Bei diesem relativ einfachen System gelangt die Frischluft über Zuluftelemente in der Fassade in das Gebäude und wird über zwei zentrale Kanäle abgesaugt. Die offenen Grundrisse erfordern dabei nur wenige Überströmöffnungen in Zwischenwänden, wodurch der Druckverlust gering bleibt. Überströmung erfolgt vor allem im EG von den Besprechungsräumen in das Atrium und von dort in den Bereich Cafeteria, die an einen der zentralen Abluftschächte angebunden ist.

Die Nachtlüftung wird ebenfalls über die Abluftanlage betrieben. Dazu wird die Anlage mit erhöhtem Luftwechsel gefahren.

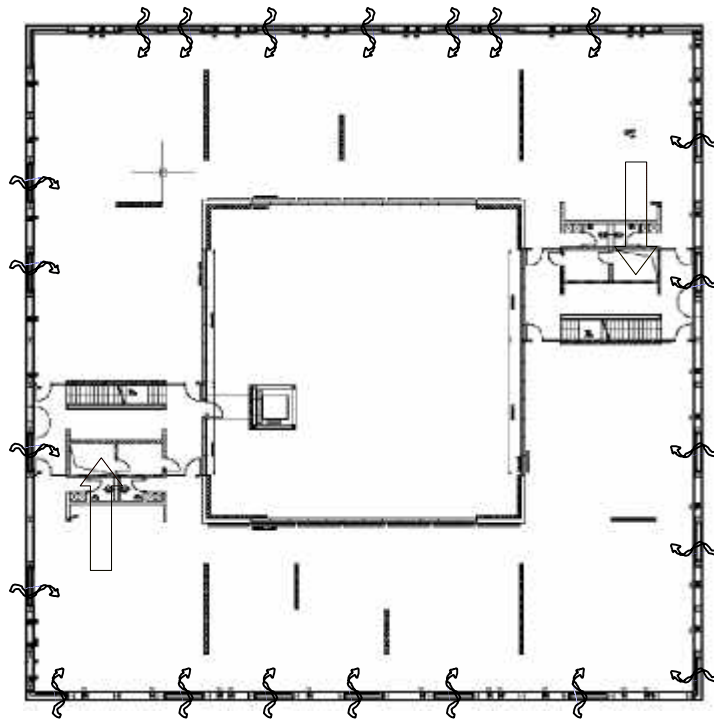


Abb. 23 Schematische Darstellung des Abluftsystems mit Nachströmung der Zuluft über die Fassade und Absaugung über die Technikräume.



## 8.2.2 Energiesparmaßnahmen Lüftung

Um bei der Lüftung Energieeinsparungen zu erreichen, wurden verschiedene Systeme betrachtet.

### ? **Abluft-Wärmepumpe**

Es kann eine Wärmerückgewinnung mit einer Wärmepumpe realisiert werden, die der Abluft die Wärme entzieht und diese dem Heizungssystem zur Verfügung stellt.

### ? **Luftqualitätsregelung**

Mit einer Luftqualitätsregelung wird der Luftvolumenstrom der Abluftanlage an die jeweilige Luftqualität angepasst. Diese wird über Mischgas- oder CO<sub>2</sub>-Sensoren erfasst und mit Hilfe von Stellklappen und einem differenzdruckgeregelten Ventilator möglichst konstant gehalten. Wenn die Luftqualität sinkt, wird der Volumenstrom somit automatisch erhöht. Sind die Räume nur gering belegt, wird der Volumenstrom entsprechend verringert.

### ? **Zu-/Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung**

Bei diesem System werden zusätzlich Kanäle für die Zuluft und ein Zentralgerät mit Wärmetauscher benötigt. Das erfordert gegenüber der Abluftanlage einen zusätzlichen baulichen Aufwand, da die Zuluftkanäle in alle Bereiche geführt werden müssen. D.h. es wird eine Deckenabhängung und evtl. eine Vergrößerung der Geschosshöhe notwendig. Die Abluftabsaugung kann weiterhin über zentrale Schächte erfolgen.

Mit Hilfe des Wärmetauschers wird die Wärme der Abluft auf die Frischluft übertragen. Die Nachtlüftung wird ebenfalls über die Lüftungsanlage betrieben.

Ein Vorteil der Zu-/Abluftanlage ist, dass zumindest in den Bürobereichen eine Beheizung über die Zuluft ermöglicht wird. Dadurch lassen sich Investitionskosten für Heizkörper einsparen.

Die folgende Tabelle zeigt einen energetischen und kostenmäßigen Vergleich der Maßnahmen.

Tab. 9 PLV Energiesparmaßnahmen Lüftung

	Einsparung Wärme	Bedarf elektrische Energie	Primär- energie- einsparung	Investitions- mehrkosten	Nutzungs- dauer	PLV
	MWh/a	MWh/a	MWh/a	DM	a	DM/kWh
Abluft		2,6		-		
Abluft mit WP	17,4	6,3	6,8	16.000	15	0,16
Abluft mit LQR	20,0	2,1	21,5	15.000	15	0,03
Zu-/Abluft mit WRG*	60,0	11,9	33,4	465.000 (60.000)	15	0,93 (0,12)
Zu-/Abluft mit WRG und Luftheizung Büros*	60,0	16,5	20,4	410.000 (8.000)	15	1,34 (0,02)

\* Bei den Zahlen in Klammern wurde für die Lüftungstechnischen Anlagen der Mehrbedarf an Raumvolumen von ca. 5% des Bruttovolumens des Bauwerks vernachlässigt.

Als günstige Maßnahmen mit niedrigem PLV stellen sich die Luftqualitätsregelung und die Abluftwärmepumpe dar.

Rechnet man bei den Zu-/Abluftanlagen nur die Mehrkosten für die Lüftungstechnik selbst, ergeben sich ebenfalls sehr niedrige PLV-Werte (Werte in Klammern in Tab. 9). Vor allem bei dem System mit Luftheizung in den Büros liegen die Mehrkosten aufgrund der entfallenden Heizkörper sehr niedrig.

Allerdings muss beachtet werden, dass für die Lüftungsgeräte und vor allem für die Luftverteilung zusätzliches Volumen benötigt wird. Setzt man einen Mehrbedarf von 5% des Bruttovolumens des Gebäudes (entspricht ca. 30 cm mehr Raumhöhe in den Bürogeschossen) an und rechnet diesen mit den Bauwerkskosten (Konstruktion KG300) hoch, so ergeben sich immense Mehrkosten. Obwohl diese Abschätzung relativ grob ist, wird deutlich, dass die Systeme dadurch deutlich unwirtschaftlich abschneiden.

Beachtenswert ist auch der deutlich erhöhte Bedarf an elektrischer Antriebsenergie, der durch das aufwendigere Kanalnetz entsteht. Dadurch fällt die Einsparung an Primärenergie deutlich geringer aus, als die reine Einsparung an Wärme erwarten lässt.

## 8.3 Realisiertes System

### 8.3.1 Heizung

Die Heizung wurde wie in Abschnitt 8.1 beschrieben umgesetzt



Abb. 24 Rippenrohrheizkörper in den Bürogeschossen

### 8.3.2 Lüftung

Bei der Lüftung wurde aufgrund der Untersuchungsergebnisse ein einfaches Abluftsystem mit Luftqualitätsregelung auf den Bürogeschossen und einer Abluftwärmepumpe zumindest in einem von zwei Strängen realisiert.

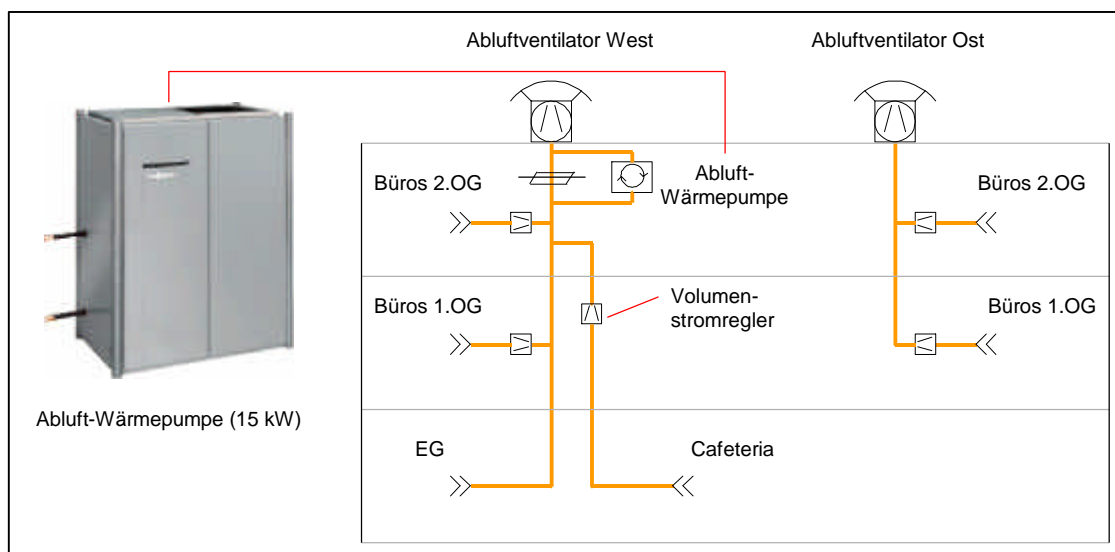
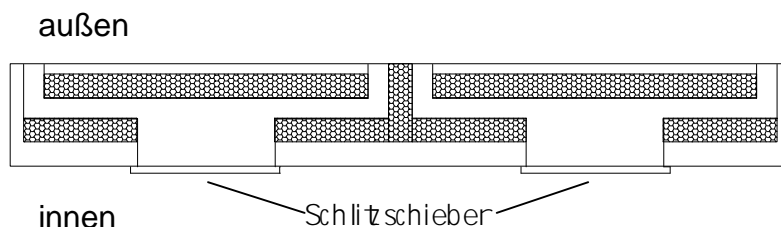


Abb. 25 Schematische Darstellung des Abluftsystems mit Luftqualitätsregelung über Volumenstromregler und Abluftwärmepumpe zur Wärmerückgewinnung.

Bei allen Bauteilen insbesondere den Ventilatoren wurde besondere Wert auf Energieeffizienz gelegt.

Für die Luftqualitätsregelung wurden sowohl CO<sub>2</sub>-Sensoren als auch Mischgassensoren eingebaut, die alternativ betrieben werden können, so dass hier in Phase II deren unterschiedliches Verhalten im realen Gebäude untersucht werden kann.

Die Zuluftelemente in der Fassade stellen eine spezielle Neuentwicklung dar. Die Elemente sollten sich architektonisch gut in die Fassade integrieren und dabei sowohl die Lüftungstechnischen, als auch schalltechnischen Anforderungen erfüllen. Auf dem Markt sind zwar verschiedene Zuluftelemente verfügbar, jedoch keines, das alle drei Kriterien erfüllt hätte. So wurden die Zuluftöffnungen als abgewinkelter Flachkanal im Bereich über den Fenstern integriert. Auf der Innenseite



befindet sich ein Schlitzschieber.

Abb. 26 oben: Position und Detail der Innenseite mit Schlitzschieber des Zuluftelements  
unten: horizontaler Schnitt durch das Element mit Schalldämmeinlage.

Um sowohl tagsüber den Volumenstrom regeln zu können als auch nachts den doppelten Volumenstrom für die Nachtlüftung realisieren zu können, war weiterhin ein Bypass für die Nachtlüftung notwendig. Es zeigte sich, dass die Volumenstromregler im Nachtlüftungsbetrieb einen inakzeptabel hohen Druckverlust aufwiesen. Nur mit einem Bypass konnte ein entsprechender Luftstrom bei geringem Druckverlust und geringer Antriebsenergie erreicht werden



Abb. 27 Bypass (untere Leitung) für den Nachtlüftungsbetrieb

Auch in den Sonderbereichen wurde bei der Lüftung auf Energieeffizienz geachtet.

Die Kühlung des Serverraums erfolgt, statt ausschließlich mit Umluft, über weite Strecken des Jahres mit Außenluft. Dadurch wird der Bedarf an Antriebsenergie für den Umluftkühler deutlich reduziert.

In der Küche wurde eine energiesparende Ablufthaube vorgesehen, die bis zu 70% der (enormen) Lüftungsverluste im Küchenbereich einspart.

Grundvoraussetzung für den korrekten Betrieb aller Lüftungsanlagen ist eine möglichst luftdichte Gebäudehülle, um ungewollten Luftaustausch und ungewollte Strömungswege zu vermeiden. Daher wurde im Laufe der Planung besonderen Wert auf eine umlaufende Dichtigkeitsebene gelegt.

Nach Ausführung wurde zur Überprüfung der Dichtigkeit eine sogenannte blower door Messung durchgeführt. Bei der Messung wird im Gebäude ein Unterdruck von 50 Pa erzeugt, so dass Luftundichtigkeiten mit Hilfe von Rauchröhrchen aufgespürt und behoben werden können.

Die Messergebnisse<sup>1</sup> zeigen eine gute Dichtigkeit der Fassade mit einem  $n_{L50}$ -Wert von  $0,7 \text{ 1/h}$ .

Ein Schema der gesamten Lüftungsanlage ist in Anhang 5 beigefügt.

---

<sup>1</sup> Untersuchungsbereicht Luftdichtheitsuntersuchungen BNV Verwaltungsjebäude in  
Creeburg; Professor Dr.-Ing. E. Knublauch, FH Bochum, Oktober 2001

## 9 Überblick Gesamtkonzept und Endenergiebilanz

### 9.1 Überblick/ Zusammenstellung Gesamtkonzept

Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die empfohlenen und die tatsächlich realisierten Maßnahmen und Techniken in den einzelnen Bereichen.

Wärmeschutz	Empfohlen	Realisiert
Dämmung	Außenwand 20 cm ( $U = 0,19$ W/m <sup>2</sup> K)	Außenwand 30 cm ( $U = 0,13$ W/m <sup>2</sup> K), Aufgrund der Konstruktion hat sich eine höhere Dämmstärke ergeben.
	Dach 24 cm ( $U = 0,16$ W/m <sup>2</sup> K)	Dach 20 cm ( $U = 0,16$ W/m <sup>2</sup> K)
	Boden 12 cm ( $U = 0,24$ W/m <sup>2</sup> K)	Boden 12 cm ( $U = 0,24$ W/m <sup>2</sup> K)
	Fenster: 2-fach Wärmeschutzverglasung ( $U_F = 1,4$ W/m <sup>2</sup> K; $g=0,6$ )	Fenster Fassade: 2-fach Wärmeschutzverglasung ( $U_F = 1,4$ W/m <sup>2</sup> K; $g=0,6$ )
		Atriumdach: 2-fach Wärmeschutzverglasung ( $U_F=1,4$ W/m <sup>2</sup> K, $g=0,45$ ) niedrigerer g-Wert aufgrund der Anforderungen des Sonnenschutzes
Raumklima	Empfohlen	Realisiert
Gebäudemasse	Freie Decken	Die Decken mussten aus Gründen der Raumakustik z.T. verkleidet werden. Die Verkleidung dient dabei gleichzeitig als helles Deckenschild zur Verbesserung der Tageslichtsituation (siehe dort)
	Massive Innenwände	Da nicht viele Innenwände vorhanden sind, wurde die Gebäudemasse mit Betonfertigteilen auf der Innenseite der Fassade erhöht.

(Fortsetzung)

Sonnenschutz	<p>Fassaden: Außenliegender, automatisch gesteuerter Sonnenschutz mit <math>g \approx 0,15</math>, Ausnahmen sind die Nord- und Südseite des EG und die Nordseite der OGs. Hier ist ein innenliegender Blendschutz ausreichend.</p> <p>Im Atrium ist mit einer Spezialverglasung ein innenliegender Sonnenschutz ausreichend.</p>	<p>Für die Fassade trifft die Empfehlung zu. Allerdings wurde aufgrund eines Kommunikationsproblems ein Sonnenschutz ausgewählt, der nicht den geforderten g-Wert erreicht.</p> <p>Im Atriumdach wurde bislang kein Sonnenschutz installiert. Die Nachrüstung im Bedarfsfall wurde optional vorgesehen.</p>
Nachtlüftung	Nachtlüftung mit einem Luftwechsel von $2 \frac{1}{h}$ temperaturgesteuert	Die Empfehlung wurde umgesetzt, allerdings mit systemtechnisch bedingt geringerem Luftwechsel ( $1,6 \frac{1}{h}$ )
<b>Tageslicht</b>	<b>Empfohlen</b>	<b>Realisiert</b>
Fassaden	Der 1. Entwurf des Architekten wurde geprüft und bestätigt (Nord- und Südseite 50% Fensteranteil, Ost- und Westseite ca. 30%)	
Raumgestaltung	Im Mittelbereich der Decke in den Bürobereichen wird ein heller Anstrich mit Reflexionsgraden über 80% empfohlen	Die Empfehlung wurde umgesetzt
<b>Kunstlicht</b>	<b>Empfohlen</b>	<b>Realisiert</b>
Steuerung/Regelung	<p>Kunstlicht wird in Abhängigkeit der Sonnenstrahlung gedimmt. Dabei wird im 1.OG eine Steuerung eingesetzt, die in Abhängigkeit der Außenbeleuchtungsstärke die Beleuchtung dimmt.</p> <p>Im 2.OG wird eine dezentrale Regelung im Bereich der Arbeitsplätze eingesetzt.</p>	Die Empfehlung wurde umgesetzt



(Fortsetzung)

Haustechnik	Empfohlen	Realisiert
Heizung	<p>Pumpenwarmwasserheizung im Zweirohrsystem</p> <p>Möglichkeit zur Nachtabsenkung gegeben</p> <p>Büros mit Heizkörpern</p> <p>Sonderbereiche im EG mit Fußbodenheizung</p> <p>alle Heizkörper mit thermostatischen Heizkörperventilen</p> <p>Sonderbereiche mit elektronischer Einzelraumregelung</p>	Die Empfehlung wurde umgesetzt
Lüftung	<p>Taglüftung über ein einfaches Abluftsystem (zentrale Absaugung)</p> <p>Zuluft über Zuluftelemente in der Fassade</p> <p>Nachtlüftung erfolgt über das selbe System mit erhöhtem Volumenstrom</p> <p>Wärmerückgewinnung mit Abluftwärmepumpe</p> <p><u>Cafeteria:</u></p> <p>Abluft ebenfalls über zentrale Abluftanlage</p> <p>Zuluft über separates Gerät mit Möglichkeit der Luftvorwärmung</p> <p>Küchenlüftung mit energiesparender Ablufthaube</p> <p><u>Regelung:</u></p> <p>Betriebszeiten Lüftungssysteme über Jahresuhr einstellbar</p> <p>Luftqualitätsregelung über CO<sub>2</sub>- bzw. Mischgassensoren</p>	Die Empfehlung wurde umgesetzt

(Fortsetzung)

<b>Energieversorgung</b>	<b>Empfohlen</b>	<b>Realisiert</b>
Wärme	Nahwärme (Firmeneigenes Netz auf Basis von Restholzfeuerung)	Die Empfehlung wurde umgesetzt
Elektrische Energie	PV-Anlage mit 7 kWp m <sup>2</sup> (deckt ca. 8% des Strombedarfs)  Deckung Reststrombedarf durch Netzstrom	Die Empfehlung wurde umgesetzt

## 9.2 Wärme

Wärme wird für die Raumheizung und das Warmwasser benötigt. Für das Gebäude ergeben sich folgende Werte:

Tab. 10 Endenergiebedarf Raumwärme und Warmwasser

	Energiebedarf	Spezifischer Energiebedarf
	MWh/a	KWh/m <sup>2</sup> a*
Heizung, dynamische Simulation	117	33,5
Verteilverluste (10%)	11,7	3,4
Zum Vergleich :statisches Rechenverfahren	180	51,5
Verteilverluste (10%)	18,0	5,2
Warmwasser**	0,7	0,2
<b>Summe</b>	<b>129,4</b>	<b>37,1</b>

\* pro m<sup>2</sup> Nutzfläche, \*\* bei Annahme : 1,5 l Warmwasserverbrauch pro Tag und Mitarbeiter

Durch die dynamische Simulation können die realen Vorgänge im Gebäude wesentlich besser abgebildet werden als mit dem Kurzrechenverfahren. Einflussfaktoren wie reale Wetterdaten, Nachtabschaltung der Heizung, Luftqualitätsregelung der Volumenströme und höhere interne Lasten führen im Vergleich zu einem deutlich niedrigeren Heizenergiebedarf. Der Wert liegt nur bei ca. 55 % des zulässigen Wertes der Wärmeschutzverordnung '95.

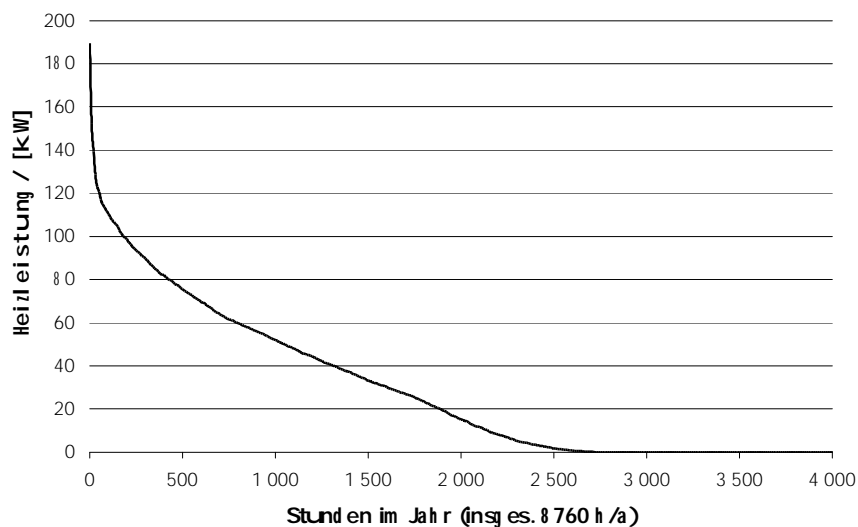


Abb. 28 Jahresdauerlinie Heizleistung

Abb. 28 zeigt die Jahresdauerlinie aus der Simulation. Die maximale Heizleistung beträgt (mit Nachtabschaltung der Heizung) demnach ca. 180 kW.

Der Anteil des Energiebedarfs zur Warmwasserbereitung ist - wie für ein Bürogebäude zu erwarten - gering. Er liegt bei nur 0,5% des gesamten Jahreswärmebedarfs.

### 9.3 Strom

Der Strombedarf des Verwaltungsgebäudes stellt sich wie folgt dar:

Tab. 11 Strombedarf Verwaltungsgebäude Pollmeier, Hochrechnung basierend auf den installierten Leistungen und geschätzten Betriebszeiten.

Anwendung	Strombedarf	
	kWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a
Beleuchtung	20.420	5,9
Arbeitshilfen	40.180	11,5
Abluftanlage inkl. Abluftwärmepumpe	7.400	2,1
Kühlung Serverraum	5.260	1,5
diverse Haustechnik	7.170	2,1
<b>Summe</b>	<b>80.430</b>	<b>23,1</b>
<b>Summe ohne Arbeitsmittel</b>	<b>40.250</b>	<b>11,5</b>

Bei der Ermittlung des Strombedarfs wurde von optimalem Betrieb der Anlagen und der Regel- und Steuereinrichtungen ausgegangen. Der sich ergebende Bedarf an elektrischer Energie ist äußerst gering im Vergleich zu bestehenden Bauten (Vergleiche: SolarBau:MONITOR, Energieeffizienz und Solarenergienutzung im Nichtwohnungsbau, Konzepte und Bauten, Journal 2000; dort wird ein Durchschnittswert von 95 kWh/m<sup>2</sup>a angegeben).

Den höchsten Anteil tragen die Arbeitshilfen (Computer etc.) gefolgt von der Beleuchtung.

## 10 Energieversorgung

### 10.1 Wärme

Auf dem Gelände der Pollmeier Massivholz GmbH besteht ein ausgedehntes Nahwärmenetz. Das Netz wird mit Restholz aus der Produktion betrieben, so dass die Wärme zu 100% regenerativ ohne Kostenaufwand für den Brennstoff bereitgestellt wird.

Sowohl aus ökologischer, als auch aus ökonomischer Sicht ist daher der Anschluss des neuen Verwaltungsgebäudes an die vorhandene Fernwärme zu empfehlen. Es wurden daher keine weiteren Untersuchungen zur Wärmeversorgung angestellt.

### 10.2 Strom

Die Pollmeier Massivholz GmbH kann als großes Produktionsunternehmen Strom zu sehr günstigen Konditionen beziehen. Der Tarif liegt sehr deutlich unter den Preisen für private Endkunden. Aus ökonomischer Sicht ist der Preis konkurrenzlos gegenüber einer eigenen Stromproduktion aus regenerativen Energiequellen oder auch aus Kraft-Wärme-Kopplung. Letzteres wird dadurch deutlich, dass zwei neuwertige, firmeneigene BHKW kurz nach Inbetriebnahme wieder stillgelegt wurden, da der angebotene Liefervertrag ökonomisch interessanter war.

Dennoch wurde beim Neubau des Verwaltungsgebäudes als Teil des Gesamtkonzeptes des Bauwerks eine PV-Anlage ergänzt. Insbesondere wurde hier ein hohes Maß an baulicher Integration angestrebt. Dies hat dazu geführt, dass die Photovoltaikanlage im Kranz des Dachaufsatzes integriert wurde und zwar mit Modulen, die gleichzeitig Funktionen eines Daches übernehmen (Abdichtung gegen Wind, Regen).

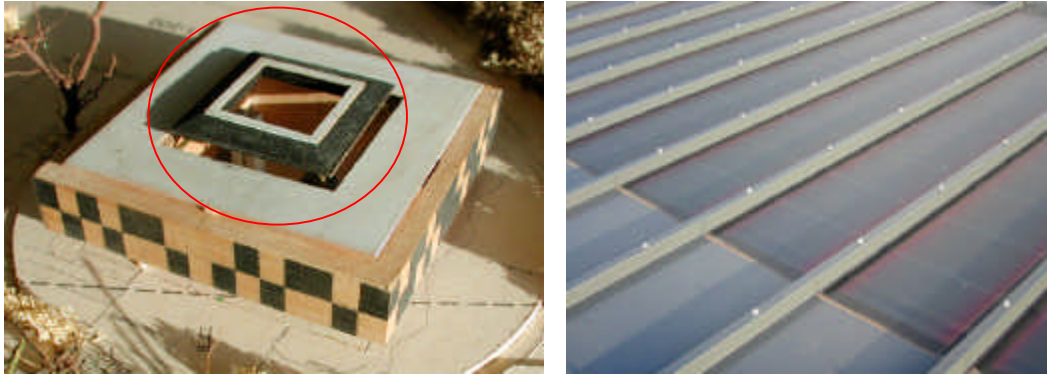


Abb. 29 links: Modell des Gebäudes mit Dachkranz Atrium, rechts: Detail der ausgeführten Photovoltaikanlage auf dem Dachkranz.

Insgesamt erreicht die Anlage eine Leistung von ca. 7 kWp und einen Jahresertrag von ca. 6.000 kWh/a. Das entspricht 8 % des gesamten Strombedarfs. siehe Beschreibung der Abnahmemessung in Anhang 6.

## 11 Primärenergie- und Kostenbilanz

### 11.1 Primärenergiebedarf und Emissionen

Entsprechend den Ergebnissen aus Abschnitt 9 ergibt sich für das Verwaltungsgebäude folgende Primärenergie- und Emissionsbilanz

Tab. 12 Gesamtprimärenergie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz<sup>2</sup>

	Erzeugung		Primärenergie		CO <sub>2</sub> -Emissionen	
	kWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a*	kWh/a	kWh/m <sup>2</sup> a*	kg/a	kg/m <sup>2</sup> a*
Fernwärme (Holz)	100.270	28,7	100.270	28,7	6.520	1,9
Netzstrom**	33.810	9,7	96.360	27,6	23.300	6,7
PV	6.000	1,8	0	0,0	690	0,2
<b>Summe</b>			<b>196.630</b>	<b>56,4</b>	<b>30.510</b>	<b>8,7</b>
<b>Anforderung Förderprogramm</b>				<b>&lt; 100</b>		<b>&lt; 23</b>

\*bezogen auf m<sup>2</sup> Nutzfläche

\*\* beim Strombedarf sind entsprechend den Vorgaben des Förderprogramms die Arbeitshilfen (Computer, Drucker, etc.) nicht berücksichtigt.

Die Anforderungen des Förderprogramms SolarBau werden rechnerisch gut eingehalten. Bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen kommt dem Bauvorhaben die regenerative Wärmeversorgung über Holz zugute, so dass der Wert deutlich unter den Anforderungen liegt.

In Phase II des Forschungsvorhabens wird die Gesamtbilanz in der Praxis überprüft werden.

<sup>2</sup> Primärenergiefaktoren und Emissionswerte übernommen aus: GEMIS 3.0, Gesamte Emissionsmodell integrierter Systeme, Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit, 1997.

## 11.2 Kosten

Tab. 13 zeigt die Bauwerkskosten für den Neubau des Verwaltungsgebäudes bezogen auf Bruttorauminhalt und Nettogeschossfläche.

Tab. 13 Bauwerkskosten in Dm, brutto

<b>Kostengruppe</b>	<b>Kosten bezogen auf BRI</b>	<b>Kosten bezogen auf NGF</b>
	DM/m <sup>3</sup>	DM/m <sup>2</sup>
KG 300 (Konstruktion)	421	2 022
KG 400 (Haustechnik)	114	547
<b>KG 300 + 400</b>	<b>535</b>	<b>2 570</b>

Im Vergleich mit den Baupreisindizes des Baukosteninformationszentrums (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH, Stuttgart, Stand 2.Quartal 1998) entsprechen die Kosten einem Verwaltungsgebäude des einfachen bis mittleren Standards.



## 12 Mess- und Regelkonzept

Im Rahmen der Phase I des Forschungsvorhabens wurde ein umfangreiches Mess- und Regelkonzept erstellt. Dadurch wird in Phase II (Monitoring) eine umfassende Analyse der Energieströme sowie der raumklimatischen und tageslichttechnischen Parameter ermöglicht. Eine Übersicht über das Konzept findet sich in

Im einzelnen werden folgende Punkte untersucht:

### ? **Energiebilanz des Gebäudes**

Aus den Messdaten soll eine Energiebilanz des Gebäudes erstellt werden. Über die Messtechnik können folgende Energieströme erfasst werden: Heizenergie (und Verteilverluste), alle elektrischen Verbraucher, maschinell bedingte Lüftungsverluste, Energie zur Warmwasserbereitung (und Zirkulations- bzw. Bereitschaftsverluste), Wärmeabgabe der Abluftwärmepumpe. Überschlägig können die solaren Gewinne ermittelt werden.

Die Energiebilanz soll den Ergebnissen der Simulationsrechnungen gegenübergestellt werden.

### ? **Temperaturverhalten des Gebäudes**

Durch die Abstimmung von Verglasung, Gebäudemassen, Sonnenschutz, Nachtlüftung und Kunstlichtsteuerung mit Hilfe thermischer Simulationsrechnungen wurde versucht ein angenehmes Raumklima mit minimalen Energieaufwand sicherzustellen. Inwieweit dieses Ziel in der Praxis erreicht wird, soll mit Hilfe der Messungen überprüft werden. Der Verlauf der Raumtemperaturen in den einzelnen Bereichen muss hier in Zusammenhang mit internen Lasten, Sonneneinstrahlung bzw. Sonnenschutz und Lüftung betrachtet werden. Es soll ein Vergleich zu den bereits durchgeführten Simulationsrechnungen erfolgen, um Rückschlüsse auf die Eignung von thermischen Simulationen zur Vorhersage von raumklimatischen Zuständen ziehen zu können.

### ? **Nachtlüftung**

Die Nachtlüftung wird zur nächtlichen Entwärmung des Gebäudes genutzt. Die Funktion und Effizienz der Nachtlüftung sollen überprüft und bewertet werden. Hierzu werden Temperaturverlauf in den einzelnen Bereichen, die Volumenströme und der Stromverbrauch aufgezeichnet. Im Atrium ist aufgrund der rein natürlichen Lüftung die Aufnahme des Volumenstroms nicht möglich.

Die dynamischen Vorgänge an den Decken werden mit Wärmeflussmessplatten erfasst. Weiterhin soll eine Kurzzeitstudie mit Hilfe einer Infrarotkamera Aufschluss über die Temperaturverteilung an den Bauteiloberflächen geben.

Im Rahmen des Forschungsprojekts soll ein Versuchsaufbau zur Ermittlung der Wärmeübergänge an den Bauteilen entwickelt werden.

Die Strömungswege im Gebäude sollen anhand von Tracergas-Messungen untersucht werden.

? **Funktion CO<sub>2</sub>-Regelung Volumenstrom**

Der Zuluftstrom in den Bürobereichen wird über CO<sub>2</sub>-Fühler dem Bedarf angepasst. Über Volumenstrommessungen soll ermittelt werden, inwieweit und mit welcher Qualität diese Funktion erfüllt wird.

? **Komfortaspekte Zuluftöffnungen**

Die Zuluftöffnungen in der Fassade wurden speziell für das Gebäude entwickelt. In Einzeluntersuchungen sollen diese in Hinblick auf Funktion (Kennlinie: Druckdifferenz – Volumenstrom) und Komfort (Zugerscheinungen, Schallschutz) untersucht werden.

? **Kühlung Serverraum**

Der Serverraum wird bis zu einer Temperatur von 26°C mit Außenluft gekühlt. Es soll der benötigte Energieaufwand für die Lüftung und die darüber hinaus notwendige maschinelle Kühlung ermittelt werden.

? **Kunstlichtsteuerung**

In Abhängigkeit der Strahlung auf die Fassaden wird das Kunstlicht im Gebäude zonenweise gesteuert. Neben der automatischen Regelung kann der Nutzer jederzeit in das System eingreifen. Durch Messung von Strahlung, Beleuchtungsstärke im Gebäude und Energieverbrauch der Beleuchtungseinrichtungen sollen Nutzerakzeptanz und mögliche Energieeinsparung überprüft werden.

? **Tageslichtsituation**

Die Tageslichtsituation im Gebäude wurde in der Planungsphase mit Hilfe von Simulationsrechnungen überprüft. Mit Hilfe von einzelnen permanent installierten Fühlern und ergänzenden Einzelmessungen soll die Tageslichtsituation im realen Gebäude untersucht werden, um anschließend einen Vergleich mit der Simulation durchführen zu können.

? **Effizienz der Abluftwärmepumpe**

Zur Lüftungswärmerückgewinnung wird eine Abluftwärmepumpe eingesetzt. Zu ermitteln sind die gewonnene Wärmemenge und die Stromaufnahme (Kompressor und Nebenaggregate) sowie die sich daraus ergebende Arbeitszahl. Die Ergebnisse sollen mit einer üblichen Lüftungswärmerückgewinnung über Wärmetauscher verglichen werden.

? **Warmwasserbereitung**

Die Warmwasserbereitung erfolgt in einen Teil des Gebäudes zentral mit Zirkulation, während im anderen Teil kleine elektrische Durchlauferhitzer zum Einsatz kommen. Durch Wärmemengenmessungen bzw. die Erfassung des Stromverbrauchs sollen die beiden Systeme in ihrer Effizienz überprüft werden.

? **Stromverbrauch Büro**

Neben der gesamten Haustechnik wird auch der Stromverbrauch von Beleuchtung und restlicher Bürotechnik separat erfasst. Hier sollen zum einen der Verbrauch an sich aber auch Gleichzeitigkeitsfaktoren und Mittelwerte bestimmt werden.

? **PV-Anlage**

Das Gebäude besitzt eine PV-Anlage bestehend aus vier Modulfeldern mit jeweils unterschiedlicher Orientierung. Aus Einstrahlung und Ertrag soll eine Überprüfung der Effizienz durchgeführt werden.

Ergänzend zu den rein technischen Untersuchungsmethoden wird eine Befragung zur Zufriedenheit der Mitarbeiter stattfinden, von der hilfreiche Rückschlüsse auf die Akzeptanz und Verständnis der zur Verfügung gestellten technischen Systeme erwartet werden.

## 13 Veröffentlichungen / Ausbildung

- ? Vortrag  
„Solaroptimiertes Bauen - Geplant - Geprüft – Gebaut; Das Verwaltungsgebäude der Pollmeier Massivholz GmbH in Creuzburg“  
Martin Ufheil (solares Bauen GmbH), Martin Seelinger (seelinger & vogels architekten), Symposium SolarBau 24.5.2001 Berlin
- ? Vortrag  
„Das Verwaltungsgebäude der Pollmeier Massivholz GmbH in Creuzburg – solar optimiertes Bauen“,  
Martin Ufheil, Christian Neumann (solares bauen GmbH), 10. Symposium des IHKS 06.11.2001 Dresden
- ? in Arbeit: Diplomarbeiten  
Im Rahmen der Phase II des Forschungsprojektes wird am Fraunhofer ISE eine Diplomarbeiten zum Thema nächtliche Entwärmung von Gebäuden mit Schwerpunkt Nachtlüftung erstellt. Arbeitstitel „Modellvalidierung für Nachtlüftung am Beispiel Pollmeier“
- ? geplant: Fachartikel  
Nach den ersten Rückmeldungen aus den Messungen sind Veröffentlichungen in mehreren Fachzeitschriften geplant.

## Anhang

## Anhang 1 Datenbasis und Berechnungsverfahren

### Datenbasis

#### Arbeitsunterlagen

Grundlagen der Modellerstellung und der Berechnungen waren die Pläne und textliche Beschreibungen (Stand vom 06.06.2000, entsprechend Bauantrag) des Architekturbüros Seelinger & Vogels Architekten, Darmstadt.

#### Standort und Klima

Der Standort des Gebäudes liegt in Creuzburg, Thüringen nahe Eisenach. Für die dynamische Simulation wurden die Wetterdaten der Software METEONORM<sup>3</sup> für die Region Kassel übernommen.

#### Nutzung und Interne Lasten

Als interne Lasten, die den Heizenergiebedarf reduzieren bzw. den Kühlenergiebedarf erhöhen, wurden entsprechend den Angaben des Architekten und Bauherren berücksichtigt: Personen, Beleuchtung und Bürogeräte (da keine genaueren Angaben zur Verfügung standen, wurden Standardwerte für Büronutzung verwendet). Für die Personen und Bürogeräte wurde die variierende Nutzung über einen Zeitplan berücksichtigt. Die Beleuchtung wurde in Abhängigkeit der Solarstrahlung geregelt.

Anhang Tab. 1 interne Lasten

Art	Größe und Verteilung
Personen	Bürobereiche: ca. 20 m <sup>2</sup> pro Person, Anwesenheit Mo – Sa während der üblichen Bürozeiten  Cafeteria: durchschnittlich 30 Personen, Anwesenheit mittags (11:00 – 14:00 Uhr)  Besprechungsräume: durchschnittlich 5 Personen pro Raum, Anwesenheit wie Bürobereiche
Computer / Büroausstattung	1 PC + Röhrenbildschirm (140W) pro Person in den Bürobereichen
Beleuchtung	Büro, Cafeteria, Besprechung: 10 W/m <sup>2</sup> geregelt nach Globalstrahlung und Anwesenheit
Grundlast	1 W/m <sup>2</sup>

<sup>3</sup> METEONORM Version 3.0, METEONORM, 1997

## Berechnungsverfahren

### Wärme

Die Bilanzierung des Jahresheizenergiebedarfs erfolgte mit folgenden Berechnungsverfahren:

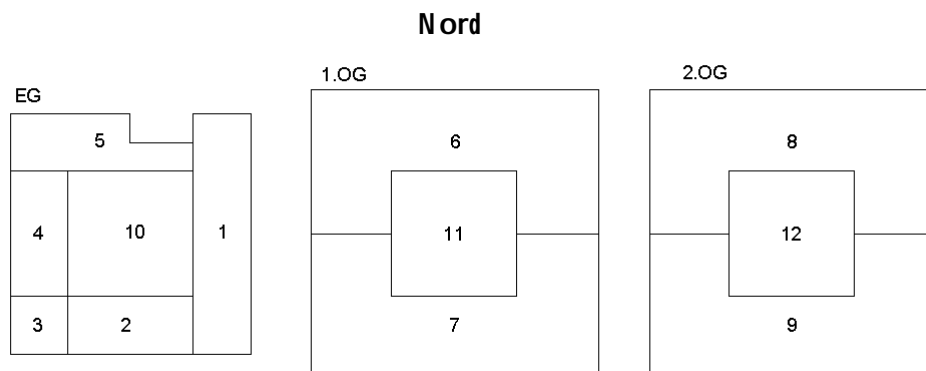
- ? Nachweisverfahren für den Passivhausstandard: PHVP99<sup>4</sup>.
- ? Dynamisches Simulationsprogramm: TRNSYS<sup>5</sup>.

Die Ermittlung wärmetechnischer Kennwerte erfolgte in Anlehnung an folgende Standardwerke.

- ? Vornorm DIN 4108<sup>6</sup>

### Zonierung

Für die dynamische Simulation wurde das Gebäude in 12 Zonen unterteilt. Dabei wurden jeweils Räume zu einer Zone zusammengefasst, die ähnlichen Nutzungs- und klimatischen Bedingungen ausgesetzt sind.



Anhang Abb. 1 Schematischer Grundriss EG bis 2.OG  
1 Besprechung, 2 Café, 3 Küche, 4 Garderobe / WC, 5 Besprechung / Ausstellung, 6 Büro Nord1, 7 Büro Süd1, 8 Büro Nord2, 9 Büro Süd2, 10 Atrium EG, 11 Atrium 1.OG, Atrium 2.OG

<sup>4</sup> PHVP99 : Das Passivhausprojektierungspaket enthält ein vom Passivhaus-Institut in Darmstadt entwickeltes Rechenverfahren zur Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs. Die Berechnung erfolgt in Anlehnung an EN 832.

<sup>5</sup> TRNSYS, Version 15, TRANSSOLAR, Stuttgart 2001.

<sup>6</sup> Vornorm vom März 1998, DIN 4108-4 bis DIN 4108-7

## Tageslicht

Für die Lichtsimulation wurde das Programmpaket RADIANCE<sup>7</sup> verwendet.

Die Ergebnisse werden anhand des Tageslichtquotienten ( $T_q$ ) bewertet. Der Tageslichtquotient stellt das Verhältnis der Beleuchtungsstärke an einem Punkt im Raum zu derjenigen unter freiem Himmel dar:

$$T_q = \frac{E_p}{E_a} \cdot 100 \text{ in \%}$$

mit  $E_p$ : Beleuchtungsstärke an einem Punkt im Raum  
 $E_a$ : Beleuchtungsstärke im Freien

Bei der Simulation wurde im Referenzfall von folgenden Reflexionsgraden ausgegangen:

Reflexionsgrad in %	
Boden	30
Wände	50
Decken	70

### Anforderungen Arbeitsstättenrichtlinien

Die Arbeitsstättenrichtlinien beziehen sich auf die DIN 5035-2. Dort sind die Nennbeleuchtungsstärken für Kunstlicht in Lux für verschieden genutzte Räume aufgeführt. Für Beleuchtung mit Tageslicht gilt, dass diese ausreichend ist, solange sie am ungünstigsten Arbeitsplatz das 0,6-fache dieser Werte erreicht (DIN 5034-1).

Für die Büros bestehen demnach folgende Anforderungen:

Anhang Tab. 2 Anforderungen DIN 5035-2 und DIN 5034-1

	Nennbeleuchtungsstärke bei Kunstlicht in Lux	Mindestbeleuchtungsstärke bei Tageslicht in Lux
Arbeitsplätze direkt am Fenster	300	180
Sonstige Arbeitsplätze	500	300

<sup>7</sup> RADIANCE, Lawrence Berkeley Laboratories, 1998



Ziel der Lichtsimulation ist es, den Gebäudeentwurf dahingehend zu optimieren, dass die Notwendigkeit von Kunstlicheinsatz während des Tages minimiert wird.

Dazu ist es notwendig, dass selbst bei diffusem Himmel (10.000 Lux) die Anforderungen der Arbeitsstättenrichtlinien eingehalten werden. Bei der Simulation wird deshalb von einem Himmel mit einer Beleuchtungsstärke von 10.000 Lux ausgegangen.

Um die Anforderung der Arbeitsstättenrichtlinie zu erfüllen sind folgende  $T_q$  notwendig:

Anhang Tab. 3 notwendige Tageslichtquotienten nach DIN 5034-1

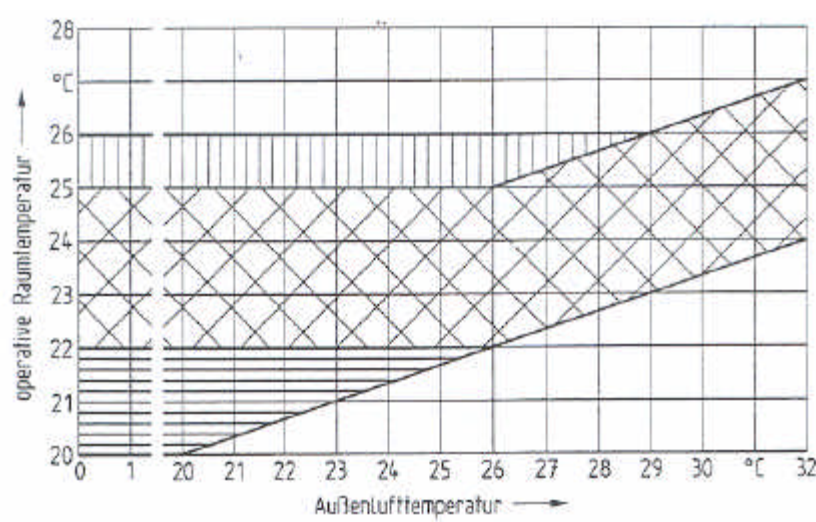
<b>Notwendiger Tageslichtquotient in %</b>	
Arbeitsplätze direkt am Fenster	1,8
Sonstige Arbeitsplätze	3,0

Weiterhin wird für das angenehme Raumempfinden ein Mindestwert des Tageslichtquotienten von 0,9% angesetzt.

## Thermische Behaglichkeit

Für das Raumklima in Arbeitsräumen bestehen verschiedene Richtlinien bzw. Empfehlungen.

- ? Arbeitsstättenrichtlinie (ASR 6/1,3)  
Laut ASR muss die Raumtemperatur in Büroräumen mindestens 20°C betragen und soll 26°C nicht überschreiten
- ? DIN 1946-2 (VDI-Lüftungsregeln)  
gilt für Räume mit raumlufttechnischen Anlagen und gibt Grenztemperaturen der operativen Raumlufttemperatur in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur an. Bei sehr hohen Außentemperaturen kann die operative Raumtemperatur auf bis zu 27°C ansteigen.



Anhang Abb. 2 Behaglichkeitsbereich nach DIN 1946-2

Es ist prinzipiell nicht möglich einen Raumluftzustand zu definieren, der von allen Nutzern eines Gebäudes als angenehm empfunden wird. Insbesondere spielen hier der Aktivitätsgrad und die Kleidung eine erhebliche Rolle.

Für die Bewertung des Raumklimas in diesem Bericht wird die Grenze bei 26°C operativer Raumtemperatur angesetzt. Die operative Raumtemperatur ist das gewichtete Mittel von Lufttemperatur und Temperatur der Umschließungsflächen eines Raumes.

## Preis-Leistungs-Verhältnis

Als Anhaltspunkt für die wirtschaftliche Optimierung gilt das Preis-Leistungs-Verhältnis (PLV) einer Maßnahme. Dieses Preis-Leistungs-Verhältnis ist wie folgt definiert:

$$\text{PLV} = \frac{\text{Investitionskosten}}{\text{Energieeinsparung pro Jahr} \cdot \text{Nutzungsdauer}} \quad [\text{DM/kWh}]$$

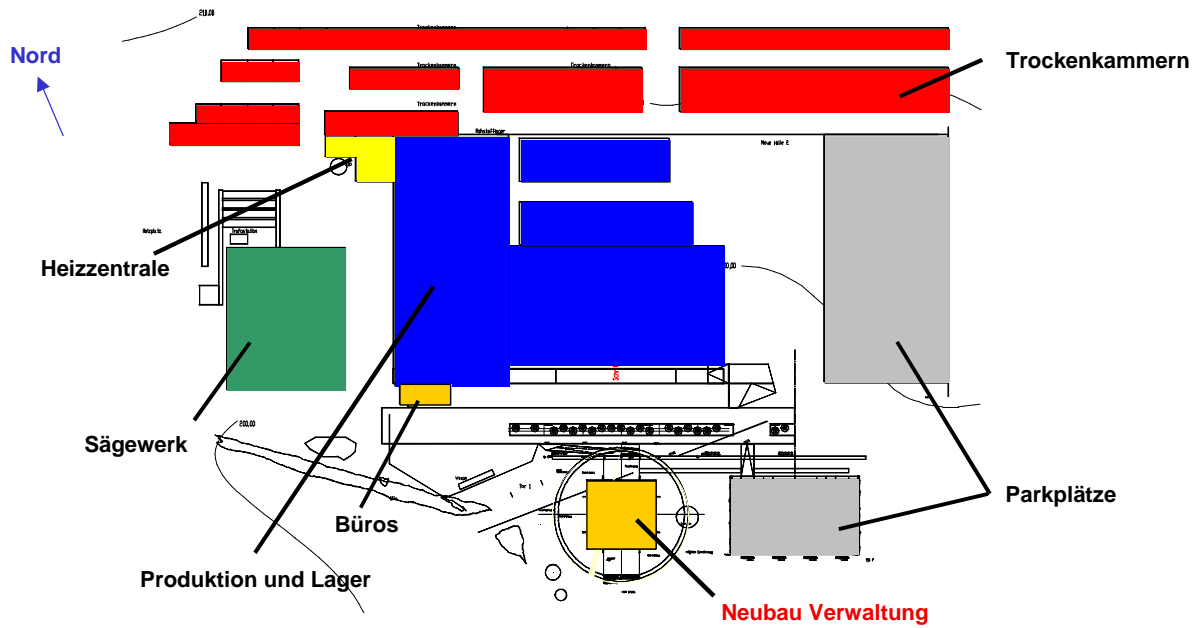
Der PLV-Wert erlaubt eine pauschale statische Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme. Maßnahmen mit kleinen Kennwerten sind wirtschaftlicher als Maßnahmen mit großen Kennwerten. Bei einem Kennwert von weniger als 0,07 ist die Maßnahme bei heutigen Energiepreisen in Deutschland in der Regel wirtschaftlich.

Zur Beurteilung von elektrischen Systemen wird die eingesparte bzw. erzeugte elektrische Energie mit dem Faktor 2,95<sup>8</sup> bewertet, was dem Wirkungsgrad des deutschen Kraftwerksparks entspricht. 1 kWh elektrische Energie entspricht damit 2,95 kWh Primärenergie. Wärmeeinsparungen werden 1:1 berechnet.

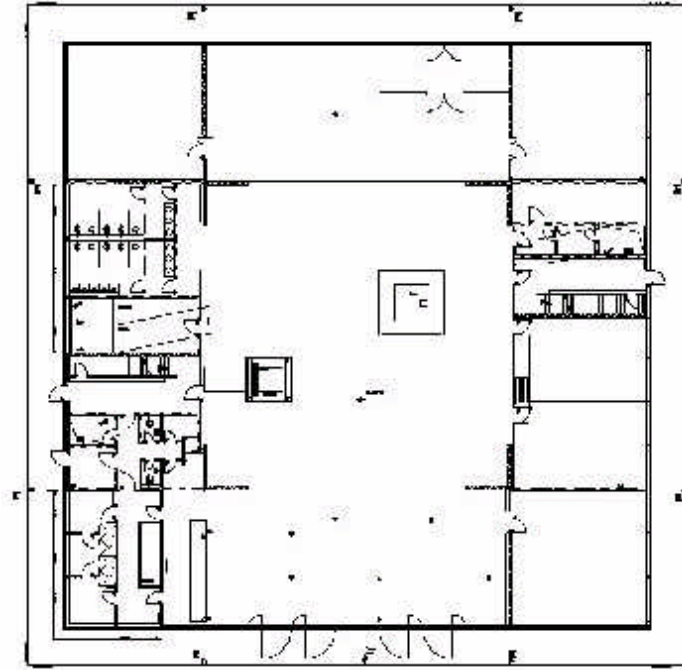
---

<sup>8</sup> GEM IS 3.0; Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme, Hessisches Umweltministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit, 1997

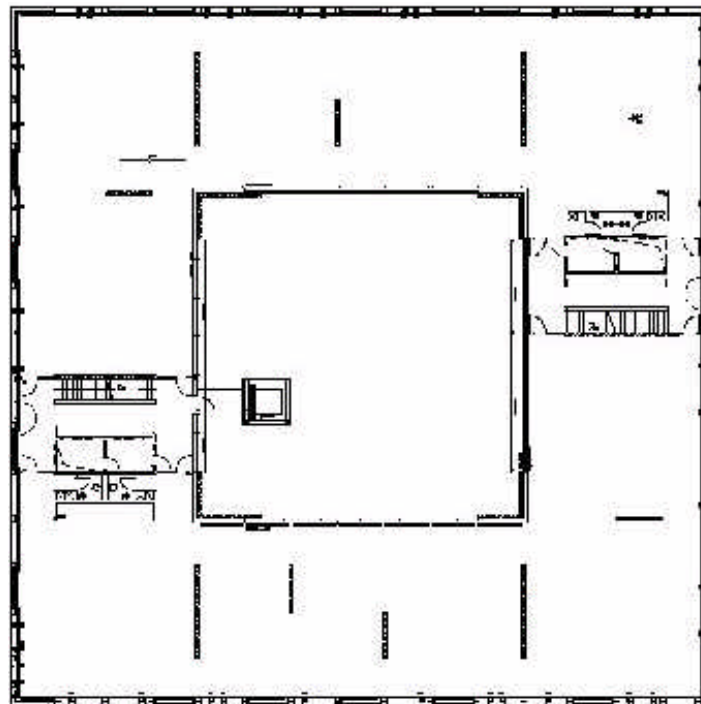
## Anhang 2 Lageplan und Grundrisse



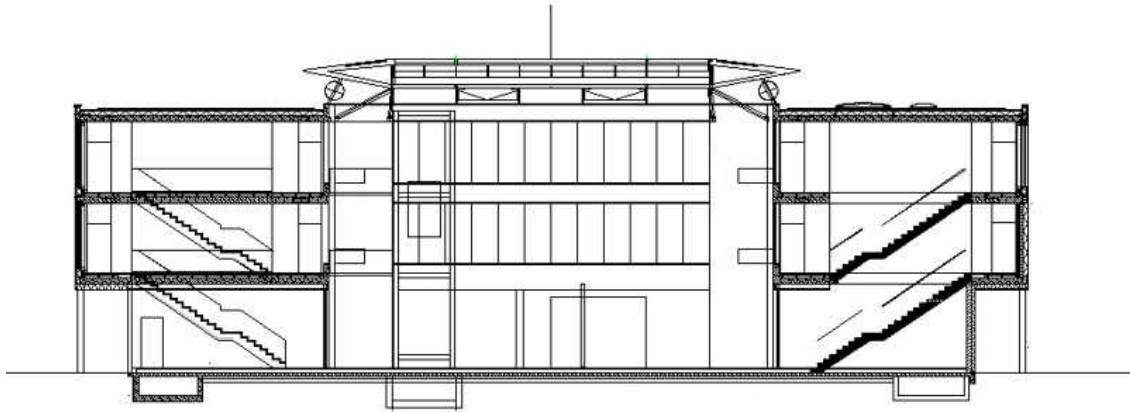
Anhang Abb. 3 Lageplan



Anhang Abb. 4 Erdgeschoss



Anhang Abb. 5 Obergeschoss



Anhang Abb. 6 Schnitt Ost-West

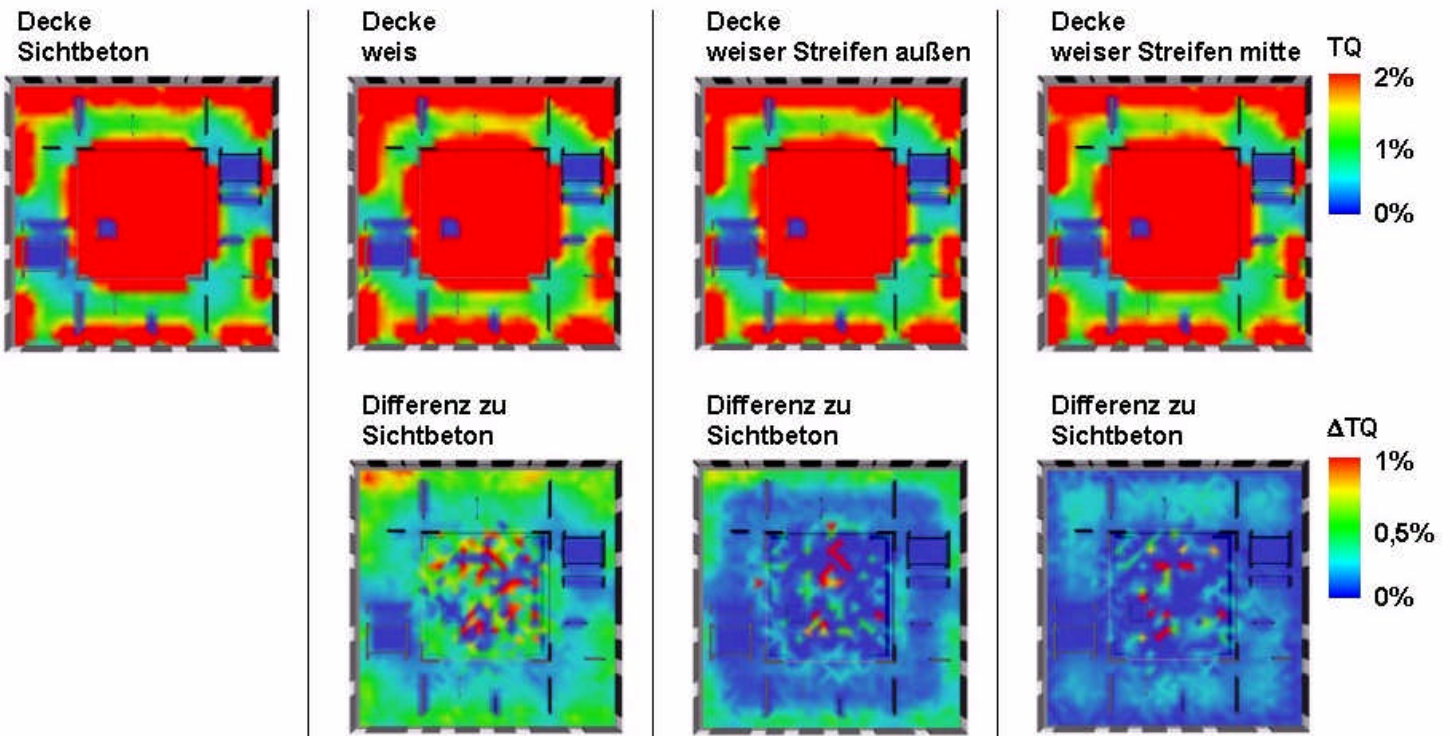
## Anhang 3 Wärmeschutznachweis

Nachweis der Anforderung nach WschVO 1995						
Gebäude mit normalen Innentemperaturen						
1 Objekt: Polimer Massivholz GmbH						
<b>2 Gebäudegeometrie</b>						
3 Volumen brutto [m³]	V <sub>br</sub>	16.125	Lichte Raumhöhe [m]		h=3	
4 Gebäudenutzfläche [m²]	A <sub>Nutz</sub>	5.180				
5 AVV-Verhältnis	AVV	0.33				
<b>3 Jahres-Transmissionswärmeverlust QT [kWh/a]</b>						
7 Pos. I	2	3	4.000	5	6	7
8 Bauteil	Kurzbez. des Bauteils	Fläche	Wärmedurchgangskoeffizient k	kW	Faktor	Q <sub>TV</sub> -Faktor
9		[m²]	[W/m²K]	[kW]		[kW]
10 Boden EG	BO	1.250,00	0,353	330,88	0,50	165,34
11 Außenwand OG	AW OG	790,31	0,113	28,88	1,00	89,66
12 Außenwand EG	AW EG	167,66	0,305	57,22	1,00	57,22
13 Flachdach	FD1	1.419,65	0,189	268,90	0,50	219,12
14 Boden gg. Fussboden	BA	415,00	0,244	101,44	1,00	101,44
15 Außenfenster	AF1	775,35	1,400	1.086,89	1,00	1.086,89
16 Fenster Anstrich	Afstr	294,10	1,400	397,74	1,00	397,74
17 Dach Anstrich	DAstr	160,00	0,182	25,93	1,00	25,93
18	Summe Q <sub>T</sub>	5.291,07			Summe H <sub>T</sub>	2.139,36
19	Jahres-Transmissionswärmeverlust QT=Q <sub>T</sub> H				QT=	170.206
<b>3 Jahres-Lüftungswärmeverlust QL [kWh/a]</b>						
21 anzuwählen						
22 mechanische Lüftung						
23 Lüftungsanlage						Faktor-Lüftung 17,36
24 mechanische Lüftungsanlage mit WRG	etaWRG= [ ]%					
25						QL=
26						280.006
<b>4 Jährliche solare Wärmegewinne QS [kWh/a]</b>						
27 Orientierung	Einstrahlung	transp. Bauteil g-Wert	Fläche	Faktor	Solargewinn	
28	[kWh/m²a]		[m²]		[kWh/a]	
29						
30 Außenfenster	N abs	0,59	126,00		5.379	
31	S abs	0,59	136,25		10.495	
32	O abs	0,59	105,00		7.704	
33	W abs	0,59	50,51		3.706	
34	M	0,59	131,46		5.612	
35	S	0,59	102,25		10.912	
36	O	0,59	21,02		5.626	
37	W	0,59	81,81		6.022	
38 Fenster Anstrich	nce	0,46	294,10		16.172	
39	M	0,59	28,50		1.217	
40	S	0,59	28,00		3.042	
41	O	0,59	28,50		2.091	
42	W	0,59	26,50		2.091	
43						
44	Jährliche solare Gewinne				QS=	80.360
<b>5 Jährliche interne Wärmegewinne QI [kWh/a]</b>						
46 anzuwählen						
47 Gebäude allgemein, außer Gebäude mit nachgewiesener kühlendischer Nutzung						
48 Gebäude mit nachgewiesener kühlendischer Nutzung						
49						QI=
49						161.252
<b>6 Jahres-Heizenergiebedarf [kWh/a]</b>						
51	QH=QT+QL+QS+QI					QH=
51						172.528
<b>7 Bezogener Jahres-Heizwärmebedarf</b>						
52	<b>7.1 Vorhandener bezogener Jahres-Heizwärmebedarf</b>					
54	Volumenbezug [kWh/m³a]	Flächenbezug [kWh/m²a]				
55		altersspez. für die lichte Raumhöhe (2,5m)				
56	QH=QH/V=	19,67 kWh/m³a	QH=QH/A=		33,36 kWh/m²a	
57	<b>7.2 Maximal zulässiger bezogener Jahres-Heizwärmebedarf</b>					
58	Volumenbezug	Flächenbezug				
59	QHmax =	19,58 kWh/m³a	QHmax =		30,95 kWh/m²a	
60						
61	QH=	19,67	<	QHmax =	19,58	
62	QH=	33,36	<	QHmax =	30,95	
63						
64						
65	Die Wärmeschutzverordnung ist ERFÜLLT					





## Anhang 4 Ergebnisse der Lichtsimulation am Beispiel 1.OG



## Anhang 5 Schema Lüftungsanlage

## Anhang 6 Beschreibung Abnahmemessung Photovoltaikanlage

Die Photovoltaikanlage war zum Zeitpunkt der Abnahmemessung am 11.10.2001 nicht in Betrieb. Die Wechselrichter waren AC-seitig nicht, DC-seitig nur provisorisch angeschlossen.

Aufgrund des flachen Sonnenstands am Messtag wurden die Module des West- und Ostdachs durch den jeweils daneben liegenden Blechfalz verschattet. Bei der Aufnahme der I-U-Kennlinien waren die Module dieser Dächer ca. 4 cm verschattet.

Bei der Messung der Ströme und Spannungen der einzelnen Stränge wurden keine fehlerhaften Stränge entdeckt. Bei den Anschlussbuchsen der Stränge des Norddachs ist der Anschluss von + und – vertauscht.

Die Isolationswiderstände lagen zwischen 41,6 und 57,6 MOhm und entsprechen den Anforderungen der DIN VDE 0100 Teil 600.

Bei der Aufnahme der Strom-Spannungs-Kennlinie lag die Umgebungstemperatur bei zirka 21°C. Zum Messzeitpunkt herrschten Windgeschwindigkeiten von 1-3 m/s.

Die Messungen ergaben eine Differenz von –6,5% zwischen den Angaben aus dem Moduldatenblatt des Herstellers und der gemessenen Generatorleistung. Unter Berücksichtigung unserer Messtoleranz liegt die Solargeneratorleistung innerhalb der vom Hersteller angegebenen Toleranz.

## Anhang 7 Mess- und Regelkonzept

### Globale Parameter

<b>Allgemein</b>		
Nacht	= 1	von 22 <sup>00</sup> Uhr bis 6 <sup>00</sup> Uhr
Heizbetrieb EG, 1. OG und 2.OG	= 1	wenn RT < 22°C <b>und</b> Außentemperatur < 12°C <b>und</b> Anwesenheit = 1 RT = Minimum der RT-Fühler 1,2,3,4,5,6
Aufheizbetrieb EG, 1. OG und 2.OG	= 1	wenn RT < 18°C <b>und</b> Außentemperatur < 12°C <b>und</b> Uhrzeit zwischen 3 <sup>00</sup> Uhr und 6 <sup>00</sup> Uhr <b>und</b> Tag = Mo – Sa. RT = Minimum der RT-Fühler 1,2,3,4,5,6
Heizbetrieb Atrium	= 1	wenn RT < 20°C <b>und</b> Außentemperatur < 12°C <b>und</b> Anwesenheit = 1 RT = RT-Fühler 8
Aufheizbetrieb Atrium	= 1	wenn RT < 18°C <b>und</b> Außentemperatur < 12°C <b>und</b> Uhrzeit zwischen 3 <sup>00</sup> Uhr und 6 <sup>00</sup> Uhr <b>und</b> Tag = Mo – Sa. RT = RT-Fühler 8
Frostschutz	= 1	wenn Außentemperatur < 0°C <b>oder</b> RT < 8°C RT = RT-Fühler 1,2,3,4,5,6,8
Windschutz Abschattung	= 1	wenn Windgeschwindigkeit > 8m/s
Warmwasserbereitung	= 1	von 8.00 Uhr bis 18.00 Uhr und Mo – Fr.
Zirkulation	= 1	von 8.00 Uhr bis 18.00 Uhr und Mo – Fr.
Vorlauftemperatur Normalbetrieb	= Funkt	0-Punkt / Steigung
Vorlauftemperatur Aufheizbetrieb	= Funkt	Vorlauftemperatur = Vorlauftemperatur Normalbetrieb + 20 K
Vorlauftemperatur Frostschutz	= Funkt	Vorlauftemperatur = 30°C
Vorlauftemperatur Atrium Normalbetrieb	= Funkt	0-Punkt / Steigung
Vorlauftemperatur Atrium Aufheizbetrieb	= Funkt	Vorlauftemperatur = Vorlauftemperatur Normalbetrieb Atrium + 20 K
Vorlauftemperatur Atrium Frostschutz	=	Vorlauftemperatur = 20°C
Solltemperatur	=	= 20°C

Cafeteria		
Solltemperatur Atrium	=	= 18°C

Anwesenheit		
1. OG (Süd)	= 1	von 7 <sup>00</sup> Uhr bis 18 <sup>00</sup> Uhr (Mo – Fr.) von 7 <sup>00</sup> Uhr bis 12 <sup>00</sup> Uhr (Sa.)
1. OG (Nord)	= 1	von 7 <sup>00</sup> Uhr bis 18 <sup>00</sup> Uhr (Mo – Fr.) von 7 <sup>00</sup> Uhr bis 12 <sup>00</sup> Uhr (Sa.)
1. OG (Süd)	= 1	von 7 <sup>00</sup> Uhr bis 18 <sup>00</sup> Uhr (Mo – Fr.) von 7 <sup>00</sup> Uhr bis 12 <sup>00</sup> Uhr (Sa.)
2. OG (Nord)	= 1	von 7 <sup>00</sup> Uhr bis 18 <sup>00</sup> Uhr (Mo – Fr.) von 7 <sup>00</sup> Uhr bis 12 <sup>00</sup> Uhr (Sa.)
EG / Besprechung	= 1	von 7 <sup>00</sup> Uhr bis 18 <sup>00</sup> Uhr (Mo – Fr.) von 7 <sup>00</sup> Uhr bis 12 <sup>00</sup> Uhr (Sa.)
Cafeteria	= 1 = 2	von 10 <sup>00</sup> Uhr bis 12 <sup>00</sup> Uhr (Mo – Fr.) und von 13 <sup>00</sup> Uhr bis 15 <sup>00</sup> Uhr (Mo – Fr.) von 12 <sup>00</sup> Uhr bis 13 <sup>00</sup> Uhr (Mo – Fr.)
Atrium	= 1	von 7 <sup>00</sup> Uhr bis 18 <sup>00</sup> Uhr (Mo – Fr.) von 7 <sup>00</sup> Uhr bis 12 <sup>00</sup> Uhr (Sa.)

## Funktionen

Nachtlüftung		
	<b>wenn Nacht = 1 und</b>	
1. OG (Süd)	wenn RT > 25°C <b>und</b> RT – Außentemperatur > 4 K wenn RT < 22°C <b>oder</b> RT – Außentemperatur < 2 K	dann Luftmenge konstant 3.000 m³/h dann Luftmenge = 0m³/h
1. OG (Nord)	wenn RT > 25°C <b>und</b> RT – Außentemperatur > 4 K wenn RT < 22°C <b>oder</b> RT – Außentemperatur < 2 K	dann Luftmenge konstant 3.000 m³/h dann Luftmenge = 0m³/h
1. OG (Süd)	wenn RT > 25°C <b>und</b> RT – Außentemperatur > 4 K wenn RT < 22°C <b>oder</b> RT – Außentemperatur < 2 K	dann Luftmenge konstant 3.000 m³/h dann Luftmenge = 0m³/h
2. OG (Nord)	wenn RT > 25°C <b>und</b> RT – Außentemperatur > 4 K wenn RT < 22°C <b>oder</b> RT – Außentemperatur < 2 K	dann Luftmenge konstant 3.000 m³/h dann Luftmenge = 0m³/h
EG / Besprechung	wenn RT > 25°C <b>und</b> RT – Außentemperatur > 4 K wenn RT < 22°C <b>oder</b> RT – Außentemperatur < 2 K	dann Luftmenge konstant 3.000 m³/h dann Luftmenge = 0m³/h
Cafeteria	wenn RT > 25°C <b>und</b> RT – Außentemperatur > 4 K	dann Zuluft konstant 2.025 m³/h und Abluft konstant 2.025 m³/h

	wenn $RT < 22^{\circ}\text{C}$ <b>oder</b> $RT - \text{Au\ss}er\text{temperatur} < 2\text{ K}$	dann Luftmenge = $0\text{m}^3/\text{h}$
Atrium Lamellen EG RWA Dach	wenn $RT > 25^{\circ}\text{C}$ <b>und</b> $RT - \text{Au\ss}er\text{temperatur} > 4\text{ K}$ wenn $RT < 22^{\circ}\text{C}$ <b>oder</b> $RT - \text{Au\ss}er\text{temperatur} < 1\text{ K}$ <b>oder</b> wenn Windschutz = 1 <b>oder</b> Regen = 1	dann alle auf dann alle zu

Lüftung (Tag)	wenn Nacht = 0 und	
1. OG (Süd)	wenn Anwesenheit = 0 wenn Anwesenheit = 1  wenn Mo bis Fr: von 6.00 Uhr bis 6.30 Uhr	dann Luftmenge = $0\text{m}^3/\text{h}$  dann lineare Funktion: 1.600 ppm bei Au\sser\text{temperatur} ? - $12^{\circ}\text{C}$ bis 650 ppm bei Au\sser\text{temperatur} ? $20^{\circ}\text{C}$ .  dann Luftvolumen. konstant $1.000\text{ m}^3/\text{h}$
1. OG (Nord)	wenn Anwesenheit = 0 wenn Anwesenheit = 1  wenn Mo bis Fr: von 6.00 Uhr bis 6.30 Uhr	dann Luftmenge = $0\text{m}^3/\text{h}$  dann lineare Funktion: 1.600 ppm bei Au\sser\text{temperatur} ? - $12^{\circ}\text{C}$ bis 650 ppm bei Au\sser\text{temperatur} ? $20^{\circ}\text{C}$ .  dann Luftvolumen. konstant $1.000\text{ m}^3/\text{h}$
2. OG (Süd)	wenn Anwesenheit = 0 wenn Anwesenheit = 1  wenn Mo bis Fr: von 6.00 Uhr bis 6.30 Uhr	dann Luftmenge = $0\text{m}^3/\text{h}$  dann lineare Funktion: 1.600 ppm bei Au\sser\text{temperatur} ? - $12^{\circ}\text{C}$ bis 650 ppm bei Au\sser\text{temperatur} ? $20^{\circ}\text{C}$ .  dann Luftvolumen. konstant $1.000\text{ m}^3/\text{h}$
2. OG (Nord)	wenn Anwesenheit = 0 wenn Anwesenheit = 1  wenn Mo bis Fr: von 6.00 Uhr bis 6.30 Uhr	dann Luftmenge = $0\text{m}^3/\text{h}$  dann lineare Funktion: 1.600 ppm bei Au\sser\text{temperatur} ? - $12^{\circ}\text{C}$ bis 650 ppm bei Au\sser\text{temperatur} ? $20^{\circ}\text{C}$ .  dann Luftvolumen. konstant $1.000\text{ m}^3/\text{h}$

Lüftung (Cafeteria)	wenn Nacht = 0 und	
Küchenabluft =0	wenn Anwesenheit EG =1 <b>und</b> Anwesenheit Cafeteria = 0  wenn Anwesenheit EG =1 <b>und</b> (Anwesenheit Cafeteria = 1)  wenn Anwesenheit EG =1 <b>und</b> (Anwesenheit Cafeteria = 2 <b>oder</b> (Anwesenheit Cafeteria = 1 und manuelle Betätigung durch Taster))  wenn Anwesenheit EG =0 <b>und</b> (Anwesenheit Cafeteria = 1)  wenn Anwesenheit EG =0 <b>und</b> (Anwesenheit Cafeteria = 2 <b>oder</b> (Anwesenheit Cafeteria = 1 und manuelle	dann Zuluft Cafeteria = $0\text{m}^3/\text{h}$ und Abluftvol. EG = $185\text{ m}^3/\text{h}$  dann Zuluft Cafeteria = $600\text{ m}^3/\text{h}$ und Abluftvol. EG = $785\text{ m}^3/\text{h}$  dann Zuluft Cafeteria = $1.125\text{ m}^3/\text{h}$ und Abluftvol. EG = $1.310\text{ m}^3/\text{h}$  dann Zuluft Cafeteria = $600\text{ m}^3/\text{h}$ und Abluftvol. EG = $600\text{ m}^3/\text{h}$  dann Zuluft Cafeteria = $1.125\text{ m}^3/\text{h}$ und Abluftvol. EG = $1.125\text{ m}^3/\text{h}$

Küchenabluft =1	<p>Betätigung durch Taster))</p> <p>wenn Anwesenheit EG =0 <b>und</b> Anwesenheit Cafeteria = 0</p> <p>wenn Anwesenheit EG =1 <b>und</b> Anwesenheit Cafeteria = 1</p> <p>wenn Anwesenheit EG =1 <b>und</b> (Anwesenheit Cafeteria = 2 <b>oder</b> (Anwesenheit Cafeteria = 1 und manuelle Betätigung durch Taster))</p> <p>wenn Anwesenheit EG =0 <b>und</b> (Anwesenheit Cafeteria = 1)</p> <p>wenn Anwesenheit EG =0 <b>und</b> (Anwesenheit Cafeteria = 2 <b>oder</b> (Anwesenheit Cafeteria = 1 und manuelle Betätigung durch Taster))</p>	<p>dann Zuluft Cafeteria = aus und Abluftvol. EG = 0 m³/h</p> <p>dann Zuluft Cafeteria = 1.500 m³/h und Abluftvol. EG = 785 m³/h</p> <p>dann Zuluft Cafeteria = 2.025 m³/h und Abluftvol. EG = 1.310 m³/h</p> <p>dann Zuluft Cafeteria = 1.500 m³/h und Abluftvol. EG = 600 m³/h</p> <p>dann Zuluft Cafeteria = 2.025 m³/h und Abluftvol. EG = 1.125 m³/h</p>
Atrium Lamellen EG RWA Dach	<p>wenn Windschutz = 1 oder Regen = 1 oder wenn RT &lt; 22°C</p> <p>Wenn RT &gt; 26°C <b>und</b> RT – Außentemperatur &gt; 3 K <b>und</b> Außentemperatur &gt; 15°C</p>	<p>dann alle zu</p> <p>dann alle auf</p>

Abschattung		
Abschattung Süd 1. OG	<p>= zu</p> <p>= auf</p>	<p>wenn RT (Süd) &gt; 25°C <b>und</b> Anwesenheit= 1 <b>und</b> Lichtstärke Süd &gt; 10 klux oder (wenn RT (Süd) &gt; 24°C <b>und</b> Anwesenheit = 0)</p> <p>wenn Windschutz = 1 <b>oder</b> wenn RT (Süd) &lt; 23°C <b>und</b> Anwesenheit = 0 <b>und</b> Außentemperatur &lt; 12° oder</p>
Abschattung West 1. OG	<p>= zu</p> <p>= auf</p>	<p>wenn RT (Nord) &gt; 25°C <b>und</b> Anwesenheit= 1 <b>und</b> Lichtstärke West &gt; 10 klux wenn RT (Nord) &gt; 24°C <b>und</b> Anwesenheit = 0</p> <p>wenn Windschutz = 1 <b>oder</b> wenn RT (Nord) &lt; 23°C <b>und</b> Anwesenheit = 0 <b>und</b> Außentemperatur &lt; 12°</p>
Abschattung Nord 1. OG	<p>= zu</p> <p>= auf</p>	<p>wenn RT (Nord) &gt; 25°C <b>und</b> Anwesenheit= 1 <b>und</b> Lichtstärke Ost &gt; 10 klux wenn RT (Nord) &gt; 24°C <b>und</b> Anwesenheit = 0</p> <p>wenn Windschutz = 1 <b>oder</b> wenn RT (Nord) &lt; 23°C <b>und</b> Anwesenheit = 0 <b>und</b> Außentemperatur &lt; 12°</p>
Abschattung Ost 1. OG	<p>= zu</p> <p>= auf</p>	<p>wenn RT (Süd) &gt; 25°C <b>und</b> Anwesenheit= 1 <b>und</b> Lichtstärke Ost &gt; 10 klux wenn RT (Süd) &gt; 24°C <b>und</b> Anwesenheit = 0</p> <p>wenn Windschutz = 1 <b>oder</b> wenn RT (Süd) &lt; 23°C <b>und</b> Anwesenheit = 0 <b>und</b> Außentemperatur &lt; 12°</p>

Abschattung		
Abschattung Süd 2. OG	= zu	wenn RT (Süd) > 25°C <b>und</b> Anwesenheit= 1 <b>und</b> Lichtstärke Süd > 10 klux wenn RT (Süd) > 24°C <b>und</b> Anwesenheit = 0
	= auf	wenn Windschutz = 1 <b>oder</b> wenn RT (Süd) < 23°C <b>und</b> Anwesenheit = 0 <b>und</b> Außentemperatur < 12°
Abschattung West 2. OG	= zu	wenn RT (Nord) > 25°C <b>und</b> Anwesenheit= 1 <b>und</b> Lichtstärke West > 10 klux wenn RT (Nord) > 24°C <b>und</b> Anwesenheit = 0
	= auf	wenn Windschutz = 1 <b>oder</b> wenn RT (Nord) < 23°C <b>und</b> Anwesenheit = 0 <b>und</b> Außentemperatur < 12°
Abschattung Nord 2. OG	= zu	wenn RT (Nord) > 25°C <b>und</b> Anwesenheit= 1 <b>und</b> Lichtstärke Ost > 10 klux wenn RT (Nord) > 24°C <b>und</b> Anwesenheit = 0
	= auf	wenn Windschutz = 1 <b>oder</b> wenn RT (Nord) < 23°C <b>und</b> Anwesenheit = 0 <b>und</b> Außentemperatur < 12°
Abschattung Ost 2. OG	= zu	wenn RT (Süd) > 25°C <b>und</b> Anwesenheit= 1 <b>und</b> Lichtstärke Ost > 10 klux wenn RT (Süd) > 24°C <b>und</b> Anwesenheit = 0
	= auf	wenn Windschutz = 1 <b>oder</b> wenn RT (Süd) < 23°C <b>und</b> Anwesenheit = 0 <b>und</b> Außentemperatur < 12°

Abschattung	Atrium	
Gruppe 1 (2 Bahnen)	= zu	wenn RT (Atrium) > 24°C
	= auf	wenn Windschutz = 1 <b>oder</b> wenn RT (Atrium) < 21°C <b>und</b> Außentemperatur < 12°
Gruppe 2 (2 Bahnen)	= zu	wenn RT (Atrium) > 25°C
	= auf	wenn Windschutz = 1 <b>oder</b> wenn RT (Atrium) < 22°C <b>und</b> Außentemperatur < 12°
Gruppe 3 (2 Bahnen)	= zu	wenn RT (Atrium) > 26°C
	= auf	wenn Windschutz = 1 <b>oder</b> wenn RT (Atrium) < 23°C <b>und</b> Außentemperatur < 12°
Gruppe 4 (2 Bahnen)	= zu	wenn RT (Atrium) > 27°C <b>und</b> Anwesenheit = 1 <b>und</b> Lichtstärke Nord > 10 klux
	= auf	wenn RT (Atrium) > 26°C <b>und</b> Anwesenheit = 0 wenn Windschutz = 1 <b>oder</b> wenn RT (Atrium) < 23°C <b>und</b> Außentemperatur < 12°

Serverraum		
Zuluftventilator	=	Jalousienklappe auf und Stufe 1, wenn RT > 22°C <b>und</b> RT – Außentemperatur > 3K Stufe 2, wenn RT > 24°C <b>und</b> RT – Außentemperatur > 3K Stufe 3, wenn RT > 26°C <b>und</b> RT – Außentemperatur > 3K
	= aus	wenn RT < 22°C (Jalousienklappe schließen)



## Beleuchtungsteuerung / -Regelung

### Beleuchtung Arbeitsplätze / Büro

Arbeitsplätze / Büro (Zentral aus)	AP 1 bis AP 20	AP-Beleuchtung dimmen und dann ausschalten um 19 <sup>00</sup> Uhr und um 24 <sup>00</sup> Uhr	Arbeitsplatz- beleuchtung
Arbeitsplätze / Büro (Tageslichtsteuerung)	AP 1 bis AP 5	wenn Beleuchtungsstärke (Nord) > 10 klux Licht linear dimmen bis Beleuchtungsstärke (Nord ?) > 20 klux dann Licht aus  AP-Beleuchtung dimmen und dann ausschalten um 19 <sup>00</sup> Uhr und um 24 <sup>00</sup> Uhr	Arbeitsplatz- beleuchtung
Arbeitsplätze / Büro (Tageslichtsteuerung)	AP 5 bis AP 10	wenn Beleuchtungsstärke (Süd) > 10 klux Licht linear dimmen bis Beleuchtungsstärke (Nord ?) > 20 klux dann Licht aus  AP-Beleuchtung dimmen und dann ausschalten um 19 <sup>00</sup> Uhr und um 24 <sup>00</sup> Uhr	Arbeitsplatz- beleuchtung
Arbeitsplätze / Büro (Tageslichtsteuerung)	AP 10 bis AP 15	wenn Beleuchtungsstärke (Ost) > 10 klux Licht linear dimmen bis Beleuchtungsstärke (Nord ?) > 20 klux dann Licht aus  AP-Beleuchtung dimmen und dann ausschalten um 19 <sup>00</sup> Uhr und um 24 <sup>00</sup> Uhr	Arbeitsplatz- beleuchtung
Arbeitsplätze / Büro (Tageslichtsteuerung)	AP 15 bis AP 20	wenn Beleuchtungsstärke (West) > 10 klux Licht linear dimmen bis Beleuchtungsstärke (Nord ?) > 20 klux dann Licht aus  AP-Beleuchtung dimmen und dann ausschalten um 19 <sup>00</sup> Uhr und um 24 <sup>00</sup> Uhr	Arbeitsplatz- beleuchtung

### Beleuchtung Atrium

Licht Atrium	Dach	Licht aus, wenn Beleuchtungsstärke (Nord) > 10 klux Licht aus um 19 <sup>00</sup> Uhr und um 24 <sup>00</sup> Uhr	
Licht Atrium	Wand	Licht aus, wenn Beleuchtungsstärke (Nord) > 15 klux Licht aus, um 19.30 Uhr und um 0.30 Uhr	
Licht Atrium	Außen	Licht aus, wenn Beleuchtungsstärke (Nord) > 5 klux Licht aus, um 21 <sup>00</sup> Uhr und um 1 <sup>00</sup> Uhr	

### Beleuchtung Außenbereich

Licht Außenbereich	EG außen	Licht aus, wenn Beleuchtungsstärke (Nord) > 2 klux Licht an, wenn Beleuchtungsstärke (Nord) < 0,5 klux und Mo-Fr. Licht aus um 24 <sup>00</sup> Uhr	
Licht Außenbereich	Parkplatz	Licht aus, wenn Beleuchtungsstärke (Nord) > 2 klux Licht an, wenn Beleuchtungsstärke (Nord) < 0,5 klux und Mo-Fr. Licht aus um 24 <sup>00</sup> Uhr	
Licht Außenbereich	Gehweg	Licht aus, wenn Beleuchtungsstärke (Nord) > 2 klux Licht an, wenn Beleuchtungsstärke (Nord) < 0,5 klux und Mo-Fr. Licht aus um 24 <sup>00</sup> Uhr	

### EIB-Funktionen

Beleuchtung		EIB-Steuerung	
Arbeitsplätze / Büro (Tageslichtsteuerung)	Arbeitsplatzbeleuchtung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bei manueller Übersteuerung des Dimmsignals wird nur die Beleuchtung im entsprechenden Arbeitsbereich angeschaltet, dann für 4 Stunden kein Zentralsignal (gilt für Beleuchtungssteuerung und Zentralaus)</li> <li>- manuell ein/aus immer möglich</li> <li>- Zeitglied Dimmfunktion: Sollwert wird nach 5 Minuten erreicht.</li> </ul>	AP 1 bis AP 20
Atrium	Dach, Wand, Außen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- manuell ein/aus immer möglich</li> <li>- automatisch aus nach Signal MSR</li> </ul>	
Außenbeleuchtung	EG außen, Parkplatz, Gehweg	<ul style="list-style-type: none"> <li>- manuell ein/aus immer möglich</li> <li>- Parkplatz und Gehweg, kein Einschalten nach manuell aus.</li> <li>- automatisch aus nach Signal MSR</li> </ul>	
RWA		<ul style="list-style-type: none"> <li>- RWA manuell öffnen im Brandfall</li> <li>- manuell Öffnen bei Bedarf jede Öffnung</li> </ul>	

### Sonstige

Küchenabluft	= 1	Manuelle Betätigung, Rückmeldung an MSR (Betrieb = 1) Sonst
	= 0	

## Aktoren

	1. OG	
Abluftventilator West	= 1	wenn Volumenstrom 1. OG (West) > 0 oder 2. OG (West) > 0 oder EG > 0 oder Cafeteria > 0 geregelt nach Konstantdruck
Abluftventilator Ost	= 1	wenn Volumenstrom 1. OG (Ost) > 0 oder 2. OG (Ost) > 0 geregelt nach Konstantdruck
Umwälzpumpe Fernwärme	= 1	wenn Heizbetrieb =1 oder Frostschutz = 1 oder Aufheizbetrieb = 1 oder wenn Heizbetrieb Atrium =1 oder Frostschutz Atrium = 1 oder Aufheizbetrieb Atrium = 1 oder Anforderung Puffer oder Warmwasserbereitung = 1
Umwälzpumpe Radiatoren	= 1	wenn Heizbetrieb =1 oder Frostschutz = 1 oder Aufheizbetrieb = 1
Umwälzpumpe Fußbodenheizung	= 1	wenn Heizbetrieb Atrium =1 oder Frostschutz Atrium = 1 oder Aufheizbetrieb Atrium = 1
Umwälzpumpe Warmwasserbereitung	= 1	wenn Anforderung durch
Pufferspeicherladung	= 1 = 0	wenn Umwälzpumpe Fernwärme = 1 und wenn (T Puffer oben (Fühler 27)) < 55°C. wenn (T Puffer mitte (Fühler 28)) > 50°C.
Mischer Fußbodenheizung	= Funkt. = zu	Vorlauftemperatur Normalbetrieb Atrium oder Vorlauftemperatur Aufheizbetrieb Atrium oder Vorlauftemperatur Frostschutz Atrium wenn Heizbetrieb = 0 und Aufheizbetrieb = 0 und Frostschutz = 0
Mischer Heizkörper	= Funkt. = zu	Vorlauftemperatur Normalbetrieb oder Vorlauftemperatur Aufheizbetrieb oder Vorlauftemperatur Frostschutz wenn Heizbetrieb = 0 und Aufheizbetrieb = 0 und Frostschutz = 0
Mischer Heizregister Cafeteria	= Funkt.	Vorlauftemperatur nach Zulufttemperatur = const., wenn Heizbetrieb = 1 und Cafeteria <> 0

Wärmepumpe	1. 2.	Wärmepumpe = an, wenn Abluftventilator West in Betrieb <b>und</b> Heizbetrieb = 1 <b>und</b> T Puffer unten (Fühler 29) < 35°C (Hysterese 5K) Wärmepumpe = an, wenn Abluftventilator West in Betrieb <b>und</b> Heizbetrieb =0 <b>und</b> T Puffer mitte (Fühler 28) < 50°C (Hysterese 5K)	Wärmepumpe
------------	----------	---	------------

## Ausgänge aus DDC

Anlagengruppe	Anzahl Ausgang		BUS	Anmerkungen
Sonnenschutz Büro	6	EG: Süd + Nord 1. OG: Süd + Nord 2. OG: Süd + Nord	Ja	Jede Jalousie manuell bedienbar
Sonnenschutz Atrium	8	Unterteilung in 8 Gruppe	Ja	Unterteilung: Jede Gruppe beschattet etwa 12,5% der Dachfläche / manuell bedienbar
Abluftanlage Ost	U = 0-10 V		Nein	Drehzahl stufenlos per DDC (Spannung, kein FU) und Jahresuhr
Abluftanlage West	U1 = 0-10 V		Nein	Drehzahl stufenlos per DDC (Spannung, kein FU) und Jahresuhr
Zuluft Cafeteria	FU-Steuerung		Nein	Drehzahl in 4 Stufen
Lüftung Serverraum	FU-Steuerung		Nein	Drehzahl min. 3 Stufen
Heizkreisregelung	U1 = 0-10 V U2 = 0-10 V	Heizkörper Fußboden	Nein	Ansteuerung Mischer und Jahresuhr
Umwälzpumpe	4	Heizkörper/ Fußboden / Pufferspeicher / Heizregister Zuluft Cafeteria	Nein	
Volumenstromregler	U1 = 0-10 V		Nein	3 x Abluft West, 2 x Abluft Ost
Zirkulation	1		Nein	
RWA Atrium (Dach) (Fortluft)	8	Aufteilung in 2 Gruppen	Ja	jede Klappe separat ansteuerbar über DDC (nur potentialfreie Kontakte)
Lamellen Atrium EG (Zuluft)	8	Aufteilung in 2 Gruppen	Ja	Jedes Segment separat ansteuerbar.
Wärmepumpe	1		Nein	Ansteuerung von Ladepumpe, Ventilator und Kompressor
Fernwärmepumpe	1		Nein	

### Stand alone- Systeme ohne Bus- und DDC-Anbindung

Anlagengruppe	Erläuterung		
Abluft Küche	Manuelle Bedienung, 4 Stufen		
Kühlung Serverraum	Eigene Regelung		
Einzelraumregelungen Heizung	Geschos s	Raum / Zone	Anzahl und Art des Stellers
	EG	Besprechungsraum 1	1 Fernsteller Konvektoren
		Besprechungsraum 2	1 Fernsteller Konvektoren
		Besprechungsraum 3	1 Fernsteller Konvektoren
		Besprechungsraum 4	1 Fernsteller Konvektoren
		Besprechungsraum 5	1 Fernsteller Konvektoren
		Showroom	1 Fernsteller Konvektoren
		Hausmeister	1 Fernsteller FB-Heizung
		Atrium	2 Fernsteller Fußbodenheizung über MSR

## Fühler / Messfühler

### Steuerung / Regelung

Bezeichnung / Typ	Anzahl	Erläuterung / Positionierung
Raumtemperatur	11	7 Stück: EG: Süd/Nord 1. OG Süd/Nord 2. OG Süd/Nord 2. OG Serverraum 4 Stück: Atrium 2. OG Atrium EG Atrium 1. OG, Atrium Dach
Zulufttemperatur	1	Zuluft Cafeteria
Beleuchtungssensor	Ost Süd West Nord	je Fassade / Montage Wetterstation
Außentemperatur	1	Position Nordfassade (strahlungsgeschützt)
Regenwächter	1	Montage Wetterstation
Windgeschwindigkeit	1	Montage Wetterstation
Windrichtung	1	Montage Wetterstation
Präsenztaster		Lüftung Cafeteria Empfangsbereich und Küche
Anlegefühler	2	1 x Erdreich (leerer Versorgungs kanal) 1 x unterhalb FB-Heizung
Temperatur	4	1 x Heizung (Vorlauf nach Mischer), 1 x Fußbodenheizg. (Vorlauf nach Mischer), 1 x Fernwärme (Rücklauf Primärseite) 1 x Fernwärme (Vorlauf Sekundärseite)
Temperatur Pufferspeicher	3	Speicher oben Speicher mitte Speicher unten
CO <sub>2</sub> -Sensoren	4	1. OG: West / Ost 2. OG West / Ost
Druckfühler	2	1 x Abluftventilator Ost 1 x Abluftventilator West

## Messfühler / Forschungsprogramm

Bezeichnung / Typ	Anzahl	Erläuterung / Positionierung
Beleuchtungssensoren	6	1 x EG 2 x 1. OG 2 x 2.OG
Strahlungssensor	1	1 x global horizontal (Pyranometer)
Strahlungssensor	4	4 Orientierungen der PV (kalibrierte Solarzelle)
Wärmemengenzähler a = T vorlauf b = T rücklauf c = Volumenstrom d = Energiemenge	7	1 x Fernwärme (sekundär) 1 x Heizkörper 1 x Fußbodenheizung 1 x Wärmepumpe 1 x Warmwasser 1 x Zirkulation 1 x WW nach EL-Durchlauferhitzer
Elektrozähler	26	EVT West EG Beleuchtung EVT Ost EG Beleuchtung EVT West 1OG Beleuchtung EVT Ost 1OG Beleuchtung EVT West 2OG Beleuchtung EVT Ost 2OG Beleuchtung EVT West EG Gesamtleistung EVT Ost EG Gesamtleistung EVT West 1OG Gesamtleistung EVT Ost 1OG Gesamtleistung EVT West 2OG Gesamtleistung EVT Ost 2OG Gesamtleistung NSHVT EG Solar Süd NSHVT EG Solar West NSHVT EG Solar Ost NSHVT EG Solar Nord EVT Ost 1OG Durchlauferhitzer EVT EDV Kühlung Klima + Umluft EVT EDV Ventilator Zuluftventilator EVT EDV EDV Gesamtleistg. EVT West EG Vert. MSR gesamt EVT Küche Küche ges. (o. Bel.) NSHVT EG Gesamtleistung EVT MSR Lüftung EVT MSR Wärmepumpe EVT MSR Pumpen
Temperatur	3	1 x Abluft (Büro West) 1 x Abluft (Büro Ost) 1 x Abluft (nach Wärmepumpe)
Feuchte	1	1 x Feuchte (Abluft West)
Mischgassensoren	2	1. OG West OG Ost
Volumenstrommesser	2	Abluft West Abluft Ost