

# Marktreifes Plus-Energie-Büro

B. Reiß, H. Schöberl, M. Leeb, T. Bednar

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

# 49/2011

**Impressum:**

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

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

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

# Marktreifes Plus-Energie-Büro

DI Birgit Reiß  
BAI Bauträger Austria Immobilien GmbH

DI Helmut Schöberl  
Schöberl & Pöll GmbH

DI Markus Leeb, Ao.Univ.Prof. DI Dr. Thomas Bednar  
TU Wien, Institut für Hochbau und Technologie,  
Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz

Wien, April 2011

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



## Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“).

Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



# 1. Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Kurzfassung/Abstract</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>8</b>
<b>4.</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>8</b>
4.1	Methodik	8
4.2	Vorarbeiten zum Thema	9
4.3	Zielsetzungen des Projektes	11
4.4	Definition Plus-Energie-Gebäude	13
4.5	Kurzbeschreibung Beispielprojekt PEB und Referenzobjekt	13
<b>5.</b>	<b>NutzerInnenbefragung</b>	<b>14</b>
<b>6.</b>	<b>Technisches Gebäudekonzept</b>	<b>18</b>
6.1	Haustechnik	18
6.1.1	<i>Wärme und Kälte</i>	18
6.1.2	<i>Lüftung</i>	21
6.1.3	<i>Aufzug</i>	23
6.1.4	<i>Photovoltaik</i>	24
6.2	Lichtplanung	25
6.3	Bauphysik	30
<b>7.</b>	<b>Simulation und Berechnung</b>	<b>34</b>
7.1	Berechnungsgrundlagen	34
7.2	Ergebnisse, Vergleich und Optimierung mittels probabilistischem Modell	48
7.3	Ergebnisse, Vergleich und Optimierung mittels Simulation	70
7.4	Kombination probabilistisches Modell und Simulation	76
7.5	Ertrag aus der Photovoltaikanlage und der Aufzugsanlage	78
<b>8.</b>	<b>Errichtungskosten, Betriebskosten, Marketingkonzept</b>	<b>81</b>
8.1	Errichtungskosten	81
8.2	Betriebskosten	83
8.3	Marketingkonzept	86
<b>9.</b>	<b>Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms</b>	<b>92</b>
<b>10.</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	<b>93</b>
<b>11.</b>	<b>Ausblick und Empfehlungen</b>	<b>97</b>
<b>12.</b>	<b>Literatur-/ Abbildungs- / Tabellenverzeichnis</b>	<b>98</b>
12.1	Abbildungsverzeichnis	98
12.2	Tabellenverzeichnis	99
12.3	Literaturverzeichnis	100
12.4	Internetquellen	103
<b>13.</b>	<b>Anhang</b>	<b>105</b>
13.1	Matrix Planungsparameter und Ziele	106

13.2	Beispielprojekt Hochhaus und Flachbauten C1 + C2 – Regelgrundrisse Büronutzung	110
13.3	Ergebnis der NutzerInnenbefragung	113
13.4	Lüftungsschemata	137
13.5	Systemvergleich Lüftung	141
13.6	Leuchtenverzeichnis	146
13.7	Leuchten-Layout	156
13.8	Fassadendetails	157
13.9	Aufbautenkatalog	159



## 2. Kurzfassung/Abstract

### Kurzfassung - Deutsch

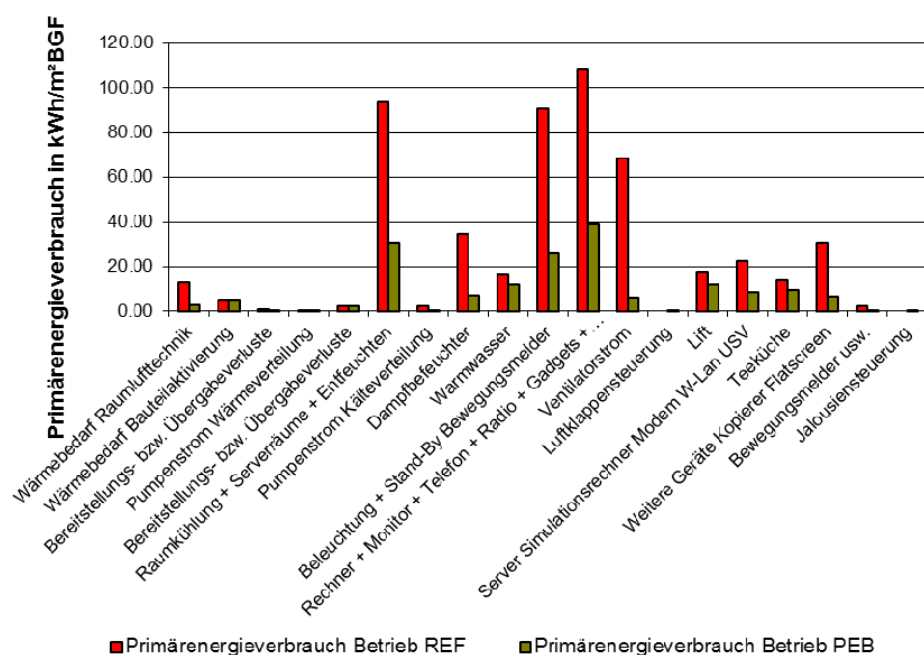
Ziel dieses Projektes war die integrierte technisch Konzeption eines Plus-Energie-Büros unter wirtschaftlichen Marktbedingungen für ein Büroprojekt mit rund 50.000 m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche in Wien. Schwerpunkt bildete die Entwicklung eines haustechnischen Gesamtkonzepts. Die Verbesserung der thermischen Qualität der Gebäudehülle auf Passivhausstandard war selbstverständlich.

Eine Bedarfsanalyse in Form einer NutzerInnenbefragung wurde in bereits existierenden konventionellen und energiesparenden Bürobauten in Wien durchgeführt. Überraschend waren die Aussagen der MitarbeiterInnen, dass eine Temperaturregelung pro Raum nicht von Relevanz ist, jedoch Raumlufthqualität, Tageslicht und Lärm als wesentliche leistungsbeeinflussende Faktoren genannt wurden.

In Simulationen wurde gezeigt, dass die vier Bereiche Kühlung, Lüftung, Beleuchtung und Bürogeräte den größten Primärenergiebedarf haben. Bei der Kombination aller Einsparungsmaßnahmen konnte der Primärenergiebedarf auf mindestens ein Drittel des Ausgangswertes reduziert werden. Der Primärenergiebedarf inkl. Bürogeräte des Referenzgebäudes von 531 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) wurde auf 172 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) reduziert. Es wurde für Strom ein Primärenergiekennwert von 3,5 kWh/kWh und für Fernwärme von 1,0 kWh/kWh verwendet.

Durch die Verwendung eines Kreislaufverbundsystems kann zwar bei der Heizungsenergie noch eingespart werden, aber die Energie für das Befeuchten schlägt sich negativ auf das Gesamtergebnis nieder. Bei den beiden Flachbauten ist die Realisierung eines Plus-Energie-Gebäudes unter Einhaltung bestimmter Voraussetzungen technisch möglich, im Hochhaus aufgrund der im Vergleich zur Geschoßanzahl geringen Dachfläche nicht.

Der Vergleich auf Basis der errechneten Verbräuche zeigt, dass sowohl die allgemeinen Betriebskosten als auch der mieterspezifische Stromverbrauch des Referenzgebäudes auf rund 1/3 beim PEB reduziert werden können.



Die Mehrkosten für das Plus-Energie-Büro betragen rund 19 % bei einer Kostengenauigkeit von 10-15 %. Um Anreize für diese erhöhten Investitionen zu schaffen, soll die Vermietung in Form von „Warmmieten“ erfolgen. Bei diesem Modell bleibt die Gesamtbelastung für die MieterInnen gleich, da der für die Refinanzierung erforderlichen höheren Nettomiete die Energieeinsparungen für MieterInnen gegen gerechnet werden.

Beim Plus-Energie-Büro ist für die MieterInnen mit erhöhten Aufwendungen zu rechnen, auch bei Realisierung im Passivhaus-Standard sind die Belastungen bei „Warmmieten“ für das gegenständliche Projekt um EUR 0,5/m<sup>2</sup>NF p.m. für die MieterInnen höher. Trotzdem sieht das Projektteam Potentiale bei der Realisierung von Passivhaus-Bürogebäuden aufgrund der zu erwartenden Erhöhungen der Energiepreise und der Weiterentwicklungen und serienmäßigen, kostengünstigeren Fertigung von passivhaustauglichen Fassadensystemen.

### **Kurzfassung - Englisch**

The aim of this project was to develop an integrated technical plus energy office concept without significant additional building costs in consideration of current economic and legal market conditions for the realisation of a specific office project with 50.000 m<sup>2</sup> floor area in Vienna. The main focus is the innovative overall concept of the building technology, beside the obvious goal of improving the thermal quality of the building envelope to passive building standard.

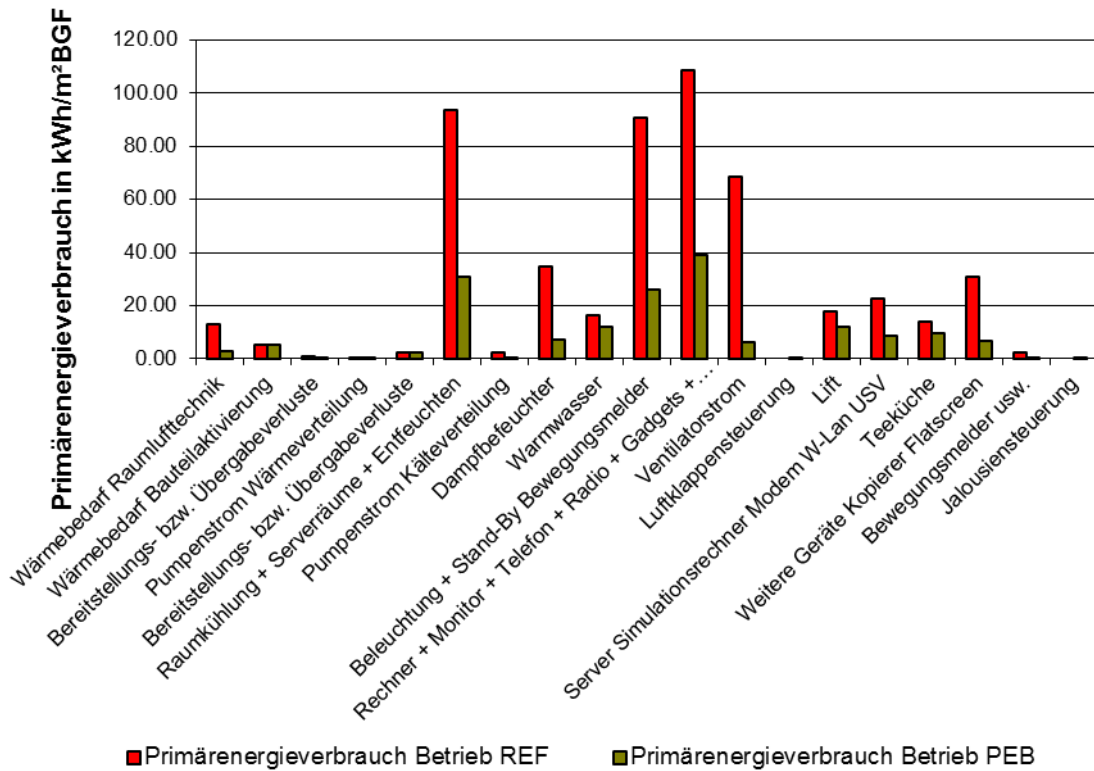
An analysis of user needs was done in form of a user survey in existing conventional and energy saving office buildings in Vienna. The comments of employees were startling as results showed that room temperature regulation has little or no relevance, though the quality of room air, daylight and noise were named to have substantial influences on staff performance.

Through simulation it was shown that cooling, ventilation, lighting and office devices have the greatest primary energy demand. With all energy saving methods the primary energy demand could be reduced to one third of the default value. The primary energy and the energy demand of office devices of the reference building is 531 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) This value could be reduced to 164 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a)

The primary energy parameter for electricity of 3,5 kWh/kWh was assumed and for heat from district heating the parameter of 1,0 kWh/kWh. Through the use of a closed loop system, heating energy was saved, but the energy used for humidification showed a negative overall result.

Under compliance of certain requirements, realisation of a plus-energy-building for the two low-rise buildings is technically possible. The high-rise buildings do not necessarily allow for realisation due to the ratio of overall usable space to the small roof area.

The comparison of the calculated consumption shows, that both the general operation expenses as well as the specific energy consumption of tenants within the reference building can be reduced by two thirds in the plus-energy-building.



The additional costs for the plus energy office are around 19 % accuracy at a cost inaccuracy of 10-15%. To create economic incentives for the higher financial investment, space should be offered with “warm rents”. With this model the total costs for tenants will remain the same, as for refinancing the higher net rent will be calculated against the energy savings of the tenants. For a plus-energy-office, tenants will have to accept higher expenses as well if passive building standards are realised, expenses with “warm leases” will raise up to EUR 0,5/m² NF.

### **3. Einleitung**

Im Bürobau haben sich Passivhausstandard bzw. Plus-Energie-Standard noch nicht durchgesetzt. Die damit verbundenen Mehrkosten sowie das oftmals fehlende Verständnis von MieterInnen für erhöhte Mieten bremsen diese Entwicklungen. Im gegenständlichen Projekt wurde ein Plus-Energie-Büro unter wirtschaftlichen Rahmenbedingungen mit einem erfahrenen Planungsteam wissenschaftlich fundiert konzipiert. Als Ergebnis des Projekts sollte die technische und wirtschaftliche Machbarkeit bewiesen und somit die Umsetzung und Multiplizierbarkeit der Projektergebnisse ermöglicht werden. Für Österreich wäre dies von großer Relevanz, um seinen Technologievorsprung und Vorreiterrolle im Bereich nachhaltiger Bauweise zu vergrößern.

Trotz der Entwicklungen zum „Energieeffizienten und Grünen Bauen“ ist die Baubranche noch weit von „Green Building“ als generellem Standard entfernt – vor allem im Büro- und Gewerbebau. Hohe Kosten, verbunden mit dem Risiko, diese als Early Mover nicht amortisieren zu können stellen nach wie vor ein großes systematisches Hemmnis dar. Zwar steigt in Europa die Nachfrage nach Gebäuden, die den ökologischen Anforderungen entsprechen, jedoch sind Großteils auch die NutzerInnen (noch) nicht bereit, hierfür einen höheren Preis zu zahlen. Regulatorische Einflüsse wie z.B. der Energieausweis können die notwendige Initialzündung für den zukünftig scharfen Wettbewerb nachhaltiger Immobilienprodukte schaffen. Aus Sicht der Entwickler- und Investoren sprechen nicht nur das verantwortungsbewusste Handeln im Sinne der Nachwelt, sondern auch langfristig niedrige Betriebskosten, ein hohes Vermietungspotenzial und gute Renditechancen für nachhaltiges Bauen. In Zukunft spielt nicht nur die Energieeffizienz, sondern auch die langfristige Bindung von MitarbeiterInnen durch eine hohe Arbeitsplatzqualität eine große Rolle, die nicht zwangsläufig mit höheren Baukosten oder hohem Energiebedarf einhergehen muss und sich zum Beispiel über niedrigere Krankheitsquoten anderweitig bezahlt machen könnte. Hier schließt sich der Kreis von ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten nachhaltigen Wirtschaftens.

### **4. Grundlagen**

#### **4.1 Methodik**

Die gesamte Konzeption des Projektes wurde nach maximaler Energieeffizienz, technischer Machbarkeit und Praktikabilität unter marktfähigen Bedingungen ausgerichtet. Die ProjektpartnerInnen haben sich auf das generelle Vorgehen geeinigt, zuerst die einzelnen Komponenten für sich und danach das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten zu optimieren. Das unter dieser Prämisse erarbeitete technische Gebäudekonzept zeichnet sich durch eine maximale Energieeffizienz bei gleichzeitiger Erfüllung der künftigen Anforderungen der MieterInnen aus. Es wurde versucht, die Haustechnik so weit zu optimieren, dass realisierbare Minderkosten die bei der verbesserten Gebäudehülle auftretenden Mehrkosten abgleichen. In manchen Bereichen wurden Ideen und technische Lösungen aufgezeigt, die jedoch aufgrund der wirtschaftlichen Zielsetzungen nicht weiter verfolgt wurden.

Durch regelmäßige Rückkoppelungen zu den Zielwerten konnte ein integrales technisches Gesamtkonzept entwickelt werden. Das an der TU Wien am Forschungsbereich für

Bauphysik entwickelte und validierte Programm „BuildOpt“ fand Anwendung. Dabei wurden die evaluierten NutzerInnenbedürfnisse mittels Computersimulationen an virtuellen Modellen überprüft und optimiert und der Komfort mit den Innenraumklimaindikatoren (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftqualität, Beleuchtung) bewertet. Unter der Einhaltung der Qualitäts- und Komfortkriterien untersuchte die TU-Wien die Energiebilanzen für Heizung, Kühlung, Lüftung, Warmwasser, Beleuchtung, Transport und allen Geräten. Die Ergebnisse dienten als Basis für die Zielwerte und Optimierungsmöglichkeiten der haustechnischen Anlagen.

Die Mitarbeiter der TU Wien, Institut für Hochbau und Technologie, Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz, des Büro Schöberl & Pöll GmbH, Lichtplanung Pokorny, der BAI Bauräger Austria Immobilien GmbH und sonstige FachplanerInnen entwickelten als interdisziplinäres Team innovative Lösungsansätze. Während der gesamten Projektlaufzeit kamen folgende Methoden zum Einsatz:

- 6 regelmäßig stattfindende Workshops mit allen Fachplanern, um an projekt-relevanten Fragestellungen gemeinsame und abgestimmte Entscheidungen zu treffen
- In regelmäßigen Abständen stattfindende Planungsbesprechungen zwischen den einzelnen Fachplanern, um den Anforderungen des integralen Planungsprozesses zu entsprechen
- Anders als in herkömmlichen Planungsprozessen der BAI bestand bei diesem Projekt die Möglichkeit der intensiven Einbindung von wissenschaftlichen Ansätzen, Modellierung und Simulation zur Abbildung des komplexen Planungsprozesses sowie regelmäßiges Rückkoppeln und Hinterfragen.

## 4.2 Vorarbeiten zum Thema

In Österreich existieren derzeit die folgend angeführten Büros in Passivhausbauweise, wobei die Unterschiede zum gegenständlichen Projekt und die Weiterentwicklungen auch aufgezeigt werden. Zusammenfassend wird festgehalten, dass alle diese Projekte weniger Nutzfläche aufweisen, mit deutlichen Mehrkosten im Vergleich zu herkömmlichen Büros realisiert wurden, teilweise nur für eine/n NutzerIn konzipiert sind, sowie der/die EinzelnutzerIn bzw. die NutzerInnen bereits vor der Planung bekannt waren und somit die konkreten Bedürfnisse von Anfang an berücksichtigt werden konnten.

### Christophorus Haus (OÖ)

Das Christophorus Haus ist ein dreigeschossiges, multifunktionales Betriebs- und Verwaltungsgebäude mit Logistik- und Kulturzentrum in Passivhausstandard und nachhaltiger Holzbauweise. Das Gebäude mit einer Nutzfläche von etwa 1.550 m<sup>2</sup> (ohne Kellergeschoss) wurde als innovatives, hochwertiges Passivhaus (Holzbau) mit modernster ökologischer Haustechnik als Pilotprojekt konzipiert und auch im Programm Haus der Zukunft gefördert. Die Gesamtkosten für das Gebäude beliefen sich auf rd. EUR 2,4 Mio., die haustechnischen Anlagen auf etwa EUR 0,31 Mio. Bezogen auf die Nutzfläche ergeben sich spezifische Gesamtkosten von rund EUR 1.548/m<sup>2</sup>NGF. [CHR06]

- Das Christophorus Haus definiert aus Sicht des Projektteams den State of the Art im Bürobau in Passivhausstandard in Österreich, ist jedoch aufgrund seiner Größenordnung und dem fehlenden Plus-Energie Ansatz nicht mit dem gegenständlichen Projekt vergleichbar.

### Energon - Ulm (Deutschland)

Das Bürogebäude, geplant von ebök-Institut für angewandte Effizienzforschung GmbH, besitzt 5 Geschosse mit einer 3-seitigen, räumlich gekrümmten Fassade und einem glasüberdachten Atrium. Die Außenfassade besitzt einen energetisch optimierten Verglasungsanteil mit einem Licht lenkenden Sonnenschutz. Die Stahlbeton-Skelett-Konstruktion wird durch vorgefertigte, wärmegeämmte Holzelemente eingehüllt. Das Energiekonzept umfasst neben konsequenten Maßnahmen zur Minimierung von Heiz- und Kühlbedarf eine mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung sowie eine Betonkerntemperierung. 40 vertikale, 100 m tiefe Erdwärmesonden decken den gesamten Kühlbedarf des Gebäudes und wärmen im Winter die Außenluft vor. Zusätzlich wird die Außenluft über einen Erdwärmetauscher von der Zuluftzentrale angesaugt. Der Restwärmebedarf wird vorrangig mit der Abwärme von Kälteaggregaten für EDV-Zentrale und Küche sowie mit Fernwärme (Kraft-Wärme-Kopplung mit demnächst 40 % Biomasseanteil) gedeckt. Eine flexible Dachhaut (mit einlamierten, amorphen Solarzellen im 328 m<sup>2</sup> Foliendach) rundet das Energiekonzept ab. Das Gebäude wurde mit einem Heizwärmebedarf von weniger als 15 kWh/m<sup>2</sup> als Passivhaus zertifiziert. [ENG09]

- Dieses Projekt fungiert für das gegenständliche Projekt als Leitprojekt. Ziel des Planungsteams ist es, diese Ergebnisse und das Know-how nach Österreich zu transportieren, auf spezifische Vorschriften und Rahmenbedingungen in Wien/Österreich anzupassen und zu erweitern. Weiters erfolgt eine Optimierung der Wirtschaftlichkeit für gegenständliches Projekt. Beim Projekt Energon handelt es sich nicht um ein Plus-Energie-Projekt.

### ENERGYbase (W)

Der Wiener Wirtschaftsförderungsfonds errichtete Österreichs größtes Bürohaus in Passivhausbauweise (7.500 m<sup>2</sup>) mit einer Investition von EUR 14 Mio. Ökologische Baumaterialien, optimale Wärmedämmung, modernste Technik für einen effizienten Energieeinsatz - von der solaren Kühlung bis zur Photovoltaik - sowie innovative Systeme für Raumklima (Biologische Gebäudeklimatisierung) und Lichttechnik reduzieren im ENERGYbase den Energieverbrauch für Heizung, Kühlung und Beleuchtung um 80 % im Vergleich zu herkömmlichen Büroimmobilien. Ein Viertel des benötigten Energiebedarfs deckt das ENERGYbase selbst durch die Erzeugung von Solarstrom und dem Einsatz von Erdwärme. Erst in einer späten Planungsphase wurde man auf die Auswirkungen der Beleuchtungsplanung auf den Gesamtenergieverbrauch aufmerksam. So konnte zuletzt, ohne jedoch noch Einfluss auf die Räumlichkeiten selbst zu nehmen, der elektrische Anschlusswert für die Beleuchtung durch die Auswahl effizienter Leuchten und deren Anordnung (EN 12464-1) fast halbiert werden [EBA09].

- Die Baukosten beim ENERGYbase beliefen sich auf EUR 1.500 + 17 % Mehrkosten. Ziel des vorliegenden Projektes war es, keine bzw. gering mögliche Mehrkosten im Vergleich zu Gesamtkosten für herkömmliche Büros zu erzeugen.

### SOL4 - Mödling (NÖ)

Das Büro- und Seminarzentrum SOL4 in Passivhaus-Bauweise und innovativer Haustechnik, ist ein Siegerprojekt bei einem Wettbewerb von Solararchitekten der Donau-Uni-Krems;

- Heizwärmebedarf des Gebäudes mit einer Nutzfläche von 2.245 m<sup>2</sup> (Büro, Seminar und Fitness) <15 kWh/m<sup>2</sup> p.a.
- HKLS-Konzept: 560lfm Erdwärmesonden
- Freecooling über Plattenwärmetauscher

- reversible Wärmepumpen (zum Heizen + Kühlen)
  - Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung
  - 1500 m<sup>2</sup> Bauteilaktivierung
  - 36 m<sup>2</sup> thermische Solaranlage
  - 2,5 m<sup>3</sup> Pufferspeicher für Warmwasserbereitung mit in
  - Kaskade geschalteten Plattenwärmetauschern
  - 30kWpeak PV-Anlage, die den gesamten Heizwärmebedarf deckt [SOL09]
- Dieses Bürogebäude in Passivhaus-Bauweise ist mit rd. 2.200 m<sup>2</sup> NF deutlich kleiner als das im gegenständlichen Projekt geplante (rd. 39.000 m<sup>2</sup>). Damit sind andere Anforderungen an die technische Konzeption verbunden, wodurch sich die beiden Projekte deutlich voneinander unterscheiden.

### Energie AG Tower - Linz (OÖ)

Der Power Tower ist das weltweit erste Bürohochhaus (74 Meter, 19 Stockwerke) mit Passivhauscharakter, das 2008 fertig gestellt wurde. Das Gebäude kommt ohne Fernwärmeanschluss und den Einsatz fossiler Energieträger für Heizung und Kühlung aus. Weltweit erstmals in einem Bürohochhaus dieser Größe kommt beinahe der gesamte Energiebedarf aus erneuerbaren Energieträgern.

Gebäudehülle: multifunktionale Fassadenkonstruktion aus 60 % Glas und 40 % hochisolierender Materialien; niedriger Heizwärmebedarf Wärmedämmwert Uges < 0,8W/m<sup>2</sup>, niedriger Kühlbedarf durch eine Reduktion des solaren Wärmeeintrages; keine Power-Klimaanlage;

Haustechnik: Reduktion des Energieaufwands für Heizung und Kühlung auf ein Minimum; abgehängte Kühldecken, Heizkörper mit hohem Strahlungsanteil und individueller Regelbarkeit, Frischluftversorgung durch kontrollierte Be- und Entlüftung mit 1,5 fachen Luftwechsel

Energieaufbringung: Heizung, Kühlung und Lüftung mit kombinierter Wärmepumpen-Anlage, Energie für Heizung und Kühlung mit Tiefsonden; Kühlwasser aus dem Grundwasser über zwei Förderbrunnen, Sonnenkraftwerk an der SW-Seite Towers mit rund 700 m<sup>2</sup> Fläche, produziert rd. 42.000 KWh Strom pro Jahr [EAG09].

- Dieses Prestigeprojekt wurde im Auftrag der Energie AG für die Eigennutzung entwickelt und realisiert. Dadurch unterscheiden sich die beiden Projekte voneinander, da ein an mehrere NutzerInnen vermietbares Bürogebäude andere Anforderungen erfüllen muss.

### Internationale Energietower und Ökohochhäuser (meist LEED – zertifiziert - *Leadership in Energy and Environmental Design*)

LEED basiert auf amerikanischen Normen und hat daher eine sehr geringe Umweltaforderungen, die in etwas den Anforderungen der harmonisierten österreichischen Bauordnung (OIB-Richtlinien) entspricht.

## **4.3 Zielsetzungen des Projektes**

Ziel war die integrierte technische Entwicklung und Detaillierung eines Plus-Energie-Büros mit geringst möglichen Investitionen im Vergleich zu herkömmlichen Büroprojekten unter wirtschaftlichen und rechtlichen Marktbedingungen für ein konkretes Büroprojekt mit rd. 50.000 m<sup>2</sup> BGF in Wien. Dieses Bürohaus soll zu realisierbaren Konditionen am Wiener Büromarkt vermietbar sein. Im gegenständlichen Projekt erfolgte die Entwicklung eines integralen, in sich abgestimmten technischen Gebäudekonzeptes. Zusammengefasst liegt der Neuheitsgrad des Projektes in folgenden Bereichen:

- Größe des Gebäudes liegt deutlich über den bisherigen Referenzprojekten – Europa größtes Plus-Energie-Büro inklusive Hochhaus
- Umfangreiche NutzerInnenbefragung zur Definition der NutzerInnenanforderungen
- Aufgrund der Gebäudehöhe von Bauteil B (Hochhaus) können Lüftungskonzepte mit natürlichem Auftrieb untersucht werden
- Optimierung der gesamten Haustechnikanlage sowie auch Beleuchtungstechnik im technischen und regelungstechnischen Sinn
- Konzeption (und spätere Umsetzung) eines Plus-Energie-Büro ohne erhöhte Gesamtkosten, was eine deutliche Weiterentwicklung zu den bestehenden Pilotprojekten im Bereich Büro-Passivhäusern in Österreich bedeutet

Das gegenständlichen Haus der Zukunft Plus Projekt verfolgt folgende Ziele:

- integrierte technische Entwicklung eines Plus-Energie-Büros anhand eines konkreten Büroprojektes in Wien
- Abschätzung der Gesamtkosten, die nicht über jenen von herkömmlichen Büros liegen sollen – Ermittlung eventueller Mehrkosten
- Konzeption unter wirtschaftlichen und rechtlichen Marktbedingungen
- Vermietbarkeit zu realisierbaren Konditionen am Wiener Büromarkt
- Einhaltung architektonischer Anforderungen an ein modernes Bürohaus - wie optimaler Glasanteil, flexible Grundrisse, langfristige Nutzbarkeit
- Konzeption einer passivhaustauglichen Fassade inkl. Passivhausfenstern hinsichtlich Hochhaustauglichkeit (Winddruck)
- Entwicklung von bürohaustauglichen Passivhauslüftungsanlagen und -konzepten
- Einsparungen bei Energiekosten

Zu Beginn erfolgte die Festlegung der projektspezifischen Ziele für den zu errichtenden Bürokomplex:

- Ziel NutzerInnen: Die Bedürfnisse der künftigen Nutzer sind zu befriedigen sowie vielfältige Nutzungsmöglichkeiten aufzuzeigen und zu ermöglichen, ohne Komforteinbußen. Ziel ist die Errichtung eines modernen, energieeffizienten Gebäudes, die Schaffung einer modernen, vielfältigen Arbeitsumgebung sowie eines angenehmen Raumklimas bei deutlicher Reduktion der Energie- und Betriebskosten.
- Ziel Energieerzeugung: Der gesamte Energiebedarf für Heizung, Kühlung, Lüftung, Warmwasser, Beleuchtung, Lift und der zusätzliche Strombedarf aus allen Geräten muss regenerativ am Grundstück erzeugt werden.
- Ziel Energiebedarf: Minimierung des Primärenergiebedarfs; Der Energiebedarf für Heizung, Kühlung, Lüftung, Warmwasser, Beleuchtung, Lift und der zusätzliche Strombedarf aus allen Geräten wird jeweils für sich selbst und danach im Gesamtsystem optimiert.
- Ziel Investitionen: Das Projekt muss zum Zeitpunkt der Fertigstellung marktfähig und vermietbar sein. Das Gebäude muss am Markt mittel- und langfristig attraktiv und konkurrenzfähig sein im Vergleich zu anderen Marktteilnehmern.

Diese Ziele wurden für die im Folgenden aufgelisteten Planungsparameter verfeinert und herkömmlichen BAI-Büroprojekten gegenübergestellt. Die daraus resultierende Matrix bildet die Planungsgrundlage und definiert Zielvorgaben für die einzelnen Konzepte wie Haustechnik, Bauphysik, Lichtplanung (siehe tabellarische Auflistung im Anhang S. 106):

- Energie – Energieklasse-Energieausweis, Energieversorgung
- Luftqualität – Raumklima - Heizung / Kühlung / Luftfeuchtigkeit, Lüftung - Luftwechsel



- Elektroausstattung
- Licht – künstliche Beleuchtung, natürliche Belichtung, Sonnenschutz
- Schallschutz – Lärm
- Brandschutz
- Ausstattung – Materialien, Sanitär, Sicherheit
- Räumliche Konzeption – Raumqualität, architektonische Qualität
- Allgemeine Qualitäten
- Wirtschaftlichkeit
- Zertifizierung/Gütesiegel

#### 4.4 Definition Plus-Energie-Gebäude

Die Projektdefinition Plus-Energie-Gebäude wurde für das gegenständliche Projekt wie folgt festgelegt:

Unter „Plus-Energie-Gebäude“ wird ein Gebäude verstanden, dessen jährlicher gesamter Primärenergieverbrauch, Definition Primärenergiefaktoren siehe S. 68, für Heizen, Kühlen, Lüften, Beleuchten, Transport und dem gesamten Verbrauch der Geräte der BenutzerInnen unter der am Grundstück produzierten erneuerbaren Energie liegt.

#### 4.5 Kurzbeschreibung Beispielprojekt PEB und Referenzobjekt

##### Beispielprojekt PEB

Das Haus der Zukunft Plus Projekt PEB (Plus-Energie-Büro) wurde beispielhaft an einem künftigen BAI-Projekt erarbeitet. Dieser Bürokomplex mit insg. rd. 50.000 m<sup>2</sup> BGF besteht aus einem Hochhaus (Bauteil B) mit 22 Geschoßen und zwei Flachbauten (Bauteil C1 und C2) mit je 8 Geschoßen in Form eines Atriumgebäudes und eines L-förmigen Gebäudes. Die Geschoßhöhe der Regelgeschoße ist mit 3,25 m angenommen. Aufgrund der Bebauungsbestimmungen ist es möglich, das Hochhaus und die Flachbauten miteinander zu verbinden. Als Basis für die Konzeptbearbeitung wurde ein Raumprogramm inkl. Sondernutzungen wie Konferenz, Kantine, Besprechungszone/Konferenzbereich, kleine Mieteinheiten mit zentralen Sekretariaten, Wintergarten etc. festgelegt.

Die Büroregelgeschoße für Hochhaus und Flachbauten sind im Anhang beigelegt (siehe S. 110). Die darin ersichtliche Belegungsplanung bildet die Basis für alle Berechnungen und Simulationen. Belegungsdichte im Hochhaus beträgt rd. 12 m<sup>2</sup> Nutzfläche / Person und in den Flachbauten aufgrund anderer Trakttiefen durchschnittlich rd. 10 m<sup>2</sup> Nutzfläche / Person. Die Simulation für das Hochhaus beruht auf der Annahme von 96 Personen pro Geschoß, dies entspricht insg. rd. 2.200 Mitarbeiter im Hochhaus.

		Annahmen	Lasten
Kantine/Küche (Flachbau)	rd. 1.300 m <sup>2</sup>	Annahme: durchschnittlich 1200 Essen/Tag Kantinenbereich 650 m <sup>2</sup> Küche 200 m <sup>2</sup> (direkt vor Ort kochen) Kühlung, Lager 250 m <sup>2</sup> Nebenräume 200 m <sup>2</sup> (Büro, Garderobe)	gemäß DIN 18599 Belegung in allen Annahmen hoch.
Shops	max. 2.100 m <sup>2</sup>	- Bäcker mit Cafe rd. 120 m <sup>2</sup> - Kleiner Lebensmittelhändler 400-500 m <sup>2</sup>	Annahmen für Beleuchtung, Kühlung gemäß Erfahrungswerte

		- Und/oder Mini-Lebensmittel rd. 150 m <sup>2</sup> Verkauf und 50 m <sup>2</sup> Nebenflächen - Trafik mit Zeitschriftenhandel 80 m <sup>2</sup>	
Fitness	rd. 600 m <sup>2</sup>	Eingang/Empfang 30-40 m <sup>2</sup> Garderoben 150 m <sup>2</sup> Training mit Geräten 140 m <sup>2</sup> 1 Aerobicraum 120 m <sup>2</sup> Sauna, Dampfbad rd. 140 m <sup>2</sup> Massageraum rd. 10 m <sup>2</sup> Kein Schwimmbad	
Konferenzzone (Hochhaus)	rd. 570 m <sup>2</sup>	Teilbar in kl. Einheiten	wie Besprechungsraum

Tabelle 1: Angenommene Sondernutzungen im Bürokomplex im EG und 1. OG mit Lasten

### Referenzobjekt

Als Referenzobjekt wird ein Büroprojekt von BAI Bauträger Austria Immobilien GmbH herangezogen, jedoch auf die Geometrie des PEB Projekt umgelegt. Dazu wurden die Parameter für Fassade, Dämmung, Haustechnik bei herkömmlicher Büronutzung als Basis für die Berechnungen herangezogen. Die Wärmeversorgung erfolgt aus dem Fernwärmenetz der FWW (Fernwärme Wien GmbH). Weiters verfügt das Projekt über eine abgehängte Kühldecke in Form einer gelochten Metallbandrasterdecke mit CU- oder Stahlverrohrung sowie eine Lüftungsanlage. Der Nutzer hat über den Sollwertversteller im Kühlfall die Möglichkeit, die Raumtemperatur zu verändern, wobei bei maximalem Kühllastfall eine minimale Raumtemperatur von 26°C erreicht werden kann. Die Raumtemperatur im Heizfall kann über Thermostatventile beeinflusst werden. Der außen liegende Sonnenschutz wird manuell bedient.

## 5. NutzerInnenbefragung

Zur Vorbereitung einer innovativen Bürohausplanung („PEB-Büro“) wurde zu Projektbeginn in existierenden Objekten in Wien die Meinungen zu Wohlbefinden und Qualitätsfaktoren von Personal und Führungskräften erhoben. In der NutzerInnenbefragung nach Bezug (Post-Occupancy Evaluation) wurden konventionelle Büros und Niedrigenergie-Gebäude miteinander verglichen. Konventionelle Bürogebäude entsprechen dem aktuellen hochwertigen Status Quo im Bürobau in Wien (Kühldecken, Energieklasse A, individuelle Teilung, teilweise Stehlampen u.v.m.). Niedrigenergie-Büros verfügen in diesem Fall über neueste Technologien wie optimierter Energiebedarf, Betonkernaktivierung, Lichtsteuerung, automatische Sonnenschutzsteuerungen u.v.m.. Die technische Ausstattung der konventionellen Bürogebäude ist relativ ähnlich, gleiches gilt für die Niedrigenergie-Gebäude.

Die Teilnahme war freiwillig und anonym. Mit den befragten MieterInnen und BüroeigentümerInnen wurde vereinbart, dass die Befragungsergebnisse anonym und kumuliert veröffentlicht werden, so dass kein Rückschluss auf einzelne Gebäude und MieterInnen möglich ist. Die Personal-Stichprobe ist mit 201 Personen repräsentativ [ca. 50 % konventionell - und 50 % Niedrigenergie], die Meinungen der 6 Führungskräfte zeigen Trends. Die Erhebung erfolgte mittels teilstandardisierter fachspezifischer Fragebögen, welche von Projektleitung und Teilprojektteam dialogisch entwickelt und getestet wurden. In

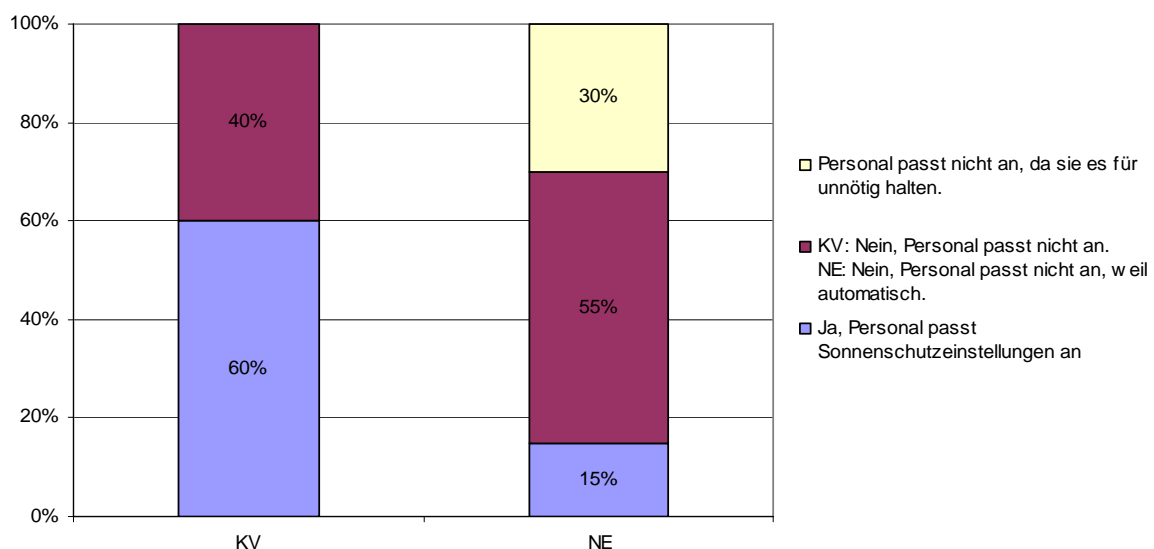
die Instrumente flossen bisherige Ergebnisse der europäischen Post Occupancy Evaluation-Literatur über Bürobauten mit ein. Der Fragebogen behandelte folgende Hauptthemenbereiche: Soziodemografische Daten, allgemeine Qualitäten, Licht, Heizung/Lüftung, Luftqualität, Lärm, Leistungsfaktoren im Büro und Energie.

Wesentliche Kernaussagen der NutzerInnenbefragung:

- Sonnenschutz + Blendschutz = relevante Themen
- Stehlampen zur künstlichen Beleuchtung des Arbeitsplatzes werden durchaus positiv angenommen
- Heizung: durch bessere Erklärung der Systeme/Steuerungsmöglichkeiten und Weitergabe der Informationen an die einzelnen MA besteht Potential zur optimierten Benutzung.
- Einzelraumregulierung für Temperatur keine Grundvoraussetzung für befragte MA
- Luftqualität: wichtiges Thema – bei beiden Bürotypen problematisch
- Leistungsbeeinflussende Faktoren: Raumluftqualität, Tageslicht, Lärm

Die Overall-Zufriedenheit bei Konventionellen- und Niedrigenergiebüros war ähnlich, die jeweilige Raumstruktur verschieden. Besprechungsräume werden besser bewertet als informelle Treffpunkte, welche durchgehend verbesserbar sind (bei beiden Gebäudetypen). Innen liegende Besprechungsräume werden mehrheitlich abgelehnt. Sonnenschutz ist ebenfalls ein generelles Reizthema – manuelle Anlagen gelten als zu mühsam, automatische zeigen Regelungsprobleme. Es besteht ein starker Wunsch nach individuellem Sonnenschutz durch Nachregelung bzw. Anpassung.

**Passen Sie die Sonnenschutz - Einstellungen im Tagesverlauf der Sonne an?**



*Abbildung 1: Ergebnisse NutzerInnenbefragung – Anpassung Sonnenschutz (KV = konventionell)*

Künstliche Arbeitsplatzbeleuchtung verwendet Decken- und/oder Tischleuchten. Dabei gibt es keine klaren Nutzerpräferenzen, Vollautomatik wird aber zugunsten individueller Kontrolle abgelehnt. Die Anwesenheitssteuerung wird diskrepant beurteilt. Personal in konventionellen Bauten gibt eigene Heizungs-/Kühlungsregelung an, Mitarbeiter in Niedrigenergiegebäuden sind sich teilweise unsicher und wissen nicht über die Heizungs-/Kühlungsregelung des Büro Bescheid. Während in konventionellen Büros die

Anlageregelung dem Personal bekannt ist, weisen Benutzer von Niedrigenergie Büros Defizite auf. Eingewiesen wurde das Personal bei beiden Gebäudetypen mehrheitlich nicht – eine Gebrauchsanleitung wäre sinnvoll.

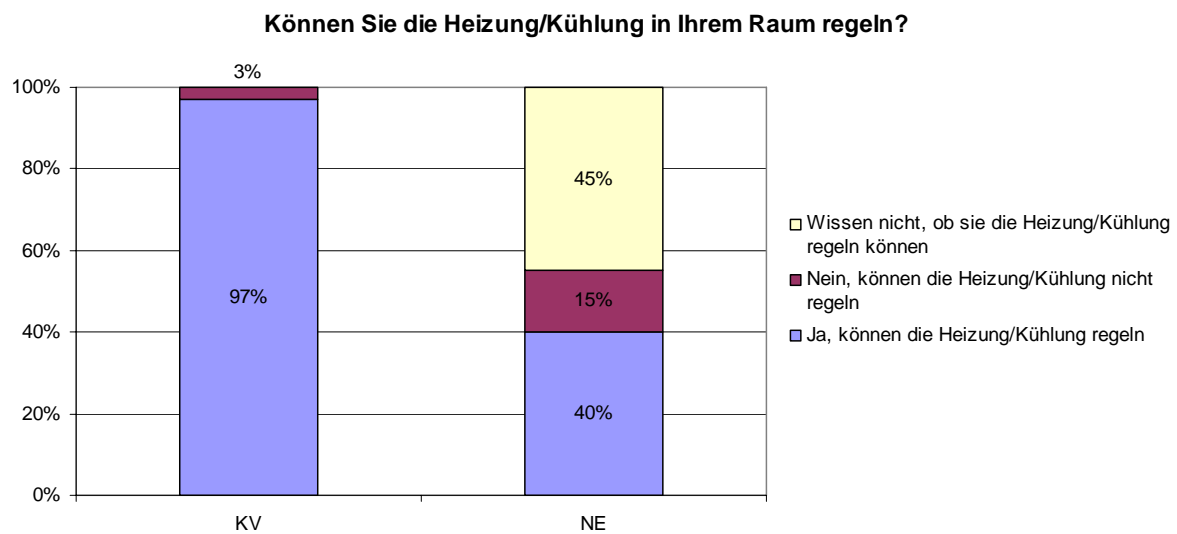


Abbildung 2: Ergebnisse NutzerInnenbefragung – Regelung Heizen/Kühlen

Kritik gibt es in konventionellen wie in Niedrigenergie Gebäuden an Temperaturregelung und Luftfeuchte. Belegschafts-Probleme wegen unterschiedlicher Wünsche im gleichen Raum sind aber selten. Die Luftqualität am Arbeitsplatz wird von Mitarbeitern in beiden Gebäudetypen als mittelmäßig beurteilt. Trockenheit und zu geringer Luftwechsel sind generell ein Problem. Es wird jeweils mehrheitlich durch Fensterlüftung gelüftet, wobei nachhaltige Stoßlüftung überwiegt. Ein hoher Prozentsatz lüftet täglich mehrmals in beiden Gebäudetypen.

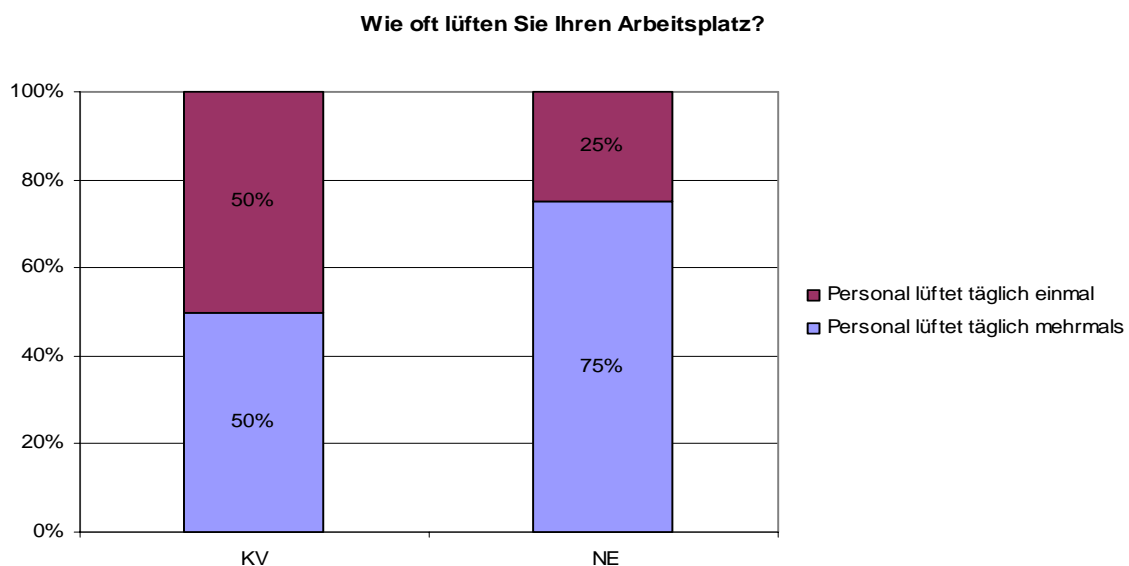


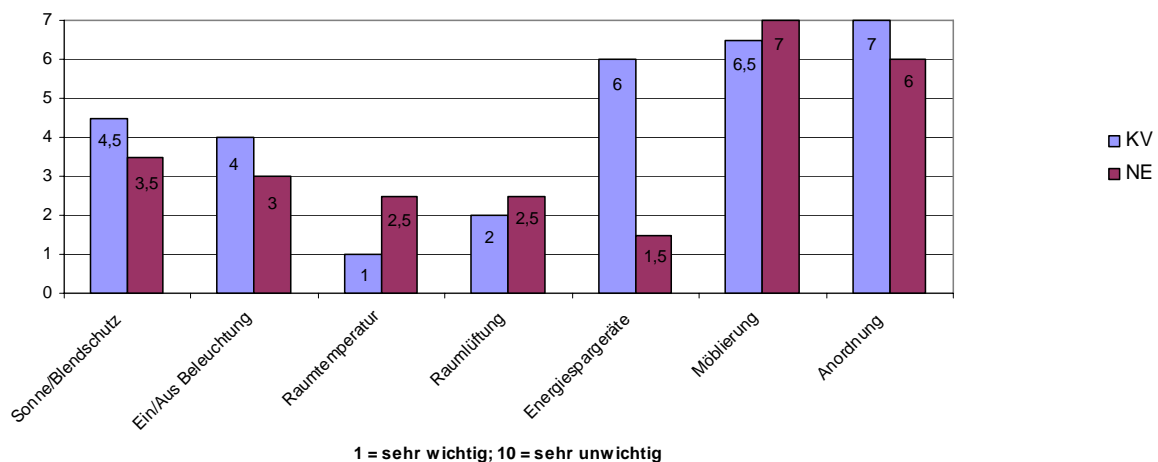
Abbildung 3: Ergebnisse NutzerInnenbefragung – Lüften am Arbeitsplatz  
(KV=konventionelles Büro, NE=Niedrigenergie Büro)

Bürotüren zum Gang sind eher offen als geschlossen. Störungen durch Zugluft sind selten.

Lärm am Arbeitsplatz besteht meistens in Straßen- und/oder Kollegenlärm. (PC-)Lüftungsgeräusche sind kein besonderes Problem. Als Leistungsfaktoren am Arbeitsplatz werden in beiden Gebäudetypen v.a. Tageslicht, Lärmschutz, Raumtemperatur und Raumluftqualität gesehen.

Mehr Einflussmöglichkeiten wünscht sich das Personal bei beiden Gebäudetypen bei Raumtemperatur und Raumlüftung, in Niedrigenergie Büros auch bei der Beleuchtungsregulation. Eigene Veränderungen am Arbeitsplatz sind teilweise erlaubt, teilweise verboten. Auf der Wunschliste führen Tischleuchten, Lichtsteuerung, Bilder und Pflanzen.

**Zu welchen Faktoren am Arbeitsplatz wünschen Sie sich mehr Einflussmöglichkeit?**



*Abbildung 4: Ergebnisse NutzerInnenbefragung – Einflussmöglichkeiten am Arbeitsplatz (KV=konventionelles Büro, NE=Niedrigenergie Büro)*

Durchgängige Energiesparstrategien, interne Richtlinien und Schulungen zur Wissensverbreitung zum Thema Energiesparen am Arbeitsplatz fehlen. Nachhaltigkeit als CD-Bestandteil wird diskrepant gesehen und wahrgenommen. Betriebskosten sind für Führungskräfte wichtig; die Beratung in Sachen Energie wurde in Niedrigenergie Büros besser beurteilt als in konventionellen. Gleiches gilt für selbstberichtetes Energiesparen. Praktisches Energiesparen wird überall durch Abschalten, weniger durch Effizienzsteigerung, artikuliert. Auch beim Raumklima gibt es Innovationspotenzial.

Niedrigenergie Büros bewirken zwar mehrheitlich keine nachhaltigen Verhaltensänderungen beim Personal, erzeugen aber mehr Wohlbefinden am Arbeitsplatz als konventionelle Büros. Der Vorteil von Niedrigenergie Büros wird aber tendenziell mehr für Firma/Umwelt gesehen als für die eigene Person.

Im Anhang ist eine Langfassung der NutzerInnenbefragung zu finden (siehe S. 113).

## 6. Technisches Gebäudekonzept

### 6.1 Haustechnik

Grundlage für die hier beschriebenen technischen Lösungen bilden die Simulationsergebnisse der TU Wien, insbesondere die Heiz- und Kühllasten. Die haustechnische Konzeption stellen wir getrennt für das Hochhaus (Bauteil B) und die Flachbauten (Bauteil C1 und C2) dar. Dabei wurden vier Ziele verfolgt:

- Hohen Komfort für die NutzerInnen
- Hohe Wirtschaftlichkeit bei Errichtung und Betrieb
- Hohe Flexibilität und Sicherheit im laufenden Betrieb sowie bei späteren Umbauten
- Geringen Primärenergieeinsatz im Betrieb

Diese Ziele bergen ein gewisses Konfliktpotential, das nachfolgend diskutiert wird. Von daher gibt es auch keine einzelne beste Lösung, sondern gute Kompromisse, die zusammen ein funktionsfähiges und effizientes Anlagenkonzept bilden.

Im Zentrum des haustechnischen Konzepts steht ein Kreislaufverbundsystem (KVS), das es gestattet, sowohl auf der Angebots- wie auch auf der Nachfrageseite Temperaturkaskaden zu bilden. Daraus ergibt sich eine hohe Flexibilität bei der Systemauswahl sowie ein effizienter Einsatz von Transportenergie (Pumpenstrom). Darüber hinaus lassen sich andere Energiequellen wie die Abwärme von Servern erschließen.

#### 6.1.1 Wärme und Kälte

##### Wärme- und Kälteerzeugung

Im Rahmen des Projekts wurden die folgenden Systeme zur Wärme- und Kälteerzeugung untersucht und anhand der o.g. Kriterien diskutiert:

- Fernwärme Wien in Verbindung mit Absorptions- und Kompressions-Kältemaschinen
- Reversible Wärmepumpen mit Erdsonden
- Biomasse Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung mit Spitzenkessel

##### - Fernwärme

Die erste Option für die Wärme- und Kälteversorgung stellt die Fernwärme Wien dar. Sie besitzt einen hohen regenerativen Anteil, so dass das System im Mittel der Jahre 2006 bis 2008 einen Primärenergiefaktor nicht erneuerbar von 0,207 aufweist [FW10]. In den kalkulierten Primärenergiebedarf fließen aus Gründen der Vergleichbarkeit allerdings die in Kap. 7.1 Berechnungsgrundlagendargestellten Werte ein (siehe S. 34. Aufgrund des einfachen Betriebskonzepts, das eine bestehende Infrastruktur nutzt, ist die Fernwärme Wien aus wirtschaftlichen Überlegungen und aufgrund des sehr geringen Primärenergiefaktors die bevorzugte Lösung für diesen Standort. Da sie darüber hinaus einen nach Effizienz der Energieausnutzung (Volllaststunden) gestaffelten Wärmetarif anbietet, harmonisiert das mit den planerischen Bestrebungen, wenig Antriebsenergie einzusetzen und bei kleiner bestellter Leistung damit eine hohe Volllaststundenzahl zu realisieren.

Mit einer Vorlauftemperatur von max. 145°C könnten via Fernwärme auch Absorptionswärmepumpen zur Kälteerzeugung betrieben werden. Nach Auskunft der Fernwärme Wien ist in absehbarer Zeit am Standort allerdings keine Fernkälte-Versorgung vorgesehen, das von der FWW im Sommer garantierte Temperaturniveau von 80°C reicht für den wirtschaftlichen Betrieb einer Absorptionswärmepumpe leider nicht aus. Aufgrund des

breiten Anforderungsspektrums wird die notwendige Kälte auf dem aktuellen Planungsstand in Kompressionskältemaschinen mit CO<sub>2</sub> als Kältemittel erzeugt. Dies lässt sich mittels preiswerter und platzsparender Anlagen realisieren. Mit einer spezifischen Investition von ca. 500 EUR/kW kann sie, bei minimierten Kühllasten und damit kurzen Laufzeiten, über den Nutzungszyklus sogar die wirtschaftlichste Lösung darstellen.

– Wärmepumpe mit Erdsonden

Einen, inzwischen mehrfach realisierten Ansatz, stellen (reversible) Wärmepumpen in Verbindung mit Erdsonden dar. Im Winter besteht dabei Zugriff auf ein sicheres Temperaturniveau für die Wärmepumpe, während im Sommer das Gros der Kälte direkt dem Erdreich entnommen werden kann.

Hierfür sind ca. 200 (je 100 für Hochhaus und Flachbauten) Erdsonden à 100m Bohrtiefe notwendig. Das Investitionsvolumen beträgt ca. EUR 1 Mio. Die notwendige Kälte für Server, Shopping, Kantine und mögliche andere Anwendungen ist hierin nicht enthalten. Wegen des relativ hohen Temperaturniveaus der Erdsonden (14–15°C am Ende des Sommers) benötigen Anwendungen mit tieferem Temperaturniveau, wie Server-Kühlung, Entfeuchtung oder Kühlräumen eine nachgeschaltete Wärmepumpe.

Da die Sonden balanciert betrieben werden sollten, darf im Sommer dem Erdreich nicht mehr Kälte entzogen werden, als im Winter eingelagert wurde. Ansonsten muss das Medium Erde aktiv regeneriert werden (s.u.).

Ein gemischter Betrieb mit Fernheizung und Erdsondenkühlung ist ebenfalls möglich. Dies bedingt eine direkte saisonale Kältespeicherung. Dabei wird das Erdreich im Winter via Kreislaufverbundsystem (KVS) mit der Außenluft abgekühlt. Der „warme“ Rücklauf aus den Sonden erwärmt die Außenluft in der Lüftungsanlage und hält damit den Abluft-Wärmetauscher frostfrei, was die Wärmerückgewinnung geringfügig verschlechtert. In der Bilanz wird für die Regeneration des Erdreichs zusätzlicher Pumpenstrom verbraucht. Für die Primärenergiebilanz sollte diese Lösung noch einen kleinen Vorteil gegenüber der Kompressionskälte besitzen. Erdsonden stellen mit ca. 1 EUR/W eine kapitalintensive Wärme- bzw. Kälte-Quelle dar, damit besitzen sie ein erhöhtes Investitionsrisiko. Eine weitere Unsicherheit stellt die tatsächliche Entzugsleistung aufgrund der geologischen Gegebenheiten dar. Hier wären weitere Untersuchungen, ggf. auch ein thermal response test notwendig.

In Anbetracht der hohen Investitionen und der geringen Kostenvorteile erwarten wir bei den Erdsonden höhere Lebenszykluskosten als bei der konventionellen Lösung mit Fernwärme und Kompressionskälte.

– Biomasse BHKW

Eine im Hinblick auf eine positive Primärenergiebilanz sehr interessante Option stellt eine eigene Biomasse Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung dar, da diese, je nach Betriebsführung, erhebliche Primärenergie-Gutschriften durch den Verkauf von Strom erwirtschaften kann. Allerdings erfordert ein solches System relativ hohe Investitionen sowie einen, gegenüber der Fernwärme, deutlich höheren Aufwand bei der Betriebsführung. Aus diesen Gründen wird diese Option von der Bauherrschaft nicht weiter verfolgt.

Wärme- und Kälteverteilung

Die Gebäudehöhe stellt im Hochhaus ein grundlegendes Problem für eine effiziente Medienversorgung (Warm-, Kalt- und Trinkwasser) dar. Zum einen ist ein erheblicher statischer Förderdruck notwendig, zum anderen sollten die Trassen einen geringen

Querschnitt aufweisen, was im Gegenzug hohe Mediengeschwindigkeiten bedeutet. Hier gilt es, technisch und wirtschaftlich tragbare Kompromisse zu finden.

Da die Medienversorgung nicht allein aus einer Zentrale im 2. UG möglich ist, wird eine weitere Zwischenzentrale im 13. OG notwendig. Hier befinden sich auch Sammler für das Regenwasser sowie die Abwässer der darüber liegenden Etagen.

#### - Sondernutzungen

Die Haustechnik muss auch Infrastruktur für Anwendungen außerhalb der Bilanzgrenzen des Plus-Energie-Konzepts vorhalten. An erster Stelle ist ganzjährig Kälte für den Betrieb von Servern notwendig. Angedacht wird ein zentraler Serverraum im Untergeschoß, da dort eine optimale Kältebereitstellung gewährleistet ist. Die wesentliche Voraussetzung für eine Akzeptanz bei den Mietern ist ein attraktives Sicherheitskonzept, das hierfür entwickelt werden muss.

Empfohlen werden direkte Schrankkühlungen, da diese lediglich 50 % oder weniger des Energieeinsatzes einer Raumkühlung benötigen und die Nutzung freier Kühlung erlauben. Ein ebenso großes Reduktionspotential ergibt sich aus der gezielten Auswahl der Geräte (Virtualisierung, Server- und Plattentechnologie) sowie deren Betriebspunkten (Temperaturkaskaden in den Schränken). Letztendlich entscheiden die Mieter selbst über ihr IT Konzept und die Nutzung zentraler Dienstleistungen. Im aktuellen Planungsstadium kann dies lediglich als Angebot vorgesehen werden.

Weiterer Kältebedarf wird für die Kantine erwartet. Da dieser Betrieb außerhalb der Systemgrenze Plusenergiebüro liegt und kein Betriebskonzept vorliegt, werden an dieser Stelle auch keine Annahmen getroffen.

#### - Regelgrundrisse

In den Büros und Besprechungsräumen wird die Grundlast der Wärme und Kälte über aktivierte Decken eingebracht. Dies bedingt einen höheren planerischen Aufwand bei der Raumakustik und der Trassenführung, da diese Räume keine abgehängten Decken besitzen [VDI11]. Für den sicheren und stromeffizienten Betrieb der Bauteilaktivierung sorgt eine Regelung, die Nutzungs- und Wettervorhersagen verwendet. Die Medientemperatur für Bauteilaktivierung beträgt im Heizfall max. 60°C, bei geringeren Temperaturen (26°-30°) sind längere Pumpen-Laufzeiten erforderlich. Die Vorlauftemperatur im Kühlfall sollte 18°C nicht übersteigen, kann allerdings, je nach Angebot, auch erheblich darunter liegen, was den notwendigen Pumpenstrom reduziert.

Vor- und Nachteile Bauteilaktivierung:

- + Kein Platzbedarf im Raum
- + Niedertemperaturheizung (-> guter FW Tarif)
- + Hoher raumklimatischer Komfort
- Begrenzte Leistung beim Heizen und Kühlen
- Viel Pumpenstrom bei suboptimaler Regelung
- Kaum individuelle Eingriffe möglich

Zusätzlich erhalten im Hochhaus alle Büros, die eine Heizlast von mehr als 15 W/m<sup>2</sup> aufweisen, einen Radiator, der die Spitzenlast der Heizung bei sehr tiefen Außentemperaturen abdeckt. Für Aufheizvorgänge wird üblicherweise bei normal beheizten Räumen keine Leistung vorgehalten [DIN03] Bbl. 1. Im Flachbau sind keine Heizkörper vorgesehen.



Für die Nutzungen Shopping und Fitness lassen sich ggf. zusätzliche Heizflächen im Fußboden unterbringen. Hier kann auch Luft als Wärme- oder Kälte­träger zur Anwendung kommen. Im Interesse einer möglichst hohen Flexibilität, welche den potentiellen Mietern angeboten werden kann, sollten alle Optionen planerisch vorgesehen werden.

#### Temperaturniveaus und Laufzeiten

Die Passivhaus-Qualität der Gebäudehülle erlaubt die Nutzung niedriger Rücklauf­temperaturniveaus und damit verbundener kleiner Wärme- und Kälteleistungen. Dies ist für die ökonomische (Fernwärmearif) sowie für die primärenergetische Bilanz von Vorteil. Dabei ist allerdings darauf zu achten, dass alle verwendeten Trägermedien eine ausreichende Temperaturspreizung aufweisen, damit auch der Bedarf an primärenergetisch teurer Antriebsenergie (Strom) klein gehalten wird.

Das Rückgrat einer Temperaturkaskade bildet ein Kreislaufverbundsystem (KVS) mit hocheffizienten Wärmetauschern. Da nicht alle Anwendungen den gleichen Energiebedarf aufweisen, ergibt sich die Rücklauf­temperatur der Fernwärme als Mischtemperatur. Der resultierende Wert sollte im Winter jedoch im Bereich von 25°C bis max. 30°C liegen.

Aufgrund der großen Trägheit der Bauteilaktivierung lässt sich ein sehr ausgeglichener Lastgang realisieren, dies vermeidet Leistungsspitzen und reduziert damit den Leistungspreis gegenüber einer konventionellen Wärmeverteilung. Dennoch werden aufgrund der hohen Qualität der Gebäudehülle und der entsprechend kurzen Heizperiode wahrscheinlich nur 1.200 – 1.500 Voll­laststunden für den Heizbetrieb zu verzeichnen sein.

### **6.1.2 Lüftung**

Die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist ein zentraler Baustein für den Komfort des Gebäudes sowie für das Energiekonzept. Die vorgesehenen Nutzungen Büro, Shopping, Fitness und Gastronomie erhalten jeweils eigene, auf ihre Anforderungen abgestimmte Systeme.

#### Bürolüftung in Hochhaus und Flachbauten

Für die Regelgrundrisse wurden drei Verteilungskonzepte untersucht:

- Dezentrale Lüftung: Dabei erhält jede Mieteinheit ihr eigenes Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung, die zentralen Schächte sind rein passiv. (System 1.0 in Anhang 13.5)
- Semizentrale Lüftung: Hier wird die Luft in zentralen Geräten vorkonditioniert, diese garantieren auch einen konstanten, niedrigen Vordruck in den Schächten, die Luftverteilung in den Mieteinheiten erfolgt über Zonengeräte. (System 5.0 – 5.2 in Anhang 13.5, je nach Konditionierung der Zuluft)
- Zentrale Lüftung: Die gesamte Luftverteilung erfolgt von der Zentrale aus, dies erfordert einen entsprechend hohen Förderdruck in den Schächten. (Dieses System wurde nicht weiter untersucht.)

Die semizentrale Lüftung stellt unter den Aspekten Primärenergiebilanz, Betriebssicherheit, Flexibilität im Betrieb und bei Nutzungsänderungen, Investitionen und Betriebskosten den besten Kompromiss dar. Sie wird deshalb weiter verfolgt. Im Anhang ist ein Systemvergleich der drei Lüftungskonzepte zu finden.

Die Büros erhalten je Gebäude eine gemeinsame Lüftungszentrale, in der die Wärmerückgewinnung über ein Kreislaufverbundsystem (KVS) realisiert ist. Damit besitzt die

Luft in den zentralen Versorgungsschächten annähernd Raumtemperatur und eine Wärmedämmung der Schächte ist nicht notwendig. Das KVS erlaubt es, die Abluftzentrale für Bauteil B (Hochhaus) im Keller zu platzieren, was einerseits auf dem Dach ausreichend Platz für die Zuluftzentrale lässt und andererseits zu einer hohen Symmetrie der Luftwege führt. Bei den Flachbauten finden Zu- und Abluftzentrale genügend Platz auf dem Dach. Dadurch werden die Luftwege für die unteren Etagen länger, der Platzgewinn in den Untergeschossen kompensiert diesen Nachteil jedoch. Ein weiteres wichtiges Argument, das für die vollständige Trennung der Luftströme via KVS spricht ist die vermiedene Geruchsübertragung. So benötigen die Toiletten keine gesonderte Abluftanlage, die einerseits Platz benötigt und andererseits die Wärmerückgewinnung verschlechtert, da diese nicht balanciert betrieben werden kann. Aufgrund des Anforderungsprofils erhält die Lüftungszentrale im Hochhaus eine Leistung von 120.000 m<sup>3</sup>/h, im Flachbau C1 werden 60.000 m<sup>3</sup>/h installiert und in C2 30.000 m<sup>3</sup>/h.

Die Lüftungszentralen sorgen für einen konstanten Vordruck von ca. 250 Pa in den Schächten. Die Verteilung für jeweils drei Geschosse übernehmen Zonengeräte, die optional auch be- und entfeuchten (s.u.) können, auf Wunsch des Bauherrn, erhalten sie als weitere Funktion eine Nacherwärmung. Aufgrund ihrer kompakten Bauweise lassen sich die Zonengeräte in den Schächten platzieren.

Im Hochhaus werden die zwei Schächte bedarfsgerechte geformt. Jeder Schacht enthält Kanäle für Zu- und Abluft, die sich von oben nach unten verjüngen (Zuluft) bzw. erweitern (Abluft). Somit sind dann, wenn alle Anlagen in der gleichen Betriebsstufe arbeiten, der Druck und die Luftgeschwindigkeit im Kanal konstant. Für den Fall unterschiedlicher Anforderungen sichern die Zonenanlagen den gewünschten Volumenstrom in der jeweiligen Mieteinheit. Dieses Konzept garantiert eine sichere und stromeffiziente Betriebsführung. Im Normalbetrieb besitzen die Anlagen eine spezifische Leistungsaufnahme von 0,4 W/(m<sup>3</sup>/h). Luftqualitätssensoren steuern die Luftmengen in den Büros und Besprechungsräumen, dies beugt im Winter, wenn die Luftmenge von der CO<sub>2</sub>-Abfuhr bestimmt wird, zu trockenen Luftzuständen vor, im Sommer, bei höheren Temperaturen, wenn die Feuchteabfuhr zur bestimmenden Anforderung wird und ein höherer spezifischer Volumenstrom (50-60 m<sup>3</sup>/(Pers. h)) wünschenswert ist (s. [RWE10] Kap. 14, vergleiche auch [REH07], wo bis zu 30l/(Pers s), das sind 108 m<sup>3</sup>/(Pers. h) diskutiert werden), die Belegungsdichte aber geringer ausfällt, können so einzelne Büros mehr Luft erhalten, ohne dass die Anlage unnötig viel Strom verbraucht. In der Praxis ist ein Mix aus Entfeuchtung und erhöhtem Volumenstrom die effizienteste Lösung.

Projektergebnisse zur Nachtkühlung übers Stiegenhaus – siehe Kapitel Kernlüftung S. 48  
Projektergebnisse zu Kühlung/Lüftung über Liftschächte – siehe Kapitel Kernlüftung S. 48

#### - Hybridlüftung im Sommer

Zur Unterstützung der Bauteilkühlung ist im Sommer eine freie nächtliche Kühlung mit ca. fünffachem Luftwechsel pro Stunde möglich. Diese wird in den Büros durch motorisch offenbare Drehflügel realisiert. Die erwärmte Luft strömt durch schalldämmte Überströmöffnungen in die Gänge und dort durch Klappen (Brandschutz beachten!) in Aufzugschächte und Stiegenhäuser, deren Schachteffekt die antreibende Kraft darstellt. Im Betriebszustand „Nachtlüftung“ bleibt nur ein Aufzug fahrbereit, die anderen werden im UG geparkt.

Mit Hilfe des Schachteffekts lassen sich natürlich nur Räume unterhalb der druckneutralen Zone, die etwa auf der halben Gebäudehöhe liegt entlüften. Das System benötigt deshalb

eine Unterstützung durch Ventilatoren, die auch in den oberen Geschossen für Unterdruck in den Schächten sorgen.

Die baulichen Voraussetzungen für einen planungsgemäßen Betrieb ist eine hohe Luftdichtheit der Schächte und Klappen sowie der Trennebenen zwischen den Geschossen. Darüber hinaus müssen Wetter- und Einbruchschutz (Prallscheiben) sichergestellt werden. Da die Flügel im Bereich von Arbeitsplätzen liegen, sollte das System büroweise von den BenutzerInnen freigegeben werden.

Weitere Ausführungen sowie die Simulationsergebnisse zur Raumweisen nächtlichen Lüftung durch öffentbare Fenster sind ab Seite 56 zu finden.

#### Luftkonditionierung

Um die vom Bauherrn geforderten Feuchtwerte von 45 % r.F. im Winter und 50 % r.F. im Sommer einhalten zu können, bedarf es einer zusätzlichen Konditionierung der Zuluft. Diese kann in den Lüftungszentralen, den Zonengeräten oder sogar je Mieteinheit erfolgen. Die letztgenannte Lösung besitzt die höchsten Investitionen und Kosten (Wartung), weist allerdings die höchste Flexibilität auf und erlaubt, eine eindeutige Zuordnung der Betriebskosten.

Die Kosten der zusätzlichen thermodynamischen Funktionen sind in Relation zu Heizen und Kühlen nicht zu vernachlässigen. Die Befeuchtung im Winter erfordert ca. 6,6 kWh/(m<sup>2</sup> a) Wärme, wenn die Zuluft auf 45 % r.F. befeuchtet wird. Bei 30 % r.F. halbiert sich der Wert etwa, dann ist in der Abluft mit 40 % r.F. zu rechnen, was auch als komfortabel angesehen wird. Für die Entfeuchtung auf (26°C, 50 % r.F.) muss sogar mit ca. 7 kWh/(m<sup>2</sup> a) Kälte gerechnet werden. Da die Luft nach der Trocknung zu kalt ist, um in die Räume eingeblasen zu werden, wird diese Kälte in den aktivierten Bauteilen „deponiert“. Diese Lösung wird allerdings sehr aufwendig, wenn die Trocknung der Luft für jede Mieteinheit separat erfolgt. Ein Teil der Kälte für die Trocknung (ca. 1–2 kWh/(m<sup>2</sup> a)) lässt sich durch den Einbau einer adiabatischen Temperaturenniedrigung in der Abluftzentrale zurückgewinnen. Im Falle der Befeuchtung wird die Wärmerückgewinnung durch vermehrten Kondensatausfall automatisch verbessert, was in der Bilanz mit ca. 1 kWh/(m<sup>2</sup> a) zu Buche schlägt.

#### Shopping und Fitness

Das Fitness- und das Ladengeschoss erhalten jeweils eigene Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung, die über die zentralen Schächte versorgt werden. Der Vorteil dieser separaten Anlagen liegt in der Flexibilität, sie lassen sich später an die Bedürfnisse der heute noch unbekanntem Nutzer anpassen.

#### Kantine und Küche

Die Kantine ist im Flachbau platziert. Die Abluft aus Speiseräumen und Küchen erfordert eine Sonderbehandlung, die Fortluft wird deshalb separat über Dach geführt. Die gesamte Anlage besitzt eine Leistung von ca. 40.000 m<sup>3</sup>/h. Hierfür ist ein ca. 2 m<sup>2</sup> großer Schacht über alle Geschosse erforderlich.

### **6.1.3 Aufzug**

Beim gegenständlichen Projekt kommen sowohl im Hochhaus als auch im Flachbau Aufzüge der Energieklasse A gem. VDI4707 zum Einsatz.

Der sehr niedrige Verbrauch wird durch die regenerative Antriebstechnik möglich. Bremst die Kabine ab, wird der Antrieb als Generator genutzt, mit dessen Hilfe die Bewegungsenergie der Kabine in elektrischen Strom umgewandelt wird. Dieser kann dann zum Betrieb des Aufzugsystems genutzt werden. Zeitweilig können je nach Hersteller auf diese Weise bis zu

60 Prozent der vom Gesamtsystem Aufzug benötigten Energie bereitgestellt werden. Einen weiteren Beitrag zur Energieeinsparung leisten der hohe Wirkungsgrad, ein effizienter Antrieb, Stand-by Lösungen, der Einsatz von LED Leuchten mit z.B. 4x11 W statt der herkömmlichen 4x25W und die sehr gute Montagequalität wie beispielsweise das Ausbalancieren der Kabinen und der Gegengewichte.

#### 6.1.4 Photovoltaik

Photovoltaikanlagen sind in der Lage Sonnenlicht mittels Solarzellen direkt in Strom umzuwandeln. Der erzeugte Strom kann zur Versorgung des Gebäudes herangezogen werden, überschüssige Energie wird in das Netz eingespeist. Die Solarzellen, welche aus einem Halbleitermaterial bestehen, werden zu größeren Einheiten, den so genannten Solarmodulen, zusammengeschlossen. Bei Dünnschichtmodulen erfolgt die Fertigung durch Aufbringen dünner Schichten von PV-Material auf den Untergrund des Moduls. In den Zellen erfolgt der photovoltaische Prozess, bei Anlegung von Metallkontakten kann der erzeugte Strom nutzbar gemacht werden. Folgende Abbildung gibt eine Übersicht über die verschiedenen Arten (Solarzellen, Dünnschichtzellen) und dem Wirkungsgrad der Module. In der Praxis können 5 bis 18 % des einfallenden Lichts in Strom umgewandelt werden, der Rest wird als Wärme absorbiert. [Rob09]

Typ	Typischer Wirkungsgrad des Moduls	Erforderliche Fläche
High-performance Hybrid Silicon (HIT)	17-18%	6-7m <sup>2</sup> /kW <sub>p</sub>
Monokristallines Silizium	12-15%	7-9m <sup>2</sup> /kW <sub>p</sub>
Polykristallines Silizium	11-14%	7-10 m <sup>2</sup> /kW <sub>p</sub>
Dünnschicht-CIS	9-11%	9-11 m <sup>2</sup> /kW <sub>p</sub>
Dünnschicht-CdTe	6-8%	12-17m <sup>2</sup> /kW <sub>p</sub>
Dünnschicht - amorphes Silizium	5-7%	14-20 m <sup>2</sup> /kW <sub>p</sub>

Tabelle 2: Gegenüberstellung Solarzellen und Dünnschichttechnologie - Module und Wirkungsgrad, entnommen aus [Rob 09]

Es kann grundsätzlich zwischen zwei Arten von PV-Anlagen unterschieden werden: Anbringung von PV-Modulen auf dem Dach bzw. der Fassaden und Gebäude- bzw. fassadenintegrierte Photovoltaik. Erstere werden über eine eigene Konstruktion auf dem Untergrund (Dach, Fassade) befestigt. In Wien (MA 27) können Photovoltaikanlagen mit bis zu 40 % der Gesamtkosten gefördert werden. Gefördert werden ausschließlich effiziente Anlagen mit mindestens 900 Volllaststunden pro Jahr.

#### Fassadenintegrierte Photovoltaik

Fassadenintegrierte Photovoltaikanlagen fungieren als eigenes Bauteil und werden nicht, wie bei üblichen PV-Anlagen auf einer Unterkonstruktion montiert. Bei der Verwendung von fassadenintegrierter PV müssen unter Umständen suboptimale Orientierungen in Kauf genommen werden. Ungünstige Umstände führen oft dazu, dass Teile der Fassade durch umstehende Gebäude verschattet werden, was die Leistungsfähigkeit der Module stark mindert [Rob 09]. Für die Förderungsfähigkeit von PV müssen in Österreich 900

Kollektorstunden nachgewiesen werden. Während der Projektbearbeitung hat sich gezeigt, dass diese Volllaststunden im Mittel über das Gesamtgebäude nicht erreichbar sind. Das Hochhaus weist grundsätzlich auch ein schlechtes Verhältnis der Dachfläche (mit hohem Erntefaktor) zur Fassadenfläche auf, wo von zusätzlichen Teilbeschattungselementen auszugehen ist. Selbst im unverschatteten Zustand können auf der Südfassade nur ca. 70-75 % und auf der Ost- und Westfassade 50-60 % der flächenspezifischen solaren Ernte auf dem Dach erzielt werden.

### Photovoltaik am Dach

PV am Dach kann aufgrund ihrer besseren Optimierbarkeit eine höhere Ausbeute erzielen, als an Fassaden montierte Elemente. Dachsysteme sind weit entwickelt und lassen sich auf unterschiedlichsten Dacharten leicht anwenden. Zur Bestimmung der Mehrkosten für Dachphotovoltaik wurde angenommen, dass das komplette Dach mit PV-Modulen (ca. 100 kWp) belegt ist, wovon die Hälfte (ca. 50 kWp) auf einer aufgeständerten Konstruktion über der auf dem Dach vorhandenen Haustechnik montiert ist.

## **6.2 Lichtplanung**

Die Herausforderung bei der Beleuchtungsplanung im PEB Projekt liegt darin, den Energieverbrauch für Beleuchtung auf ein Minimum zu reduzieren und dabei die Vorgaben der [Oen03b] zu erfüllen und auch die Vorschriften im Arbeitnehmerschutzgesetz [Bun99] einzuhalten. Um hierbei beste Ergebnis zu erreichen, war es unerlässlich, die effizientesten Leuchtmittel am Markt mit den effizientesten Leuchten zu kombinieren. Die Leuchtmittelindustrie kann uns im Moment mit Standardleuchtstofflampen mit einer spezifischen Lichtausbeute zwischen 70 und 90 Lumen pro Watt (lm/W) dienen. Um das lichttechnische Gesamtsystem zu optimieren, suchten wir nach Leuchten mit einem Leuchtenwirkungsgrad von über 80 % und elektronischer Dimmbarkeit.

Vier grundsätzliche Beleuchtungsvarianten wurden auf ihre Effizienz und auf ihre Auswirkung auf die Investitionskosten geprüft. Diese vier Typen sind im Folgenden kurz dargestellt [ZUM11] [OSR11]. Für die endgültige Auswahl im Projekt waren dann sowohl die Investitionskosten als auch die Ergebnisse der NutzerInnenbefragung ausschlaggebend.

### Beleuchtungsvariante 1:

2 Pendelleuchten direkt / indirekt strahlend, 2x35W Anschlussleistung.

Investitionskosten: ca. 1.200,- EUR

Anschlussleistung: 5,7 Watt/m<sup>2</sup> bei 88 % Dimmung (reine Bürofläche).

Vorteile dieser Variante sind moderate Investitionskosten und hohe vertikale Beleuchtungsstärken. Ein schwer wiegender Nachteil ist, dass nicht auf Teilbelegung reagiert werden kann (Energieverbrauch!).

### Beleuchtungsvariante 2:

2 Einbauleuchten direkt strahlend, 2x35W Anschlussleistung.

Investitionskosten: ca. 800,- EUR

Anschlussleistung: 5,4 Watt/m<sup>2</sup> bei 83 % Dimmung (reine Bürofläche).

Vorteile dieser Anordnung sind sehr geringe Investitionskosten. Nachteile sind geringe vertikale Beleuchtungsstärken und dass nicht auf Teilbelegung reagiert werden kann (Energieverbrauch!).

### Beleuchtungsvariante 3:

2 Stehleuchten mit 4x28W und 1 Langfeldleuchte mit 1x28W, beide direkt / indirekt strahlend.

Investitionskosten: ca. 2.300,-- EUR

Anschlussleistung: 6,4 Watt/m<sup>2</sup> bei 52 % Dimmung der Stehleuchten (reine Bürofläche).

Die Vorteile sind hohe Flexibilität und bedingte Reaktion auf Teilbelegung.

Hier sind die relativ hohen Investitionskosten von Nachteil.

### Beleuchtungsvariante 4:

4 Tischleuchten mit 1x18W und 2 Pendelleuchten mit 1x28W.

Investitionskosten: ca. 2.200,-- EUR

Anschlussleistung: 5,6 Watt/m<sup>2</sup> ohne Dimmung (reine Bürofläche).

Die Vorteile sind hohe Flexibilität, einfache, individuelle Bedienbarkeit und diese Variante kann sehr gut auf Teilbelegung reagieren (Energieverbrauch).

Nachteile sind auch hier höhere Investitionskosten.

Für alle Varianten gilt 500 Lux Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz und 100 Lux im Umgebungsbereich nach EN 12464-1.



Pendelleuchten direkt / indirekt



Einbauleuchten



Stehleuchten



Pendelleuchten + Tischleuchten

*Abbildung 5: Varianten, schematisch*

Von diesen Varianten wurde die Variante 3 mit den Stehleuchten weiterverfolgt, da hier durch sensorgeregelte Steuerung die höchste Effizienz bei höchster Akzeptanz in der NutzerInnenbefragung vorliegt. Den Berechnungen und Lichtsimulationen liegen möblierte Regelgeschoße zugrunde und die im Folgenden beschriebenen Leuchtentypen.

### Stehleuchte:

Leuchtmittel: 4 x 28W TC-L mit 90,3 lm/W

Stand-by Leistung: 0,2W

Leuchtenwirkungsgrad: 98 %

Lichtverteilung: 65 % indirekt / 35 % direkt

Investitionskosten: ca. 550,-- EUR / Stück

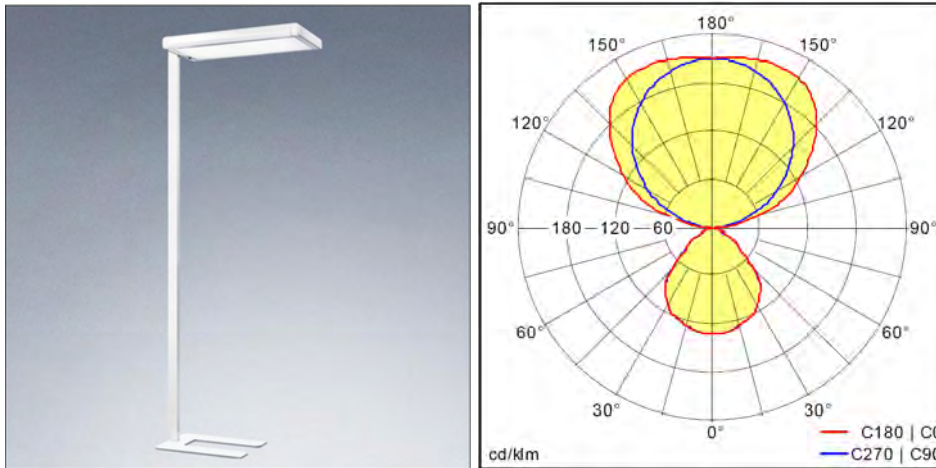


Abbildung 6: Stehleuchte, indirekt-/direktstrahlend

Pendelleuchte:

Leuchtmittel: 1 x 28W T5 mit 85,2 lm/W

Leuchtenwirkungsgrad: 94 %

Lichtverteilung: 25 % indirekt / 75 % direkt

Investitionskosten: ca. 160,- EUR / Stück

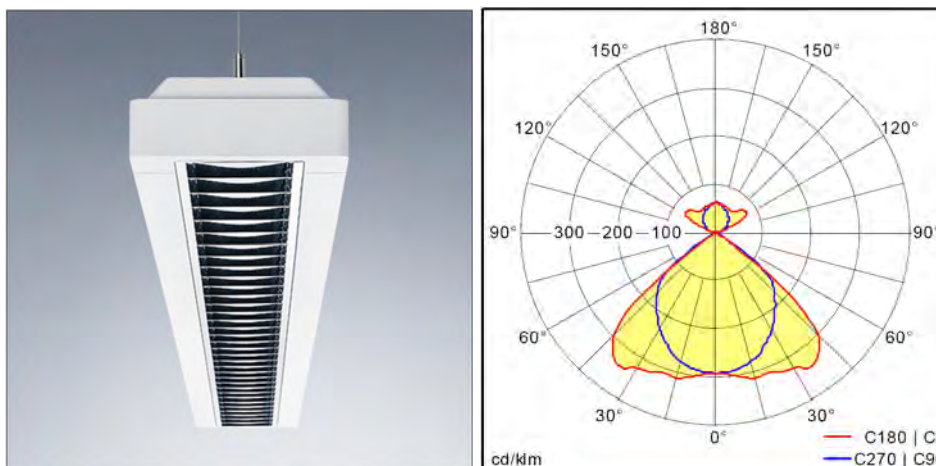


Abbildung 7: Lineare Leuchte, indirekt-/direktstrahlend

Downlight – Gang / WC / Nebenräume:

Leuchtmittel: 18W LED mit 55,5 lm/W

Leuchtenwirkungsgrad: n.a. (100 %)

Lichtverteilung: 100 % direkt

Investitionskosten: ca. 120,- EUR / Stück



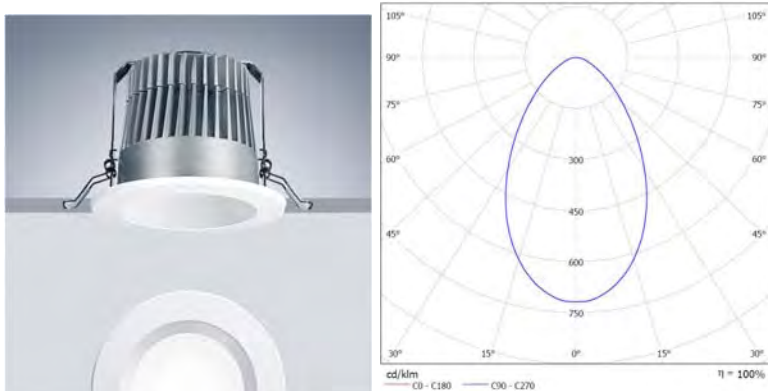


Abbildung 8: LED Downlight - Nebenräume, direktstrahlend

Downlight – Liftlobby / Stiegenhäuser:

Leuchtmittel: 36W LED mit 66,6 lm/W

Leuchtenwirkungsgrad: n.a. (100 %)

Lichtverteilung: 100 % direkt

Investitionskosten: ca. 160,- EUR / Stück

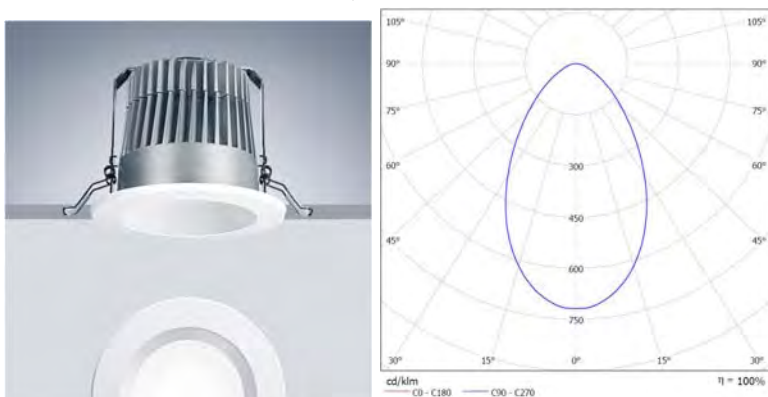


Abbildung 9: LED Downlight – Lobby / Stiegenhäuser, direktstrahlend

In unseren Untersuchungen abgedeckt sind sowohl Einzelbüros, Zweier-, Dreier- und Viererbüros und Besprechungsräume. Die Strategie lässt sich aber auch direkt auf Großraumbüros übertragen. Es werden LED Downlights zur Beleuchtung der Verkehrszonen und Nebenräume, sowie zur Beleuchtung von den Erschließungsräumen Stiegenhaus und Liftlobby verwendet (Abb.4 und Abb.5). Zur Aufhellung tiefer liegender Raumzonen sowie zur Beleuchtung von Konferenz- und Besprechungsräumen werden lineare Pendelleuchten eingesetzt (Abb.3). Für die Arbeitsplätze sind indirekt-/direktstrahlende Stehleuchten (Abb.2) vorgesehen, mit welchen wir die vorgeschriebenen 500 Lux Nennbeleuchtungsstärke im Tätigkeitsbereich gezielt erreichen können.

Durch Präsenzdetectoren und tageslichtabhängiger Dimmung, bei der wir linear elektrische Energie einsparen, begrenzen wir die Beleuchtungsstärken auf das erforderliche Minimum, bleiben aber trotzdem benutzerfreundlich und funktionell.

Durch eine sorgfältige Auslegung der Richtlinien in der EN 12464-1 erreichen wir folgende elektrischen Anschlussleistungen:

- Büros inklusive Verkehrsflächen: 4,5 W/m<sup>2</sup>
- Toiletten und Nebenräume: 4,2 W/m<sup>2</sup>
- Liftlobbys: 5,7 W/m<sup>2</sup>



- Stieghäuser: 4,5 W/m<sup>2</sup>

Vergleichbare Büros mit einer konventionell geplanten Beleuchtungsanlage liegen heute bei etwa 10 W/m<sup>2</sup>. Die erforderliche Not- und Sicherheitsbeleuchtung wird in die Allgemeinbeleuchtung integriert.

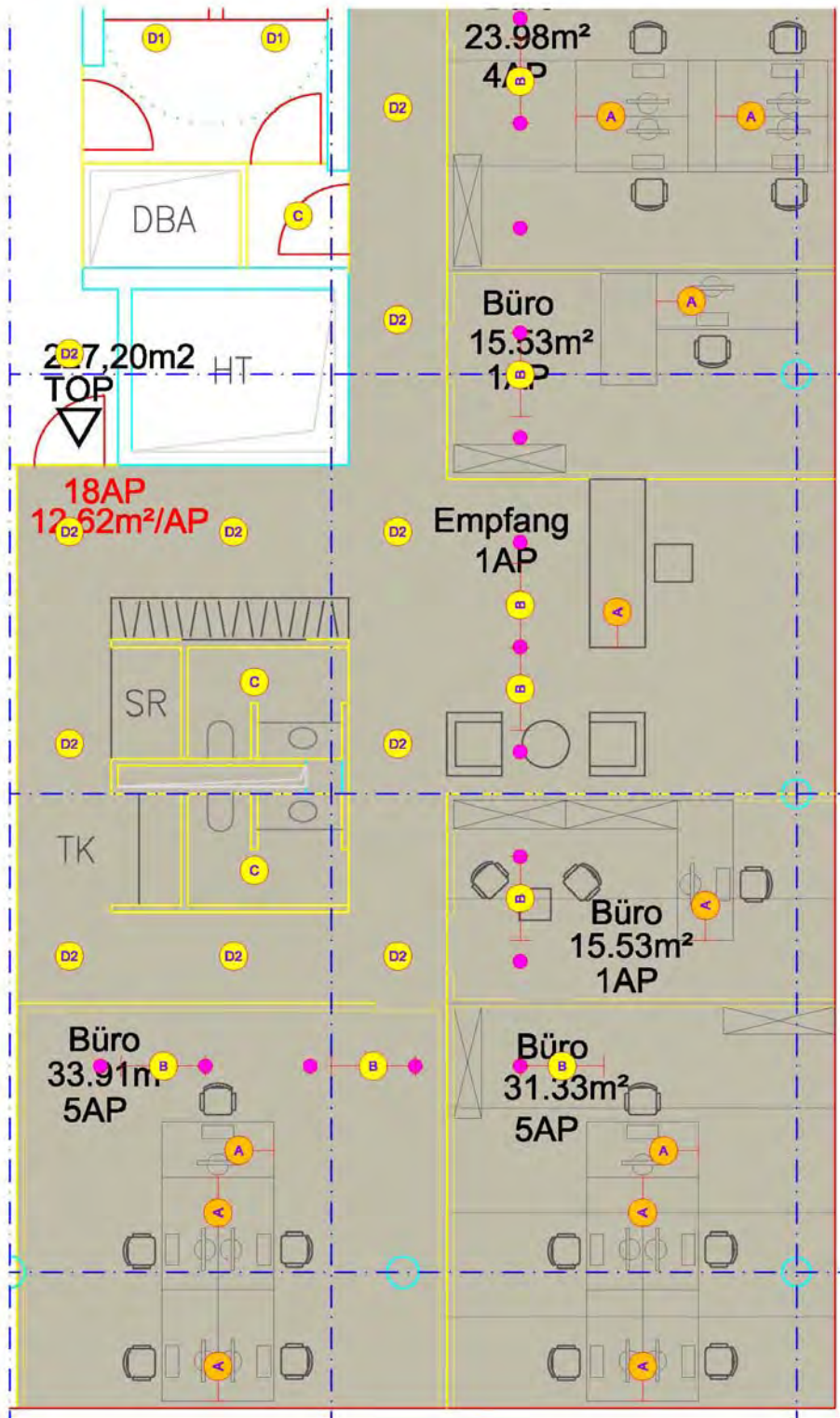


Abbildung 10: Leuchtenlayout – typischer Ausschnitt

Weitere Details sind dem Anhang „Leuchtenverzeichnis und Leuchtenlayout“ zu entnehmen.

## 6.3 Bauphysik

Zu Beginn dieses Projektes wurden folgende Anforderungen an die Bauphysik, insbesondere an das Fassadensystem, definiert:

- Glasanteil an der Fassade 60 %, U-Wert 0,8 W/m<sup>2</sup>K
- Opaker Anteil an der Fassade 40 %, U-Wert 0,15 W/m<sup>2</sup>K
- Angestrebter U-Wert Fassade gesamt < 0,6 W/m<sup>2</sup>K
- Angaben zu Profilen - Prüfzeugnisse oder PHI-Zertifizierungen
- Wärmebrückenfrei: Befestigung und Anschlüsse, Einsatz thermisch verbesserter Abstandshalter
- g-Wert: Glas 0,5; Lichttransmissionsgrad 42 %
- Außen liegender, strahlungsgesteuerter Sonnenschutz, im Hochhaus mit vorgelagerter Prallscheibe
- Prüfung Einsatz von Vakuumdämmung
- Kostenermittlung für unterschiedliche Fassadenvarianten inkl. Berücksichtigung Stromverbrauch der Motoren für Fensterflügelöffnung
- Einhaltung der Brandschutzvorgaben

Um das Potenzial der Gebäudehülle hinsichtlich energetischer Effizienz zu sehen, wurden bei den ersten Berechnungen die Wiener Bautechnikverordnung bzw. die OIB-Richtlinien für das konventionelle Gebäude und Erfahrungswerte aus dem Passivhauswohnbau für das verbesserte Gebäude herangezogen. Die Gebäudehülle wurde bei beiden Gebäudearten so ausgelegt, dass minimale Heiz- und Kühllasten bei maximaler Tageslichtnutzung erreicht werden. Zusätzlich musste beim Hochhaus der Windbelastung der Fassade besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Zur Konzeption der Fassade und Untersuchung verschiedener Varianten wurde ein Fassadenplaner herangezogen.

Wegen der unterschiedlichen Anforderungen an die Fassade wurden unterschiedliche Fassadentypen für den Flachbau und das Hochhaus entwickelt. Aufgrund energetischer Überlegungen sollte bei beiden Gebäudetypen die Fensterbandfassade zur Anwendung kommen. Für einen rascheren und effizienteren Bauablauf ist es jedoch erforderlich, beim Hochhaus die Fassade als Elementfassade auszubilden. Der Grund dafür ist, dass bei einer Ausbildung als Fensterbandfassade die Stahlbetonparapet beim Hochhaus zeit- und kostenintensiver als beim Flachbau auszubilden sind.

Der Fassadenplaner hat gemeinsam mit dem Projektteam für jedes der Gebäude eine Vielzahl an unterschiedlichsten Varianten erarbeitet, wobei sich gezeigt hat, dass mit einigen Systemen nicht die Zielvorgaben erreicht werden können bzw. einige Systeme aufgrund der sehr hohen Kosten nicht realisierbar sind. Zu den für die Elementfassade im Hochhaus und die Fensterbandfassade in den beiden Flachbauten ausgewählten Fassaden sind im Anhang weitere Informationen zu finden (siehe S. 157). Die im Rahmen dieser Studie entwickelten Fassaden erreichen folgende U-Werte, wobei beide Fassaden auf Basis 60/40 Anteil transparent/opak berechnet wurden:

- Hochhaus – Elementfassade mit U-Wert = 0,58 W/m<sup>2</sup>K
- Flachbau – Fensterbandfassade mit U-Wert = 0,55 W/m<sup>2</sup>K

Die in diesem Projekt entwickelte Elementfassade für das Hochhaus besteht aus transparenten und opaken Bereichen. Jedes Element der Elementfassade ist ca. 3,30 m hoch und 2,80 m breit. Die transparenten Bereiche sind davon ca. 1,9 m hoch. In den

transparenten Bereichen besteht die Fassade aus einer 3-Scheiben-Verglasung mit  $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  eingesetzt in einen thermisch getrennten und gedämmten Alu-Rahmen. Die Fensterflächen bestehen aus öffnbaren Flächen mit Drehflügeln (max. Öffnungsbreite 12 cm) und aus nicht öffnbaren – fixen Verglasungselementen. Vor den Fensterflächen sind außen liegende Verschattungseinrichtungen – Raffstores zum Überhitzungs- und Blendschutz angeordnet. Vor den Raffstores ist zusätzlich noch eine Prallscheibe aus VSG angeordnet, damit die Raffstores vor starker Windbelastung geschützt sind. Somit kann die Verschattungseinrichtung zu jedem Zeitpunkt nach den Vorgaben der NutzerInnen bzw. der Gebäudeleittechnik genutzt werden. Die Raffstores einer Fassadenachse sind jeweils an einen Motor angeschlossen, damit eine automatisierte Steuerung der Verschattungselemente erfolgen kann. Eine Übersteuerung der Anweisungen der Gebäudeleittechnik ist über innen angebrachte Schalter (jeweils 1 pro Achse) möglich. Die opaken Bereiche der Fassade bestehen aus Alu-Schalen zwischen welchen sich Mineralwolle und Vakuumdämmplatten befinden. Vakuumpaneele stellen die teuerste Variante zu dämmen dar, wobei die Kosten um den Faktor 10 höher als im Vergleich zu herkömmlicher Dämmung liegen (rd. EUR 100 Mehrkosten/m<sup>2</sup> Fassade, jedoch Nutzflächengewinn). Die tatsächliche Flächenoptimierung ist begrenzt aufgrund der statisch notwendigen Profilstärke der Elementfassade von mind. 15 cm. Diese Konstruktion ist mit Fassadenpaneelen mit (eventuell) integrierten Dünnschicht-Photovoltaikmodulen verkleidet. Die Photovoltaikmodule sind nur an den Südwest- und Südost-Fassaden angedacht. Die Fassadendetails können dem Anhang dieses Berichtes entnommen werden. Die Details zum Fassadensystem „Elementfassade Hochhaus TF EF-002 Flügel mit VD Prallscheibe“ sind im Anhang zu finden.

Die Fensterbandfassade bei den Flachbauten des gegenständlichen Projektes besteht nur aus dem Fensterband. Der opake Bereich der Fassade besteht aus auf Stahlbetonparapet aufgebracht Fassadeverkleidung, hinter welcher Vakuumdämmpaneele angebracht sind. Die Integration von Photovoltaikmodule in die Fassade ist nicht angedacht. Das Fensterband besteht aus ca. 2 m hohen und 2,8 m breiten Elementen. Jedes Fensterbandelement besteht aus öffnbaren und nicht öffnbaren Flächen. Die öffnbaren Flächen sind mit Drehflügeln (max. Öffnungsbreite 12 cm) ausgebildet. Diese Verglasungsflächen bestehen aus 3-Scheiben-Verglasung mit  $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  eingesetzt in einen thermisch getrennten und gedämmten Alu-Rahmen. Vor den Verglasungsflächen sind außen liegende Verschattungseinrichtungen – Raffstores zum Überhitzungs- und Blendschutz angeordnet. Vor den Raffstores sind bei diesem Gebäudetyp keine Prallscheiben angeordnet, da bei den Flachbauten nicht so hohe Windbelastungen zu erwarten sind. Die Details zum Fassadensystem „Fensterbandfassade Flachbau FB FB-005 Flügel ohne Prallscheibe“ sind im Anhang zu finden.

Wie bei den Simulationsergebnissen ersichtlich, beeinflusst die Gebäudehülle, am Beispiel des optimierten Gebäudes, die energetischen Komponenten direkt. Umso größer die Fensterflächen ausfallen, umso größer wird der Primärenergiebedarf für das Kühlen. Weiters steigt auch die erforderliche Heizenergie durch den höheren U-Wert in der Verglasung gegenüber den opaken Bauteilen. Nur die Beleuchtungsenergie ist kleiner als bei den anderen Fassadentypen, kann aber die Verluste aus Heizen und Kühlen nicht mehr ausgleichen. Die Heiz- und Kühllasten müssen auch aufgrund der geplanten Bauteilaktivierung klein gehalten werden. Die Temperierung der Aufenthaltsräume erfolgt über die Decken. Hoher Flächenanteil und geringe Heiz- bzw. Kühllasten ermöglichen die

Verwendung dieses Systems und erfordert eine geringe Spreizung zwischen der Vorlauf- und Rücklauf-temperatur. Daraus resultiert, dass die Gebäudehülle weitestgehend die Eigenschaften einer Passivhausgebäudehülle haben muss. Belegt werden diese Aussagen in der Ergebnisdarstellung, wobei die Simulation gezeigt hat, dass eine Fassade mit Parapet und ohne Sturz bei gegenständlichem Projekt energetisch betrachtet die besten Ergebnisse liefert – siehe ab S. 48.

Die Auflistung der Aufbauten ist im Anhang ab S. 159 zu finden.

### Sonnenschutz

Um energetisch die Kühlenergie im Sommer auf ein Minimum zu reduzieren, ist es notwendig, sich genauer mit der Fassade auseinanderzusetzen. Das große Angebot an derzeit erhältlichen Systemen zur Verschattung ermöglicht viel Planungsspielraum. Nur durch die richtige Wahl des Systems werden Oberflächentemperaturen der Innenwände und Fenster minimiert, die einfallende Wärmestrahlung durch den Sonnenschutz gesenkt und gleichzeitig ein hoher Tageslichttransport ermöglicht [Son11].

In Büroräumen, wo hohe innere Lasten zu erwarten sind, ist die sommerliche Überwärmung ein wichtiges Thema. Die Verwendung eines außen liegenden, strahlungsgesteuerten Sonnenschutzes unabdingbar. Eine außen liegende Verschattung (Jalousie, Raffstore) ist in der Lage, bis zu 90 % der Sonnenstrahlung vom Innenraum abzuschotten [Son11]. Die automatische Steuerung gewährleistet, dass der Sonnenschutz bei Sonneneinstrahlung auch tatsächlich schließt und ermöglicht, dass auch am Wochenende solare Einträge gering gehalten werden können. Innen liegende Systeme sind in ihrer Wirkung begrenzt. Wenn die innen liegende Verschattung einen hohen Absorptionswert aufweist, wird die Raumluft dadurch direkt erwärmt. Nur hoch reflektierende Systeme (in Verbindung mit einem passenden g-Wert der Verglasung) erreichen einen akzeptablen Sonnenschutz.

Beim Hochhaus mit einer Gebäudehöhe von ca. 80 m ist mit erhöhten Windlasten auf den Fassaden zu rechnen, wodurch auch höhere Anforderungen an den Sonnenschutz entstehen. Außen liegende Systeme sind Wind und Wetter ausgesetzt, wenn sie nicht zusätzlich geschützt werden. Aus diesem Grund werden Prallscheiben vor den Sonnenschutzeinrichtungen angeordnet, um die Funktionsfähigkeit des Sonnenschutzes zu garantieren.

Sowohl beim Hochhaus als auch beim Flachbau sind die Raffstores einer Fassadenachse jeweils an einen Motor angeschlossen, damit eine automatisierte Steuerung der Verschattungselemente erfolgen kann und gleichzeitig an die Gebäudeleittechnik angekoppelt. Eine Übersteuerung der Anweisungen der Gebäudeleittechnik ist über innen angebrachte Schalter (jeweils 1 pro Achse) möglich. Die Fassadendetails können dem Anhang dieses Berichtes entnommen werden.

### Raumakustik

Büroräumen stellen hohe Anforderungen an deren akustische Gestaltung, vor allem in Großraumbüro ist die Lärmentwicklung durch Gespräche und Geräte nicht zu unterschätzen. Durch Energieeffizienz-Maßnahmen, wie die Betonkernaktivierung, und durch die Nachfrage nach flexiblen Grundrissen werden die möglichen raumakustischen Maßnahmen eingeschränkt. Da in den Büroräumen keine abgehängte Decke angebracht werden kann, müssen akustische Maßnahmen an anderer Stelle erfolgen. Die Bürotrennwände sollten als Gipskartonständerwände ausgebildet werden, damit es im Bürobereich Tieffrequenzabsorber

gibt. Eine zusätzliche Möglichkeit würde der Parapetbereich darstellen. Dort können auch Plattenabsorber in Form von Gipskartonvorsatzschalen platziert werden. Um die Schallabsorption dieser Plattenabsorber zu erhöhen, könnten die Gipskartonwände mit Akustikplatten statt üblichen Gipskartonplatten ausgebildet werden [Fas03]. Die Tür könnte eventuell auch mit Schaumstoff- oder Akustikplatten bestückt werden. Es ist jedenfalls ein Teppich zu empfehlen, welcher nicht nur die Schallerzeugung zufolge von Gehvorgängen mindert, sondern auch höhere Frequenzen absorbieren kann [Fas03].

Weitere akustische Maßnahmen können durch die mieter eigene Büromöblierung erzielt werden. Die Stühle, Tische, Schränke, Pinnwände, Bilder, Tischlampen u. a. gibt es auch in akustisch verbesserter Ausführung. Dazu wird vor allem Schaumstoff in bestimmten Bereich der Möblierung eingesetzt, oder es werden perforierte Platten verwendet. Laut Herstellerangaben [Oph11] sind die Beistellmöbel, mit Akustikfronten und Rückwänden zur Senkung der Nachhallzeit und des akustischen Raumklima geeignet. Vor allem (textilbespannte) bedruckte Schaumstoffplatten können als Bilder eingesetzt werden und sind gleichzeitig große Schallabsorptionsflächen [Rau11], [Aku11]. Schallschutzschirme zwischen einzelnen Arbeitsplätzen könnten auch zusätzlich die akustischen Eigenschaften vom Büroraum verbessern.

An der Decke können trotzdem akustische Maßnahmen erfolgen, ohne die speicherwirksame Masse der Decke einzuschränken oder die Wirkungsweise der Betonkernaktivierung zu beeinflussen. So könnten so genannte Baffles – abgehängte Schaumstoffkörper angeordnet werden. Die Schaumstoffkörper sind gute Schallabsorber für höhere Frequenzen, deshalb sollten sie mit Plattenabsorbern kombiniert werden, um möglichst das komplette Schallspektrum abzudecken [Fas03]. Es besteht jedoch die Gefahr, dass bei der Installation die Leitungen der Betonkernaktivierung angebohrt werden und deshalb sollte diese Maßnahme nur mit Vorsicht herangezogen werden.

Eine Möglichkeit thermisch aktive Betondecken trotz der schwierigen Randbedingungen akustisch zu verbessern, wird in [Dro10] beschrieben. Dort wird ein am Fraunhofer-Institut für Bauphysik entwickeltes schallabsorbierendes System für Bauteile mit Betonkernaktivierung beschrieben und prototypisch getestet. Absorberstreifen, welche in regelmäßigen Abständen in die Betondecke eingebettet sind, verbessern die akustischen Eigenschaften der Decke maßgeblich. Der beschriebene Ansatz ist vorhandenen Systemen ebenbürtig und schränkt die thermische Wirkung der Decke nicht ein. Durch die glatte Oberfläche ergeben sich auch gestalterische Vorteile.

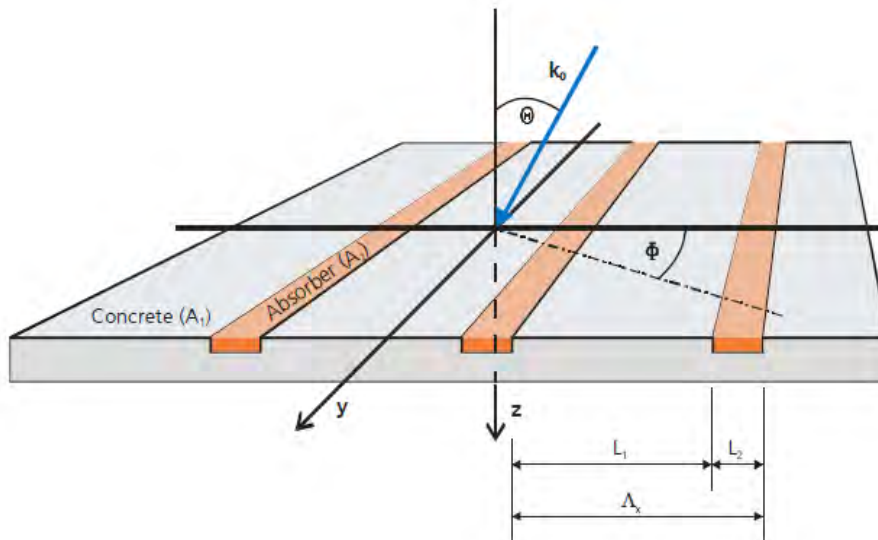


Abbildung 11: Schema- schallabsorbierendes System für Bauteile mit Betonkernaktivierung [Dro10]

## 7. Simulation und Berechnung

Alle Berechnungen dieses Kapitels beziehen sich nur auf das Hochhaus und schließen die Flachbauten aus. Die meisten Ergebnisse können für die Flachbauten übernommen werden. Es wurden zwei verschiedene Berechnungstools verwendet. Erstens ein probabilistisches Modell und ein Simulationsprogramm namens „BuildOpt“, wobei auch das Simulationstool „BuildOpt“ probabilistische Aspekte beinhaltet. Beide Rechentools sind am Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz entstanden und wurden im Zuge des ÖNORM Plus-Energie Projektes weiterentwickelt und in [Kor11] und [Lee11] validiert. Erfahrungen wurden mit den Projektpartnern und einschlägigen Planern ausgetauscht und weitere Verbesserungsmaßnahmen ausgearbeitet. Die Literaturrecherche und Abstimmung mit Herstellern waren weitere wichtige Punkte um die Zielsetzung des Projektes zu erreichen.

Die Sondernutzungen im Erdgeschoß und ersten Obergeschoß wurden in den Berechnungen nicht berücksichtigt, da diese Nutzungen stark von den zukünftigen MieterInnen abhängen. Ziel dieses Projekt war die Vergleichbarkeit mit anderen Büroobjekten, die Einbeziehung künftiger Sondernutzungen in die Simulation hätte die Vergleichbarkeit der Ergebnisse verzerrt.

### 7.1 Berechnungsgrundlagen

#### Bilanzierung

In der Arbeitsgruppe „IEA Annex 53 – Total Energy Use in Buildings: Analysis & Evaluation Methods“ [IEA10] werden Rechenmethoden und Validierungsmethoden ausgearbeitet und validiert. Erstes Ergebnis dieser Arbeitsgruppe ist die folgende Abbildung der Bilanzierungsgrenzen:



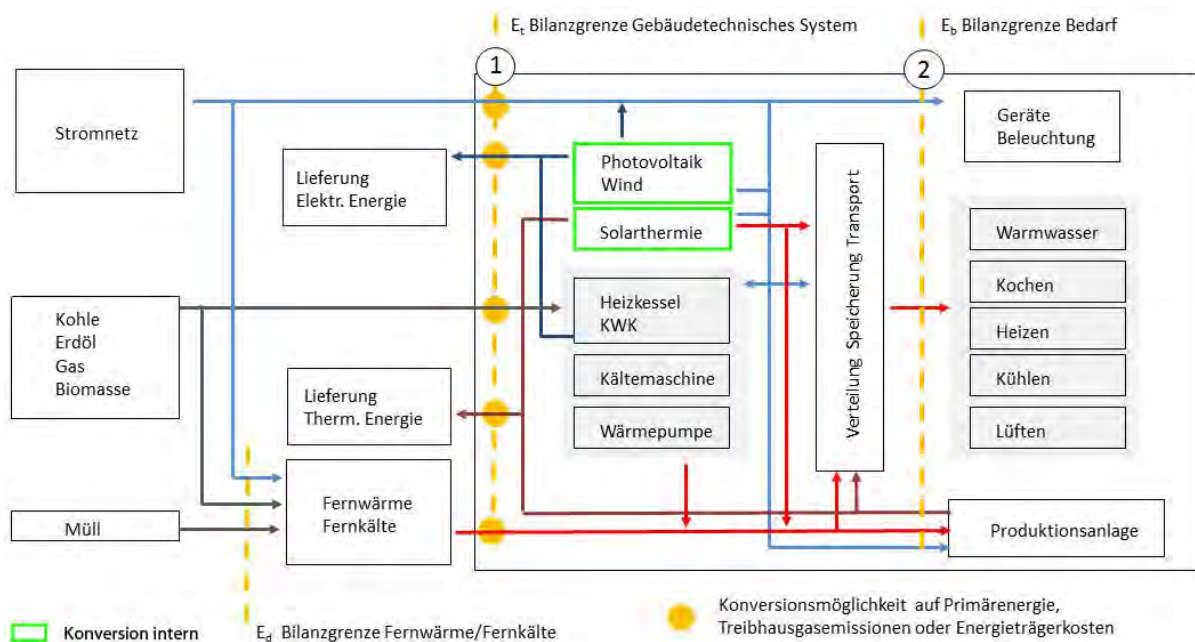


Abbildung 12: Bilanzierungsgrenzen (Quelle: IEA Annex 53)

In diesem Bild sind drei Grenzen abgebildet:

- Bilanzgrenze Ed Fernwärme/Fernkälte
- Bilanzgrenze Et Gebäudetechnisches System
- Bilanzgrenze Eb Bedarf

Die ÖNORMen-Serie B 8110 und H 50XX verwendet auch die Bilanzgrenze Eb, Bedarf und Et, Gebäudetechnisches System. An der Bilanzgrenze Et (auch Grundstücksgrenze) besteht die Möglichkeit auf Primärenergie zu konvertieren. Die in diesem Projekt angeführten Konversionsfaktoren folgen im nächsten Absatz. Eine interne Konvertierung für verwendete Photovoltaik, Wind und Solarthermie am Grundstück wurde im Zuge dieses Projektes nicht durchgeführt, da es hier noch kein allgemein gültiges Vorgehen gibt, wie man mit dem zusätzlich installierten Primärenergieinhalt der „produzierenden“ Anlagen umgeht.

### Konversionsfaktoren

Die zukünftigen Konversionsfaktoren sind in Österreich noch nicht publiziert. Darum wurden für die Berechnungen folgende Faktoren verwendet:

- Strom 3,5 kWh/kWh
- Fernwärme 1,0 kWh/kWh

Diese Faktoren sollen, so der derzeitige Diskussionsprozess, aus strategischen Gründen österreichweit so festgelegt werden. So resultiert der hohe Primärenergiefaktor für den Strom daraus, dass für jeden Neubau Strom aus Europa nach Österreich importiert werden muss, was u.a. aufgrund der Vergrößerung von Abhängigkeiten als Nachteil zu werten ist. Die Fernwärme wurde mit 1,0 angenommen, ein kleinerer Wert bei Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, die Müll verbrennen, ist noch in Diskussion. Da aber nicht alle Fernwärmanlagen Müll als eine Grundlage verwenden sondern auch Biomasse und andere Energieträger verfeuert werden, ist 1,0 die Schlussfolgerung.

Um den Einfluss der Faktoren auf das Endergebnis darzustellen, wurden noch folgende Faktoren aus dem Passivhausprojektierungspaket (PHPP) entnommen: [PHP07]

- Strom 2,7 kWh/kWh PHPP

- Fernwärme 0,7 kWh/kWh PHPP

Es wird auch mit den aktuellen Primärenergiefaktoren, aus GEMIS vom Umweltbundesamt [UBA10] verglichen, welche im Zuge des ÖNORM Plus-Energie Projektes berechnet wurden:

- Strom 2,074 kWh/kWh
- Fernwärme 1,580 kWh/kWh

Durch die große Bandbreite der Faktoren wird ersichtlich, welchen großen Einfluss die Konversionsfaktoren auf das Endergebnis haben. Dieser Einfluss wird anhand eines Vergleiches später noch grafisch dargestellt.

### Primärenergiebedarf

Der Primärenergiebedarf für die Energiebereitstellung enthält sämtliche Faktoren der Primärenergieerzeugung mit den Vorketten (einschließlich der Materialvorleistungen und Hilfsenergien) für die Förderung, Aufbereitung, Umwandlung, den Transport und die Verteilung der betrachteten Energieträger. Die Ermittlung der Faktoren erfolgt durch Modellierung der entsprechenden Prozessketten. [Din07]

Die Berechnungen des Primärenergiebedarfs schließen den gesamten Energieverbrauch des Gebäudes ein. Er setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

- Heizung
  - o Heizen
  - o Nachheizen nach Entfeuchten
  - o Pumpenstrom Wärmeverteilung
  - o Übergabeverluste
  - o Regelung
- Kühlung
  - o Raumkühlung
  - o Serverräume
  - o Entfeuchten
  - o Pumpenstrom Kälteverteilung
- Raumluftechnik
  - o Ventilatorstrom
  - o Befeuchten
  - o Luftklappensteuerung
- Beleuchtung
  - o Beleuchtung
  - o Anwesenheitsmelder
- Warmwasser
- Lift
- Arbeitsplatzgeräte
  - o Monitor, Computer, Telefon, Gadgets,...
- Weitere Geräte
  - o Kopierer, Flatscreens
  - o Bewegungsmelder (Pissoir,...)
  - o Jalousiensteuerung
- Teeküche
  - o E-Herd
  - o Kaffeemaschine,...



### Berechnung mit dem probabilistischen Modell

Die Grundlage der Berechnungen bilden alle einschlägigen ÖNORMEN zur Erstellung des Energieausweises. Der Heizwärmebedarf und Kühlbedarf wird mittels Monatsbilanzverfahren berechnet, wobei die inneren Lasten aller Geräte, Personen, Aktivierung des Sonnenschutzes, Raumlufteinrichtung, Beleuchtung usw. mit Stundenwerten eruiert werden und dann in die monatliche Bilanzierung übernommen werden.

Die Berechnung des Primärenergiebedarfs bezieht sich nicht auf die Energiebezugsfläche sondern auf die Bruttogrundfläche.

In dieser Berechnung wurde das Gebäude in 5 Zonen aufgeteilt. Die Zonierung resultiert aus der Beleuchtungsberechnung nach [Boe04] und [Din07]. Um die Beleuchtungsenergie bzw. den Tageslichteintrag über die Fassade zu bewerten, muss die Tiefe der Räume in die Berechnung mit eingehen.

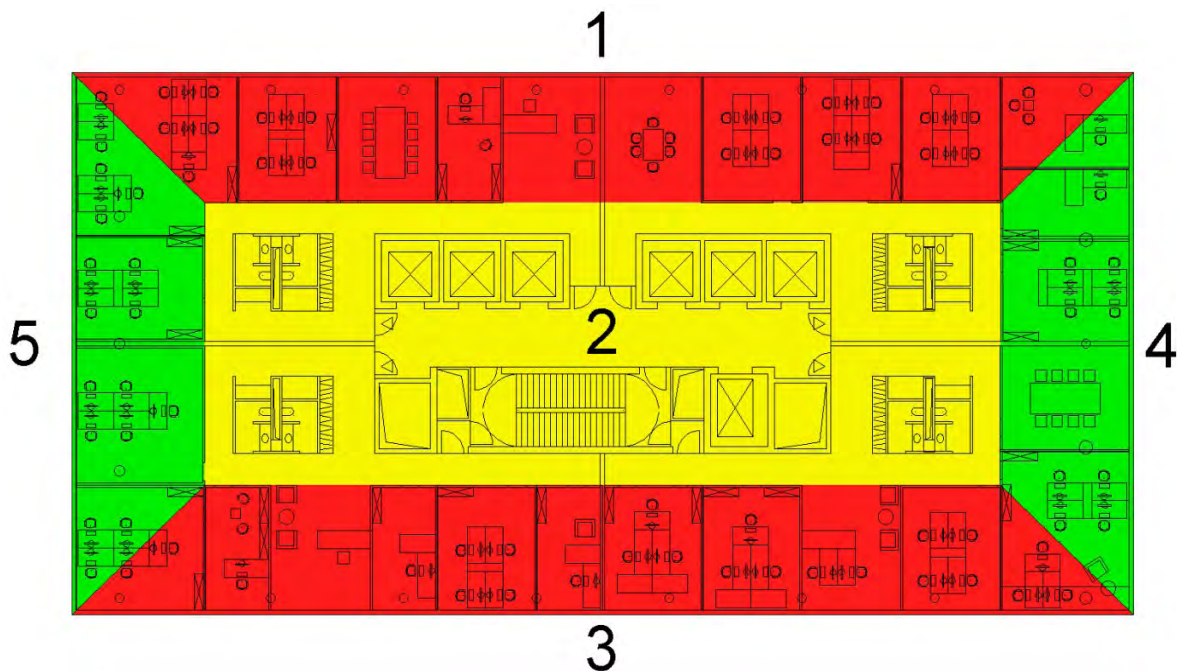


Abbildung 13: Zonierung des probabilistischen Modells

In den Bürozonen 1, 3, 4 und 5 wurde jeweils ein typischer Raum ausgewählt und die Raumdaten wie anwesende Personen, Raumindex, Raumbreite usw. gemittelt. Um die inneren Lasten aus Personen und Geräten genau auf Stundenbasis zu ermitteln, wurde ein stochastisches Modell, basierend auf Zufallszahlen entwickelt. Die generelle Anwesenheit bei diesem Projekt liegt bei 70 %. Über die Belegungsdichte ergibt sich die maximale Anzahl der Arbeitsplätze. Nun wird für jede Stunde für jeden Arbeitsplatz über Zufallszahlen eruiert, ob diese Person anwesend ist oder nicht. Somit können die inneren Lasten durch Personen für jede Stunde und Zone genau ermittelt werden. Dasselbe gilt auch für Geräte, welche von den Personen abhängig sind. Bei Anwesenheit werden der Stromverbrauch und auch die Wärmegewinne des Monitors bzw. Computers eingerechnet und bei Abwesenheit nur der Stand-by dieser Geräte.

In der Berechnung der Beleuchtungsenergie nach [Boe04] und [Din07] wird für jede Stunde und jede Zone die aktuelle mittlere Beleuchtungsstärke ermittelt. Liegt diese unter der erforderlichen Beleuchtungsstärke wird das Licht eingeschaltet. Zumindest eine Person muss anwesend sein, sonst wird die Beleuchtung nicht aktiviert. Bei dem Einsatz von dimmbaren Leuchtmitteln wird der erforderliche Strombedarf aus dem Verhältnis

Beleuchtungsstärke aus Tageslicht zu Beleuchtungsstärke aus Kunstlicht ermittelt. Dimmverluste wurden vernachlässigt.

In der Zone 2 (Kernbereich) wird davon ausgegangen, dass während der Betriebszeiten Kunstlichteinsatz notwendig ist. Folglich wird die installierte Leistung in diesem Bereich (siehe Abbildung 13 Gelbe Zone 2) zwischen 7 und 19 Uhr aktiviert. Da sich in diesem Bereich auch das Stiegenhaus, Aussparungen und die Liftgruppen befinden, wird die beleuchtete Fläche um 30 % abgemindert. Wie schon in 6.2 Lichtplanung angeführt kann durch Präsenzdetectoren in den Gängen, Teeküchen und weiteren Räumen weiter gesenkt werden. Diese Einsparung wurde in diesem Modell noch nicht berücksichtigt. Die Ermittlung der Stromverbräuche und inneren Gewinne in dieser Zone erfolgte bei manchen Geräten auch über Zufallszahlen. Anhand der folgenden Daten wird der Berechnungsalgorithmus erläutert.

Weitere Geräte:	Leistung	Wahrscheinlichkeit	Stand-By	Anteil Betrieb in der Stunde	Durchschnittlicher Jahresenergiebedarf	Nutzung (von bis Uhrzeit)
Kopierer						7 h
184 Stück	535 W	50 %	2.66 W	18 min/h	242 kWh/a	19 h

Im Betrieb hat der Kopierer eine Leistung von 535 W und im Stand-by von 2,66 W. Außerhalb der Nutzungszeit wird die Stand-by-Leistung verwendet und während der Nutzungszeit wird auch mit der Hilfe von Zufallszahlen eruiert, ob der Kopierer eingeschaltet ist oder nicht. Ein Kopierer läuft selten eine Stunde, weshalb eine weitere Zeitschranke mit 18 min/h eingeführt wurde. Dadurch ergibt sich aufgrund der Zufallszahlen ein individuelles Lastprofil für jeden Tag. Ebenso wird mit allen anderen Geräten verfahren, wobei z.B. der E-Herd nur zu Mittag läuft.

Der Vorteil des probabilistischen Modells liegt in der Überschaubarkeit und unkomplizierten Ergänzung weiterer Berechnungen. Außerdem ergibt sich sehr schnell ein Ergebnis, da die Rechenzeiten einer Variante bei ca. 10 sec liegen.

Der Nachteil des Modells liegt in der Unschärfe bei der Berechnung der Heiz- und Kühlenergie, da die inneren Gewinne und Verluste über das ganze Gebäude gekoppelt und nicht in Zonen berechnet wurden. Außerdem geht die Verschattung nur über einen Pauschalwert und nicht über genaue Ermittlung ein. Die Berechnung der Feuchte inklusive Pufferung und Produktion der Personen und Pflanzen wurde hier nicht berücksichtigt. Darum wurde das Gebäude auch noch mit dem Simulationstool „BuildOpt“ berechnet.

#### Berechnung mit dem Simulationstool „BuildOpt“:

Der große Unterschied zum probabilistischen Modell liegt in der dynamischen raumweisen Berechnung aller Räume in einem Geschoß. Somit kann pro Raum der Heizwärme- und Kühlbedarf vorausgesagt werden. Damit ist es möglich, jeden einzelnen Raum mit seiner Größe, Nutzung und Geräten genau zu definieren (siehe Abbildung 14). Außerdem kann man anhand der Ergebnisse die Heiz- und Kühllasten sowie die Gebäudeheiz- und Gebäudekühllasten eruiieren. Es wurde folgende Frage gestellt: Kann man mit einer Elementfassade gänzlich auf Radiatoren verzichten und reicht die bereitgestellte Wärme aus der Bauteilaktivierung aus?

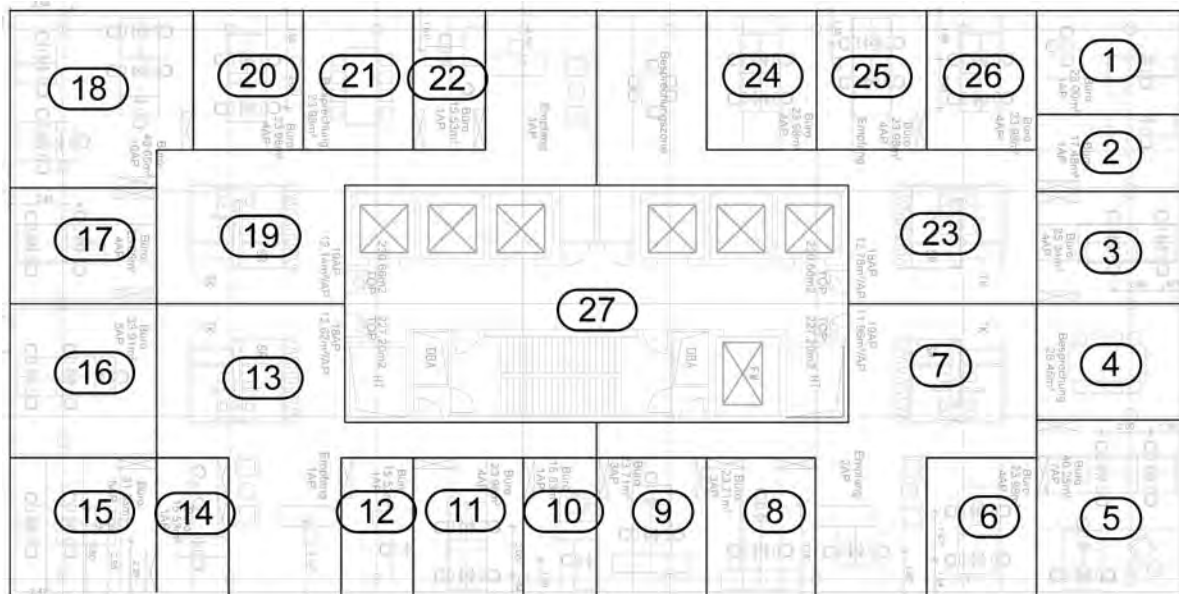


Abbildung 14: Zonierung des Simulationsmodells

Im Gegensatz zum probabilistischen Modell wurde im Simulationsmodell jeder einzelne Raum dynamisch und nicht gekoppelt gerechnet. Auch hier wurden ähnlich wie beim anderen Modell, die Benutzeranwesenheit stochastisch ermittelt und somit auch die Einschaltzeiten der Geräte in den jeweiligen Räumen.

Die Verteilungen der Wärme und Kälteverteilung wurden in der Simulation nicht berücksichtigt, da wegen dem hohen Rechenaufwand nur jeweils ein Geschöß berechnet wurde. Es wurden 4 Geschöß berücksichtigt, das Erdgeschoß, zwei Geschöß in der Mitte des Gebäudes auf einer Höhe von 6,5 m und 40 m und das oberste Geschöß. Zwischen diesen Geschöß wurde gemittelt.

Die umgebenden Gebäude wurden in die Berechnung eingegeben und so die Verschattung des Gebäudes ermittelt. (siehe Abbildung 15)

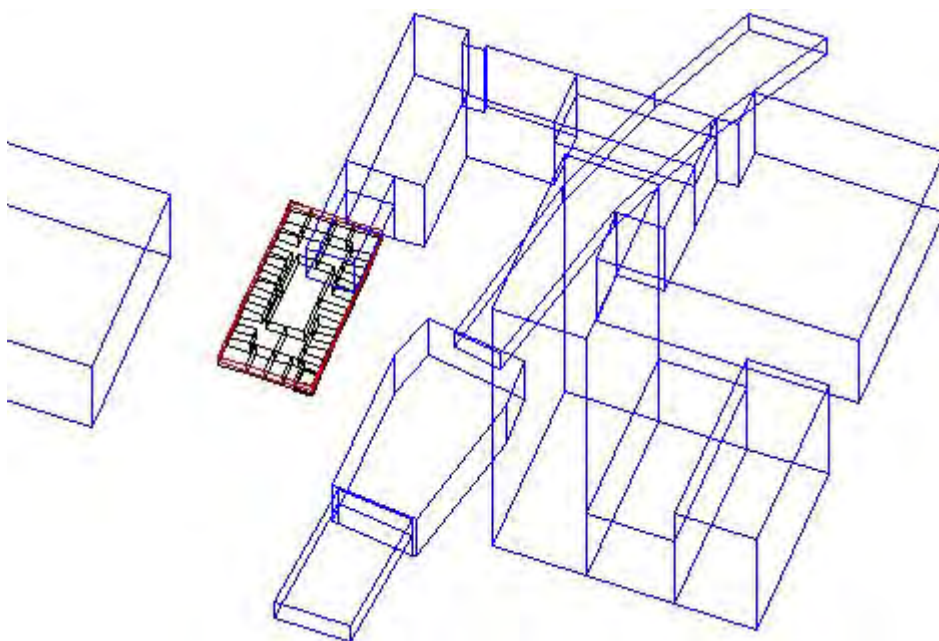


Abbildung 15: Umgebung für Verschattungsberechnung und ein Geschöß des berechneten Objektes

Die Beleuchtung wird in der Simulation nach der [Din07a] und [Din10] berechnet. Im Gegensatz zum probabilistischen Modell errechnen sich hier der Tageslichtquotient und folglich auch die Beleuchtungsstärke für jeden Arbeitsplatz. Das heißt, dass für jeden Schreibtisch die stündliche Beleuchtungsstärke pro Schreibtisch ermittelt wird. Darum kann hier die Beleuchtung individuell pro Arbeitsplatz und auch wieder mit Zufallszahlen geschaltet werden. Nachteil der Simulation ist hier die fehlende Möglichkeit mit dimmbaren Leuchtmitteln zu rechnen.

#### Eingangsdaten Berechnung

Die Eingangsdaten des Ausgangsobjekts (Referenzprojekt) beruhen auf der Annahme, dass das Gebäude im Jahr 2010 von der BAI Bauträger Austria Immobilien GmbH errichtet worden wäre. Dies ermöglicht einen direkten Vergleich und Bewertung der eingesetzten und berechneten Maßnahmen. Die Eingangsdaten für das probabilistische Modell und die Simulation sind annähernd analog. Die Unterscheidungen werden in Punkt 7.3 angegeben.

#### Geometrie:

Wie bereits erwähnt, beziehen sich die Berechnungen nur auf das Hochhaus und nicht auf die Flachbauten. Das Hochhaus besteht aus insgesamt 22 Geschoßen. Die Bruttogeschoßfläche beträgt 1.152 m<sup>2</sup>. Das ergibt, ohne Untergeschoße, eine Bruttogrundfläche von 27.216 m<sup>2</sup>.

Außengeometrie:	
Anzahl Geschoße:	23 Geschoße
Geschoßhöhe:	3,25m
Abmessungen:	48,00 x 24,00 m

Die Orientierung des Gebäudes beträgt 41° aus Norden.

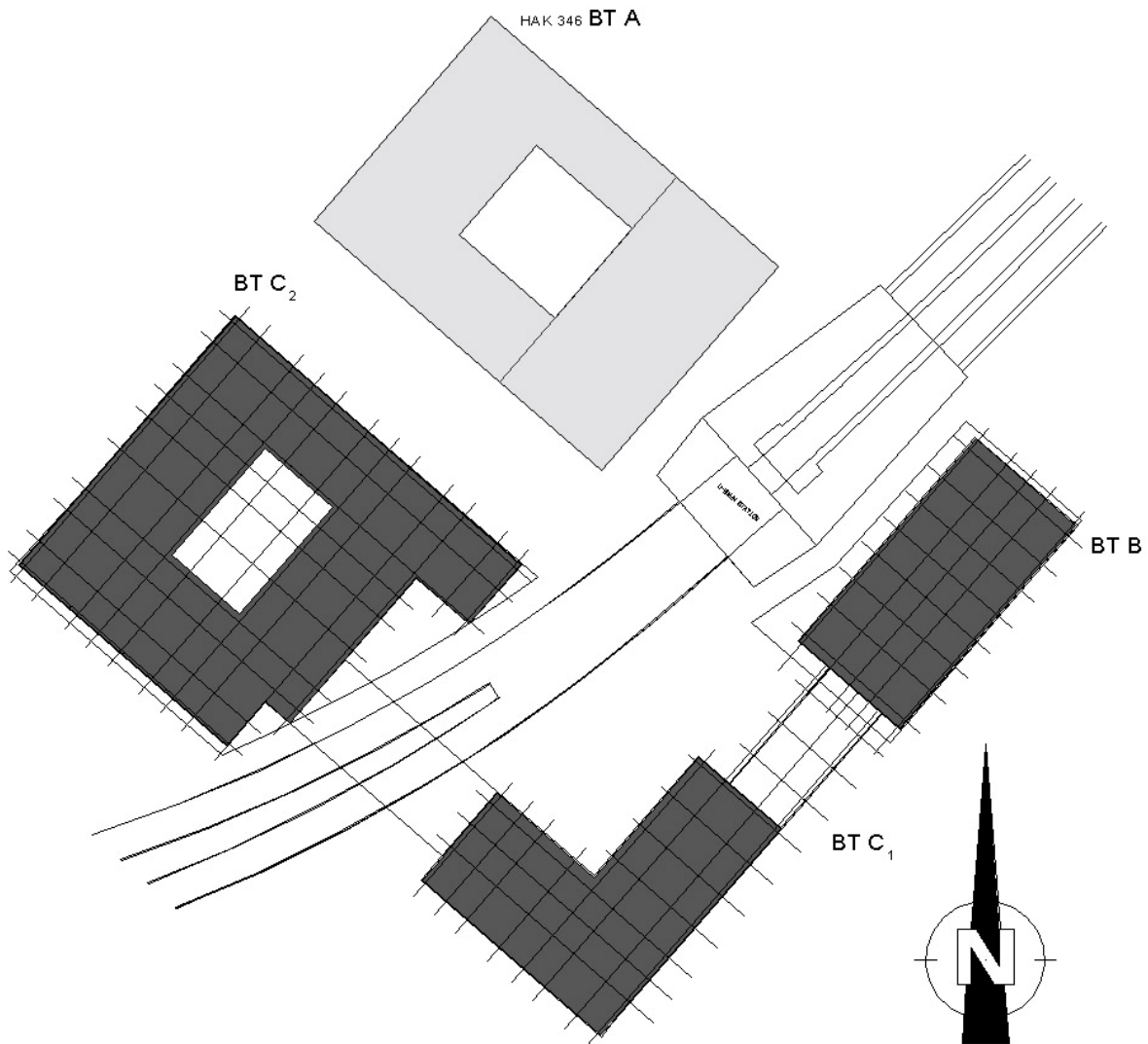


Abbildung 16: Lageplan (Quelle: BAI)

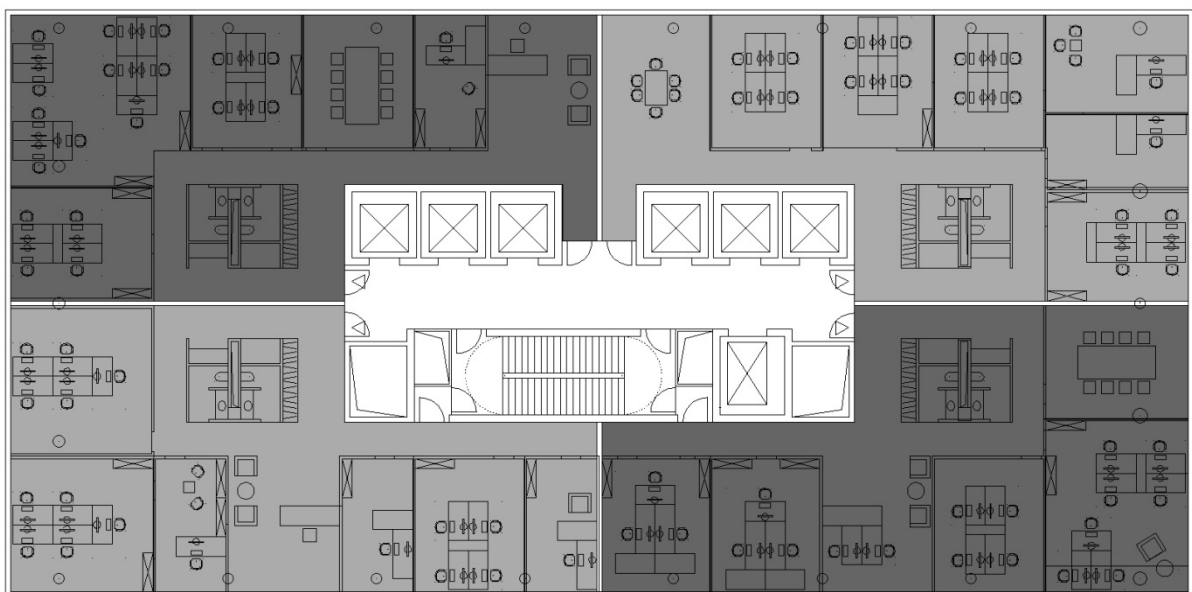


Abbildung 17: Regelgeschoß mit vier Mieteinheiten (Quelle: BAI)

### Fassade:

Wie schon in 6.3 Bauphysik erläutert wurde, wird ein Lichtband untersucht. Die Fassade ohne Sturz erreicht den niedrigsten Primärenergiebedarf. Eine Lochfassade erreicht primärenergetisch bessere Werte, da die Wärmeverluste auf ein Minimum reduziert werden können bzw. im Sommer der Wärmeeintrag kleiner ist, weist aber eine zu geringe Akzeptanz im Bürobau auf. Die geometrischen Werte des Referenzobjektes stellen sich wie folgt dar:

Raum- und Fenstergeometrie Büroräume:	
Nettoraumhöhe:	$h_R = 2,82 \text{ m}$
Geschoßhöhe:	$h_G = 3,25 \text{ m}$
Höhe Nutzebene:	$h_{Ne} = 0,8 \text{ m}$
Pendelhöhe:	$h_{Pe} = 2,82 \text{ m}$
Höhe Parapett:	$h_{Parapett} = 0,85 \text{ m}$
Höhe Sturz:	$h_{St} = 0,0 \text{ m}$
Wanddicke Außenwand:	$b_{AW} = 0,2 \text{ m}$
Wanddicke Innenwand (Kern):	$b_{IW} = 0,3 \text{ m}$

### Aufbauten:

Die genauen Aufbauten befinden sich im Anhang. Die U-Werte für die opaken Bauteile betragen lt. OIB-Richtlinien [OIB07]:

Opake Bauteile:	
Flachdach:	$U = 0,20 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Außenwand:	$U = 0,35 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

### Fenster plus Sonnenschutz:

Beim Referenzobjekt werden 2-Scheibenverglasungen mit einem Sonnenschutz und einer Prallscheibe verwendet:

Fenster:	Wärmeschutzverglasung zweifach mit Prallscheibe
Wärmedurchgangskoeffizient:	$U = 1,40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Gesamtenergiedurchlassgrad:	$g = 0,583$
Lichttransmissionsgrad:	$\tau_e = 0,522$
Wärmedurchgangskoeffizient des gesamten Fensters:	$U_w = 1,40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Rahmenanteil:	$F_f = 0,223$
Minderungsfaktor für Verschattung:	$F_s = 0,85$
Minderungsfaktor für Verschmutzung (Solare Gewinne):	$F_v = 0,98$
Minderungsfaktor für Versprossung:	$k_1 = 0,80$
Minderungsfaktor für Verschmutzung (Beleuchtung):	$k_2 = 0,90$
Minderungsfaktor für nicht senkrechten Lichteinfall (ist auf Vertikal umgerec	$k_3 = 1,00$



Sonnenschutz:	$g_{\text{tot}} = 0,052$
Außenjalousie 45°-Stellung grau	$\tau_{\text{eff,SA}} = 0,032$
Schwelle für die Aktivierung des Sonnenschutzes bei einer Gesamtbestrahlungsstärke:	200 W/m <sup>2</sup>
Schwelle für die Aktivierung des Sonnenschutzes bei einer Direktstrahlung auf die Fassade:	0 W/m <sup>2</sup>
Steuerung des Sonnenschutzes:	Manuell

### Heizung:

Die Bereitstellung der Wärme erfolgt über ein Fernwärmesystem. An der Übergabestation an das Gebäudeheizsystem wurden Verluste in der Höhe von 4 % angenommen. Um den Regelaufwand und sonstigen Strombedarf der Gebäudetechnik zu erfassen, wurde eine Dauerleistung von 2000 W gewählt (ca. 0,075 W/(m<sup>2</sup>.BGF). Dies ist ein Schätzwert, da leider keine Literatur bzw. Hersteller eruiert werden konnten, welche Verbrauchsleistungen für die Regelung angeben.

Heizung:	Fernwärme
Radiatoren; Leitungslängen jeweils für Heiz- bzw. Kühlleitungen	
Verteilleitung unkonditioniert:	60 m
Verteilleitung konditioniert:	0 m
Steigleitung unkonditioniert:	30 m
Steigleitung konditioniert:	400 m
Anbindeleitung:	3312 m
Dämmung der Leitungen: 3/3	0,24 W/mK
Dämmung der Armaturen:	
Verteilleitung unkonditioniert:	$f_{\text{ero},1} = 1,50$
Verteilleitung konditioniert:	$f_{\text{ero},1} = 1,50$
Steig-,Stich- und Anbindeleitungen unkonditioniert:	$f_{\text{ero},2} = 1,25$
Steig-,Stich- und Anbindeleitungen konditioniert:	$f_{\text{ero},2} = 1,25$

### Kühlung:

Die Kälte wird über eine luftgekühlte Kompressionskältemaschine mit folgenden Angaben bereitgestellt:

Kühlung:	Kühlung in der Zone
Kompressionskältemaschine luftgekühlt	
Schraubenverdichter mit Steuerschieberregelung	
Kältemittel:	R134a
Vorlauf:	6 °C
Feuchteanforderung	ohne Toleranz
Nennkälteleistungszahl:	3
Teillastfaktor:	1.14
Jahreskälteleistungszahl:	3.42

### Be- und Entfeuchtung:

Hier wurden die gängigen Standardeinstellungen verwendet:

Entfeuchtung:	auf 9 g/kg
---------------	------------

Befeuchtung:	auf 6 g/kg
--------------	------------

### Raumluftechnik:

Der Strombedarf der Lüftungsanlage hängt von den Druckverlusten in den Leitungssystemen und dem Luftvolumenstrom ab. Die 42 m<sup>3</sup>/(h.Person) ergeben sich aus einem Luftwechsel von  $n = 1,5$  1/h. Beim Referenzprojekt wurden folgende Angaben verwendet:

Lüftung:	Zeitgesteuerte Lüftung
Mindestaußenluftvolumenstrom pro Person:	42 m <sup>3</sup> /h.Person
Mindestaußenluftvolumenstrom pro Raum (Keine Personen anwesend):	10 m <sup>3</sup> /h.Raum
Wärmerückgewinnung:	$\eta = 70\%$
Strombedarf:	1.27 Wh/m <sup>3</sup>
Pressung Zuluft:	1850 Pa
Pressung Abluft:	1365 Pa

### Luftkonditionierung:

Beim Referenzobjekt wird im Winter die Luft auf 24 °C vorkonditioniert und im Sommer auf 21 °C.

Lufttemperaturen:	
Konditionieren der Luft im Winter auf:	$T_{L,w} = 24^{\circ}\text{C}$
Konditionieren der Luft im Sommer auf:	$T_{L,s} = 21^{\circ}\text{C}$

### Luftdichtheit:

Die Luftdichtheit der Gebäudehülle beträgt  $n_{50} = 1,5$  1/h. Dies entspricht dem Grenzwert lt. [OIB07] bei mechanisch betriebenen Lüftungsanlagen.

### Bauweise:

Die spezifische Kapazität entspricht  $f_{BW} = 20$  Wh/(K.m<sup>3</sup>)

### Raumtemperaturen:

Im Winter werden die Räume auf 21°C konditioniert und im Sommer auf 26°C.

### Beleuchtung:

Die installierte Leistung liegt bei dem Referenzobjekt im Bürobereich bei 15 W/m<sup>2</sup> und in der Verkehrs- bzw. Kernzone bei 9 W/m<sup>2</sup>.



Beleuchtung Büroräume:		
Wartungswert der Beleuchtungsstärke:		$E_m = 500 \text{ lx}$
Beleuchtungsart:		direkt/indirekt
Vorschaltgerät:		EVG
Lampenart:		Leuchtstofflampen stabförmig
Kontrollart:		selbstausschaltend; kein automatischer Dimmer
Sehaufgabe:		
Fläche der Sehaufgabe pro Person:		$A_S = 2,0 \text{ m}^2$
Wartungswert der Beleuchtungsstärke im Umgebungsbereich:		$E_u = 285 \text{ lx}$
ergibt installierte Leistung(Angabe BAI) :		$15 \text{ W/m}^2$

Beleuchtung Mittelzone:		
Wartungswert der Beleuchtungsstärke:		$E_m = 200 \text{ lx}$
Beleuchtungsart:		direkt
Vorschaltgerät:		EVG
Lampenart:		Leuchtstofflampen stabförmig
Kontrollart:		selbstausschaltend; kein automatischer Dimmer
ergibt installierte Leistung(Angabe BAI) :		$9 \text{ W/m}^2$

#### Nutzungs- und Betriebszeiten:

Nutzung:		Büro
Belegung: Flächenbedarf der ersten Person:		$8 \text{ m}^2$
Flächenbedarf jeder weiteren Person:		$7,5 \text{ m}^2$
Ergibt 96 Personen pro Geschoß.		
Relative Nutzung:		70%
Arbeitszeit:		Montag bis Freitag 7.00 bis 19.00 Uhr

#### Aufzug:

Bezogen auf die [VDI09] wird im Referenzobjekt ein Aufzug der Energiebedarfsklasse B verwendet:

Lift: (VDI4707) Nutzungskategorie 5 Büro- und Verwaltungsgebäude ca. 100 m Durchschnittliche Fahrtzeit in Stunden pro Tag Energiebedarf Stillstand Energiebedarf für das Fahren Nennlast: Geschwindigkeit: Förderhöhe:	sehr stark/ sehr häufig   $t_{\text{fahren}}$ $P_{\text{stillstand,Max}}$ $E_{\text{Fahren,spez,Max}}$ $Q$ $v_{\text{nenn}}$ $h$	Energiebedarfsklasse B   $6.0 \text{ h}$ $100 \text{ W}$ $0.84 \text{ mWh}/(\text{kg}\cdot\text{m})$ $1600 \text{ kg}$ $2.50 \text{ m/s}$ $90.00 \text{ m}$
--	--	---

#### Warmwasser:

Für die Warmwasseraufbereitung werden 276 Stück Kleinspeicher mit einem Speichervolumen von 10 l angenommen.

Warmwasser:		Kleinspeicher
	276 Stück	5,00 Liter pro Person und Arbeitstag

### Innere Lasten (Personen):

Die inneren personenbezogenen Lasten ergeben sich aus der stochastischen Ermittlung der Anwesenheit. D.h. die Wärme aus Geräten und Personen entsteht nur, wenn eine Person anwesend ist.

Innere Lasten:						
Innere Lasten pro Person:						80 W/Person
Innere Lasten pro Arbeitsplatz:						
Geräte pro Arbeitsplatz	Leistung	Wahrscheinlichkeit	Stand-By	Anteil Betrieb in der Stunde	Durchschnittlicher Jahresenergiebedarf	Nutzung (von bis Uhrzeit)
Arbeitsplatzrechner bzw. Notebook						
1 Stück	70.0 W	70 %	3.20 W	60 min/h		7 h 19 h
Monitor 19"						
1 Stück	27.0 W	70 %	8.00 W	60 min/h		7 h 19 h
Telefon						
1 Stück	8.0 W	70 %	8.00 W	60 min/h		7 h 19 h
Radio Ladegeräte Gadgets						
1 Stück	2.0 W	70 %	2.00 W	60 min/h		7 h 19 h
Summe/Arbeitsplatz						
	107.0 W			21.2 W		370 kWh/a

### Server:

Die Server haben keinen Einfluss auf die inneren Lasten, da angenommen wird, dass diese extra in Serverschränken gekühlt werden und diese Kühlenergie direkt von der Kompressionskältemaschine bereitgestellt wird.

Server:						
	Leistung	Wahrscheinlichkeit	Stand-By	Anteil Betrieb in der Stunde	Durchschnittlicher Jahresenergiebedarf pro Gerät	Nutzung (von bis Uhrzeit)
92 Stück	150 W	100 %	150 W	60 min/h	1314 kWh/a	0 h 24 h

### Geräte:

Die folgende Geräteliste beruht auf Literaturrecherchen, Messungen und Annahmen. Die meisten Geräte wurden den Internetseiten [TOP10] [TOP10a] [TOP10b] [SIL10] [ENE10] [GOL10] entnommen.

Weitere Geräte:	Leistung	Wahrscheinlichkeit	Stand-By	Anteil Betrieb in der Stunde	Durchschnittlicher Jahresenergiebedarf	Nutzung (von bis Uhrzeit)
Kopierer						7 h
184 Stück	1320 W	50 %	80.00 W	18 min/h	1160 kWh/a	19 h
Flatscreen (Präsentationszwecke)						7 h
92 Stück	164 W	100 %	0.20 W	60 min/h	513 kWh/a	19 h
Mikrowelle						11 h
92 Stück	600 W	40 %	5.00 W	30 min/h	131 kWh/a	14 h
E-Herd						12 h
92 Stück	2000 W	100 %	5.00 W	30 min/h	303 kWh/a	13 h
Kühlschrank						0 h
92 Stück	80 W	100 %	10.00 W	60 min/h	189 kWh/a	24 h
Kaffeemaschine						7 h
92 Stück	550 W	100 %	3.60 W	7 min/h	194 kWh/a	19 h
Teekocher						7 h
92 Stück	1500 W	40 %	0.00 W	4 min/h	117 kWh/a	19 h
Geschirrspüler						7 h
92 Stück	500 W	13 %	5.00 W	60 min/h	335 kWh/a	19 h
Brandmelder			[W]	0.5 W		60 min/h
38 Stück/Geschoß						4 kWh/a
Hinweisschilder			[W]	8.0 W		60 min/h
8 Stück/Geschoß						70 kWh/a
Bewegungsmelder			[W]	0.5 W		60 min/h
12 Stück/Geschoß						4 kWh/a
Jalousiensteuerung			[W]	108.0 W		55 Sekunden
0 Stück/Geschoß						1,65 Wh/Aktivierung

Sonstige Geräte:	Leistung	Wahrscheinlichkeit	Stand-By	Anteil Betrieb in der Stunde	Durchschnittlicher Jahresenergiebedarf	Nutzung (von bis Uhrzeit)
Brandmelder						0 h
874 Stück	0.5 W	100 %	0.5 W	60 min/h	4 kWh/a	24 h
Hinweisschilder						0 h
184 Stück	8.0 W	100 %	8.0 W	60 min/h	70 kWh/a	24 h
Bewegungsmelder Allgemein						0 h
276 Stück	0.5 W	100 %	0.5 W	60 min/h	4 kWh/a	24 h
Switch Internet		pro Arbeitsplatz ein Anschluss				7 h
1 Stück/AP	1.31 W	100 %	0.75 W	60 min/h	8 kWh/a	19 h
Switch Internet		pro Arbeitsplatz ein Anschluss				7 h
1 Stück/AP	1.31 W	100 %	0.75 W	60 min/h	8 kWh/a	19 h
Bewegungsmelder Beleuchtung			pro Arbeitsplatz ein Anschluss			0 h
1 Stück/AP	0.5 W	100 %	0.5 W	60 min/h	4 kWh/a	24 h
Kabel-Modem						0 h
92 Stück	13.0 W	100 %	13.0 W	60 min/h	114 kWh/a	24 h
W-Lan Router						0 h
92 Stück	6.0 W	100 %	6.0 W	60 min/h	53 kWh/a	24 h
USV		Wirkungsgrad				0 h
	von Servern abhängig	90 %	von Servern abhängig	60 min/h	von Servern abhängig	24 h

	Leistung	Stand-By	Laufzeit	Leistung pro Aktivierung
Jalousiensteuerung				
0 Stück	108.0 W	0.00 W	55 sec	1.65 Wh
Luftklappensteuerung				
0 Stück	1.0 W	0.40 W	75 sec	0.021 Wh

## 7.2 Ergebnisse, Vergleich und Optimierung mittels probabilistischem Modell

Basierend auf den Eingangsdaten und den Grundlagen wird das Referenzobjekt berechnet und schrittweise Optimierungen durchgeführt. Die Ergebnisse werden für jeden einzelnen Schritt mit der Ausgangssituation verglichen. Die Veränderung der Eingangsdaten bei den Optimierungsmaßnahmen wird **rot dargestellt**.

Die folgenden Primärenergiefaktoren wurden hier verwendet:

- Strom 3,5 kWh/kWh
- Fernwärme 1,0 kWh/kWh

Auf Grund der Übersichtlichkeit wird die berechnete Primärenergie in folgende Gruppen zusammengefasst:

- Heizung
- Kühlung

- Raumluftechnik inklusive Be- und Entfeuchtung
- Warmwasser
- Beleuchtung
- Lift
- Strom
  - o Arbeitsplatzgeräte (Notebooks, PC,...)
  - o Weitere Geräte (Kopierer,...)
  - o Teeküche (Kaffeemaschine,...)

In den jeweiligen Gruppen ist immer der gesamte Primärenergiebedarf inkludiert. Z.B. bei der Heizung werden der Pumpenstrom, die Bereitstellungsverluste, die Verteilverluste und die Regelung mitbilanziert.

Ergebnis Referenzprojekt:

Die Berechnungen mit dem probabilistischen Modell ergeben folgenden Primärenergiebedarf:

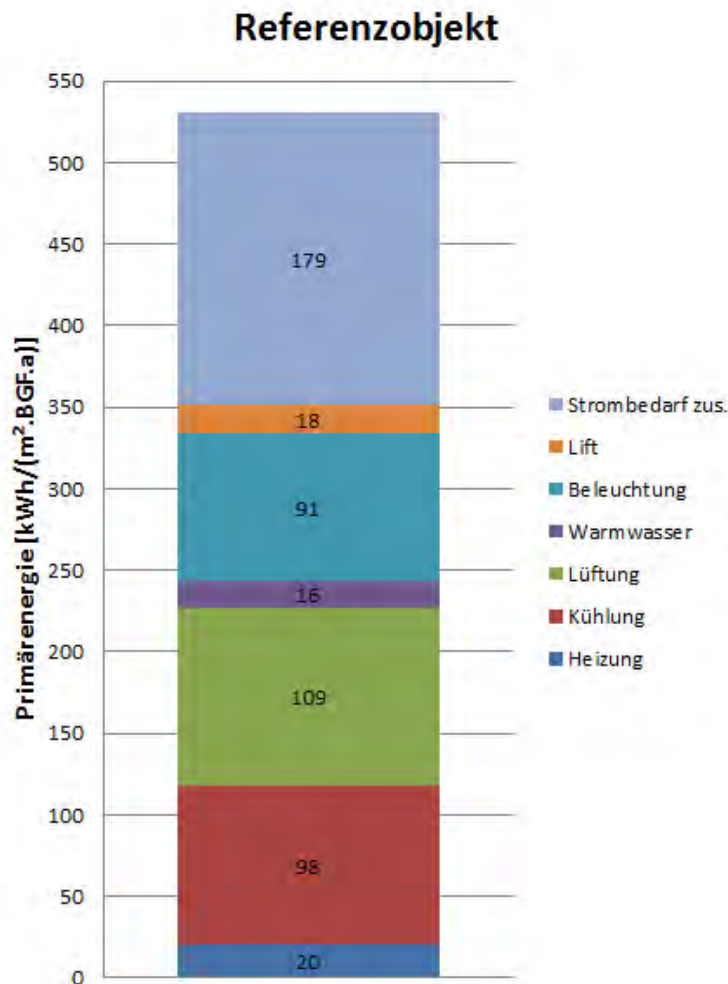


Abbildung 18: Primärenergiebedarf Referenzobjekt

Der gesamte Primärenergiebedarf beträgt 531 kWh/(m².BGF.a). Aus dem Diagramm ist eindeutig ersichtlich, dass die großen Energieverbraucher im Bürobau und bei dieser Geometrie der Strombedarf aller Geräte bzw. Beleuchtung, Kühlung und Lüftung sind. Diese vier Bestandteile machen 90 % aus. Durch die sehr kompakte Geometrie des Hochhauses hat das Heizen keinen großen Eintrag. Trotzdem ist es wichtig die Fassade in Passivhaustechnologie auszustatten, da man sonst die effektiven Heiz- und Kühlsysteme

nicht anwenden kann. Zu diesem Thema gibt es eine genaue Ausführung in den Ergebnissen der Simulationen.

Optimierung zum Passivhaus:

Um Passivhausstandard zu erreichen wurden folgende Punkte verändert:

Opake Bauteile:	
Flachdach:	$U = 0,108 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Elementfassade Außenwand:	$U = 0,330 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Luftdichtheit der Gebäudehülle:	
	$n_{50} = 0,6 \text{ 1/h}$
Lufttemperaturen:	
Konditionieren der Luft im Winter auf:	$T_{L,W} = 20^\circ\text{C}$
Konditionieren der Luft im Sommer auf:	$T_{L,S} = 18^\circ\text{C}$
Fenster:	
	Wärmeschutzverglasung dreifach mit Prallscheibe
Wärmedurchgangskoeffizient:	$U=0,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Geamtenergiedurchlassgrad:	$g=0,435$
Lichttransmissionsgrad:	$\tau_e=0,351$
Wärmedurchgangskoeffizient des gesamten Fensters:	$U_w=0,75 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

Die Leitungslängen der Anbindeleitungen kann, durch die Verwendung von Flächenheizung, von 3.312 m auf 2.000 m verringert werden.

**Vergleich Referenzobjekt - Passivhausstandard**

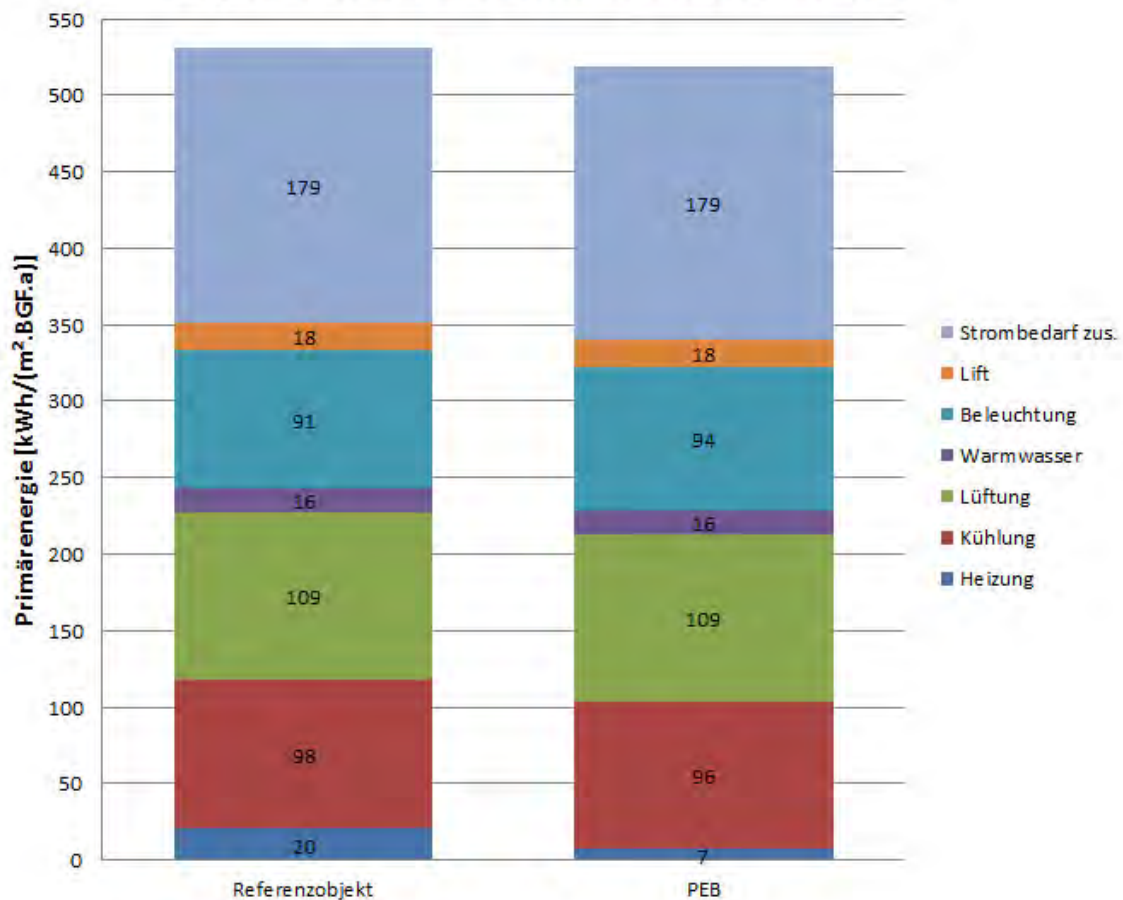


Abbildung 19: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard

Durch den Übergang auf Passivhausstandard erreicht man eine Senkung des Primärenergiebedarfs um 12 kWh/(m².BGF.a). Diese Einsparung wirkt jetzt sehr gering, aber die Passivhauskomponenten sind notwendig, um die Heizung und Kühlung so effizient wie möglich zu betreiben. D.h. das Heizen und Kühlen wird mittels Betonkerntemperierung bewerkstelligt. Der wirkliche Unterschied zwischen Passivhausstandard und Referenzobjekt wird bei der Simulation und dem Vergleich der Heiz- und Kühllasten ersichtlich. In Abbildung 19 wird sehr schön der Einfluss der Veränderung der Gebäudehülle ersichtlich. Durch die bessere Dämmung sinkt die erforderliche Primärenergie für das Heizen und durch den niedrigeren Gesamtenergiedurchlassgrad der 3-Scheiben-Verglasung für das Kühlen. Durch die Änderung der Verglasung wird auch der Lichttransmissionsgrad verringert, wodurch mehr Energie für die Beleuchtung aufgewendet werden muss. Somit erkennt man, wenn man den gesamten Primärenergiebedarf senken will, dass sich viele Eigenschaften gegenseitig beeinflussen und das bestmögliche Ergebnis resultiert aus einem Abwägen aller Einflüsse.

Diese Optimierung, wird im Gegensatz zu den anderen Optimierungsmaßnahmen nicht mehr zurückgestellt, weil der Passivhausstandard Voraussetzung für die meisten Maßnahmen ist.

#### Optimierung der Kältemaschine

Bei Kältemaschinen ist die Jahreskälteleistungszahl für den jährlichen Energieverbrauch maßgebend. Umso höher dieser Wert ist, desto effizienter arbeitet die Anlage. In diesem Fall wurde die Vorlauftemperatur von 6°C auf 14°C angehoben und die Kompressionskältemaschine nicht verändert. Ohne das Setzen von Maßnahmen an der Maschine, sondern nur durch Erhöhung der Vorlauftemperatur erhält man folgende Ergebnisse:

Kühlung:	Kühlung in der Zone
Kompressionskältemaschine luftgekühlt	
Schraubenverdichter mit Steuerschieberegelung	
Kältemittel:	R134a
Vorlauf:	14 °C
Feuchteanforderung	ohne Toleranz
Nennkälteleistungszahl:	3.7
Teillastfaktor:	1.14
Jahreskälteleistungszahl:	4.22

## Kompressionskältemaschine

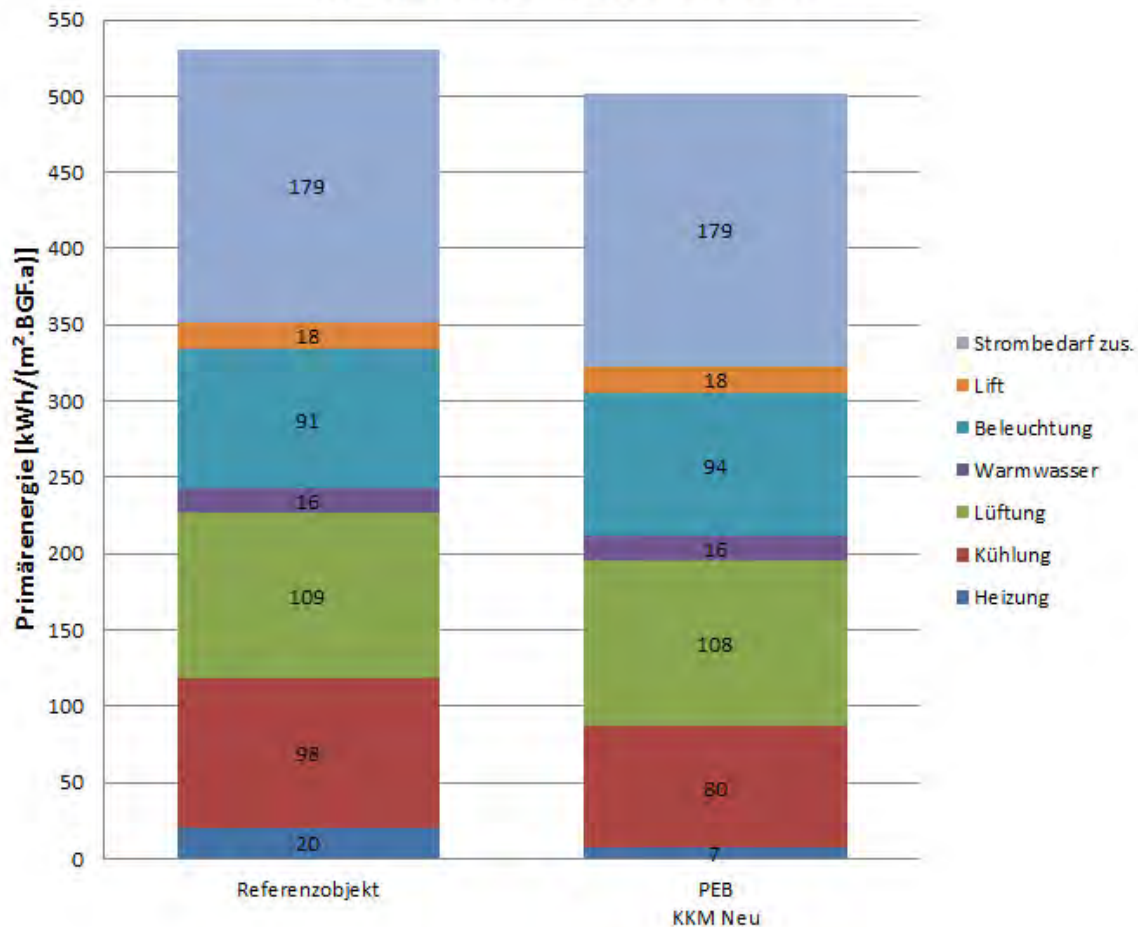


Abbildung 20: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Kompressionskältemaschine

Durch diese Maßnahme wird der Primärkühlenergiebedarf von 98 kWh/(m².BGF.a) auf 80 kWh/(m².BGF.a) gesenkt. Diese Einsparung wird nur durch die Änderung der Vorlauftemperatur erreicht. Niedrigere Vorlauftemperaturen sind bei Passivhausbauten nicht notwendig, da großflächig über die Decke gekühlt wird.

### Optimierung der Lüftungsanlage und deren Komponenten

Der Strombedarf der Lüftungsanlagen beträgt bei konventionellen Anlagen über 1,0 Wh/m³. Um die Effizienz zu steigern, muss der Druckverlust der Anlage und allen Luftkanälen auf ein Minimum reduziert werden. Folgende Punkte sind einzuhalten:

- Keine plötzlichen Querschnittsänderungen
- Vermeidung von Formstücken
- Querschnitte der Luftkanäle hinsichtlich Strömungsgeschwindigkeiten optimieren
- Geeignete Ventilatoren mit hohem Wirkungsgrad verwenden.
- Bedarfsgerechte Lüftung
- Regelmäßige Wartung und Überprüfung der Filter
- Vorgabe der Luftgeschwindigkeiten in den einzelnen Komponenten aus [SIA11]

Werden diese Punkte strikt eingehalten, kann der Strombedarf der Ventilatoren auf 30 % reduziert werden.



Es wurden zwei verschiedene Wärmetauschsysteme untersucht. Erstens ein Kreislaufverbundsystem (siehe 6.1.2 Lüftung) mit sehr hohem Wärmerückgewinnungsgrad und zweitens ein Rotationswärmetauscher, der die Möglichkeit aufweist, die Feuchte der Abluft zu nutzen. Beim Kreislaufverbundsystem besteht keine Möglichkeit zur Feuchterückgewinnung.

Außerdem werden in diesen Systemen noch zwei Betriebsweisen der Lüftungsanlage verglichen, nämlich die zeitgerechte und die bedarfsgerechte Steuerung der Anlage. Zeitgerecht bedeutet, dass während der Betriebszeiten immer der gleiche Volumenstrom durch das Gebäude gezogen wird. Bei der bedarfsgerechten Steuerung wird über Luftqualitätssensoren bzw. CO<sub>2</sub>-Sensoren ermittelt, welcher Volumenstrom notwendig ist. So kann man den Energieverbrauch des Ventilators auf ein Minimum reduzieren. Nachteil der bedarfsgerechten Steuerung ist der hohe Installationsaufwand, da man je Raum einen gesteuerten Volumenstromregler benötigt.

Kreislaufverbundsystem:

Lüftung Kreislaufverbundsystem:	<b>Bedarfsgerechte Lüftung</b>
Mindestaußenluftvolumenstrom pro Person:	<b>35 m<sup>3</sup>/h.Person</b>
Mindestaußenluftvolumenstrom pro Raum (Keine Personen anwesend):	10 m <sup>3</sup> /h.Raum
Wärmerückgewinnung:	<b>η = 93%</b>
Strombedarf:	<b>0,30 Wh/m<sup>3</sup></b>
Pressung Zuluft:	<b>436 Pa</b>
Pressung Abluft:	<b>320 Pa</b>
Feuchterückgewinnung:	<b>η = 0 %</b>

## Lüftungsanlage System KVS

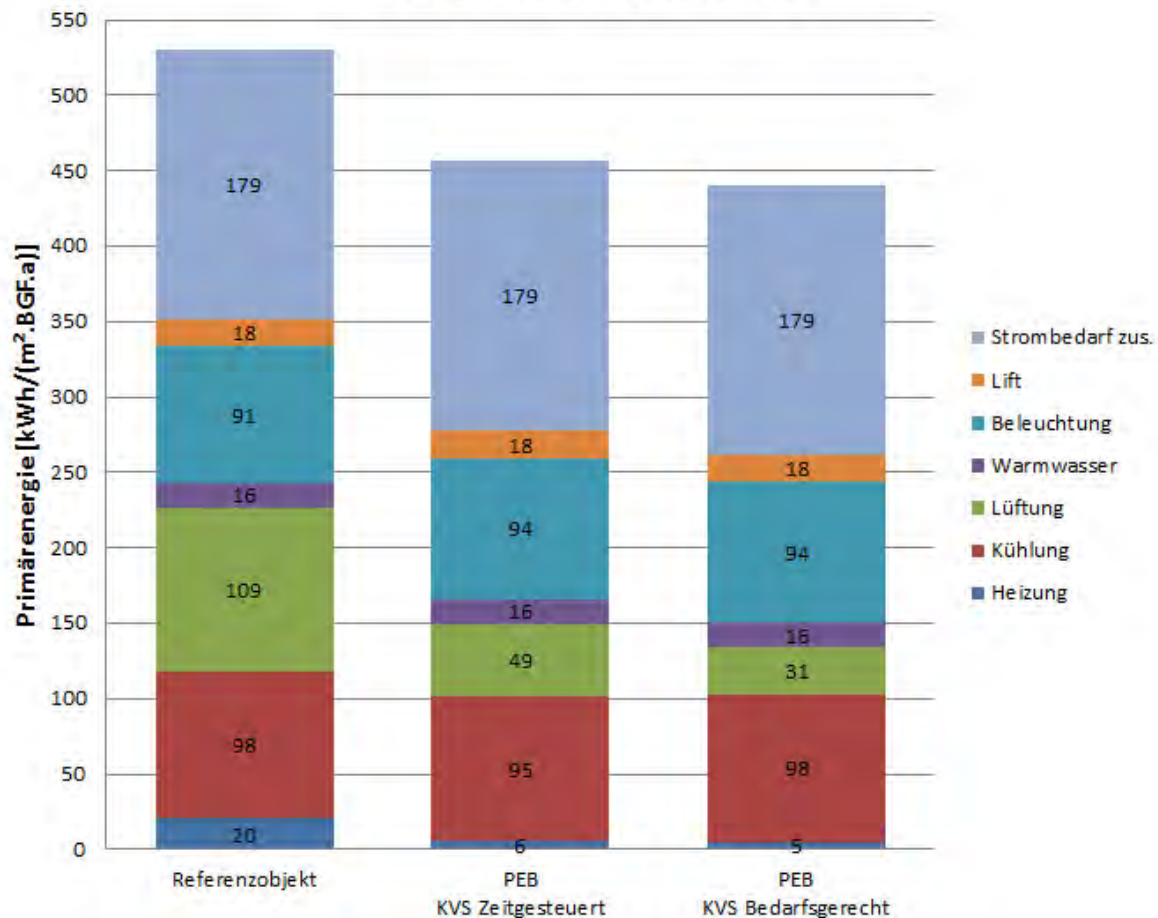


Abbildung 21: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Kreislaufverbundsystem

Durch diese Maßnahmen kann der Primärenergieverbrauch der Lüftung um 60 kWh/(m².BGF.a) bei der zeitgesteuerten Anlage und um 78 kWh/(m².BGF.a) bei der bedarfsgerechten Anlage eingespart werden. Durch die hohe Kompaktheit und die gute Gebäudehülle ist der Heizenergiebedarf schon auf einen sehr kleinen Wert und darum ist der Einfluss der Wärmerückgewinnungszahl von 93 % nicht maßgebend. Aus diesem Grund wurde auch der Rotationswärmetauscher untersucht.

### Rotationswärmetauscher plus Feuchterückgewinnung:

Lüftung Rotationswärmetauscher:	<b>Bedarfsgerechte Lüftung</b>
Mindestaußenluftvolumenstrom pro Person:	<b>35 m³/h.Person</b>
Mindestaußenluftvolumenstrom pro Raum (Keine Personen anwesend):	<b>10 m³/h.Raum</b>
Wärmerückgewinnung:	<b><math>\eta = 80\%</math></b>
Strombedarf:	<b>0,30 Wh/m³</b>
Pressung Zuluft:	<b>436 Pa</b>
Pressung Abluft:	<b>320 Pa</b>
Feuchterückgewinnung:	<b><math>\eta = 70\%</math></b>

## Lüftungsanlage System Rotation

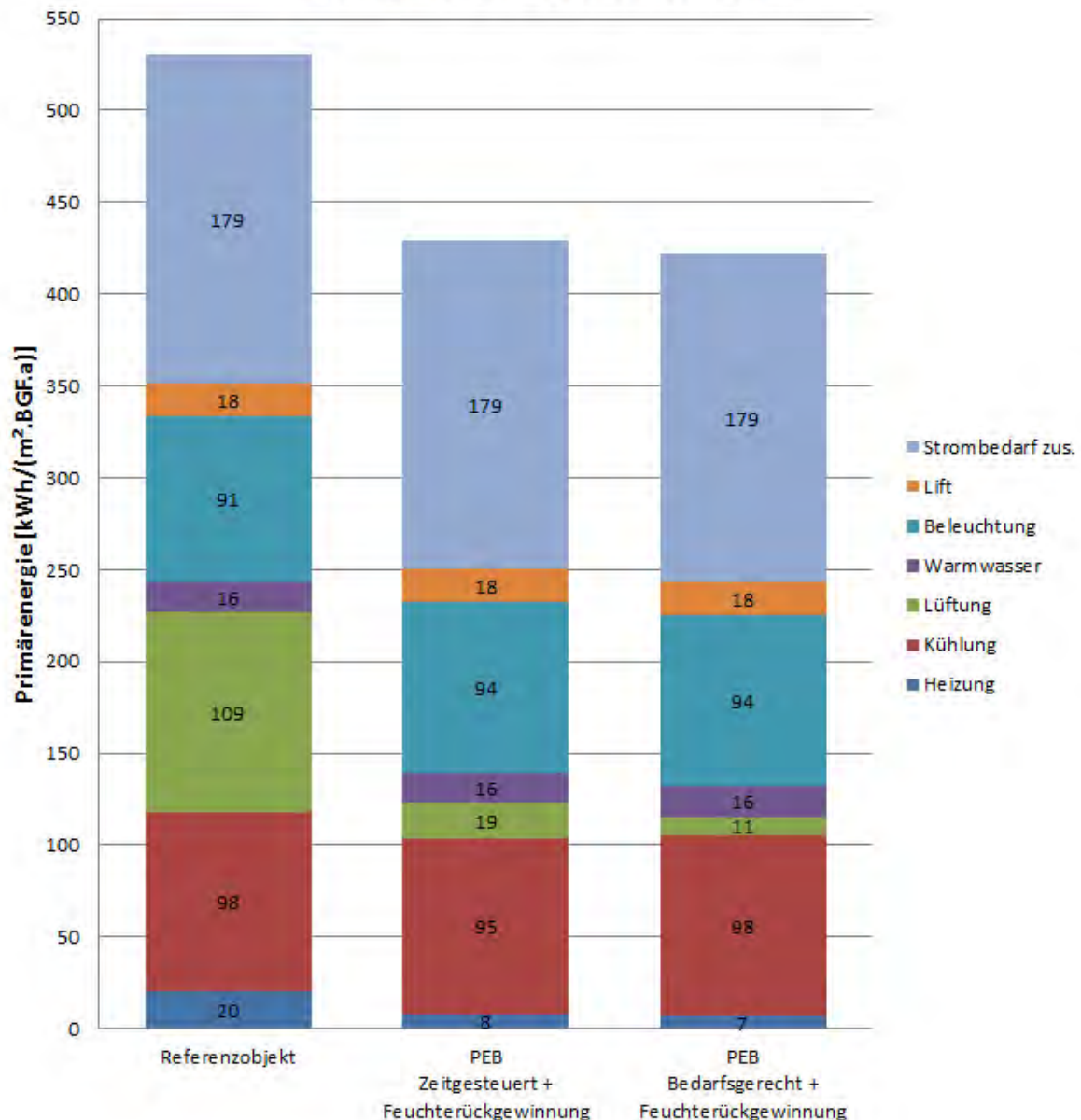


Abbildung 22: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Rotationswärmetauscher

Die erforderliche Heizenergie steigt zwar auf 8 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) aufgrund der schlechteren Wärmerückgewinnungszahl von 80 %, aber durch die Feuchterückgewinnung können bei der zeitgesteuerten Anlage weitere 30 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) bzw. bei der bedarfsgerechten Anlage 24 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) eingespart werden. Darum wird auch die nächste Untersuchung mit dieser Ausstattung berechnet.

### Be- und Entfeuchtung:

Für das Befeuchten liegt die Grenze bei 6 g/kg. Das entspricht 37 % relative Luftfeuchtigkeit bei 22°C. Um die Behaglichkeit weiter zu gewährleisten, wird diese Grenze nicht weiter herabgesetzt. Entfeuchtet wird ab 9 g/kg. Bei 25°C kommt das einer relativen Luftfeuchtigkeit von 47 % gleich. Hier ist noch Einsparungspotential vorhanden. Durch die Erhöhung der Entfeuchtungsgrenze wird der Primärenergiebedarf noch weiter gesenkt. Weniger

Energieeinsatz für das Nachheizen ist ein positiver Nebeneffekt dieser Maßnahme. Wenn man die Entfeuchtungsgrenze auf 11g/kg senkt, ergibt das eine relative Luftfeuchtigkeit von 57 %. Dieser Wert liegt noch deutlich unter der Schwülekurve von Lancaster-Carstens-Ruge [Rai68] und auch noch im Behaglichkeitsbereich nach [Oen06].

Durch den Einsatz von Bauteilaktivierung zur Kühlung entstehen tiefe Oberflächentemperaturen von ca. 20°C. Aus dieser Temperatur resultiert bei einer absoluten Feuchte von 11 g/kg eine relative Luftfeuchte von 76,5%. D.h. dass bei 20°C keine Schimmelbildung (ab 80 %) und kein Kondensat (ab 100 %) entstehen.

Erhöhung der Entfeuchtungsgrenze:

Entfeuchtung: auf 11 g/kg

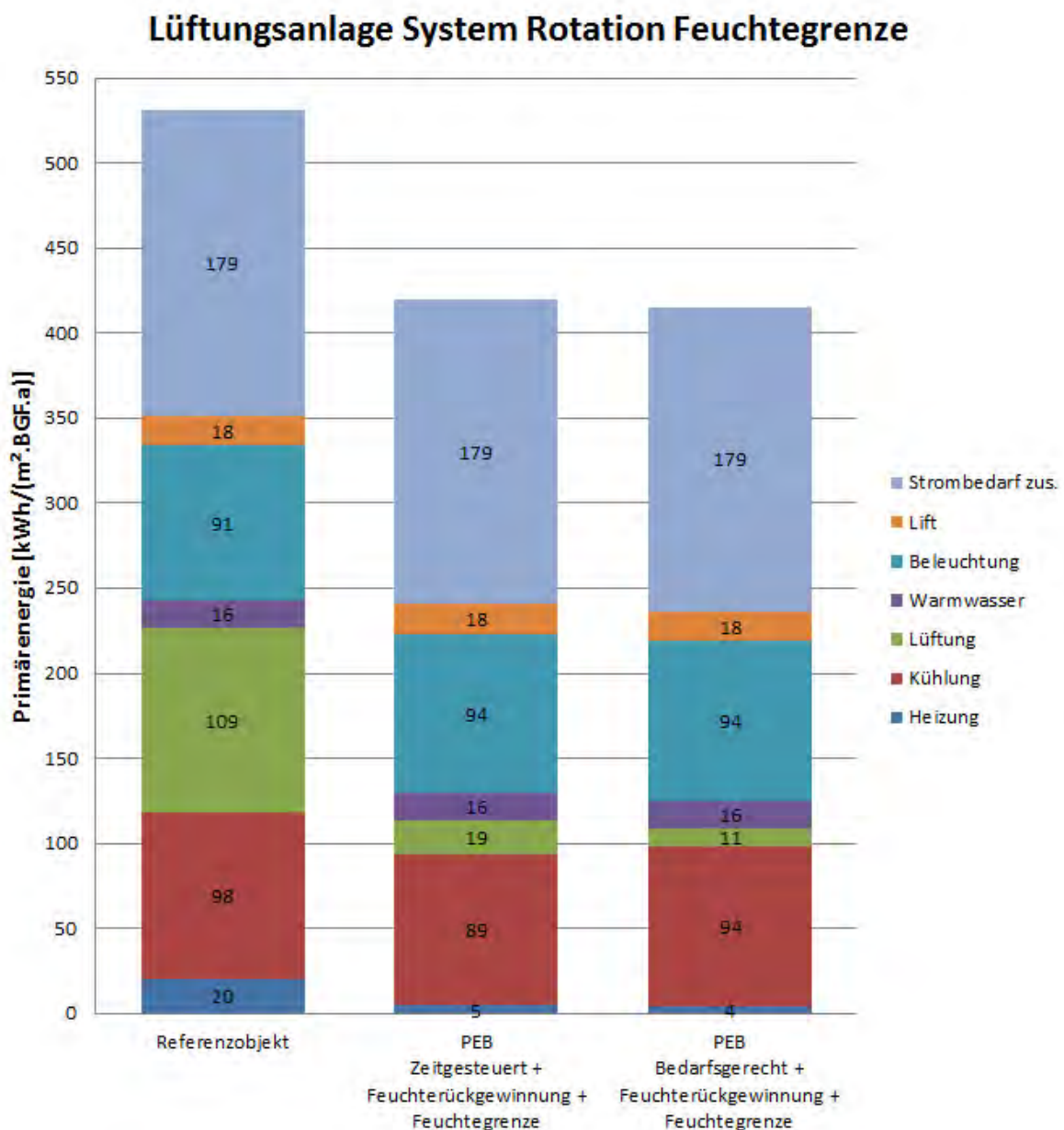


Abbildung 23: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Rotationswärmetauscher mit erhöhter Feuchtegrenze

Beim Vergleich von Abbildung 22 mit Abbildung 23 erkennt man, dass die erforderliche Heiz- und Kühlenergie weiter sinkt. Bei der bedarfsgerechten Variante steigt der Kühlbedarf wieder an, da die Luftvolumenströme geringer sind.

Mit der Optimierung der Lüftungsanlage und deren Komponenten wird der Primärenergiebedarf um 116 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) verringert.

#### Nachtlüftung:

Die Nachtlüftung reduziert den Energieverbrauch der Kältemaschine durch Abkühlen der Räume in den kälteren Nachtstunden. Jeder zweite Flügel wird mit einer elektrischen Öffnungsvorrichtung ausgestattet. Um die Fenster zu öffnen und zu schließen, müssen elektrische Motoren und Regelungen eingebaut werden. Diese Motoren sind zurzeit noch nicht Stand der Technik, die Dauerhaftigkeit und Einbruchschutz müssen noch ausgereift werden. Weitere Probleme liegen in den unkontrollierten Luftströmungen die durch Böen und Querlüftung auftreten. Hier bedarf es noch weiteren Forschungsarbeiten.

Die Kernlüftung dagegen wurde schon bei anderen Projekten eingesetzt und stellt mittlerweile den Stand der Technik dar.

Mit Hilfe von [Bui00] und [Kon08] kann die mögliche Nachtlüftung im Kern abgeschätzt werden. Die effektive Öffnungsfläche ergibt sich aus folgender Formel (1):

$$A_{eff} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{A_u^2} + \frac{1}{A_o^2}}}$$

$A_{eff}$  effektive Fläche der Lüftungsströmung [m<sup>2</sup>]

$A_u$  Fläche der unteren Lüftungsöffnung [m<sup>2</sup>]

$A_o$  Fläche der oberen Lüftungsöffnung [m<sup>2</sup>]

Der Volumenstrom errechnet sich aus der Formel (2):

$$\dot{V} = 0,7 \cdot C_{ref} \cdot A_{eff} \cdot \sqrt{H} \cdot \sqrt{\Delta T} \quad (1)$$

$$C_{ref} = 350 \frac{m^{0,8}}{(h \cdot K^{0,5})}$$

$C_{ref}$  Austauschkoeffizient

H Höhe zwischen den Lüftungsöffnungen [m]

$\Delta T$  Lufttemperaturdifferenz zwischen Außenluft und Innenraum [K]

$\dot{V}$  Luftvolumenstrom [m<sup>3</sup>/h]

Die Höhe H beim vorliegenden Gebäude beträgt 84 m und die obere  $A_o$  und untere Öffnung  $A_u$  wurde mit einer Größe von 5 m<sup>2</sup> angenommen. Das ergibt eine effektive Fläche von  $A_{eff} = 3,54$  m<sup>2</sup>. Dies ergibt; bei einem Temperaturunterschied von  $\Delta T = 2$  K, einen

Luftvolumenstrom von  $\dot{V} = 11.227$  m<sup>3</sup>/h. Da im Sommer der Temperaturunterschied  $\Delta T$  zwischen Innenraum- und Außenlufttemperatur von 2 K, während der Nachtstunden, oft gewährleistet ist, wurde ein konstantes Kernluftvolumen von 10.000 m<sup>3</sup>/h angenommen.

Es wurden drei verschiedene Varianten einzeln betrachtet:

- Fenster 12 cm gekippt
- Fenster komplett geöffnet
- Kernlüftung



Die Variante „Fenster ganz geöffnet“ ist in einem Gebäude dieser Höhe eher unrealistisch. Außerdem leidet die Benutzerfreundlichkeit durch erhöhten Platzbedarf der öffnbaren Flügel.

Sommernachtlüftung im Kern:	$n = 10.000 \text{ m}^3/\text{h}$
Sommernachtlüftung in Büros:	Thermisch, keine Luftströmungen
Jedes 2 Fenster ist mit einem Stellmotor ausgestattet.	
Fensteröffnungsgröße:	Offen 1,70 x 0,50 m bzw. Gekippt 1,70 x 0,50 x 0,12 m

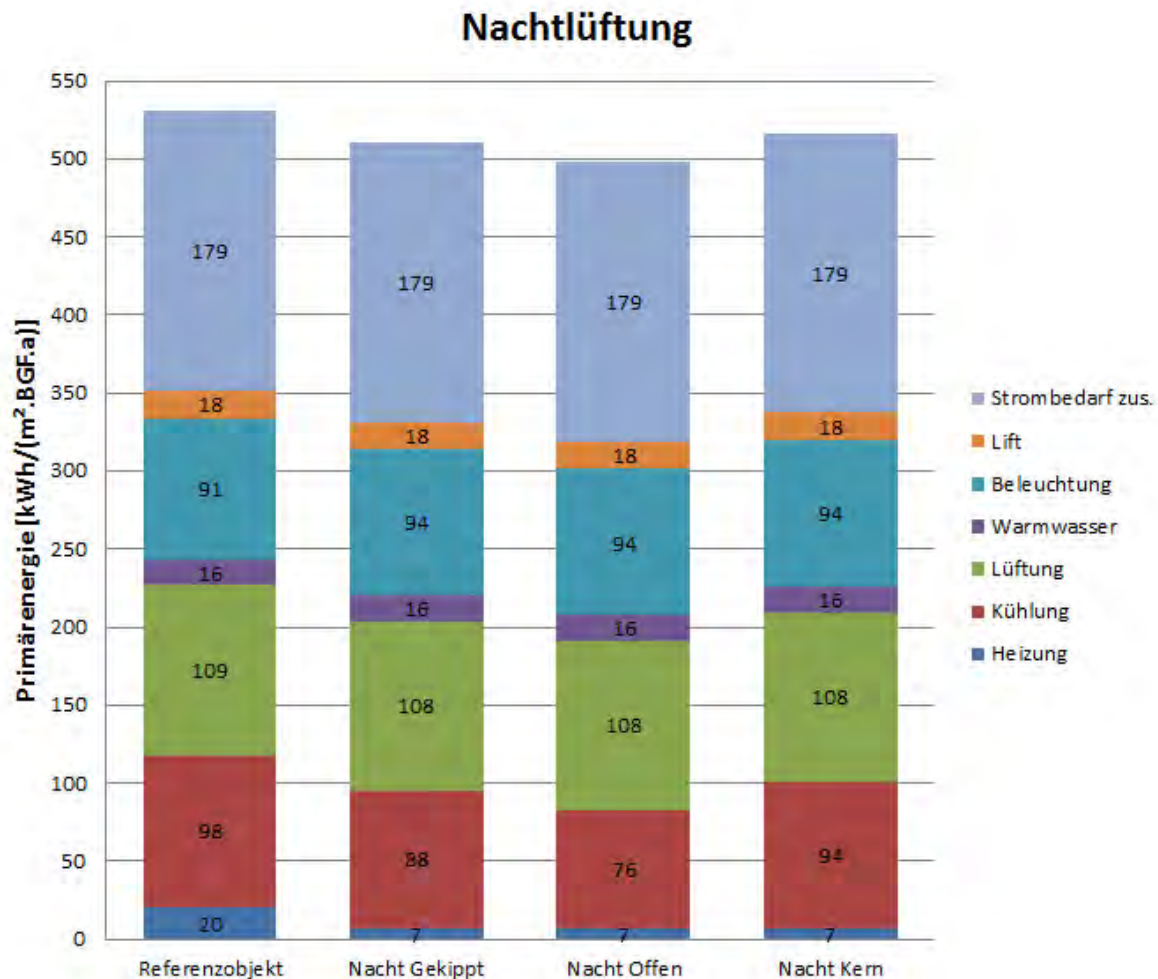


Abbildung 24: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Nachtlüftung

Die Nachtlüftung bringt eine Einsparung von 10 kWh/(m².BGF.a) bei gekippten Fenstern und 22 kWh/(m².BGF.a) bei geöffneten Fenstern. Die Kernlüftung hat nicht so einen großen Eintrag, kann aber leichter realisiert werden.

#### Aufzug:

Standardmäßig werden Aufzüge mit der Energiebedarfsklasse B nach [VDI09] verwendet. Durch den Einsatz von LED-Beleuchtung in der Aufzugskabine und weiteren Maßnahmen kann man auf die Energiebedarfsklasse A übergehen. Außerdem wird eine Rückspeisung der Bremsenergie verwendet. In der folgenden Abbildung 25 wird nur die Einsparung dokumentiert. Der Ertrag der Rückspeisung wird später dokumentiert.

lift: (VDI4707)		<b>Energiebedarfsklasse A</b>
Nutzungskategorie 5	sehr stark/ sehr häufig	
Büro- und Verwaltungsgebäude ca. 100 m		
Durchschnittliche Fahrtzeit in Stunden pro Tag	$t_{\text{fahren}}$	6.0 h
Energiebedarf Stillstand	$P_{\text{stillstand,Max}}$	50 W
Energiebedarf für das Fahren	$E_{\text{Fahren,spez,Max}}$	0.56 mWh/(kg.m)
Nennlast:	Q	1600 kg
Geschwindigkeit:	$v_{\text{nenn}}$	2.50 m/s
Förderhöhe:	h	90.00 m

### Aufzug

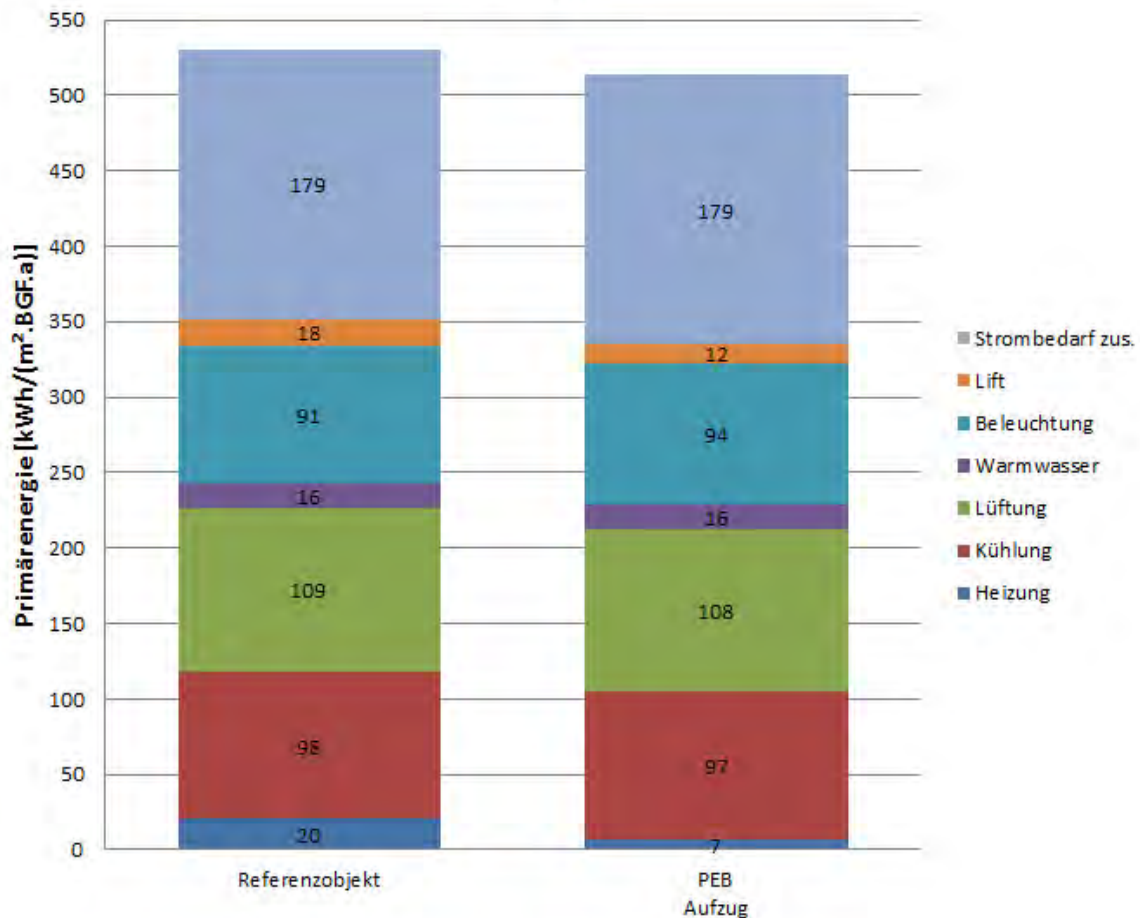


Abbildung 25: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Nachtlüftung

Durch die Verbesserung der Aufzüge verringert sich der Primärenergiebedarf um 6 kWh/(m².BGF.a).

#### Warmwasser:

Im Referenzobjekt erfolgt die Warmwasserbereitstellung mittels Kleinspeicher. Diese Speicher haben den Nachteil, dass sie 24 Stunden am Tag Wärme ins Gebäude einbringen. Verwendet man dagegen elektrische Durchlauferhitzer, wird die Wärme nur dann erzeugt, wenn auch Bedarf besteht. Da der Warmwasserwärmebedarf in Bürogebäuden sehr gering ist, findet diese Technologie Anwendung.

Warmwasser:

Durchlauferhitzer 6,5kW

276 Stück

5,00 Liter pro Person und Arbeitstag

### Warmwasser

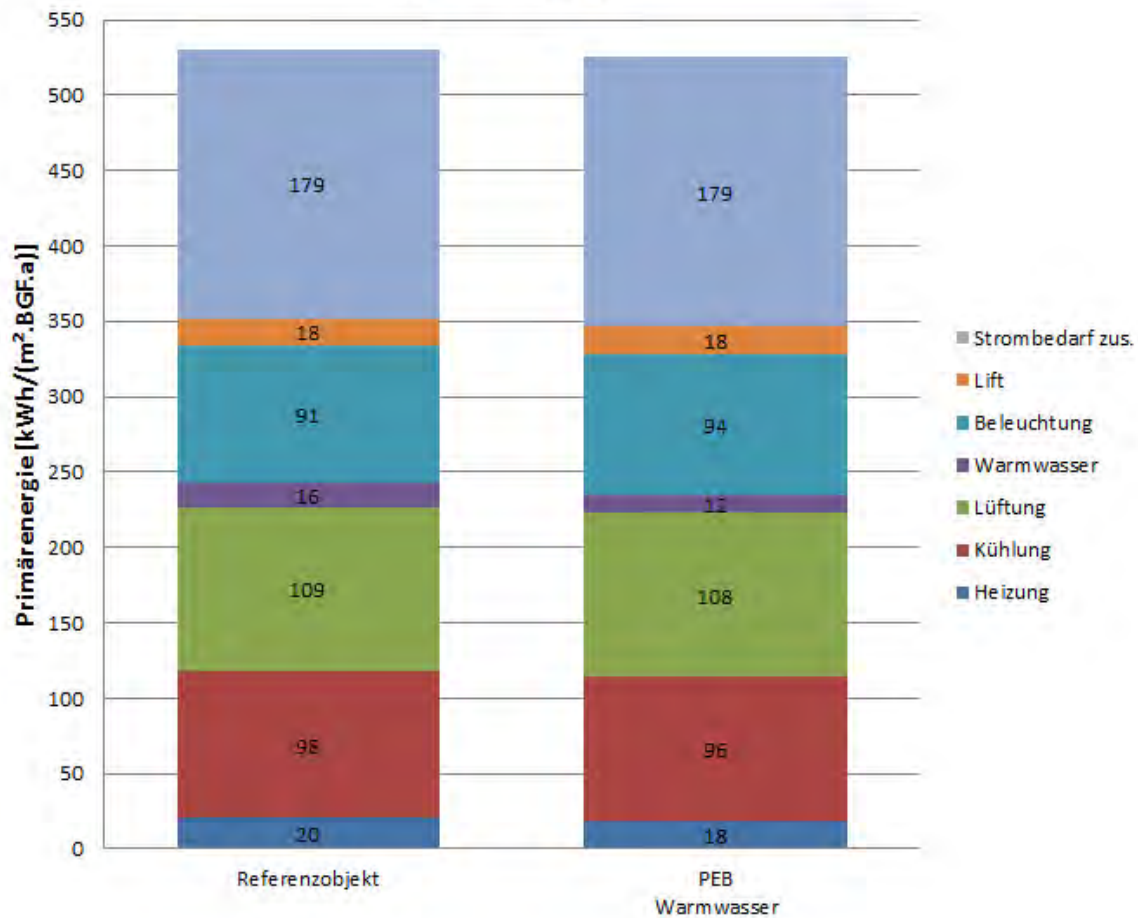


Abbildung 26: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Warmwasser

Elektrische Durchlauferhitzer haben ein Einsparpotential von 4 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a). Der Nachteil der elektrischen Durchlauferhitzer liegt bei der hohen Anschlussleistung.

#### Effiziente Geräte:

Der Einsatz von energieeffizienten Geräten zahlt sich doppelt aus. Erstens brauchen diese Geräte einen Bruchteil der Energie eines Standardgerätes und zweitens verringert sich der Input der inneren Gewinne. Da der elektrische Strom von Geräten direkt als Wärme bilanziert wird, muss diesen Teil die Kältemaschine direkt bereitstellen. Dadurch erhöht sich aber auch die erforderliche Heizenergie, was sich durch den niedrigen Primärenergiefaktor für die Fernwärme nicht direkt zu Buche schlägt.

Server:



	Leistung	Wahrscheinlichkeit	Stand-By	Anteil Betrieb in der Stunde	Durchschnittlicher Jahresenergiebedarf pro Gerät	Nutzung (von bis Uhrzeit)
Server:						0 h
92 Stück	50 W	100 %	50 W	60 min/h	438 kWh/a	24 h

Teeküche plus weitere Geräte:

Weitere Geräte:	Leistung	Wahrscheinlichkeit	Stand-By	Anteil Betrieb in der Stunde	Durchschnittlicher Jahresenergiebedarf	Nutzung (von bis Uhrzeit)
Kopierer						7 h
184 Stück	535 W	50 %	2.66 W	18 min/h	242 kWh/a	19 h
Flatscreen (Präsentationszwecke)						7 h
92 Stück	20 W	100 %	0.70 W	60 min/h	66 kWh/a	19 h
Mikrowelle						11 h
92 Stück	600 W	40 %	1.00 W	30 min/h	95 kWh/a	14 h
E-Herd						12 h
92 Stück	2000 W	100 %	0.50 W	30 min/h	264 kWh/a	13 h
Kühlschrank						0 h
92 Stück	55 W	100 %	1.00 W	60 min/h	128 kWh/a	24 h
Kaffeemaschine						7 h
92 Stück	140 W	100 %	0.00 W	7 min/h	44 kWh/a	19 h
Teekocher						7 h
92 Stück	1500 W	40 %	0.00 W	4 min/h	117 kWh/a	19 h
Geschirrspüler						7 h
92 Stück	360 W	13 %	1.00 W	60 min/h	216 kWh/a	19 h

Brandmelder, Bewegungsmelder usw.:

Brandmelder	[W]	0.2 W	60 min/h
38 Stück/Geschoß			2 kWh/a
Hinweisschilder	[W]	8.0 W	60 min/h
0 Stück/Geschoß			0 kWh/a
Bewegungsmelder	[W]	0.5 W	60 min/h
12 Stück/Geschoß			4 kWh/a
Jalousiensteuerung	[W]	108.0 W	55 Sekunden
52 Stück/Geschoß			1,65 Wh/Aktivierung

Sonstige Geräte:	Leistung	Wahrscheinlichkeit	Stand-By	Anteil Betrieb in der Stunde	Durchschnittlicher Jahresenergiebedarf	Nutzung (von bis Uhrzeit)
Brandmelder						0 h
874 Stück	0.2 W	100 %	0.2 W	60 min/h	2 kWh/a	24 h
Hinweisschilder						0 h
0 Stück	2.0 W	100 %	2.0 W	60 min/h	0 kWh/a	24 h
Bewegungsmelder Allgemein Pissoir...						0 h
276 Stück	0.2 W	100 %	0.2 W	60 min/h	2 kWh/a	24 h
Switch Internet						7 h
1 Stück/AP	0.96 W	100 %	0.38 W	60 min/h	5 kWh/a	19 h
Switch Internet						7 h
1 Stück/AP	0.96 W	100 %	0.38 W	60 min/h	5 kWh/a	19 h
Bewegungsmelder Beleuchtung						0 h
1 Stück/AP	0.2 W	100 %	0.2 W	60 min/h	2 kWh/a	24 h
Kabel-Modem						0 h
92 Stück	8.0 W	100 %	8.0 W	60 min/h	70 kWh/a	24 h
W-Lan Router						0 h
92 Stück	4.0 W	100 %	4.0 W	60 min/h	35 kWh/a	24 h
USV						0 h
	von Servern abhängig	Wirkungsgrad 95 %	von Servern abhängig	60 min/h	von Servern abhängig	24 h

	Leistung	Stand-By	Laufzeit	Leistung pro Aktivierung
Jalousiensteuerung				
1196 Stück	108.0 W	0.00 W	55 sec	1.65 Wh
Luftklappensteuerung				
644 Stück	1.0 W	0.40 W	75 sec	0.021 Wh

## Effiziente Geräte

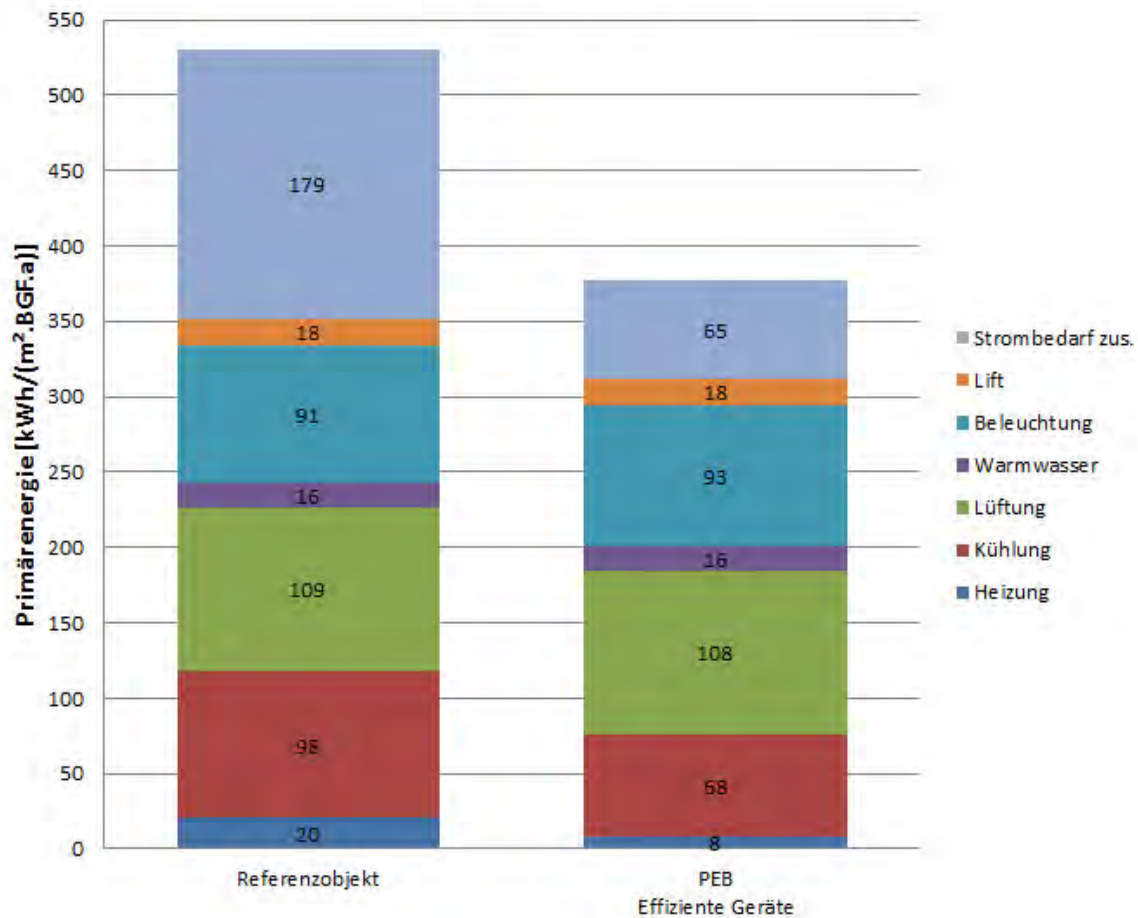


Abbildung 27: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Effiziente Geräte

Werden bei einem Neubau auch neue Geräte angeschafft, so zahlt es sich aus, auf das Energielabel zu schauen. Das Einsparpotential bei den Geräten beträgt direkt 114 kWh/(m².BGF.a) und indirekt bei der Kältemaschine 30 kWh/(m².BGF.a). Dies sind 25 % des gesamten Primärenergieverbrauchs des Referenzprojektes.

### Beleuchtung:

Mittels intelligenter Lichtplanung kann die installierte elektrische Leistung im Bürobereich von 15 W/m² auf circa 5 W/m² und im Kernbereich von 9 W/m² auf circa 4 W/m² gesenkt werden. Mit welchen Maßnahmen man diese Werte erreicht, wird in Kapitel 6.2 genauer erläutert. Die Einschalthäufigkeiten und Lichtintensität wird mittels Anwesenheitssensoren und dimmbaren Leuchtmitteln geregelt. Dadurch kann der erforderliche Beleuchtungsenergiebedarf auf ein Minimum reduziert werden. Um den Tageslichteintrag bei geschlossenen Jalousien zu erhöhen, werden weiße statt graue Sonnenschutzlamellen gewählt. Diese weisen einen besseren Lichttransmissionsgrad, aber auch einen höheren Gesamtenergiedurchlassgrad als die grauen Lamellen auf. Die Steuerung des Sonnenschutzsystems wird mit Luxmetern bewerkstelligt.

Beleuchtung Büroräume:	
Wartungswert der Beleuchtungsstärke:	$E_m = 500 \text{ lx}$
Beleuchtungsart:	direkt
Vorschaltgerät:	EVG
Lampenart:	Leuchtstofflampen stabförmig
Kontrollart:	selbstausschaltend; Automatischer Dimmer
Sehaufgabe:	
Fläche der Sehaufgabe pro Person:	$A_S = 2,0 \text{ m}^2$
Wartungswert der Beleuchtungsstärke im Umgebungsbereich:	$E_u = 100 \text{ lx}$
ergibt installierte Leistung(Angabe Pokorny) :	4 bis 5 W/m <sup>2</sup>
Beleuchtung Mittelzone:	
Wartungswert der Beleuchtungsstärke:	$E_m = 100 \text{ lx}$
Beleuchtungsart:	direkt
Vorschaltgerät:	EVG
Lampenart:	Leuchtstofflampen stabförmig
Kontrollart:	selbstausschaltend; Automatischer Dimmer
ergibt installierte Leistung(Angabe Pokorny) :	4 bis 5 W/m <sup>2</sup>
Sonnenschutz:	$g_{\text{tot}} = 0,061$
Außenjalousie 45°-Stellung weiß	$\tau_{\text{eff,SA}} = 0,136$
Schwelle für die Aktivierung des Sonnenschutzes bei einer Gesamtbestrahlungsstärke:	200 W/m <sup>2</sup>
Schwelle für die Aktivierung des Sonnenschutzes bei einer Direktstrahlung auf die Fassade:	0 W/m <sup>2</sup>
Steuerung des Sonnenschutzes:	Automatisch mit Luxmessern

## Beleuchtung

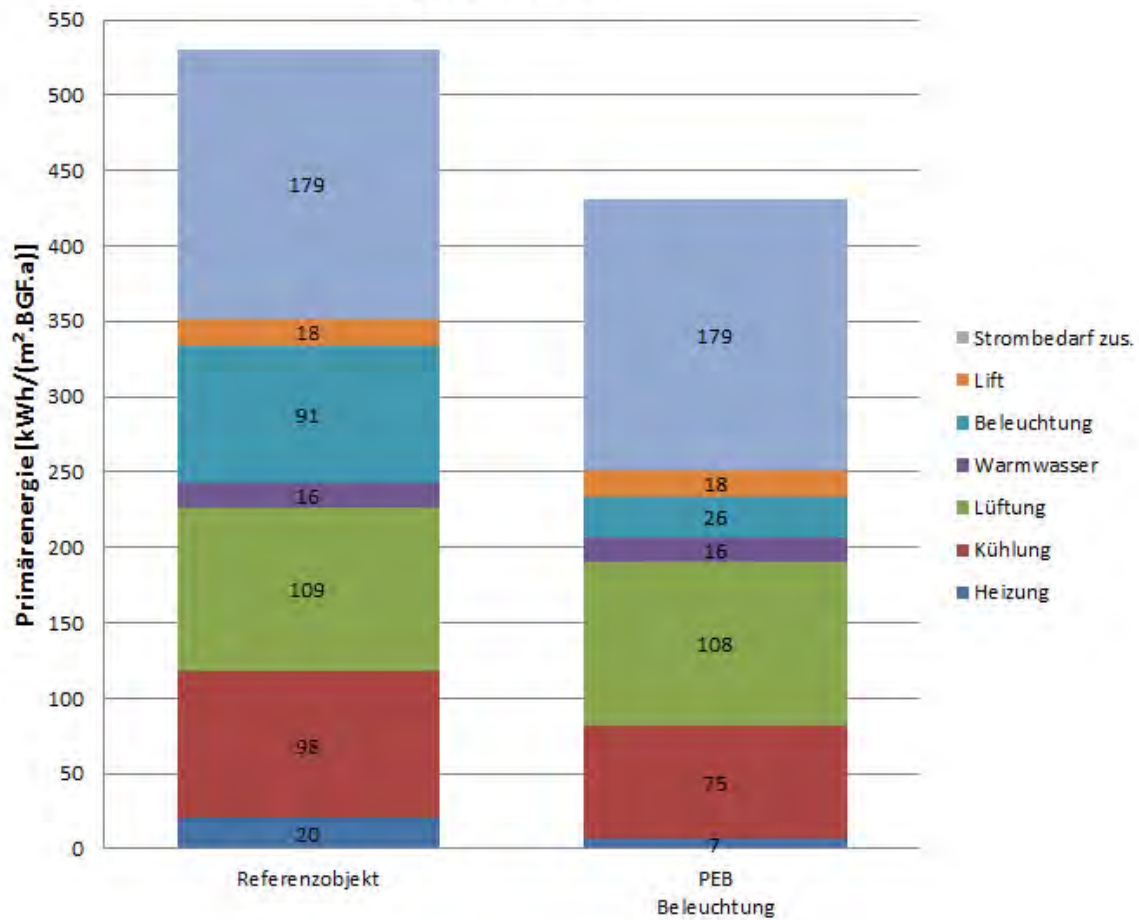


Abbildung 28: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Beleuchtung

Auch bei der Beleuchtung ist ein hohes Einsparpotential enthalten. Durch die Kombination aus geringer installierter Leistung mit Anwesenheits- und Tageslichtsteuerung werden circa 65 kWh/(m².BGF.a) Primärenergie eingespart.

### Optimum:

Kombiniert man nun alle vorher aufgelisteten Maßnahmen zu einer großen Maßnahme zusammen, so erhält man primärenergetisch das Optimum.

Folgende Punkte wurden verbessert:

- Gebäudehülle auf Passivhausstandard
- Verbesserung der Kompressionskältemaschine
- Lüftungsanlagenoptimierung
- Einsetzen neuester Liftechnologie
- Verwendung effizienter Geräte
- Optimierung der Beleuchtung
- Warmwasserbereitstellung durch sparsame Geräte

Der Unterschied zwischen den Optimierungen liegt in der Verwendung verschiedener Lüftungstechnologien und der Anwendung von Nachtlüftungssystemen:

- Optimum 1:
  - o Verwendung einer Rotationswärmetauschers mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 80 % und einem Feuchterückgewinnungsgrad von 70 %. Hier wird keine Nachtlüftung berücksichtigt.
- Optimum 2:
  - o In dieser Variante kommt ein Kreislaufverbundsystem zur Anwendung. Dies ermöglicht den höchsten Wärmerückgewinnungsgrad von 93 %. Bei dieser Ausführung ist keine Feuchterückgewinnung möglich. Auch hier wird keine Nachtlüftung berücksichtigt.
- Optimum 3:
  - o Diese Variante entspricht der Variante Optimum 1 mit Nachtlüftung. Hier wurde angenommen, dass die Fenster gekippt sind und auch über den Kern entlüftet wird.

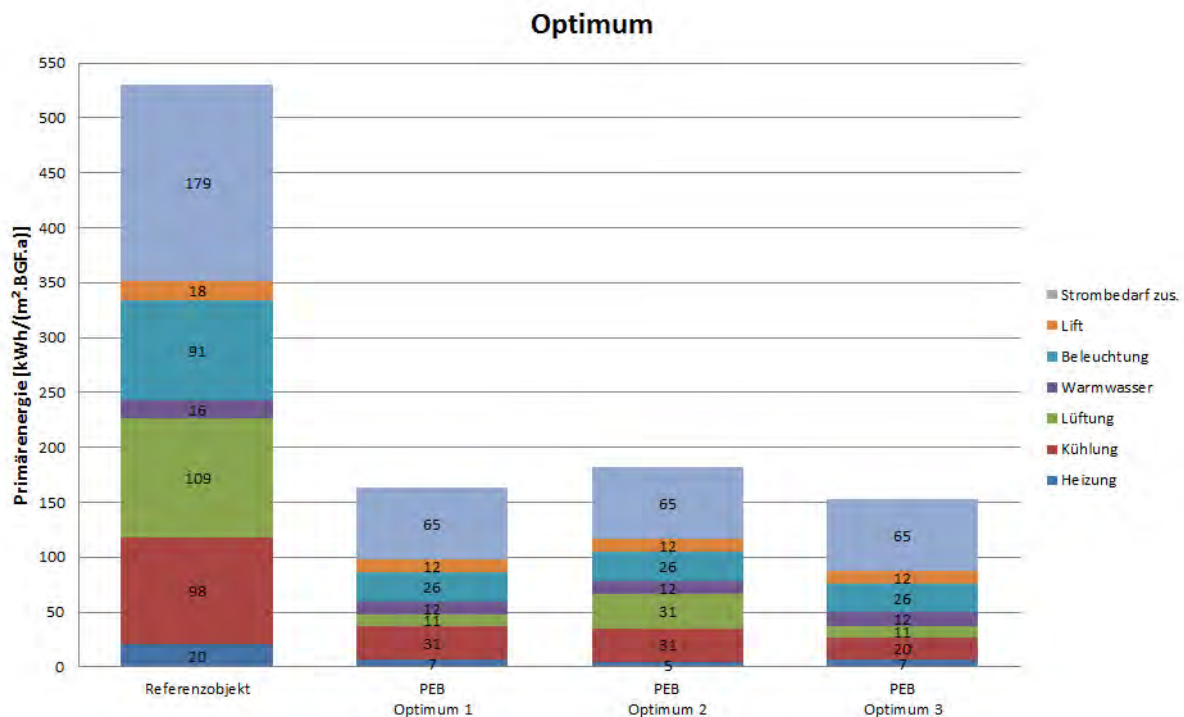


Abbildung 29: Vergleich Primärenergiebedarf PEB mit den drei Optimierungsvarianten

Bei der Kombination aller Einsparungsmaßnahmen wird der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf mindestens ein Drittel des Ausgangswertes gedrückt. Bei Optimum 1 wird der

gesamte Primärenergiebedarf von 531 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) auf 172 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) gesenkt. Das entspricht 31 % des Referenzobjektes. Durch die Verwendung eines Kreislaufverbundsystems kann zwar bei der Heizungsenergie noch eingespart werden, aber die Energie für das Befeuchten schlägt sich negativ auf das Gesamtergebnis nieder. Wenn man die Probleme, die das Nachlüften mit sich bringen, wie Motorenwartung, Windböen und fliegende Unterlagen in den Büroräumen unter Kontrolle bringt, kann man den Primärenergiebedarf des Gebäudes noch um weitere 11 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) auf 153 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) senken.

### Tageslichttransport:

Im Zuge des Projektes wurde auch untersucht, ob man durch Tageslichttransport im oberen Viertel oder in der oberen Hälfte des Fensters, den Primärenergiebedarf weiter senken kann. Angenommen wurde, dass der Teil mit Tageslichttransport denselben Lichttransmissionsgrad und Gesamtenergiedurchlassgrad aufweist. Das heißt: Es wird mehr Tageslicht in den Raum transportiert, aber gleichzeitig auch mehr Wärme, welche sich im Sommer nachteilig bei der Kühlung auswirkt.

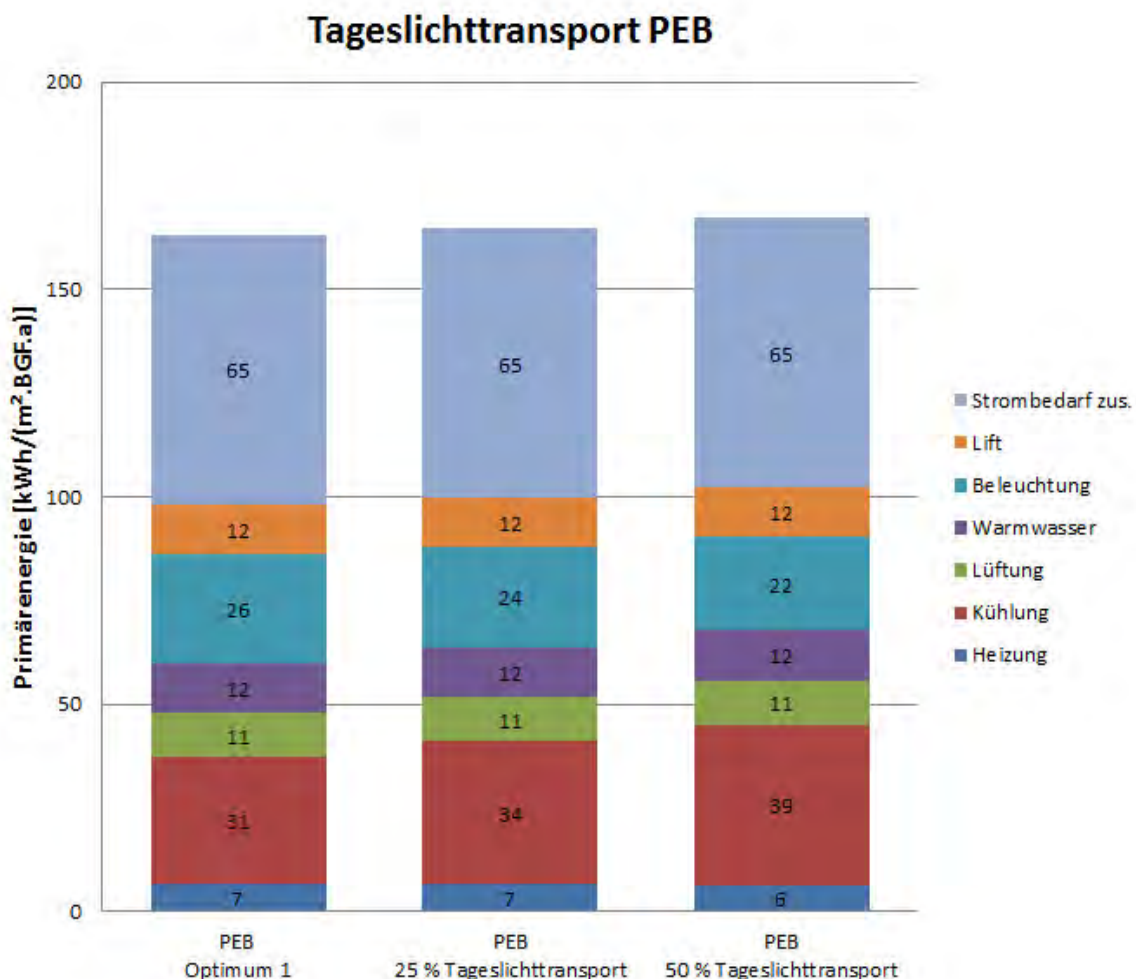


Abbildung 30: Vergleich Primärenergiebedarf PEB Optimum 1: Tageslichttransport

In Abbildung 30 lässt sich der Einfluss des Tageslichttransportes auf die Beleuchtung gut erkennen. Aber während die erforderliche Beleuchtungsenergie um jeweils 2 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) sinkt, steigt die Primärenergie der Kompressionskältemaschine um 3 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) bzw. 8 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) an. Folglich bewirkt der höhere Wärmeeintrag, bei der Verwendung von Tageslichttransportsystemen einen höheren Energieverbrauch.



### Fassadentypen:

Wie aus den Eingabedaten ersichtlich, beruhen alle vorherigen Berechnungen auf einem Lichtband (Skelettbau) ohne Sturz und 80 cm Parapet. Im Projekt wurden aber auch drei verschiedene Fassadentypen primärenergetisch untersucht. Welche Fassadekonstruktion hat den geringsten Primärenergiebedarf in Kombination aus Kühlen, Heizen und Beleuchten? Lochfassade wurde, weil im Bürobau eher unüblich, nicht untersucht. Die drei Varianten stellen sich wie folgt dar:

- Ganzglasfassade
- Lichtband (Skelettbau) mit 50 Sturz und 80 cm Parapet
- Lichtband (Skelettbau) ohne Sturz und 80 cm Parapet

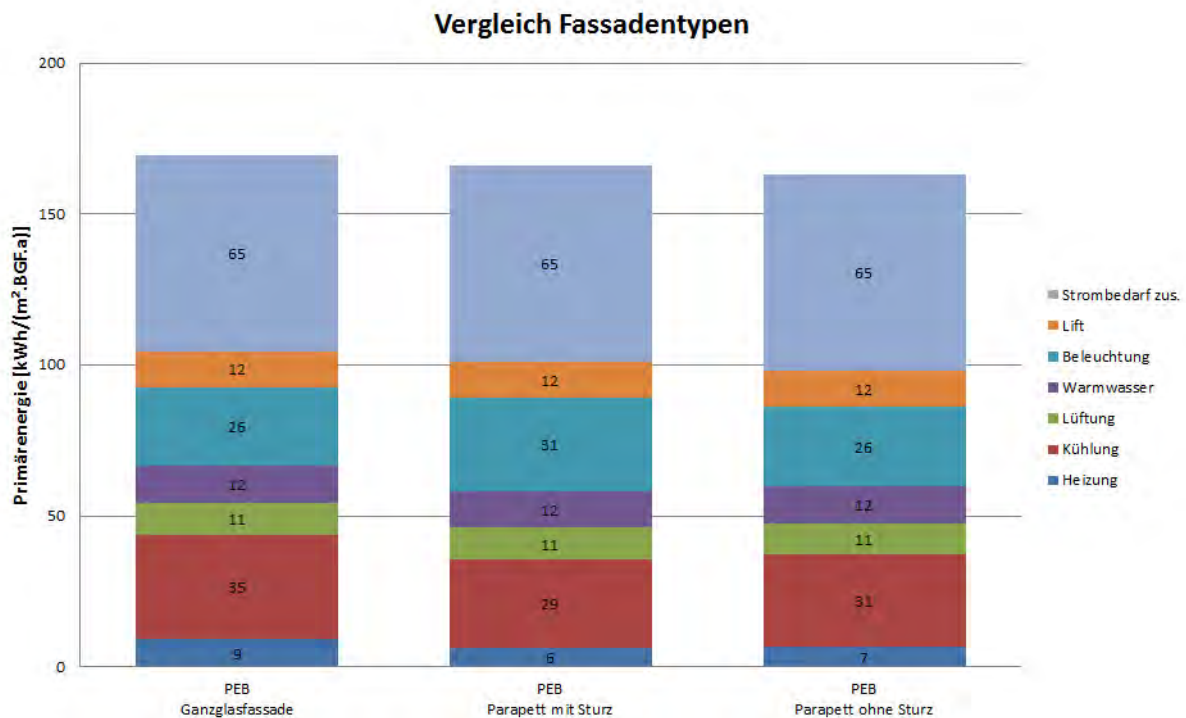


Abbildung 31: Vergleich Primärenergiebedarf PEB Optimum 1: Fassadentypen

In

Abbildung 31 wird gezeigt, dass die erforderliche Energie für die Beleuchtung bei Fassade 1 und 3 gleich ist und für die Variante mit Sturz um 5 kWh/(m².BGF.a) höher liegt. Durch den hohen Wärmeeintrag der Ganzglasfassade im Parapetbereich muss hier für das Kühlen mehr Energie eingesetzt werden. Darum ist die Variante 3 der primärenergetisch optimalste Fassadentyp.

### Primärenergiefaktoren:

Um die Wichtigkeit und den Einfluss der Primärenergiefaktoren plakativ darzustellen, wurde anhand der Variante Optimum 1 der gesamte Primärenergiebedarf mit verschiedenen und gängigen Faktoren berechnet.

Die strategischen und auch bisher verwendeten Faktoren stellen sich wie folgt dar:

- Strom 3,5 kWh/kWh
- Fernwärme 1,0 kWh/kWh

Zum Vergleich die Werte aus dem Passivhausprojektierungspaket [PHP07]:



- Strom 2,7 kWh/kWh
- Fernwärme 0,7 kWh/kWh

Die tatsächlichen Primärenergiefaktoren für Österreich aus GEMIS [UBA10]:

- Strom 2,074 kWh/kWh
- Fernwärme 1,580 kWh/kWh

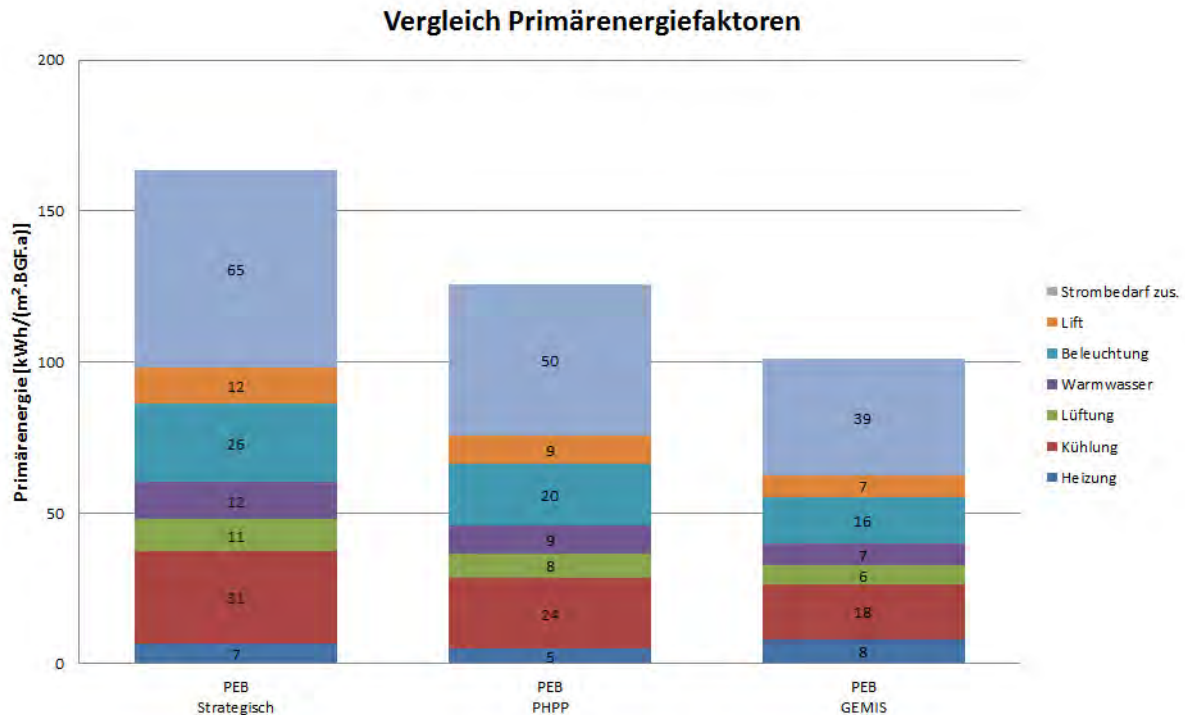


Abbildung 32: Vergleich Primärenergiebedarf PEB Optimum 1: Primärenergiefaktoren (Vergleich mit PHPP-Grenzwert ist nicht gegeben, da hier auf BGF gerechnet und außerdem ist im PHPP kein Transport inkludiert.)

In Abbildung 32 wird der große Einfluss der Konversionsfaktoren ersichtlich. Der Unterschied zwischen den strategischen und den berechneten beträgt 62 kWh/(m².BGF.a).

Das Gebäude ist trotz der PHPP-Faktoren nicht mit dem Grenzwert des [PHP07] von 120 kWh/(m².EBF.a) vergleichbar, da dort auf die Energiebezugsfläche und nicht auf die Bruttogrundfläche gerechnet wird. Außerdem wird im [PHP07] der Transport (Aufzug) nicht mit eingerechnet und folgende Randbedingungen sind im [PHP07] anders geregelt:

- Auslegungstemperatur beträgt 20 °C
- Die internen Wärmegewinne betragen 2,1 W/m²
- Belegungsdichte: 35 m²/Person
- Annahmen Beleuchtung
- etc.

Beim Vergleich verschiedener Projekte ist es deshalb sehr wichtig, darauf zu achten, welche Primärenergiefaktoren verwendet werden, auf welche Fläche man sich bezieht und welche Komponenten im Primärenergiebedarf inkludiert sind.

### 7.3 Ergebnisse, Vergleich und Optimierung mittels Simulation

Wie im Kapitel 7.1 beschrieben, wurden mit dem Simulationstool „BuildOpt“ die Heiz- und Kühllasten des Gebäudes eruiert und der Bedarf der Raumluftechnik berechnet. Folgende Varianten wurden untersucht:

- Referenzgebäude
  - o Ohne Nachtlüftung
  - o Geöffnete Fenster 12 cm gekippt
  - o Offene Fenster
- PEB Optimum
  - o Ohne Nachtlüftung
  - o Geöffnete Fenster 12 cm gekippt
  - o Offene Fenster

In der Simulation wurden nicht alle Maßnahmen einzeln untersucht, sondern das Referenzgebäude mit dem PEB-Optimum verglichen. Durch die verschiedenen Programme ergaben sich teilweise verschiedene Parameter in den Regelungen und Grenzwerten:

- Es wurden alle 27 Zonen pro Geschoß berechnet.
- Die inneren Lasten und Raumtemperaturen wurden pro Raum und Zone berechnet und nicht gekoppelt, wie im probabilistischen Modell.
- Die Verschattung der Nachbargebäude wurde genau berechnet.
- Der Sonnenschutz aktiviert sich bei einer Gesamtstrahlung von 200 W/m<sup>2</sup> oder wenn die Raumtemperatur 24 C übersteigt.
- Die Luft wird im Winter auf 17 C und nicht auf 20°C vorkonditioniert.
- Die Beleuchtungsstärke wird pro Arbeitsplatz und nicht pro Raum berechnet.
- Die Energieeinsparung durch dimmen wird nicht berücksichtigt.
- Die elektrischen Geräte werden auf die einzelnen Zonen als innere Lasten aufgeteilt, wodurch der Strombedarf je Zone ersichtlich ist, nicht jedoch welches Gerät welchen Strombedarf hat. So konnte die Heiz- und Kühllasten ermittelt werden. Der Strombedarf einzelner Geräte ist mit dem probabilistischen Modell besser erfassbar.
- Die gesamte Feuchteproduktion wird durch genaue Ermittlung der anwesenden Personen abgebildet.

Wie bereits im Kapitel 7.1 beschrieben, wurde nicht das gesamte Gebäude simuliert, sondern 4 Geschoße in unterschiedlicher Höhenlage. Die nicht berechneten Zwischengeschoße sind gemittelt. Dies ermöglicht einen schnelleren Rechengang der einzelnen Simulationen.

Zum besseren Verständnis wird noch darauf hingewiesen, dass das Referenzobjekt mit ineffizienten Geräten und Beleuchtung und das PEB mit effizienten Geräten und Beleuchtung berechnet wurde. Somit sind die inneren Lasten im Referenzobjekt höher als im PEB.

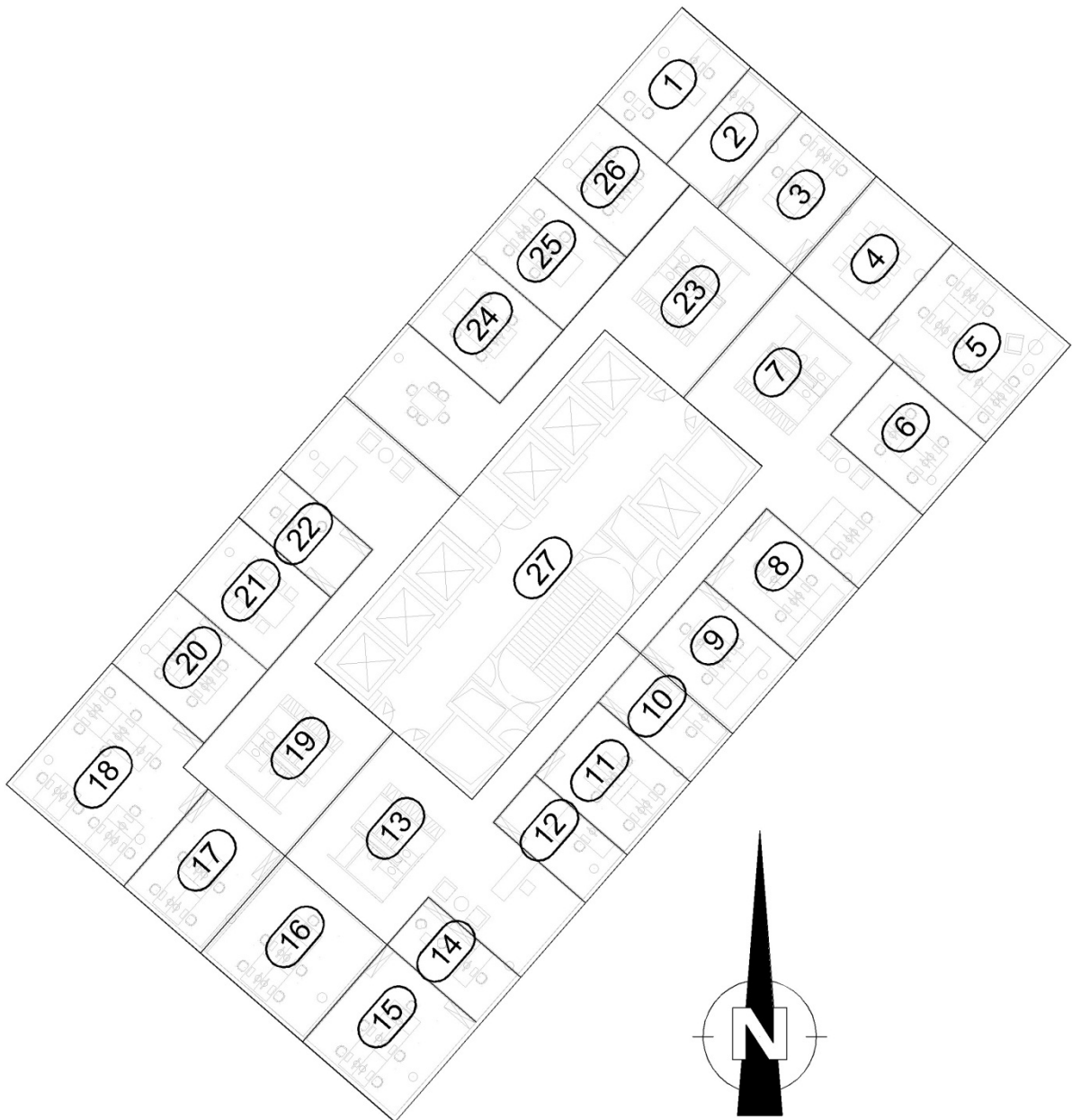


Abbildung 33: Zonierung eines Geschoßes für das Simulationsmodell mit Orientierung

### Heizlasten

Die Heizlasten wurden nicht wie üblich mit einer Normaußentemperatur nach [Oen03a] und [Oen06a] ohne innere Lasten und ohne Solarerträge sondern mittels Simulation ermittelt. Wie erwartet hat die Öffnung der Fenster für die Nachtlüftung im Sommer keine Auswirkung auf die Heizung. Die berechneten Heizlasten der einzelnen Zonen stellen sich wie folgt dar:

## Vergleich Heizlasten

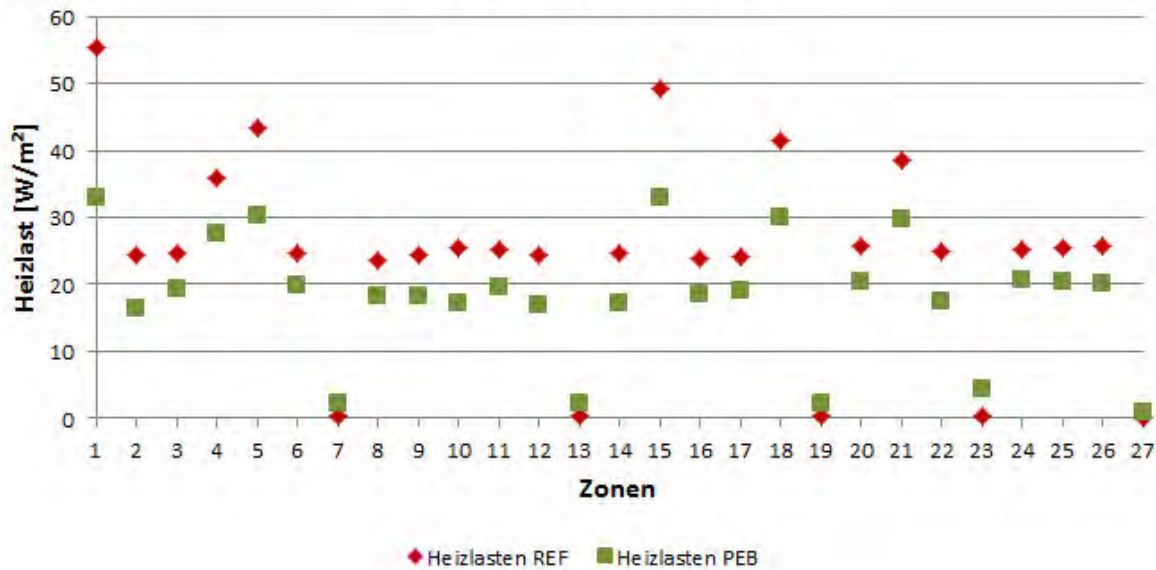


Abbildung 34: Vergleich der Heizlasten pro Zone

In den Eckbüros, Zone 1, 5, 15 und 18, sind die Heizlasten am höchsten. Das liegt an dem erhöhten Anteil der Fassadenfläche zur Grundrissfläche. Die Zone 1 ist außerdem noch ein größeres ein Personen-Büro. Folglich sind die inneren Lasten in diesem Raum am niedrigsten. Auch in den Besprechungsräumen, Zone 4 und 21, ergeben sich etwas höhere Werte. Dies resultiert aus den unterschiedlichen Nutzungszeiten. Ein Besprechungsraum wird während der Nutzungszeit nicht immer genützt und darum fehlen hier die inneren Gewinne.

Der Unterschied zwischen Referenzobjekt und PEB beträgt zwischen 2 und 25 W/m². Durch die geringen inneren Gewinne im PEB sind höhere Heizlasten erforderlich, um diesen Umstand wieder auszugleichen. Trotzdem liegen alle Werte unter denen des Referenzobjektes. Um mit einer bauteilaktivierten Decke zu Heizen, liegt der Grenzwert lt. 6.1.1 Wärme und Kälte bei 15 W/m². Folglich ist es nicht möglich, das Gebäude ohne Radiatoren zu Heizen. Das liegt auch an den hohen U-Werten der Elementfassade im opaken Bereich. Normalerweise kann man bei Passivhausstandard im Parapetbereich von einem U-Wert von 0,15 W/(m².K) ausgehen. Dieser Wert wird aufgrund der durchlaufenden Rahmen bei einer Elementfassade nicht erreicht.

Die geringen Heizlasten in den Kernzonen 7, 13, 19, 23 und 27 beruhen auf der Tatsache, dass das Verhältnis Fassadenfläche zur Grundrissfläche sehr klein ist. Darum gibt es sehr geringe Transmissionsverluste.

## Vergleich Laufzeit Heizfall Bauteilaktivierung

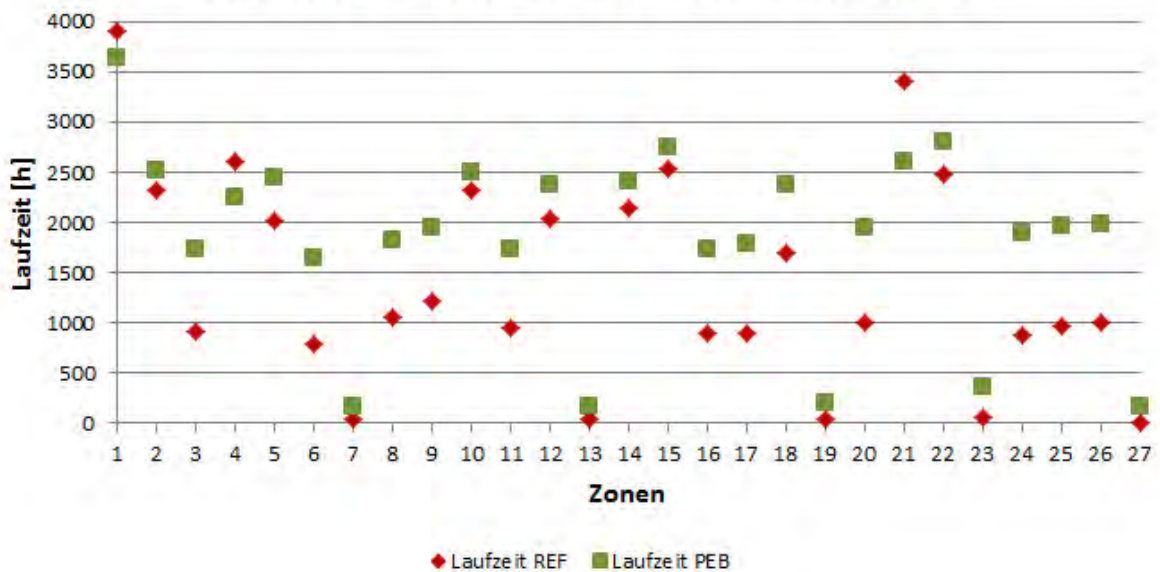


Abbildung 35: Vergleich der Laufzeiten der Bauteilaktivierung pro Zone im Heizfall

Auch bei den Laufzeiten gibt es keinen großen Unterschied zwischen den beiden Bauweisen. Die Aktivierungszeiten der Heizung korreliert mit den Heizlasten. Höhere Heizlasten ergeben längere Laufzeiten.

## Vergleich Wärmebedarf

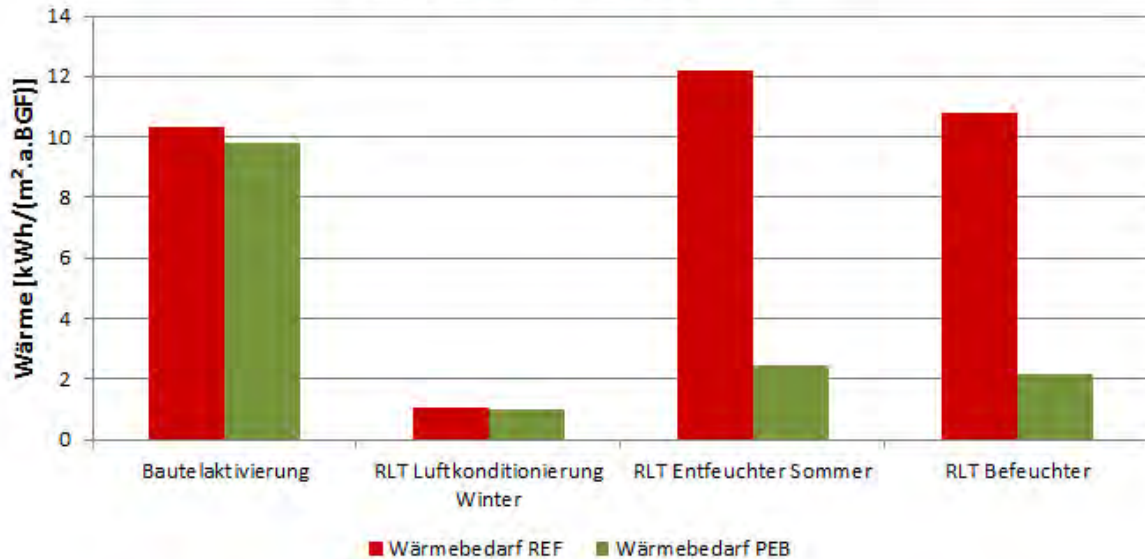


Abbildung 36: Vergleich des Wärmebedarfs für Bauteilaktivierung und Raumlufttechnik

In Abbildung 36 sind die jährlichen Wärmemengen für die Bauteilaktivierung und die Raumlufttechnik getrennt dargestellt. Wie man aus den geringen Unterschieden der Heizlasten und Laufzeiten der Bauteilaktivierung zwischen Referenzobjekt und PEB schließen kann, ist der Wärmebedarf für diese auch nicht gänzlich anders. Während der Bedarf an Wärme für die Bauteilaktivierung und die Luftkonditionierung noch sehr ähnlich sind, stellen sich große Abweichungen beim Ent- und Befeuchter dar. Der geringere Wärmebedarf des Nachheizregisters nach dem Entfeuchter geht auf das Erhöhen der

Feuchtegrenze von 9 g/kg auf 11 g/kg zurück. Die Feuchterückgewinnung über die Rotationswärmetauscher bringt auch ca. 9 KWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) ein. Somit lassen sich insgesamt 19 KWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) einsparen.

### Kühllasten

Auch die Kühllasten wurden nicht wie üblich mit der [VDI96] berechnet, sondern per Simulation ermittelt. Die Öffnung der Fenster für die Nachtlüftung im Sommer hat Auswirkung auf die Kühlung. Die berechneten Kühllasten der einzelnen Zonen sind in der Abbildung 37 dargestellt:

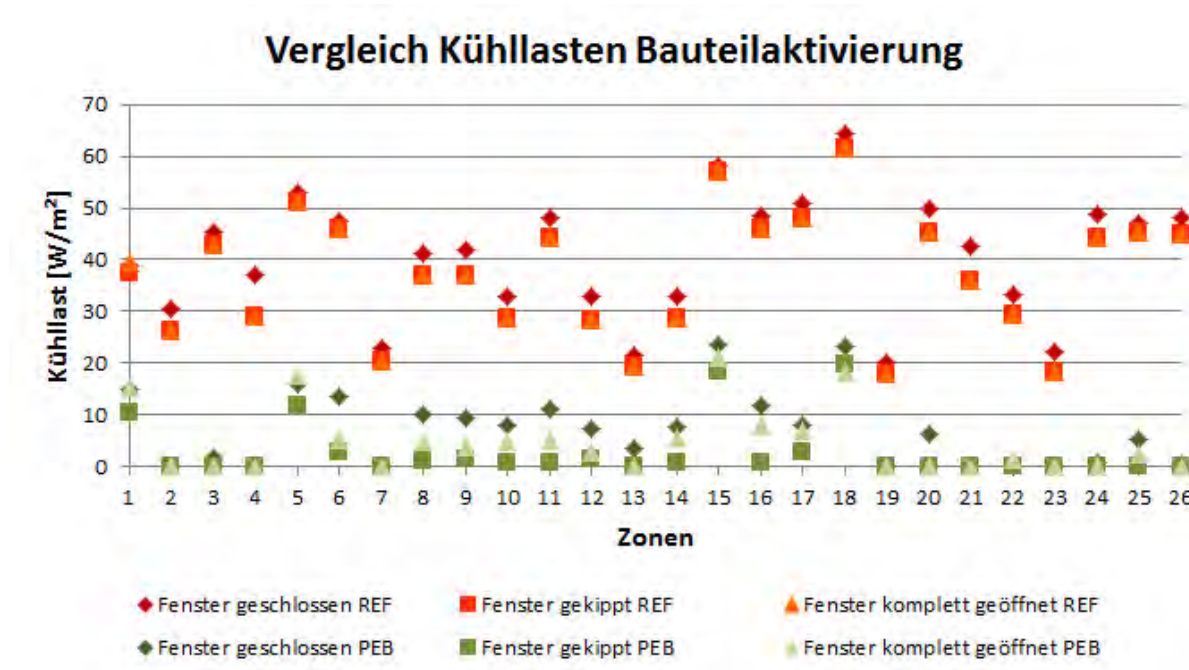


Abbildung 37: Vergleich der Kühllasten pro Zone

Im Gegensatz zu den Heizlasten ergeben sich hier erhebliche Unterschiede zwischen den zwei verschiedenen Bauweisen. Auch im Kühlfall errechnen sich für Eckbüros die höchsten Werte. Hier schlagen sich die Annahmen mit ineffizienter Büronutzung und Standardfassade doppelt zu Buche. Die Kühllasten des Referenzobjektes liegen zwischen 20 und 62 W/m<sup>2</sup>. Im Gegensatz dazu beträgt die maximale Kühllast des PEB nur 20 W/m<sup>2</sup>. Diese Lasten sind mit der Kühldecke leicht zu bewerkstelligen, es bleiben sogar Ressourcen übrig, falls eine andere Büronutzung angedacht wird. Der Einfluss der Nachtlüftung ist beim Referenzobjekt gewichtig. Beim PEB ist der Einfluss der Nachtlüftung nicht annähernd so groß. Es ist fraglich, ob der Aufwand der Installation und auch die Wartung der Motoren diesen Unterschied wettmachen.

Vertiefende Untersuchungen dazu sind erforderlich, um alle Vor- und Nachteile der Nachtlüftung aufzuzeigen und eine abschließende Empfehlung geben zu können.



## Vergleich Laufzeiten Kühlfall Bauteilaktivierung

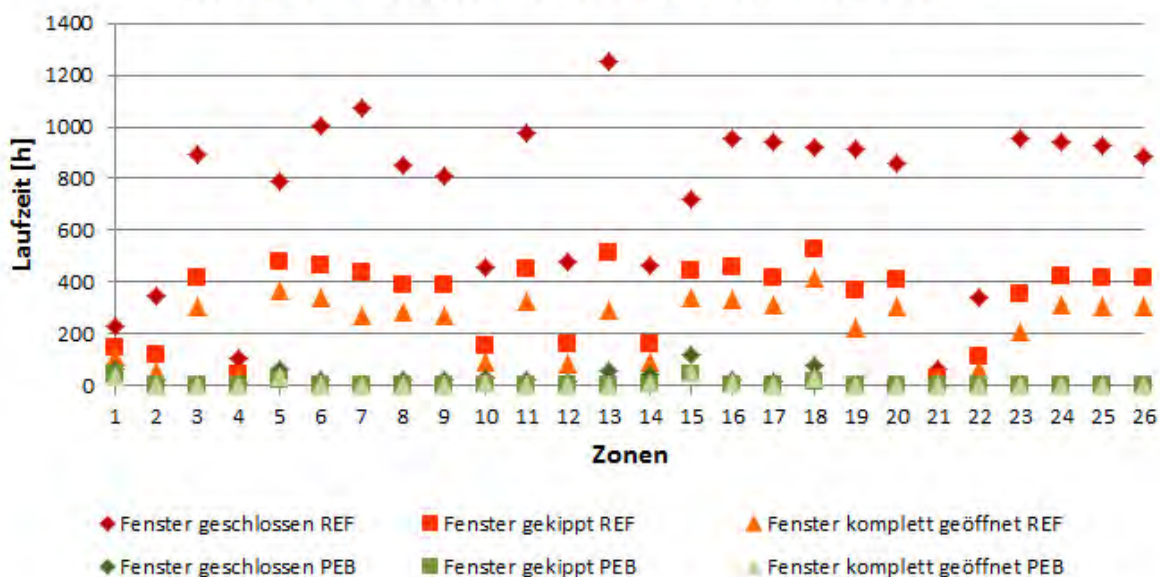


Abbildung 38: Vergleich der Laufzeiten der Bauteilaktivierung pro Zone im Kühlfall

Auch bei den Laufzeiten ergeben sich große Abweichungen zwischen den beiden Gebäudetypen. Während beim Referenzobjekt die Kältemaschine teilweise bis zu 1.250 h im Jahr das Büro versorgt, kommt man beim PEB mit maximal 200 h im Jahr aus. Das schlägt sich auch auf den Primärenergiebedarf nieder, da der Strombedarf der Pumpen mit einberechnet wurde. Auch hier zeigt die Nachtlüftung nur beim Referenzobjekt deutlichen Einfluss. Diese Grafik verdeutlicht auch, welches Einsparungspotential in gekühlten Bestandsbüros vorhanden ist.

## Vergleich Kühlbedarf

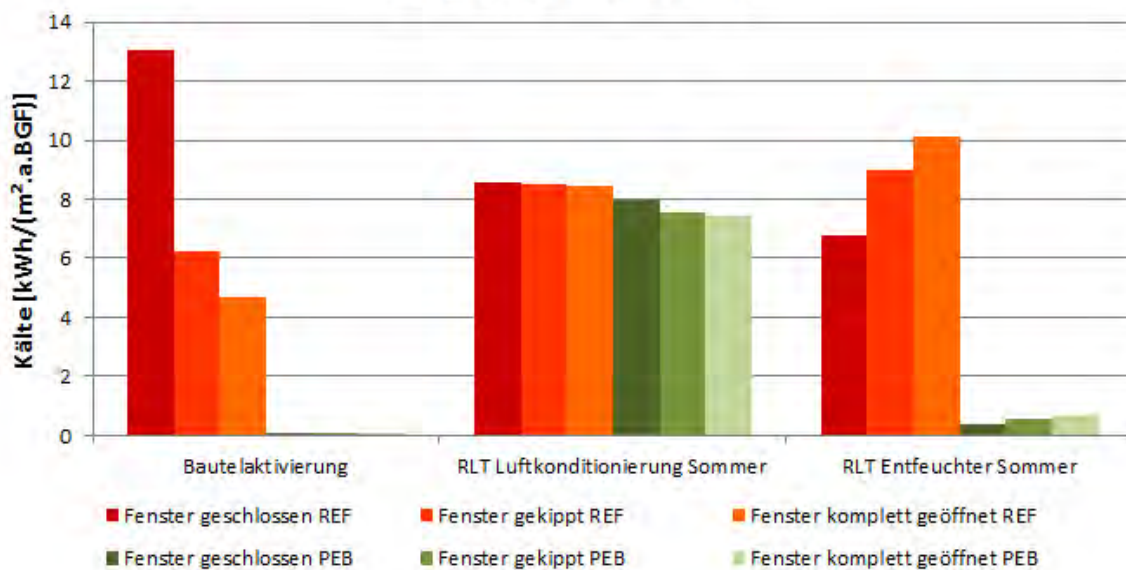


Abbildung 39: Vergleich des Kältebedarfs für Bauteilaktivierung und Raumlufttechnik

Den Kühlbedarf des PEB bei der Bauteilaktivierung ist sehr gering, während das Referenzobjekt bei geschlossenen Fenstern einen Kühlbedarf von 13 kWh/(m².BGF.a)

aufweist. Das Kältereister verbraucht dagegen in beiden Gebäuden annähernd die gleiche Kältemenge, unabhängig ob mit oder ohne Nachtlüftung. Ausgenommen ist hiervon die Kältemenge des Entfeuchters. Dies ist wiederum auf das Erhöhen der Entfeuchtungsgrenze auf 11 g/kg zurückzuführen. Interessant ist, dass der Entfeuchtungsbedarf mit offenen Fenstern wieder steigt. Dies liegt am unkontrollierten Einströmen feuchter Außenluft. Diese feuchte Luft muss am Morgen wieder entfeuchtet werden.

## **7.4 Kombination probabilistisches Modell und Simulation**

In diesem Kapitel wurden die Stärken beider Berechnungsmodelle miteinander vereint und mit den vorangegangenen Berechnungen verglichen. Die Ergebnisse aus „BuildOpt“ wurden im probabilistischen Modell eingesetzt. Folgende Ergebnisse wurden aus der Simulation verwendet:

- Wärmebedarf der Bauteilaktivierung
- Heizregister für die Luftkonditionierung
- Heizregister des Dampfbefeuchters
- Nachheizregister des Entfeuchters
- Kühlbedarf der Bauteilaktivierung
- Kühlbedarf für die Luftkonditionierung
- Kühlbedarf des Entfeuchters

Durch die Eingabe der simulierten Wärme- und Kältemengen für die Bauteilaktivierung und die Raumluftechnik kann man den Primärenergiebedarf des Gebäudes genauer vorhersagen. In Abbildung 40 und Abbildung 41 werden die Unterschiede zwischen dem probabilistischen Modell und der Kombination der beiden Berechnungsarten dargestellt.



## Vergleich Referenzgebäude - Modell Simulation

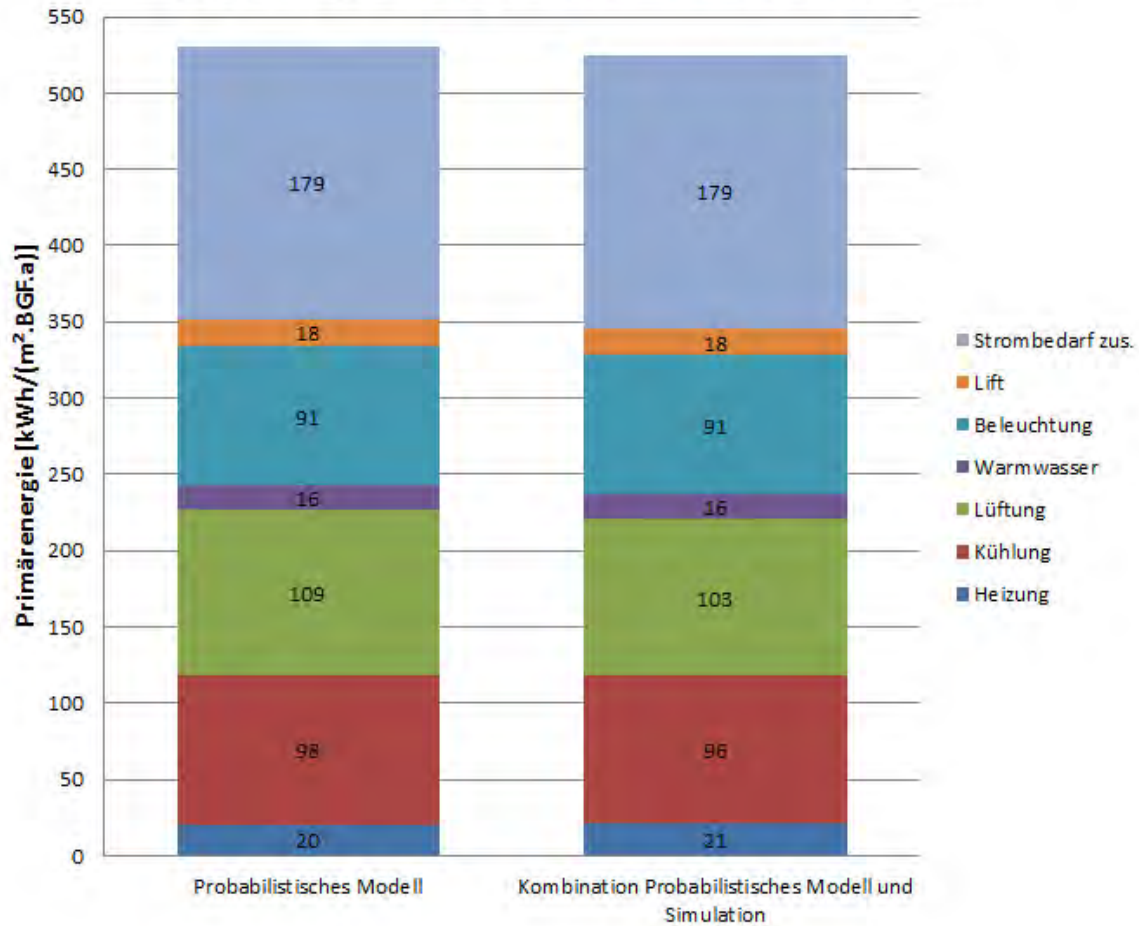


Abbildung 40: Vergleich des probabilistischen Modells mit der Kombination aus dem probabilistischen Modell und der Simulation am Beispiel des Referenzobjektes

Der gesamte Primärenergiebedarf des Referenzobjektes beträgt nach den kombinierten Berechnungen statt 531 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) nun 525 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a). Die Heizenergie wird im probabilistischen Modell leicht unter- und die Kühlenergie für die Raumlufttechnik leicht überschätzt.

## Vergleich PEB - Modell Simulation

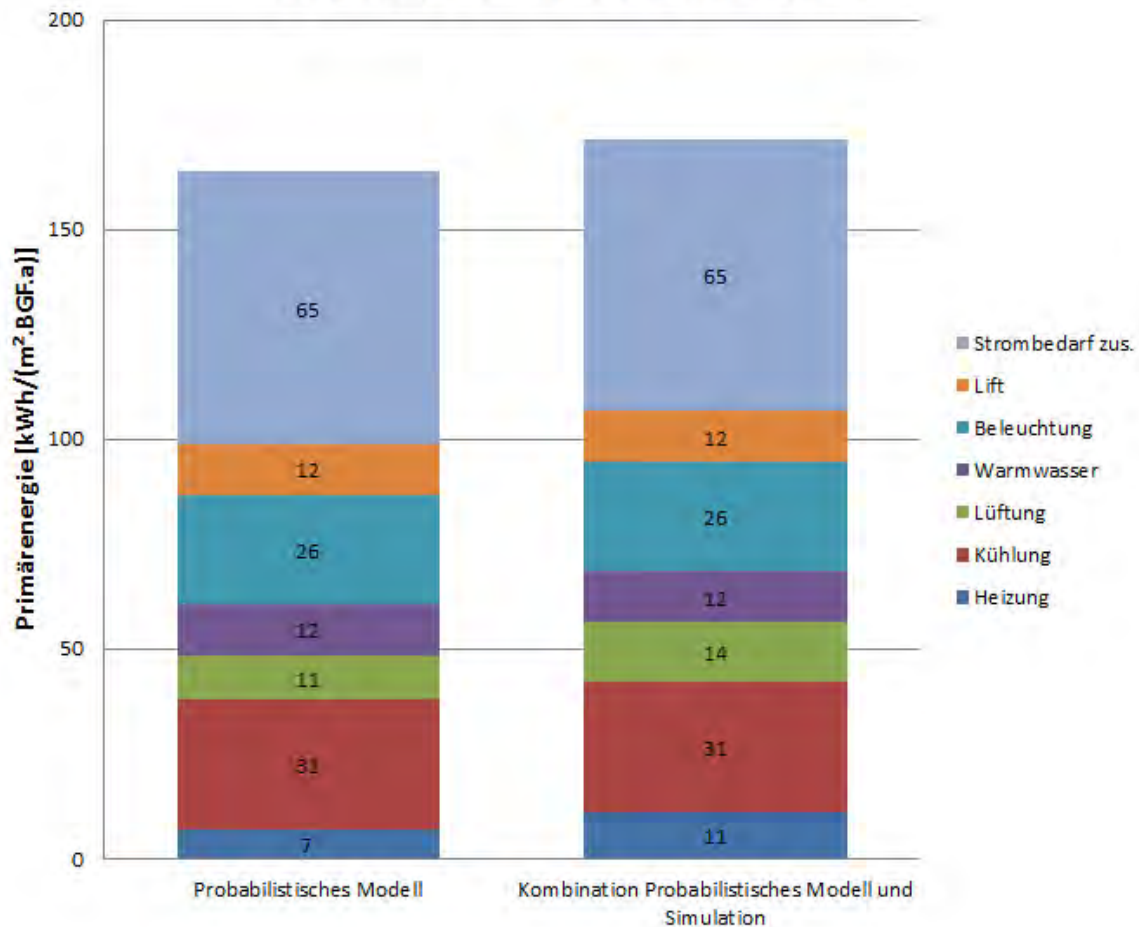


Abbildung 41: Vergleich des probabilistischen Modells mit der Kombination aus dem probabilistischen Modell und der Simulation am Beispiel des PEB

Während beim Referenzobjekt der gesamte Primärenergiebedarf sinkt, steigt dieser beim PEB an. Das liegt, wie beim Referenzobjekt, an einer Unterschätzung der erforderlichen Heizenergie, aber auch an einer Unterschätzung der Kühlenergie der Lüftungsanlage. Somit ergibt sich für das PEB ein Primärenergiebedarf von 172 kWh/(m².BGF.a).

## 7.5 Ertrag aus der Photovoltaikanlage und der Aufzugsanlage

Um ein Plus zu generieren, muss Energie gewonnen werden. In diesem Projekt wird dies anhand von Photovoltaikmodulen und Bremsenergieerückspeisung der Aufzugsanlage bewerkstelligt. Ziel ist es, die erzeugte Energie zu nutzen und nur Überschüsse ins Netz zu speisen.

### Photovoltaik

Die Photovoltaikanlage wird am Dach und auf der Südost- und Südwestfassade installiert. In den Fassaden wird die Fläche zwischen den Fensterbändern genutzt. Die Flächenaufstellung stellt sich wie folgt dar:

Photovoltaik-Anlage Gebäudeintegriert:			
Fläche 1:	Ausrichtung 41° Südöstlich gebäudeintegriert	23*1,28*48	1400 m <sup>2</sup>
Fläche 2:	Ausrichtung 41° Südwestlich gebäudeintegriert	23*1,28*24	700 m <sup>2</sup>
Wirkungsgrad:			11%
Verschmutzungsfaktor:			0.90
Wechselrichter:			0.98

Photovoltaik-Anlage Dach:	400 Suntechmodule		
Fläche 3:	Ausrichtung 180° Südlich 35°		776 m <sup>2</sup>
Wirkungsgrad:			14,4 %
Verschmutzungsfaktor:			0.90
Wechselrichter:			0.98

Am Dach besteht die Möglichkeit, die Photovoltaikmodule ideal auszurichten. Wie in Abbildung 42 ersichtlich, liegt der ideale Bereich in südlicher Ausrichtung unter 35° Neigung aus der Horizontalen. In dieser Graphik ist auch dargestellt, dass mit vertikalen Modulen maximal bis zu 70 % der Energie im Vergleich zu ideal situierten Anlagen geerntet werden kann.

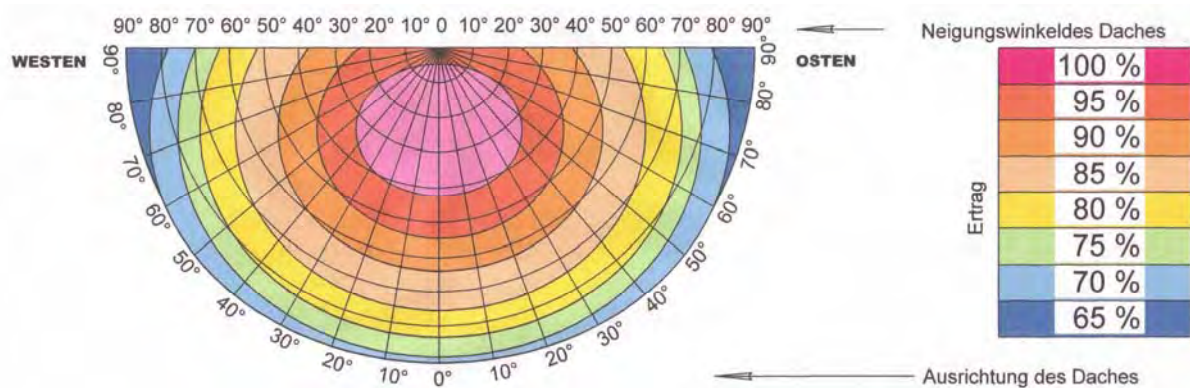


Abbildung 42: Ausrichtung der Photovoltaikmodule in Abhängigkeit der Ausrichtung und der Orientierung (Quelle: [BOD10])

Das Dach wird mit polykristallinen Solarmodulen bestückt. Diese erreichen zurzeit einen Wirkungsgrad von 14,4 %. Es gibt Module mit Wirkungsgraden über 20 %, bei diesen ist das Verhältnis zwischen Preis pro Kilowattpeak jedoch weit schlechter als bei den erstgenannten.

Der höhere Wirkungsgrad der vertikalen Elemente resultiert aus der Verwendung von CIS-Modulen (Kupfer-Indium-Di-selenid). Diese Technologie ist durch den länglichen Aufbau unempfindlicher gegenüber Teilabschattungen und ermöglicht somit einen höheren Strom-Ertrag.

#### Aufzug mit Bremsenergieerückspeisung

Einige Aufzugsfirmen bieten mittlerweile energieeffiziente Lifte mit Bremsenergieerückspeisung an. Mit diesen Systemen können bis zu 30 % des jährlichen Energiebedarfs der Aufzugsanlage rückgewonnen werden. Weiters ist es wichtig, die Aufzugsanlagen selbst so sparsam wie möglich zu machen. Durch Maßnahmen wie LED-Kabinenbeleuchtung mit Präsenzmelder, Stand-By-Modus der Anzeigeelemente und Zielwahlsteuerung kann der Bedarf gesenkt werden. Folgende Werte wurden für die Berechnung verwendet:

Lift: (VDI4707) Nutzungskategorie 5 Büro- und Verwaltungsgebäude ca. 100 m Durchschnittliche Fahrtzeit in Stunden pro Tag Energiebedarf Stillstand Energiebedarf für das Fahren Nennlast: Geschwindigkeit: Förderhöhe: Bremsenergieerückspeisungsanteil:	sehr stark/ sehr häufig $t_{\text{fahren}}$ $P_{\text{stillstand,Max}}$ $E_{\text{Fahren,spez,Max}}$ $Q$ $v_{\text{nenn}}$ $h$ 0.30 m	<b>Energiebedarfsklasse A</b> 6.0 h <b>50 W</b> <b>0.56 mWh/(kg.m)</b> 1600 kg 2.50 m/s 90.00 m
---	--	---

In folgender Abbildung 43 sind die Primärenergieerträge aus Photovoltaik und Aufzüge ersichtlich:

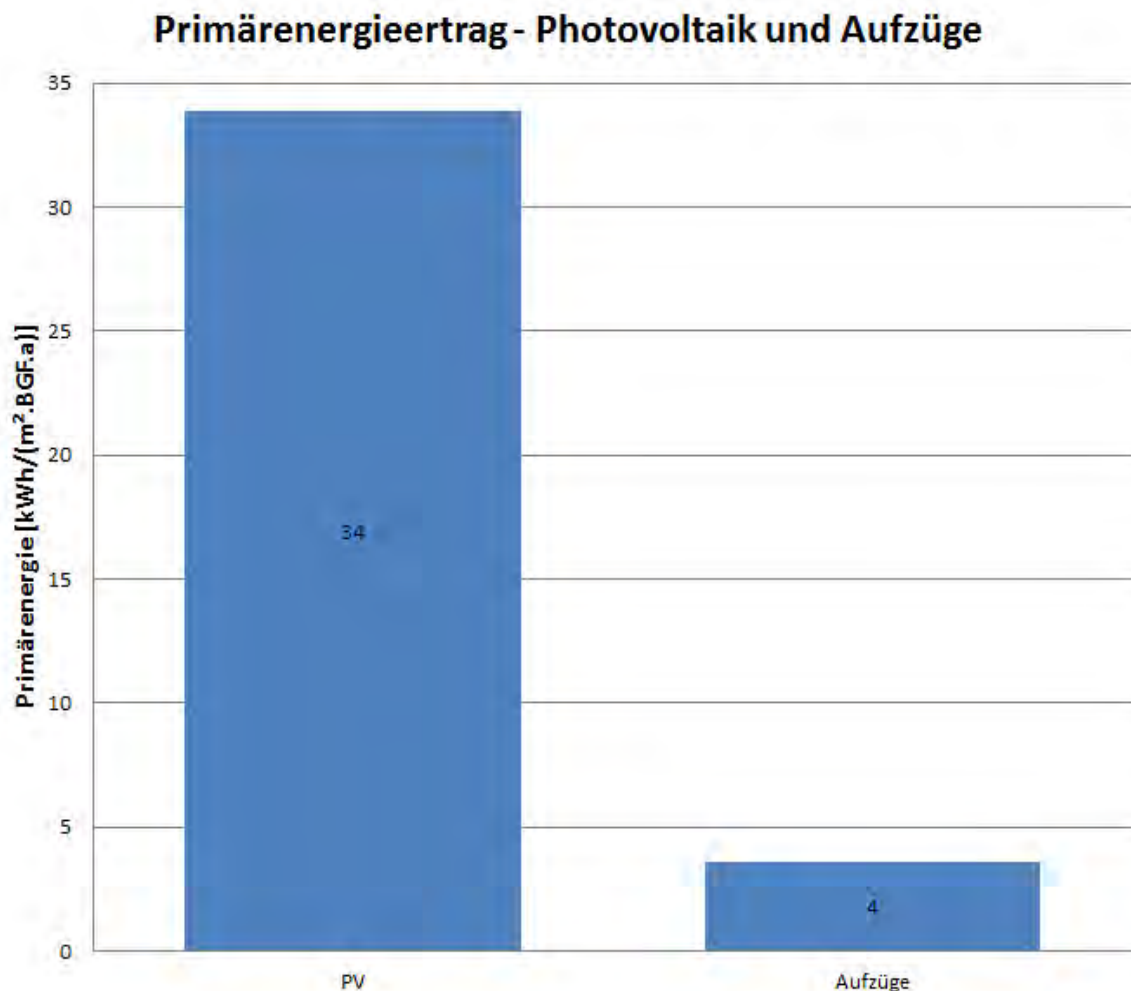


Abbildung 43: Primärenergieertrag aus der Photovoltaik- und Aufzugsanlage

Da der Bedarf des Hochhauses mit 172 kWh/(m².BGF.a) deutlich höher liegt als der Ertrag mit 38 kWh/(m².BGF.a), kann an diesem Gebäude über das Jahr gesehen kein Überschuss generiert werden (siehe auch Abbildung 46). Im Flachbau könnte unter Einhaltung aller angenommenen optimalen Rahmenbedingungen (z.B. PV-Modulen mit hohen Wirkungsgraden) primärenergetisch ein Überschuss generiert werden.

## 8. Errichtungskosten, Betriebskosten, Marketingkonzept

### 8.1 Errichtungskosten

In einem ersten Schritt wurden jeweils getrennt für den Flachbau und für das Hochhaus Kosten der einzelnen Gebäudekomponenten des Beispielprojekts als Passivhaus A++ im Vergleich zum gewählten Referenzbürogebäude im Niedrigenergiestandard A ermittelt. Im nächsten Schritt wurden Mehrkosten zur Erreichung des Plus-Energie-Niveaus erarbeitet, um den erforderlichen Mehraufwand zur Erreichung dieses Zieles ausweisen zu können. Jede Kostenschätzung erfolgte gemäß ÖNORM 1801-1. Die Kostenangaben per Sommer 2010 sind ohne Mehrwertsteuer, beinhalten jedoch alle zugehörigen Nebenkosten soweit erfassbar und in der Norm abgebildet (z.B. ohne Grundstücks- und Finanzierungskosten). Aufgrund des frühen Projektstadiums (Beginn Vorentwurf) ist von einer Kostenungenauigkeit von rd. 10-15 % auszugehen. Alle Kosten sind unverhandelt und können je nach Konjunkturlage der Bauwirtschaft sowohl positiv als auch negativ beeinflusst werden. Die vorliegende Kostenschätzung der Vorentwurfsphase muss im nächsten Planungsschritt in eine Kostenberechnung basierend auf genaueren Massenangaben konkretisiert werden.

Verglichen mit konventionellen Gebäuden mit ähnlicher Ausstattung ist die Haustechnik im PEB etwas teurer – bei höherem Komfort, da die Gebäudehülle geringere Schwankungen der Komfortparameter verursacht. Dabei berücksichtigt sich Einsparungen durch den Wegfall von Heizkörpern in den Flachbauten und geringere Anschlussleistungen mit höheren Investitionen für stromeffiziente Lüftungsanlagen, beim Kreislaufverbundsystem (WRG) und Regelung. Die anlagentechnische Energieeinsparung ist somit nicht nur wirtschaftlich, sondern auch ohne finanzielles Risiko. Voraussetzung hierfür ist natürlich die Passivhaus-Qualität der Gebäudehülle.

Die Kosten für die frei am Dach montierten Photovoltaikpaneele wurden mit ca. EUR 3000/kWp und die Kosten für auf einer aufgeständerten Stahlkonstruktion montierten Photovoltaikpaneele mit ca. EUR 7.000/kWp angenommen. Die Kosten für stromsparende Maßnahmen und Energierückgewinnung bei den Aufzügen (Motor mit Bremsenergieerückgewinnung) wurden mit ca. EUR 20.000/Aufzug angenommen. Die Kosten für eine Wetterstation inklusive Wettervorhersage für eine Feed-forward Regelung wurden mit insgesamt ca. EUR 7.000 angenommen. Diese Kosten wurden zur Hälfte dem Hochhaus und zur Hälfte dem Flachbau zugeordnet.

Beim Hochhaus wurden am Dach zusätzlich 20 cm Wärmedämmung (im Vergleich zum Referenzfall) angenommen. Die Kosten dafür inklusive notwendiger Zusatzarbeiten wurden mit EUR 70/m<sup>2</sup> Dachfläche angenommen. Beim Keller wurden zusätzliche 15 cm Wärmedämmung angenommen. Die Kosten wurden mit EUR 45/m<sup>2</sup> Kellerdecke angenommen. Die Kosten für die Passivhaus-Element-Fassade mit zwei offenen Drehflügeln, Vakuumdämmung im opaken Bereich, Fassadenverkleidung und 3-Scheiben-Isolierverglasung wurden im Hochhaus mit EUR 810/m<sup>2</sup> Fassade angenommen. Der außenliegende Sonnenschutz (Außenjalousien) wurde mit rd. EUR 80/m<sup>2</sup> transparente Fassadenfläche angenommen, die Anforderungen an den Sonnenschutz sind aufgrund der vorgelagerten Prallscheibe geringer als im Flachbau. Die Mehrkosten für die Integration des Sonnenschutzes in die Gebäudeleittechnik (Schalter, Einbau, Verrohrung, Verkabelung) wurden mit EUR 247 pro Fassadenachse angenommen. Die Mehrkosten für den

Motorbetrieb der Fensteröffnung wurden mit EUR 105 pro Stück und Fensterachse angenommen. Die Mehrkosten für die Photovoltaik-Dünnschichtmodule integriert in die Passivhaus-Element-Fassade wurden mit ca. EUR 510/m<sup>2</sup> Fassade angenommen. Die Dünnschichtmodule wurden nur an den Südwest- und Südost-Fassaden angenommen.

Auch bei den Flachbauten wurden am Dach zusätzlich 20 cm Wärmedämmung im Vergleich zum Referenzfall angenommen. Die Kosten dafür, inklusive notwendiger Zusatzarbeiten wurden mit EUR 70/m<sup>2</sup> Dachfläche angenommen. Beim Keller wurden zusätzliche 15 cm Wärmedämmung angenommen. Die Kosten wurden mit EUR 45/m<sup>2</sup> Kellerdecke angenommen. Bei den Decken über Außenluft wurden zusätzliche 20 cm Wärmedämmung im Vergleich zum Referenzfall angenommen. Die Mehrkosten dafür wurden mit EUR 43/m<sup>2</sup> Deckenfläche angenommen. Die Kosten für die Passivhaus-Fensterbandfassade mit 2 öffnbaren Drehflügeln und 3-Scheiben-Isolierverglasung wurden mit EUR 676/m<sup>2</sup> Fensterband angenommen. Die daraus resultierenden Mehrkosten gegenüber einer üblichen Fensterbandfassade (Referenzgebäude) betragen ca. EUR 96/m<sup>2</sup> Fensterband. Die Mehrkosten für die Fassadenverkleidung wurden mit ca. EUR 72/m<sup>2</sup> opaker Fassadenfläche infolge von Vakuumdämmungen statt üblicher Steinwolle angenommen. Der außen liegende Sonnenschutz (Außenjalousien) wurde mit EUR 230/m<sup>2</sup> transparente Fassadenfläche angenommen. Die Mehrkosten für die Integration des Sonnenschutzes in die Gebäudeleittechnik (Schalter, Einbau, Verrohrung, Verkabelung) wurden mit rd. EUR 265 pro Fassadenachse angenommen. Die Mehrkosten für den Motorbetrieb der Fensteröffnung wurden mit EUR 105 pro Stück und Fensterachse angenommen. Die Mehrkosten für die Photovoltaik-Dünnschichtmodule integriert in die Fassadenverkleidung wurden mit ca. EUR 510/m<sup>2</sup> Fassade angenommen. Die Dünnschichtmodule wurden nur an den Südwest- und Südost-Fassaden angenommen.

Die folgende Tabelle zeigt die Gesamtkosten je m<sup>2</sup> Nutzfläche des PEB Flachbaues mit jenen des REF nach Gewerken gemäß ÖNORM. Deutliche Mehrkosten treten aufgrund der passivhaustauglichen Fassade und dem Einsatz von PV-Dünnschichtmodulen beim Gewerk Ausbau auf. Die Mehrkosten bei den anderen Positionen sind aufgrund der derzeitigen Planungsschärfe vernachlässigbar. Die Kosten des Hochhauses sind auch aufgrund umfassender brandschutztechnischer Bestimmungen weit höher als jene für Flachbauten. Aus diesem Grund werden in weitere Folge nur die Kosten des PEB Flachbaues mit jenen des Referenzprojektes verglichen.

	Gesamtkosten REF	Flachbau PEB - Gesamtkosten (inkl. Mehrkosten Plus-Energie)	Mehrkosten zu REF in %	Flachbau Passivhaus - Gesamtkosten (ohne Mehrkosten Plus-Energie)	Mehrkosten zu REF in %
Aufschließung	0	0		0	
Bauwerk-Rohbau	400	350	87,5%	350	87,5%
Bauwerk-Technik	425	473	111,4%	442	104,1%
Bauwerk-Ausbau inkl. Fassade	360	715	198,7%	627	174,3%
Einrichtung	40	20	50,0%	20	50,0%
Außenanlagen	30	8	26,3%	8	26,3%
<b>Zwischensumme Baukosten</b>	<b>1.255</b>	<b>1.567</b>	<b>124,8%</b>	<b>1.448</b>	<b>115,3%</b>
Honorare	275	245	89,2%	245	89,2%
Nebenkosten	25	36	145,0%	34	135,5%
Reserve	75	92	123,2%	86	115,1%
<b>Gesamtbaukosten Projekt PEB</b>	<b>1.630</b>	<b>1.941</b>	<b>119,1%</b>	<b>1.813</b>	<b>111,2%</b>

Tabelle 3: Gegenüberstellung Gesamtkosten gemäß ÖNORM B 1801-1 pro m<sup>2</sup> Bruttogeschosßfläche des REF und PEB Flachbau (Angaben in EUR/m<sup>2</sup> BGF)

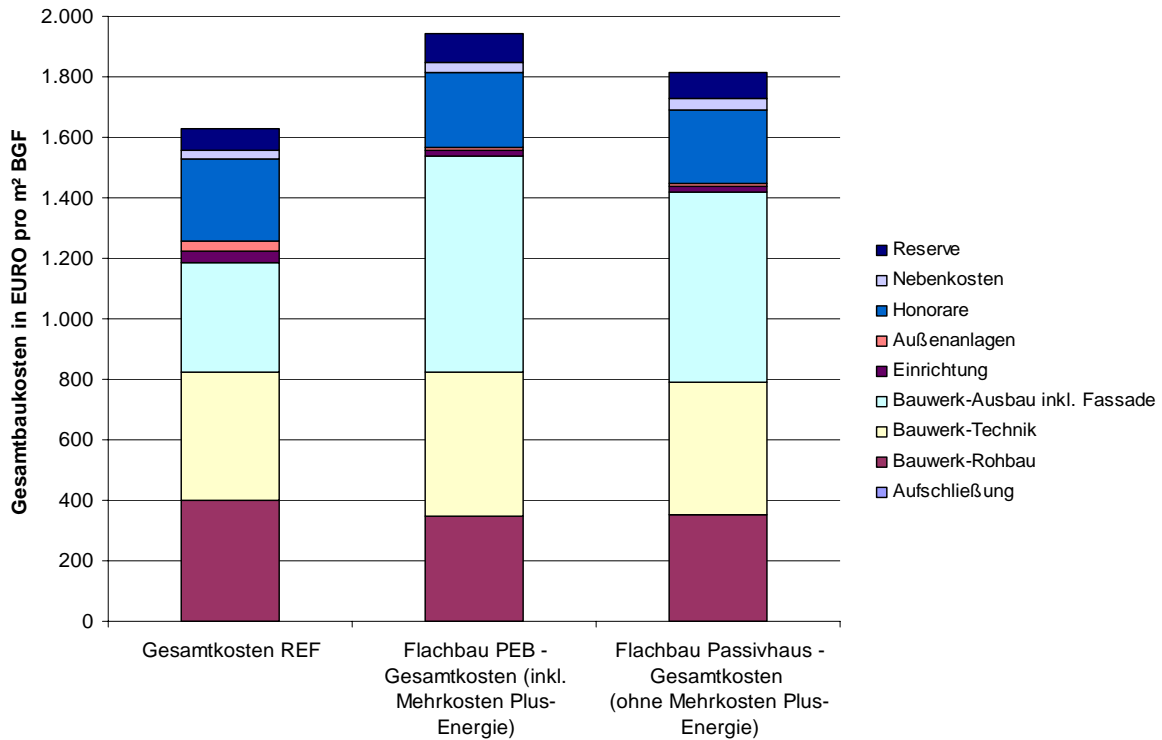


Abbildung 44: Vergleich Gesamtkosten gemäß ÖNORM B 1801-1 pro m² Bruttogeschoßfläche REF, Flachbau PEB inkl. Mehrkosten Plus-Energie und Passivhaus-Flachbau gemäß Kostenermittlung

Die Mehrkosten für das Plus-Energie-Büro betragen rd. 19 % bei einer Kostenungenauigkeit von rd. 10-15 %. Das Planungsteam ist zuversichtlich, dass bei Konkretisierung der Fassade und bei laufender Weiterentwicklung der serienmäßigen Produktion passivhaustauglicher Fassaden noch Einsparungspotentiale gegeben sind.

Die bisherigen Untersuchungen zeigen, dass die erwarteten Kosteneinsparungen aufgrund einer kleineren und effizienteren Haustechnik, den höheren Aufwand einer hocheffizienten Passivhaus-Gebäudehülle im gegenständlichen Projekt nicht kompensieren.

## 8.2 Betriebskosten

Betriebskosten für ein durchschnittliches Bürogebäude setzen sich zusammen aus allgemeinen und energieabhängigen Betriebskosten. Allgemeine Kosten umfassen Kosten für Abgaben, Versicherungen, Hausbetreuung/Facility Management, Wartung, Instandsetzung u.a., wobei diese Kosten größtenteils Fixkosten sind, die unabhängig von Energiekennzahlen des Gebäudes anfallen. Unter energieabhängigen Betriebskosten sind Kosten für allgemeine Beleuchtung, Strom, Lüftung, Heizung und Kühlung inkl. Konditionierung der Luft zusammengefasst. Beim Referenzprojekt liegen die Betriebskosten insgesamt zwischen ca. EUR 3,2 - EUR 3,5 pro m², wobei nur rd. 1/3 dieser Kosten für Energie anfällt.

Im Folgenden werden die energieabhängigen Betriebskosten des REF und PEB verglichen, dazu sind in Tabelle 4 je nach Verbrauch der Endenergie- und Primärenergiebedarf aufgelistet.



		REF		PEB	
		Endenergie bedarf	Primärenergie bedarf	Endenergie bedarf	Primärenergie bedarf
		kWh/m²BGF		kWh/m²BGF	
<b>Primärenergie Heizung</b>					
Wärmebedarf Raumluftechnik	Wärme Allgemein	12.88	12.88	3.06	3.06
Wärmebedarf Bauteilaktivierung	Wärme Allgemein	5.36	5.36	5.17	5.17
Bereitstellungs- bzw. Übergabeverluste	Wärme Allgemein	0.73	0.73	0.33	0.33
Pumpenstrom Wärmeverteilung	Strom Allgemein	0.06	0.21	0.10	0.36
Bereitstellungs- bzw. Übergabeverluste	Strom Allgemein	0.66	2.31	0.66	2.31
<b>Primärenergie Kühlung</b>					
Raumkühlung + Serverräume + Entfeuchten	Strom Mieter	26.75	93.63	8.80	30.79
Pumpenstrom Kälteverteilung	Strom Allgemein	0.73	2.54	0.07	0.26
<b>Primärenergie Befeuchten</b>					
Dampfbefeuchter	Strom Allgemein	9.95	34.83	2.11	7.38
<b>Primärenergie Warmwasser</b>					
Wärme	Strom Mieter	4.63	16.21	3.49	12.22
Bereitstellung	Wärme	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Primärenergie Beleuchtung</b>					
Beleuchtung + Stand-By Bewegungsmelder	Strom Mieter	25.92	90.72	7.49	26.22
<b>Primärenergie Geräte</b>					
Rechner + Monitor + Telefon + Radio + Gadgets + Ladegeräte	Strom Mieter	30.99	108.46	11.12	38.91
<b>Primärenergie Lüftung</b>					
Ventilatorstrom	Strom Allgemein	19.55	68.42	1.84	6.45
Luftklappensteuerung	Strom Allgemein	0.00	0.00	0.09	0.32
<b>Primärenergie Lift</b>					
Lift	Strom Allgemein	5.13	17.95	3.40	11.89
<b>Primärenergie Serverraum</b>					
Server Simulationsrechner Modem W-Lan USV	Strom Mieter	6.52	22.83	2.52	8.82
<b>Primärenergie Teeküche</b>					
siehe Zone 2	Strom Mieter	3.96	13.87	2.73	9.56
<b>Primärenergie weitere Geräte</b>					
Weitere Geräte Kopierer Flatscreen	Strom Mieter	8.82	30.87	1.92	6.71
Bewegungsmelder usw.	Strom Mieter	0.68	2.37	0.20	0.69
Jalousiensteuerung	Strom Allgemein	0.00	0.00	0.12	0.42
	Wärme	18.97		8.56	
	Strom Allgemein	36.08		8.40	
	Strom Mieter	108.27		38.26	
<b>Gesamt</b>		<b>163.26</b>	<b>523.99</b>	<b>55.22</b>	<b>171.89</b>

Tabelle 4: Endenergie- und Primärenergiebedarf REF und PEB – Ergebnisse der Simulation

Aus diesen errechneten Verbrauchsangaben ermitteln sich nachfolgende energieabhängige Betriebskosten für Fernwärme und Strom. Die Kosten für Fernwärme ergeben sich aus einem Arbeitspreis, einem Grundpreis zuzüglich einer Energieabgabe und Umsatzsteuer und sind derzeit mit EUR 75/MWh zzgl. Energieabgabe und USt. gedeckelt. Für Strom wird ein Durchschnittspreis von EUR 0,13/kWh angenommen. Betriebskosten für Allgemeinstrom und Fernwärme, für die ein Großabnehmervertrag für das gesamte Gebäude abgeschlossen ist, werden den MieterInnen monatlich vorgeschrieben. Die Abrechnung der Betriebskosten nach Verbrauchsanteilen und Fixkosten erfolgt nach dem Heizkostenabrechnungsgesetz, wonach nur rd. 55-75 % der Energiekosten nach den Verbrauchsanteilen, die restlichen Kosten nach der beheizbaren Nutzfläche abgerechnet werden können.

Weiters sind auch jene mieterbezogenen Stromkosten enthalten, die vom Mieter verbraucht und direkt über eine eigene Erfassung und Abrechnung abgerechnet werden. Diese Kosten werden üblicherweise nicht als Betriebskosten von der Hausverwaltung abgerechnet. Diese mieterbezogenen Stromkosten sind beim PEB aufgrund des gewählten Beleuchtungskonzeptes und der Verwendung energieeffizienter Bürogeräte deutlich geringer. Energieeffiziente Bürogeräte sind im Regelfall nicht teurer (so wie wir es von Haushaltsgeräten kennen), allerdings erfordert es Wissen und mühsame Recherchen.

In der Praxis können vom Investor nur jene mieterseitigen Einsparungen bei Ermittlung einer „Warmmiete“ (Nettomiete + BK + Einsparungen) berücksichtigt werden, die auch aufgrund von baulichen Maßnahmen des Vermieters ermöglicht werden. Gemäß Tabelle 4 sind der



Endprimärenergiebedarf von 40,49 kWh/m<sup>2</sup> BGF beim REF bzw. 13,24 kWh/m<sup>2</sup> BGF beim PEB für Geräte und weiterer Geräte nicht zu berücksichtigen, da diese Einsparungen nur aufgrund von Investitionen des Mieters selbst erzielt werden können.

REF		kWh/m <sup>2</sup> BGF	MWh Gesamt		
Fernwärme		18,24	843	€ 92	€ 76.899
Strom	<i>Allgemein</i>	36,75	1.699	€ 0,13	€ 220.840
					<b>€ 297.739</b>
<b>Betriebskosten</b>				<b>pro m<sup>2</sup> NF p.m.</b>	<b>€ 0,65</b>
Strom	<i>Mieter</i>	68,46	3.165	€ 0,13	€ 411.466
	<i>Mieter Geräte</i>	39,81	1.840	€ 0,13	€ 239.256
					<b>€ 650.722</b>
<b>Mieterbezogene Stromkosten</b>				<b>pro m<sup>2</sup> NF p.m.</b>	<b>€ 1,43</b>
Mieterbezogene Stromkosten ohne Geräte					<b>€ 0,90</b>

Tabelle 5: Energiebezogene Betriebskosten REF

Die errechneten energieabhängigen Betriebskosten und die mieterspezifischen Stromkosten betragen beim REF monatlich rd. EUR 2,08/m<sup>2</sup> NF bzw. EUR 1,55/m<sup>2</sup> NF ohne Strom für Bürogeräte.

PEB		kWh/m <sup>2</sup> BGF	MWh Gesamt		
Fernwärme		8,23	380	€ 92	€ 34.700
Strom	<i>Allgemein</i>	8,63	399	€ 0,13	€ 51.853
					€ 86.553
<b>Betriebskosten</b>				<b>pro m<sup>2</sup> NF p.m.</b>	<b>€ 0,19</b>
Strom	<i>Mieter</i>	25,23	1.166	€ 0,13	€ 151.618
	<i>Mieter Geräte</i>	13,04	603	€ 0,13	€ 78.340
					<b>€ 229.958</b>
<b>Mieterbezogene Stromkosten</b>				<b>pro m<sup>2</sup> NF p.m.</b>	<b>€ 0,51</b>
Mieterbezogene Stromkosten ohne Geräte					<b>€ 0,33</b>

Tabelle 6: Energiebezogene Betriebskosten PEB

Die ermittelten energieabhängigen Betriebskosten und die mieterspezifischen Stromkosten betragen monatlich rd. EUR 0,7/m<sup>2</sup> NF bzw. EUR 0,52/m<sup>2</sup> NF ohne Strom für Bürogeräte.

Der Vergleich auf Basis der errechneten Verbräuche zeigt, dass sowohl die allgemeinen Betriebskosten als auch die mieterspezifischen Stromverbräuche des REF auf rd. 1/3 beim PEB reduziert werden können. Bei gegenständlichem Beispielprojekt können vergleichsweise bei den allgemeinen Betriebskosten rd. EUR 0,46 /m<sup>2</sup> NF pro Monat und bei den mieterspezifischen Energiekosten ohne Bürogeräte rd. EUR 0,57 /m<sup>2</sup> NF pro Monat eingespart werden. Bei Vermietung nach „Warmmiete“ könnte der Mietpreis um diese insgesamt EUR 1,03/m<sup>2</sup> NF erhöht werden, ohne dass sich die Gesamtbelastung für den Mieter im Vergleich zu derzeit marktüblichen Mieten inkl. Betriebskosten erhöht.

Der Primärenergiebedarf für REF beträgt 524 kWh/m<sup>2</sup>BGF und für das PEB 172 kWh/m<sup>2</sup>BGF. Die nachfolgende Graphik verdeutlicht das Einsparungspotential bei den

Energieverbräuchen v.a. bei der Kühlung, Beleuchtung, Lüftung und den verwendeten Bürogeräten.

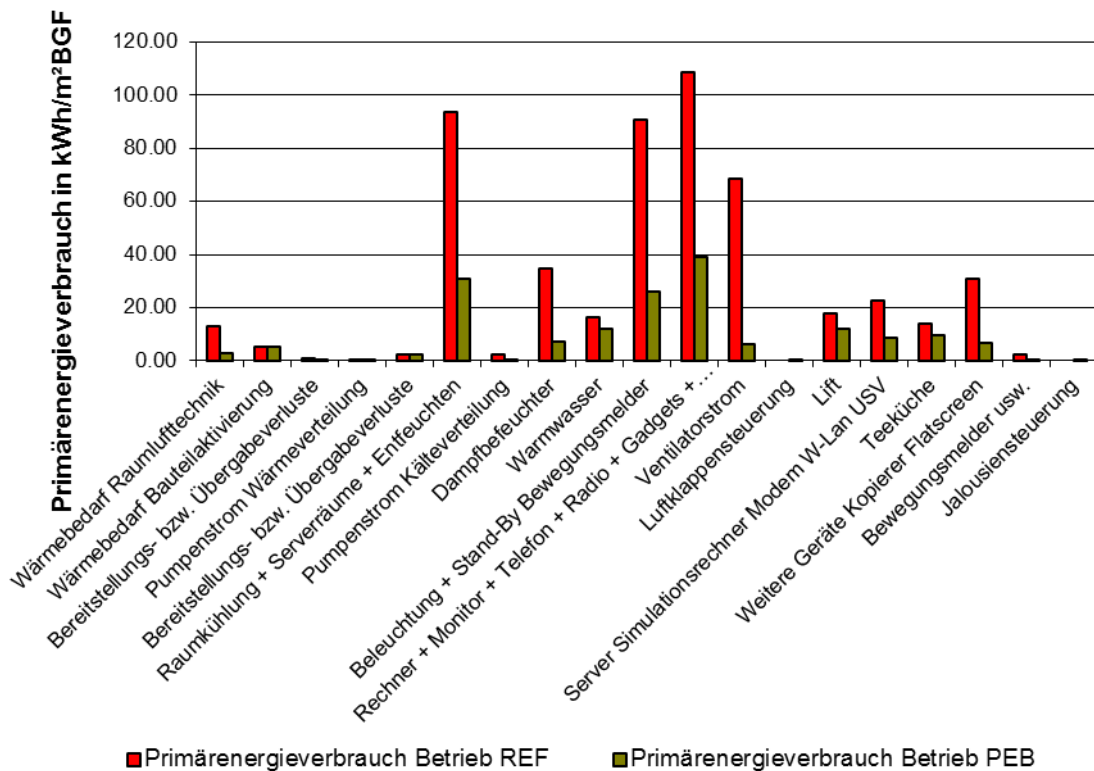


Abbildung 45: Vergleich Primärenergieverbrauch im Betrieb Referenzprojekt und Plus-Energie-Büro

### 8.3 Marketingkonzept

Basierend auf den Ergebnissen der NutzerInnenbefragung und den technischen Konzepten wurde eine Strategie zur Verbreitung der Ergebnisse an potentielle NutzerInnen erarbeitet, bei der die Ergebnisse und konkreten Auswirkungen auf die künftigen NutzerInnen eine zentrale Rolle spielen. Ziel ist es, vor allem durch ein besseres Verständnis für Passivhaus-Büros eine wesentliche Erhöhung der Nachfrage zu erzielen.

#### Ausgangssituation

Das Projektteam ist überzeugt, dass in einigen Jahren, v.a. auch aufgrund der gesetzlichen Änderungen, viel mehr Passivhaus-Bürogebäude errichtet werden. Bis dahin sind Passivhaus-Bürogebäude für eine freie Vermietung am Wiener Büromarkt rar. Nicht alle MieterInnen können damit etwas anfangen, wissen über Vorteile und Möglichkeiten Bescheid oder sind unabhängig von den sonstigen Entscheidungskriterien von einer Anmietung überzeugt. Bis Passivhaus-Bürogebäude zum Status Quo neu errichteter Gebäuden in Wien werden, ist noch einiges an Überzeugungsarbeit zu leisten und müssen potentielle Mieter über Möglichkeiten, Vorteile und evt. Änderungen bei der Benutzung ausführlich informiert werden.

Oftmals werden Entscheidungen getroffen, ohne jedoch umfassend informiert zu sein oder Vorurteile aufgeklärt zu haben. Umso wichtiger ist es, die (Haus-) Technik im Gebäude verständlich zu erklären, Einsparmöglichkeiten und die „Zukunftsfähigkeit“ solcher Büroimmobilien aufzuzeigen. Aus diesem Grund wurde in diesem Projekt eine grobe

Marketingstrategie erarbeitet, die bei weiterer Planung des Beispielprojektes auch weiter zu konkretisieren und auf die technische Ausstattung des Gebäudes abzustimmen ist.

### Zielgruppe

In einem ersten Schritt wurde die Zielgruppe für Bürobauten dieser Art definiert, wobei aus Sicht des Projektteams grundsätzlich alle Mieter/Unternehmen als Zielgruppe in Frage kommen, die tendenziell offen für Neues sind sowie vorausschauend planen und handeln. Die im Folgenden aufgelisteten Zielgruppen fühlen sich möglicherweise überdurchschnittlich angesprochen:

Öffentliche Verwaltung	Vorbildfunktion langfristige Betrachtung und Kosteneinsparungen Einmietung
Großunternehmer	Vorbildrolle
Internationale Unternehmen	Corporate-Vorgaben (jedoch definieren z.B. US-Unternehmen oftmals hohe Anforderungen an den Luftwechsel/Kühlleistungen – nicht kompatibel mit Passivhaus-Büros) Bestätigung des Gebäudestandards durch internationale Zertifikate
Innovative Unternehmen im Bereich Umwelttechnik, Nachhaltigkeit, Energie u.ä.	Profitieren vom Image, in einem Passivhaus zu arbeiten

### Positionierung

Um die Kernzielgruppen ideal anzusprechen und unser Gebäude stimmig zu präsentieren, wird eine klare Beschreibung des Projekts vorgenommen, Vorteile übersichtlich und eindeutig dargestellt. Sämtliche Unique Selling Propositions müssen erfassbar kommuniziert werden.

### Maßnahmen

Zur Vermarktung des Büros wird ein auf die Zielgruppe maßgeschneiderter Marketing-Mix entwickelt. Bei allen Maßnahmen wird das Ziel verfolgt, Wissen zu schaffen und die Interessierte und künftige Mieter über Vorteile und Veränderungen im Vergleich zu einem herkömmlichen Büro zu informieren.

Interesse durch Wissen!	Möglichst umfassende Information über das Gebäude offen legen und verständlich vermitteln.
Technik im Gebäude erklären	Gebäudetechnik muss für den Nutzer auf anschauliche, leicht erfassbare Erklärungsmodelle reduziert werden. Das „um und auf“ für die richtige Nutzung und die damit verbundene Wahrnehmung der Vorteile ist das Wissen um die richtige Handhabung.
Vorteile klar herausarbeiten	Es muss klar herausgearbeitet und veranschaulicht werden, was das Haus leisten kann, aber auch, wo die Grenzen liegen. Es dürfen keine falschen Hoffnungen geweckt werden.

Neben einer funktionalen, übersichtlichen Website werden ein optisch ansprechender Folder und eine detaillierte Präsentationsmappe für potentielle Mieter erstellt, wobei die Präsentationsmappe vertiefende Informationen über das Gebäude, Bau- und Ausstattungsbeschreibung sowie Regelgeschoßgrundrisse enthält.

Für sämtliche Unterlagen wird ein einheitliches Corporate Design entwickelt, das die Philosophie des Projekts widerspiegelt und bei der Zielgruppe gute Akzeptanz finden soll. Inhaltlich stehen der Mehrwert und die Vorteile eines Passivhaus-Büros im Mittelpunkt, wobei zwischen subjektiv bewertbaren und objektiv (monetär) belegbaren Vorteilen unterschieden wird. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Erarbeitung konkreter Verhaltensempfehlungen für Mieter, was wiederum das Verständnis und in weiterer Folge die Zufriedenheit erhöht sowie Wohlfühlen und Behaglichkeit garantieren soll.

Was kann das Büro mehr?

- Heizen und Kühlen über Betondecke  
keine Kühldecke oder Fan Coils
- Kontinuierliche und selbständige Anpassung des Raumklimas inkl. Raumtemperatur dank Wetterstation mit inkludierter Wettervorhersage für Feed-forward Regelung
- Sehr dichte Gebäudehülle
- Strahlungsgesteuerter außen liegender Sonnenschutz  
Sonnenschutz, der individuell übersteuerbar ist, jedoch immer wieder in die optimale Ausrichtung gebracht wird. In Abhängigkeit der Sonne automatische Steuerung des außen liegenden Sonnenschutzes je Fassadenseite, wirkt Überhitzung entgegen und spart Kühlenergie
- Präsenz- und Tageslichtsteuerung in allen Büro- und Besprechungsräumen  
Leuchten schalten sich bei Anwesenheit selbstständig ein und regelt je nach Umgebungshelligkeit die Lichtstärke am Arbeitsplatz automatisch auf 500 Lux. Verlässt man den Schreibtisch für längere Zeit, schaltet sie sich wieder ab.

Was kann das Büro nicht?

- Trägheit der Betonkerntemperierung – Träge Kühlung und Heizung
- Vollverglasung der Außenfassade
- Rasches Aufheizen bzw. Abkühlen der Büroräume
- Raumweise Steuerung der Raumtemperatur möglich

#### Subjektiv bewertbare Vorteile

Identifikation	Höhere Identifikation mit dem Arbeitsplatz Mitarbeiter und Kunden haben ein gutes Gefühl/Gewissen, wenn sie in einem Passivhaus Büro arbeiten oder es besuchen Nachhaltigkeit ist allgegenwärtig sichtbar und bereits stark im Bewusstsein verankert. Höhere Arbeitsmoral
Behaglichkeit	Hoher Komfort angenehmes Arbeitsumfeld angenehme Arbeitsbedingungen optimale Raumtemperatur und höchste Luftqualität schaffen Wohlbefinden. Arbeiten macht Freude!
Höherer Wohlfühlfaktor	

## Motivation der Mitarbeiter

### Soziales Gewissen / Verantwortung

Vermittlung eines positiven Images, wenn man ein umweltfreundliches, effizientes und zukunftsorientiertes, ökologisches Haus nutzt.

## Objektiv belegbare Vorteile

Im konkreten ergeben sich für den Mieter folgende objektiv belegbare bzw. monetär bewertbare Vorteile:

### Einsparungen bei Betriebskosten

Dauerhafte Einsparungen bei Heizung, Kühlung, Licht – siehe folgende Graphiken

### Zertifikate

Offizielle, nach außen sichtbare und den Wert der Immobilie steigernde Auszeichnung / Bewertung

Im Folgenden sind exemplarisch und einfach verständlich einige Energieverbrauchs-kennzahlen des Referenzprojekts im Vergleich zum PEB dargestellt, um potentiellen Mietern Einsparpotentiale und somit objektiv belegbaren Vorteile aufzuzeigen.

Abbildung 46 zeigt den Primärenergiebedarf des Standardbüros und des Passivhaus-Büros unter Berücksichtigung des Energiebedarfs des Gebäudes und der Mieter inkl. Stand-by von Arbeitsgeräten. Der Primärenergiebedarf des Plus-Energie-Büros liegt um insg. 353 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) bzw. mehr als 2/3 unter jenem eines herkömmlichen Büros. Bei Berücksichtigung des Ertrages aus der gebäudeeigenen PV-Anlage mit 34 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) und der Energierückgewinnung des Liftes mit 4kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a) beträgt der Primärenergiebedarf für das Hochhaus 125 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a).

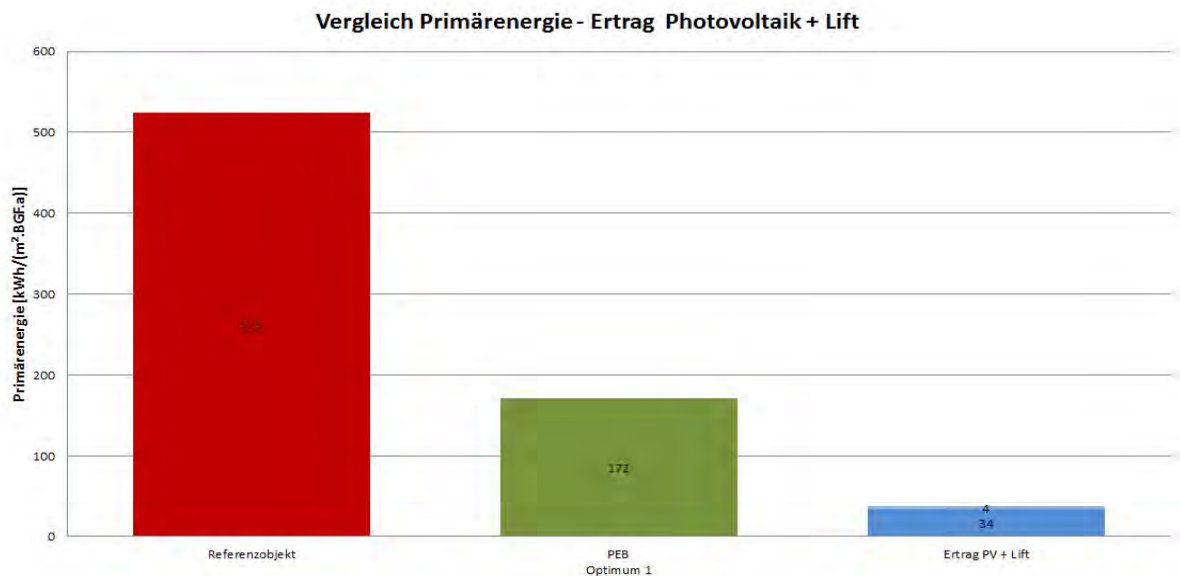


Abbildung 46: Vergleich Primärenergie Referenzprojekt – PEB inkl. Ertrag Photovoltaik + Lift

In den folgenden Grafiken bezieht sich der Verbrauch auf die Mieteinheit im Hochhaus, wobei die BGF von 1.152 m<sup>2</sup> in 4 Mieteinheiten unterteilt wurde. Der errechnete Verbrauch bezieht sich somit auf rd. 288 m<sup>2</sup> Büronutzfläche.

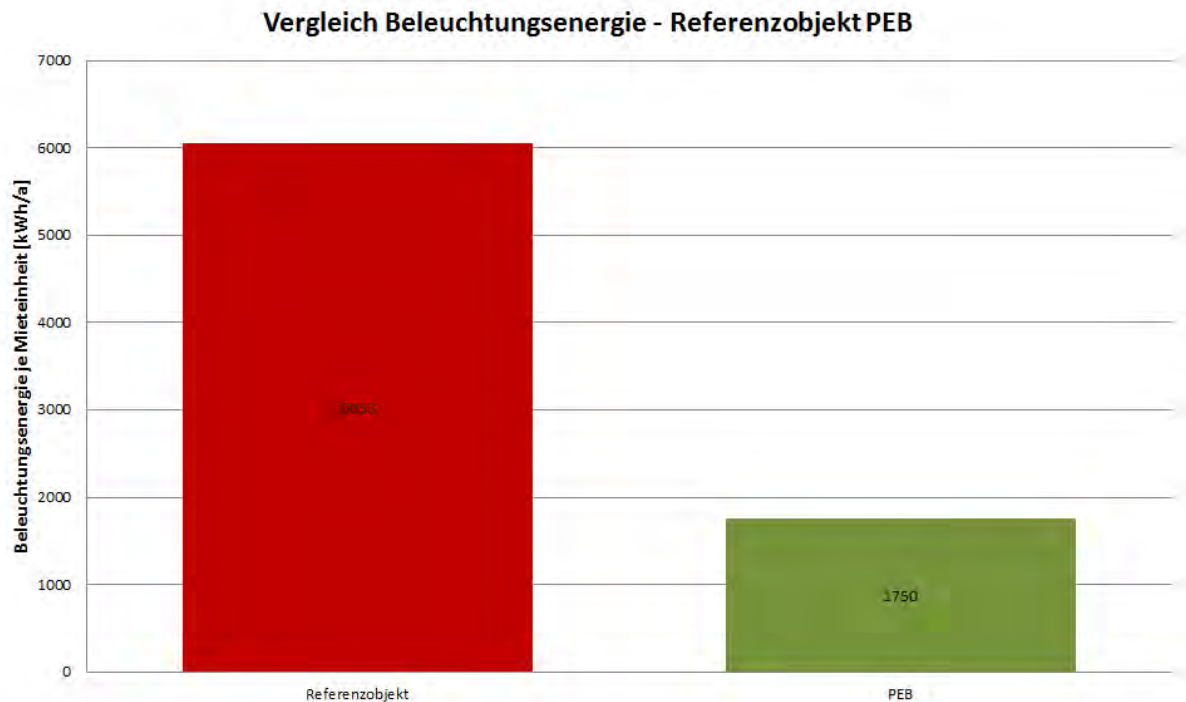


Abbildung 47: Vergleich Beleuchtungsenergie je Mieteinheit Referenzprojekt –PEB

Durch die im Kapitel 6.2 beschriebene optimierte Lichtplanung unter Verwendung von energieeffizienten Stehlampen, sensorgeregelter Steuerung und einer sorgfältigen Auslegung der Richtlinien kann der Strombedarf für Beleuchtung der gesamten Mieteinheit auf 1.750 kWh p.a. reduziert werden. Diese deutliche Reduktion um rd. 70 % im Vergleich zu einem herkömmlichen Bürogebäude führt zu monetären Vorteilen für jeden Mieter.

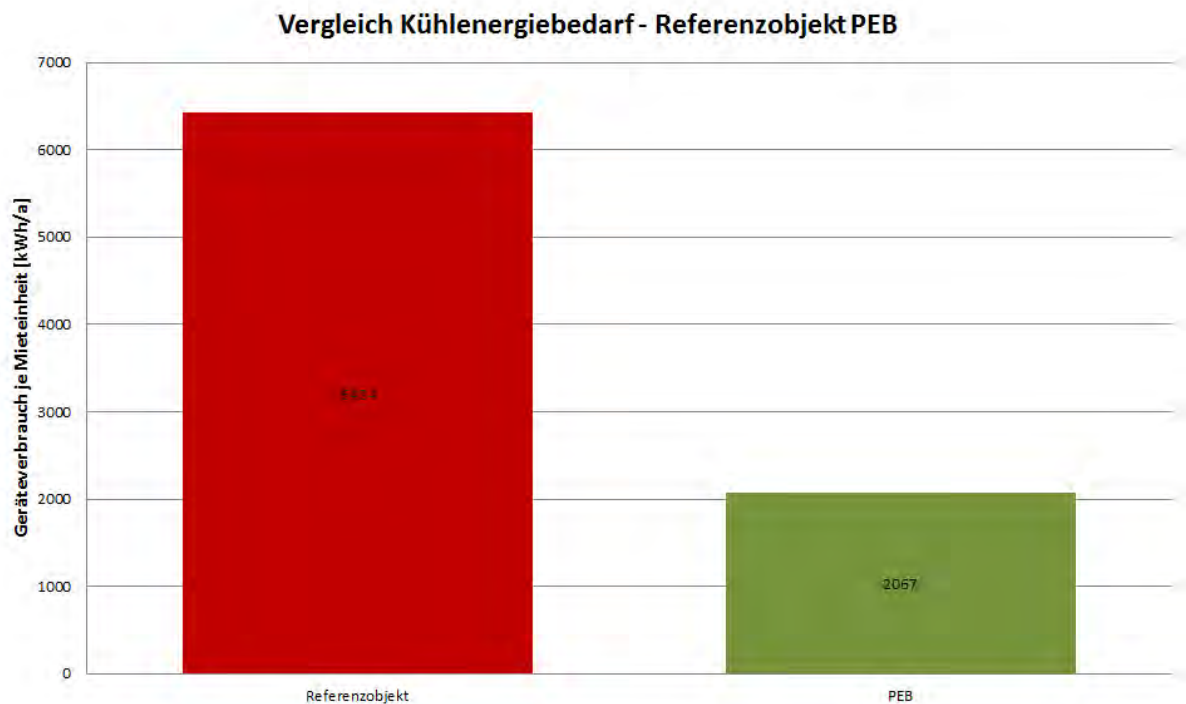


Abbildung 48: Kühlenergiebedarf je Mieteinheit Referenzprojekt – PEB

Der Kühlenergieverbrauch konnte auf  $\frac{1}{4}$  der für das Referenzobjekt erforderlichen Kühlenergie reduziert werden, da durch sehr effizientere Bürogeräte und effiziente Beleuchtung weniger innere Lasten erzeugt werden. Herkömmliche Bürogeräte erzeugen weit höhere Lasten, die wiederum zu kühlen sind.

#### Verhaltensempfehlungen für MieterInnen im Büro

Die Auswirkungen auf den einzelnen Mitarbeiter bzw. mögliche Verhaltensänderungen bei der Benützung des Gebäudes im Vergleich zu einem herkömmlichen Bürogebäude müssen deutlich gemacht werden. Auf dieser Basis soll eine Art Gebrauchsanweisung / Bedienungsanleitung in Form eines Handbuches erstellt werden. Grundsätzlich sollte ein Handbuch für das Facility Management sowie für MitarbeiterInnen vorliegen. Für das Facility Management sind allgemeine, übergeordnete Einsparmöglichkeiten, Einstellungen des Gebäudes/der Mieteinheit sowie sinnvolle Hinweise für Verhaltensempfehlungen für MitarbeiterInnen von Interesse. Für den/die MitarbeiterIn sind konkrete Angaben über Bedienbarkeit, richtiger Verwendung / Anwendung der vorhandenen Technik, Verhaltenshinweise (Fenster öffnen/Sonnenschutz übersteuern u.ä.) sowie auch über die Gebäudetechnik hinausgehende Verhaltenshinweisen, wie energiesparende Bildschirmschoner u.ä., von Relevanz.

In den Verhaltensempfehlungen werden falsche Erwartungen richtig gestellt bzw. Hinweise zur bestmöglichen Benützung des Büros durch die MitarbeiterInnen in kurzer präziser Form sowie übergeordnete Informationen zum allgemeinen Energiesparen an die Geschäftsführung gegeben. Daraus können wiederum im Sinne der Unternehmensphilosophie konkrete (Verhaltens-) Anweisungen an die MitarbeiterInnen gegeben werden.

- Wie funktioniert der Sonnenschutz?
- Was heißt Bauteilaktivierung? Was leistet dieses System? Was kann es nicht?
- Wie muss ich mich verhalten, damit ich eine angenehme Raumtemperatur vorfinde? (Tagsüber/Abends beim Verlassen des Büros)
- Lüftung
- Wie funktioniert die Beleuchtung? Kann der Mitarbeiter selbst eingreifen/übersteuern?

#### Beratung und Tipps bei Um- und Einzug für neue Mieter

Aus Sicht des Projektteams sind weitere Einsparungen bei Energiekosten möglich, wenn neue Mieter beim Einzug beratend unterstützt werden. Oftmals werden bei einem Umzug Büroeinrichtung und -geräte erneuert. So entsteht die Chance, Anforderungen an Einrichtung und technische Ausstattung zu hinterfragen, dem tatsächlichen Bedarf anzupassen und, oftmals ohne höhere Kosten, bewusst effiziente Produkte zu erwerben. Die Projektbearbeitung hat selbst innerhalb des Projektteams gezeigt, dass oftmals das Wissen über energieeffiziente Bürogeräte und das bereits vielfältig verfügbare Angebot fehlen.

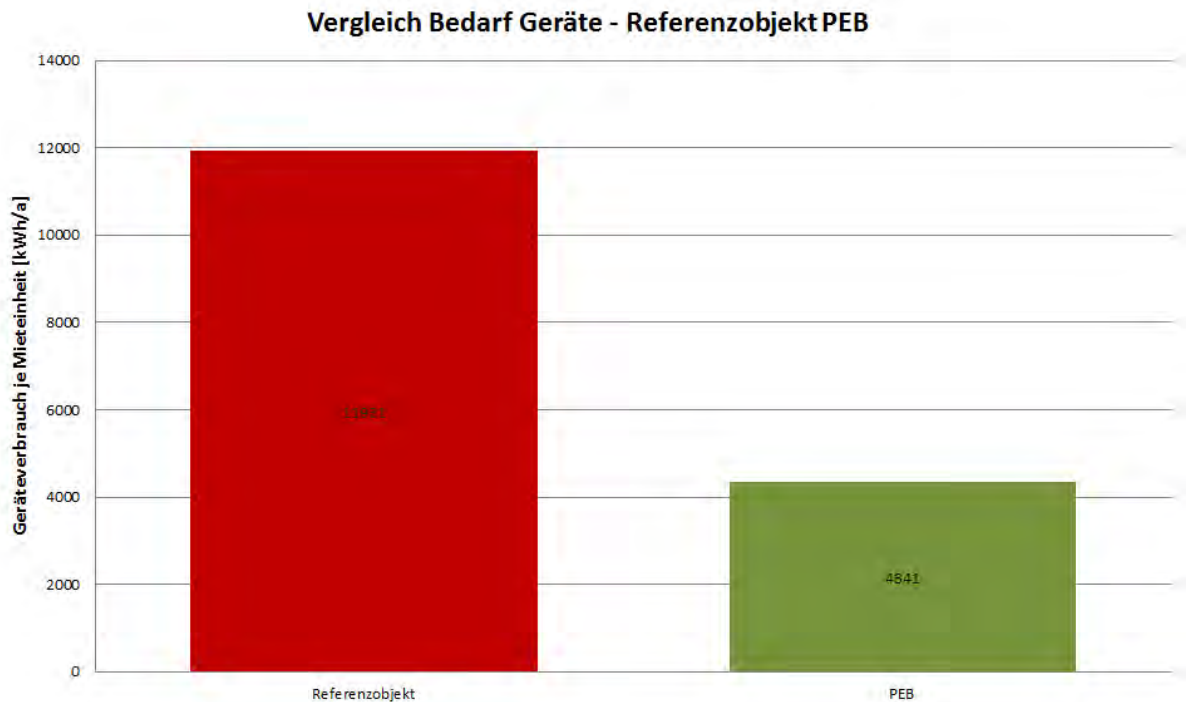


Abbildung 49: Verbrauch Bürogeräte je Mieteinheit Referenzprojekt – PEB

Der Vermieter/Makler kann ohne großen Aufwand MieterInnen unterstützen und so zur Einsparung von Betriebskosten beitragen.

- Auflistung und Kontaktdaten mit empfohlenen effizienten Bürogeräten
- Hinweise für Beschaffungswesen von Büromaterialien unter Beachtung von Umweltaspekten und Energieeffizienz
- Hinweise, wie Mitarbeiter durch ihr Verhalten im Büroalltag Energie, Papier etc. einsparen können
- Einrichtung einer Info-Hotline, an welche sich Mieter bei Fragen jederzeit wenden und über richtiges Verhalten informieren können.

## 9. Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms

Das Projekt leistet einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Programmziele. Ziel des Projektes ist die Konzeption eines Plus-Energie-Büros ohne erhöhte Gesamtkosten und in weiteren Projektphasen auch Realisierung des Konzepts (bei Erreichung der gesetzlichen Ziele). Damit wird ein wichtiger Beitrag zum „Gebäude der Zukunft“ und zur Reduktion von treibhausrelevanten Emissionen geleistet.

Bei dem Projekt werden innovative Technologien und Produkte eingesetzt, was wiederum die Umsetzung und Überleitung in die serienmäßige Verwendung von wirtschaftlich umsetzbaren innovativen technischen und organisatorischen Lösungen fördert. Das Projekt erarbeitete konkrete Lösungen für ein mit Plus-Energie-Technologie erweitertes Passivhaus im Bürobau, die ein wesentlicher Schwerpunkt des Programms Haus der Zukunft sind, und trägt mit seinen Zielsetzungen somit wesentlich zur Erreichung der Programmziele bei.

Die Ziele des gegenständlichen Projektes werden beispielhaft für ein in Wien sehr präsenten Beispielprojekt erarbeitet. Durch diese Präsenz am Wiener Büromarkt, die gut sichtbare



Lage am Handelskai bzw. direkt an der Donau und die Größe des Gebäudes eignet sich das Projekt sehr gut als Demonstrationsprojekt. Am Ende der gesamten Projektentwicklung und möglichen Umsetzung (noch nicht Teil des gegenständlichen Projektes) würde ein Demonstrationsprojekt existieren, bei dem im großen Maßstab die Anwendbarkeit von neuen Technologien und innovativen Konzepten im Sinne des Programms Haus der Zukunft sichtbar wird. BAI als Antragsteller und Bauträger hat direkten Einfluss auf die Realisierung und Umsetzung der Projektergebnisse bei Erreichung der Projektziele. Wenn die Umsetzung eines Plus-Energie-Büros in diesem Maßstab realisierbar ist, so sollte dies andere Bauträger motivieren, nachhaltige Gebäudekonzepte zu entwickeln und zu realisieren.

Die Verbreitung der Ergebnisse dieser ambitionierten Projektentwicklung und des Kosten-Nutzenvergleichs verschiedener Varianten von Energieklassen (unterschiedlicher Heizwärmebedarf) über diverse Plattformen des Programms Haus der Zukunft (Website, Zwischen- und Endberichte, Veranstaltungen, Publikationen in Fachzeitschriften u.ä.) trägt wesentlich zum Ziel der nationalen und internationalen Vernetzung bei.

Durch gezielte Marketingaktivitäten und durch den Verbreitungseffekt, der mit dem Programm „Haus der Zukunft“ verbunden ist, soll auch einen Umdenkprozess bei MieterInnen und InvestorInnen eingeleitet werden. Ziel ist es, die Akzeptanz und Bereitschaft, Büroräumlichkeiten in einem Plus-Energie-Büro zu mieten, zu erhöhen. Dafür ist im Programm, aber auch darüber hinaus, Informationsarbeit zu leisten. BAI wird dazu ihre enge Zusammenarbeit mit der bareal Immobilientreuhand GmbH, einem wesentlichen Spieler am heimischen, v.a. Wiener Immobilienmarkt nutzen und bei der Vermarktung des Bürogebäudes potentielle MieterInnen über Vorteile und zusätzliche Qualitäten wie beispielsweise verbessertes Raumklima, Einsparungen bei Betriebskosten u.ä. informieren. Dies trägt wiederum zur Verbreitung der Ziele und Inhalte des Programms Haus der Zukunft bei.

## 10. Schlussfolgerungen

Die NutzerInnenbefragung hat gezeigt, welche wesentlichen Punkte für BenutzerInnen von Niedrigenergie- und konventionellen Bürogebäuden von Relevanz sind und das sich diese Punkte meist überschneiden. Überraschend für das Projektteam war die Aussage, dass Einzelraumregulierung für Temperatur keine Grundvoraussetzung für die befragten Mitarbeiter darstellt, was wiederum den Einsatz von trägeren Heizungssystemen wie Betonkernaktivierung ermöglicht. Den wichtigsten genannten leistungsbeeinflussenden Faktoren Raumluftqualität, Tageslicht und Lärm wurde während der gesamten Projektbearbeitung Aufmerksamkeit geschenkt.

Die Erkenntnisse der NutzerInnenbefragung, die Qualitätsanforderungen des Bauherrn (siehe Matrix S. 106) sowie das vorliegende architektonische Konzept waren somit Ausgangspunkt für die Erarbeitung des technischen Gebäudekonzeptes. Die Diskussion über Plus-Energie-Gebäude zeigt, dass die derzeitige Fokussierung auf den Heizwärmebedarf in Bauordnungen, OIB-Richtlinien und diversen Zertifikaten nicht mehr Stand der Technik ist. Hierfür ist eine gesamtheitliche Betrachtung und Reduktion des Primärenergiebedarfs auf ein Minimum erforderlich. Dies war auch die Zielsetzung für das gegenständliche Projekt, der errechnete Primärenergiebedarf für das Hochhaus liegt bei

172 kWh/(m<sup>2</sup>.BGF.a). Beim Referenzobjekt beträgt die erforderliche Primärenergie für das Heizen nur 4 % des gesamten Primärenergiebedarfs und ist somit bei Büronutzungen beinahe vernachlässigbar. Die wirklich großen Einflussfaktoren sind:

- Kühlung
- Lüftung
- Beleuchtung und
- die eingesetzten Bürogeräte jeglicher Art.

In diesen Bereichen ist ein generelles Umdenken in der Planung und Benützung von Bürogebäuden erforderlich.

Die ersten drei Punkte sind in der Planungsphase vom Bauherrn beeinflussbar, bedürfen jedoch einen integralen Planungszugang. So arbeiten alle Gewerke wie Fassadenplaner, Photovoltaikplaner, Lichtplaner, Bauphysiker, HKLS-Planer und Statiker koordiniert durch den Architekten von Beginn der Planung mit dem Ziel, den Primärenergiebedarf durch abgestimmte Optimierung zu reduzieren. Punktuelle Verbesserungen sind erfahrungsgemäß nicht ausreichend. Für die genaue Dimensionierung der Anlagen sind auch dynamische Simulationen notwendig, um die relevanten Heiz- bzw. Kühllasten zu eruiieren.

Wie die Simulationsergebnisse zeigen, bedarf es zur Erreichung des Plus-Energie-Gebäudes nicht nur baulicher Maßnahmen. Ein wesentlicher Teil des Strombedarfs wird durch die eingesetzten Bürogeräte generiert, der durch den Planungsprozess nicht beeinflussbar ist, da man in der Praxis bei Büroprojekten die MieterInnen nicht kennt. Es bedarf einer Bewusstseinsbildung und eines Umdenkprozesses in der Verwendung effizienter Geräte ohne Einbußen von Leistungsmerkmalen, um dieses Einsparungspotential ohne relevante Mehrkosten zu nutzen. Unter Verwendung heute verfügbarer Geräte ist es bereits möglich, den Primärenergiebedarf im Vergleich zu herkömmlichen Geräten auf ein Drittel zu reduzieren. Darüber hinaus wird durch den Einsatz effizienter Geräte der Kühlenergiebedarf deutlich reduziert. Bei diesem Projekt hat sich gezeigt, dass nur der ganzheitliche Ansatz zum Plus-Energie-Gebäude führen kann.

Beim gegenständlichen Projekt ist die Generierung von Energie durch Photovoltaik sinnvoll. Im Hochhausbereich ist das Verhältnis zwischen Dach und Fassade sehr klein, darum hat man wenige Flächen zur effizienten Positionierung von Photovoltaikanlagen zur Verfügung. Der Ausbeutungsgrad an der Fassade beträgt im Gegensatz zur ideal ausgerichteten Anlage am Dach nur etwa 65 %. Die besten Wirkungsgrade erreicht man bei einer südlichen Orientierung und einer Neigung von 30° aus der Horizontalen. Darum ist es nahe liegend, auch aus Kosten-Nutzen-Sicht, die Anlage am gesamten Dach zu montieren.

Mit der aktuellen Photovoltaiktechnologie könnte an den Flachbauten unter Einhaltung aller angenommenen optimalen Rahmenbedingungen (z.B. PV-Modulen mit hohen Wirkungsgraden, energieeffiziente Bürogeräte u.a.) ausreichend Energie produziert werden, um den Eigenbedarf zu decken und somit ein Plus-Energie-Gebäude zu realisieren. Beim Hochhaus ist dies nicht erreichbar. Diese im Projekt gewonnenen Erkenntnisse werden bei der weiteren Projektplanung vertieft und weiter verfolgt.

Bei Vermietung eines Büroobjektes profitieren die Mieter von den durch erhöhte Investitionen des Bauherren ermöglichten Energieeinsparungen in der Form, als daraus geringere Betriebskosten resultieren. Um Anreize für erhöhte Investitionen in Passivhaus bzw. Plus-Energie-Gebäude bei Investoren zu schaffen, muss eine Vermietung in Form von

„Warmmieten“ am Büromarkt angedacht werden, also Vermietung zu einem Fixbetrag, der die Nettomiete und alle Betriebskosten umfasst. Für Unternehmen sind Energiekosten im Büro Fixkosten. So betrachtet ist die gesamte „Warmmiete“ die entscheidende Größe für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines Mietobjektes. Bei Eigennutzung ist es die Summe aus Zins, Abschreibung und Betriebskosten. Solange noch herkömmlich errichtete Objekte am Markt angeboten werden, kann die Wirtschaftlichkeit über eine Warmmiete vergleichbar mit herkömmlichen Mieten + Betriebskosten dargestellt werden.

Die Gesamtkosten nach ÖNORM 1808-1 betragen nach aktuellem Planstand für das Plus-Energie-Büro Flachbau um 19 % mehr als beim Referenzprojekt. Zur Erzielung der gleichen Projektrendite wurde die Nettomiete des Referenzprojektes von EUR 13/m<sup>2</sup> NF und Monat im gleichen Verhältnis erhöht. Demnach ist eine durchschnittliche Monatsmiete von EUR 15,48/m<sup>2</sup> NF für das PEB erforderlich, um diese Kosten realisieren zu können. Gemäß Simulationsergebnissen kann der Mieter bei Umsetzung der im Projekt erarbeiteten Qualitäten insgesamt rd. EUR 1,03/m<sup>2</sup> NF Energiekosten einsparen. Berücksichtigt man dieses Einsparpotential, um das der Mieter also mehr Miete zahlen kann, so beträgt die effektive Miete EUR 14,45/m<sup>2</sup> NF. Somit hätte der Mieter mit einer um rd. EUR 1,5/m<sup>2</sup> NF höheren Miete zu rechnen und hat somit einen finanziellen Nachteil bei Einmietung in das Plus-Energie-Büro bzw. ergeben sich für den Investor bei der aktuell angespannten Büromarktsituation in Wien Nachteile bei der Vermietung.

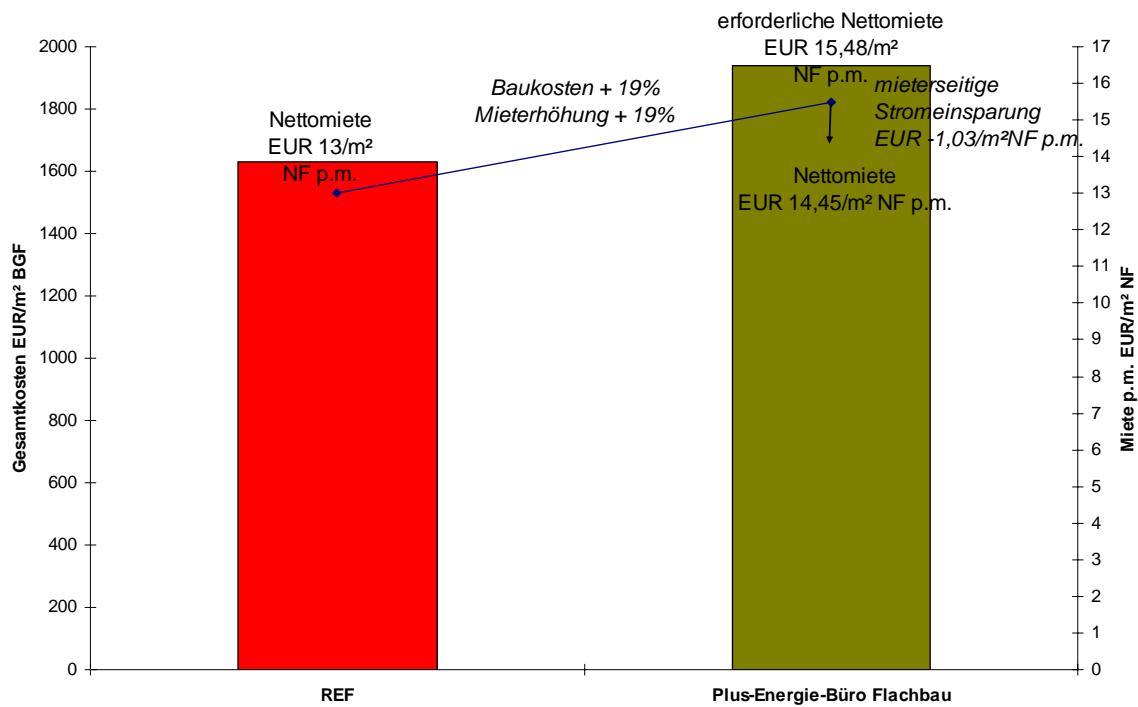


Abbildung 50: Vergleich Gesamtkosten und erforderliche Nettomiete beim Referenzprojekt und PEB Flachbau

Die gleiche Berechnung wurde auch für das Passivhaus-Büro Flachbau angestellt, also ohne Kosten für Maßnahmen zur Erzeugung von Energie am Standort. Die Berechnungen haben gezeigt, dass hier nach Abzug der eingesparten Energiekosten von der erforderlichen Mehrmiete die Durchschnittsmiete bei EUR 13,43/m<sup>2</sup> NF liegt. Somit entstehen auch bei der

Realisierung eines Passivhaus Büros für den Mieter trotz Einsparungen bei den Betriebskosten Mehrbelastungen.

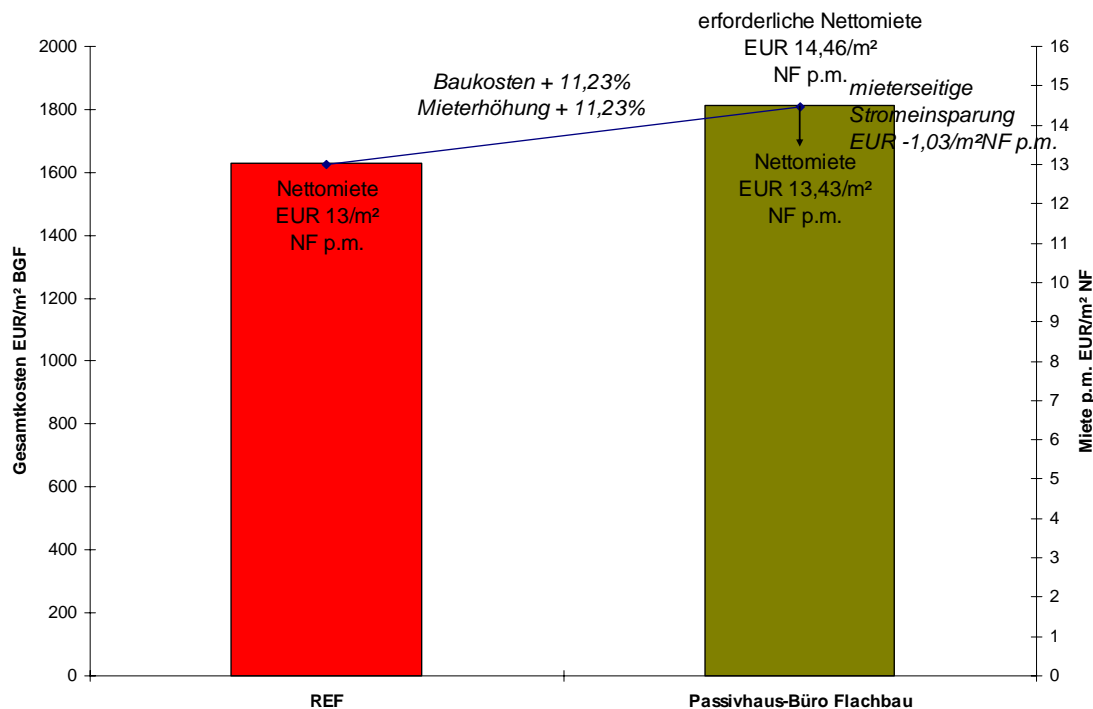


Abbildung 51: Vergleich Gesamtkosten und erforderliche Nettomiete beim Referenzprojekt und Passivhaus-Büro Flachbau

Geht man von einer – natürlich abhängig vom jeweiligen Standort – durchschnittlich erzielbaren Monatsmiete von EUR 13/m² NF aus, so lassen sich unter Berücksichtigung der monatlichen Einsparungen bei den Energiekosten von EUR 1,03/m² NF auch die maximal möglichen Gesamtkosten pro m² BGF errechnen. Wie in nachfolgender Tabelle 7 ersichtlich, ergeben die Einsparungen unter Annahme einer 5% Verzinsung auf 20 Jahre einen Barwert von EUR 190/m² NF. Abzüglich Finanzierungs- und Nebenkosten sowie bei Umrechnung auf BGF können die Gesamtkosten für ein Passivhaus-Büro mit der im Bericht beschriebenen technischen Ausstattung um rd. EUR 129/m² BGF höher sein, um bei gleicher Miete und unter Annahme der Einsparungen das Projekt finanzieren zu können.

Einsparung Energiekosten Mieter pro Monat/m² NF im PEB	EUR 1,03
Einsparung durch Energiekosten pro Jahr/m² NF im PEB	EUR 12,36
Barwert/m² NF (auf 20 Jahre und 5% Verzinsung)	EUR 190,00
abzgl. Finanzierung und Nebenkosten von insg. rd. 20%	EUR 152,00
umgelegt auf BGF (Annahme 85%)	EUR 129,20
Gesamtkosten pro m² BGF REF	EUR 1630,00
<b>Maximale Gesamtkosten pro m² BGF für Passivhaus-Büro</b>	<b>EUR 1759,20</b>

Tabelle 7: Maximale Gesamtkosten für das Passivhaus-Büro Flachbau unter Berücksichtigung des gesamten Einsparpotentials bei den Energiekosten

Die im Projekt erarbeiteten Gesamtkosten für das Passivhaus-Büro Flachbau von EUR 1.813/m² BGF sind somit um rd. EUR 54/m² BGF höher. Es bedarf also noch weiterer Optimierungsansätze und einer Detaillierung der Planung, um dieses Projekt zu gleichen

Bedingungen am freien Markt realisierbar zu machen. Das Projektteam sieht Potentiale bei der Realisierung von Passivhaus-Bürogebäuden aufgrund der zu erwartenden Erhöhungen der Energiepreise und der Weiterentwicklungen und serienmäßigen Fertigung von passivhaustauglichen Fassadensystemen.

Mit den in diesem Projekt gewonnen Erkenntnissen fließen in die weitere Projektentwicklung des PEB sowie in andere Büroprojekte des Antragstellers ein. Weiteres sind die Ergebnisse direkt anwendbar bei weiteren Haus der Zukunft Plus Projekten wie beispielsweise dem Projekt AspernPlus oder Plus-Energie-Büro der TU-Wien am Getreidemarkt.

## **11. Ausblick und Empfehlungen**

Das im Projektantrag dargestellten Gesamtziele – Plus-Energie-Büro ohne erhöhte Gesamtkosten – wurde nicht erreicht. Das Projekt hat gezeigt, wo unter Beachtung der wirtschaftlichen und technischen Parameter die Grenzen des Machbaren liegen, wenn der gleiche Komfort und mindestens die gleichen Komfort- und Sicherheitsstandards wie bei herkömmlichen Büros eingehalten werden sollen.

Das gegenständliche Projekt bringt wesentliche Vorteile für potentielle MieterInnen: modernes, energieeffizientes Gebäude, verbesserte Arbeitsumgebung, reduzierte Energiekosten u.v.m.

Am Markt für gewerbliche Neubauten ist Handlungsbedarf und Potential und es bedarf noch einiger konkreter Vorzeigeprojekte mit Vorzeigewirkung für energieeffiziente, moderne Bürobauweise über die Landesgrenzen hinaus. Die teilweise sehr fundiert erarbeiteten Erkenntnisse und Projektergebnisse können für andere Bauträger bei der Konzeption ihrer Projekte von Interesse sein, wobei darauf hingewiesen ist, dass jedes Projekt v.a. aufgrund des Standortes und der Zielsetzungen eigene Potentiale und Möglichkeiten birgt.

Im Rahmen der Projektbearbeitung hat sich gezeigt, dass die Themen Nachtlüftung im Bürobauten und passivhaustaugliche Elementfassaden einer genauere Untersuchung und Weiterentwicklung erfordern. Weiterer Handlungsbedarf wird auch bei der serienmäßigen und kostengünstigeren industriellen Produktion von passivhaustauglichen Fassadensystemen gesehen.

## 12. Literatur-/ Abbildungs- / Tabellenverzeichnis

### 12.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ergebnisse NutzerInnenbefragung – Anpassung Sonnenschutz (KV = konventionell).....	15
Abbildung 2: Ergebnisse NutzerInnenbefragung – Regelung Heizen/Kühlen.....	16
Abbildung 3: Ergebnisse NutzerInnenbefragung – Lüften am Arbeitsplatz.....	16
Abbildung 4: Ergebnisse NutzerInnenbefragung – Einflussmöglichkeiten am Arbeitsplatz ...	17
Abbildung 5: Varianten, schematisch.....	26
Abbildung 6: Stehleuchte, indirekt-/direktstrahlend.....	27
Abbildung 7: Lineare Leuchte, indirekt-/direktstrahlend.....	27
Abbildung 8: LED Downlight - Nebenräume, direktstrahlend.....	28
Abbildung 9: LED Downlight – Lobby / Stiegenhäuser, direktstrahlend.....	28
Abbildung 10: Leuchtenlayout – typischer Ausschnitt.....	29
Abbildung 11: Schema- schallabsorbierendes System für Bauteile mit Betonkernaktivierung [Dro10].....	34
Abbildung 12: Bilanzierungsgrenzen (Quelle: IEA Annex 53).....	35
Abbildung 13: Zonierung des probabilistischen Modells.....	37
Abbildung 14: Zonierung des Simulationsmodells.....	39
Abbildung 15: Umgebung für Verschattungsberechnung und ein Geschoß des berechneten Objektes.....	39
Abbildung 16: Lageplan (Quelle: BAI).....	41
Abbildung 17: Regelgeschoß mit vier Mieteinheiten (Quelle: BAI).....	41
Abbildung 18: Primärenergiebedarf Referenzobjekt.....	49
Abbildung 19: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard..	50
Abbildung 20: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Kompressionskältemaschine.....	52
Abbildung 21: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Kreislaufverbundsystem.....	54
Abbildung 22: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Rotationswärmetauscher.....	55
Abbildung 23: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Rotationswärmetauscher mit erhöhter Feuchtegrenze.....	56
Abbildung 24: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Nachtlüftung.....	58
Abbildung 25: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Nachtlüftung.....	59
Abbildung 26: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Warmwasser.....	60
Abbildung 27: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Effiziente Geräte.....	63
Abbildung 28: Vergleich Primärenergiebedarf Referenzobjekt – PEB Passivhausstandard Beleuchtung.....	65
Abbildung 29: Vergleich Primärenergiebedarf PEB mit den drei Optimierungsvarianten .....	66
Abbildung 30: Vergleich Primärenergiebedarf PEB Optimum 1: Tageslichttransport.....	67
Abbildung 31: Vergleich Primärenergiebedarf PEB Optimum 1: Fassadentypen.....	68

Abbildung 32: Vergleich Primärenergiebedarf PEB Optimum 1: Primärenergiefaktoren (Vergleich mit PHPP-Grenzwert ist nicht gegeben, da hier auf BGF gerechnet und außerdem ist im PHPP kein Transport inkludiert.).....	69
Abbildung 33: Zonierung eines Geschoßes für das Simulationsmodell mit Orientierung .....	71
Abbildung 34: Vergleich der Heizlasten pro Zone .....	72
Abbildung 35: Vergleich der Laufzeiten der Bauteilaktivierung pro Zone im Heizfall .....	73
Abbildung 36: Vergleich des Wärmebedarfs für Bauteilaktivierung und Raumluftechnik.....	73
Abbildung 37: Vergleich der Kühllasten pro Zone .....	74
Abbildung 38: Vergleich der Laufzeiten der Bauteilaktivierung pro Zone im Kühlfall .....	75
Abbildung 39: Vergleich des Kältebedarfs für Bauteilaktivierung und Raumluftechnik .....	75
Abbildung 40: Vergleich des probabilistischen Modells mit der Kombination aus dem probabilistischen Modell und der Simulation am Beispiel des Referenzobjektes	77
Abbildung 41: Vergleich des probabilistischen Modells mit der Kombination aus dem probabilistischen Modell und der Simulation am Beispiel des PEB.....	78
Abbildung 42: Ausrichtung der Photovoltaikmodule in Abhängigkeit der Ausrichtung und der Orientierung (Quelle: [BOD10]) .....	79
Abbildung 43: Primärenergieertrag aus der Photovoltaik- und Aufzugsanlage.....	80
Abbildung 44: Vergleich Gesamtkosten gemäß ÖNORM B 1801-1 pro m <sup>2</sup> Bruttogeschoßfläche REF, Flachbau PEB inkl. Mehrkosten Plus-Energie und Passivhaus-Flachbau gemäß Kostenermittlung .....	83
Abbildung 45: Vergleich Primärenergieverbrauch im Betrieb Referenzprojekt und Plus- Energie-Büro.....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Abbildung 46: Vergleich Primärenergie Referenzprojekt – PEB inkl. Ertrag Photovoltaik + Lift .....	89
Abbildung 47: Vergleich Beleuchtungsenergie je Mieteinheit Referenzprojekt –PEB.....	90
Abbildung 48: Kühlenergiebedarf je Mieteinheit Referenzprojekt – PEB .....	90
Abbildung 49: Verbrauch Bürogeräte je Mieteinheit Referenzprojekt – PEB .....	92
Abbildung 50: Vergleich Gesamtkosten und erforderliche Nettomiete beim Referenzprojekt und PEB Flachbau.....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Abbildung 51: Vergleich Gesamtkosten und erforderliche Nettomiete beim Referenzprojekt und Passivhaus-Büro Flachbau.....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>

## 12.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Angenommene Sondernutzungen im Bürokomplex im EG und 1. OG mit Lasten 14	
Tabelle 2: Gegenüberstellung Solarzellen und Dünnschichttechnologie - Module und Wirkungsgrad, entnommen aus [Rob 09] .....	24
Tabelle 3: Gegenüberstellung Gesamtkosten gemäß ÖNORM B 1801-1 pro m <sup>2</sup> Bruttogeschoßfläche des REF und PEB Flachbau (Angaben in EUR/m <sup>2</sup> BGF) ..	82
Tabelle 4: Endenergie- und Primärenergiebedarf REF und PEB – Ergebnisse der Simulation .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Tabelle 5: Energiebezogene Betriebskosten REF .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Tabelle 6: Energiebezogene Betriebskosten PEB .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Tabelle 7: Maximale Gesamtkosten für das Passivhaus-Büro Flachbau unter Berücksichtigung des gesamten Einsparpotentials bei den Energiekosten.	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>

## 12.3 Literaturverzeichnis

- [Bui00] Levermore, G.J.: Building Energy Management Systems – Application to low-energy HVAC and natural ventilation control, 2<sup>nd</sup> Edition, St Edmundsbury Press Great Britain: 2000
- [Bun09] Bundesgesetzblatt – Arbeitsstättenverordnung – StF: BGBl. II Nr. 368/1998 – Änderung: BGBl. II Nr. 256/2009. Wien: 14.Oktober.2009
- [Bun99] Bundesgesetzblatt – ArbeitnehmerInnenschutzgesetz – StF: BGBl. Nr. 450/1994 – Änderung: BGBl. II Nr. 368/1998. Wien: 01.01.1999
- [Boe04] De Boer, J.; Dissertation – Tageslichtbeleuchtung und Kunstlichteinsatz in Verwaltungsbauten mit unterschiedlichen Fassaden. Lehrstuhl für Bauphysik der Universität Stuttgart. Deutschland: 2004
- [CHR06] Quelle: Christophorushaus: Projektendbericht im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft, 11/2006
- [DIN03] DIN EN 12831 – Heizungsanlagen in Gebäuden, Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast. Deutschland: August 2003
- [DIN07] DIN V 18599 , Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung. Deutschland: Februar 2007
- [DIN07a] DIN 5034-3 , Tageslicht in Innenräumen – Teil 3: Berechnung. Deutschland: Februar 2007
- [DIN10] DIN 5034-1 , Tageslicht in Innenräumen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen – Entwurf. Deutschland: September 2010
- [FW10] Zach, F.; Simader, G.: Primärenergiefaktoren und Treibhausgasemissionen der Fernwärmeerzeugung der Fernwärme Wien GmbH: Fernwärme Wien 2010
- [Dro10] Drotleff, H.; Wack, R.: Integrale Akustiksysteme für thermisch aktive Betonbauteile – Akustik in Betondecken, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2010
- [Fas03] Fasold, W.; Veres, E.: Schallschutz und Raumakustik in der Praxis: Planungsbeispiele und konstruktive Lösungen, Berlin: Beuth Verlag, 2003
- [ISO05] EN ISO 15927-4, Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung und Darstellung von Klimadaten – Teil 4: Stündliche Daten zur Abschätzung des Jahresenergiebedarfs für Heiz- und Kühlsysteme. Oktober 2005
- [Kon08] Konder, H.; Bednar, T.: Estimation of air flow rates in large buildings based on measurements – Nordic Symposium on Building Physics Copenhagen: 2008



- [Kor11] Korjenic, A.; Deseyve, C.; Höfer, T.; Bednar, T.: Validation and Analysis of Energy Performance Using Dynamic Simulations and Comparisons with Detailed Measurements – Nordic Symposium on Building Physics Tampere: 2011
- [Lee11] Leeb, M.; Korjenic, A.; Deseyve, C.; Höfer, T.; Bednar, T.: Impact of Outdoor Climate and Life Style on the Total Energy Use in Office Buildings – Nordic Symposium on Building Physics Tampere: 2011
- [Oen01] ÖNORM B 8110-3, Wärmeschutz im Hochbau – Teil 3: Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse (Berichtigung). Wien: Juni 2001
- [Oen03] ÖNORM B 8110-2, Wärmeschutz im Hochbau – Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz. Wien: Juli 2003
- [Oen03a] ÖNORM EN 12831, Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast. Wien: Dezember 2003
- [Oen03b] ÖNORM EN 12464-1, Licht und Beleuchtung – Beleuchtung von Arbeitsstätten, Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen. Wien: 2003
- [Oen05] ÖNORM EN ISO 13790, Energieeffizienz von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfs. Wien: September 2008
- [Oen06] ÖNORM EN ISO 7730, Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit. Wien: März 2006
- [Oen06a] ÖNORM H 7500, Heizungssysteme in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast (Nationale Ergänzung zu ÖNORM EN 12831). Wien: August 2006
- [Oen08] ÖNORM EN ISO 13370, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmeübertragung über das Erdreich - Berechnungsverfahren. Wien: April 2008
- [Oen08a] ÖNORM EN ISO 13789, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Spezifischer Transmissions- und Lüftungswärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren. Wien: April 2008
- [Oen08b] ÖNORM B 8110-1, Wärmeschutz im Hochbau – Teil 1: Anforderungen an den Wärmeschutz und Deklaration des Wärmeschutzes von Gebäuden/Gebäudeteilen – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf. Wien: Jänner 2008
- [Oen08c] ÖNORM H 5055, Energieausweis für Gebäude. Wien: Februar 2008
- [Oen08d] ÖNORM EN 15193, Energetische Bewertung von Gebäuden – Energetische Anforderungen an die Beleuchtung. Wien: März 2008

- [Oen10] ÖNORM B 8110-5, Wärmeschutz im Hochbau – Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile. Wien: Jänner 2010
- [Oen10a] ÖNORM B 8110-6, Wärmeschutz im Hochbau – Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf. Wien: Jänner 2010
- [Oen10b] ÖNORM H 5056, Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Heiztechnik-Energiebedarf. Wien: Jänner 2010
- [Oen10c] ÖNORM H 5057, Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Raumluftechnik-Energiebedarf für Wohn- und Nichtwohngebäude. Wien: Jänner 2010
- [Oen10d] ÖNORM H 5058, Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Kühltechnik-Energiebedarf. Wien: Jänner 2010
- [Oen10e] ÖNORM H 5059, Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Beleuchtungsenergiebedarf. Wien: Jänner 2010
- [OIB07] Österreichisches Institut für Bautechnik: OIB Richtlinie 6 – Energieeinsparung und Wärmeschutz. Wien: 2007
- [PHP07] Feist, W.: Passivhausprojektierungspaket 2007 – Anforderungskatalog an qualitätsgeprüfte Passivhäuser. Darmstadt: 2007
- [Rai68] Raiß, W.; Rietschel, E: Heiz- und Klimatechnik, 15. Auflage, Wien: Springer Berlin Heidelberg NewYork Verlag, 1968
- [Rob09] Roberts, S.; Guariento, N.: Gebäudeintegrierte Photovoltaik – Ein Handbuch, Basel: Birkhäuser Verlag AG, 2009
- [RWE10] RWE Bauhandbuch, 14. Ausgabe. Frankfurt: 2010
- [REH07] Wargocki, P.; Seppänen, O. (ED.): Indoor Climate and Productivity in Offices, rehva Guidebook No 6, 2nd revised edition. Brüssel: 2007[SIA11] SIA 382/1, ENTWURF Lüftungs- und Klimaanlagen – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen. Zürich: Februar 2011
- [VDI09] VDI 4707 , Aufzüge – Energieeffizienz. Verein Deutscher Ingenieure, Deutschland: März 2009
- [VDI11] VDI 6034, Raumkühlflächen Planung, Bau und Betrieb. Verein Deutscher Ingenieure, Deutschland: Februar 2011

## 12.4 Internetquellen

- [Aku11] Fink x Fink, AKUSTIK BILDER UND MODULE  
<http://www.fink2.com/15-0-Akustik-Bilder-und-Module.html> (abgerufen am 4. April 2011; 09:07)
- [BOD10] Abbildung Ausrichtung Photovoltaik <http://www.bodechrist.de/m15/Ausrichtung.jpg>  
(abgerufen am 15. Oktober 2010; 14:43)
- [EAG09] <http://konzern.energieag.at>, 02/2009
- [EBA09] <http://www.energybase.at>, 02/2009; Ergänzungen von DI Klaus Pokorny, Pokorny Lichtarchitektur;
- [ENE10] Energieeffiziente Geräte  
<http://www.eu-energystar.org/de> (abgerufen am 15. Oktober 2010; 09:21)
- [ENG09] <http://www.energon-ulm.de>, 02/2009
- [EUG10] Europäische Richtlinie für energieeffiziente Gebäude, Neugefasste EU Gebäude-richtlinie 2010 <http://www.enev-online.de/epbd/2010/index.htm> (abgerufen am 05. Mai 2010; 16:53)
- [GOL10] Gigabit Switches  
<http://www.golem.de/0710/55406.html> (abgerufen am 15. Oktober 2010; 09:21)
- [Oph11] ophelis Akustikmöbel  
<http://www.ophelis.de/DE> (abgerufen am 4. April 2011; 09:07)
- [Rau11] raumAKUSTIKS, AKUSTIK Akustik Art: Bilder für flexible optische und akustische Raumlösungen  
[http://www.raum-akustiks.de/01\\_produkte/akustik\\_bilder.htm](http://www.raum-akustiks.de/01_produkte/akustik_bilder.htm) (abgerufen am 4. April 2011; 09:07)
- [SIL10] Energieeffiziente Server  
[http://www.silicon.de/hardware/server-desk-tops/0,39038998,39190756,00/amd\\_senkt\\_den\\_stromverbrauch\\_im\\_server.htm](http://www.silicon.de/hardware/server-desk-tops/0,39038998,39190756,00/amd_senkt_den_stromverbrauch_im_server.htm)  
(abgerufen am 15. Oktober 2010; 09:21)
- [Son11] Technologieleitfaden Sonnenschutzsysteme, Magistrat Abteilung 27  
<http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/sep/pdf/leitfaden-sonnenschutz.pdf> (abgerufen am 4. April 2011; 09:39)
- [SOL09] <http://www.sol4.info>, 02/2009
- [TOP10] Energieeffiziente Geräte  
<http://www.topprodukte.at/> (abgerufen am 15. Oktober 2010; 09:21)

[TOP10a] Energieeffiziente Geräte

<http://www.topten.ch/> (abgerufen am 15. Oktober 2010; 09:21)

[TOP10b] Energieeffiziente Geräte

<http://www.energieeffizienz-im-service.de/index.php?11253> (abgerufen am 15. Oktober 2010; 09:21)

[UBA10] Pölz, W. Umweltbundesamt. Power-Point-Präsentation im Zuge des Workshops „Strategieforum“ mit dem Thema „Das Gebäude als Energieproduzent – Auf dem Weg zum Plus-Energiegebäude?“. Steiermark: 20. Mai 2010 <http://www.aee-intec.at/0uploads/dateien719.pdf> (abgerufen am 5. Mai 2011; 17:05)

[ZUM11] Zumtobel Licht GmbH

<http://www.zumtobel.at>

[OSR11] Osram GmbH

<http://www.osram.at>

## **13. Anhang**

13.1 Matrix Planungsparameter und Ziele

13.2 Beispielprojekt Hochhaus und Flachbauten C1 + C2 – Regelgrundrisse Büronutzung

13.3 Ergebnis der NutzerInnenbefragung

13.4 Lüftungsschemata

13.5 Systemvergleich Lüftung

13.6 Leuchtenverzeichnis

13.7 Leuchten-Layout

13.8 Fassadendetails

13.9 Aufbauten

# 13.1 Matrix Planungsparameter und Ziele

		Kennwert WBO / Norm		Ziele und Kennwerte Projekt PEB	
1. Energie	1.1 Energieklasse	Heizwärme- und Kühlbedarf: jährlichen Heizwärmebedarfs HWB/BGF, Ref pro m <sup>2</sup> konditionierter Brutto-Grundfläche	DIB-Richtlinie 6: 2.4. Anforderungen an Heizwärme- und Kühlbedarf bei Neubau von Nicht-Wohngebäuden  HWB/V,NWVG,max, Ref = 6,5 * (1+2.5kt) [kWh/m <sup>2</sup> a] - max. 22,75  Bei Gebäuden mit einer raumlüfttechnischen Anlage mit Wärmerückgewinnung reduziert sich der maximal zulässige jährliche Heizwärmebedarf HWB/V,NWVG,max, Ref um 2 kWh/m <sup>2</sup> a oder um 1 kWh/m <sup>2</sup> a, wenn nicht mehr als die Hälfte der Nutzfläche durch eine raumlüfttechnische Anlage mit Wärmerückgewinnung versorgt wird.	Klasse A: HWB/BGF, Ref = 25 kWh/m <sup>2</sup> a	
	1.2 Energieerzeugung	Wärme		üblicherweise Anschluss an das Fernwärmenetz	
	Strom			Stromanschluss V1en_Strom	
	Kälte			Kühlregister mit Trockenkühler	
Raumklima	2.1 Heizung / Kühlung / Luftfeuchtigkeit	Wärme- und Kälteverteilung		abgehängte Kühldecke in Form einer gelochten Metallbandrasterdecke  Räume mit hoher thermischer Last: offene Kühldecke oder Deckenkühlfächer Serverräume: Deckenfancoilgeräte  Radiatoren  Einzelraumsteuerung	
	Raumtemperatur / Luftfeuchte - WINTER	Arbeitnehmerschutzbestimmungen		<i>Raumtemperatur</i> Toleranz: +/- 1°C  <i>relative Luftfeuchtigkeit = Raumfeuchte</i> Toleranz: +/- 5% <i>rel. Feuchte</i> 45% r.F.	
	Raumtemperatur / Luftfeuchte - SOMMER	Arbeitnehmerschutzbestimmungen		<i>rel Luftfeuchtigkeit</i> Toleranz +/- 5% <i>rel Feuchte</i> Teilentfeuchtung (50% r.F.) Teilentfeuchtung (50% r.F.) Teilentfeuchtung (50% r.F.) =	
				angenehmes Raumklima, ohne dass sich der Nutzer damit beschäftigen muss  siehe BAI-Standard jedoch relative Luftfeuchtigkeit Minimum ca. 35 % keine raumweise Regelung erforderlich  angenehmes Raumklima, ohne dass sich der Nutzer damit beschäftigen muss  siehe BAI-Standard relative Luftfeuchtigkeit Sommer Maximum ca. 80% jedoch mit Bauteilaktivierung keine raumweise Regelung erforderlich	
				Büro 21°C Besprechungszimmer 21°C Gangbereiche Büro 18°C Lobby 20°C Eingangsbereich 15°C Stegenhäuser beheizt Serverraum unbeheizt Sanitärräume 18°C Teeküche 18°C HT-Zentrale 10°C Kältezentrale 10°C Garage unbeheizt Garage, Lagerräume, Archive im UIC+EG unbeheizt Müllraum unbeheizt	

		Kennwert WBO / Norm	Anforderung an die Qualität	Ziele und Kennwerte Projekt PEB	
		OIB-Richtlinie 6; 2.4.2 Sommerliche Überwärmung	Für Nicht-Wohngebäude ist entweder die sommerliche Überwärmung gemäß ÖNORM B 8110-3 einzuhalten, wobei die tatsächlichen inneren Lasten zu berücksichtigen sind, oder der maximal zulässige außerinduzierte Kühlbedarf $KB^{*}V, NWG, max$ (Nutzungsprofil Wohngebäude, Infiltration $n_k = 0,15$ ) pro $m^3$ Bruttovolumen von $1,0 kWh/m^3a$ bis 31.12.2009: $LEK_{max} = 32 [-]$	Teeküche HT-Zentrale Kältezentrale Garage Gänge, Lagerräume, Archive im UG+EG Müllraum	
	thermische Qualität der Gebäudehülle	OIB-Richtlinie 6; 3. Anforderungen an die th. Qualität der Gebäudehülle: Beim Neubau ist der folgende maximal zulässige LEK-Wert einzuhalten:  ab 01.01.2010: $LEK_{max} = 27 [-]$  maximal zulässiger LEK-Wert mit der Heizgradzahl von 3400 Kd	Einhaltung der OIB-Richtlinie	Gebäudehülle Passivhausstandard - Hochhaus Elementfassade U-Wert $< 0,6 W/m^2 K$ - Flachbau Fensterbaufassade U-Wert $= 0,6 W/m^2 K$	
2.2 Lüftung - Luftwechsel	Luftwechsel	Raumluftgeschwindigkeiten: gemäß ÖNORM H 6000 Teil 3, bzw. ISO 7730	<i>Luftmenge</i> Toleranz +/- 10%	Berechnung der notwendigen Luftmenge pro Raum, Pro Person 35 $m^3/h$ . Dies ergibt je Raum verschiedenen Luftwechselzahlen zwischen 1,4 und 5,3 LW.	
	System		Büro Besprechungszimmer Gangbereiche Büro Lobby Eingangsbereich Stiegenhäuser Serverraum Sanitärräume Teeküche HT-Zentrale Kältezentrale Garage Gänge, Lagerräume, Archive im UG+EG Müllraum	1,5 LW über die gesamte Bürofläche 5 LW 1,5 LW 2 LW - Fan Coil 60 $m^3/h$ pro WC und Plis 4 LW Natürliche Be- und Entlüftung Absaugung gemäß Verordnung ZUL mech. (30LW) ABL statisch Natürliche/mechanische Be- und Entlüftung 8 LW	
3.1 Elektroausstattung	Ausstattung		Zentrale Lüftungsanlagen, Verteilsysteme mit Volumenstromregler	Semizentrale Lüftungsanlage	
	Berechnung Anschlussleistung		Bodendosen - Doppelboden im Gangbereich und vor dem Fenster, sonst Hohraumboden  Die Versorgung der Arbeitsplätze erfolgt grundsätzlich über den Hohraumboden, wobei in jeder 2. Achse des Ausbaurasters ein Bodentank (Universaldose 9-fach) mit Klappdeckel ausgeführt wird. Die Bodentanks werden in einem 60 cm breiten Doppelbodenstreifen montiert. Die Verkabelung zu den Bodentanks wird mit einer Überlänge ausgeführt, sodass ein Versetzen der Bodentanks um ein Ausbaurastermaß möglich ist.  Bestückung der Bodentanks: - 2 Stk. Arbeitsschukosteckdosen 230V - 2 Stk. EDV Schukosteckdosen 230V, farbig gekennzeichnet - 5 Stk. Reserveplätze, bestückt mit Gerätebecher  keine Zeitschaltuhren  Berechnung der Anschlussleistung über $m^2$ -Schlüssel: Büroeinheit  Kältemaschinen Aufzüge Allgemeine Anlagen Garage Brandrauchentlüftung	Siehe BAU-Standard  Zeitschaltuhr gemäß Bürozeiten für Micro, Kaffeemaschine, ...  max. 35 $W/m^2$ Nutzfläche vor GLZ (Gleichzeitigkeit), da der Einsatz von Durchlauferhitzern zur Warmwasseraufbereitung geplant ist.  0,5 GLZ für Berechnung Leistungsaufstellung - Netzbereitstellung mit dem Energieanbieter  Auslegung der Infrastruktur auf 1 GLZ  je nach Anzahl je nach Anzahl (ca. 10-11 kW) je nach Anlagen 5 $W/m^2$ Nutzfläche - je nach Größe je nach Anlagen	

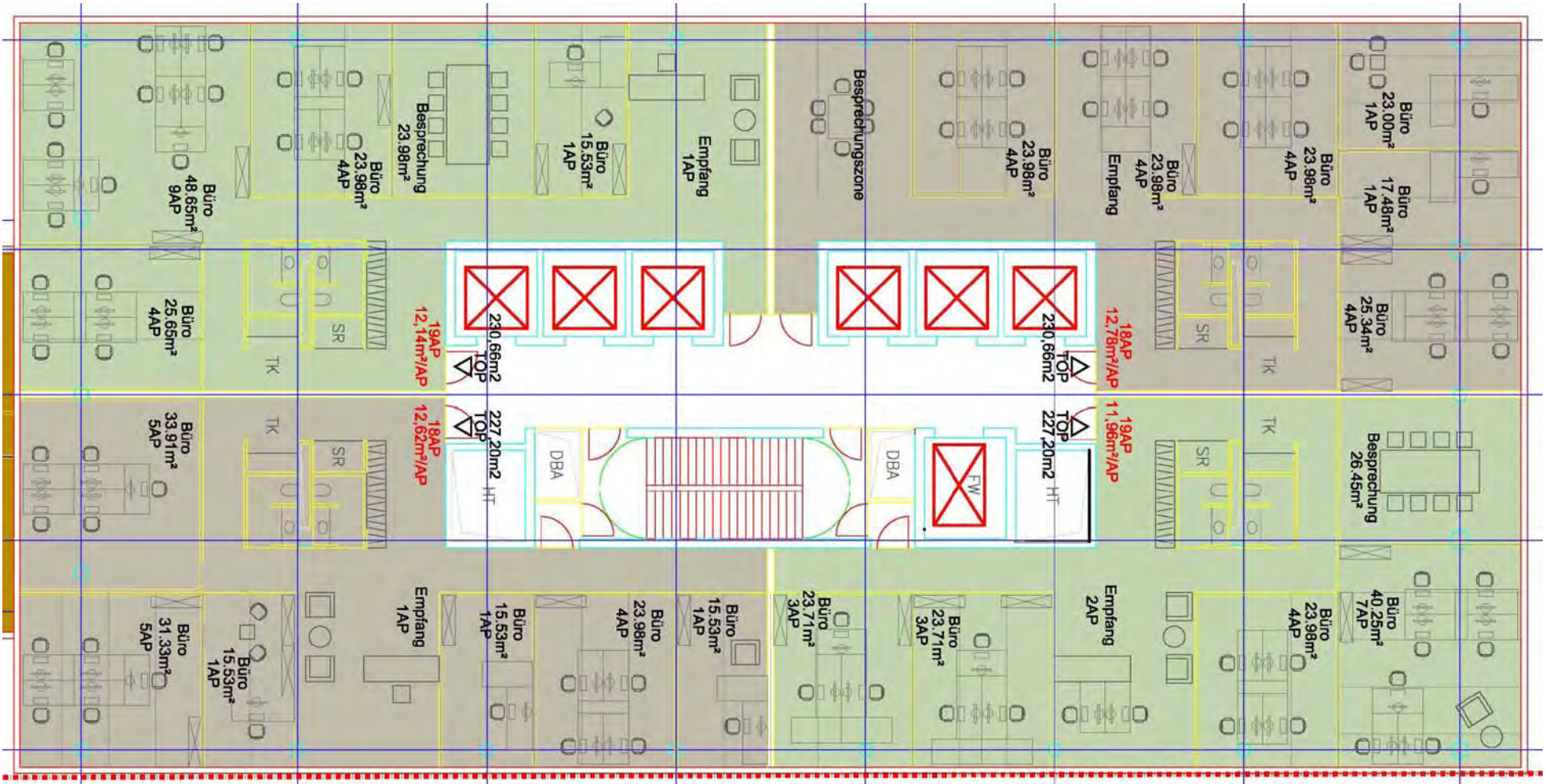
		Kennwert WBO / Norm	normale BAU-Maßnahme (nach WBO 18)	Ziele und Kennwerte Projekt PEB	
4. Licht	Aufzug		Auslegung auf Basis Frequenz - Kapazitätsberechnungen je nach Gebäude Energiebedarfs- und Energieeffizienzklasse B gemäß VDI4707	Energiebedarfsklasse A gemäß VDI4707 Aufzüge mit Bremsenergieerückgewinnung Flachbau: Aufzüge Energiebedarfsklasse A mit Bremsenergieerückgewinnung Hochhaus: Aufzüge Energiebedarfsklasse A mit Bremsenergieerückgewinnung	
	4.1 Künstliche Beleuchtung	Beleuchtungsstärken	EN 12464-1 "Licht und Beleuchtung, Teil 1: Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen" 500 lux am Arbeitsplatz 300 lux für Verkehrszonen 100 lux 150 lux 200 lux 100 lux 200 lux 75 lux	geplante mittlere Beleuchtungsstärke EM Büro: BAI-Standard 500 lux 300 lux 200 lux Gänge: 200 lux Steigenhäuser: 150 lux Teeküchen: 200 lux Archive: 100 lux Sanitärräume/Toiletten: 200 lux Garagen: 75 lux II. EN 12464-1 500 lux am Arbeitsplatz 300 lux für Verkehrszonen 100 lux 150 lux 200 lux 100 lux 200 lux 75 lux	Zielgerichtete, flexible Beleuchtung bei Einhaltung der Normwerte Bedarfsorientierte Beleuchtung und Dimmung Anwesenheitssteuerung
		Leuchtentyp	Büro: Sanitär: Gangflächen: Teil der Bemessungsgrundlage für Kühlleistung p.m <sup>2</sup> Büro: 16W/m <sup>2</sup> Besprechung: 16W/m <sup>2</sup>	Deckeneinbau Rasterleuchten in Abstimmung mit der Kühldecke Sondervunsch: Stehleuchte, je 20m <sup>2</sup> Nutzfläche eine Leuchte Einbau-Downlights Lichtschaltung über Bewegungsmelder im Vorraum Einbau - Downlights mit elektronischen Vorschaltgeräten in der abgehängten Decke	energetisch optimierte Beleuchtung ohne Qualitätseinbußen gezielter Einsatz von Stehleuchten mit Anwesenheitsmelder und umgebungslichtabhängiger Regelung
	4.2 Natürliche Belichtung	Natürliche Belichtung	gemäß Bauordnung		Optimale Ausnutzung der natürlichen Belichtung bei gleichzeitig kontrolliertem Wärmeeintrag gemäß Bauordnung
	4.3 Sonnenschutz	Blendschutz	OIB-Richtlinie 6: Sommerliche Überhitzung	Außenliegender Sonnenschutz mit Blendschutzfunktion wo erforderlich	Gezielter Einsatz des außenliegenden, strahlungsgesteuerten Sonnenschutzes je Fassade, im Hochhaus mit vorgelagerter Prallscheibe
5. Schallschutz	5.1 Lärm	zulässiger Schallpegel im Innenraum	gemäß ÖNORM M 7845 Lüftungstechnische Anlagen; Lärminderung A-bewerteter Schalldruckpegel zulässige Toleranz +2dB mittlerer Nachhallzeit (T in sek)	Unverändert Einhaltung der Normen trotz Betonbauteilaktivierung	
		Trittschall/Körperschall Luftschall Ausstattung	Büroraum: L = 40dB(A) Großraumbüro: L = 50dB(A) Besprechungsräume: L = 40dB(A) Gänge: L = 45dB(A) WC, Archive, Nebenräume: L = 50dB(A) Serverräume mit Umluftkühler: L = 53dB(A) Serverräume ohne ULK: L = 45dB(A)		
6. Brand- schutz	6.1 Brandschutz	ONR 22000 OIB-Richtlinie 2 - OIB-Richtlinie 2.2 - Brandschutz bei Garagen, überdachten Stellplätzen und Parkdecks TRVB - Technische Richtlinien Vorbeugender Brandschutz	keine speziellen Ein- bzw. Vorrichtungen zur zusätzlichen Reduktion von Lärm Je nach Standort spezielle Anforderungen an Glas und Fenster gemäß Wr. Bauordnung und sonstiger Normen und Richtlinien	gemäß Wr. Bauordnung und sonstiger Normen und Richtlinien	
	7.1 Materialien	Bodenbelag	Hohlraumboden, Doppelboden Teppichboden	Einsatz ökologischer, recycelbarer Materialien emissionsarme Materialien - emissionsarmen Verlegetwerkstoffen - emissionsarmen Bodenbelägen - emissionsarmen Holzwerkstoffen - Ausschluss von klimaschädlichen Baustoffen (z.B. Dämmstoffe HFKW-frei) - Fenster, Türen, Rollläden und Rohre sind PVC-frei	
7. Ausstattung		Wand	Dispersion	Wand- Deckenanstriche emissionsarm Tapeten sind PVC-frei	
		Decke	abgehängte Decke		
		Fenster	offenbare Fensterelemente meist Drehkippflügel	bei Einhaltung der Luftqualität müssen Fenster nicht offenbar	
	7.2 Sanitär	Warmwasserbereitung	dezentrale Elektro Untertischkleinspeicher mit 5l oder 10l bisher keine Nutzung von Grauwasser aufgrund wirtschaftlicher Berechnungen, da erhöhte Investitionskosten, die Vorteile in den Betriebskosten für Mieter bringen	dezentrale Elektro-Kleindurchlauferhitzer wassersparende Armaturen zum Händewaschen 2-Mengen Spültechnik bei WC	
7.3 Sicherheit	Zutrittsystem	Video-Torsprechanlage. Zugangstüren im Stiegenhaus 1x Kartenleser, bei mehreren Zugängen Karte Eingangsbereich Garage: Sprechanlage für Mieter, Videoanlage für Facilitymanagement Kellerbereiche Aufzüge: Video für Facilitymanagement	siehe BAI-Standard		



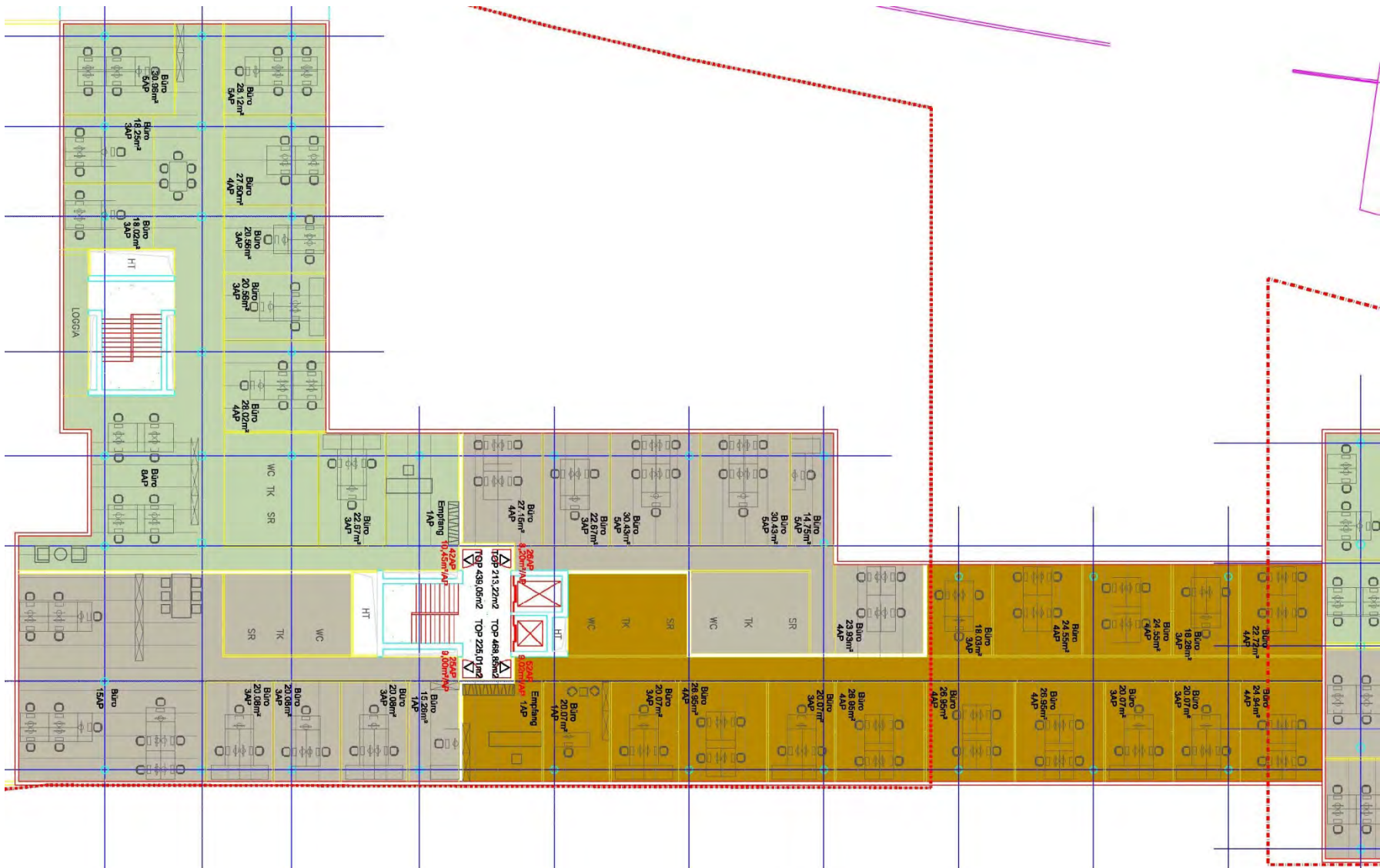
		Kennwert WBO / Norm	Maßnahmen zur Erreichung / ERREICHUNG	Ziele und Kennwerte Projekt PEB	
8. Relativliche Konzeption	8.1 Raumqualität	Büro - Grundriss	-	Eingangsbereich Büro: Sprechanlage mit Videokamera, Innenstelle bei der Mieteinheit ohne Monitor, auf Sonderwunsch Umrüstung auf Sprechanlage mit Bildschirm möglich  mögliche Nutzungsformen - Zellenbüro - Kombibüro - Großraumbüro	Flexibilität, keine Einschränkungen aufgrund des haustechnischen Systems. verschiedene Nutzungsformen - Zellenbüro - Kombibüro Vernetzbarkeit der einzelnen Räume
		Büro - Trakttiefe	Einhaltung der Bebauungsbestimmungen gemäß	Einhaltung der Flächenwidmungs- und Bebauungsplanung und Vfr. Bauordnung erfahrungsgemäß 18-19m Trakttiefe - ca. 5,80m Bürotiefe - 1,2m Gang - 4,0m Kernzone 1,4, Achsmaß = 3 Achsen ein Standardzimmer	Energetisch optimierte Gebäudeform trotz Einhaltung der Bebauungsbestimmungen gemäß Flächenwidmungs- und
		Nebenräume	-	Besprechungszimmer innenliegende und außenliegende Besprechungszimmer v.a. außerhalb der Mieteinheit Archive v.a. außerhalb der Mieteinheit Teeküche Küchenblock mit Geschirrspüler, Micro, Kühlschrank Besprechungstheke	
	Garage	-		witterungsgeschützte Fahrradabstellplätze, Fahrradraum	
8.2 Architektonische Qualität	Fassadensystem	-	Fensterband / Elementfassade je nach Architektur und baulicher Vorgaben	Fensterband / Elementfassade je nach Architektur und baulicher Vorgaben	
	Glasanteil	-		- Glasanteil an der Fassade 60%, U-Wert 0,8 W/m²K - Opaker Anteil an der Fassade 40%, U-Wert 0,15 W/m²K	
9. Allg. Qualitäten	9.1 Allgemeine Qualitäten	Betriebszeiten	-	Montag-Freitag 07-19h	
		Lage	-	gute Erreichbarkeit für PKW gute Anbindung durch öffentliche Verkehrsmittel - Erreichbarkeit mit U-Bahn	gute Erreichbarkeit für PKW gute Anbindung durch öffentliche Verkehrsmittel - Erreichbarkeit mit U-Bahn
10. Wirtschaftlichkeit	10.1 Wirtschaftlichkeit-Bauträger	Infrastruktur im Gebäude	-		
		Infrastruktur in der Umgebung	-		
		Planungszeitraum	-	Optimaler Planungsprozess: rd. 1 Jahr ab Vorentwurf bis Baubeginn	Optimaler Planungsprozess: rd. 1 Jahr ab Vorentwurf bis Baubeginn
	Herstellungskosten	-	je nach Standort, Ausstattungsqualität und zu erwartender Miete	Abschätzung der Herstellungskosten, die nicht über jenen von herkömmlichen Büros liegen sollen – Ermittlung eventueller Mehrkosten	
10.2 Wirtschaftlichkeit - Mieter	Betriebskosten	-	1. Kosten - allgemeine Aufteilung A Betriebskosten Verwaltungshonorar Hausverwaltung Energie Versicherung, Gebäudeversicherung Grundsteuer Wasser- und Abwassergebühren Müllabfuhr Dienstleister-Hausbetreuung (Winterdienst, Facilitymanagement) B Kosten gemeinsamer Anlagen Notruftelefon Wartung Brandmeldeanlage  2. Kosten - Abweichende Aufteilung Heizkosten / Warmwasser Klimaanlage  Erfahrungswert durchschnittlich € 3-3,5/m² Nutzfläche  davon 1/3 der Kosten für Energie - Verbrauchsabhängig 2/3 Fixkosten für Verwaltung, Versicherungen		
		Langlebigkeit	-	geringe Wartungs- und Instandhaltungskosten	Errichtung einer langlebigen Immobilie mit geringen Wartungs- und Instandhaltungskosten
11. Gütesiegel	11.1 Gütesiegel für Bürogebäude	Image / Wiedererkennung / Identifikation	-		positives Image - langlebige Immobilie, Alleinstellungsmerkmal, Vorteil in der Vermietung
		Klima-Aktiv Haus		nein	ja, Klima-Aktiv Haus - Dienstleistungsgebäude
		EU-Programm Green Building		ja	ja
		ÖGNB	ÖGNB: Österreichische Gesellschaft für nachhaltiges Bauen	nein	eventuell, je nach Zielgruppe Mieter/Investoren und Mehraufwand (Kosten für Zertifizierungs- und Dokumentationsprozess)
	ÖGNI: Gütesiegel gemeinsam mit dem deutschen DGNB	ÖGNI: Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft	nein	eventuell, je nach Zielgruppe Mieter/Investoren und Mehraufwand (Kosten für Zertifizierungs- und Dokumentationsprozess)	
	LEED		nein	eventuell, je nach Zielgruppe Mieter/Investoren und Mehraufwand (Kosten für Zertifizierungs- und Dokumentationsprozess)	

## 13.2 Beispielprojekt Hochhaus und Flachbauten C1 + C2 – Regelgrundrisse Büronutzung

Beispielprojekt Hochhaus - Regelgeschoß Büronutzung

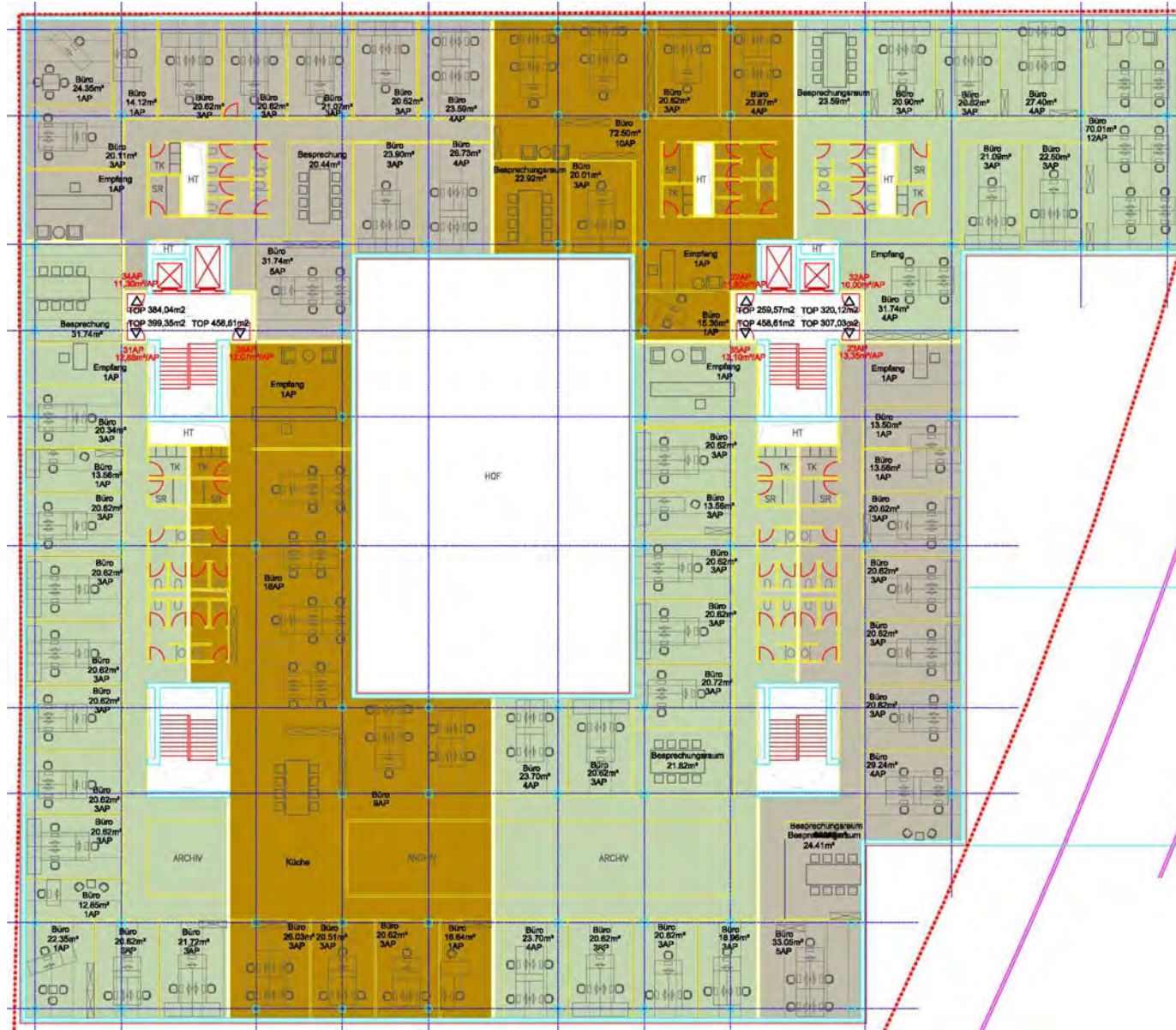






Beispielprojekt Flachbau C1 - Regelgeschoß Büronutzung

# Beispielprojekt Flachbau C2 - Regelgeschoß Büronutzung



## 13.3 Ergebnis der NutzerInnenbefragung

### POST-OCCUPANCY EVALUATION WIENER BÜROBAUTEN – KONVENTIONELLE UND NIEDRIGENERGIE-GEBÄUDE

HdZ+Projektleitung, Objektauswahl: DI Birgit Reiß, BAI, Wien

Teilprojektleitung, sozialwiss.Auswertung: Dr.Alexander Keul, Salzburg

Datatype: Elisabeth Schorn, Wien

#### **Projektziel**

Zur Vorbereitung einer innovativen Bürohausplanung („PEB-Büro“) sollten in existierenden Objekten im Raum Wien die Meinungen von Personal und Führungskräften, vor allem über Wohlbefinden und Qualitätsfaktoren, erhoben werden. In der Nutzerbefragung nach Bezug (Post-Occupancy Evaluation) wurden konventionelle und Niedrigenergie-Gebäude miteinander verglichen. Die Teilnahme war freiwillig und anonym; die Personal-Stichprobe ist mit 201 Personen repräsentativ, die Meinungen der 6 Führungskräfte zeigen Trends.

#### **Daten zu Technik, ausgewählten Objekten**

Details zur technischen Ausstattung der Gebäude können nicht veröffentlicht werden, da mit den ausgewählten Objekten die Durchführung einer anonymen Befragung ohne Rückschlussmöglichkeiten auf die einzelnen Gebäude vereinbart wurde.

Konventionelle Bürogebäude entsprechen dem aktuellen hochwertigen Status Quo im Bürobau in Wien (Kühldecken, Energieklasse A, individuelle Teilung, teilweise Stehlampen u.v.m.). Niedrigenergie-Bürogebäude verfügen in diesem Fall über neueste Technologien wie optimierter Energiebedarf, Betonkernaktivierung, Lichtsteuerung, automatische Sonnenschutzsteuerungen u.v.m.. Die technische Ausstattung der konventionellen Bürogebäude ist relativ ähnlich, gleiches gilt für die Niedrigenergie-Gebäude.

Eigentümer von Niedrigenergie-Gebäuden für diese Befragung zu gewinnen, gestaltete sich sehr schwierig, da grundsätzlich nur eine geringe Auswahl zur Verfügung stand, viele dieser Gebäude neu und dadurch oftmals noch nicht vollständig in Betrieb genommen sind oder sich gerade in der Einstellungsphase befinden, wodurch die Befragungsergebnisse der Mieter verfälscht sein könnten. Alle ausgewählten Gebäude befinden sich in Wien, jedoch an Standorten mit unterschiedlichen Qualitäten und Infrastrukturausstattung, weshalb Antworten zu Fragen dazu nicht vergleichbar sind.

## **Vorgehen, Methode**

Die Erhebung erfolgte mittels teilstandardisierter fachspezifischer Fragebögen, welche von Projektleitung und Teilprojektteam dialogisch entwickelt und getestet wurden. In die Instrumente fließen bisherige Ergebnisse der europäischen Post Occupancy Evaluation-Literatur über Bürobauten mit ein. Auf Literaturverweise wird hier verzichtet. Der Fragebogen behandelte folgende Hauptthemenbereiche: Soziodemografische Daten, allgemeine Qualitäten, Licht, Heizung/Lüftung, Luftqualität, Lärm, Leistungsfaktoren im Büro, Energie, (bei NE-Bauten auch Niedrigenergie). Der Fragebogen für Mitarbeiter bestand aus 7 soziodemografischen und 83 themenspezifischen Items (wobei von letzteren 18-19 qualitativ, also frei beantwortbar, waren). Der Fragebogen für Führungskräfte umfasste 9 soziodemografische und 70-71 themenspezifische Items (wobei von letzteren 12-13 qualitativ, also frei beantwortbar, waren). Wesentliche Bereiche beider Fragebogentypen überlappten sich und erlaubten umfangreiche Vergleiche. Die Auswertung qualitativer Daten erfolgte nach Datatype vom Blatt durch eine Qualitative Inhaltsanalyse; die Analyse der quantitativen („gestützten“) Antworten erfolgte mit SPSS.

## **Ergebnis-Übersicht**

Im Sommer bis Herbst 2009 wurden folgende Datensätze gesammelt:

207 Fragebögen von 201 Mitarbeitern und 6 Führungskräften aus insgesamt

10 Firmen, situiert in 3 konventionellen und 2 Niedrigenergie-Gebäuden in Wien.

Im folgenden werden Bewohnerdaten konventioneller Gebäude mit KV abgekürzt; jene aus Niedrigenergie-Gebäuden mit NE.

93 Mitarbeiter und 4 Führungskräfte befanden sich in KV-Gebäuden,

108 Mitarbeiter und 2 Führungskräfte in NE-Gebäuden.

KV- und NE-Firmen hatten ähnliche Belegschaften; jene in KV waren größere Firmen.

Die Overall-Zufriedenheit war ähnlich, die jeweilige Raumstruktur verschieden.

Das Personal KV und NE kritisierte die hausinterne Infrastruktur stärker als das Management. Viele Ansprüche an die Viertels-Infrastruktur werden nicht erfüllt.

Besprechungsräume werden besser bewertet als informelle Treffpunkte, welche durchgehend verbesserbar sind (in KV und NE). Innenliegende Besprechungsräume werden mehrheitlich abgelehnt.

Zutrittssicherheit ist allen Gruppen wichtig; bezüglich Videoüberwachung ist die Meinungslage heterogener.

Anmietung von zusätzlichen Räumen, Equipment und Flexibilität sind allgemein kein Thema, Archivflächen(reserve) schon.

Sonnenschutz ist in KV wie NE ein Reizthema – manuelle Anlagen gelten als zu mühsam, automatische zeigen Regelungsprobleme. Es besteht ein starker Wunsch nach individuellem Sonnenschutz durch Nachregelung/Anpassung.



Künstliche Arbeitsplatzbeleuchtung verwendet Decken- und/oder Tischleuchten. Dabei gibt es keine klaren Nutzerpräferenzen, Vollautomatik wird aber zugunsten individueller Kontrolle abgelehnt. Anwesenheitssteuerung wird diskrepant beurteilt.

Personal KV gibt eigene Heizungs-/Kühlungsregelung an, Mitarbeiter NE sind sich teilweise unsicher. Während in KV die Anlageregelung dem Personal bekannt ist, weisen NE Defizite auf. Eingewiesen wurde das Personal KV wie NE mehrheitlich nicht – eine Gebrauchsanleitung wäre sinnvoll. Kritik gibt es in KV wie NE an Temperaturregelung und Luftfeuchte. Belegschafts-Probleme wegen unterschiedlicher Wünsche sind aber selten.

Die Luftqualität am Arbeitsplatz wird von KV- wie NE-MitarbeiterInnen als mittelmäßig beurteilt. Trockenheit und zu geringer Luftwechsel sind generell ein Problem. Berichtete Lüftung in KV wie NE ist mehrheitlich Fensterlüftung, wobei nachhaltige Stoßlüftung überwiegt. Ein hoher Prozentsatz lüftet täglich mehrmals in beiden Gebäudetypen. Bürotüren zum Gang sind eher offen als geschlossen. Störungen durch Zugluft sind selten.

Lärm am Arbeitsplatz besteht meistens in Straßen- und/oder Kollegenlärm. (PC-)Lüftungsgeräusche sind kein besonderes Problem. Belästigungen durch Telefonieren werden zeitweise problematisch.

Als Leistungsfaktoren am Arbeitsplatz werden in KV ebenso wie in NE v.a. Tageslicht, Lärmschutz, Raumtemperatur und Raumluftqualität gesehen. Es gibt Übereinstimmung zwischen Personal und Führungskräften.

Mehr Einflussmöglichkeit wünscht sich das Personal in KV und NE bei Raumtemperatur und Raumlüftung, in NE auch bei der Beleuchtungsregulation. Eigene Veränderungen am Arbeitsplatz sind teilweise erlaubt, teilweise verboten. Verbote werden aber gern umgangen. Auf der Wunschliste führen Tischleuchten, Lichtsteuerung, Bilder und Pflanzen. Selbst mitgebracht wurden auch Luftbefeuchter und im NE sogar Heizlüfter.

Eine durchgängige Energiesparstrategie, interne Richtlinien und Schulungen fehlen. Nachhaltigkeit als CD-Bestandteil wird diskrepant gesehen und wahrgenommen. Betriebskosten sind für Führungskräfte wichtig; die Beratung in Sachen Energie wurde in NE besser beurteilt als in KV. Selbstberichtetes Energiesparen wird in NE mehr betont als in KV. Praktisches Energiesparen wird überall durch Abschalten, weniger durch Effizienzsteigerung, artikuliert. Auch beim Raumklima gibt es Innovationspotenzial.

NE-Büros bewirken zwar mehrheitlich keine nachhaltigen Verhaltensänderungen beim Personal, erzeugen aber mehr Wohlbefinden am Arbeitsplatz als KV-Büros. Der Vorteil von NE wird aber tendenziell mehr für Firma/Umwelt gesehen als für die eigene Person.

NE-Personal äußert ebenso Verbesserungswünsche wie KV; die Verantwortlichkeit für Innovation wird also durch NE nicht „nach oben“ oder „nach außen“ delegiert.

## VERGLEICH DER EINZELNEN ITEMS – Besondere Details in Fettdruck

**S01** Alter:  unter 40 Jahre  über 40 Jahre

33-71% der Mitarbeiter KV sind unter 40 Jahren, 29-67% über 40.

Eine Führungskraft KV ist unter 40, drei über 40 Jahre alt.

57-63% der Mitarbeiter NE sind unter 40, 37-43% über 40.

Beide Führungskräfte NE sind über 40 Jahre alt.

**S02** Geschlecht:  männlich  weiblich

Mitarbeiter KV: 50-59% männlich, 41-50% weiblich.

Führungskräfte KV: zwei sind männlich, zwei weiblich.

Mitarbeiter NE: 17-63% männlich, 37-83% weiblich.

Beide Führungskräfte NE sind männlich.

**S03** In welchem Stock liegt Ihr Arbeitsplatz?

Erdgeschoß  1.  2.  3.  4.  5.  ... .Stock

Die Mitarbeiter KV verteilen sich auf 2., 3., 5. und 6. Stock.

Nach Angabe der Führungskräfte KV liegen ihre Firmen im 3. und 6. Stock.

Die Mitarbeiter NE verteilen sich auf EG, 1., 2., 3., 4., 5. und 6. Stock.

Eine Führungskräfte-Firma aus NE liegt im EG, eine im 1. Stock.

**S04** Wie lange arbeiten Sie pro Woche? ..... Stunden

Mitarbeiter KV arbeiten im Mittel 37-43 Stunden pro Woche.

Mitarbeiter NE arbeiten im Schnitt ca. 37 Stunden pro Woche.

**S04Führung** Wie groß ist die Büroeinheit gesamt? .....m<sup>2</sup>

Die Größen von Firmen in KV wird mit etwa 300, 2200 und 3000 qm angegeben.

Die Größe von Firmen in NE wird mit etwa 300 und 800 qm angegeben.

**S05** Wie lange sind Sie schon an diesem Arbeitsplatz? ..... Jahre ..... Monate

Mitarbeiter KV sind im Mittel 1 bis 2 Jahre am Arbeitsplatz (Range 1 Monat – 16 Jahre).

Mitarbeiter NE sind im Mittel 1 bis 2 Jahre am Arbeitsplatz (Range 1 Monat – 7 Jahre).

**S06** Welchen Anteil Ihrer Arbeitszeit verbringen Sie etwa an Ihrem Arbeitsplatz? .... %

Mitarbeiter KV sind 73-83% an ihrem Arbeitsplatz (Range 15-100%).

Mitarbeiter NE sind 72-81% an ihrem Arbeitsplatz (Range 5-100%).

**S07** Welchen Anteil Ihrer Arbeitszeit verbringen Sie an anderen Orten in der Firma (z.B. Besprechungsraum) ? ..... %



Mitarbeiter KV sind 10-17% woanders in ihrer Firma (Range 0-95%).  
Mitarbeiter NE sind etwa 17% woanders in ihrer Firma (Range 0-95%).

### Allgemeines

**A01/S05 Führung** Wie zufrieden sind Sie insgesamt mit Ihrem persönlichen Arbeitsplatz?

sehr zufrieden     zufrieden     teils, teils     eher nicht     nein, gar nicht

Mittlere Zufriedenheit pro Firma und Gruppe:		sehr zufrieden %
Mitarbeiter KV	1,5-1,9	28-53
Führungskräfte KV	1,0-2,0	33
Mitarbeiter NE	1,7-2,4	23-46
Führungskräfte NE	1,0	100

Das heißt, die mittlere Zufriedenheit am Arbeitsplatz unterscheidet sich beim Personal in konventionellen und Niedrigenergie-Bauten nicht sehr stark. Hochzufrieden sind Mitarbeiter KV, etwas weniger Mitarbeiter NE.

Niedrigenergie-Führungskräfte antworten äußerst zufrieden.

**S06Führung** Wie viele Mitarbeiter(innen) hat Ihre Firma derzeit? .....

Firmen in KV haben etwa 20 bis 150 Mitarbeiter.

In NE haben Firmen etwa 10 bis 15 Mitarbeiter.

**S07Führung** Welcher Anteil arbeitet davon Vollzeit .....% / Teilzeit .....%?

In KV arbeiten bei den Firmen 85-100% Vollzeit und 10-15% Teilzeit.

In NE arbeiten in den Firmen jeweils 30-80% Vollzeit und 20-70% Teilzeit.

**S08Führung** Wann sind die Anwesenheitszeiten für Mitarbeiter? .....

In KV liegt der (Gleitzeit-)Rahmen bei Firmen zwischen 6:00 und 20:00 Uhr.

In NE liegt der (Gleitzeit-)Rahmen bei Firmen zwischen 9:00 und 16:00 Uhr.

**S09Führung** Wann sind Sie in dieses Gebäude eingezogen?

In KV zogen die Firmen im Jahre 2008 ein.

In NE zogen die Firmen 2008 und 2009 ein.

### Allgemeines

**P02Führung** Warum haben Sie dieses Bürogebäude ausgewählt?

(Gründe für die Entscheidung?)

Führungskräfte in KV geben Lage, Größe, Kosten, Geschäftsbeziehung zum Bauträger, Errichtungsjahr und Firmengruppe als Motive an.

Führungskräfte in NE geben Identität mit dem Thema Erneuerbare Energie sowie innovative, moderne, repräsentative Gebäude mit mehr Platz und Möglichkeiten an.

**P03Führung** Was sind Ihre Erwartungen/Wünsche an ein aus Ihrer Sicht optimales

modernes Büro? Was wäre gut, wenn man es hätte?

Faktoren in KV sind höhere Qualität Grundausstattung, Luftqualität, Luftfeuchte, sehr gute Qualität der Ausstattung, Bausubstanz, Parkplätze, Klimaanlage, öffentliche Verkehrsanbindung, Einkaufsmöglichkeiten und Verpflegung.

Faktoren in NE sind Komfort, Energieeffizienz und Kosten.

**P04Führung** Was brauchen Sie, um sich in einem Büro wohl zu fühlen und die Mitarbeiter zu motivieren?

In KV wird angenehmes Umfeld, Parkplätze, Klimaanlage, öffentliche Verkehrsanbindung, Einkaufsmöglichkeiten und Verpflegung genannt.

In NE wird Komfort, Funktionalität, gutes Raumklima, genug Platz für Arbeitsbereich und technische Vorbereitung, Ausweichmöglichkeit (Terrasse) für Raucher genannt.

**P05Führung** Gibt es firmenbezogene Vorgaben betreffend:

[*Mehrfachnennungen möglich*]  Heizung  Kühlung  Lärmvermeidung  
 Papierverbrauch  Energieverbrauch ?

**Zwei Führungskräfte KV erwähnen Vorgaben zur Kühlung, eine auch zu Heizung, Lärmvermeidung und Energieverbrauch.**

**Eine Führungskraft NE erwähnt Vorgaben zu Heizung, zwei zu Kühlung und Energieverbrauch.**

**P06Führung** Wurden Ihre Erwartungen an das neue Büro hier erfüllt?

ja  teilweise  nein Warum? .....

**Eine Führungskraft KV meint „ja“; zwei antworten mit „teilweise“, eine gibt keine Antwort. Negativ erwähnt wird Straßenlärm, Bausubstanz, Ausstattung (teilweise geringe Qualität), Parksituation und Temperaturregelung.**

**Beide Führungskräfte NE finden „ja“. Keine Kritik.**

**P07Führung** Wie werden die Arbeitsplätze genutzt?

Desksharing  ausschließlich von einem Mitarbeiter  .....

**Alle Führungskräfte KV geben „nur von einem Mitarbeiter“ an.**

**Eine Führungskraft NE gibt „desksharing“ an, die zweite antwortet nicht.**

**A02** Der Raum, in dem sich mein Arbeitsplatz befindet, hat etwa ..... m<sup>2</sup> Fläche

Mitarbeiter KV schätzen ihren Arbeitsraum im Mittel auf etwa 30-65 qm (Range 2-500). Der Median liegt bei 25 qm.

Mitarbeiter NE geben im Mittel rund 15-115 qm (Range 1-600) an. Der Median beträgt 30 qm.

**A03** Ich arbeite in diesem Raum  allein  zusammen mit ..... KollegInnen

Mitarbeiter KV arbeiten im Schnitt mit 1 bis 7 Kollegen in einem Raum (Range 0-25).

Mitarbeiter NE arbeiten im Mittel mit 2 Kollegen zusammen (Range 1-3).

**A04** Mein Arbeitsplatz ist ein:  Einzelbüro  Gruppenbüro  Großraumbüro

In KV sind 6-55% Einzelbüros, 45-74% Gruppenbüros und 4-22% Großraumbüros.  
 In NE sind 22-29% Einzelbüros, 25-60% Gruppenbüros und 11-53% Großraumbüros. Die Raumstruktur ist also von Haus zu Haus deutlich verschieden.

**A05** Wie sind Sie mit der Infrastruktur zufrieden?

im Haus:  sehr zufrieden  zufrieden  teils, teils  eher nicht  nein, gar nicht

Mittlere Zufriedenheit pro Firma und Gruppe:		sehr zufrieden %
Mitarbeiter KV	2,1-2,2	9-25
Führungskräfte KV	1,0-2,7	33-100
Mitarbeiter NE	1,8-2,4	20-39
Führungskräfte NE	1,0	100

Mitarbeiter in konventionellen Gebäuden signalisieren ebenso wie im Niedrigenergiehaus mittlere Zufriedenheit. Dies wird vom KV-Management nachvollzogen, in NE aber nicht.

Warum/Was fehlt? .....

In KV werden von Mitarbeitern vor allem Restaurant/Kantine kritisiert. Weniger Kritik kommt zu Einkaufsmöglichkeiten, Parkplatz/(Fahrrad-)Parkmöglichkeiten, lange Wege, Feueralarmsystemen, Fehlalarmen und fehlenden WCs.

Eine KV-Führungskraft bemängelt die Parkplätze.

In NE kommt von den Mitarbeitern am häufigsten Kritik zu Kantine/Jausenautomat und Aufenthalts-/Besprechungsräumen. Seltener sind Luftqualität, größere Küche, Damen-WCs, Ruhe-/Pausenraum, Garderoben und Liftsteuerung.

Eine NE-Führungskraft spricht den Aufenthaltsbereich unmittelbar vor dem Gebäude an.

Allgemein fällt die weit intensivere Kritik der Infrastruktur durch das Personal auf.

**A05** Wie sind Sie mit der Infrastruktur zufrieden?

im Viertel:  sehr zufrieden  zufrieden  teils, teils  eher nicht  nein, gar nicht

Mittlere Zufriedenheit pro Firma und Gruppe:		sehr zufrieden %
Mitarbeiter KV	2,8	9-13
Führungskräfte KV	1,0-3,7	33-100
Mitarbeiter NE	1,7-2,3	25-46
Führungskräfte NE	2,0	50

Die Viertels-Infrastruktur wird in den KV-Umgebungen schlechter bewertet als um die NE. Die Bewertung des Personals wird teilweise vom Management nachvollzogen.

Warum/Was fehlt? .....

In KV werden von Mitarbeitern vor allem Lokale/Restaurants/Gasthäuser, Nahversorgung/Einkaufsmöglichkeiten/Geschäfte/Supermarkt bemängelt.

Weniger Kritik kommt zu Bankomat/Bank (zu weit entfernt) und Parkplätzen.

LV-Führungskräfte kritisieren das städtische Ambiente und fehlenden Service.

In NE kritisieren Mitarbeiter vorrangig Gasthäuser/Restaurants/Lokale, Geschäfte/Einkaufsmöglichkeiten/Supermarkt, und öffentliche Verkehrsanbindung/U-Bahn. Seltener kommt Post/Briefkasten und Bankomat.

Eine NE-Führungskraft bemängelt die Verkehrsinfrastruktur.

**Die pointiertere Kritik der Viertels-Infrastruktur kommt auch hier vom Personal.**

### Qualitäten

**B01Personal** Was benötigen und nutzen Sie an Räumen außerhalb Ihres Büros (außer WC und Standardfunktionen)?

**Mitarbeiter KV** erwähnen hier (Rangreihe): (Tee-/Kaffee-)Küche, Besprechungsräume, Raucherzimmer, Terrasse, Ruhezone/Sozialraum/ OpenSpace, Duschen und Server-/Kopierraum.

**Das Personal NE** nennt (Rangreihe): Besprechungsräume, EDV-Saal/Hörsäle/Seminarräume, (Tee-)Küche, (Dach-)Terrasse, Pausenraum, Kopier-/Druckerraum/Archiv/Gang, Raucherraum/-balkon und Keller.

**B01Führung** Wie wichtig ist Ihrer Firma die Nutzung von Nebenzonen (z.B. Kommunikation, Archiv?)  sehr wichtig  auch wichtig  unwichtig

Drei Führungskräfte KV fanden dies sehr wichtig, eine auch wichtig.

Eine Führungskraft NE fand dies sehr wichtig, eine auch wichtig.

**B02Führung** Wo findet informelle Kommunikation in Ihrem Büro statt?  .....

Besprechungszimmer  Raucherzone  Theke  Teeküche  vor dem Büro

In KV äußerte sich jeweils nur eine Führungskraft zu Besprechungszimmer, Theke, Teeküche, vor dem Büro, „Gang“ und „beim Essen“. Zwei machten keine Angaben.

In NE gab eine Führungskraft Besprechungszimmer, Raucherzone, Theke und Teeküche an, die andere machte keine Angaben.

**B02Personal** Wie zufrieden sind Sie generell mit den informellen Treffpunkten wie Teeküche, Aufenthaltsraum, Theke etc. in Ihrer Firma?

**B03Führung** Wie schätzen Sie die generelle Zufriedenheit mit informellen Treffpunkten in Ihrer Firma ein?  sehr z.  zufrieden  teils, teils  eher nicht  nein, gar nicht

Mittlere Zufriedenheit pro Firma und Gruppe:		sehr zufrieden %
Mitarbeiter KV	1,7-2,2	23-38
Führungskräfte KV	1,0-2,0	0-100
Mitarbeiter NE	1,7-2,4	15-42
Führungskräfte NE	1,5	50

**Die Einschätzungen von Personal und Führungskräften zur Treffpunktqualität sind ähnlich.**

**B03Personal** Könnte man dabei etwas verbessern? Was genau, wie?

Das Personal KV benennt mehr Sitzplätze, Platzprobleme, bessere/gemütlichere Gestaltung, bessere Lüftung, Verbesserungen zum Raucherzimmer sowie unterschiedliche einzelne Dinge (Terrasse, Loggia, Fenster, Raucherzimmer, Tageslicht).

In NE wird vom Personal thematisiert: Küche freundlicher/größer („Teeküche für 40 Personen“), Aufenthaltsraum 6.Stock größer, nicht zugig/kalt, Kantine, Mülltrennung, Sauberkeit, mehr Geschirr Küche, mangelnde Abtrennung und Platzprobleme.

**B04Personal** Wie zufrieden sind Sie generell mit den Besprechungsräumen in Ihrer Firma?

**B04Führung** Wie schätzen Sie die Zufriedenheit mit den Besprechungsräumen in Ihrer Firma ein?

sehr zufrieden  zufrieden  teils, teils  eher nicht  nein, gar nicht

Mittlere Zufriedenheit pro Firma und Gruppe:		sehr zufrieden %
Mitarbeiter KV	1,6-1,9	28-50
Führungskräfte KV	1,0-1,3	67-100
Mitarbeiter NE	1,8-3,0	12-38
Führungskräfte NE	1,0	100

**Die Besprechungsraumqualität wird im konventionellen Gebäude ähnlich eingeschätzt; relativ gute Werte kommen in KV vor, schlechtere in NE.**

**Das Management ist dabei zufriedener als die Belegschaft.**

**B05Personal** Könnte man dabei etwas verbessern? Was genau, wie?

In KV wird von Mitarbeitern kritisiert: die zu kühle Lüftung/Beheizung, zu kleine Bildschirme, zu geringer Sonnenschutz, WLAN, Heizungsregulation, dichtere Wände, Fenster statt fensterlos.

In NE nennen die Mitarbeiter vor allem Lüftungsprobleme (besser, leiser, wärmer), Tageslicht/Fenster und Regulation der Klimaanlage. Auch Platzprobleme und Einzelnennungen werden angesprochen.

**B06Personal** Innenliegende Besprechungsräume (ohne Fenster) finde ich:

akzeptabel  egal  nicht gut

Mitarbeiter KV finden dies zu 50-70% nicht gut, zu 20-30% akzeptabel/gut und 10% ist es egal.

In NE halten das 40-65% des Personals für nicht gut, 15-35% ist es egal und 20-30% finden es akzeptabel.

**B07** Ist Zutrittssicherheit in Ihrer Firma ein Thema?

ja, wichtig  teilweise  nicht wichtig

**Personal KV hält es zu 70-90% für wichtig, 10-25% teilweise, 5% nicht.**

**Für alle Führungskräfte KV ist das Thema wichtig.**

**Mitarbeiter von NE halten es zu 75-80% für wichtig, 20-25% teilweise, 5% nicht.**

**Beide Führungskräfte in NE halten das Thema für teilweise wichtig.**

**B08Personal** Halten Sie einen Portier am Firmeneingang für wichtig?  ja  nein

**B06Führung** Wird ein Portier am Firmeneingang für wichtig gehalten?

ja  nein  weiß nicht

70% des Personals KV hält ihn nicht für wichtig, 30% für wichtig.

Zwei Führungskräfte KV finden ihn wichtig, eine nicht wichtig, eine antwortet nicht.

Personal NE findet das (sehr diskrepant) zu 5-70% unwichtig und zu 30-95% wichtig.

Beide Führungskräfte in NE halten ihn für unwichtig.

**B09Personal** Halten Sie eine Videoüberwachung im Haus für sinnvoll?  ja  nein

**B07Führung** Wird Videoüberwachung im Haus für wichtig gehalten?

ja  nein  weiß nicht

**Dies finden 55-80% der Mitarbeiter KV sinnvoll, 20-50% nicht.**

**Zwei Führungskräfte KV finden sie wichtig, eine nicht, eine antwortet nicht.**

**Mitarbeiter NE sehen das zu 45-70% für nicht sinnvoll an, 30-60% schon.**

**Eine Führungskraft NE findet sie wichtig, die andere weiß es nicht.**

**Das Stimmungsbild ist je nach Gebäude und befragter Gruppe verschieden.**

Frage **V03** Wohlbefinden am Arbeitsplatz konventionelle Büros – siehe Ende der Zusammenschau.

### **B08Führung**

Hätten Sie Interesse/Bedarf an folgenden Möglichkeiten?

**B08**  Anmietung von allgemeinen Besprechungsräumen, um diese in der eigenen Mieteinheit so klein wie möglich zu halten?

Dies bejahen zwei Führungskräfte KV, die anderen zwei antworten nicht.

Dies bejaht eine Führungskraft NE, die zweite antwortet nicht.

**B09Führung**  Anmietung von Equipment wie Beamer, Laptop etc. um energieeffiziente neue Geräte zu verwenden?

**B10Führung**  Ein fertig eingerichtetes Büro inklusive optimal abgestimmter technischer Ausstattung wie Laptop/PC etc. anzumieten?

**B11Führung**  Ein fertig eingerichtetes Büro inklusive optimal abgestimmter technischer Ausstattung wie Laptop/PC etc. beim Einzug zur Übernahme (Kauf)?

Keine der vier Führungskräfte KV antworten zu diesen Fragen.

Beide Führungskräfte NE antworten zu diesen Fragen nicht.

**B12Führung**  Mehr Unterstützung/Beratung vom Bauherrn bei der Belegung des Büros/Infos zu effizienter Nutzung, Energiespartipps?

Dies bejaht eine Führungskraft KV, drei andere antworten nicht.

Beide Führungskräfte NE antworten zu dieser Frage nicht.

**B13Führung** Sind Ihre vorhandenen Archivflächen (derzeit etwa ..... % der Bürofläche?) ausreichend?

ja, langfristig  ja, kurzfristig  nein, schon jetzt nicht

Eine Führungskraft KV gibt 5% an, zwei 10%. Drei halten das für langfristig ausreichend (10%), eine (5%) kurzfristig.

In NE gibt eine Führungskraft 5% an, die zweite antwortet nicht. Eine hält das für kurzfristig ausreichend, die andere schon jetzt nicht (wohl ohne qm-Angabe?).

**B14Führung** Wo sind ihre Archivflächen:  im Keller ...m<sup>2</sup>  in der Mieteinheit ..m<sup>2</sup>

**Zwei Führungskräfte KV geben 200 qm im Keller an, zwei 100 qm in der Mieteinheit, eine 15 qm, eine 60 qm.**

**Die zwei Führungskräfte NE geben keine Flächen im Keller an.**







## Heizung/Kühlung

**H01Führung** Folgt bei Ihnen der thermische Komfort am Arbeitsplatz einem bestimmten Standard, wie z.B. im Sommer im Büro Kurzarm, im Besprechungszimmer Sakko?

ja  nein

Drei Führungskräfte KV verneinen, eine antwortet nicht.

Eine Führungskraft NE bejaht, eine verneint.

**H02Führung** Ist Ihre Belegschaft mit dem gewählten thermischen Komfort zufrieden?

ja  nein

**Drei Führungskräfte KV meinen dazu „nein“, eine „ja“.**

**Beide Führungskräfte NE sagen dazu „ja“.**

**H01Personal** Können Sie Heizung/Kühlung in Ihrem Raum regeln?

ja\*  nein  weiß nicht

**90-97% geben in KV Regelung an, je 3-5% verneinen oder wissen es nicht.**

**45-55% Mitarbeiter in NE1 wissen es nicht, 15-25% meinen „nein“ und 20-40% „ja“.**

**H05Führung** \*Kennen sich die Mitarbeiter mit der Regelung der Anlage aus?

ja  teilweise  nein

**H02Personal** \*Kennen Sie sich mit der Regelung der Anlage aus?

ja  teilweise  nein

65-70% des Personals in KV kennen sich aus, 25-30% teilweise, 10% nicht.

Drei Führungskräfte KV meinen „ja“, eine antwortet nicht.

35-80% des NE-Personals kennen sich nicht aus, 20-40% schon, 5-30% teilweise.

Eine Führungskraft NE meint „ja“, die andere „teilweise“.

**H06Führung** \*Wurde Ihnen die Regelung erklärt/gibt es eine Beschreibung?  j  n

**H03Personal** \*Wurde Ihnen die Regelung erklärt/gibt es eine Beschreibung?  j  n

**40-65% des Personals KV wurde nichts erklärt, 35-65% schon.**

**Zwei Führungskräfte KV meinen „nein“, eine „ja“, eine antwortet nicht.**

**75% der Mitarbeiter in NE wurde nichts erklärt, 25% schon.**

**Beide Führungskräfte NE meinen „ja“ – also im Vergleich Zweckoptimismus.**

**H07Führung** Wenn Sie die Möglichkeit einer zentralen Steuerung für Heizung/Kühlung hätten, würden Sie diese in Anspruch nehmen?  ja\*  nein

Drei Führungskräfte KV sagen „nein“, eine antwortet nicht.

Beide Führungskräfte NE meinen „ja“.

**H08Führung** \*Aus welchem Grund?

Führungskräfte KV schreiben: „Individualität“, individuelles Temperaturempfinden.

Eine Führungskraft NE meint: teilweise raumbezogene HLK erforderlich.

**H03Führung** Wenn Sie im Hochsommer an Ihrem Arbeitsplatz sind, empfinden Sie die Raumlufte dann meistens als:

zu kühl  eher kühl  gerade richtig  eher warm  zu warm

Je eine Führungskraft KV findet zu kühl, gerade richtig oder eher warm.  
Beide Führungskräfte NE finden es gerade richtig.

**H09Führung** Wenn Sie im Winter an Ihrem Arbeitsplatz sind, empfinden Sie die Raumluft dann meistens als:

zu kühl  eher kühl  gerade richtig  eher warm  zu warm

Eine Führungskraft KV meint „eher kühl“, drei andere „gerade richtig“.  
Beide Führungskräfte NE empfinden es als „gerade richtig“.

**H10Führung** Wie ist es im Winter mit der Luftfeuchtigkeit an den Arbeitsplätzen?

es ist zu trocken  es ist zu feucht  meistens ganz gut  immer in Ordnung

Zwei Führungskräfte KV kreuzten „zu trocken“ an, zwei „meistens ganz gut“.  
Eine Führungskraft NE meint „meistens ganz gut“, eine „immer in Ordnung“.

Stört Sie etwas an der Temperaturregelung oder der Luftfeuchtigkeit?

**H04Personal** im Hochsommer: .....

**Mitarbeiter KV erwähnen (Rangreihe): zu geringe Temperatur/kalt, schlechte Temperaturregelung, zu warm/hohe Temperatur, zu geringe Feuchte/zu trocken. .**  
**Personal NE findet es (Rangreihe): zu kalt, zu warm, wechselweise beides, zu trocken, zu schwül/stickig.**

**H05Personal** im Winter: .....

**Mitarbeiter KV schildern (Rangreihe): zu geringe Feuchte/zu trocken, schlechte Temperaturregelung, zu warm, zu geringe Temperatur/kalt.**  
**Personal NE erwähnt (Rangreihe): zu trocken/zu geringe Feuchte, zu geringe Temperatur, zu hohe Temperatur/zu warm, fehlende Frischluft.**

**H06Personal** Kommt es mit KollegInnen im selben Raum zu Problemen bei der gemeinsamen Temperaturregelung/Raumlüftung?  ja, dauernd\*  teilweise\*  nein

**Personal KV meint „nein“ (ca.70%), „teilweise“ (ca.30%), „ja dauernd“ (<5%).**  
**Vom NE-Personal finden 80% „nein“, 15% „teilweise“ und 5% „ja dauernd“.**

**Konventionelles Bürohaus und Niedrigenergiehaus unterscheiden sich hier nicht.**

**H07Personal** \*Worin bestehen die Probleme? Wann treten sie auf?

In KV erwähnt das Personal unterschiedliches Temperaturempfinden, Zugluft, Lüftungs- und Regelungsprobleme.

Personal NE listet unterschiedliches Temperaturempfinden, starker Lüftungsbedarf, zu hohe Temperatur, zu geringe Temperatur, verdeckten Sensor und mangelnde Steuerung, Zugluft, beim Lüften stört der Lärm von draußen stört, Sommer zu kalt, Sommer/Winter zu heiß, Probleme in der Übergangszeit.

## Luftqualität

**Q01Personal** Wie zufrieden sind Sie generell mit der Luftqualität an Ihrem Arbeitsplatz?

sehr zufrieden  zufrieden  teils, teils  eher nicht  nein, gar nicht

<b>Mittlere Zufriedenheit pro Firma und Gruppe:</b>		<b>sehr zufrieden %</b>
<b>Mitarbeiter KV</b>	<b>2,2-2,3</b>	<b>13-19</b>
<b>Mitarbeiter NE</b>	<b>2,1-3,1</b>	<b>6-28</b>

**Das Ergebnis ist relativ ähnlich.**

Stört Sie etwas an der Luftqualität?

**Q02Personal** im Hochsommer: .....

**Personal KV zählt dazu auf (Rangreihe): zu geringer Luftwechsel, trockene Luft, Geruchsprobleme/stickige Luft, Notwendigkeit, das Fenster zu öffnen, Luftstau im Stiegenhaus, Geräusche Lüftung, Zuluft abgeklebt wg. Gesundheitsproblemen.**

**Mitarbeiter NE erwähnen (Rangreihe): fehlende Frischluft/stickig, Luft zu trocken, zu warm, zu kalt, bei Lüften Straßenlärm und Gestank von dort.**

**Q03Personal** im Winter: .....

**Mitarbeiter KV erwähnen dazu (Rangreihe): Luft zu trocken, zu geringer Luftwechsel, Geruchsprobleme/abgestanden sowie Einzelthemen wie Sommer.**

**Personal NE meint (Rangreihe): Luft zu trocken, fehlende Frischluft/stickig, zu warm, bei Fensterlüftung Straßenlärm und Luftbelastung von dorthier. Es wird von trockenen Augen/Augenbrennen, Reizhusten und Kopfschmerzen berichtet.**

**H04Führung** Wie werden Temperatur+Lüftung an den Arbeitsplätzen geregelt?  
[Mehrfachnennung]

**Q04** Wie wird an Ihrem Arbeitsplatz gelüftet? [Mehrfachangaben möglich]

Klimaanlage, Automatik  Klimaanlage mit Regler  durch Fenster öffnen\*

Personal KV: 74-80% Fensterlüftung, 25-40% Klimaanlage Regler, 30% Klimaanlage Automatik.

Die Führungskräfte KV erwähnen: Klimaanlage mit Regler, Fensterlüftung und Kühlung.

Personal NE: 65-90% Fensterlüftung, 45% Klimaanlage Automatik, 5-15% mit Regler.

Beide Führungskräfte NE antworten zu diesen Fragen nicht.

**Q05Personal** \*Im Sommer mit

lange geöffnetem  gekipptem  kurz geöffnetem Fenster (Stoßlüftung)

Mitarbeiter KV: 50-60% Stoßlüftung, 30-44% lange Öffnung, 5-10% gekippt.

Personal NE: 35-55% Stoßlüftung, 15-35% lange Öffnung, 10-50% gekippt.

**Q06Personal** \*Im Winter mit

lange geöffnetem  gekipptem  kurz geöffnetem Fenster (Stoßlüftung)

Personal KV: 80-96% Stoßlüftung, 15% Kippen, 5% lange Öffnung.

Mitarbeiter NE: 70-85% Stoßlüftung, 15-25% Kippen, 5% lange geöffnet.

**Q07Personal** \*Wie oft lüften Sie Ihren Arbeitsplatz?  tägl.einmal  täglich mehrmals

**Mitarbeiter KV: 40-60% täglich mehrmals, 40-60% täglich einmal.**

**Personal NE: 65-80% täglich mehrmals, 20-35% täglich einmal.**

**Die Frequenz des Lüftungsverhaltens hängt also nicht vom Haustyp ab.**

**Q08Personal** Steht die Tür Ihres Büroraumes zum Gang hin offen, wenn Sie den Raum benutzen?  ja, immer  meistens  teilweise  selten  nie

Personal KV: 30-35% teilweise, 30-35% immer, 20% meistens, 5-15% selten, -10% nie.

Mitarbeiter NE: 15-45% meistens, 15-30% immer, 15-20% teilweise, 5-20% selten, 0-30% nie.

**Q09Personal** Gibt es störende Zugluft an Ihrem Arbeitsplatz?

ja\*  kaum  gar nicht

Mitarbeiter KV: 50-55% gar nicht, 30-35% kaum, 10-15% ja.

Mitarbeiter NE: 45% kaum, 40% gar nicht, 15% ja.

**Q10Personal** \*Was könnte/sollte zur Zugluft-Vermeidung geändert werden?

Personal KV meint dazu (Rangreihe): Türen schließen, Fenster kurz öffnen, stoßweise kühlen, Abklebung Zuluft, Klimadecke Einstellungen regulieren, im Winter besser kühlen, damit keine Zugluft durch offene Fenster, Zwischenwände.

Mitarbeiter NE (Rangreihe): Türen schließen (weniger Kommunikation), Fenster schließen, nur lokal bei Düsen, Stellen der Lüftung ändern (Position)/Platzierung/ bessere Luftführung, Fenster weniger oft geöffnet, wenn Luftqualität/-austausch und Temperatur in Ordnung wäre, durch Fensterschließen – geht aber aufgrund der Hitze im Büro nicht.

## Lärm

**N01Führung** Werden die Mitarbeiter an ihren Arbeitsplätzen von Geräuschen/Lärm gestört?

**N01** Werden Sie an Ihrem Arbeitsplatz von Geräuschen/Lärm gestört?

ja, sehr\*  etwas\*  kaum  gar nicht

Mitarbeiter KV meinen: 30% kaum, 30-40% etwas, 25% gar nicht und 5-10% sehr.

Alle vier Führungskräfte KV antworten mit „etwas“.

Personal NE meint zu 25-40% kaum, 15-30% etwas, 5-40% sehr, 2-40% gar nicht.

Beide Führungskräfte NE finden „gar nicht“.

\*Was stört Sie?

Personal KV (wenig Nennungen): Schallisolierung zum Nachbarzimmer, Kollegenlärm (Großraumbüro bzw. Wände zu dünn), Straßen-, Baulärm und Türglocke.

Mitarbeiter NE (wenig Nennungen): Bau-/Straßenlärm (tw. beim Lüften), Kollegen, Rückkühler vor dem Fenster, Drucker.

**N02Führung** Was stört sie dabei?

Lüftergeräusch des Computers  Lüftungsgeräusche  .....

**N02Personal** Lüftergeräusch Ihres Computers:

dauernd  zeitweise  selten  gar nicht

Personal KV schreibt dazu 25-60% gar nicht, 25-30% zeitweise, 7-30% selten, 7-20% dauernd.

Eine der drei Führungskräfte KV vermutete Lüftungsgeräusche des PC, eine Lüftungsgeräusche, zwei Straßenlärm/Bauarbeiten.

Mitarbeiter NE meinen zu 40-65% gar nicht, 15-25% selten, 0-20% dauernd, 0-5% zeitweise.

Beide Führungskräfte NE machen dazu keine Angaben.

**N03** Lüftungsgeräusche:  dauernd  zeitweise  selten  gar nicht

Mitarbeiter KV bewerten: 65-75% gar nicht, je 10-20% zeitweise/selten, 0-5% dauernd.  
 Personal NE meint: 50-65% gar nicht, 25-35% selten, 0-15% zeitweise/dauernd.

**N04** etwas anderes – was?     dauernd     zeitweise     selten     gar nicht

Zu „freien Antworten“ wurde zwar teilweise angekreuzt, aber nichts ausgefüllt.

**N05** Stören sich in Ihrem Raum KollegInnen gegenseitig, wenn sie telefonieren/arbeiten?

dauernd     zeitweise     selten     gar nicht     trifft nicht zu, arbeite allein

Mitarbeiter KV meinen: 35-40% selten, 30-35% zeitweise, 15-20% gar nicht, 5% dauernd und 5% arbeite allein.

Personal NE dazu: 35% zeitweise, 20-30% selten, 5-30% dauernd, 5-10% gar nicht.

### Leistungsfaktoren

Schätzen Sie die Wirkung folgender äußerer Faktoren (also nicht der eigenen Befindlichkeit) auf Ihre Leistungsfähigkeit am Arbeitsplatz ein:

	sehr wichtig	schon wichtig	neutral	weniger wichtig	ganz unwichtig
<b>F1</b> Tageslicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F2</b> Aussicht aus dem Fenster	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F3</b> Raumgestaltung/Einrichtung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F4</b> Geräusche/Lärm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F5</b> Raumtemperatur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F6</b> Ergonomie Sessel/Sitzhaltung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F7</b> Kommunikation mit KollegInnen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F8</b> Raumluftqualität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F9</b> Technik-/Computer-/Netzprobleme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F10</b> Anordnung/Lage Kopierer/Drucker	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F11</b> Häufige Störungen/Unterbrechungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F12</b> Pflanzen/Grün am Arbeitsplatz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F13</b> Baubiologie/gesunde Materialien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	<b>KV</b> <b>Rangplatz</b>	<b>Personal</b> <b>MW</b>	<b>KV</b> <b>Rangplatz</b>	<b>Führung</b> <b>MW</b>
<b>Tageslicht</b>	<b>1-3</b>	<b>1,2-1,4</b>	<b>1</b>	<b>1,0</b>
Aussicht	9-12	2,0-2,5	10-11	1,7-3,0
Einrichtung	6-11	1,7-2,3	1-6	1,0-1,3
<b>Lärm</b>	<b>2-5</b>	<b>1,4-1,6</b>	<b>1</b>	<b>1,0</b>
Raumtemperatur	4-7	1,6-1,7	1	1,0
Ergonomie	1-6	1,2-1,6	1-6	1,0-1,3
Kommunikation	5-6	1,5-2,1	1-6	1,0-1,3
<b>Raumluftqualität</b>	<b>2-4</b>	<b>1,3-1,5</b>	<b>1</b>	<b>1,0</b>
IT	3-6	1,4-1,7	1	1,0
Kopierer/Drucker	11-13	2,2-3,1	11-13	2,3-3,0
Störungen	6-8	1,7-2,0	1-6	1,0-1,3

Grün	10-12	2,0-2,7	10-11	1,7-3,0
Baubiologie	6-13	1,7-2,4	10-12	2,0

	<i>NE</i>	<i>Personal</i>	<i>NE</i>	<i>Führung</i>
	<i>Rangplatz</i>	<i>MW</i>	<i>Rangplatz</i>	<i>MW</i>
<b>Tageslicht</b>	<b>1-3</b>	<b>1,4</b>	7	1,5
Aussicht	11-12	2,1	12	2,5
Einrichtung	7-9	1,8-1,9	1	1,0
<b>Lärm</b>	<b>2-5</b>	<b>1,4-1,6</b>	1	1,0
<b>Raumtemperatur</b>	<b>3-5</b>	<b>1,5</b>	1	1,0
Ergonomie	4-7	1,5-1,7	7	1,5
Kommunikation	8-9	1,7-2,0	1	1,0
<b>Raumluftqualität</b>	<b>1-2</b>	<b>1,3-1,4</b>	1	1,0
IT	4-6	1,5-1,6	1	1,0
Kopierer/Drucker	13	2,2-2,5	13	2,5
Störungen	6-8	1,6-1,9	7	1,5
Grün	10-12	1,9-2,3	7	1,5
Baubiologie	10	1,9-2,0	7	1,5

**Das Beurteilungsprofil der Gruppen ist ähnlich. So wird Tageslicht und Raumluftqualität von allen Gruppen hoch gereiht, Lärm, Ergonomie und IT von einigen. Auch die „Schlusslichter“ Aussicht, Kopierer/Drucker, Grün und Baubiologie sind über die Gruppen fast identisch.**

Zu welchen Faktoren am Arbeitsplatz wünschen Sie sich mehr Einflussmöglichkeit?

<b>F14</b> Sonnenschutz/Blendschutz	<input type="checkbox"/> sehr wichtig	<input type="checkbox"/> eher wichtig	<input type="checkbox"/> unwichtig
<b>F15</b> Ein-/Ausschalten der Beleuchtung	<input type="checkbox"/> sehr wichtig	<input type="checkbox"/> eher wichtig	<input type="checkbox"/> unwichtig
<b>F16</b> Raumtemperatureinstellung	<input type="checkbox"/> sehr wichtig	<input type="checkbox"/> eher wichtig	<input type="checkbox"/> unwichtig
<b>F17</b> Raumlüftung	<input type="checkbox"/> sehr wichtig	<input type="checkbox"/> eher wichtig	<input type="checkbox"/> unwichtig
<b>F18</b> Energiesparende Geräte	<input type="checkbox"/> sehr wichtig	<input type="checkbox"/> eher wichtig	<input type="checkbox"/> unwichtig
<b>F19</b> Möblierung des Büros	<input type="checkbox"/> sehr wichtig	<input type="checkbox"/> eher wichtig	<input type="checkbox"/> unwichtig
<b>F20</b> Anordnung der Möbel	<input type="checkbox"/> sehr wichtig	<input type="checkbox"/> eher wichtig	<input type="checkbox"/> unwichtig
<b>F21</b> .....	<input type="checkbox"/> sehr wichtig	<input type="checkbox"/> eher wichtig	<input type="checkbox"/> unwichtig

	<i>KV</i>	<i>Personal</i>
	<i>Rangplatz</i>	<i>MW</i>
Sonne/Blendschutz	4-5	1,5-1,9
Ein/Aus Beleuchtung	2-6	1,5-2,1
<b>Raumtemperatur</b>	<b>1</b>	<b>1,2-1,5</b>
<b>Raumlüftung</b>	<b>1-3</b>	<b>1,2-1,7</b>
Energiespargeräte	5-7	1,5-2,0
Möblierung	6-7	1,6-2,1
Anordnung	3-5	1,6-1,8

	<b>NE</b>	<b>Personal</b>
	<b>Rangplatz</b>	<b>MW</b>
Sonne/Blendschutz	3-4	1,6-1,7
<b>Ein/Aus Beleuchtung</b>	<b>1-5</b>	<b>1,4-1,8</b>
<b>Raumtemperatur</b>	<b>2-3</b>	<b>1,4-1,6</b>
<b>Raumlüftung</b>	<b>1-2</b>	<b>1,4-1,6</b>
Energiespargeräte	4-5	1,8-1,9
Möbliering	7	1,9-2,0
Anordnung	6	1,9

Zu Variable F21 wurde zwar angekreuzt, aber kaum ausgefüllt. Sie entfällt daher bei der Ergebnisdarstellung.

**Daten liegen von Mitarbeitern, aber keinen Führungskräften, in fünf Häusern vor. Die Wünsche nach Planungseinfluss sind ähnlich. Raumlüftung und –temperatur (bei NE auch Lichtsteuerung) liegen ganz vorne, gefolgt von Anordnung, Sonnen-/Blendschutz und Möbliering.**

**F14Führung** Dürfen die Mitarbeiter(innen) an den Arbeitsplätzen bzw. Büroräumen selbst Veränderungen (z.B. Blendschutz, Ventilator, eigene Tischleuchte, Heizlüfter) vornehmen?  ja\*  nein

**Drei Führungskräfte KV verneinen dies, eine bejaht.**

**Beide Führungskräfte NE bejahten dies.**

**Der Umgang mit Re-Design durch Mitarbeiter wird also verschieden gehandhabt.**

**F15Führung** \*Welche?

Drei Führungskräfte KV gaben keine Antwort, da dies ja verboten sei.

Eine Führungskraft KV: Pflanzen, Tische, Bilder. Beide Führungskräfte NE gaben Beispiele: Ergonomie, Arbeitsgeräte, Pflanzen, Tischleuchten.

**F22Personal** Was würden Sie, wenn Sie die Möglichkeit hätten, an Ihrem Arbeitsplatz verändern?  
 .....  gar nichts

Personal KV erwähnte dazu: Eigene Tischleuchte(n), Lichtsteuerung, bessere Klimaanlage/Lüftung/mehr Frischluft, mehr Pflanzen/Grün/Blumen/Wohnlichkeit, besseren Sonnenschutz, mehr Tages-/Sonnenlicht, bessere Temperaturregelung, Thermofenster, höhere Luftfeuchtigkeit/Luftbefeuchter, Wände isolieren, Deckenlicht, Raumteiler, Schallschutz, eigene Lampe, elektrische Außenrollos.

Mitarbeiter NE nannten: Bessere Temperaturregelung, Luftbefeuchter, mehr Frischluft, Großraumbüro, kleinerer/größerer Schreibtisch, Farben, bessere Aussicht, ins Stadtzentrum ziehen, Blendschutz, Rückzugsmöglichkeit, Abtrennung Küchenbereich, Sessel besser verstellbar, größere Monitore, Zwischenwände zum Lärmschutz, Tischbeleuchtung, anderes Licht/Beleuchtung, Einzelbüro, andere Möbelplatzierung, manuelle Regelung Licht/Lüftung, Lichtanwesenheitsteuerung, Mülltrennung einführen, leise Lüftungsgeräte, mehr Ergonomie, informelle Treffpunkte.

**F16Führung** Was wurde tatsächlich verändert?

**F23Personal** Haben Sie an Ihrem Arbeitsplatz bzw. in Ihrem Büroraum selbst Veränderungen (z.B. Blendschutz, Ventilator, eigene Tischleuchte, Heizlüfter) vorgenommen?  ja\*  nein

**70-85% der Mitarbeiter KV sagen „nein“, 15-30% „ja“.**

**Drei Führungskräfte KV gaben keine Antwort, da dies ja verboten sei.**

**Mitarbeiter NE sagten zu 65-80% „nein“, zu 20-40% „ja“.**

**Eine Führungskraft NE erwähnte Arbeitsgeräte, Pflanzen, Einrichtung.**

**Trotz berichtetem „Re-Design-Verbot“ (teilweise in KV) haben dort sogar mehr Mitarbeiter etwas verändert als in NE, wo Veränderungen erlaubt waren. Psychologisch heißt das „Reaktanz“ (Trotz, stiller Widerstand).**

**F24** \*welche?

**Mitarbeiter KV (Rangreihe): Pflanzen, Bilder, Tischleuchten, Möbel verstellt/ optimiert, Luftbefeuchtungsgerät, Couch, Tischleuchten, Lichtsensoren manipuliert, Verkabelung, Pinwände, Spiegel, Belüftung, Kalender, Radio und Ventilator.**

**Personal NE (Rangreihe): Luftbefeuchter/Zimmerbrunnen, Tischleuchten, Pflanzen/Blumen, Tischventilator/Ventilator, Heizstrahler/-lüfter (im NE!), Sichtschutz, privater Deckenfluter.**

## Energie

**E05Personal** Steht Ihre Firma offiziell für „Nachhaltigkeit“?  ja  nein  weiß nicht

**30-70% des Personals KV meinen „ja“, 5-10% „nein“, 25-65% wissen es nicht.**

**45-55% der Mitarbeiter NE meinen „ja“, 3-30% „nein“, 25-40% wissen es nicht.**

## **E01Führung**

Drücken Corporate Identity/Design Ihrer Firma „Nachhaltigkeit“ aus?  ja  nein

In KV meinen zwei Führungskräfte „ja“, eine „nein“ und eine antwortet nicht.  
Beide Führungskräfte NE bejahten dies.

**E02Führung** Welche Relevanz hat die Möglichkeit, Energie zu sparen, für Ihre Firma?

sehr wichtig  auch wichtig  nicht wichtig

Zwei Führungskräfte KV meinen „sehr wichtig“, zwei „auch wichtig“.  
Beide Führungskräfte NE fanden dies „sehr wichtig“.

**E03Führung** Welche Relevanz hatten bei Ihrer Standortentscheidung die Betriebskosten?

sehr wichtig  auch wichtig  nicht wichtig

**In KV finden es zwei Führungskräfte „sehr wichtig“, eine „unwichtig“ und eine antwortet nicht.**

**Eine Führungskraft aus NE findet es „sehr wichtig“, eine „auch wichtig“.**

**E04Führung** Fühlten Sie sich vom Bauträger/Makler bei Ihrer Entscheidung (bes. im Bereich Energie) gut und sachkundig beraten?



ja, durchgehend     teilweise     nein, gar nicht

**Alle vier Führungskräfte aus KV verneinen dies.**

**Beide Führungskräfte NE fühlen sich durchgehend gut beraten.**

**Konventioneller Bürotyp und Niedrigenergiebüro unterscheiden sich durch die Beratung.**

**E05Führung** Warum? .....

Von KV gibt es dreimal keine Antworten (aus Höflichkeit?), einmal: „wurde nicht adressiert“. In NE wurde einmal mit „kompetent“ geantwortet.

**E06Führung** Haben Sie Ihr technisches Equipment wie Server, PC, Drucker etc. vor dem Einzug ins neue Büro hinsichtlich Energieverbrauch erneuert/modernisiert?

ja, durchgehend     teilweise     nein, gar nicht

**Eine Führungskraft aus KV sagt „ja, durchgehend“, zwei „teilweise“, eine „nein“**

**Eine Führungskraft aus NE sagt „ja“, eine sagt „nein“.**

**Die Umstellung verlief also firmenspezifisch eher uneinheitlich.**

**E07Führung** Wissen Sie, welchen Energiebedarf Ihr Equipment hat?

ja     teilweise     nein

**Drei Führungskräfte KV meinen „ja“, eine „nein“.**

**Eine Führungskraft NE gibt „ja“ an, eine „teilweise“.**

**E08Führung** Falls nein, würde es Sie interessieren?     ja     teilweise     nein

Eine Führungskraft aus KV würde es interessieren (wohl die Unwissende), drei antworten nicht (Wissende?).

Beide Führungskräfte NE antworten hierzu nicht.

**E09Führung** Gibt es in Ihrer Firma:

eine interne Richtlinie betreffend Reduktion Energieverbrauch

Tipps im Internet / Intranet

Schulungsangebote zum Energiesparen am Arbeitsplatz?

**Alle drei Antwortmöglichkeiten werden von allen vier Führungskräften aus KV verneint (d.h. nichts angekreuzt).**

**Nur Item 1 (Richtlinie Energieverbrauch) wird von einer Führungskraft NE bejaht. Alles andere wird von beiden Führungskräften nicht angekreuzt.**

**Im konventionellen Gebäude ist das kein Thema, im Niedrigenergiehaus kein besonderes.**

**E10Führung** Gibt es bei Ihnen eine Anwesenheitssteuerung?  ja\*     nein\* Akzeptanz?

Zwei Führungskräfte KV sagen „ja“, zwei „nein“. Die Realität wurde nicht überprüft.

Eine Führungskraft NE sagt „ja“, eine „nein“. Die Realität wurde nicht überprüft.

**E11Führung** Gibt es die routinemäßige Abschaltung von Zusatzlicht?

ja\*     nein    \*Akzeptanz?

Drei Führungskräfte KV sagen „ja“, eine „nein“. Die Realität wurde nicht überprüft.

Beide Führungskräfte NE sagen „ja“. Die Realität wurde nicht überprüft.

**E12Führung** Propagieren Sie schwarze Bildschirme statt BS-Schonern?

ja\*  nein \*Akzeptanz?

Zwei Führungskraft KV sagen „ja“, zwei „nein“. Die Realität wurde nicht überprüft.  
Eine Führungskraft NE sagt „ja“, eine „nein“. Die Realität wurde nicht überprüft.

**E13Führung** Hat sich im Vergleich zum früheren Firmensitz der generelle Umgang mit Ressourcen im Büro geändert?  ja, sehr  teilweise  nein  weiß nicht

Drei Führungskräfte KV verneinen eine Veränderung, eine meint „teilweise“.  
Beide Führungskräfte NE meinen „teilweise“.

**E14Führung** Kann eine Firma durch das Verhalten der Mitarbeiter wesentlich Energie einsparen?

ja, sehr  teilweise  nein  weiß nicht

Zwei Führungskräfte KV bejahen dies, zwei meinen „teilweise“.  
Beide Führungskräfte NE meinen „teilweise“.

**E15Führung** Fühlen Sie sich in diesen Fragen:  gut beraten/informiert oder  
 haben Sie Bedarf an individuellen Informationen, wo man im Büro Energie/  
Ressourcen einsparen kann?

Drei Führungskräfte KV fühlen sich gut beraten, eine antwortet nicht.  
Eine Führungskraft NE fühlt sich gut beraten, die andere gibt Informationsbedarf an.

**E01Personal** Ist Ihnen persönlich Energiesparen:

sehr wichtig  schon wichtig  unwichtig ?

**In KV beträgt der Mittelwert 1,4-1,5. 40-55% des Personals finden es „schon wichtig“, 45-60% „sehr wichtig“, niemand „unwichtig“.**

**In NE liegt der Mittelwert bei 1,4-1,5. 60-70% der Mitarbeiter finden es „sehr wichtig“, 30-35% „schon wichtig“, 5% „unwichtig“.**

**Beim selbstberichteten Energiesparen führt das Niedrigenergiehaus nach Wichtigkeit vor dem konventionellen.**

**E02Personal** Könnte man an Ihrem Arbeitsplatz/Ihrem Büroraum Energie einsparen?

ja\*  nein

**Personal in KV1 sagt zu 40-55% „ja“, zu 45-60% „nein“.**

**Personal in NE sagt zu 45-70% „ja“, zu 30-55% „nein“.**

**Die subjektive Einschätzung des Einsparpotentials variiert. Offenbar ist die real mögliche Einsparung (auch nach Gebäudetyp) unbekannt.**

**E03Personal** \*Wodurch nach Ihrer Meinung?

Geräte ganz abschalten  Stand-by Modus  Licht abdrehen  
 Energiesparlampen  effizientere Geräte  .....

**In KV ist das Personal zu 25-40% für Geräte abschalten, 0-25% für Standby, 15-25% für Energiesparlampen, zu 15% für effizientere Geräte und zu 10-15% für Licht abdrehen. Es gab auch freie Nennungen.**

**In NE sind 35-85% für Geräte abschalten, 15-75% für Standby, 15-60% für effizientere Geräte, 10-90% für Licht ab und 10-55% für Energiesparlampen. Es gab auch freie Nennungen.**

**E04Personal** Regeln Sie Ihr Raumklima energiesparend?

ja, immer  teilweise  nein, nie

60-75% des Personals KV meinen „teilweise“, 15-25% „immer“, 10-15% „nie“.  
35-40% der Mitarbeiter NE meinen „immer“, 35-45% „teilweise“, 25% „nie“.

**E06Personal** Hat Ihr PC als Pause:

einen schwarzen Bildschirm  einen Bildschirmschoner eingestellt?

In KV nennen 75-85% des Personals den schwarzen Bildschirm, 15-25% den Bildschirmschoner.  
In NE nannten 55-60% den schwarzen Bildschirm und 40-45% den Bildschirmschoner.

**E07Personal** Erzeugt mehr Stromverbrauch ein schlechteres Raumklima?

ja  nein  weiß nicht

Das glauben in KV 35-40%, 45-50% wissen es nicht, 15-25% glauben es nicht.  
In NE glaubten das 40-55%, 35-40% wussten es nicht, 5-30% sagten „nein“.

**V01Niedrigenergie** Hat Ihr Einzug in das Niedrigenergie-/Passivhaus-Büro etwas an Ihrem Verhalten geändert im Vergleich zur Arbeit in einem herkömmlichen Büro?

ja\*  nein  weiß ich nicht

55-60% in NE fanden das nicht, 30-35% schon, 5-15% wussten es nicht.

**V02Niedrigenergie** \*falls ja, was?

Drei freie Antworten aus NE bezogen sich positiv auf die neue Umwelt, fünf waren neutral (häufiger/weniger lüften, Kleidung angepasst), eine war ambivalent und sieben negativ (ärgere mich öfter über Steuerung; bewege mich mehr, damit abends das Licht wieder angeht).

**V03Personal** Ist Ihr Wohlbefinden am Arbeitsplatz im neuen Büro gegenüber früher:

gesunken  gleichgeblieben  gestiegen  kenne nur dieses

**50% der Mitarbeiter KV sehen es als gestiegen an, 35% als gleich, 10% als gesunken, 5% geben an, nur den neuen Arbeitsplatz zu kennen.**

**Personal aus NE sieht es zu 40-75% als gestiegen an, 10-40% als gleich, 5-25% als gesunken, 5% kennen nur diesen Arbeitsplatz.**

**V04Niedrigenergie** Hat durch das Arbeiten im Niedrigenergie-/Passivhaus-Büro zu einem bewussteren Umgang mit Ressourcen angeregt?  ja  nein  weiß ich nicht

In NE finden das 20-40% schon, 35-70% nicht und 10-30% wissen es nicht.

**V05Niedrigenergie** Wie ist es für sie persönlich, in einem Niedrigenergie-/Passivhaus-Büro zu arbeiten? [hier sind Mehrfachnennungen möglich]

ist mir selbst wichtig  positiv für die Umwelt  ich sehe es als eigenen Vorteil  
 ich möchte nicht mehr in einem herkömmlichen Büro arbeiten  
 ich sehe es als Vorteil für mein Unternehmen an  ist mir eigentlich egal

.....  .....

Die Präferenzen verteilen sich so:	NE
Positiv für die Umwelt	64-89%
Vorteil fürs Unternehmen	53-74%
Mir selbst wichtig	36-81%
Eigener Vorteil	33-69%
Nicht mehr in konventionellem Büro	33-48%
Ist mir egal	6-62%

**K/N** Gibt es etwas, was Sie hier noch anmerken möchten, nach dem nicht gefragt wurde?

**Es meldeten sich einige KV-Mitarbeiter zu Wort. Kritisiert wurden der architektonische Entwurf, die handwerkliche Ausführung und Wartung, die Einstellung von Heizung und Klimaanlage und fehlende Planungsmitbestimmung.**

**Zwei KV-Führungskräfte merkten übereinstimmend an, dass die Grundausrüstung zu gering war und hohe Zusatzinvestitionen erfordert hätte.**

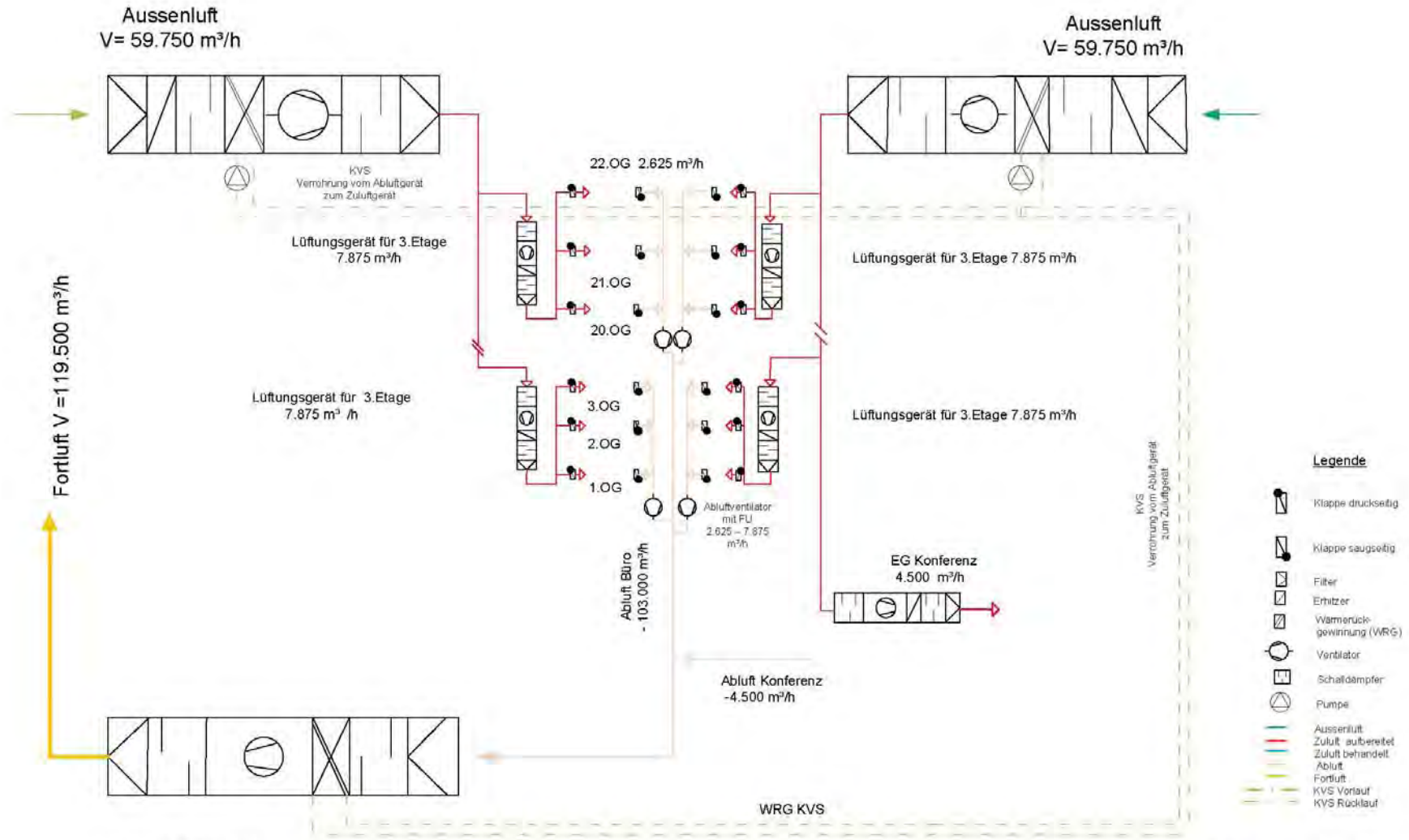
**NE-Mitarbeiter meldeten sich von selten bis zu fast 30%. Einige Kommentare waren positiv (Gebäude gelungen, gehe gerne hinein; angenehmes Raumklima; mehr solche Gebäude bauen), häufiger kritisch (mangelnde Vernetzung und Systemeffizienz, Raum-/Aufzugsteuerung altmodisch, zuwenig Nutzerinformation, trockene Luft, Lageproblem mit Straßenlärm, ÖV-Anbindung, Mülltrennung optimieren, Reparaturen)**

**Eine Führungskraft NE erwähnte unzureichende Luftqualität und Temperatur in großen Räumen mit hoher Belegung, die eine bessere Regelung erforderten.**

Salzburg/Wien, 15.2.2010 Analyse: Alexander Keul Datatypie: Elisabeth Schorn

# 13.4 Lüftungsschemata

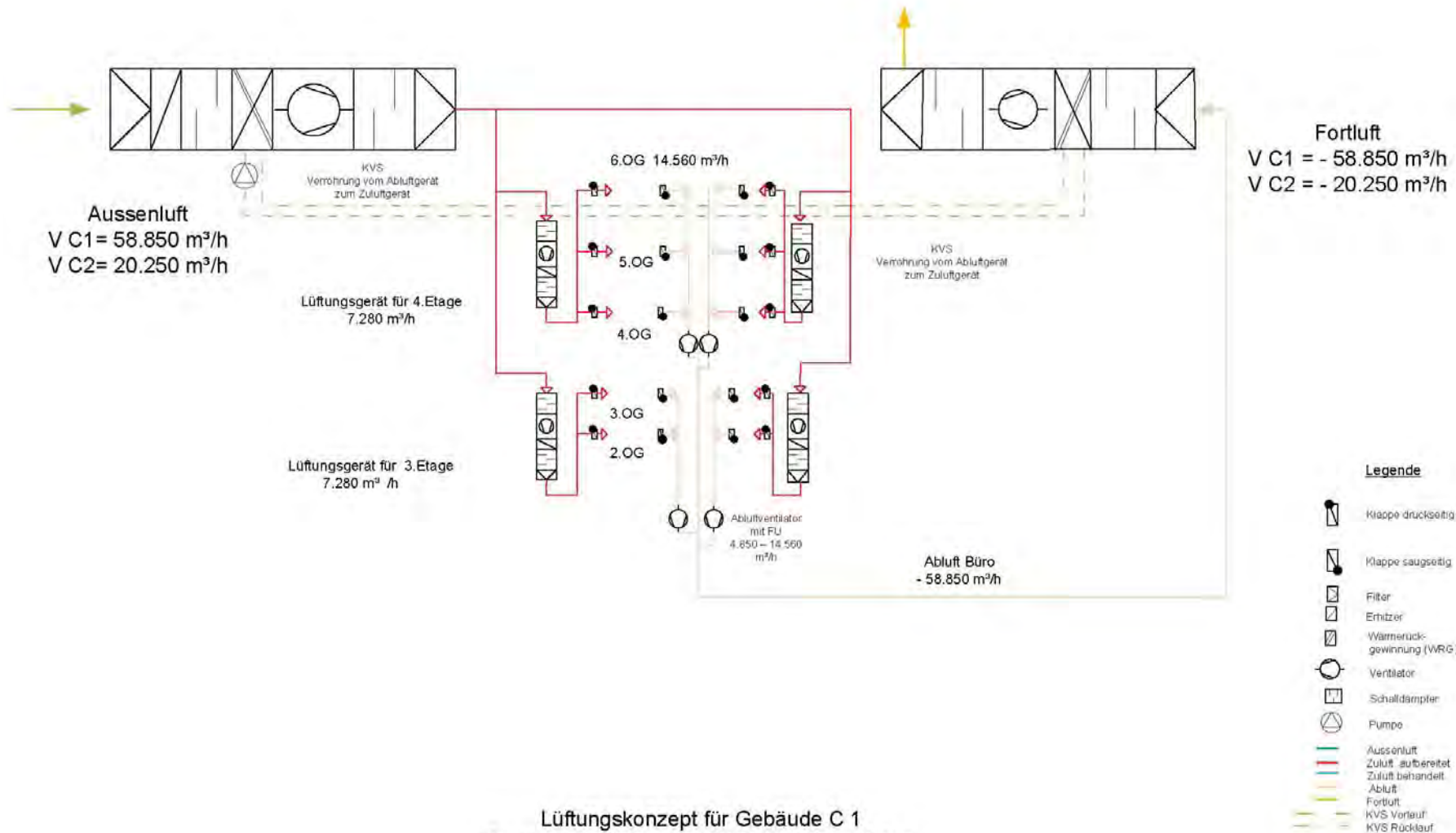
## Büro-Hochhaus



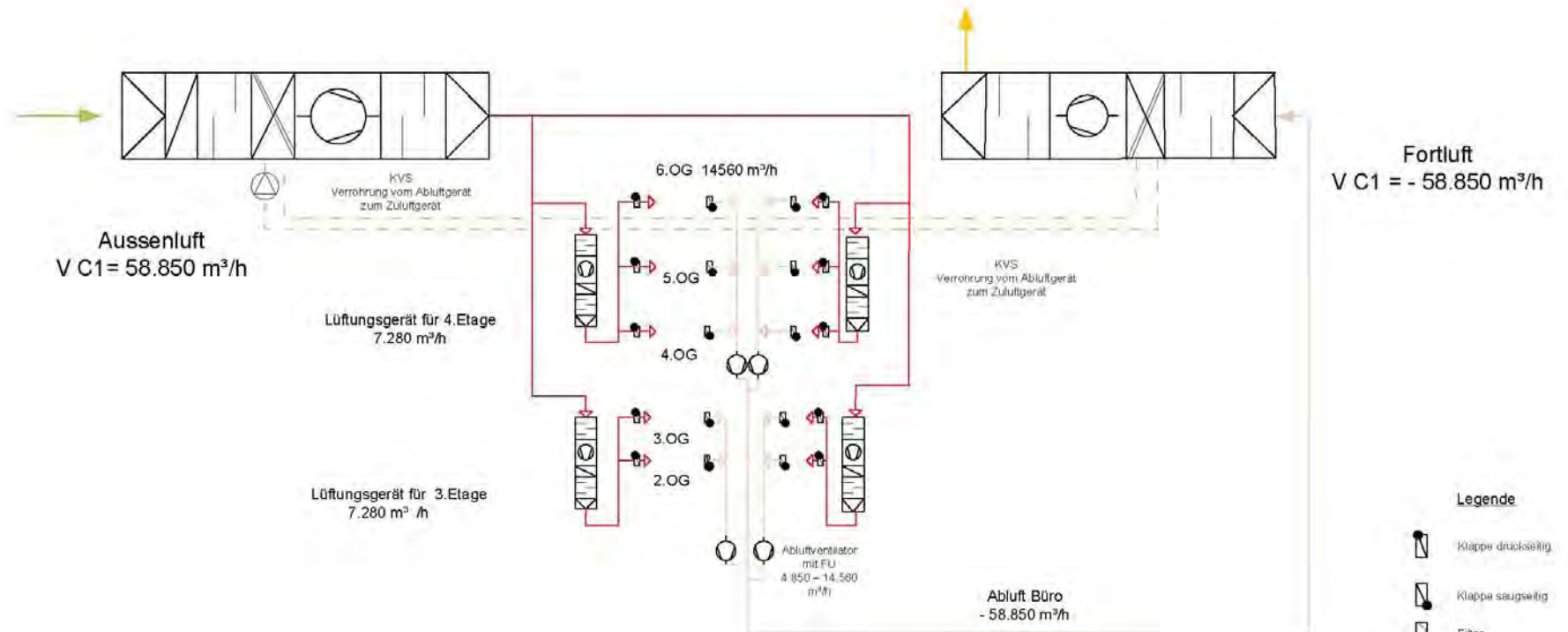
V= 119.500 m³/h

Lüftungskonzept  
Büro-Hochhaus mit  
dezentralen Zonengeräte

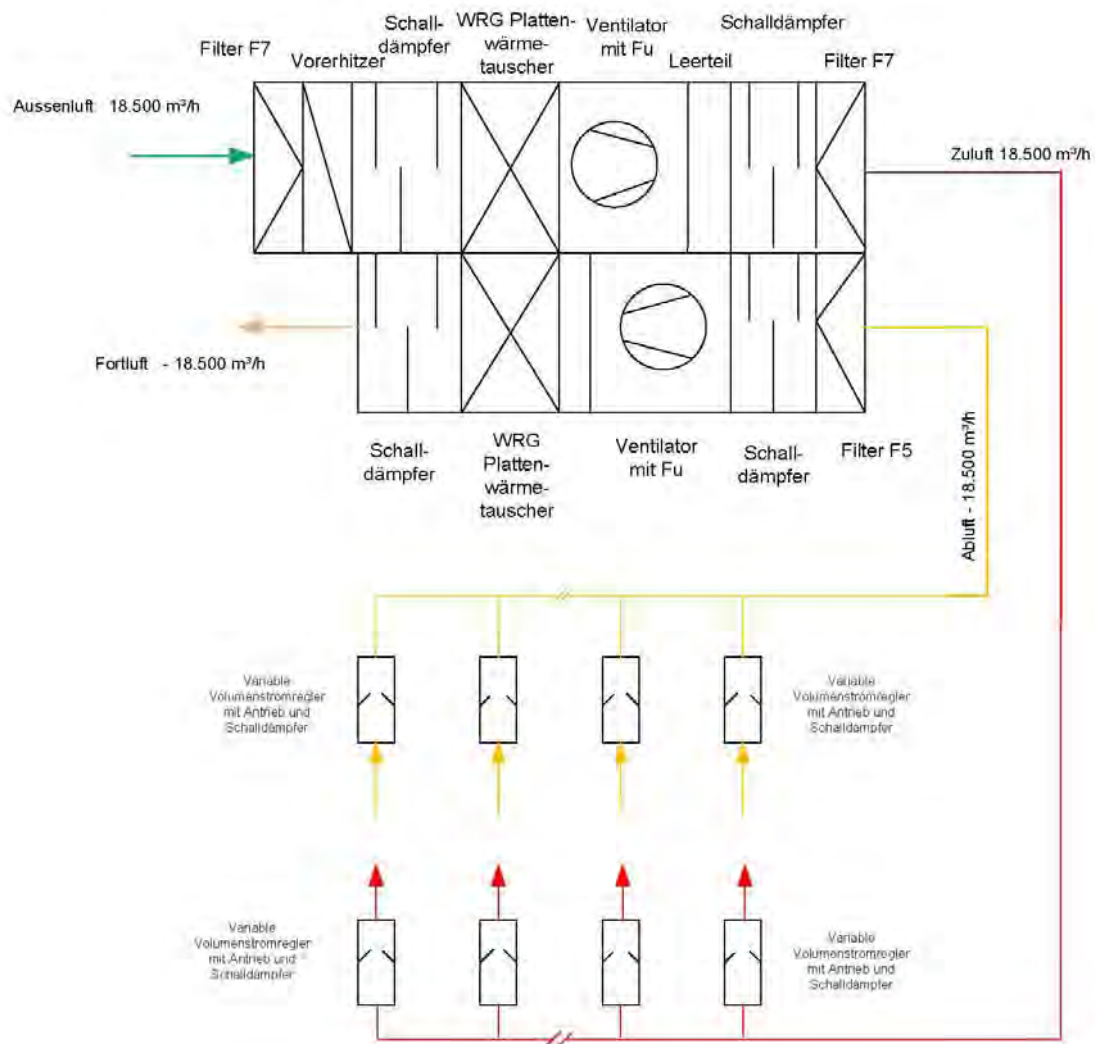
# Büro-Flachbau



Lüftungskonzept für Gebäude C 1  
 Zu- und Abluft Gerät mit WRG (KVS) auf dem  
 Dach des Geb. C 1



Lüftungskonzept für Gebäude C 1 Büroetagen  
Zu- und Abluft Gerät mit WRG (KVS)  
Standort Dach Geb. C1



Lüftungskonzept für Gebäude C 1 Shop  
 Zu- und Abluft Gerät mit WRG  
 (Plattenwärmetauscher)  
 Aufstellungsort Dach Geb. C 1



## 13.5 Systemvergleich Lüftung

	Lüftungssystem	Anzahl	Leistung (Luft) [m³/h]	ges. Luftleistung [m³/h]	LW	Wärmerückgewinnung	für	wider	Investition pro Gerät [EUR]	ges. Investition [EUR]	Betriebskosten pro Gerät [EUR/a]	ges. Betriebskosten [EUR/a]	spez. Leistungsaufnahme [Wh/m³]	Volllaststunden p.a. [h/a]	Jahresstrombedarf [kWh/a]	rückgew. Wärme [kWh/a]
<b>1.0</b>	<b>Dezentral-Geräte</b>															
	jedes Geschoss erhält 2 komplette Lüftungsanlagen.	40	2.625	105.000	1,5	Plattenwärmetauscher pro Gerät, Rückgewinnung 85 %	eine optimale und auf den Mieter bezogene Versorgung	sehr hohe Wartungskosten	25.000	1.000.000	1.050	42.000	0	5.880	154.350	-1.588.748
<b>2.0</b>	<b>Zentral Außenluftgerät für Zonenanlagen Büro</b>															
	Das Gebäude wird über zwei Lüftungsgeräte mit Frischluft versorgt. Die Abluftanlage befindet sich im Untergeschoss. WRG über das KVS-System	2	52.500	105.000		WRG über KVS 93 %	gemeinsame aufbereitete Frischluft für das gesamte Gebäude. SEHR gute Wärmerückgewinnungszahl	sehr hohe Wartungskosten	275.000	550.000	4.500	9.000	0	5.880	123.480	-1.738.277
	Zonengeräte Büro	14	7.500	105.000	1,5	ohne direkte WRG	Mieter individuell bezogene Frischluftversorgung	hohe Wartungskosten	25.000	350.000	1.000	14.000	0	5.880	61.740	0
<b>3.0</b>	<b>Lüftung Fitness</b>															
	Zentralgerät incl. Abluftgerät mit WRG Fitnessbereich	1	25.800	25.800	7,0	WRG Plattenwärmetauscher	das Gerät kann erweitert werden durch Zonengeräte, Frischluftversorgung durch vorkondensierter Frischluft aber eigener Abluftanlage Zonengeräte Mieter!	Für diese Anlage wird eine externe Frischluft-Ansaugung incl. Kanalsystem benötigt	65.000	65.000	2.500	2.500	0	6.780	61.223	-635.477

<b>4.0 Lüftung Shopping</b>																
Zentralgerät Shopping Mall, incl. Abluftanlage optional mehrere Zonengeräte	1	18.500	18.500	5,0	WRG Plattenwärmetauscher	das Gerät kann erweitert werden durch Zonengeräte, Frischluftversorgung durch vorkondensierter Frischluft aber eigener Abluftanlage Zonengeräte Mieter !	Für diese Anlage wird eine externe Frischluft-Ansaugung incl. Kanalsystem benötigt	37.500	37.500	2.500	2.500	1	6.180	68.598	-276.898	
<b>5.0 Zentral Außenluftgerät mit Zonenanlagen</b>																
Das Gebäude wird über zwei Lüftungsgeräte mit Frischluft versorgt. Die Abluftanlage befindet sich im Untergeschoss: WRG über das KVS-System	2	75.000	150.000		WRG über KVS 93 %	gemeinsam aufbereitete Frischluft für das gesamte Gebäude. SEHR gute Wärmerückgewinnungszahl	jedes Gerät ist ständig im Einsatz, da über die Geräte EG und 1.OG mit vorkonditionierter Luft versorgt werden	400.000	800.000	4.500	9.000	0	6.044	181.331	-2.552.666	
Zonengeräte, Büro	14	7.500	105.000	1,5	ohne direkte WRG	Mieter individuell bezogene Frischluftversorgung	hohe Wartungskosten	25.000	350.000	1.000	14.000	0	5.880	61.740	0	
Unterkentralgerät incl. Abluftgerät mit WRG Fitnessbereich	1	25.800	25.800	7,0	WRG Plattenwärmetauscher	das Gerät kann erweitert werden durch Zonengeräte, Frischluftversorgung durch vorkonditionierte Frischluft aber eigene Abluftanlage Zonengeräte Mieter!	Anlage ist abhängig von der Außenluftanlage	65.000	65.000	2.500	2.500	0	6.780	34.985	-211.826	

	Unterzentralgerät Shopping, incl. Abluftanlage optional mehrere Zonengeräte	1	18.500	18.500	5,0	ohne direkte WRG	das Gerät kann erweitert werden durch Zonengeräte, Frischluftversorgung durch vorkonditionierte Frischluft aber eigene Abluftanlage Zonengeräte Mieter!	Anlage ist abhängig von der Außenluftanlage	37.500	37.500	2.500	2.500	0	6.180	28.583	0
<b>5.1</b>	<b>Zentral Außenluftgerät mit Zonenanlagen, zentrale Konditionierung</b>															
	Lüftungszentralen mit Be- und Entfeuchtung	2	75.000	150.000		WRG über KVS 93 %	gemeinsam aufbereitete Frischluft für das gesamte Gebäude. SEHR gute Wärmerückgewinnungszahl	jedes Gerät ist ständig im Einsatz, da über die Geräte EG und 1.OG mit vorkonditionierter Luft versorgt werden	450.000	900.000	6.750	13.500	0	6.044	181.331	-2.552.666
	Wasseraufbereitung, Umkehrosmose Anlage	1							33.000	33.000	???	???	???	1.750	???	
	Kompressorkälte für Entfeuchtung (440 kW)	2							220.000	440.000	880	1.760		300	71.250	
	Zonengeräte, Büro	14	7.500	105.000	1,5	ohne direkte WRG	Mieter individuell bezogene Frischluftversorgung	hohe Wartungskosten	25.000	350.000	1.000	14.000	0	5.880	61.740	0
	Unterzentralgerät incl. Abluftgerät mit WRG Fitnessbereich	1	25.800	25.800	7,0	WRG Plattenwärmetauscher	das Gerät kann erweitert werden durch Zonengeräte, Frischluftversorgung durch vorkonditionierte Frischluft aber eigene Abluftanlage Zonengeräte Mieter!	Anlage ist abhängig von der Außenluftanlage	65.000	65.000	2.500	2.500	0	6.780	34.985	-211.826

	Unterzentralgerät Shopping, incl. Abluftanlage optional mehrere Zonengeräte	1	18.500	18.500	5,0	ohne direkte WRG	das Gerät kann erweitert werden durch Zonengeräte, Frischluftversorgung durch vorkonditionierte Frischluft aber eigene Abluftanlage Zonengeräte Mieter !	Anlage ist abhängig von der Außenluftanlage	37.500	37.500	2.500	2.500	0	6.180	28.583	0
<b>5.2</b>	<b>Zentral Außenluftgerät, Zonenanlagen mit Konditionierung</b>															
	Lüftungszentralen ohne Be- und Entfeuchtung	2	75.000	150.000		WRG über KVS 93 %	gemeinsam aufbereitete Frischluft für das gesamte Gebäude. SEHR gute Wärmerückgewinnungszahl	jedes Gerät ist ständig im Einsatz, da über die Geräte EG und 1.OG mit vorkonditionierter Luft versorgt werden	400.000	800.000	4.500	9.000	0	6.044	181.331	-2.552.666
	Wasseraufbereitung, Umkehrosmose Anlage	1							33.000	33.000	???	???	???	1.750	???	0
	Kompressorkälte für Entfeuchtung (440 kW)	2							220.000	440.000	880	1.760	0	300	71.250	0
	Zonengeräte, Büro	14	7.500	105.000	1,5	ohne direkte WRG	Mieter individuell bezogene Frischluftversorgung	hohe Wartungskosten	45.000	630.000	1.500	21.000	0	5.880	61.740	0
	Unterzentralgerät incl. Abluftgerät mit WRG Fitnessbereich	1	25.800	25.800	7,0	WRG Plattenwärmetauscher	das Gerät kann erweitert werden durch Zonengeräte, Frischluftversorgung durch vorkonditionierte Frischluft aber eigene Abluftanlage Zonengeräte Mieter!	Anlage ist abhängig von der Außenluftanlage	65.000	65.000	2.500	2.500	0	6.780	34.985	-211.826

	Unterzentralgerät Shopping, incl. Abluftanlage optional mehrere Zonengeräte	1	18.500	18.500	5,0	ohne direkte WRG	das Gerät kann erweitert werden durch Zonengeräte, Frischluftversorgung durch vorkonditionierte Frischluft aber eigene Abluftanlage Zonengeräte Mieter!	Anlage ist abhängig von der Außenluftanlage	37.500	37.500	2.500	2.500	0	6.180	28.583	0
									2.005.500							

## 13.6 Leuchtenverzeichnis

### LEUCHTENVERZEICHNIS

AUSGABEDATUM: 01.09.10

Index-Nr.: -

ERSTELLT VON: KP

ÄNDERUNGEN:

### BEMERKUNGEN:

- Die Leuchten sind in der Detailplanung der Architekten eingearbeitet, was in den meisten Fällen in Bezug auf Dimensionen und Befestigungsdetails Alternativen praktisch ausschließt.
- Sollten dennoch Alternativprodukte angeboten werden, müssen für die Prüfung auf Gleichwertigkeit in jedem Fall die Lichtverteilungskurve, der Leuchtenwirkungsgrad sowie eine funktionsfähige Musterleuchte beige stellt werden, ansonsten wird die angebotene Alternative ungeprüft ausgeschieden.
- Das Elektroinstallationsunternehmen muss richtige Versorgungsspannung für Leuchtmittel überprüfen
- Alle Verkabelungen müssen dem letzten IEE Standard entsprechen
- Alle Transformatoren müssen gemäß den letztgültigen EN Standards hergestellt sein und den Empfehlungen des Leuchtenherstellers entsprechen
- Die Verwendung von Transformatoren mit 95 % der Nennausgangsspannung wird empfohlen
- Alle Befestigungsdetails, Ausschnitts- und Einbaumaße müssen vom installierenden Unternehmen auf Übereinstimmung mit den Herstellerangaben überprüft werden
- Alle Mengen (Stückzahlen) müssen auf Übereinstimmung mit den entsprechenden Zeichnungen überprüft werden!
- Das Elektroinstallationsunternehmen ist für die Koordination und Kompatibilität zwischen Vorschaltgeräten/Transformatoren und den Lichtsteuersystemen verantwortlich

REF. NR.	AN Z.	HERSTELLERREFERENZ LEUCHTE	BESCHREIBUNG UND FARBE	AUS-SCHNITT Ø (mm)	EINBAU-TIEFE (mm)	LEUCHTMITTEL	HERSTELLER-REFERENZ LEUCHTMITTEL
A		n.a.	<p><b>Stehleuchte</b> mit Lichtverteilung indirekt/direkt; dimmbares elektronisches Vorschaltgerät für TC-L Lampen 4/28W; flacher Leuchtenkopf aus Aluminium</p> <p>mit seitlicher Anbindung an die Leuchtensäule; abnehmbares Stirnteil zur schnellen und einfachen Reinigung der Optik; hohe Leuchteneffizienz und geringe Anschlussleistung durch den Einsatz von 28W HE Kompaktleuchtstofflampen; Leuchtenwirkungsgrad 98 %</p> <p>Direktlichtanteil von 35 % mit prismatischer, Leuchtdichte reduzierender Optik aus PMMA; 65 % indirekte Lichtverteilung breit, mit effizienzsteigernden Seitenreflektoren; integrierte Steuerung mit individuell einstellbaren Helligkeits- und PIR-Anwesenheitssensoren; in die Leuchtensäule integriertes</p> <p>Soft Touch-Bedienfeld mit Feedback-LED zur Bedienung;</p> <p>U-förmige Fußplatte aus Stahl für flexible Positionierung und hohe Standsicherheit; schlanke Säule aus Aluminium;</p> <p>Maße Leuchtenkopf 665 x 380 x 50 mm; Maße Säule 55 x 30 mm,</p> <p>Maße Fußplatte 455 x 30 x 15 mm;</p> <p>Leuchte in weiß, pulverbeschichtet;</p> <p>3 m Anschlusskabel, Leuchte halogenfrei verdrahtet.</p>	n.a.	h = 1950	TC-L Kompaktleuchtstofflampe Spannung: 230V Leistung: 4 x 28W Sockel: 2GX11 Farbtemperatur: 3000K	Osram: DULUX L HE L 28W/830 HE

REF. NR.	AN Z.	HERSTELLERREFERENZ LEUCHE	BESCHREIBUNG UND FARBE	AUS-SCHNITT T Ø (mm)	EINBAU-TIEFE (mm)	LEUCHTMITTEL	HERSTELLER-REFERENZ LEUCHTMITTEL
B		n.a.	<p>Pendelleuchte mit Rasteroptik Darklight, Direkt (75 %) /Indirekt (25 %) 1/28W, für T16, mit elektronischem Vorschaltgerät. Leuchtenwirkungsgrad 94 %.</p> <p>Gehäuse aus Aluminium-Strangpressprofil mit gesteckten Stirnteilen, weiß pulverbeschichtet. Lichtlenkung mittels optimiertem Präzisionsraster für eine breit strahlende Direktverteilung. Reduktion und Lenkung des Indirektlichts durch ein optisches System aus perforiertem Kopreflektor zur Lichtreduzierung und Reflektoren zur Erzeugung einer breit strahlenden Indirektlichtverteilung. Blendbegrenzung nach EN 12464 L&lt;1000 cd/m² bei 65° rundum. An der Endkappe verstellbares Einzelseil-Abhängeset bestehend aus 1 Stück Deckenrosette und 2 Stück Seile 500 mm, werkzeuglos höhenverstellbar. Leuchte komplett verdrahtet mit vormontierter Abhängung und Zuleitung. Leuchte halogenfrei verdrahtet.</p> <p>Abmessungen: 1200 x 145 x 60 mm Gewicht: 3,6 kg</p>	l = 1200 b = 145	h = 53	T16 Leuchtstofflampe Spannung: 230V Leistung: 28W Sockel: G5 Farbtemperatur: 3000K	Osram: LUMILUX T5 HE HE 28W / 830



REF. NR.	AN Z.	HERSTELLERREFERENZ LEUCHE	BESCHREIBUNG UND FARBE	AUS-SCHNITT T Ø (mm)	EINBAU-TIEFE (mm)	LEUCHTMITTEL	HERSTELLER-REFERENZ LEUCHTMITTEL
C		n.a.	<p>LED-Decken-Einbauleuchte  Bestückung: 1/18W LEDs neutralweiß; mit separatem Betriebsgerät, dimmbar Dali, optional switchDIM (Abmessungen: 155mmx83mmx35mm); Leistungsaufnahme: 18W; Farbtemperatur: 3500K (neutralweiß); Leuchtenlichtstrom &gt;1000lm, Leuchteneffizienz 55lm/W; Farbwiedergabe: CRI RA 92; Lebensdauer: 50.000h bei 70 % Lichtstrom; Entblendung: UGR 19 (Deko-Abdeckring aluminiumbesputtert, hochglänzend), UGR 22 (Deko-Abdeckring aluminiumfarben beschichtet, matt) und UGR &lt;25 (Deko-Abdeckring weiß); Integriertes System zur Stabilisierung der Farbtemperatur über die gesamte Lebensdauer; Leuchtengehäuse aus Aluminiumdruckguss und Stahlblech; Schutzart: IP44 bei Montage in geschlossenen Decken; Schutzklasse I; Netzspannung: 220/240V 50-60/0Hz; Zentralbatterietauglich 220V DC; Durchgangsverdrahtung möglich; Anschluss: 5-polige Klemme für Zuleitungen 5x1,5 mm<sup>2</sup>; werkzeuglose Montage über zwei Befestigungsfedern für Deckenstärken von 10-25mm; Deckenausschnitt: 165mm  Einbautiefe: 149mm  Gewicht: 1,6 kg</p>	165	149	LED 1/18W	-

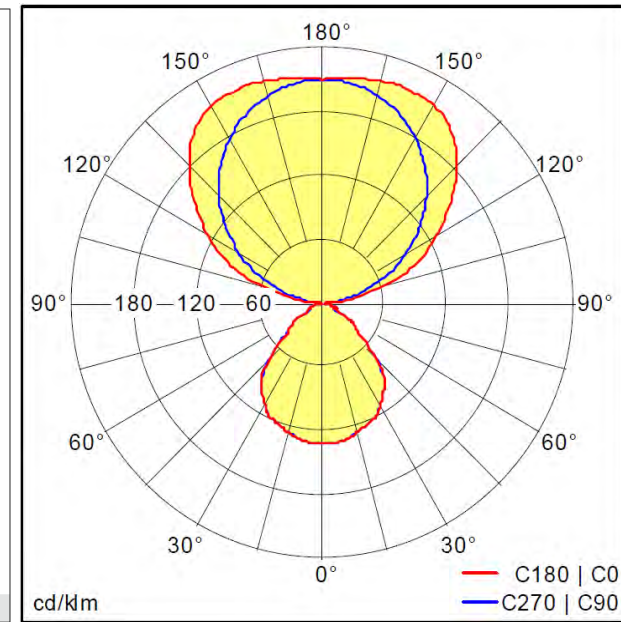
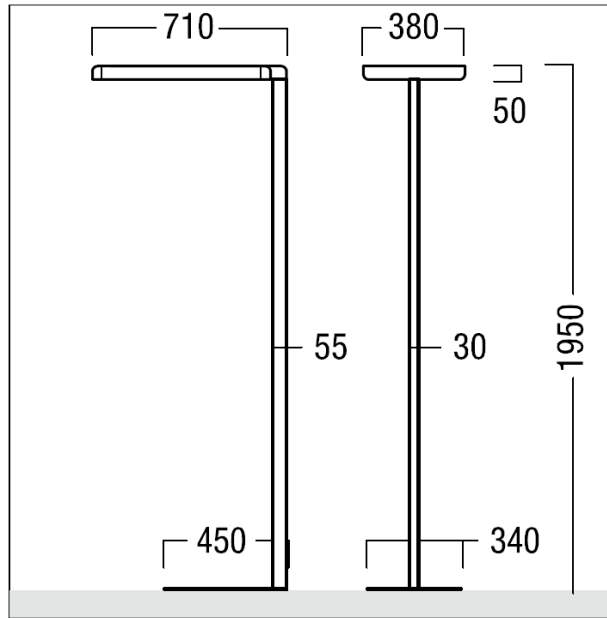
REF. NR.	AN Z.	HERSTELLERREFERENZ LEUCHE	BESCHREIBUNG UND FARBE	AUS-SCHNITT T Ø (mm)	EINBAU-TIEFE (mm)	LEUCHTMITTEL	HERSTELLER-REFERENZ LEUCHTMITTEL
D1		n.a.	<p>LED Decken-Einbauleuchte            Bestückung: 1/36 W, Farbtemperatur: warm weiß (WW) 3000K, stabilisierte Farbtemperatur.            Symmetrische, breitstrahlende Lichtverteilung,            Leuchtenlichtstrom: &gt;2400 lm            Leuchteneffizienz: 66,6 lm/W;            Farbwiedergabe: CRI RA&gt;90; 50.000h            Lebensdauer bei 70 % Lichtstrom;            mit steuerbarem Vorschaltgerät, dimmbar Dali (separate Einheit); hochwertige Reflektoreinheit über Bajonettverschluss an modulare LED Lichtkammer arretiert;            hocheffiziente LED Lichtkammer integriert im optimierten, passiven Wärmemanagement aus Aluminiumstrangpressprofil;            Reflektor: facettiert, aluminiumbesputtert, hochglänzend und irisierungsfrei;            Reflektor/Abdeckring aus hochwertigem, UV-beständigem Polycarbonat; Abdeckring weiß;            Einbauring aus Aluminiumdruckguss;            werkzeuglose Schnellmontage der Leuchten-Einheit mittels vereinfachtem Bajonettverschluss; Leuchte halogenfrei verdrahtet; Anschluss: 5-polige Steckverbindungsklemme; Montage: werkzeuglose Schnellmontage mittels Antirutsch Haltefedern für Deckenstärken von 1-25mm;            Deckenausschnitt: 200mm            Einbautiefe: 100mm            Gewicht: 1,35 kg</p>	200	100	LED 1/36W	-

REF. NR.	AN Z.	HERSTELLERREFERENZ LEUCHE	BESCHREIBUNG UND FARBE	AUS-SCHNITT T Ø (mm)	EINBAU-TIEFE (mm)	LEUCHTMITTEL	HERSTELLER-REFERENZ LEUCHTMITTEL
D2		n.a.	<p>LED Decken-Einbauleuchte  Bestückung: 1/27 W, Farbtemperatur: warm weiß (WW) 3000K, stabilisierte Farbtemperatur.  Symmetrische, breitstrahlende Lichtverteilung,  Leuchtenlichtstrom: &gt;1800 lm  Leuchteneffizienz: 66,6 lm/W;  Farbwiedergabe: CRI RA&gt;90; 50.000h  Lebensdauer bei 70 % Lichtstrom;  mit steuerbarem Vorschaltgerät, dimmbar Dali (separate Einheit); hochwertige Reflektoreinheit über Bajonettverschluss an modulare LED Lichtkammer arretiert;  hocheffiziente LED Lichtkammer integriert im optimierten, passiven Wärmemanagement aus Aluminiumstrangpressprofil;  Reflektor: facettiert, aluminiumbesputtert, hochglänzend und irisierungsfrei;  Reflektor/Abdeckring aus hochwertigem, UV-beständigem Polycarbonat; Abdeckring weiß;  Einbauring aus Aluminiumdruckguss;  werkzeuglose Schnellmontage der Leuchten-Einheit mittels vereinfachtem Bajonettverschluss; Leuchte halogenfrei verdrahtet; Anschluss: 5-polige Steckverbindungsklemme; Montage: werkzeuglose Schnellmontage mittels Antirutsch Haltefedern für Deckenstärken von 1-25mm;  Deckenausschnitt: 200mm  Einbautiefe: 100mm  Gewicht: 1,35 kg</p>	200	100	LED 1/27W	-

REF. NR.	AN Z.	HERSTELLERREFERENZ LEUCHE	BESCHREIBUNG UND FARBE	AUS-SCHNITT T Ø (mm)	EINBAU-TIEFE (mm)	LEUCHTMITTEL	HERSTELLER-REFERENZ LEUCHTMITTEL
----------	-------	---------------------------	------------------------	----------------------	-------------------	--------------	----------------------------------

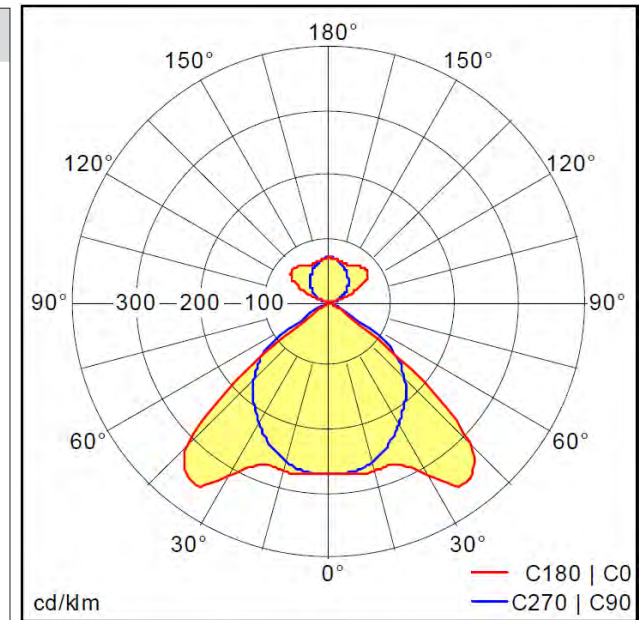
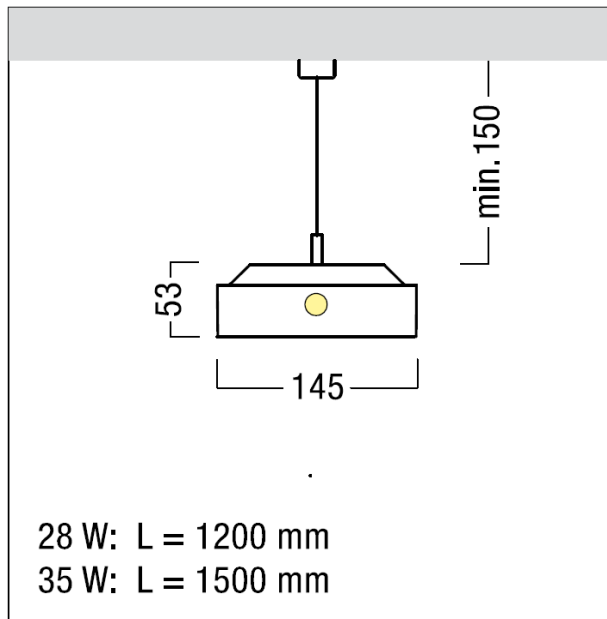
LEUCHTEN MIT ABBILDUNGEN

A		n.a.	<b>Stehleuchte</b> mit Lichtverteilung indirekt/direkt; dimmbares elektronisches Vorschaltgerät für TC-L Lampen 4/28W; Maße Leuchtenkopf 665 x 380 x 50 mm; Maße Säule 55 x 30 mm, Maße Fußplatte 455 x 30 x 15 mm	n.a.	h = 1950	TC-L Kompaktleuchtstofflampe Spannung: 230V Leistung: 4 x 28W Sockel: 2GX11 Farbtemperatur: 3000K	Osram: DULUX L HE L 28W/830 HE
---	--	------	--	------	----------	---	--------------------------------------



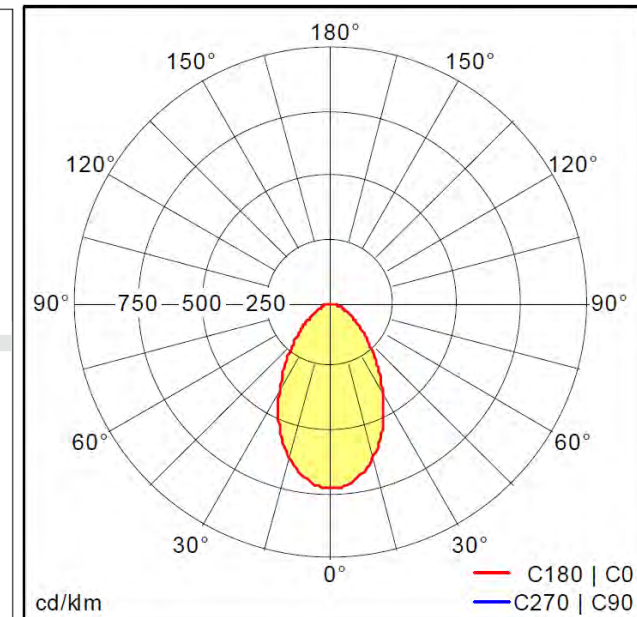
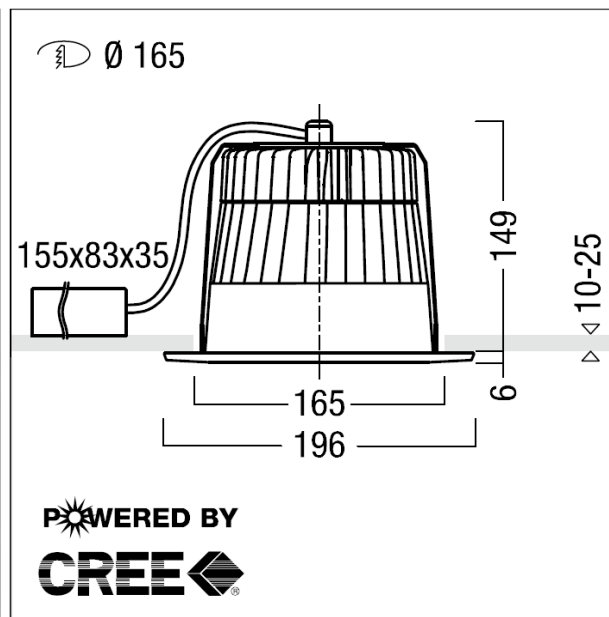
REF. NR.	AN Z.	HERSTELLERREFERENZ LEUCHE	BESCHREIBUNG UND FARBE	AUS-SCHNITT T Ø (mm)	EINBAU-TIEFE (mm)	LEUCHTMITTEL	HERSTELLER-REFERENZ LEUCHTMITTEL
----------	-------	---------------------------	------------------------	----------------------	-------------------	--------------	----------------------------------

B		n.a.	Pendelleuchte mit Rasteroptik Darklight, Direkt (75 %) /Indirekt (25 %) 1/28W, für T16, mit elektronischem Vorschaltgerät. Abmessungen: 1200 x 145 x 60 mm Gewicht: 3,6 kg	l = 1200 b = 145	h = 53	T16 Leuchtstofflampe Spannung: 230V Leistung: 28W Sockel: G5 Farbtemperatur: 3000K	Osram: LUMILUX T5 HE HE 28W / 830
---	--	------	--	---------------------	--------	--	---



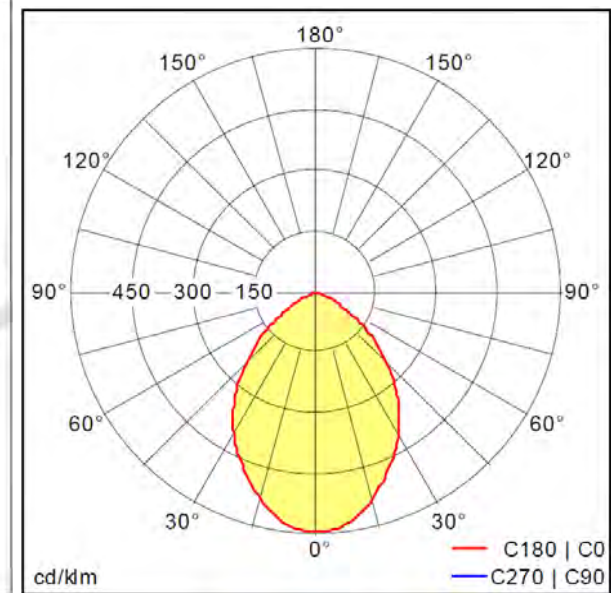
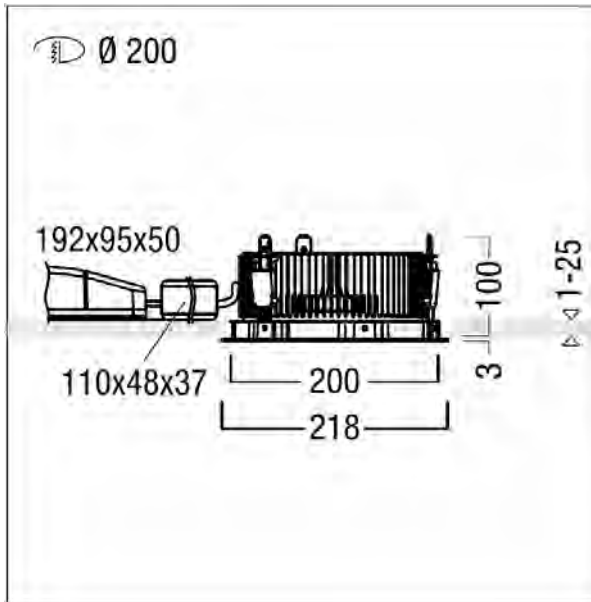
REF. NR.	AN Z.	HERSTELLERREFERENZ LEUCHE	BESCHREIBUNG UND FARBE	AUS-SCHNITT T Ø (mm)	EINBAU-TIEFE (mm)	LEUCHTMITTEL	HERSTELLER-REFERENZ LEUCHTMITTEL
----------	-------	---------------------------	------------------------	----------------------	-------------------	--------------	----------------------------------

C		n.a.	LED-Decken-Einbauleuchte Bestückung: 1/18W LEDs mit separatem Betriebsgerät, dimmbar Dali, optional switchDIM (Abmessungen: 155mmx83mmx35mm); Deckenausschnitt: 165mm Einbautiefe: 149mm Gewicht: 1,6 kg	165	149	LED 1/18W	-
---	--	------	---	-----	-----	-----------	---



REF. NR.	AN Z.	HERSTELLERREFERENZ LEUCHE	BESCHREIBUNG UND FARBE	AUS-SCHNITT T Ø (mm)	EINBAU-TIEFE (mm)	LEUCHTMITTEL	HERSTELLER-REFERENZ LEUCHTMITTEL
----------	-------	---------------------------	------------------------	----------------------	-------------------	--------------	----------------------------------

D1 D2		n.a.	LED Decken-Einbauleuchte Bestückung: 1/36W bzw. 1/27W LEDs mit steuerbarem Vorschaltgerät, dimmbar Dali (separate Einheit); Deckenausschnitt: 200mm Einbautiefe: 100mm Gewicht: 1,35 kg	200	100	LED 1/36W LED 1/27W	-
----------	--	------	---	-----	-----	------------------------	---



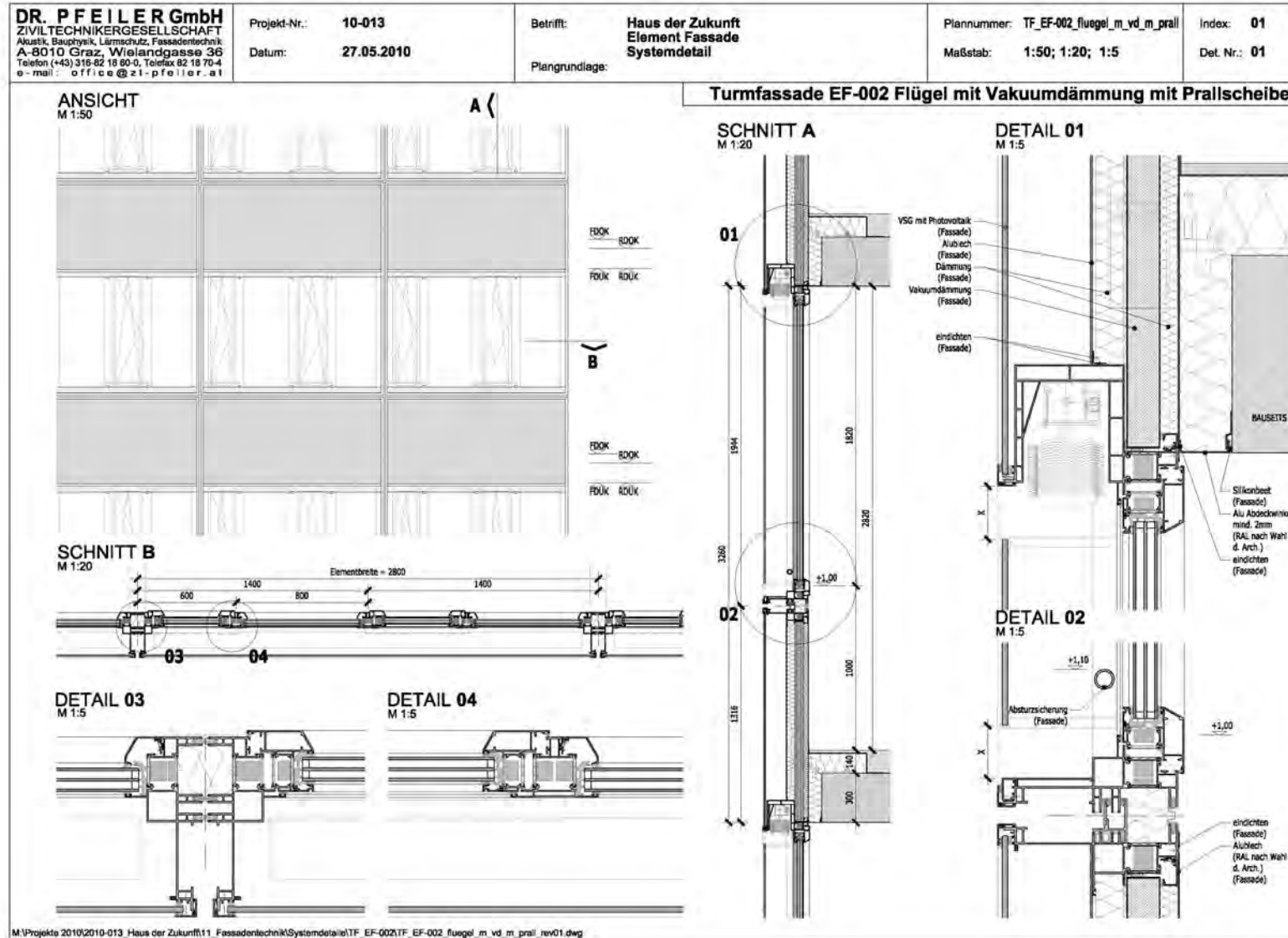




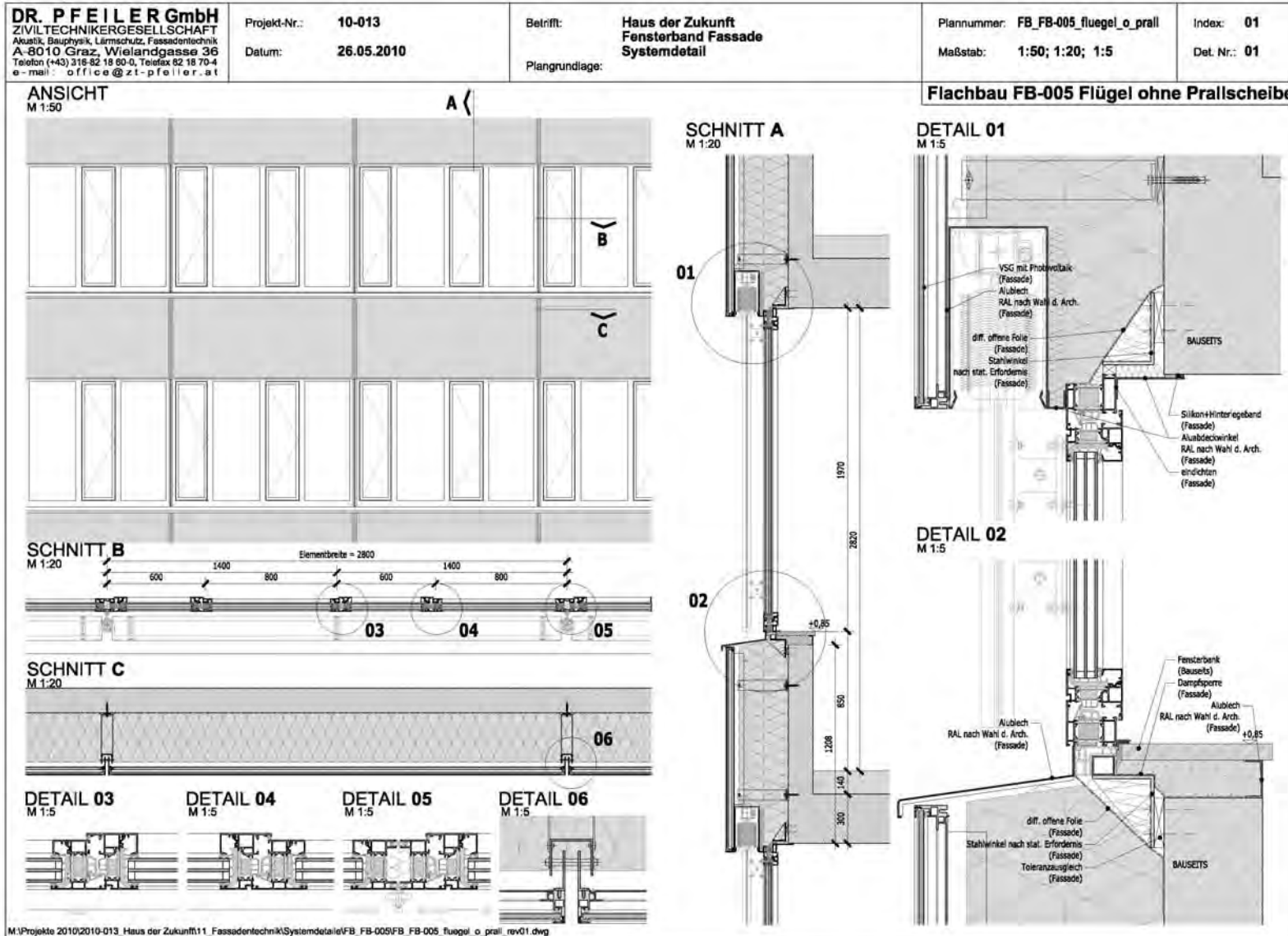


# 13.8 Fassadendetails

Elementfassade Hochhaus TF EF-002 Flügel mit VD Prallscheibe



# Fensterbandfassade Flachbau FB FB-500 Flügel ohne Prallscheibe



## 13.9 Aufbautenkatalog

Folgend sind die wesentlichen Aufbauten aufgelistet:

### 01a - Flachdach (Warmdach) begrünt

8,0 - 16,0 cm	Vegetationsschicht, Humus (Randbereiche mit Betonplatten) Schutz- und Filterschicht, Vlies (ÖN B 2220)
2,0 cm	Drainagematte
mind. 1,0 cm	bituminöse Abdichtung, mind. 2-lagig, oberste Lage wurzelfest
i.M. ca. 40,0 cm	EPS W 30 Wärmedämmplatten im Gefälle verlegt
0,7 cm	bituminöse Notabdichtung (ALGV 45) als Dampfsperre und Dampfdruckausgleichsschicht auf Voranstrich
ca. 25,0cm	Stahlbetondecke nach statischem Erfordernis Deckenuntersicht nach Erfordernis – (Bauteilkühlung, Akustik etc.)

### 01b - Flachdach (Warmdach) bekiest

8,0 - 16,0 cm	Kies 16/32 gebunden (Randbereiche mit Betonplatten) Schutz- und Filterschicht, Vlies (ÖN B 2220)
2,0 cm	Drainagematte nach Erfordernis
mind. 1,0 cm	bituminöse Abdichtung, mind. 2-lagig, oberste Lage wurzelfest
i.M. ca. 40,0 cm	EPS W 30 Wärmedämmplatten im Gefälle verlegt
0,7 cm	bituminöse Notabdichtung (ALGV 45) als Dampfsperre und Dampfdruckausgleichsschicht auf Voranstrich
ca. 25,0cm	Stahlbetondecke nach statischem Erfordernis Deckenuntersicht nach Erfordernis – (Bauteilkühlung, Akustik etc.)

### 02a - Decke Beheizt über Unbeheizt / Keller / Garage

Hauptnutzung: Kantine, Restaurant, Foyer, Besprechungsräume etc.

2,0 cm	Bodenbelag (Teppichboden bzw. Fliesen) (in Nassräumen alternative Abdichtung mit Hochzug z.B. System Deitermann)
7,0 cm	Estrich PE – Folie überlappend und verklebt
3,0 cm	Trittschalldämmung
ca. 6,0 cm	Niveaue Ausgleich gebunden (z.B. Polystyrolbeton) Trennlage (PE – Folie)
ca. 30,0 cm	EPS W 30 Wärmedämmplatten im Gefälle Skelettbau-Stützen bzw. STB-Höcker bei allen tragenden Bauteilen, im Bereich der Feuermauern ist zwischen den tragenden Elementen Ytong auszuführen
ca. 25,0cm	Stahlbetondecke nach statischem Erfordernis
ca. 8,0 cm	Kellerdeckendämmplatten KDP zur Wärmebrückendämmung nach Erfordernis

### 02b - Decke Beheizt über Unbeheizt / Keller / Garage

## Hauptnutzung: Büroräume

2,0 cm	Bodenbelag (Teppichboden bzw. Fliesen) (in Nassräumen alternative Abdichtung mit Hochzug z.B. System Deitermann)
ca. 16,0 cm	Doppelboden mit Trittschalldämmplatten und schalltechnischer Trennung der Aufständering Trennlage (PE – Folie)
ca. 30,0 cm	EPS W 30 Wärmedämmplatten im Gefälle, zwischen Skelettbau-Stützen bzw. STB-Höcker bei allen tragenden Bauteilen, im Bereich der Feuermauern ist zwischen den tragenden Elementen Ytong auszuführen
ca. 25,0cm	Stahlbetondecke nach statischem Erfordernis
ca. 8,0 cm	Kellerdeckendämmplatten KDP zur Wärmebrückendämmung nach Erfordernis

## 03 - Decke Beheizt über Außenluft

1,5 cm	Bodenbelag (Teppichboden bzw. Fliesen) (in Nassräumen alternative Abdichtung mit Hochzug z.B. System Deitermann)
ca. 15,0 cm	Doppelboden mit Trittschalldämmplatten und schalltechnischer Trennung der Aufständering Trennlage (PE – Folie)
ca. 25,0cm	Stahlbetondecke nach statischem Erfordernis
ca. 35,0 cm	MW Putzträgerplatten PTP-S
0,8 cm	Dünnputz auf mineralischer Basis, armiert

## 04 - Trennwände Beheizt zu Unbeheizt außerhalb des Passivhausbereiches z.B. Technikzentrale zu Garage

1,5 cm	Gipskartonplatte 1x GKB 15mm
ca. 26,0 cm	MW Wärmedämmplatten
ca. 25,0 cm	Stahlbetonwand nach statischem Erfordernis Wandverkleidung (Spachtelung bzw. Akustikelemente)