

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist an der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt (<http://www.ub.tuwien.ac.at>).

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology (<http://www.ub.tuwien.ac.at/englweb/>).



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

DIPLOMARBEIT

Masters Thesis

Einfluss organisatorischer und baulicher Maßnahmen auf den Primärenergiebedarf und die thermische Behaglichkeit in Bürogebäuden

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Thomas Bednar

und

Proj. Ass. Dipl.-Ing. Markus Leeb

durchgeführt am

E 206

Institut für Hochbau und Technologie

Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz

Eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Wolfgang Schnürch Matr.Nr.: 0326853

Embelgasse 54/13
1050 Wien

Wien, April 2012

Unterschrift

Danksagung

Ich bedanke mich bei Professor Thomas Bednar für seine Betreuung dieser Diplomarbeit und für seine Zeit, bis die Arbeit vervollständigt wurde.

Mein Dank geht auch an Markus Leeb und Christoph Harreither für ihre Unterstützung und Anregungen. Weiter möchte ich mich bei allen Mitarbeitern des Forschungsbereichs für Bauphysik und Schallschutz für das tolle Arbeitsklima und ihre Hilfe bedanken.

Ich möchte mich auch bei meinen Eltern, meiner Schwester Regine und besonders bei meiner Freundin Birgit bedanken, die mir während der Entstehung dieser Arbeit sehr viel Geduld entgegengebracht haben und mir immer einen Halt gaben.

Ein besonderer Dank geht auch an Michael Jung für sein Verständnis und seine Hilfe während der Entstehung dieser Diplomarbeit.

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Auswirkung von vier ausgesuchten unterschiedlichen Bürotypologien im Zusammenhang mit der Fassade, der Bauweise und der Orientierung auf den gesamten Primärenergiebedarf, wie auch auf die thermische Behaglichkeit. Die Organisation und Anordnung von Büroarbeitsplätzen ist abhängig von der jeweiligen Firmenstruktur. Je nach Anforderung sind Gruppenarbeit oder konzentrierte Einzelarbeit gewünscht. Deshalb gibt es verschiedene Bürotypologien, um die Abläufe zu optimieren und um effizientes Arbeiten zu ermöglichen, von denen vier typische Modelle ausgesucht wurden: das Zellen-, Kombi-, Gruppen- und Großraumbüro.

Durch die spezifischen Anforderungen und Möglichkeiten der vier untersuchten Bürotypologien wurden jeweils die Grundrisse eines Regelgeschosses entwickelt. Anhand dieser Grundmodelle wurden folgende Variationen durchgeführt, um deren Einfluss abzubilden: Es wurde zwischen einer massiven und leichten Bauweise variiert, wie auch zwischen fünf verschiedenen Fenstergrößen, einem äußeren und inneren Sonnenschutz und der Orientierung. Anhand dieser Variationen ergaben sich insgesamt 640 Varianten, mit denen jeweils eine Jahressimulation mit BuildOpt_VIE durchgeführt wurde.

Untersucht wurden die Auswirkungen aller Einflussfaktoren auf den Primärenergiebedarf wie auch auf die thermische Behaglichkeit nach Ö-Norm EN ISO 7730[OEN06a] bzw. Ö-Norm EN 15152[OEN07] und ihre Interaktion mit dem Primärenergiebedarf. Insbesondere die Auswirkung der Fassade im Zusammenhang mit der Bürotypologie auf die benötigte Beleuchtungsenergie wurde analysiert. Zusätzlich wurden Varianten ermittelt, die alleine durch eine konditionierte Zuluft beheizt werden könnten, und untersucht, welche Auswirkung dies auf den gesamten Primärenergiebedarf hat.

Die Arbeit zeigt, dass beim Vergleich des Primärenergiebedarfs je m^2 (Bruttogrundfläche) je Büromodell die Varianten in Massivbauweise mit einer Ost-West Orientierung und einer Fassade mit 3-fach Verglasung und außenliegenden Sonnenschutz den niedrigsten Primärenergiebedarf haben. Zu erkennen ist bei allen Modellen der Einfluss der Fassade auf den Beleuchtungsenergiebedarf sowie die dominierende Rolle der Belegungsdichte auf den gesamten Primärenergiebedarf. Festgestellt wurde auch, dass die Optima des gesamten Primärenergiebedarfs nicht die Varianten mit der optimalsten thermischen Behaglichkeit sind, aber ausreichend lang die Kriterien für die bestmögliche thermische Behaglichkeit erfüllen können. Darüber hinaus wurde erkannt, dass eine reine Zuluftbeheizung möglich ist, aber dadurch kein optimaler Primärenergiebedarf garantiert ist.

Abstract

The organization and assembly of office workstations depends on the particular business structure. Depending on the requirements, group work or individual work arrangement are needed. Therefore, a variety of office types exist to optimize the processes and to permit efficient operation. The aim of this work is to determine the impact at the total primary energy demand and the thermal comfort of four selected office types in the context of the facade, the construction type and orientation.

Due to the specific needs and possibilities of the four examined office types, a typical floor plan was designed for each office type. Based on these basic models the following variables were chosen to study their influence: varying from a massive and light construction type, as well as between five different window sizes, an outer and inner sunscreen and building orientation. Based on these variations, a total of 640 variants arise, each of which was performed with a BuildOpt_VIE annual simulation.

The impact of all factors influencing the primary energy demand and on the thermal comfort according to ÖNORM EN ISO 7730 [OEN06a] and ÖNORM EN 15152 [OEN07] and their interaction with the primary energy demand were examined. The effect of the facade in relation to the office typology with the required illumination energy was especially analyzed. Furthermore, the variants were determined, which could be heated solely by a conditioned air supply, and the effects on the total primary energy demand were studied.

The result of this thesis shows, that when comparing the primary energy demand per square meter (gross floor area), the variations with the lowest total primary energy demand are office model variations in massive structures with an east-west orientation, a facade with triple insulation glazing and exterior window blinds. However, the optimal window size for a low primary energy demand varies depending on the office model.

In the results for all models it can be seen the influence of the façade on the lighting energy demand the dominant role of the occupancy rate on the total primary energy demand.

It was also found that the variations with the lowest total primary energy demand are not the variants with the most optimal thermal comfort, but fulfill sufficiently the requirements for the best possible thermal comfort long enough. In addition, it was recognized that heating only with forced air with an air heater is possible, but thereby no optimum primary energy demand is guaranteed.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	2
2.1	Rahmenbedingungen für Arbeiten in einem Büro	2
2.1.1	AstVO, Arbeitsstättenverordnung [AST09]	2
2.1.2	BGI 650 Bildschirm- und Büroarbeitsplätze [VBG07]	4
2.1.3	DIN V 18599-10 Ausgabe 2007-02-22[DIN07]	6
2.2	Belichtung /Beleuchtung	8
2.2.1	Definition	8
2.2.2	Tageslicht	8
2.2.3	Abminderungen der Fassade auf die Tageslichtnutzung	11
2.2.4	Nutzenergie für Beleuchtung (Kunstlicht)	13
2.3	Behaglichkeit	17
2.3.1	Globale thermische Behaglichkeit PMV / PPD	17
2.3.2	Klassifizierung nach Ö-Norm EN 15251 [OEN07]	18
2.4	SEER	19
2.5	Primärenergiefaktoren/ Konversionsfaktoren	20
2.5.1	Primärenergiebedarf bezogen auf m ² (BGF)	21
2.5.2	Primärenergiebedarf bezogen auf AP	21
2.6	BuildOpt_VIE	22
3	Simulationsaufbau	24
3.1	Bürotypologien	25
3.1.1	Übersicht der Typologien	25
3.1.2	Fassadenraster/Gebäuderaster	26
3.1.3	Zellenbüro	26
3.1.4	Kombibüro	29
3.1.5	Gruppenbüro	31
3.1.6	Großraumbüro	34
3.2	Klimadaten /Standort	37
3.3	Nutzungsabbildung	38
3.3.1	globale Behaglichkeit / Bekleidung der Personen in den Büros	38
3.3.2	Anwesenheit	38
3.3.3	Die innere Last durch anwesende Personen	38
3.3.4	Geräte als innere Last und Stromverbraucher	39
3.4	Beleuchtung des AP	41
3.4.1	Tageslicht	41
3.4.2	Kunstlicht	45
3.5	Lüftungsanlage	47
3.5.1	Luftvolumenströme	47
3.5.2	Aufbau und Eigenschaften der Lüftungsanlage	48

Inhaltsverzeichnis	II
3.5.3 Dichtheit	50
3.5.4 natürliche Lüftung	51
3.6 Variationen	53
3.6.1 Bauweisen	53
3.6.2 Orientierung	56
3.6.3 Fenstergrößen	56
3.6.4 Verglasung	59
3.6.5 Sonnenschutz	60
4 Ergebnisse	62
4.1 Primärenergiebedarf	64
4.1.1 Vergleich Primärenergiebedarf bezogen auf m^2 (BGF) und Jahr	65
4.1.2 Vergleich Optimum Primärenergiebedarf bezogen auf AP und Jahr	77
4.1.3 Zusammenfassung Optimum / Pessimum der Hauptvarianten	82
4.2 Untersuchung der Zuluftbeheizung	91
4.2.1 HWB je Hauptvariante	92
4.2.2 Fazit	100
4.3 Behaglichkeit Klassifizierung nach Ö-Norm EN 15251 [OEN07]	101
4.3.1 Modell „Zellenbüro“, leichte Bauweise	102
4.3.2 Modell „Zellenbüro“, massive Bauweise	105
4.3.3 Modell „Kombibüro“, leichte Bauweise	108
4.3.4 Modell „Kombibüro“, massive Bauweise	109
4.3.5 Modell „Gruppenbüro“, leichte Bauweise	111
4.3.6 Modell „Gruppenbüro“, massive Bauweise	113
4.3.7 Modell „Großraumbüro“, leichte Bauweise	115
4.3.8 Modell „Großraumbüro“, massive Bauweise	117
4.3.9 Zusammenfassung der Ergebnisse	118
4.3.10 Gegenüberstellung der Ergebnisse PMV und Primärenergiebedarf	120
5 Resümee	128
5.1 Zusammenfassung aller Ergebnisse	128
5.2 Verbesserungen und Anregungen	129
6 Anhang	131
6.1 Primärenergiebedarf je m^2 (BGF)	132
6.2 Primärenergiebedarf je AP	148
6.3 Klassifizierung nach Ö-Norm EN 15251 [OEN07]	156
6.3.1 Anteil der Stunden eines Jahres in Prozent Gewichtung nach m^2 (NGF)	156
6.3.2 Anteil der Stunden eines Jahres in Prozent Gewichtung nach AP	165
7 Abbildungsverzeichnis	167
8 Tabellenverzeichnis	173
9 Literaturverzeichnis	175

1 Einleitung

Bürogebäude sind stark beeinflusst von den operativen Funktionen, die sie erfüllen müssen. Durch den starken Wandel der Bürostrukturen und dem Bestreben alle Prozesse zu optimieren ist die bauliche Flexibilität immer wichtiger geworden. Um schnell auf Änderungen zu reagieren und aus Kostengründen werden die Büros meistens im Leichtbau verwirklicht. Ganzglasfassaden findet man auch häufig bei Verwaltungsgebäuden, sei es aus repräsentativen oder architektonischen Gründen. Die Frage ist aber, ob diese Art von Gebäuden im Vergleich zu einer massiven Bauweise mit kleinen Fenstern auch primärenergetisch Vorteile haben können.

Der Zweck dieser Arbeit ist zu eruieren, welche Modulation von Bauweise, Fassade und Orientierung mit welcher Bürotypologie das Optimum für den gesamten Primärenergiebedarf, wie auch bei der thermischen Behaglichkeit nach Ö-Norm EN ISO 7730 [OEN06a] bzw. Ö-Norm EN 15152 [OEN07] darstellt. Untersucht wurden nicht nur die Auswirkungen aller Einflussfaktoren auf den Primärenergiebedarf wie auch auf die thermische Behaglichkeit, sondern auch ihre Interaktion mit dem Primärenergiebedarf.

Des Weiteren wurde analysiert, ob es Bürotypologien gibt, bei denen durch eine bestimmte Bauweise, Fassade und Orientierung die Konditionierung über eine Lüftungsanlage ausreicht und kein herkömmliches Heizungssystem wie z.B. Radiatoren gebraucht wird.

Um dies zu bewerkstelligen wurden vier Regelgeschosse je Bürotypologien bzw. Grundmodelle anhand einschlägiger Normen und Vorschriften gestaltet und mit den Bürotypologien typischen Geräten und Beleuchtungen ausgestattet. Mit der Unterscheidung zwischen zwei verschiedenen Bauweisen, fünf verschiedenen Fenstergrößen, zwei unterschiedlichen Orientierungen, einem innen und außenliegenden Sonnenschutz und 4 verschiedenen Verglasungen ergaben sich insgesamt 640 Variationen. Diese wurden mit Hilfe der Software BuildOpt_VIE simuliert und die Ergebnisse bezogen auf den Primärenergiebedarf, HWB und der thermischen Behaglichkeit nach Ö-Norm EN ISO 7730 [OEN06a] und Ö-Norm EN 15251 [OEN07] untersucht.

2 Grundlagen

2.1 Rahmenbedingungen für Arbeiten in einem Büro

Hier werden Verordnungen bzw. Normen zusammengefasst, die Ansprüche an den Arbeitsplatz (AP) bzw. an ein Büro-Gebäude stellen, damit diese Räumlichkeiten als Büro genutzt werden dürfen bzw. können. Es wurden die Anforderungen an die baulichen Strukturen zusammengefasst, die sich einerseits auf die Flächen zum Arbeiten beziehen und andererseits auch die Randbedingungen wie Fenstergrößen, Fassaden usw. beeinflussen. Darunter fallen Bestimmungen über die Mindestgröße des AP, die klimatischen-Bedingungen am AP wie auch die Bestimmungen zur Beleuchtung. Vernachlässigt wurden die Anforderungen an die Arbeitsmittel wie auch die ergonomischen Bestimmungen von Arbeitsplätzen, die nicht die baulichen Maßnahmen beeinflussen.

2.1.1 AstVO, Arbeitsstättenverordnung [AST09]

Hier werden die grundlegenden Anforderungen an Arbeitsplätze gestellt. So werden für Gebäude mit Büro-Nutzung folgende Mindestmaße gefordert:

- **Verkehrswege** sollen min **1,0 m** breit sein, sofern sie nicht als Fluchtwege genutzt werden. Wenn der Gang auch als Fluchtweg benutzt wird, dann ist die Breite abhängig von der Anzahl der Personen. Durchgänge zwischen Möbeln dürfen auch 0,6 m breit sein.
- Bei Arbeiten mit geringer körperlicher Belastung und keinen erschwerten Bedingungen müssen folgende **lichte Raumhöhen** (durchschnittlich) eingehalten werden:
 - **2,8 m** bei einer Bodenfläche von 100 m²-500 m²
 - **2,5 m** bei einer Bodenfläche bis 100 m²
- Die **Bodenfläche** muss mindestens **8 m²** für einen Arbeitnehmer (AN) betragen. Für jeden weiteren AN muss mindestens **plus 5 m²** Fläche zur Verfügung gestellt werden. Für ein 3-Personen-Büro würden $8 \text{ m}^2 + (2 \cdot 5 \text{ m}^2) = 18 \text{ m}^2$ reichen.
- Pro AN muss direkt oder, wenn es nicht anders geht, nahe am AP eine **2 m² freie Bodenfläche** zu Verfügung stehen.
- Der Arbeitsraum muss ein **Volumen von min. 12 m³** bei Arbeiten mit geringer körperlicher Belastung vorweisen. Dies ist ein Nettovolumen und nicht durch Einbauten zu verringern. Wenn die Nutzung auch den Aufenthalt von anderen Personen wie Kunden beinhaltet, muss zusätzlich für jede anwesende andere Person je 10 m³ freier Luftraum vorhanden sein.
- Die Räume müssen **Lichteintrittsflächen**, also Netto-Glasflächen (ohne Rahmen und Sprossen), vorweisen, die **min. 10% der Bodenfläche** des Raumes betragen und direkt ins Freie führen [bma09] .
- Die **Sichtverbindung zum Freien** sollte **5% der Bodenfläche** des Raumes betragen.

- Bei der künstlichen Beleuchtung wird eine **Allgemeinbeleuchtung** (AB) mit einem Mindestwert von **100 Lux** für die Beleuchtungsstärke vorgeschrieben. Die AB soll möglichst gleichmäßig und farbneutral sein. Für die Arbeitsplätze gibt es keine konkreten Angaben zu Beleuchtungsstärke, außer dass sie der jeweiligen Sehaufgabe zu entsprechen hat.
- Die natürliche Be- und Entlüftung betreffend, wird folgendes festgelegt:

Lüftungsquerschnitt von min 2% der Bodenfläche

- Bei einer Raumtiefe von mehr als 10 m: Querlüftung ermöglichen.
- Bei nicht Erreichen der erforderlichen Querschnitte oder aufgrund von äußeren Einflüssen, die die Raumqualität negativ beeinflussen würden, muss eine mechanische Be- und Entlüftung eingerichtet werden.
- Bei ausschließlicher **mechanischer Be- und Entlüftung** muss bei einer Arbeit mit geringer körperlicher Belastung dem Raum min. **35 m³ Außenluftvolumen pro Person und Stunde** zugeführt werden.
- Es ist dafür zu sorgen, dass in Räumen bei Arbeiten mit **geringer körperlicher Belastung** die Lufttemperatur zwischen **19 und 25 °C**, betragen soll.
- Die Luftgeschwindigkeit an ortsgebundenen Arbeitsplätzen soll über eine Mittelungsdauer von **200 Sekunden nicht 0,10 m/s** bei Bürotätigkeiten überschritten werden.
- Bei Vorhandensein einer Klimaanlage muss die **relative Luftfeuchtigkeit zwischen 40% und 70%** liegen. Zusätzlich muss im Raum ein Raumthermometer und ein Hygrometer vorhanden sein.

Definition **Klimaanlage** nach „Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik“ [Sch07] :

Eine raumlufttechnische Anlage (RLT-Anlage) wird als Klimaanlage bezeichnet, wenn sie alle vier thermodynamischen Behandlungsfunktionen wie Heizen, Kühlen, Befeuchten und Entfeuchten besitzt. Teilklimaanlagen haben zwei bis drei Funktionen und reine Lüftungsanlagen besitzen keine bis eine Funktion.

2.1.2 BGI 650 Bildschirm- und Büroarbeitsplätze [VBG07]

Leitfaden für die Gestaltung der Arbeit an Bildschirm- und Büroarbeitsplätzen. Diese berufsgenossenschaftliche Information (BGI) ist eine Zusammenstellung von Inhalten aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften wie z.B. die Bildschirmarbeitsverordnung [BSV98], Unfallverhütungsvorschriften, technischen Spezifikationen bzw. Normen und Erfahrungen der berufsgenössischen Präventionsarbeit.

Arbeitsfläche:

Die Mindestgröße der Arbeitsfläche für einen AP mit einem Bildschirmgerät und, bei dem nur wenig Schriftgut verwendet wird, beträgt 0,96 m². Da eine Mindestdiefe von 80 cm vorausgesetzt wird, würde diese Fläche einem Schreibtisch mit den Maßen 120 cm x 80 cm entsprechen. Für einen normalen AP wird eine Arbeitsfläche von 160 cm x 80 cm bzw. 1,28 m² als ausreichend angesehen (Abb. 1). Bei kombinierten Arbeitsflächen muss die gesamte Arbeitsfläche min. 1,28 m² groß sein.

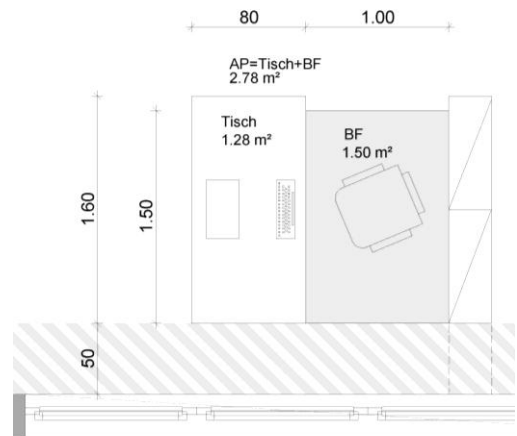


Abb. 1 min Abmessung der Arbeitsfläche/BF

Platzbedarf:

Jeder AP soll eine freie unverstellbare Bewegungsfläche (BF) mit min. 1,5m² und min. 1 m Tiefe aufweisen.

Die Zugänge zum AP können eine Breite von 60 cm und die Wege zur Überwachung und Bedienung 50 cm haben.

Die Breite der Verkehrswege innerhalb der Büroräume ist abhängig von der Anzahl der Benutzer (Abb. 2). Hier wird im Gegensatz zur AstVO [AST09] ein Verkehrsweg unter 1 m Breite für Büros mit bis zu 20 AP als ausreichend angesehen.

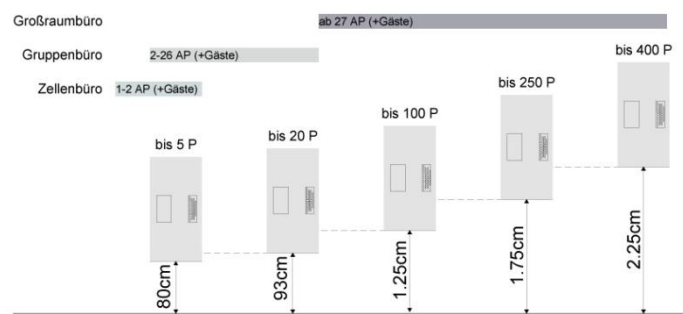


Abb. 2 Breite der Verkehrswege nach Personen nach [VBG07]

Die Fläche je AP inklusive der üblichen Möblierung und anteiliger Verkehrsfläche

soll im Mittel nicht weniger als 8m²-10m² betragen (im Großraumbüro: 12 m²-15 m²).

Aus Gründen der Funktionalität benennt der Leitfaden Büros mit min 400 m² Nutzfläche als Großraumbüros, was nach der vorherigen Definition 27-34 AP entsprechen würde.

Beleuchtung

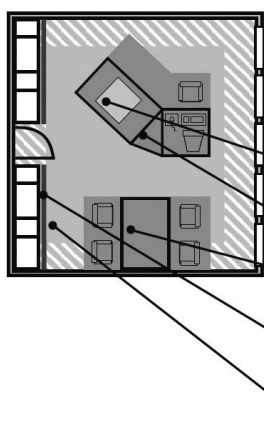
Es wird gefordert, dass der AP ausreichend mit Tageslicht versorgt werden muss und die Fenster so anzuordnen sind, dass eine ungehinderte und unverfälschte Sichtverbindung nach außen möglich ist.

Die Beleuchtung des AP wird, abhängig von der Bezugsfläche, in drei verschiedenen Arten eingeteilt:

1. die raumbezogene,
2. die arbeitsbereichsbezogene und
3. die teilflächenbezogene Beleuchtungseinteilung.

Der Unterschied zwischen den Einteilungen ist die differentielle Betrachtung der Gegebenheiten im Büro. So ist die raumbezogene Einteilung die allgemeinste Definition, da hier für den gesamten Raumbereich abzüglich eines 50 cm breiten Randstreifens eine mittlere horizontale Beleuchtungsstärke definiert wird. Bei der arbeitsbereichsbezogenen Aufteilung wird zwischen dem Arbeitsbereich, der die Arbeitsfläche und die projizierte Benutzerfläche in 0,75 m Höhe umfasst, und dem Umgebungsbereich unterschieden. Die genaueste Betrachtung ist die teilflächenbezogene, weil dabei genauer auf die verschiedenen Tätigkeiten und Sehaufgaben eingegangen wird.

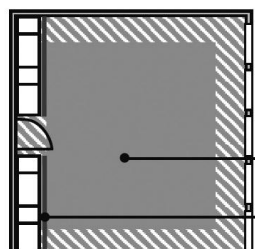
3. teilflächenbezogene Einteilung



Arbeitsbereich/ Umgebungsbereich	Mittlere horizontale Beleuchtungsstärke	
	\bar{E}_h [lx]	g_1
Teilfläche mindestens 600 mm x 600 mm	750	0,70
Bildschirm- und Büroarbeit inklusive Teilfläche	500	$\bar{E}_{min} \geq 300$ lx
Besprechung	500	0,60
Lesetätigkeit an Schränk- und Regalflächen	-	-
Umgebungs- bereich	300	0,50

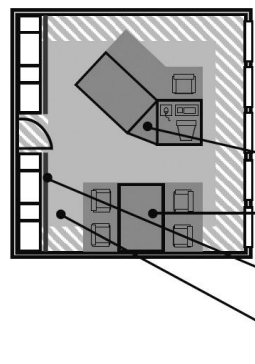
\bar{E}_h : mittlere horizontale Beleuchtungsstärke in lx
 g_1 : Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke

1. raumbezogenen Einteilung



Arbeitsbereich/ Umgebungsbereich	Mittlere horizontale Beleuchtungsstärke	
	\bar{E}_h [lx]	g_1
Raum	500	0,60
Lesetätigkeit an Schränk- und Regalflächen	-	-

2. arbeitsbereichbezogene Einteilung



Arbeitsbereich/ Umgebungsbereich	Mittlere horizontale Beleuchtungsstärke	
	\bar{E}_h [lx]	g_1
Bildschirm- und Büroarbeit	500	0,60
Besprechung	500	0,60
Lesetätigkeit an Schränk- und Regalflächen	-	-
Umgebungs- bereich	300	0,50

Abb. 3 Wartungswerte der mittleren Beleuchtungsstärke im Zusammenhang mit der Bezugsfläche [VBG07]

Wartungswert

Angegeben werden die Anforderungen in Form eines Wartungswertes der Beleuchtungsstärke in Lux (lx).

Der Wartungswert beschreibt den Mittelwert der Beleuchtungsstärke auf der Fläche, der nicht unterschritten werden darf. Deshalb muss man bei der Planung von einem höheren Beleuchtungsstärkenwert (Planungswert) ausgehen. Dazu wird bei Fehlen von Daten für die spezifische Planung ein Wartungsfaktor bzw. ein Planungsfaktor angegeben.

Tab. 1 empfohlene Wartungs- und Planungsfaktoren für ein 3-jähriges Wartungsintervall [VBG07]

Anwendungsbeispiel	Wartungsfaktor w	Planungsfaktor p
Saubere Raumatmosphäre	0,67	1,50*
Starke Verschmutzung, z.B. durch Rauchen	0,50	2,00
Berechnungsbeispiele für den Planungswert der mittleren Beleuchtungsstärke		
<p>w - Wartungsfaktor p - Planungsfaktor \bar{E}_w - Wartungswert der mittleren Beleuchtungsstärke \bar{E}_p - Planungswert der mittleren Beleuchtungsstärke</p> <p>$\bar{E}_p = p \times \bar{E}_w$; $p = 1 / w$ Bei einem Wartungswert der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke von z.B. $\bar{E}_w = 500$ lx ergibt sich für eine saubere Raumatmosphäre ein Planungswert der mittleren horizontalen Beleuchtungsstärke von 750 lx.</p> <p>* angenähert</p>		

Raumklima

Die Vorschläge sind sehr allgemein gehalten und werden hier nur zur Vervollständigung und zum Vergleich der Angaben mit der Arbeitsstättenverordnung [AST09] aufgeführt.

Die Lufttemperatur soll zwischen 20 und 26 °C liegen und die relative Luftfeuchte soll bei einer raumluftechnischen Anlage mit Luftbefeuchter nicht über 50% steigen.

2.1.3 DIN V 18599-10 Ausgabe 2007-02-22 [DIN07]

In dieser Norm ist die Büronutzung in drei verschiedene Kategorien unterteilt: Einzelbüro, Gruppenbüro (2-6 Arbeitsplätze) und Großraumbüro (ab sieben Arbeitsplätze)

Beleuchtung

- **Wartungswert** der Beleuchtungsstärke : $E_m = 500$ lx
- Der Wert bezieht sich auf eine Benutzungshöhe von 0,80 m

Klima / Raumtemperatur

- Raumsolltemperatur im **Heizfall**: $\vartheta_{i,h,soll} = 21 \text{ °C}$
- Raumsolltemperatur im **Kühlfall**: $\vartheta_{i,c,soll} = 24 \text{ °C}$
- **Minimaltemperatur** Auslegung Heizung: $\vartheta_{i,h,min} = 20 \text{ °C}$
- **Maximaltemperatur** Auslegung Kühlung : $\vartheta_{i,c,max} = 26 \text{ °C}$

Klima / Belüftung

- **Mindestaußenluftvolumenstrom** abhängig von der Büronutzung:
 - Einzelbüro/Gruppenbüro: **40** m³ / h x Person bzw. **4** m³/(h x m²)
 - Großraumbüro: **60** m³ / h x Person bzw. **6** m³/(h x m²)
- Bei mechanischen Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel ist eine Spanne von Werten angegeben, die aus der Praxis kommen (für Einzel-/Gruppen-/Großraumbüro):
 - **Luftwechselrate** (allg.): 2-3 [1/h]
 - **Luftwechselrate** (volle Kühlfunktion über Zuluft): 4-8 [1/h]

Maximale Personenbelegung

Hier wird auch unter den 3 verschiedenen Büronutzungen (Einzel-/Gruppen-/Großraumbüro) unterschieden:

<i>m² je Person</i>	Belegungsdichte		
	gering	mittel	hoch
• Einzelbüro	18	14	10
• Gruppenbüro	18	14	10
• Großraumbüro	12	10	8

Anhand dieser Norm wurden die Anzahl der AP je Büro ausgesucht.

2.2 Belichtung /Beleuchtung

2.2.1 Definition

- belichten: „mit Licht versehen, Licht auf etwas fallen lassen“ [Bib11]
- Belichtung: „In der Architektur versteht man unter Belichtung die Ausleuchtung eines Raumes mit Tageslicht.“ [Wik11] .
- beleuchten: „a: Licht auf jemanden, etwas werfen, anleuchten;“ [Bib11]
 „b: mit Licht versehen (um es hell, sichtbar zu machen)“ [Bib11]
- Beleuchtung: „Die Ausleuchtung mit Kunstlicht dagegen wird als Beleuchtung bezeichnet.“ [Wik11]

2.2.2 Tageslicht

Wie in den Normen, Verordnungen und Richtlinien beschrieben, gibt es Vorgaben über die Mindestgröße der Fenster bzw. Außensichtverbindungen und über die Mindestbeleuchtungsstärken zum Arbeiten in einem Büro. Das bedeutet, dass beim Gestalten der Fassade der ergonomische und funktionelle Aspekt eine wesentliche Rolle spielt. Um den Wärmeeintrag und den Energieverbrauch über die Beleuchtung zu senken, muss eine optimale Möglichkeit gefunden werden das Tageslicht zu nutzen, ohne den Raum im Sommer durch erhöhte solare Gewinne zu belasten. Das Ziel ist also eine hohe Tageslichtautonomie, d.h. ein möglichst hoher Anteil von Nutzungsstunden mit den erforderlichen 500 lx auf den Nutzflächen, die zum Arbeiten am Arbeitsplatz benötigt werden, mit Tageslicht zu erreichen und gleichzeitig die Kühllast und die Energie für die Beleuchtung zu minimieren.

Der Infrarotanteil der einfallenden Sonnenstrahlung verursacht eine Wärmebelastung des Raumes, weswegen ein selektiver Sonnenschutz, der die bevorzugte Transmission im sichtbaren Bereich der Solarstrahlung durchlässt, favorisiert werden sollte.

Die Atmosphäre weist aber bereits selektive Eigenschaften auf, was dazu führt, dass bei klarem Himmel diffuse Himmelstrahlung im Verhältnis zur eingestrahnten Leistung eine höhere Lichtausbeute als direkte Sonnenstrahlen hat.

Diffuse Himmelstrahlung, also Strahlung, die es auch bei einem bedeckten Himmel gibt, bietet besondere Vorteile wegen ihres „ hohen photometrischen Strahlungsäquivalentes und der damit verbundenen reduzierten Wärmebelastung sowie deren geringeren Wärmebelastung“ [Heu01] .

Zur Ermittlung des Anteils der natürlichen Belichtung an der erforderlichen Belichtung für den AP wird auf eine Korrelation zwischen den relevanten Raumparametern und Fassadenparametern zurückgegriffen. Als Basis dient der Tageslichtquotient:

$$D = \frac{E_{\text{Innen}}}{E_{\text{Außen}}} = \frac{\text{Beleuchtungsstärke Innen}}{\text{Beleuchtungsstärke Außen (unverbauter, bedeckter Himmel)}} \times 100$$

Form. 1 Tageslichtquotient D in %; Beleuchtungsstärken E in lx [DIN11]

Der Tageslichtquotient D stellt den prozentualen Anteil der inneren Beleuchtungsstärke zu der Beleuchtungsstärke des unverbauten bedeckten Himmels dar. Bei seiner Berechnung und Simulationen wird die Beleuchtungsstärke bei bedecktem Himmel herangezogen, der nach z.B. CIE 110-1994 [CIE94] definiert ist. Des Weiteren sind die Größe und Lage der Rohbauöffnung, die Verbauung und die inneren Oberflächen des Raumes weitere Einflussfaktoren, die den Rohbau-Tageslichtquotienten bestimmen. Die Versprossung, die Verschmutzung, der nicht senkrechte Lichteinfall, die Dauer mit aktivem Sonnenschutz und die Art der Verglasung selbst sind die Parameter, die den endgültigen Anteil des Tageslichtes an der benötigten Nutzbelichtung sowie den Tageslichtquotienten bestimmen, der zu Berechnung der benötigten Energie für das Kunstlicht verwendet wird, das als Ergänzung herangezogen werden muss, wenn das Tageslicht nicht ausreicht. Da von einem bedeckten Himmel ausgegangen wird, ist der Tageslichtfaktor orientierungsunabhängig. Der Einfluss der Orientierung wird deswegen durch die Fassadeneigenschaften erfasst.

Der Tageslichtquotient bzw. Tageslichtquotient für den Rohbau, der zur Bestimmung der relativen Nutzbelichtung verwendet wird, kann nach den Normen auf 3 unterschiedliche Weisen berechnet werden.

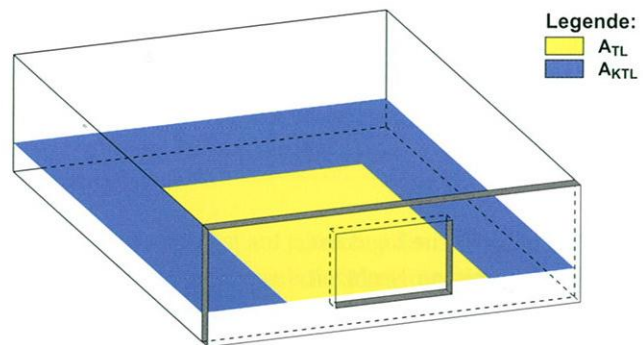


Abb. 4 Darstellung des tageslichtversorgten Bereichs A_{TL} und dem Bereich ohne Tageslicht A_{KTL} nach [deB06]

1. Ein Tageslichtquotient, der einen Mittelwert über den tageslichtversorgten Bereich darstellt, kann anhand der DIN V 18599-4 [DIN07b] und der Ö-Norm EN 15193 [OEN08] berechnet werden.

Tab. 2 Tageslichtversorgung als Funktion des Tageslichtquotienten D und des Rohbau Tageslichtquotienten D_c (Klassifizierung) [OEN08]

Klassifizierung		Tageslichtversorgung (Zugriff des Bereichs auf Tageslicht)
D_c	D	D_c
$D_c \geq 6 \%$	$D \geq 3 \%$	$D_c \geq 6 \%$ gut
$6 \% > D_c \geq 4 \%$	$3 \% > D \geq 2 \%$	$6 \% > D_c \geq 4 \%$ mittel
$4 \% > D_c \geq 2 \%$	$2 \% > D \geq 1 \%$	$4 \% > D_c \geq 2 \%$ wenig
$D_c < 2 \%$	$I < D \%$	keine

2. Mit Hilfe von Winkelintegralen wird in DIN 5034-3 [DIN07c] der Tageslichtfaktor punktuell in der halben Raumtiefe berechnet. Die Bezugspunkte liegen also auf einer Linie in halber Raumtiefe, auf dem Niveau der Nutzfläche, die durch einen Linienzug mit 1m Abstand von den Wänden begrenzt ist. Wie auch in der Norm DIN V 18599-4 [DIN07b] ist in der

Berechnung die Höhe der Nutzfläche berücksichtigt, die hier 0,85 m über der Oberkante des fertigen Fußbodens (FFBOK) beträgt. Des Weiteren wird die Berechnung durch die Koppelung an bestimmte geometrische Faktoren aus DIN 5034-1 [DIN11] stark begrenzt. So sollten folgende Abmessungen für Arbeitsräume „nicht wesentlich überschritten werden“ [DIN11] , damit man den Tageslichtfaktor mit der Norm [DIN07c] berechnen kann.

Tab. 3 maximale Geometrie aus [DIN11] für die Berechnung nach [DIN07c]

-Raumhöhe	≤	3,5 m
-Raumtiefe	≤	6 m
-Raumfläche	≤	50 m ²

3. Zusätzlich gibt es auf dem Markt verschiedene Software-Pakete, die es ermöglichen, die Belichtungsverhältnisse in Räumen zu simulieren, um die optimale Variante für die künstliche Beleuchtung und die gegebene natürliche Beleuchtung zu finden. Um dies zu können, wurde die flächendeckende Berechnung der Tageslichtversorgung, die mit Hilfe der Radiance –Technik möglich ist, integriert. In dieser Arbeit wurde mit der Software DIALux [DIA10] gearbeitet.

2.2.3 Abminderungen der Fassade auf die Tageslichtnutzung

Der Tageslichtquotient für den Rohbau stellt die Tageslichtnutzung dar, wenn kein Fenster in der Fassade eingebaut ist.

Der Einfluss der Fenster wie auch der Verschattung durch bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen wird durch Abminderungen berücksichtigt.

Die Faktoren für die Abminderungen sind die Materialeigenschaften der Verglasung, der Lichttransmissionsgrad τ_{D65} (τ_V nach DIN EN 410 [DIN11a] , und veraltet in Österreich: τ_e), die Beschaffenheit des Fensters mit dem Minderungsfaktor k_1 für Rahmenkonstruktion und Versprossung dem Minderungsfaktor k_2 für die Verschmutzung und die Abminderung k_3 durch den nicht senkrechten Lichteinfall.

Der endgültige Tageslichtquotient **D** ergibt sich dann durch folgende Formel:

$$D = D_C \times \tau_{D65} \times k_1 \times k_2 \times k_3$$

Form. 2 Berechnung des Tageslichtquotienten D für nicht aktivierten Sonnenschutz nach [OEN08]

mit:

D Tageslichtquotient in%

D_C Rohbau Tageslichtquotient in%

τ_{D65} Lichttransmissionsgrad der Verglasung für senkrechten Lichteinfall (siehe Kapitel 2.2.3.1)

k_1 Minderungsfaktor für Rahmen und Versprossung (siehe Kapitel 2.2.3.2)

k_2 Minderungsfaktor für Verschmutzung (siehe Kapitel 2.2.3.3)

k_3 Minderungsfaktor für nicht senkrechten Lichteinfall (siehe Kapitel 2.2.3.4)

2.2.3.1 Verglasung/Lichttransmission

Der Lichttransmissionsgrad τ_{D65} der Verglasung sagt aus, wie viel der sichtbaren Strahlung quasiparallel senkrecht durch das Glas hindurch tritt. Unter sichtbarer Strahlung werden dabei Wellenlängen von 380 nm - 780 nm verstanden. Umso höher der τ_{D65} -Wert ist, desto mehr Licht, also sichtbare Strahlung, kann in den Innenraum eindringen.

Faktoren wie Glasdicken, Glasreflektion und Glasbeschichtungen können diesen Wert verringern, aber auch erhöhen.

Tab. 4 Anhaltswerte für die Lichttransmissionsgrade τ_{D65} lichtdurchlässiger Bauteile [OEN08]

Type	U	g _⊥	τ _e	τ _{D65}
Einfachverglasung	5,8	0,87	0,85	0,90
Zweifachverglasung	2,9	0,78	0,73	0,82
Dreifachverglasung	2,0	0,70	0,63	0,75
Wärmeschutzverglasung (Low-e-Beschichtung), zweifach	1,7	0,72	0,60	0,74
Wärmeschutzverglasung (Low-e-Beschichtung), zweifach	1,4	0,67	0,58	0,78
Wärmeschutzverglasung (Low-e-Beschichtung), zweifach	1,2	0,65	0,54	0,78
Wärmeschutzverglasung (Low-e-Beschichtung), dreifach	0,8	0,50	0,39	0,69
Wärmeschutzverglasung (Low-e-Beschichtung), dreifach	0,6	0,50	0,39	0,69
Sonnenschutzverglasung, zweifach	1,3	0,48	0,44	0,59
Sonnenschutzverglasung, zweifach	1,2	0,37	0,34	0,67
Sonnenschutzverglasung, zweifach	1,2	0,25	0,21	0,40

U...Wärmedurchgangskoeffizient in W/m²K; g...Gesamtenergiedurchlassgrad; τ_e...Strahlungstransmissionsgrad; τ_{D65}...Lichttransmissionsgrad;

Tab. 5 Transmissionsgrade der Verglasung bei aktivierten Sonnenschutz [DIN07b]

Verglasungstyp	Kennwerte, ohne Sonnen- und/oder Blendschutzvorrichtung				Außenliegende Sonnen- und/oder Blendschutzvorrichtung						Innenliegende Sonnen- und/oder Blendschutzvorrichtung						
					Außen-jalousie ^{a,c} (geschlossen)		Außen-jalousie ^{a,c} (45°-Stellung)		vertikale Markise ^d		Innen-jalousie ^{a,e} (geschlossen)		Innen-jalousie ^{a,e} (45°-Stellung)		Textile Rollo ^d		Folie ^f
	weiß	dunkel-grau	weiß	dunkel-grau	weiß ^b	grau	weiß	hell-grau	weiß	hell-grau	weiß	grau	weiß	grau	transparent ^a		
	U	g _⊥	τ _e	τ _{D65}	τ _{eff,Sa}	τ _{eff,Sa}	τ _{eff,Sa}	τ _{eff,Sa}	τ _{eff,Sa}	τ _{eff,Sa}	τ _{eff,Sa}	τ _{eff,Sa}	τ _{eff,Sa}	τ _{eff,Sa}	τ _{eff,Sa}	τ _{eff,Sa}	
Einfachverglasung	5,8	0,87	0,85	0,90	0,04	0,01	0,20	0,04	0,15	0,07	0,04	0,02	0,20	0,09	0,09	0,26	0,03
Zweifachverglasung	2,9	0,78	0,73	0,82	0,04	0,0	0,19	0,04	0,14	0,07	0,04	0,02	0,19	0,09	0,08	0,24	0,03
Dreifachverglasung	2,0	0,70	0,63	0,75	0,04	0,0	0,18	0,03	0,14	0,06	0,04	0,01	0,18	0,08	0,08	0,23	0,02
Wärmeschutzverglasung zweifach	1,7	0,72	0,60	0,74	0,04	0,0	0,18	0,03	0,13	0,06	0,04	0,01	0,18	0,08	0,08	0,22	0,02
Wärmeschutzverglasung zweifach	1,4	0,67	0,58	0,78	0,04	0,0	0,19	0,04	0,14	0,06	0,04	0,02	0,19	0,08	0,08	0,23	0,02
Wärmeschutzverglasung zweifach	1,2	0,65	0,54	0,78	0,04	0,0	0,19	0,04	0,14	0,06	0,04	0,02	0,19	0,08	0,08	0,23	0,01
Wärmeschutzverglasung dreifach	0,8	0,50	0,39	0,69	0,04	0,0	0,17	0,03	0,13	0,06	0,04	0,01	0,17	0,07	0,08	0,21	0,01
Wärmeschutzverglasung dreifach	0,6	0,50	0,39	0,69	0,04	0,0	0,17	0,03	0,13	0,06	0,04	0,01	0,17	0,07	0,08	0,21	0,01
Sonnenschutzverglasung zweifach	1,3	0,48	0,44	0,59	0,04	0,0	0,16	0,03	0,12	0,05	0,04	0,01	0,16	0,07	0,08	0,19	0,01
Sonnenschutzverglasung zweifach	1,2	0,37	0,34	0,67	0,04	0,0	0,17	0,03	0,13	0,06	0,04	0,01	0,17	0,07	0,08	0,21	0,01
Sonnenschutzverglasung zweifach	1,2	0,25	0,21	0,40	0,03	0,0	0,11	0,02	0,08	0,03	0,03	0,01	0,11	0,05	0,05	0,13	0,01

U...Wärmedurchgangskoeffizient in W/m²K; g...Gesamtenergiedurchlassgrad; τ_e...Strahlungstransmissionsgrad; τ_{D65}...Lichttransmissionsgrad; τ_{eff,SA}...Lichttransmissionsgrad bei aktivierten Sonnenschutz

In der DIN V 18599-4 [DIN07b] werden auch Transmissionsgrade angegeben für aktivierten Sonnenschutz τ_{eff,SA}.

2.2.3.2 Rahmen und Versprossung k_1

Der Minderungsfaktor k_1 für Rahmen und Sprossenwerk ist das Verhältnis der lichtdurchlässigen Fläche zur Rohbaufläche. Hier werden alle konstruktiven Beeinträchtigungen in der Ebene des Fensters berücksichtigt. Üblicherweise wird hier 0,7 angenommen [OEN08].

$$k_1 = \frac{\text{Fläche der Konstruktionsteile}}{\text{Fläche der Rohbauöffnungen}} = \frac{\text{lichtdurchlässige Fläche}}{\text{Fläche der Rohbaufläche}}$$

Form. 3 Minderungsfaktor k_1 [OEN08]

2.2.3.3 Verschmutzung k_2

Für die Verschmutzung gibt es Anhaltswerte abhängig vom Maß der Verschmutzung. Für selbstreinigende Gläser kann k_2 auch bei 1 liegen [OEN08].

Tab. 6 Anhaltswerte für den Minderungsfaktor k_2 für die Verschmutzung [OEN08]

Verschmutzung auf der		k_2
Außenfläche	Innenfläche	
gering	gering	0,9
	mittel	0,8
	stark	0,7
mittel	gering	0,8
	mittel	0,75
	stark	0,7
stark	gering	0,7
	mittel	0,6
	stark	0,5

2.2.3.4 Nicht senkrechter Lichteinfall k_3

Nach [Fis75] genügt für die übliche Doppelverglasung die pauschale Annahme $k_3=0,85$. So benennt auch [DIN07b] und [OEN08] diese Annahme im Allgemeinen als ausreichend.

2.2.4 Nutzenergie für Beleuchtung (Kunstlicht)

Die DIN V 18599-4 [DIN07b] gibt 3 Arten für die Berechnung der elektrischen Anschlussleistung für das Kunstlicht bzw. die elektrische Bewertungsleistung an:

- das Tabellenverfahren,
- das Vereinfachtes Wirkungsgradverfahren und
- die Detaillierte Fachplanung

Um die Nutzenergie für das Kunstlicht in dieser Arbeit zu bestimmen, wurde das Tabellenverfahren verwendet.

Anhand der Informationen über die Nutzung, der Geometrie des Raumes und einer Annahme der Lampenart kann man mit dieser Berechnung eine überschlägige Information über die elektrische Bewertungsleistung bekommen. Genauere Informationen wie z.B. über Leuchtentypen, die man bei den anderen Verfahren braucht, werden nicht benötigt. Die dadurch entstehende Ungenauigkeit wird in Kauf genommen, da die Qualität der Ergebnisse für die Arbeit ausreicht.

Das Tabellenverfahren verwendet folgende Formel um die installierte elektrische Bewertungsleistung zu berechnen:

$$p_j = p_{j,lx} \times \bar{E}_m \times k_A \times k_L \times k_R \text{ [W/m}^2\text{]}$$

Form. 4 elektrische Bewertungsleistung p_j nach [DIN07b]

mit:

p_j elektrische Bewertungsleistung in W/m²

$p_{j,lx}$ spezifische elektrische Bewertungsleistung nach Tab. 7 in W/m²·lx

Tab. 7 Rechenwerte für die spezifische elektrische Bewertungsleistung $p_{j,lx}$ nach der Beleuchtungsart [DIN07b]

Beleuchtungsart	Spezifische elektrische Bewertungsleistung $p_{j,lx}$ W/(m ² · lx)
direkt	0,05
direkt/indirekt	0,06
indirekt	0,10

\bar{E}_m Wartungswert der Beleuchtungsstärke in lx

k_A Minderungsfaktor zur Berücksichtigung des Bereichs der Sehaufgabe nach Form. 5

$$k_A = b_f + (1 - b_f) \times \frac{\bar{E}_U}{\bar{E}_m}$$

Form. 5 Minderungsfaktor k_A nach [DIN07b]

mit:

b_f Anteil des Sehaufgabenbereichs A_s an der gesamten (Netto-) Fläche des Raumes A

$$b_f = \frac{A_s}{A} \quad A = A_s + A_u$$

Form. 6 Anteil b_f des Sehaufgabenbereichs an der ges. Fläche des Raumes

A gesamte Nettofläche des Raumes in m

A_u Umgebungsfläche siehe Abb. 5 in m

A_s Fläche der Sehaufgabe siehe Abb. 5 in m

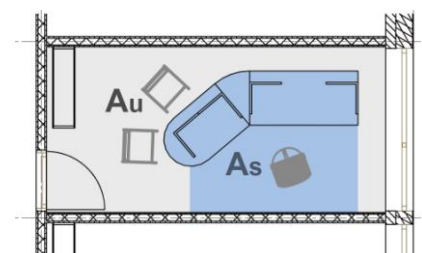


Abb. 5 Darstellung der Bereiche für die Sehaufgabe A_s und die Umgebungsfläche A_u

\ddot{E}_m Wertungswert der Beleuchtungsstärke für den Bereich der Sehaufgabe in lx

\ddot{E}_U Wertungswert der Beleuchtungsstärke für den unmittelbaren Umgebungsbereich um den Bereich der Sehaufgabe in lx

k_L Anpassungsfaktor Lampe für nicht stabförmige Leuchtstofflampen nach Tab. 8

Tab. 8 Werte für den Faktor k_L sortiert nach der Lampenart [DIN07b]

Lampenart	Faktor k_L			
	Vorschaltgerät			
	–	EVG ^a	VVG ^b	KVG ^c
Glühlampen	6	–	–	–
Halogenglühlampen	5	–	–	–
Leuchtstofflampen stabförmig	–	1,0	1,14	1,24
Leuchtstofflampen kompakt, externes Vorschaltgerät	–	1,2	1,4	1,5
Leuchtstofflampen kompakt, integriertes Vorschaltgerät	–	1,6	–	–
Metallhalogendampf-Hochdruck	–	0,86	–	1
Natriumdampf-Hochdruck	–	–	–	0,8
Quecksilberdampf-Hochdruck	–	–	–	1,7

^a EVG: Elektronische Vorschaltgeräte.
^b VVG: Verlustarme Vorschaltgeräte.
^c KVG: Vorschaltgeräte konventioneller Bauart.

k_R Anpassungsfaktor Raum, abhängig vom Raumindex k nach Tab. 9

Tab. 9 Anpassungsfaktor k_R zur Berücksichtigung des Einflusses der Raumauslegung in Abhängigkeit des Raumindex k [DIN07b]

Beleuchtungsart	Anpassungsfaktor k_R											
	Raumindex k											
	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5
direkt	1,08	0,97	0,89	0,82	0,77	0,68	0,63	0,58	0,55	0,53	0,51	0,48
direkt/indirekt	1,3	1,17	1,06	0,97	0,90	0,79	0,72	0,64	0,58	0,56	0,53	0,53
indirekt	1,46	1,25	1,08	0,95	0,85	0,69	0,60	0,52	0,47	0,44	0,42	0,39

ANMERKUNG Zwischenwerte für den Raumindex können interpoliert werden.

$$k = \frac{a_R \times b_R}{h'_R \times (b_R + a_R)}$$

mit

k Raumindex

a_R Raumtiefe in m

b_R Raumbreite in m

h'_R Differenz aus der Höhe der Leuchtebene (**h_{pe}**) und Nutzebene (**h_{ne}**) in m

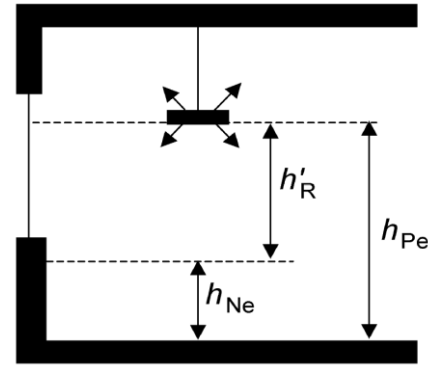


Abb. 6 schematische Darstellung zur Bestimmung der Höhe h'_R [DIN07b]

2.3 Behaglichkeit

Die Wertung der thermischen Behaglichkeit des Menschen wird in der Ö-Norm EN ISO 7730 [OEN06a] aufgeteilt in die globale und die lokale thermische Behaglichkeit. Die globale Bewertung ergibt „sich aus der Gesamtwärmebilanz des Körpers“ [Bed11], während die lokale Bewertung sich auf das Abkühlen oder Erwärmen einzelner Körperteile und die daraus entstehende Befindlichkeit bezieht. In dieser Arbeit wird nur auf die globale thermische Behaglichkeit eingegangen.

2.3.1 Globale thermische Behaglichkeit PMV / PPD

Die globale thermische Behaglichkeit wird mittels PMV (predicted mean vote) und PPD (predicted percentage of dissatisfied persons) dargestellt.

Der PMV ist ein Index, der angibt, wie im Durchschnitt eine größere Menge an Personen das Raumklima bewerten würde. Dabei geht die 7-stufige Beurteilungsskala von -3 für „kalt“ über 0 für „neutral“ bis +3 für heiß.

Der PMV wird angewendet, um zu prüfen, „ob ein gegebenes Umgebungsklima den Behaglichkeitskriterien entspricht“ [OEN06a], die in den Kategorien der Ö-Norm EN 13779 [OEN05], der Ö-Norm EN 15251 [OEN07] und der Ö-Norm EN ISO 7730 [OEN06a] definiert sind.

Die Ö-Norm EN ISO 7730 [OEN06a] stellt eine Formel zu Verfügung, die es ermöglicht mit einem empirischen Faktor, der mit der Wärmeproduktion abzüglich aller sechs Verluste multipliziert wird, einen Wert für den PMV-Index zu bekommen. Die sechs Verluste setzen sich zusammen aus der Wasserdampfdiffusion durch die Haut, der Verdunstung von Schweiß, dem latenten und fühlbaren Wärmeverlust durch Atmung, dem Strahlungswärmeverlust sowie dem Wärmeverlust durch Konvektion.

$$PMV = [0,303 \times e^{(-0,036 \times M)} + 0,028] \times \left\{ \begin{array}{ll} (M - W) & -0,42[(M - W) - 58,15] \\ -(3,05 \times 10^{-3}[5733 - 6,99(M - W) - p_a] & -0,00014M(34 - t_a) \\ -1,7 \times 10^{-5}M(5867 - p_a) & \\ -3,96 \times 10^{-8}f_{cl}[(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] & -f_c \times h_c(t_{cl} - t_a) \end{array} \right\}$$

Form. 7 Gleichung zum Berechnen des PMV-Indexes [OEN06a]

mit:

- M** der Energieumsatz in W/m² (innerhalb 46-232 W/m²)
- W** wirksame mechanische Leistung in W/m²
- f_{cl}** Bekleidungsflächenfaktor (abhängig von der Bekleidungsisoliation)
- t_a** Lufttemperatur in °C (innerhalb 10 -30 °C)
- t_r** mittlere Strahlungstemperatur in °C (innerhalb 10 -40 °C)
- p_a** Wasserdampfpartialdruck in Pa (innerhalb 0-2700 Pa)

- h_c konvektiver Wärmeübergangskoeffizient in w/m^2K (iterative Bestimmung)
- t_{cl} Oberflächentemperatur der Bekleidung in $^{\circ}C$ (iterative Bestimmung)

2.3.2 Klassifizierung nach Ö-Norm EN 15251 [OEN07]

Für maschinell geheizte und gekühlte Gebäude gibt die Ö-Norm EN 15251 [OEN07] empfohlene Kategorien für die Auslegung an.

Tab. 10 Beschreibung der Anwendbarkeit der verwendeten Kategorien [OEN07]

Kategorie	Beschreibung
I	hohes Maß an Erwartungen; empfohlen für Räume, in denen sich sehr empfindliche und anfällige Personen mit besonderen Bedürfnissen aufhalten, z. B. Personen mit Behinderungen, kranke Personen, sehr kleine Kinder und ältere Personen
II	normales Maß an Erwartungen; empfohlen für neue und renovierte Gebäude
III	annehmbares, moderates Maß an Erwartungen; kann bei bestehenden Gebäuden angewendet werden
IV	Werte außerhalb der oben genannten Kategorien. Diese Kategorie sollte nur für einen begrenzten Teil des Jahres angewendet werden
ANMERKUNG Auch in anderen Normen wie z. B. EN 13779 und EN ISO 7730 wird eine Einteilung in Kategorien vorgenommen; diese können jedoch unterschiedlich benannt sein (A, B, C oder 1, 2, 3 usw.)	

Es werden Bereiche für den PMV-Index empfohlen, die die Kategorien einhalten können (siehe Tab. 11)

Tab. 11 Beispiele empfohlener Kategorien für die Auslegung maschinell geheizter und gekühlter Gebäude [OEN07]

Kategorie	Thermischer Zustand des Körpers insgesamt	
	PPD %	Vorausgesagtes mittleres Votum (PMV)
I	< 6	-0,2 < PMV < +0,2
II	< 10	-0,5 < PMV < +0,5
III	< 15	-0,7 < PMV < +0,7
IV	> 15	PMV < -0,7 oder +0,7 < PMV

Mit Hilfe des PMV sind dadurch alle sechs thermischen Parameter wie „Bekleidung, Aktivität, Lufttemperatur und mittlere Strahlungstemperatur, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchte“ [OEN07] berücksichtigt.

Bei der Auslegung eines Gebäudes in den Kategorien nach der Ö-Norm EN 15251 [OEN07] sollten die Abweichungen nicht höher als 3% bzw. 5% betragen.

2.4 SEER

Die energetische Bewertung der Kühlleistung erfolgt über folgende Formel aus der DIN V 18599-7 [DIN07a]

$$EER \times PLV_{av} = SEER = \frac{Q_{C,outg,a}}{Q_{C,f,elektr}}$$

Form. 8 energetische Bewertung von Kaltdampf-Kompressionskältemaschinen nach[DIN07a]

mit:

- EER** Nennkälteleistungszahl siehe Tab. 12 und Tab. 13
- PLV_{av}** mittlere Teillastfaktor in kWh/kWh
- SEER** Jahreskälteleistungszahl in kWh/kWh
- Q_{C,outg,a}** gesamte Erzeugernutzkälteabgabe jährlich in kWh
- Q_{C,f,elektr}** Endenergiebedarf Kompressionskältemaschine (elektrisch) in kWh

Zum Vergleich der Varianten wurden die Werte **Q_{C,f,elektr}** und **Q_{C,outg,a}** auf die Bruttogrundfläche (BGF) in m² bezogen. Die Verdichterart ist unbekannt, weswegen für den Teillastfaktor **PLV_{av} = 1** verwendet wurde, da kein Wert aus der Tabelle A2 [DIN07a] zugewiesen werden konnte. Für **EER = 4 kWh/kWh** (siehe Tab. 12 und Tab. 13) ergibt sich für **SEER = EER x 1 = 4 kWh/kWh**. Die Verluste durch Pumpenstrom und Verteilung werden in dieser Arbeit vernachlässigt und es ergibt sich für den Endenergiebedarf der Kompressionskältemaschine folgende Formel:

$$Q_{C,f,elektr} = \frac{Q_{C,outg,a}}{1 \times EER} = \frac{Q_{C,outg,a}}{SEER} = \frac{Q_{C,outg,a}}{4} \text{ in kWh/m}^2(\text{BGF})$$

Form. 9 verwendete Formel um den Endenergiebedarf zum Kühlen zu berechnen

Tab. 12 Arten der Teillastregelung für wassergekühlte Kompressionskältemaschinen im Kennwertverfahren [DIN07a]

Kompressionskältemaschine als Wasserkühlmaschine wassergekühlt, Art der Teillastregelung	
PLV _{av}	Beschreibung
1	Kolben-/Scrollverdichter mit Zweipunktregelung taktend (EIN/AUS-Betrieb)
2	Kolben-/Scrollverdichter mehrstufig schaltbar (mindestens vier Schaltstufen als Verdichterverbund)
2	Kolbenverdichter durch Zylinderabschaltung
3	Kolben-/Scrollverdichter mit Heißgasbypassregelung
3	Schraubenverdichter mit Steuerschieberregelung
4	Turboverdichter mit Einlassdrosselregelung

Tab. 13 Standardwert Nennkälteleistungszahl *EER* für wassergekühlte Kompressionskältemaschinen

Kältemittel	Kühlwasser- ein-/austritts- temperatur in °C	Kaltwasser- austritts- temperatur in °C	Mittlere Verdampfungs- temperatur in °C	Standardwert Nennkälteleistungszahl <i>EER</i>		
				üblicher Leistungsbereich		
				Kolben- und Scrollverdichter 10 kW bis 1 500 kW	Schrauben- verdichter 200 kW bis 2 000 kW	Turbo- verdichter 500 kW bis 8 000 kW
R134a	27/33	6	0	4.0	4.5	5.2
		14	8	4.6	5.3	5.9
	40/45	6	0	3.1	2.9	4.1
		14	8	3.7	3.7	4.8
R407C	27/33	6	0	3.8	4.2	-
		14	8	4.4	4.9	-
	40/45	6	0	3.0	2.7	-
		14	8	3.6	3.3	-
R410A	27/33	6	0	3.6	-	-
		14	8	4.2	-	-
	40/45	6	0	2.8	-	-
		14	8	3.3	-	-
R717	27/33	6	0	-	4.6	-
		14	8	-	5.4	-
	40/45	6	0	-	3.1	-
		14	8	-	3.7	-
R22	27/33	6	0	4.1	4.6	5.1
		14	8	4.8	5.4	5.7
	40/45	6	0	3.2	3.0	4.1
		14	8	3.8	3.6	4.7

2.5 Primärenergiefaktoren/ Konversionsfaktoren

Für die Abbildung der Primärenergie wurden die aktuellen Konversionsfaktoren der OIB-Richtlinie 6 [OIB11] verwendet. Für die Bereitstellung der Heizenergie wurde ein Biomasse-Heizkessel und zur Deckung des Kühlbedarfs eine wassergekühlte Kompressionskältemaschine (siehe Kapitel 2.4 SEER) angenommen. Die Kältemaschine wie die Beleuchtung und die Geräte benötigen als Energieträger den elektrischen Strom.

Tab. 14 Primärenergiefaktoren

Energieträger	f_{PE} [-]	$f_{PE,n.ern}$ [-]	$f_{PE,ern.}$ [-]
Biomasse	1.08	0.06	1.02
Strom (Österreich-Mix)	2.62	2.15	0.47

Der Primärenergiebedarf (PEB) wurde einerseits auf die BGF bezogen, andererseits auch auf den AP bezogen, um die unterschiedlichen Bürotypologien besser vergleichen zu können.

2.5.1 Primärenergiebedarf bezogen auf m²(BGF)

$$PEB = Q_{PEB} \times \frac{1}{m^2(BGF)}$$

Form. 10 Primärenergiebedarf PEB pro Jahr bezogen auf m²(BGF)

mit:

$$Q_{PEB} = (Q_{KEB} + Q_{EntfEB} + Q_{BelEB} + Q_{GeEB}) \times f_{PE,el} + (Q_{HEB} + Q_{BefEB}) \times f_{PE,RH}$$

Form. 11 Jahreswert des Primärenergiebedarfs Q_{PEB}

Q_{PEB} Jahreswert für den gesamten Primärenergiebedarf in kWh/a

Q_{KEB} ges. jährlicher Kühlenergiebedarf ohne die Energie für die Entfeuchtung in kWh/a

$$Q_{KEB} = (Q_{KEB,anl} + Q_{KEB,zus})$$

Form. 12 Zusammensetzung des Jahreswertes für den ges. Kühlenergiebedarf

$Q_{KEB,anl}$ Jährlicher Kühlenergiebedarf der Lüftungsanlage in kWh/a

$Q_{KEB,zus}$ zusätzlicher jährlicher Kühlenergiebedarf in kWh/a

Q_{EntfEB} ges. jährlicher Entfeuchtungsenergiebedarf in kWh/a

Q_{BelEB} ges. jährlicher Beleuchtungsenergiebedarf in kWh/a

Q_{GeEB} ges. jährlicher Geräteenergiebedarf in kWh/a

$f_{PE,el}$ Konversionsfaktor für Strom = 2.62

Q_{HEB} ges. jährlicher Heizenergiebedarf ohne die Energie für die Befeuchtung in kWh/a

$$Q_{HEB} = (Q_{HEB,anl} + Q_{HEB,zus})$$

Form. 13 Zusammensetzung des Jahreswertes für den ges. Kühlenergiebedarf

$Q_{HEB,anl}$ jährlicher Heizenergiebedarf der Lüftungsanlage

$Q_{HEB,zus}$ zusätzlicher jährlicher Heizenergiebedarf

Q_{BefEB} ges. jährlicher Befeuchtungsenergiebedarf in kWh/a

$f_{PE,RH}$ Konversionsfaktor für ein Heizsystem mit Biomasse = 1.08

2.5.2 Primärenergiebedarf bezogen auf AP

$$PEB_{AP} = Q_{PEB} \times \frac{1}{n}$$

Form. 14 Primärenergiebedarf PEB pro Jahr bezogen auf AP

Q_{PEB} Jahreswert für den gesamten Primärenergiebedarf (siehe Form. 11)

n Anzahl der Arbeitsplätze

2.6 BuildOpt_VIE

Die zur Simulation verwendete Software BuildOpt_VIE [Bed11] ist ein hygrothermisches Gebäudesimulationsprogramm, entwickelt am Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz des Institutes für Hochbau und Technologie an der TU Wien.

Um eine Simulation zu starten, müssen verschiedene Parameter mittels Eingabefiles von BuildOpt_VIE eingelesen werden. Die Parameter umfassen unter anderem folgende Informationen:

- Eine Zonendefinition mit Daten wie Geometrie, Größe, Ausrichtung, Geometrie der Umgebung etc.
- Eine Materialdatenbank mit den Eigenschaften der einzelnen Materialien wie Dichte, Wärmeleitfähigkeit, volumenbezogener Wassergehalt etc.
- Eine Auflistung von Aufbauten, in der die Schichten, die Schichtreihenfolge und die Schichtdicken definiert sind.
- Eine Definition der Fenstereigenschaften, die Informationen über den Rahmen wie auch der Verglasung beinhalten, wie U_W -Wert, U_F -Wert, g-Wert etc.
- Informationen über den Sonnenschutz, ab welcher Innentemperatur und/ oder ab welchem Strahlungseintrag (Strahlungsschwellenwert) er aktiviert wird. Bei außenseitigem Sonnenschutz wird zusätzlich die Information über die maximale Windgeschwindigkeit zum Betreiben von der Wettervorhersage berücksichtigt.
- Die Nutzung beinhaltet unter anderem Informationen über die inneren Lasten und inneren Feuchtequellen bei Anwesenheit der Personen.
- Eine Definition des Luftwechsels durch Infiltration (n_{50} -Wert), der natürlichen Fensterlüftung und maschineller Be- und Entlüftungsanlagen.
- Informationen über die Tageslichtversorgung je AP
- Informationen über das künstliche Licht und wann es eingeschalten wird
- Eine Definition des gewünschten Innenklimas
- Das Außenklima, dessen Wetterdaten als Stundenmittelwerte eingelesen werden. Der maximale Stundenmittelwert der folgenden 24h wird mit dem Faktor 1.3 multipliziert und als Wettervorhersage verwendet, die dann das Öffnen der Fenster und den Sonnenschutz beeinflusst.

In dieser Arbeit wurde unter anderem versucht, ein Büro nur mit einer energieoptimierten Lüftungsanlage zu konditionieren, weswegen die Lüftungsanlage als primäres Heiz- und Kühlsystem verwendet wurde. Erst wenn die Anlage das gewünschte Innenklima nicht erreicht, wird es von einem zweiten System unterstützt.

Für die geometrischen Zonen-Definitionen verwendet BuildOpt_VIE [Bed11] ein dreidimensionales Koordinatensystem. Anhand von Achsen und Flächen, die durch die eingegebenen Koordinaten bestimmt sind, werden die einzelnen Zonen begrenzt. Die Aufbauten der Grenzen werden je nach Lage unterschiedlich generiert. Bei Grenzen zwischen den Zonen (Innenraum) werden die Bauteile mittig auf den Achsen generiert. Bei Außengrenzen wird der Bauteilaufbau zum Zoneninneren aufgebaut.

Unabhängig von den Bauteilen bzw. Aufbauten berechnet BuildOpt_VIE [Bed11] anhand der Koordinaten je Zone die Nettobodenfläche ($A_{\text{Netto}} = 0.8 \times A_{\text{Brutto}}$) und die Nettovolumina ($V_{\text{Netto}} = 0.75 \times V_{\text{Brutto}}$).

In den nachfolgenden Kapiteln werden die einzelnen Definitionen der Parameter, die zum Simulieren mit BuildOpt_VIE [Bed11] verwendet wurden, genauer beschrieben.

3 Simulationsaufbau

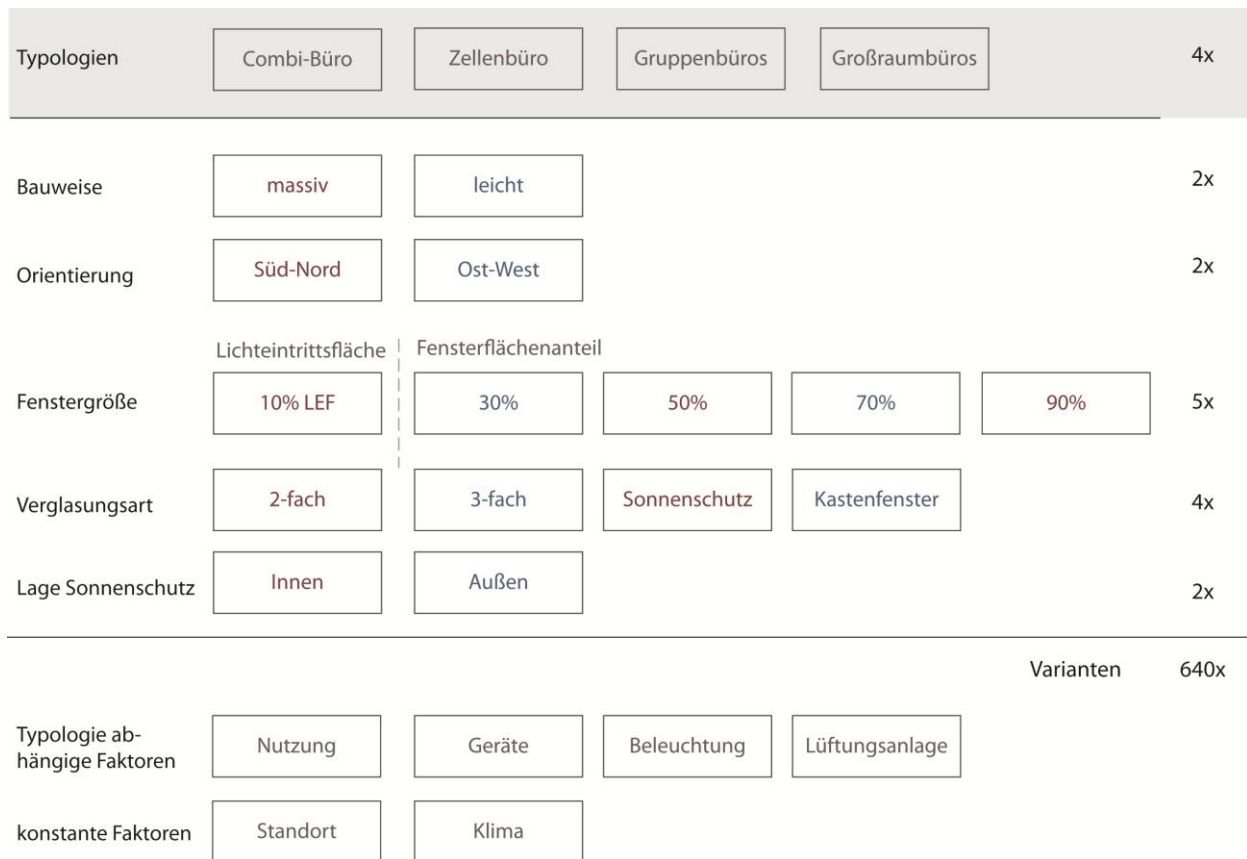


Abb. 7 Übersicht des Simulationsaufbaus

Bei den Simulationen wurde von 4 verschiedenen Bürotypologien jeweils ein Ausschnitt aus einem Regelgeschoss untersucht:

- die Zellenbüro-Struktur mit Einzel-, Doppelbüros und Erschließung bzw. Gang
- die Gruppenbüros, die auch über eine zentrale Erschließung bzw. Gang erschlossen werden
- Großraumbüros mit einer zweiseitigen und dreiseitigen Außenfassade
- das Kombibüro, das aus 2 funktionalen Bereichen besteht: Zellenbüros, die der Mindestanforderung aus [AST09] entsprechen und aneinandergereiht am Rand bzw. an der Außenwand liegen, und ein breiter mittlerer multifunktionaler Bereich, der auch die Erschließung übernimmt.

An den Modellgrenzen, also über-, unterhalb und seitlich des simulierten Modells wurden adiabatische Randbedingungen festgelegt.

3.1 Bürotypologien

3.1.1 Übersicht der Typologien

Tab. 15 Übersicht der Typologien und Anzahl der AP je Büro im Vergleich mit Arbeitsstättenverordnung [AST09] und der DIN V18599-10 [DIN07] (Bel.dichte= Belegungsdichte)

Zellenbüro							
Zonen	Nutzung	Form	NGF [m ²]	Anzahl AP			
				nach AstV AP	nach DIN V18599-10 Bel.dichte(AStV) bewertet		Nutzung
1,3-5,7-9 11,13-15,17-19	Büro	Zelle	11.44	1	hoch	1	Einzelbüro
2,6,12,16 10	Büro Gang	Zelle Verkehrsfläche	22.88 45.76	3 -	zuhoch -	2 -	Gruppenbüro Erschließung
Durchschnitt			m ² /AP	12.04	14.30		

Combibüro							
Zonen	Nutzung	Form	NGF [m ²]	Anzahl AP			
				nach AstV AP	nach DIN V 18599-10 Bel.dichte(AStV) bewertet		Nutzung
1-9,11-19 10	Büro Mittelzone	Zelle Aufenthalt/Büro/ Verkehrsfläche	8.32 131.04	1 14	zuhoch nicht ständig vollbesetzt: zeitweise Multifunktionaler Bereich mit Erschließung	1	Einzelbüro Gruppenarbeit
Durchschnitt			m ² /AP	8.78			

Gruppenbüros							
Zonen	Nutzung	Form	NGF [m ²]	Anzahl AP			
				nach AstV AP	nach DIN V 18599-10 Bel.dichte(AStV) bewertet		Nutzung
1,2,5,6 3,7 4	Büro Büro Gang	Gruppenbüro Gruppenbüro Verkehrsfläche	40.56 67.60 45.76	7 12 -	zuhoch zuhoch -	4 8 -	Gruppenbüro Großraumbüro Erschließung
Durchschnitt			m ² /AP	6.60	10.73		

Großraumbüro							
Zonen	Nutzung	Form	NGF [m ²]	Anzahl AP			
				nach AstV AP	nach DIN V 18599-10 Bel.dichte(AStV) bewertet		Nutzung
1,2	Büro	Großraumbüro	156.00	30	zuhoch	20	Großraumbüro
Durchschnitt			m ² /AP	5.44	8.46		

Je nach Vorschrift werden Büros in unterschiedliche Kategorien eingeordnet. Bei dem Modell Gruppenbüro sieht man, dass nach der DIN V 18599-10 [DIN07] ein Büro mit 8 Personen schon ein Großraumbüro ist. In der Literatur wie z.B. in [STA05] redet man von einem Gruppenbüro bei 8-25 AP. Aus diesem Grund ist das Büro mit 8 AP beim Modell „Gruppenbüro“. Für die Simulation wurde die Kategorie „hoch“ der DIN V 18599-10 [DIN07] für die Anzahl der AP in den jeweiligen Büros gewählt, da sie am praktikabelsten erscheint.

3.1.2 Fassadenraster/Gebäuderaster

Zur Bestimmung der Grundrisse wurde als Grundmodul ein Fassadenraster von 1,30 m gewählt. Das Fassadenraster bestimmt bei allen Bürotypologien das Aussehen der Fassade.

Auf Grund dieses Rasters ergibt sich das Gebäuderaster, dessen Achsen, parallel zum Fassadenraster, einen Abstand von 2.60 m aufweisen. Dieser Achsenabstand ermöglicht eine lichte Innenbreite für z.B. ein Zellenbüro mit einer 0.10 m breiten Trennwand von ca. 2.50 m.

Wegen den unterschiedlichen Ansprüchen der Bürotypologien haben alle Grundrisse verschiedene Gebäudetiefen.

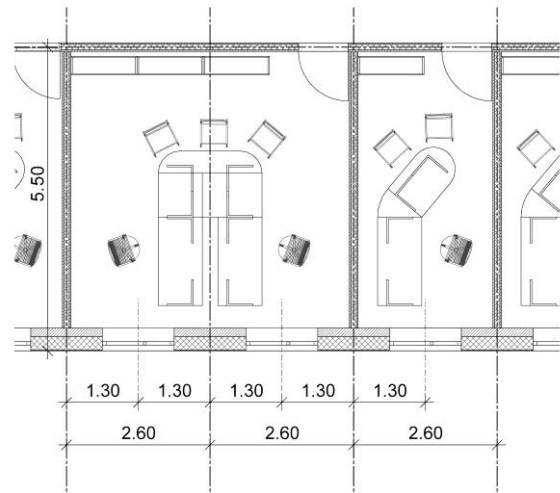


Abb. 8 Darstellung des gewählten Fassaden- und Gebäuderasters anhand des Beispiels „Zellenbüro“.

3.1.3 Zellenbüro

3.1.3.1 Allgemeine Beschreibung

- Wird dominiert von der Wahl des Fassadenrasters und der Raumtiefe
- Ist eine Aneinanderreihung von Einzel- und Mehrpersonen-Büros entlang einer Außenwand, mit einer gemeinsamen Erschließung (Flur). Typologisch sind Ein-/Zwei-/Dreibund Systeme.
- Begünstigt konzentrierte Tätigkeiten und individuelles bzw. autarkes Arbeiten. Die hohe störungsfreie Privatheit steht der mangelnden Kommunikation gegenüber.
- Individuelle Steuerung der Belichtung und Belüftung, die fast zu 100% natürlich sein könnten.
- Da der Flur ausschließlich als Verkehrsfläche genutzt wird und relativ viele Zwischenwände benötigt werden, besteht ein hoher Flächenverbrauch.

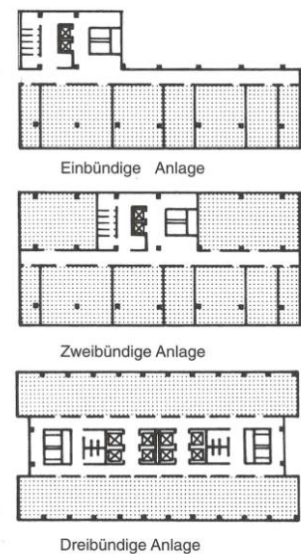


Abb. 9 systematische Skizzen für Ein-/Zwei/Dreibund Systeme frei nach [Neu09]

allgemeiner Steckbrief [STA05] :

Flächenbedarf je AP nach [DIN07]	10-18	m ²
durchschnittl. Flächenbedarf je AP nach [STA05]	10-14	m ²
Raumtiefen	4.5-7.2	m
mögl. Fassadenraster	1.20-1.55	m
Gebäudetiefen (bei 2 m Flur)	12-17	m
Lichte Raumhöhe min. nach [Arb08]	2.50	m
Lichte Raumhöhe min. nach [AST09]	2.50	m
Geschosshöhe	2.75-3.00	m
BGF/AP bei Einzelzimmerbelegung	ca. 33	m ² /AP
BGF/AP bei Standardbelegung	ca. 22.5	m ² /AP
Anzahl AP je Raum nach [STA05]	1-2	
Anzahl AP je Raum nach [DIN07]	1-2	

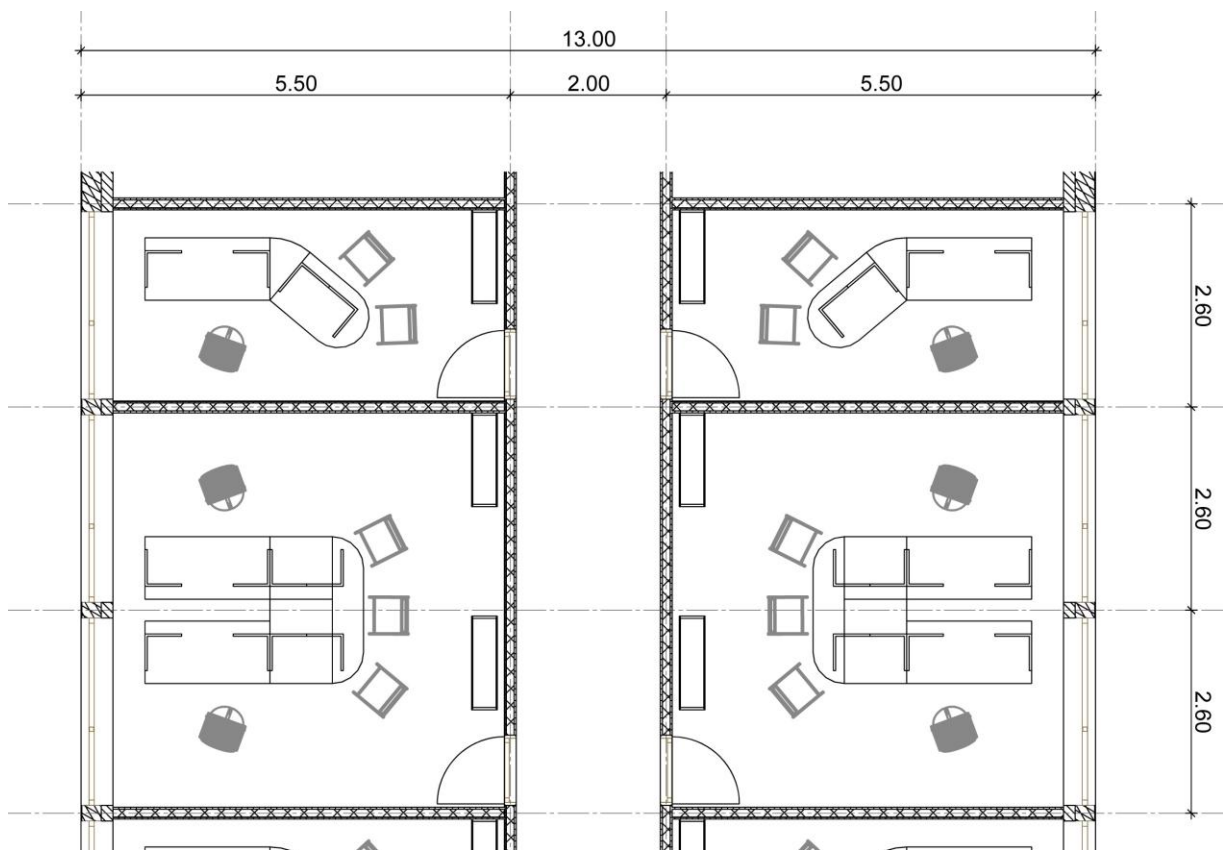


Abb. 10 Ausschnitt Modell „Zellenbüro“ mit Achsen und Abmessungen

3.1.3.2 Gewähltes Modell

Das simulierte Modell ist ein zweibündiges System und besteht aus 18 Bürozonon mit einer mittleren Zone (Zone 10 siehe Abb. 11) als zentrale Erschließung.

Die Bürozonon sind durch den Achsabstand von 2,60 m und 5,50 m begrenzt. 14 Zonen bilden das typische „Zellenbüro“ für einen AP ab. 4 Zonen sind für 2 AP konzipiert und sind doppelt so

groß (doppelter Achsabstand). Die Zellenbüros mit einem AP haben deshalb eine Bruttofläche von $14,30 \text{ m}^2$ und eine Nettofläche von $14,30 \text{ m}^2 \times 0,8 = 11,44 \text{ m}^2$. Die Büros für 2 AP haben eine Bruttofläche von $28,60 \text{ m}^2$ und eine Nettofläche von $22,88 \text{ m}^2$ zu Verfügung. Die Zone 1 wie auch die Zone 11 stellen Eckbüros dar und haben zwei Außenwände mit jeweils einem Fenster. Die 10. Zone, der Gang, die alle Bürozonnen miteinander verbindet und keine Tageslichtversorgung hat, ist ca. 2,0 m breit und 28,20 m lang. Mit einer gesamten Breite von 13 m und Länge von 28.60 m hat der Geschossausschnitt. Insgesamt eine BGF von $371,80 \text{ m}^2$ und eine Nettogrundfläche (NGF) von $297,44 \text{ m}^2$.

Mit 22 AP ergibt sich ein Verhältnis von $\text{m}^2(\text{BGF})$ zu Personen, die im Büro einen AP haben, von $16.90 \text{ m}^2(\text{BGF})/\text{AP}$

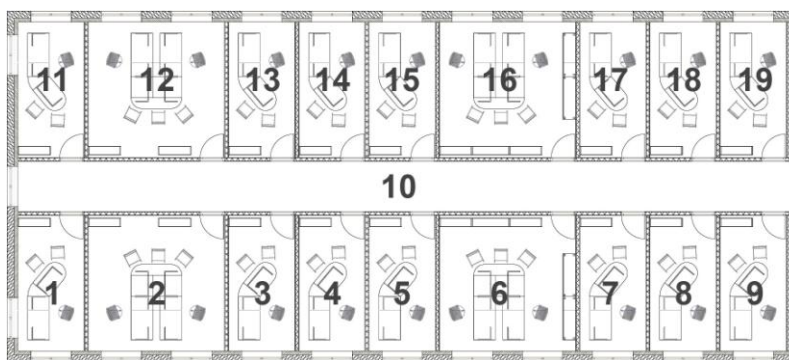


Abb. 11 Zoneneinteilung des Modells „Zellenbüro“

Steckbrief Zellenbüro Modell:

Flächenbedarf je AP im Zellenbüro (Nettofläche)	11.44	m ²
Raumtiefen Büro	ca. 4.80	m
Fassadenraster	1.30	m
Gebäudetiefe	13.00	m
Lichte Raumhöhe	2.80	m
Geschosshöhe	3.26/3.39	m
BGF/AP bei Standardbelegung*	16.90	m ² /AP

* Wert weicht stark von dem Wert des allgemeinen Steckbriefs ab, da hierbei nicht das ganze Gebäude mit der zusätzlichen Infrastruktur bzw. benötigten Fläche berücksichtigt ist.

3.1.4 Kombibüro

3.1.4.1 Allgemeine Beschreibung

Eine Kombination aus reduzierten Einzelarbeitsbereichen mit multifunktionaler Mittelzone (MZ)[STA05]

- Grundrissgestaltung wird von der Wahl des Fassadenrasters und der Raumtiefe dominiert.
- Minimierung der einzelnen Arbeitsplätze möglich, da einige der Funktionen ausgelagert werden. Die mittlere Verkehrsfläche (Flur) wird erweitert und weitgehend zu einer Nutzfläche umgewandelt. In der MZ werden die Gruppenarbeitsplätze, wie auch die technischen Funktionen vereinigt.
- Die Breite der MZ wird durch die Breite der benötigten Flure und der Belichtung über die transparenten Zwischenwände zu den einzelnen AP bestimmt. Durch die Anordnung der MZ in der Mitte des Gebäudes ist die 100% Arbeitsplatz-Belichtung über Tageslicht nicht immer gegeben.
- Damit die MZ mit natürlicher Belichtung versorgt werden kann, muss der transparente Anteil an den festen Einbauten und den Zwischenwänden sehr hoch sein und die Gebäudetiefe max. 17 m betragen.
- Die erhöhte Transparenz schränkt die Privatsphäre wieder etwas ein, aber es bleibt eine mögliche akustische Trennung.
- Die Bürotypologie soll konzentrierte Einzelarbeit und Kommunikation innerhalb einer Teamarbeit ermöglichen.

allgemeiner Steckbrief [STA05] :

min. Flächenbedarf je AP nach [AST09]	8	m ²
durchschnittl. Flächenbedarf je AP nach [STA05]	8-12	m ²
Raumtiefen Büro	3.60-4.50	m
mögl. Fassadenraster	1.20-1.55	m
Gebäudetiefen (bei 2 m Verkehrsfläche + 3 m MZ)	13.50-17.00	m
Lichte Raumhöhe min. [Arb08]	2.75-3.00	m
Lichte Raumhöhe min. [AST09]	(AP)2.50; (MZ)2.80	m
Geschosshöhe	3.25-3.50	m
BGF/AP bei Einzelzimmerbelegung	23-26	m ² /AP
BGF/AP bei Standardbelegung	ca. 20-24	m ² /AP
Anzahl AP je Raum nach [STA05]	1/2-5	

3.1.4.2 gewähltes Modell

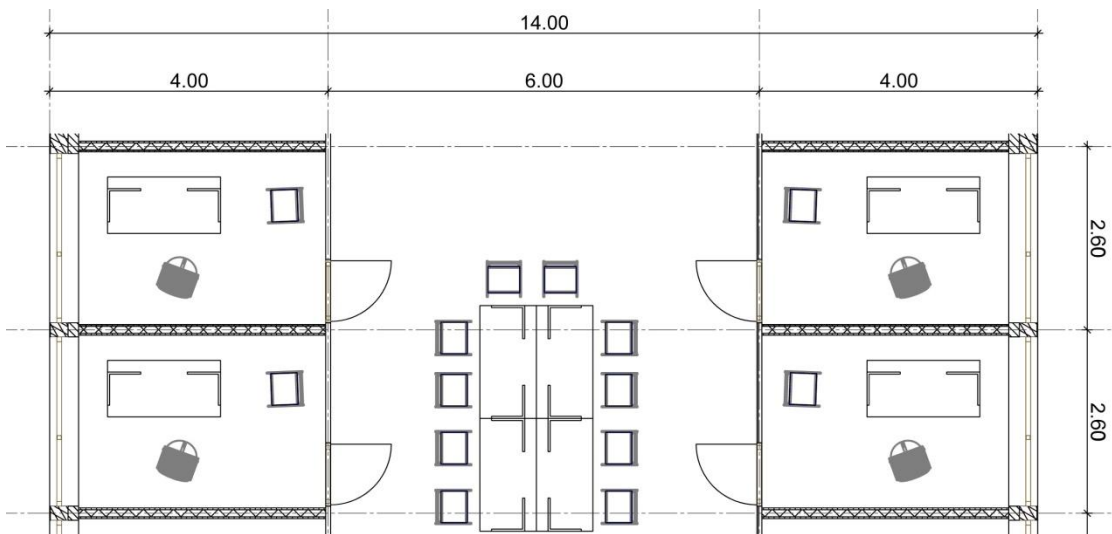


Abb. 12 Ausschnitt Kombibüro mit Abmessungen

Das Modell besteht aus 19 Zonen. Es gibt 18 Kleinst-Zellenbüros, die aneinandergereiht am Rand bzw. an der Außenwand liegen, und eine mittig liegende Zone (Zone 10), die den breiten mittleren multifunktionalen Bereich darstellt. Die einzelnen Zellenbüros sind begrenzt durch die Achsenabstände auf 4,00 m x 2,60 m. Dies ergibt eine Bruttofläche von 10,40 m² und eine Nettofläche von 10,4 m² x 0,8 = 8,32 m², was ca. der Mindestanforderung für einen AP entspricht. Das simulierte Modell hat eine Tiefe von 14,00 m, Insgesamt eine BGF von 327,60 m² und eine NGF von 327,60 m² x 0,8 = 262,08 m². Es sind 14 AP im 6 m breiten multifunktionalen Bereich berücksichtigt. Für den Umgang mit diesen AP gibt es 2 Varianten:

Nutzungs-Variante 1 (V.1):

Die 14 AP im mittleren Bereich werden von Teilzeit Arbeitenden oder externen Arbeitern mit genutzt für Besprechungen. So würden insgesamt alle AP von unterschiedlichen Personen belegt werden. Dies würde ein Verhältnis von m²(BGF) zu arbeitenden Personen (32 AP) 10,2 m²(BGF)/AP ergeben.

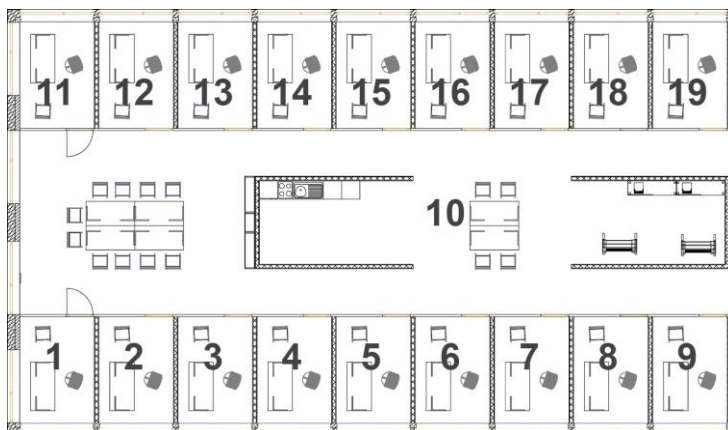


Abb. 13 Kombibüro mit Zonen Einteilung

Nutzungs-Variante 2 (V.2):

Wenn man davon ausgeht, dass die AP im multifunktionalen Bereich nur zu Gruppenarbeiten verwendet werden, sind diese dadurch nur abwechselnd von den 18 anderen Büroarbeitern besetzt. Es würde deshalb insgesamt 32 AP geben, aber nur 18 Personen, die diese

nutzen. Das Verhältnis von $m^2(\text{BGF})$ zu Personen, die im Büro arbeiten, wäre damit $18.20 m^2(\text{BGF})/\text{AP}$.

Steckbrief Kombibüro Modell:

Flächenbedarf je AP im Zellenbüro (Nettofläche)	8.32	m^2
durchschnittl. Flächenbedarf je AP (Nettofläche)	8.78	m^2
Raumtiefen Büro	ca. 3.50	m
Fassadenraster	1.30	m
Gebäudetiefe	14.00	m
Lichte Raumhöhe	2.80	m
Geschosshöhe	3.26/3.39	m
BGF/AP bei Standardbelegung (volle Belegung)* (Var.1)	10.2	m^2/AP
BGF/AP bei Einzelzimmerbelegung*(Var.2)	18.2	m^2/AP

* Wert weicht stark von dem Wert des allgemeinen Steckbriefs ab, da hierbei nicht das ganze Gebäude mit der zusätzlichen Infrastruktur bzw. benötigten Fläche berücksichtigt ist.

3.1.5 Gruppenbüro

3.1.5.1 Allgemeine Beschreibung

- Die Wahl des Fassadenrasters und der Raumtiefe ist nicht dominierend
- Keine stringente Aneinanderreihung nötig. Der Flur kann auch in den Raum integriert werden, weswegen auch ein großzügiges Raumgefühl möglich ist.
- Begünstigt eine Kommunikation unter den Mitarbeitern im Raum und dadurch Förderung des Teamgeistes.
- Geringere Anzahl an Zwischenwänden im Vergleich zu den Zellenbüros
- Keine individuelle Steuerung des Raumklimas und eingeschränkte Steuerung der individuellen Beleuchtung.
- Durch das Fehlen der Trennwände ist keine absolute Privatsphäre und störungsfreie Arbeit möglich.
- Da der Flur ausschließlich als Verkehrsfläche genutzt wird und relativ viele Zwischenwände benötigt werden, besteht ein hoher Flächenverbrauch.

Steckbrief[STA05] :

Flächenbedarf je AP nach [DIN07]	10-18	m ²
durchschnittl. Flächenbedarf je AP nach [STA05]	12-15	m ²
Raumtiefen	5-15	m
mögl. Fassadenraster	irrelevant	
Gebäudetiefen (bei 2 m Flur)	12-24	m
Lichte Raumhöhe min. [Arb08]	3.00	m
Lichte Raumhöhe min. [AST09]	2.50-2.80	m
Geschosshöhe	3.50-4.00	m
BGF/AP bei Einzelzimmerbelegung	-	
BGF/AP bei Standardbelegung	ca. 26-28	m ² /AP
Anzahl AP je Raum nach [STA05]	8-25	
Anzahl AP je Raum nach [DIN07]	2-7	

3.1.5.2 Gewähltes Modell

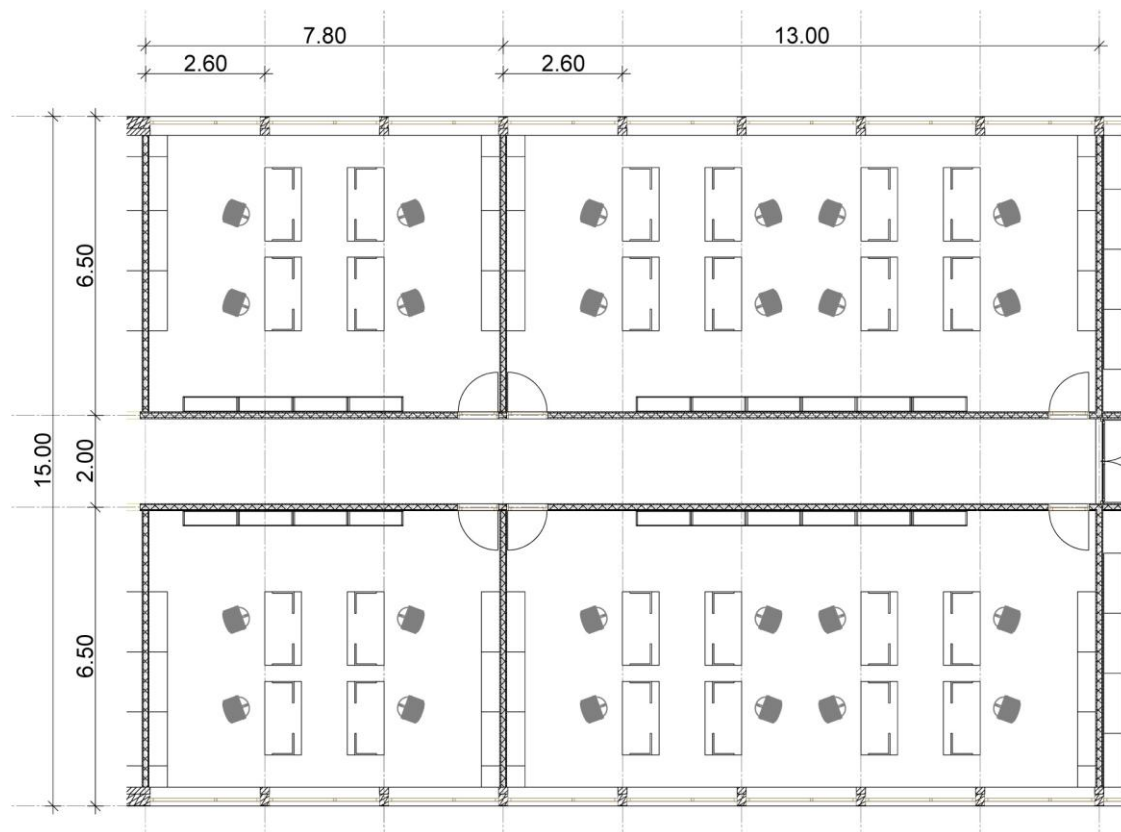


Abb. 14 Ausschnitt Modell „Gruppenbüro“ mit Achsen und Abmessungen

Wie bei der Bürotypologie Zellenbüro wurde auch hier das Fassadenraster mit 1.30 m und dem Gebäuderaster mit 2.60 m übernommen, auch wenn es bei dieser Bürotypologie nicht ausschlaggebend ist. Der Achsenabstand senkrecht zur Fassade beträgt 6.50 m, damit eine Raumtiefe von ca. 6 m möglich ist. Es wurden 2 Größen von Gruppenbüros simuliert. Die

kleineren Gruppenbüros haben eine Bruttofläche von 50.70 m², eine Nettofläche von 50.70 m² x 0.8 = 40.56 m² und sind für 4 AP konzipiert. Die größeren Gruppenbüros sind 2 Achsabstände größer und haben dadurch eine Bruttofläche von 84.50 m², eine Nettofläche von 84.50 m² x 0.8 = 67.60 m² und sind für 8 AP ausgelegt. Beim simulierten Modell gibt es insgesamt 7 Zonen: 4 Zonen, die ein Gruppenbüro für 4 AP darstellen, 2 Zonen, die ein Gruppenbüro für 8 AP darstellen, und eine Zone, die als Erschließung fungiert und 2.0 m breit 28.60 m lang ist. Die Zonen 1 und 5 haben als einzige 2 Außenwände und stellen Eckbüros dar. Die Zone 4, der Erschließungsgang, hat keine Außenwand mit Fenster und kann nicht mit Tageslicht versorgt werden.

Insgesamt ergibt sich eine BGF von 429.00 m² und ein NGF von 429.00 m² x 0.8 = 343.20 m²

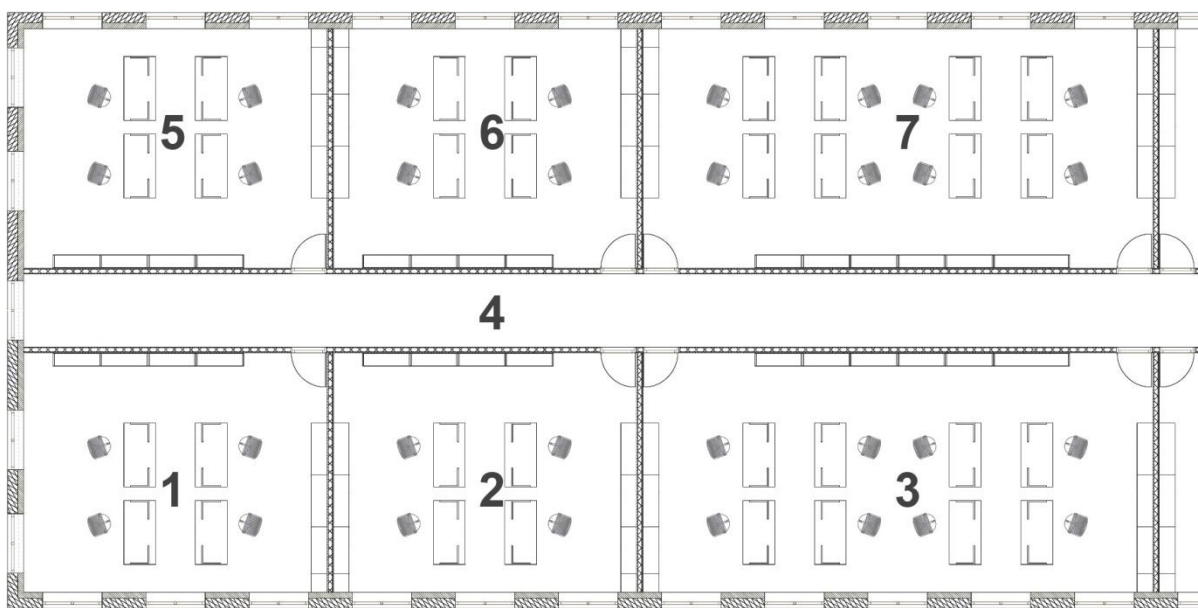


Abb. 15 Zoneneinteilung des Modells „Gruppenbüro“

Steckbrief Gruppenbüro Modell:

Flächenbedarf je AP im Gruppenbüro mit 4 AP (Nettofl.)	10.14	m ²
Flächenbedarf je AP im Gruppenbüro mit 8 AP (Nettofl.)	8.46	m ²
durchschnittl. Flächenbedarf je AP in den Büros (Nettofl.)	9.30	m ²
Raumtiefen Büro	ca. 6.00	m
Fassadenraster	1.30	m
Gebäudetiefe	15.00	m
Lichte Raumhöhe	2.80	m
Geschosshöhe	3.26/3.39	m
BGF/AP bei Standardbelegung*	13.40	m ² /AP
* Wert weicht stark von dem Wert des allgemeinen Steckbriefs ab, da hierbei nicht das ganze Gebäude mit der zusätzlichen Infrastruktur bzw. benötigter Fläche berücksichtigt ist.		

3.1.6 Großraumbüro

3.1.6.1 Allgemeine Beschreibung

- Keine Bindung an das Fassadenraster. Die Raumtiefe ist abhängig von der Nutzung bzw. der Mitverwendung der natürlichen Belichtung.
- Keine stringente Aneinanderreihung nötig. Die baulich getrennten Verkehrsflächen fallen weg und werden durch die Konstellation der Möbel oder Stellwände im Raum abgegrenzt. Dadurch entsteht eine gewisse Übersichtlichkeit und Großzügigkeit.
- Begünstigt die Kommunikation wie auch die Teamarbeit
- Keine individuelle Steuerung des Raumklimas und eingeschränkte individuelle Steuerung der Beleuchtung und Belichtung.
- Durch das Fehlen der Trennwände wird einerseits ein optimales Verhältnis zwischen Fassadenfläche zur BGF erreicht. Andererseits ist keine absolute Privatsphäre und störungsfreie Arbeit möglich. So können akustische, visuelle und olfaktorische Beeinträchtigungen entstehen.

allgemeiner Steckbrief [STA05] :

Flächenbedarf je AP nach [DIN07]	8-12	m ²
Durchschnittl. Flächenbedarf je AP nach [STA05]	12-15	m ²
Raumtiefen	20-30	m
mögl. Fassadenraster	irrelevant	
Gebäudetiefen (bei 2 m Flur)	20-40	m
Lichte Raumhöhe min. [Arb08]	3.00	m
Lichte Raumhöhe min. [AST09]	2.80	m
Geschoßhöhe	3.75-4.50	m
BGF/AP bei Einzelzimmerbelegung	-	
BGF/AP bei Standardbelegung	ca. 26-28	m ² /AP
Anzahl AP je Raum nach [STA05]	20-40	
Anzahl AP je Raum nach [DIN07]	>8	

3.1.6.2 gewähltes Modell

Es wurden 2 gleich große Großraumbüros modelliert, die jeweils 20 AP haben. Der einzige Unterschied ist, dass die Zone 1 zwei gegenüberliegende Außenwände hat und die Zone 2 drei Außenwände. Die Außenabmessungen sind jeweils 13.00 m auf 15,00 m, wobei die Außenfassade wieder vom Achsenabstand von 2.60 m abhängig ist.

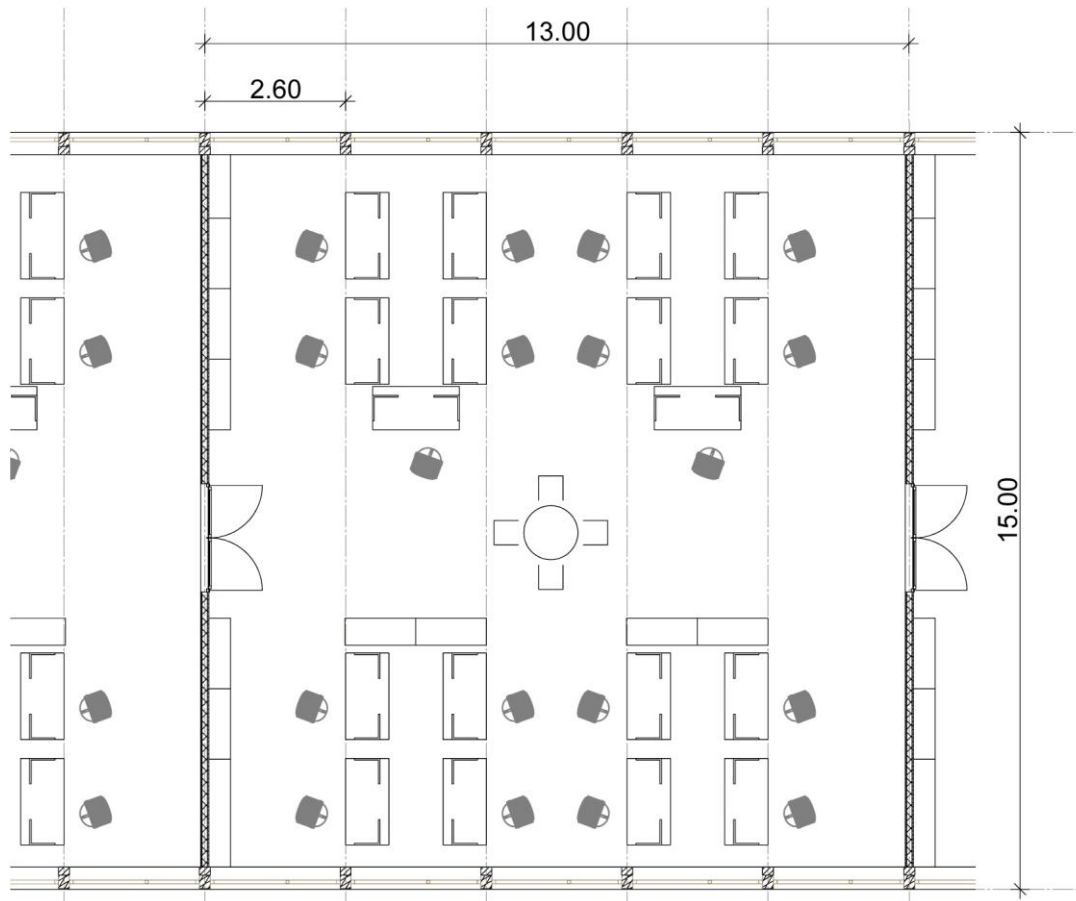


Abb. 16 Ausschnitt Modell „Großraumbüro“ mit Achsen und Abmessungen

Eine Zone hat je eine Bruttofläche von 182 m^2 und eine Nettofläche von $182 \text{ m}^2 \times 0.8 \text{ m}^2 = 156 \text{ m}^2$. Das gesamte Modell hat dadurch eine BGF von 364 m^2 und eine NGF von $364 \text{ m}^2 \times 0.8 = 312 \text{ m}^2$



Abb. 17 Zoneneinteilung des Modells „Gruppenbüro“

Es wurde keine Zone mit nur einer Fassade behandelt, da in Österreich nach der Arbeitsstättenverordnung [AST09] ein Außenbezug am Arbeitsplatz in der Regel gefordert wird.

Steckbrief Großraumbüro Modell:

Flächenbedarf je AP im Großraumbüro (Nettfläche)	7.80	m ²
Raumtiefen Büro	ca. 14.00	m
Fassadenraster	1.30	m
Gebäudetiefe	15.00	m
Lichte Raumhöhe	2.80	m
Geschoßhöhe	3.26/3.39	m
<hr/>		
BGF/AP bei Standardbelegung*	9.75	m ² /AP
* Wert weicht stark von dem Wert des allgemeinen Steckbriefs ab, da hierbei nicht das ganze Gebäude mit der zusätzlichen Infrastruktur bzw. benötigter Fläche berücksichtigt ist.		

3.2 Klimadaten /Standort

Für die Simulation wurde ein realer Klimadatensatz aus dem Jahr 2007 in Wien verwendet.

Der Jahresmittelwert der Temperatur liegt bei 12,6 °C.

Der Standort Wien ist durch folgende Koordinaten festgelegt worden:

Breitengrad 48.13 °

Längengrad 13.22 °

Seehöhe 200 m

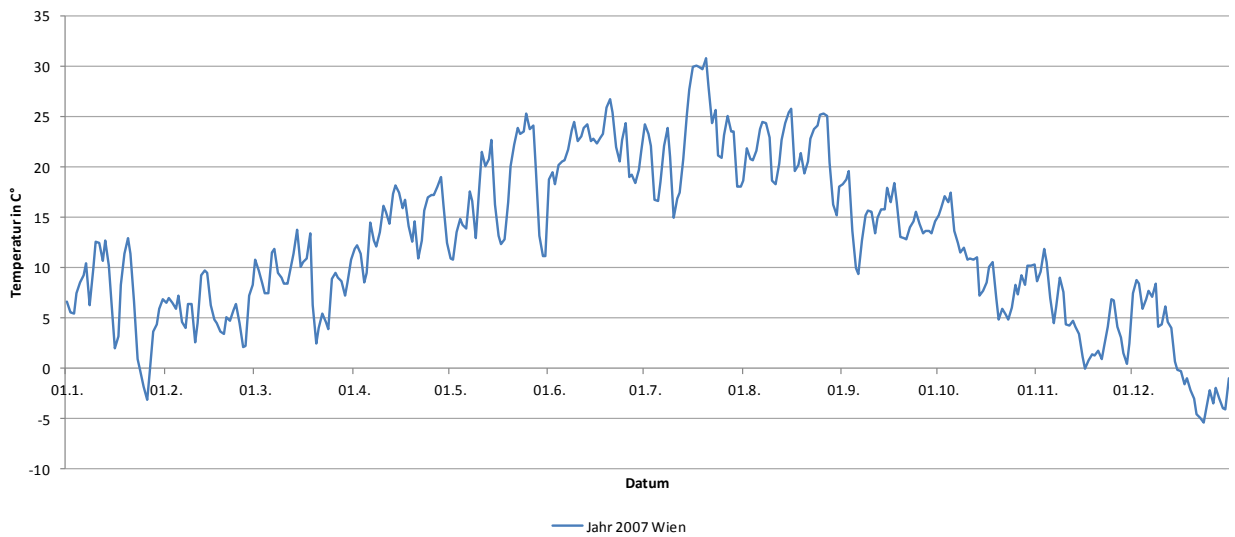


Abb. 19 Tagesmittelwerte der Temperatur in Wien in °C

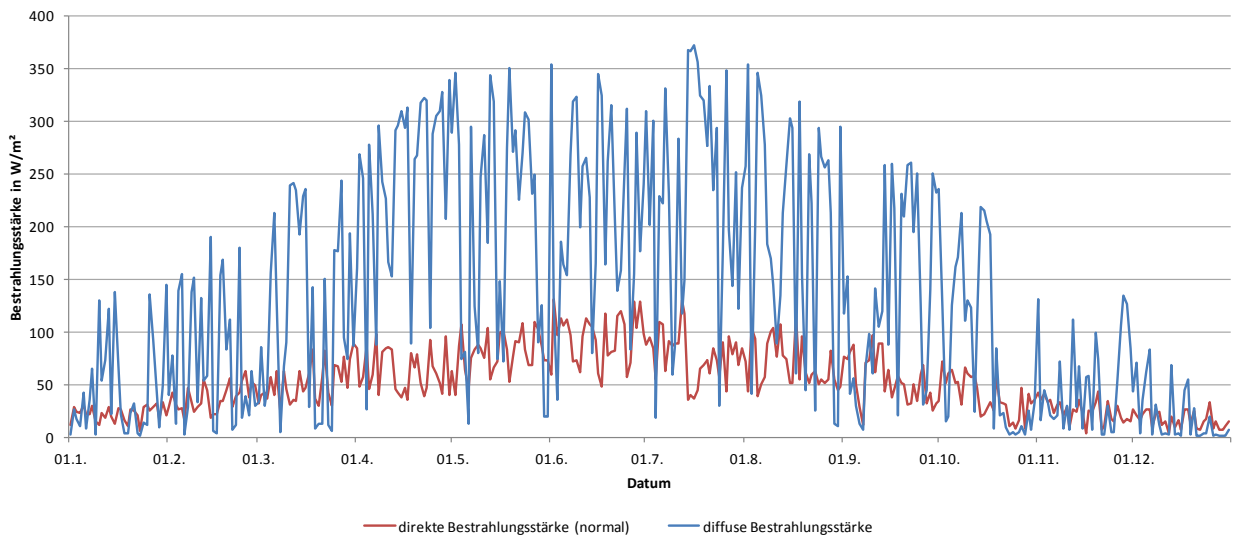


Abb. 18 Tagesmittelwerte der solaren Bestrahlungswerte in Wien in W/m²

3.3 Nutzungsabbildung

3.3.1 globale Behaglichkeit / Bekleidung der Personen in den Büros

Der Ideale Wert für PMV ist 0 (=neutral). Wird jetzt abhängig von den Parametern Energieumsatz, Lufttemperatur, Strahlungstemperatur, Luftgeschwindigkeit und Wasserdampfpartialdruck der Wert negativ oder positiv, dann verändert BuildOpt_VIE den Wert der Bekleidungsisolation definiert durch die Kleidungseinheit clo, damit der PMV wieder den idealen Wert erreicht. Dabei ist 1 Kleidungseinheit = 1 clo = 0,155 m²K/W. Es wird von einem Bekleidungsstatus mit leichter Bekleidung, der einem Wert von 0.5 clo entspricht, bis zu einer warmen Bekleidung von 0.95 clo gewechselt. Dies entspricht dann dem Entkleiden bei höheren Temperaturen bis zu einer sommerlichen Bekleidung bzw. dem Ankleiden bei niedrigeren Temperaturen bis hin zu einer wärmeren Bekleidung.

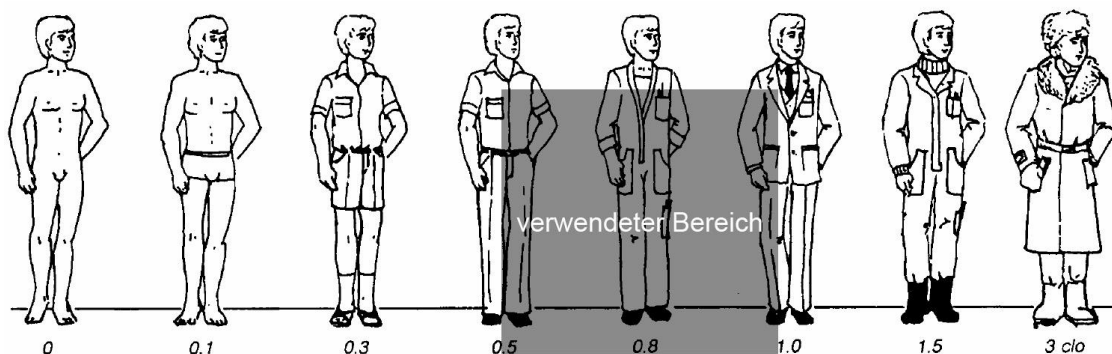


Abb. 20 Bekleidungsreihe (clo), Bekleidungsbeispiele für Männer [ZAO08] und der verwendete Bereich

3.3.2 Anwesenheit

Die Anwesenheit je AP wird im BuildOpt_VIE mit einem Zufallsgenerator bestimmt. Es wurde eine generelle Anwesenheit bestimmt und BuildOpt_VIE generiert stundenweise eine Zufallszahl, die dann bestimmt, ob der AP besetzt ist oder nicht. Die Angabe der Anwesenheit bezieht sich auf eine Arbeitswoche mit 5 Arbeitstagen und einer täglichen Arbeitszeit von 8 Uhr bis 17 Uhr mit einer Pause von 1h. Dies ergibt eine übliche 40 h Woche.

- Für die Modelle „**Zellen-, Gruppen- und Großraumbüro**“ wurde eine 70% Anwesenheit je AP definiert. Dies beinhaltet auswertige Zeiten wie z.B.: Pausen, Konferenzen und Urlaub.
- Für das Modell „**Kombibüro**“ wurde eine Anwesenheit am AP in den Zellenbüros wie auch am AP im Multifunktionsbereich von 50% angenommen.

3.3.3 Die innere Last durch anwesende Personen

Bei der Simulation von Nichtwohngebäuden haben die Anwesenheit von Menschen bzw. die besetzten AP einen hohen Einfluss auf den Energieverbrauch. Im Winter wird durch die

Wärmerückgewinnung auch die von den Personen abgegebene Wärme genutzt und im Sommer muss diese Wärmeproduktion abgeführt werden.

Bei allen Simulationen wurde angenommen, dass jeder AP bzw. Bürobenutzer eine Wärmeproduktion von insgesamt 80 W/h hat, die von ihm durch Konvektion (40 W/h) und Strahlung (40 W/h) an den Raum abgegeben werden. Zusätzlich wurde eine Feuchtigkeitsproduktion von 50g/h je AP angenommen.

3.3.4 Geräte als innere Last und Stromverbraucher

Bei der Auswahl der Geräte, um den elektronischen Bedarf eines Büros abzubilden, wurde für jeden AP der verschiedenen Büro-Modelle weitestgehend die gleiche funktionale Ausstattung ausgewählt. Natürlich gibt es einige Unterschiede bedingt durch die Eigenschaften der unterschiedlichen Bürotypologien. So kann jeder AP z.B. Dokumente drucken, beim Modell „Zellenbüro“ direkt am AP oder im Modell „Kombibüro“ beim zentralen Drucker.

Die Werte für die meisten Geräte wurden an den energieeffizienten Geräten von der Webseite „topprodukte.at“ [BUN10] angelehnt.

Die Geräte wie z.B. Kopierer, die nur ab und zu verwendet werden, wurden ausgehend von dem Jahresverbrauch, des Wertes für den Stand-By Betrieb und den festgelegten Arbeitszeiten auf die Nutzungszeit bzw. „aktive Leistung“ umgelegt.

Es wurde angenommen, dass die elektrische Leistung aller Geräte gleich dem Wärmeeintrag dieser Geräte ist.

Tab. 16 Angaben über die angenommenen Geräte für das Modell „Zellenbüro“

Modell "Zelle"	Stück/Zone	Leistung [W]	Stand-By [W]	Stromverbrauch im Jahr / Gerät [kWh/a]	Summe	
					aktiv [W]	Stand-By [W]
Büro-Zone						
Pro AP						
Monitor 19"	1	17.0	0.5	55.8	17.0	0.5
Laptop	1	40.0	1.0	130.4	40.0	1.0
Summe je AP					57.0	1.5
Pro Büro-Zone (allgemeine Geräte)						
Farblaserdrucker	1	8.7	4.4	52.0	8.7	4.4
Ladegeräte	1	0.6	0.2	3.0	0.6	0.2
Radio	1	9.0	0.0	28.1	9.0	0.0
Brandmelder	1	0.2	0.2	1.7	0.2	0.2
Summe aller allgemeinen Geräte je Büro-Zone					18.5	4.8
Gesamt je Büro mit 1 AP (Zone 1,3-5,7-9,11,13-15,17-19)*					75.5	6.3
Gesamt je Büro mit 2 AP (Zone 2, 6, 12, 16)*					132.5	7.8
Gang-Zone						
Brandmelder	1	0.2	0.2	1.7	0.2	0.2
Kopierer	1	44.0	1.2	144.0	44.0	1.2
Summe für Gang (Zone 10)					44.2	1.4
* Maximaler Verbrauch bei voller Belegung und minimaler Verbrauch bei keiner Anwesenheit						

Tab. 17 Angaben über die angenommenen Geräte für das Modell „Kombibüro“

Modell "Kombibüro"	Stück/Zone	Leistung [W]	Stand-By [W]	Stromverbrauch im Jahr / Gerät [kWh/a]	Summe	
					aktiv [W]	Stand-By [W]
Büro-Zone						
Pro AP						
Monitor 19"	1	17.0	0.5	55.8	17.0	0.5
Laptop	1	40.0	1.0	130.4	40.0	1.0
Summe je AP					57.0	1.5
Pro Büro-Zone (allgemeine Geräte)						
Ladegeräte	1	0.6	0.2	3.0	0.6	0.2
Radio	1	9.0	0.0	28.1	9.0	0.0
Brandmelder	1	0.2	0.2	1.7	0.2	0.2
Summe aller allgemeinen Geräte je Büro-Zone					9.8	0.4
Gesamt je Büro mit 1 AP (Zone 1-9, 11-19)					66.8	1.9
Multifunktionszone						
Pro AP						
Laptop	1	40.0	1.0	130.4	40.0	1.0
Summe je AP					40.0	1.0
Pro Büro-Zone (allgemeine Geräte)						
Beamer	1	40.0	0.7	128.7	40.0	0.7
Brandmelder	5	0.2	0.2	1.7	1.0	1.0
Kopierer	2	44.0	1.2	144.0	87.9	2.5
Ladegeräte	4	0.6	0.2	3.0	2.4	0.8
Hinweisbeleuchtung	4	1.0	1.0	8.7	4.0	4.0
Farblaserdrucker	3	8.7	4.4	52.0	26.2	13.2
Summe aller allgemeinen Geräte in der Multifunktionszone					161.6	22.2
* Maximaler Verbrauch bei voller Belegung und minimaler Verbrauch bei keiner Anwesenheit						

Tab. 18 Angaben über die angenommenen Geräte für das Modell „Gruppenbüro“

Modell "Gruppenbüro"	Stück/Zone	Leistung [W]	Stand-By [W]	Stromverbrauch im Jahr / Gerät [kWh/a]	Summe	
					aktiv [W]	Stand-By [W]
Büro-Zone						
Pro AP						
Monitor 19"	1	17.0	0.5	55.8	17.0	0.5
Laptop	1	40.0	1.0	130.4	40.0	1.0
Summe je AP					57.0	1.5
Pro Büro-Zone (allgemeine Geräte)						
Farblaserdrucker	2	8.7	4.4	52.0	17.5	8.8
Ladegeräte	3	0.6	0.2	3.0	1.8	0.6
Radio	1	9.0	0.0	28.1	9.0	0.0
Brandmelder	1	0.2	0.2	1.7	0.2	0.2
Summe aller allgemeinen Geräte je Büro-Zone					28.5	9.6
Gesamt je Büro mit 4 AP (Zone 1, 2, 5, 6)*					256.5	15.6
Gesamt je Büro mit 8 AP (Zone 3, 7)*					484.5	21.6
Gang-Zone						
Brandmelder	1	0.2	0.2	1.7	0.2	0.2
Kopierer	1	44.0	1.2	144.0	44.0	1.2
Summe für Gang (Zone 4)					44.2	1.4
* Maximaler Verbrauch bei voller Belegung und minimaler Verbrauch bei keiner Anwesenheit						

Tab. 19 Angaben über die angenommenen Geräte für das Modell „Großraumbüro“

Modell "Großraumbüro"	Stück/Zone	Leistung [W]	Stand-By [W]	Stromverbrauch im Jahr / Gerät [kWh/a]	Summe	
					aktiv [W]	Stand-By [W]
Büro-Zone						
Pro AP						
Monitor 19"	1	17.0	0.5	55.8	17.0	0.5
Laptop	1	40.0	1.0	130.4	40.0	1.0
Summe je AP					57.0	1.5
Pro Büro-Zone (allgemeine Geräte)						
Farblaserdrucker	3	8.7	4.4	52.0	26.2	13.2
Ladegeräte	10	0.6	0.2	3.0	6.0	2.0
Radio	2	9.0	0.0	28.1	18.0	0.0
Kopierer	1	44.0	1.2	144.0	44.0	1.2
Brandmelder	5	0.2	0.2	1.7	1.0	1.0
Summe aller allgemeinen Geräte je Büro-Zone					95.2	17.4
Gesamt je Büro mit 20 AP (Zone 1, 2)*					1235.2	47.4
* Maximaler Verbrauch bei voller Belegung und minimaler Verbrauch bei keiner Anwesenheit						

3.4 Beleuchtung des AP

3.4.1 Tageslicht

Da die Büroräume von den Größen her sehr unterschiedlich sind und die Tageslichtversorgung auf den Arbeitsplatz bezogen ist, wurden die benötigten Tageslichtquotienten, mit denen BuildOpt_VIE rechnet, mit dem Simulationsprogramm DIALux [DIA10] generiert. Der geometrische Ort der Tageslichtquotienten am AP sind auf der Höhe der Nutzebene mit $h_n=0.8$ m und in der Mitte der angenommenen Schreibtische definiert

3.4.1.1 Abminderungen des Tageslichtquotienten

Die Einflüsse auf die Tageslichtversorgung einer Verbauung und die Dicke der Leibung beim Fenster wurden vernachlässigt.

Die Eigenschaft der Verglasung, also der Lichttransmissionswert, wird im Kapitel 3.6.4 beschrieben.

Der Wert für **Rahmen und Versprossung** k_1 generiert das Simulationsprogramm selber durch die Eingabe der Rahmenbreite. Als generelle Rahmenbreite wurden 10 cm angenommen.

Da Bürogebäude im Normalfall regelmäßig gereinigt/gewartet werden, wurde für den Abminderungsfaktor der **Verschmutzung** k_2 der Wert 0,9 (Außen und Innenfläche mit geringer Verschmutzung) gewählt (siehe Tab. 6).

Die Abminderung durch den **nicht senkrechten Lichteinfall** k_3 wird anhand des Sonnenstands (Klimafile) von BuildOpt_VIE generiert.

Das heißt, dass alle Abminderungsfaktoren (siehe Kap 2.2.2) bis auf den Faktor für die Verschmutzung bei der Bestimmung mittels DIALux [DIA10] auf 1 gesetzt wurden, und so der Rohbau Tageslichtquotient bestimmt werden konnte.

Der Tageslichtquotient ergibt sich aus folgender Formel:

$$D_{BV} = D_{DIALux} \times \tau_{D65} \times k_1 \times k_2 \times k_3 = D_{DIALux} \times 1 \times 1 \times 0.9 \times 1 [\%]$$

Form. 15 Berechnung des Tageslichtquotienten D für nicht aktivierten Sonnenschutz nach [OEN08]

mit:

D_{BV} Tageslichtquotient, der in BuildOpt_VIE eingesetzt wird in %

D_{DIALux} mit Hilfe von DIALux [DIA10] generierter Tageslichtquotient in der Mitte des Schreibtisches auf der Höhe der Nutzebene in %

3.4.1.2 Eigenschaften des Raums

Der Raum beeinflusst die Tageslichtversorgung durch die Reflexion der Oberflächen.

Bei der Berechnung des Tageslichtquotienten wurden die Standardwerte für die Reflexionsgrade der umschließenden Flächen verwendet. Der

Lichtreflexionsgrad für Boden und Außenbereich wurde mit

0,2, für die Wände mit 0,5 und für die Decke mit 0,7 angenommen [OEN08].

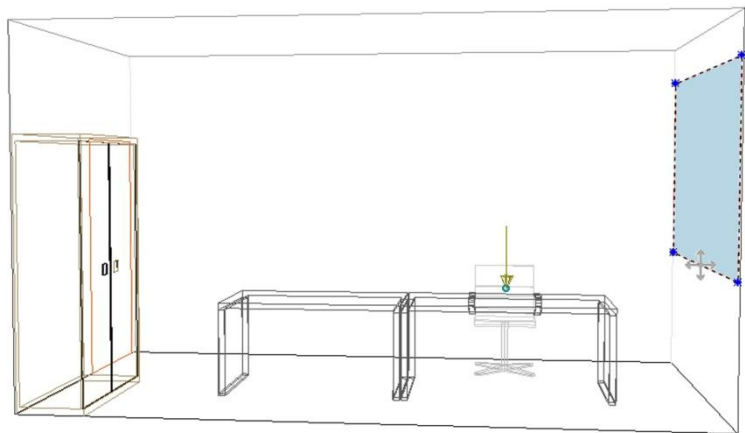


Abb. 21 Drahtperspektive in DIALux [DIA10] mit Messpunkt in der Mitte des Schreibtisches auf Nutzhöhe= 0.8m

3.4.1.3 verwendete Tageslichtquotienten

Tab. 20 Tageslichtquotienten der Modelle „Zellenbüro“, „Kombibüro“ und „Gruppenbüro“

Zonen	Nutzung	Fenster [n]	AW [n]	AP je Zone [n]	Nr.	Tageslichtquotient je AW und AP									
						10% LEF* [%]		30% [%]		50% [%]		70% [%]		90% [%]	
Zellenbüro															
Außenwand															
1,11	Büro	2	2	1	1	5.6%	7.3%	6.7%	8.8%	9.5%	12.0%	13.0%	16.0%	13.0%	16.0%
3,4,5,7,8,9, 13,14,15,17, 18,19	Büro	1	1	1	1	5.6%		6.7%		9.5%		13.0%		13.0%	
2,6,12,16	Büro	2	1	2	1	6.0%		7.0%		11.0%		15.0%		16.0%	
					2	6.0%		7.0%		11.0%		15.0%		16.0%	
10	Gang		0	0		-		-		-		-		-	
Kombibüro															
Außenwand															
1,11	Büro	2	2	1	1	6.0%	7.7%	7.2%	9.4%	10.0%	13.0%	13.0%	16.0%	13.0%	16.0%
2-9,12-19	Büro	1	1	1	1	6.6%		7.2%		10.0%		13.0%		13.0%	
	Multifunkt.	2	1	14	1	3.8%		4.9%		7.5%		10.0%		10.0%	
					2	3.8%		4.9%		7.5%		10.0%		10.0%	
					3	1.4%		1.7%		2.7%		3.8%		3.9%	
					4	1.4%		1.7%		2.7%		3.8%		3.9%	
					5	1.4%		1.7%		2.7%		3.8%		3.9%	
					6	1.4%		1.7%		2.7%		3.8%		3.9%	
					7	0.6%		0.8%		1.3%		1.8%		1.9%	
					8	0.6%		0.8%		1.3%		1.8%		1.9%	
					9	0.6%		0.8%		1.3%		1.8%		1.9%	
					10	0.6%		0.8%		1.3%		1.8%		1.9%	
						AP nicht in der Nähe der AW: nur über Glasinnenwände der Zellenbüros belichtet.									
					11	0.5%		0.6%		1.0%		1.5%		1.5%	
					12	0.5%		0.6%		1.0%		1.5%		1.5%	
					13	0.5%		0.6%		1.0%		1.5%		1.5%	
					14	0.5%		0.6%		1.0%		1.5%		1.5%	
Gruppenbüro															
Außenwand															
1,5	Büro	5	2	4	1	1.5%	1.6%	2.0%	2.1%	3.1%	3.3%	4.7%	5.0%	4.9%	5.0%
					2	5.3%	1.7%	6.7%	2.1%	11.0%	3.3%	15.0%	5.0%	15.0%	5.0%
					3	1.5%	0.7%	2.0%	0.9%	3.0%	1.5%	4.6%	2.2%	4.8%	2.2%
					4	5.1%	0.7%	6.7%	1.0%	11.0%	1.5%	15.0%	2.2%	15.0%	2.2%
2,6	Büro	3	1	4	1	1.5%		2.0%		3.1%		4.7%		4.9%	
					2	5.3%		6.7%		11.0%		15.0%		15.0%	
					3	1.5%		2.0%		3.0%		4.6%		4.8%	
					4	5.1%		6.7%		11.0%		15.0%		15.0%	
3,7	Büro	5	1	8	1	1.9%		2.1%		3.3%		5.1%		5.3%	
					2	6.4%		7.0%		12.0%		16.0%		16.0%	
					3	1.9%		2.2%		3.4%		5.3%		5.5%	
					4	6.4%		7.3%		12.0%		16.0%		17.0%	
					5	2.0%		2.2%		3.4%		5.2%		5.5%	
					6	6.7%		7.5%		12.0%		16.0%		17.0%	
					7	1.8%		2.0%		3.2%		5.0%		5.2%	
					8	6.1%		6.8%		12.0%		16.0%		16.0%	
4	Gang	0	0	0		-		-		-		-		-	

*LEF... Lichteintrittsfläche nach der Arbeitsstättenverordnung [AST09]

Tab. 21 Tageslichtquotienten für das Modell „Großraumbüro“

Zonen	Nutzung	Fenster [n]	AW [n]	AP je Zone Nr. [n]	Tageslichtquotient je AP																		
					10% LEF [%]		30% [%]		50% [%]		70% [%]		90% [%]										
Großraumbüro					1		2		1		2		1		2		1		2				
Außenwand					1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2			
1	Büro	2x5	2	20	5.8%	0.2%	7.4%	0.2%	12.0%	0.3%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%			
					2	6.2%	0.2%	7.6%	0.2%	12.0%	0.4%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%		
					3	6.8%	0.2%	8.3%	0.2%	13.0%	0.4%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%		
					4	5.4%	0.2%	6.9%	0.2%	12.0%	0.4%	15.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%		
					5	1.7%	0.2%	2.1%	0.3%	3.3%	0.4%	4.6%	0.6%	4.8%	0.6%	4.8%	0.6%	4.8%	0.6%	4.8%	0.6%		
					6	1.6%	0.2%	0.2%	0.3%	3.4%	0.4%	4.8%	0.6%	5.0%	0.6%	5.0%	0.6%	5.0%	0.6%	5.0%	0.6%		
					7	1.6%	0.2%	2.1%	0.3%	3.3%	0.4%	4.8%	0.6%	5.0%	0.6%	5.0%	0.6%	5.0%	0.6%	5.0%	0.6%		
					8	1.6%	0.2%	2.0%	0.3%	3.2%	0.4%	4.5%	0.5%	4.6%	0.6%	4.6%	0.6%	4.6%	0.6%	4.6%	0.6%		
					9	0.9%	0.3%	1.1%	0.3%	1.7%	0.5%	2.5%	0.8%	2.6%	0.9%	2.6%	0.9%	2.6%	0.9%	2.6%	0.9%		
					10	0.8%	0.3%	1.1%	0.3%	1.7%	0.5%	2.4%	0.8%	2.6%	0.8%	2.6%	0.8%	2.6%	0.8%	2.6%	0.8%		
					11	0.2%	5.8%	0.2%	7.4%	0.3%	12.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	
					12	0.2%	6.2%	0.2%	7.6%	0.3%	12.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	
					13	0.2%	6.8%	0.2%	8.3%	0.3%	13.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	
					14	0.2%	5.4%	0.2%	6.9%	0.3%	12.0%	0.5%	15.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	16.0%	0.5%	
					15	0.2%	1.7%	0.3%	2.1%	0.4%	3.3%	0.6%	4.6%	0.6%	4.8%	0.6%	4.8%	0.6%	4.8%	0.6%	4.8%	0.6%	
					16	0.2%	1.6%	0.3%	0.2%	0.4%	0.4%	0.6%	0.8%	0.6%	0.9%	0.6%	0.9%	0.6%	0.9%	0.6%	0.9%	0.6%	
					17	0.2%	1.6%	0.3%	2.1%	0.4%	3.3%	0.6%	4.8%	0.6%	5.0%	0.6%	5.0%	0.6%	5.0%	0.6%	5.0%	0.6%	
					18	0.2%	1.6%	0.3%	2.0%	0.4%	3.2%	0.6%	4.8%	0.6%	5.0%	0.6%	5.0%	0.6%	5.0%	0.6%	5.0%	0.6%	
					19	0.3%	0.9%	0.3%	1.1%	0.5%	1.7%	0.8%	2.5%	0.9%	2.6%	0.9%	2.6%	0.9%	2.6%	0.9%	2.6%	0.9%	
					20	0.3%	0.8%	0.3%	1.1%	0.5%	1.7%	0.8%	2.4%	0.8%	2.6%	0.8%	2.6%	0.8%	2.6%	0.8%	2.6%	0.8%	
Außenwand					1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
2	Büro	3x5	3	20	5.8%	0.2%	0.2%	7.4%	0.3%	0.2%	12.0%	0.4%	0.3%	16.0%	0.6%	0.5%	16.0%	0.7%	0.5%	16.0%	0.7%	0.5%	
					2	6.2%	0.3%	0.2%	7.6%	0.3%	0.2%	12.0%	0.6%	0.4%	16.0%	0.8%	0.5%	16.0%	0.8%	0.5%	16.0%	0.8%	0.5%
					3	6.8%	1.1%	0.2%	8.3%	1.3%	0.2%	13.0%	2.1%	0.4%	16.0%	3.0%	0.5%	16.0%	3.1%	0.5%	16.0%	3.1%	0.5%
					4	5.4%	2.5%	0.2%	6.9%	3.0%	0.2%	12.0%	4.6%	0.4%	15.0%	6.4%	0.5%	16.0%	6.6%	0.5%	16.0%	6.6%	0.5%
					5	1.7%	0.2%	0.2%	2.1%	0.3%	0.3%	3.3%	0.5%	0.4%	4.6%	0.7%	0.6%	4.8%	0.7%	0.6%	4.8%	0.7%	0.6%
					6	1.6%	0.3%	0.2%	0.2%	0.4%	0.3%	3.4%	0.6%	0.4%	4.8%	0.9%	0.6%	5.0%	0.9%	0.6%	5.0%	0.9%	0.6%
					7	1.6%	1.3%	0.2%	2.1%	1.5%	0.3%	3.3%	2.5%	0.4%	4.8%	3.6%	0.6%	5.0%	3.7%	0.6%	5.0%	3.7%	0.6%
					8	1.6%	2.8%	0.2%	2.0%	3.6%	0.3%	3.2%	5.7%	0.4%	4.5%	8.0%	0.5%	4.6%	8.2%	0.6%	4.6%	8.2%	0.6%
					9	0.9%	0.3%	0.3%	1.1%	0.3%	0.3%	1.7%	0.5%	0.5%	2.5%	0.8%	0.8%	2.6%	0.9%	0.9%	2.6%	0.9%	0.9%
					10	0.8%	1.9%	0.3%	1.1%	2.4%	0.3%	1.7%	3.8%	0.5%	2.4%	5.4%	0.8%	2.6%	5.6%	0.8%	2.6%	5.6%	0.8%
					11	0.2%	0.2%	5.8%	0.2%	0.3%	7.4%	0.3%	0.4%	12.0%	0.5%	0.6%	16.0%	0.5%	0.7%	16.0%	0.5%	0.7%	16.0%
					12	0.2%	0.3%	6.2%	0.2%	0.3%	7.6%	0.4%	0.6%	12.0%	0.5%	0.8%	16.0%	0.5%	0.8%	16.0%	0.5%	0.8%	16.0%
					13	0.2%	1.1%	6.8%	0.2%	1.3%	8.3%	0.4%	2.1%	13.0%	0.5%	3.0%	16.0%	0.5%	3.1%	16.0%	0.5%	3.1%	16.0%
					14	0.2%	2.5%	5.4%	0.2%	3.0%	6.9%	0.4%	4.6%	12.0%	0.5%	6.4%	15.0%	0.5%	6.6%	16.0%	0.5%	6.6%	16.0%
					15	0.2%	0.2%	1.7%	0.3%	0.3%	2.1%	0.4%	0.5%	3.3%	0.6%	0.7%	4.6%	0.6%	0.7%	4.8%	0.6%	0.7%	4.8%
					16	0.2%	0.3%	1.6%	0.3%	0.4%	0.2%	0.4%	0.6%	3.4%	0.6%	0.9%	4.8%	0.6%	0.9%	5.0%	0.6%	0.9%	5.0%
					17	0.2%	1.3%	1.6%	0.3%	1.5%	2.1%	0.4%	2.5%	3.3%	0.6%	3.6%	4.8%	0.6%	3.7%	5.0%	0.6%	3.7%	5.0%
					18	0.2%	2.8%	1.6%	0.3%	3.6%	2.0%	0.4%	5.7%	3.2%	0.5%	8.0%	4.5%	0.6%	8.2%	4.6%	0.6%	8.2%	4.6%
					19	0.3%	0.3%	0.9%	0.3%	0.3%	1.1%	0.5%	0.5%	1.7%	0.8%	0.8%	2.5%	0.9%	0.9%	2.6%	0.9%	0.9%	2.6%
					20	0.3%	1.9%	0.8%	0.3%	2.4%	1.1%	0.5%	3.8%	1.7%	0.8%	5.4%	2.4%	0.8%	5.6%	2.4%	0.8%	5.6%	2.4%

*LEF... Lichteintrittsfläche nach der Arbeitsstättenverordnung [AST09]

3.4.1.4 Tageslichtquotient bei mehreren Fassadenflächen

Bei einem AP, der von mehreren Seiten mit Tageslicht versorgt wird und dadurch mehrere Tageslichtquotienten aufweist, werden die Tageslichtquotienten multipliziert [deB06]. Wenn auf der einen Fassade der Sonnenschutz aktiviert wird aufgrund einer zu hohen Gesamtstrahlung (siehe Kap 3.6.5), dann wird der Tageslichtquotient durch den Transmissionsfaktor des Sonnenschutzes ab gemindert.

3.4.2 Kunstlicht

Die benötigte elektrische Bewertungsleistung p in W/m^2 für das Kunstlicht, die verwendet werden muss, um den AP ausreichend mit Licht zu versorgen, wenn das Tageslicht nicht ausreicht, wurde mit Hilfe des Tabellenverfahrens aus der DIN V18599-4 [DIN07b] ermittelt (siehe Kapitel 2.2.4).

gewählte Beleuchtung:

Beleuchtungsart: direkt/indirekt
Vorschaltgerät: EVG
Lampenart: Leuchtstofflampen stabförmig

Durch die gewählte Beleuchtungsart ergibt sich folgender Rechenwert für die spezifische elektrische Bewertungsleistung $p_{j,lx} = 0.06 W/m^2.lx$

Der Wartungswert der Beleuchtungsstärke E_m wurde für alle Arbeitsplätze (AP) mit $E_m = 500 lx$ angenommen und für den unmittelbaren Umgebungsbereich $E_m = 300 lx$.

Der Arbeitsbereich setzt sich zusammen aus dem Schreibtisch mit dem zugehörigen vorgeschriebenen Freibereich, woraus sich eine Fläche von $3,28 m^2$ ergibt.

Der Gang-Bereich der Modelle „Gruppen-“ und „Zellenbüro“ wurde mit einem $E_m = 100 lx$ berücksichtigt.

Beim Modell „Kombibüro“ wurde davon ausgegangen, dass in den Zellenbüros, wie bei allen andern Modellen, nur bei Anwesenheit das Licht brennt. Beim Multifunktionsraum hingegen wird versucht ständig die $500 lx$ Beleuchtungsstärke sicher zu stellen. Das heißt, dass falls nötig das Licht während der gesamten Nutzungszeit unabhängig der Präsenz eingeschaltet wird, wenn das Tageslicht nicht ausreicht.

Lage des Kunstlichts

Die geometrische Lage der Leuchten wurde auf $30 cm$ unterhalb der fertigen Deckenunterkante festgelegt. Die Höhe der Nutzebene ist wie bei der Berechnung für den Tageslichtquotienten auf eine Höhe $h_{Ne} = 0.80 m$ festgelegt.

Aus diesen Festlegungen ergaben sich folgende Werte für die verschiedenen Modelle.

Tab. 22 benötigte elektrische Bewertungsleistungen je Modell und AP.

Modell Zone	Zellenbüro			Gruppenbüro			Großraumbüro	Kombibüro	
	Büro	Büro	Verkehrsf.	Gruppenb.	Gruppenb.	Verkehrsf.	Büro	Einzelbüros	Combi Multif.
Spezifische installierte elektrische Leistung p:									
AP je Zone	1	2	0	4	8	0	20	1	14
E_m [lx]	500	500	100	500	500	100	500	500	500
k_A	0.71	0.71	1.00	0.73	0.76	1.00	0.77	0.76	0.74
k_L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
k	0.95	1.40	0.80	1.85	2.25	0.80	3.65	0.85	2.90
k_R	0.93	0.75	1.06	0.66	0.61	1.06	0.54	1.01	0.56
p [W/m ²]	20.02	15.97	6.36	14.38	13.79	6.36	12.38	22.99	12.46
Parameter für den Minderungsfaktor zur Berücksichtigung des Flächenanteils der Sehaufgabe k_A:									
A_s [m ²]	3.28	3.28		3.28	3.28		3.28	3.28	3.28
A_s gesamt	3.28	6.56		13.12	26.24		65.6	3.28	45.92
E_u [lx]	300	300		300	300		300	300	300
b_f	0.29	0.29		0.32	0.39		0.42	0.39	0.35
A [m ²]	11.44	22.88		40.56	67.60		156.00	8.32	131.04
Parameter für den Anpassungsfaktor der Raumgeometrie k_R									
h_R [m]	2.80	2.80		2.80	2.80		2.80	2.80	2.80
h_{st} [m]	0.30	0.30		0.30	0.30		0.30	0.30	0.30
h_{Ne} [m]	0.80	0.80		0.80	0.80		0.80	0.80	0.80
h'_R [m]	1.70	1.70		1.70	1.70		1.70	1.70	1.70
a_R [m]	2.45	4.90		7.35	12.25		12.25	2.45	6.50
b_R [m]	4.67	4.67		5.5	5.5		12.73	3.4	20.2

Präsenzdetektion:

Bei allen Zonen der Modelle, bis - wie schon erwähnt - auf den Gang und den Multifunktionszonen, wurde das Licht bei Anwesenheit der Person bzw. bei besetzten AP und Bedarf eingeschaltet. Auch beim Modell „Großraumbüro“ wurde das gesamte Licht in der Zone eingeschaltet, wenn min. 1 AP besetzt ist und Bedarf an künstliche Beleuchtung besteht. Dies entspricht ungefähr der Wirklichkeit, da bei einer Anwesenheit mit der Wahrscheinlichkeit von 70% in jedem Bereich des Großraumbüros nur zu 0,81% keine Person anwesend ist.

3.5 Lüftungsanlage

3.5.1 Luftvolumenströme

Es wurde für alle Bürotypologien der Mindestaußenluftvolumenstrom von 35m³/h und Person [AST09] angenommen. Die Zone, die als Funktion die benötigte Verkehrsfläche bei den Büromodellen „Zellen-“ und „Gruppenbüros“ darstellt, wird nur mit einem hygienischen Luftwechsel berücksichtigt und hat eine Luftwechselzahl (LWZ) von 1 1/h. Beim Modell „Kombibüro“ hingegen wird die Verkehrsfläche bzw. Multifunktionsfläche auch als Arbeitsbereich verwendet und wird mit dem gleichen Volumenstrom je AP bedacht wie bei einem Büro. Zusätzlich wird die Luft der Einzelbüros über die Multifunktionsfläche abgesaugt.

Es ergeben sich folgende Werte:

Tab. 23 Übersicht Luftvolumenströme

Zellenbüro								
Zonen	Nutzung	Anzahl	AP	NGF [m ²]	Raumvolumen [m ³]	Luftvolumenstrom je AP [m ³ /h]	Luftvolumenstrom Anlage [m ³ /h]	LWZ [1/h]
1,3-5,7-9 11,13-15,17-19	Büro	14	1	11.44	32.17	35.00	35.00	1.09
2,6,12,16	Büro	4	2	22.88	64.35	35.00	70.00	1.09
10	Gang	1	-	45.76	128.70	-	128.70	1.00
Summe			22		836.48		898.70	1.07

Kombibüro								
Zonen	Nutzung	Anzahl	AP	NGF [m ²]	Raumvolumen [m ³]	Luftvolumenstrom je AP [m ³ /h]	Luftvolumenstrom Anlage [m ³ /h]	LWZ [1/h]
1-9,11-19	Büro	18	1	8.32	23.40	35.00	35.00	1.50
10	Mittelzone	1	14	131.04	374.40	35.00	490.00	1.31
Summe			32		795.60		1120.00	1.41

Gruppenbüro								
Zonen	Nutzung	Anzahl	AP	NGF [m ²]	Raumvolumen [m ³]	Luftvolumenstrom je AP [m ³ /h]	Luftvolumenstrom Anlage [m ³ /h]	LWZ [1/h]
1,2,5,6	Büro	4	4	40.56	114.08	35.00	140.00	1.23
3,7	Büro	2	8	67.60	190.13	35.00	280.00	1.47
4	Gang	1	-	45.76	128.70	-	128.70	1.00
Summe			32		965.28		1248.70	1.29

Großraumbüro								
Zonen	Nutzung	Anzahl	AP	NGF [m ²]	Raumvolumen [m ³]	Luftvolumenstrom je AP [m ³ /h]	Luftvolumenstrom Anlage [m ³ /h]	LWZ [1/h]
1,2	Büro	2	20	156.00	409.50	35.00	700.00	1.71
Summe			40		819.00		1400.00	1.71

3.5.2 Aufbau und Eigenschaften der Lüftungsanlage

Die Lüftungsanlage ist für jede Variante gleich aufgebaut und unterscheidet sich nur bei den Luftvolumenströmen und der benötigten Leistung, um die geforderten Eigenschaften zu erfüllen. Um ein relativ realitätsnahes Lüftungsanlagensystem zu schaffen, wird die volle Leistung der Anlage nur während der Anwesenheit bzw. den Bürozeiten eingeschaltet und bei Abwesenheit bzw. außerhalb der Bürozeiten auf 10% Leistung abgemindert.

Das Innenklima wird auf den Temperaturbereich zwischen 21 °C und 26 °C und einer absoluten Feuchtigkeit zwischen 6 und 11 g/kg beschränkt um mindestens die Kategorie 2 (KI 2) nach EN 15251 [OEN07] zu erreichen (siehe Kap. 2.3.2.).

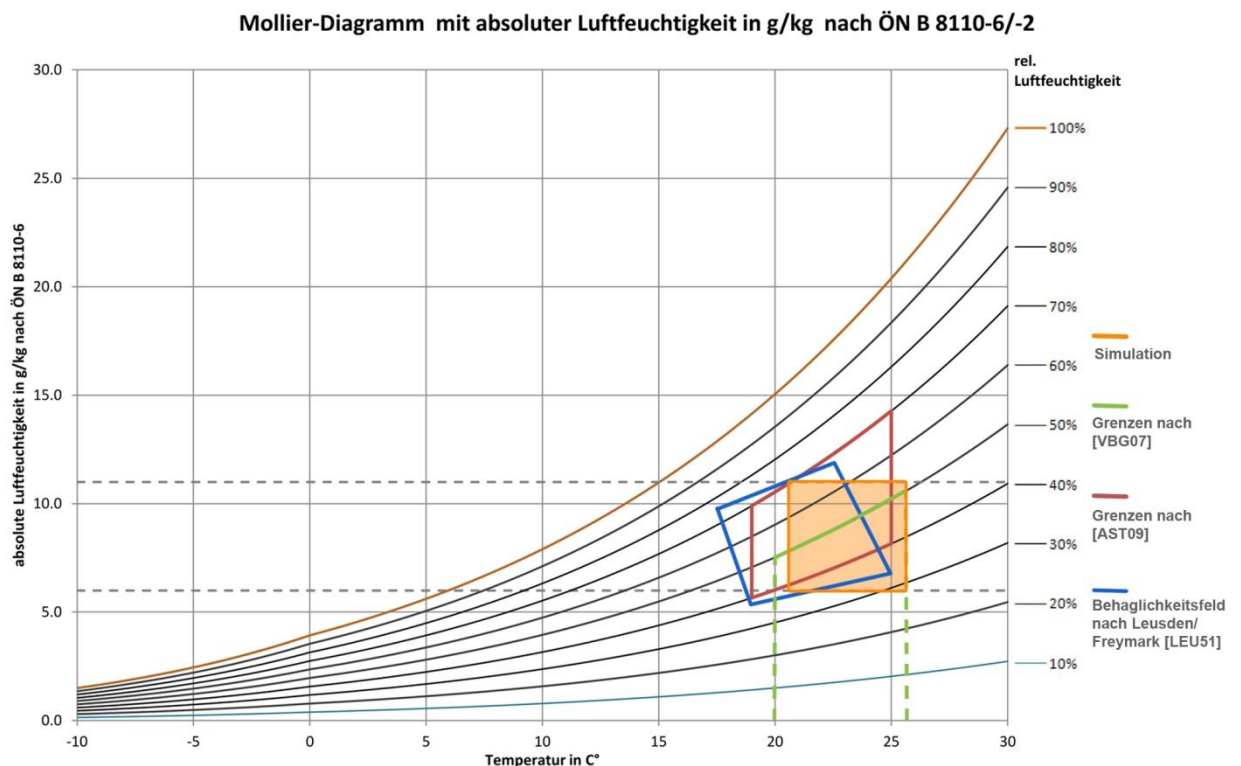


Abb. 22 Vergleich von Vorgaben für ein behagliches Raumklima mit den Grenzen der Simulation in einem Mollier-Diagramm

Die Grenzen für das Raumklima orientieren sich an den verschiedenen Normen bzw. Richtlinien und an dem Behaglichkeitsfeld nach Leusden/Freymark [Leu51] (siehe Abb. 22).

3.5.2.1 Systemgrenzen

Für die Simulation werden die Verluste über die Verteilung, Bereitstellung, Pumpenstrom und sonstige systembedingte Verluste für die Konditionierung der Zonen nicht berücksichtigt. Desweiteren wurde die benötigte Hilfsenergie für die Register vernachlässigt.

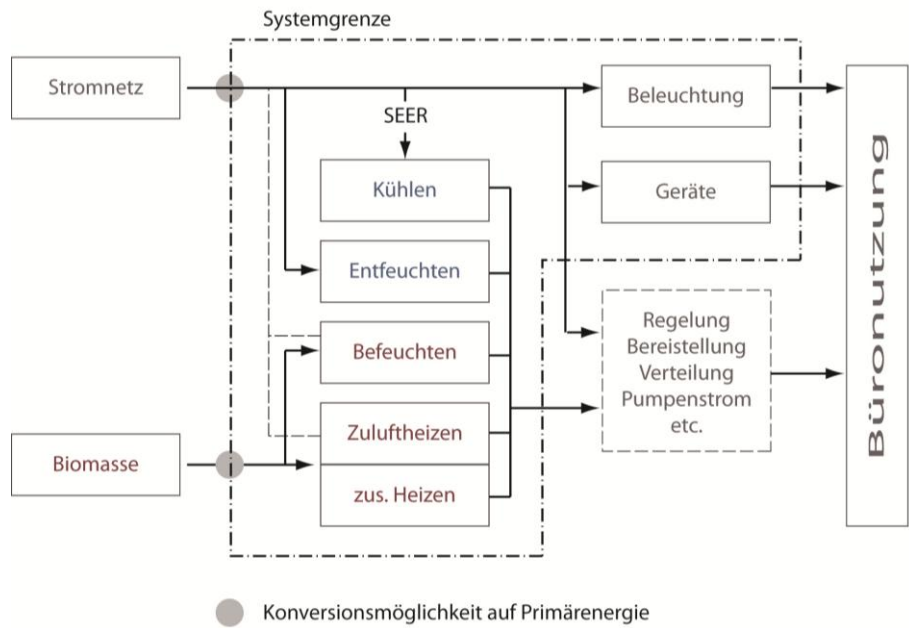


Abb. 23 Systemgrenzen

Dies gilt bei den 4 thermodynamischen Behandlungsfunktionen der Klimaanlage sowie beim redundanten optimalen bzw. zusätzlichen System, um die gewünschte Temperatur in der Zone aufrechtzuhalten.

3.5.2.2 Heizperiode

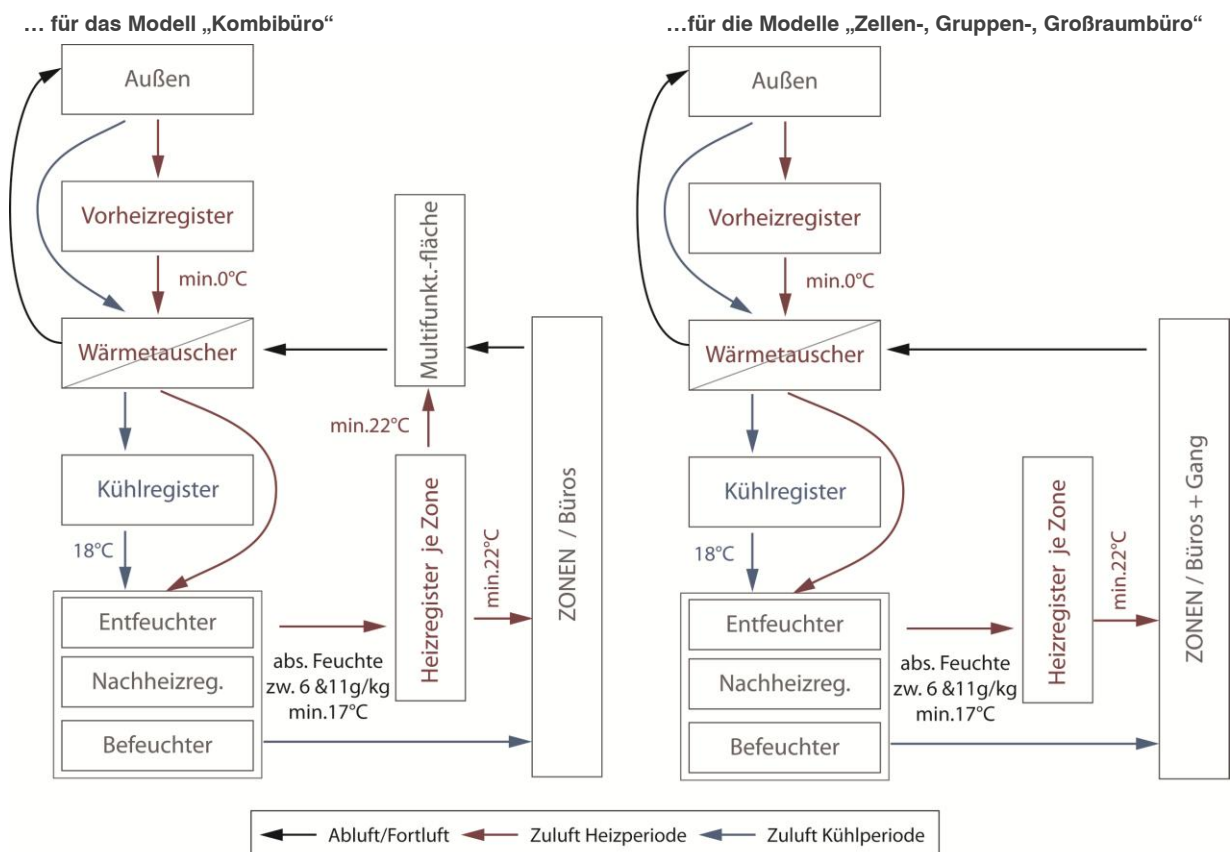


Abb. 24 Aufbauschema der Lüftungsanlage...

In der Heizperiode wird die Außenluft als erstes über ein Heizregister geleitet, um die Frostsicherheit zu gewährleisten. Die mindestens auf 0° C erwärmte Außenluft wird dann über den Wärmetauscher, der einen Wirkungsgrad von 0,8 hat, mit Hilfe der abgesaugten Raumluft weiter erwärmt. Damit eine minimale bzw. eine maximale absolute Luftfeuchte gewährleistet werden kann, wird die Zuluft über einen Be- und Entfeuchter geschickt, damit eine Luftfeuchtigkeit zwischen 6 und 11 g/kg gewährleistet wird. Diese Schranken begrenzen nach Ö-Norm B 8110-6 [OEN10b] die relative Luftfeuchtigkeit auf ca. 40%-70%. Danach wird die Luft dezentral bei den jeweiligen Zonen durch ein Heizregister auf die benötigte Temperatur erhitzt, um eine operative Temperatur von 22 °C zu erreichen. Die dezentralen Heizregister wurden so dimensioniert, damit bei dem gegebenen Luftvolumenstrom die Temperatur der ausströmenden Luft von 50 °C erreicht werden kann. Da die Austrittstemperatur aus technischen wie auch aus gesundheitlichen Gründen auf diese Temperatur begrenzt ist, kann es sein, dass die Lüftung die gewünschte Raumtemperatur nicht erhalten kann. In diesem Fall wird eine konservative Wärmequelle wie z.B. ein Radiator eingeschaltet, um in der Zone die Mindesttemperatur der operativen Temperatur von 21 °C zu erhalten. Die Abluft wird, bevor sie ins Freie geblasen wird, wieder wie oben erwähnt durch den Wärmetauscher geführt. Beim Modell „Kombibüro“ wird sie über den Multifunktionsraum abgesaugt, um noch die Restwärme zu nutzen.

3.5.2.3 Kühlperiode

In der Kühlperiode wird das Heizregister zum Frostschutz nicht benötigt und die Luft wird gleich über den Wärmetauscher geführt. Wenn die Außentemperatur höher als die Innentemperatur der Zonen ist, dann wird die Luft mit einem Wirkungsgrad von 0,8 im Wärmetauscher von der Fortluft gekühlt. Darauf wird die Luft von einem Kühlregister auf 18 °C gekühlt und danach wieder von einem Be- und Entfeuchter so konditioniert, dass sie min. 6 g/kg bzw. max. 11 g/kg absolute Feuchte aufweist. Durch das Entfeuchten der Luft kann es passieren, dass die Luft auf unter 18 °C gekühlt wird. Eingeblassene Luft, die kälter als 18 °C ist, würde die Wahrscheinlichkeit von Kondensat stark erhöhen. Um dies zu verhindern, muss ein Heizregister die Zuluft-Temperatur wieder auf den gewünschten Wert von 18 °C erwärmen. Das Kühlen kann nicht wie das Heizen individuell gesteuert werden.

3.5.3 Dichtheit

Bei allen Varianten wurde ein ständiger Infiltrationsluftwechsel berücksichtigt. Der Infiltrationsluftwechsel, der durch die Gebäudedichtheit bestimmt ist, wurde mit dem n_{50} -Wert von 1,5 1/h definiert, was dem Standard eines Niedrigenergiehauses [OEN11] ($n_{50}=1-2$ 1/h) entspricht [Bed11] .

3.5.4 natürliche Lüftung

Es wurde von Bürogebäuden ausgegangen, bei denen durch äußere Einflüsse und durch das Lüftungskonzept keine natürliche Belüftung ermöglicht wird. Nur bei der Verglasungsvariante mit Kastenfenstern gibt es Varianten mit natürlicher Belüftung, da dies ein Bestandteil für die Wahl eines Kastenfensters ist.

Die natürliche Lüftung setzt immer ein, wenn die äußere Temperatur niedriger ist als die operative Temperatur im Innenraum. So wird im Sommer eine nächtliche Dauerlüftung ermöglicht und die Fenster werden tagsüber abhängig von der Außentemperatur und dem Benutzer geöffnet, wenn die Lüftungsanlage während der Kühlperiode (im Sommer) es nicht schafft, die Innentemperatur auf der gewünschten Temperatur zu halten. Der zusätzliche Luftwechsel ist abhängig von der Differenz der operativen Innentemperatur zur Außentemperatur.

Die natürliche Belüftung wird gestoppt bzw. die Lüftungsklappen werden geschlossen, wenn die Wettervorhersage eine Windgeschwindigkeit von 30 m/s = 108 km/h angibt, denn dann ist trotz der äußeren Scheibe eine Beeinträchtigung im Innenraum durch Windstöße gegeben.

Die Ö-Norm EN ISO 13791 [OEN05] stellt eine Näherungsgleichung zur Ermittlung des Luftvolumenstroms bzw. des Massenstroms aufgrund des Temperaturunterschieds zur Verfügung. Der Massenstrom wird aufgrund der zweischaligen Bauweise mit fixer Außenverglasung vernachlässigt.

$$\mathbf{m_T} = \mathbf{c_d} \times \mathbf{\rho} \times \frac{\mathbf{A}}{3} \times \left(\frac{\mathbf{\Delta\theta \times g \times H}}{\mathbf{T_m}} \right)^{0.5}$$

Form. 16 Massenstrom bei Temperaturdifferenz bei einer Öffnung [OEN05]

mit :

- m_T** der Massenstrom aufgrund von Temperaturunterschieden in kg/s
- c_d** Durchflusszahl, die von den Strömungseigenschaften der Öffnung abhängt. Für scharfkantige Öffnungen wie ein Fenster kann der Wert 0.61 [OEN05] angenommen werden.
- ρ** Dichte der Luft (angenommen mit 1.139 kg/m³ nach [OEN05])
- A** Fläche der Öffnung in m²
- Δθ** Temperaturdifferenz zwischen Innen und Außen in K
- g** Erdbeschleunigung (= 9,81 m/s²)
- H** Öffnungshöhe in m
- T_m** Referenztemperatur (angenommen mit 300K nach [OEN05])

Der Luftvolumenstrom v_T bei einem bestimmten Temperaturunterschied ($\Delta\theta$) ergibt sich aus

$$v_T = \frac{m_T}{\rho}$$

Form. 17 Luftvolumenstrom aus dem Massenstrom und der Luftdichte

Mit Hilfe dieser Gleichung können Luftvolumenströme bei natürlicher Lüftung als Funktion der Temperaturdifferenz und der Fenstergröße ermittelt werden.

Ein Fenster, 1 m hoch und 0.82 m breit, kann bei einem Temperaturunterschied ($\Delta\theta$) von 10 K einen Luftwechsel von 300 m³/h ermöglichen.

Bei der Simulation wurde eine Lüftungsklappe mit 1 m Höhe und ca. 0,30 m Breite gewählt, um einen Luftvolumenstrom v_T von 100 m³/h bei einem Temperaturunterschied ($\Delta\theta$) zwischen Innen und Außen von 10 K zu erreichen.

BuildOpt_VIE verwendet den ermittelten Volumenstrom in folgender Formel:

$$\dot{V} = v_T \times \left(\frac{\Delta T}{\Delta T_{ref}} \right)^{0.5}$$

Form. 18 Berechnung des Luftvolumenstroms in BuildOpt_VIE

Dabei ist:

- \dot{V} Luftvolumenstrom in m³/h
- v_T Volumenstrom beim Referenztemperaturunterschied ΔT_{ref} ($=m_T/\rho$) in m³/h
- ΔT Temperaturunterschied zwischen Innen und Außen in K
- ΔT_{ref} Referenztemperaturunterschied in K (entspricht hier $\Delta\theta$ aus [OEN05])

Tab. 24 Beispiele für bestimmte Öffnungsarten

Beispiel für eine Öffnungsart	v_T in m ³ /h	ΔT_{ref} in K
gekipptes Fenster	60	10
offenes Fenster (h=1 m; b=0.82 m)	300	10
offene Tür (h=ca. 2 m; b=0.90 m)	300	1

3.6 Variationen

Nachstehend sind die baulichen Rahmenbedingungen, die für jedes Modell / jede Bürotypologie für die Simulation verwendet wurden, aufgelistet.

3.6.1 Bauweisen

Es wurden 2 unterschiedliche Bauweisen untersucht:

- **eine massive Bauweise** mit tragenden Außenwänden, massiven Innenwänden und einem Hohlraumboden.
- **eine leichte Bauweise** mit einer Vorhang Fassade (Pfostenriegel-Konstruktion), Leichtmetallständerwände und einem Doppelboden. Die opaken Flächen sind Sandwichprofile, eingeklemmt in der Konstruktion wie die Verglasung.

Alle Varianten haben eine unverkleidete Betondecke, da im heutigen Bürobau vermehrt auf eine Möglichkeit der Bauteilaktivierung gesetzt wird und die nötige Infrastruktur wie z.B. Lüftungsröhren sichtbar an der Decke verlegt werden.

3.6.1.1 leichte Bauweise

Bauteil Wand

Tab. 25 Aufbau der Außenwand für Leichtbau Varianten

Außenwand leicht; Pfostenriegel Konstr. mit opaken Sandwichelementen (vereinfacht)						
Nr. Schicht	Dicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	spezifische Wärme- kapazität c [J/kgK]	Dichte ρ [kg/m ³]	Wärme- durchlass- widerstand R [m ² K/W]	Wärme- durchgangs- koeffizient U [W/m ² K]
R _{se} (außen)						0.04
1	19 Aluminium	0.0015	200	920	2700	0.00
2	2 EPS	0.25	0.04	15	15	6.25
3	19 Aluminium	0.0015	200	920	2700	0.00
R _{si} (innen)						0.13
Σ	0.253	(Wärmedurchgangswiderstand)			6.42	0.16

Tab. 26 Aufbau der Innenwand für Leichtbau Varianten

Innenwand leicht; Leichtmetallständerwand (vereinfacht)						
Nr. Schicht	d [m]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	ρ [kg/m ³]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]
R _{si} (innen)						0.13
1	Gipskarton	0.026	0.21	1384	732	0.12
2	Mineralwolle	0.1	0.04	850	60	2.50
3	Gipskarton	0.026	0.21	1384	732	0.12
R _{si} (innen)						0.13
Σ	0.152	(Wärmedurchgangswiderstand)			3.01	0.33

Tab. 27 Aufbau der Glaswand für die Leichtbau Varianten der Kombibüros zwischen Büros und Multifunktionsbereich

Innenwand; Glaswand für Kombibüro (vereinfacht)						
Nr. Schicht	d [m]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	ρ [kg/m ³]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]
R _{si} (innen)						0.13
1	VSG	0.01	1	750	2500	0.01
2	Luftschicht nach EN ISO 6946	0.05	0.28	1008	1	0.18
3	VSG	0.01	1	750	2500	0.01
R _{si} (innen)						0.13
Σ	0.07	(Wärmedurchgangswiderstand)			0.46	2.17

Bauteil Decke

Tab. 28 Aufbau der Zwischendecke für Leichtbau Varianten

Zwischendecke leicht; aufgeständerter Boden (vereinfacht)						
Nr. Schicht	d [m]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	ρ [kg/m ³]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]
R _{se} (oben) nach EN ISO 6946						0.13
1	Linoleum_Belag	0.01	0.17	1300	1000	0.06
2	Stahlblech verzinkt	0	60	500	7850	0.00
3	Faserverstärktes Kalziumsulfat	0.04	0.36	1100	1150	0.11
4	Stahlblech verzinkt	0	60	500	7850	0.00
5	Luftschicht nach EN ISO 6946	0.3	1.30	1008	1	0.23
6	TDPS_35/30	0.03	0.04	1030	68	0.75
7	Stahlbeton	0.2	2.3	1080	2300	0.09
8	Spachtelmasse	0.005	0.8	1130	1800	0.01
R _{si} (unten) nach EN ISO 6946						0.13
Σ	0.585	(Wärmedurchgangswiderstand)			1.50	0.67

3.6.1.2 massive Bauweise

Bauteil Wand

Tab. 29 Aufbau der Außenwand für massive Varianten

Außenwand massiv; Stahlbeton							
Nr. Schicht	Dicke d [m]	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	spezifische Wärme- kapazität c [J/kgK]	Dichte ρ [kg/m ³]	Wärme- durchlass- widerstand R [m ² K/W]	Wärme- durchgangs- koeffizient U [W/m ² K]	
R _{se} (außen)					0.04		
1	Deckschicht (Putz)	0.01	0.8	850	1500		0.01
2	EPS	0.25	0.04	500	17		6.25
3	Stahlbeton	0.15	2.3	1080	2300		0.07
4	Kalkzementputz	0.01	0.8	1130	1800		0.01
R _{si} (innen)					0.13		
Σ	0.42	(Wärmedurchgangswiderstand)			6.51		0.15

Tab. 30 Aufbau der Innenwand für massive Varianten

Innenwand massiv; Lehmsteine							
Nr. Schicht	d [m]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	ρ [kg/m ³]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	
R _{si} (innen)					0.13		
1	28_Lehmputz	0.01	0.65	1000	1514		0.02
2	22_Lehmstein	0.15	0.4	1000	1040		0.38
3	28_Lehmputz	0.01	0.65	1000	1514		0.02
R _{si} (innen)					0.13		
Σ	0.17	(Wärmedurchgangswiderstand)			0.67		1.50

Tab. 31 Aufbau der Glaswand für die massiven Varianten der Kombibüros zwischen Büros und Multifunktionsbereich

Innenwand; Glaswand für Kombibüro (vereinfacht)							
Nr. Schicht	d [m]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	ρ [kg/m ³]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	
R _{si} (innen)					0.13		
1	VSG	0.01	1	750	2500		0.01
2	Luftschicht nach EN ISO 6946	0.05	0.28	1008	1		0.18
3	VSG	0.01	1	750	2500		0.01
R _{si} (innen)					0.13		
Σ	0.07	(Wärmedurchgangswiderstand)			0.46		2.17

Bauteil Decke

Tab. 32 Aufbau der Zwischendecke für massive Varianten

Zwischendecke massiv; Hohlraumboden (vereinfacht)							
Nr. Schicht	d [m]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	ρ [kg/m ³]	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	
R _{se} (oben) nach EN ISO 6946					0.13		
1	Belag (Teppich)	0.01	0.06	1300	200		0.17
2	Zementestrich	0.05	1.33	1080	2000		0.04
3	PE-Folie	0	0.17	960	1050		0.00
4	Gipskarton	0.01	0.21	1050	900		0.05
5	Luftschicht nach EN ISO 6946	0.15	0.67	1008	1		0.22
6	TDPS_35/30	0.03	0.04	1030	68		0.75
7	Stahlbeton	0.2	2.3	1080	2300		0.09
8	Putz	0.01	0.8	1130	1800		0.01
R _{si} (unten) nach EN ISO 6946					0.13		
Σ	0.46	(Wärmedurchgangswiderstand)			1.58		0.63

3.6.2 Orientierung

Alle Bürotypologien haben zwei gegenüberliegende Hauptfassaden, an denen die Büros entlang angeordnet sind. Da die Bürotypologien um die Mittelachse symmetrisch sind, reicht es, die Grundrisse als Variante um 90° zu drehen, um alle Haupthimmelsrichtungen für die Simulation abzudecken. So ergeben sich Nord-Süd und Ost-West orientierte Grundrisse, bei denen die meisten Zonen nur eine Außenwand aufweisen. Bedingt durch den Grundriss gibt es aber immer zwei Eckbüros bzw. beim Großraumbüros ein Büro mit 3 Außenwänden (siehe 3.1).

3.6.3 Fenstergrößen

Es gibt insgesamt 5 unterschiedliche Größen von Öffnungen, die je Modell simuliert wurden.

Lichteintrittsfläche: 10% :

Die kleinste Größe ergibt sich aus der Arbeitsstättenverordnung [AST09] (siehe 2.1.1).

Die Lichteintrittsfläche (LEF) geht von der Nettofläche des Fensters (ohne Rahmen und Versprossung) aus. Pauschal kann von der Architekturlichte 15% abgezogen werden. Diese Fläche muss 10% der Nettogrundfläche des Büros entsprechen.

Gewählt wurde ein Fenster mit folgender Architekturlichte:

Breite: 1.20 m / Höhe: 1.50 m.

Mit diesen Abmessungen wird die Bedingung bei allen Modellen min. erfüllt, da aber jedes Modell unterschiedliche Nettogrundflächen für die Büros aufweist, ergibt sich nur in einem Fall genau das Verhältnis von 10% (siehe Tab. 33).

Die Varianten mit dieser Größe von Fenstern sind mit „10p_LEF“ abgekürzt.

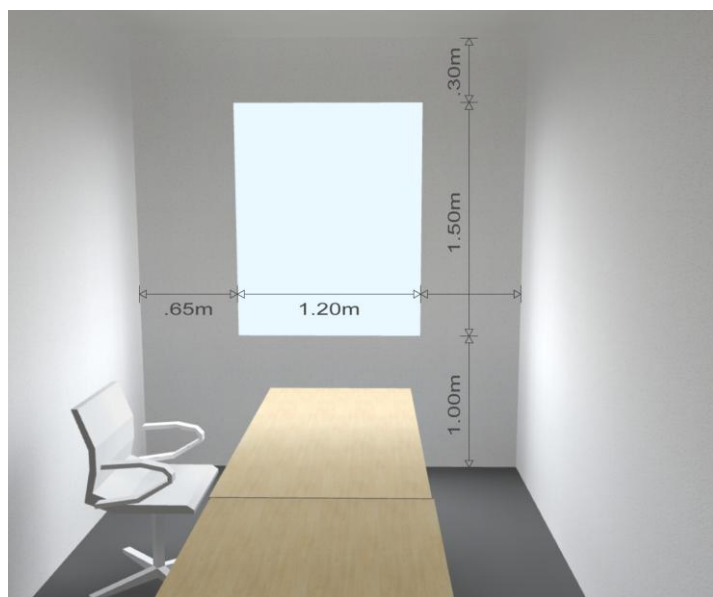


Abb. 25 Architekturlichte der kleinsten Fensteröffnung (10% Lichteintrittsfläche) bei dem Modell „Zellenbüro“; (Bild generiert mit Hilfe von [DIA10])

Tab. 33 Verhältnisse der Nettofläche des kleinsten Fensters (Lichteintrittsfläche) zur Nettofläche.

Zonen				Fenster					SOLL	
Nr.	AP	Nettofläche NF [m ²]	AW	Anzahl / Größe			Flächen		Anteil LEFan NF [%]	10% (min) [m]
				n	h [m]	b [m]	AL [m ²]	LEF		
Zellenbüro										
01 / 08	1	11.44	2	2	x 1.5	x 1.2	3.60	3.06	27%	1.14
03-05,07-09	1	11.44	1	1	x 1.5	x 1.2	1.80	1.53	13%	1.14
02,06 / 12, 16	2	22.88	1	2	x 1.5	x 1.2	3.60	3.06	13%	2.29
Kombibüro										
01+11	1	8.32	2	2	x 1.5	x 1.2	3.60	3.06	37%	0.83
02-09/12-19	1	8.32	1	1	x 1.5	x 1.2	1.80	1.53	18%	0.83
Multifunktionsfläche wird über 1 AW (3 Fenster) und über die Büros mit Tageslicht versorgt; keine ständigen AP										
Gruppenbüro										
01 / 05	4	40.56	2	5	x 1.5	x 1.2	9.00	7.65	19%	4.06
02/06	4	40.56	1	3	x 1.5	x 1.2	5.40	4.59	11%	4.06
03/07	8	67.60	1	5	x 1.5	x 1.2	9.00	7.65	11%	6.76
Großraumbüro										
01	20	156.00	2	10	x 1.5	x 1.2	18.00	15.30	10%	15.6
02	20	156.00	3	15	x 1.5	x 1.2	27.00	22.95	15%	15.6

AL - Architekturlichte
 AW - Anzahl der Außenwände
 LEF - Lichteintrittsfläche

Fensterflächenanteil 30%,50%,70% und 90%

Der Flächenfensteranteil ist der Anteil der Brutto-Fläche des Fensters zur gesamten Fassade bzw. Außenwand. Bei der Auswahl der Fenstergröße wurde darauf geachtet, dass der Mittelwert aller Fensterflächenanteile für alle Modelle dem gewünschten Anteil entspricht.

• **30% Fensterflächenanteil:**

Gewählt wurde ein Fenster mit folgender Architekturlichte:

Breite: 1.50 m / Höhe: 1.50 m

Bei dieser Größe von Fenstern entsteht wie bei der kleinsten



Abb. 27 Beispiel Lochfassade

Fenstervariante (10p_LEF) eine Lochfassade.

Diese Varianten sind mit „30p“ abgekürzt.

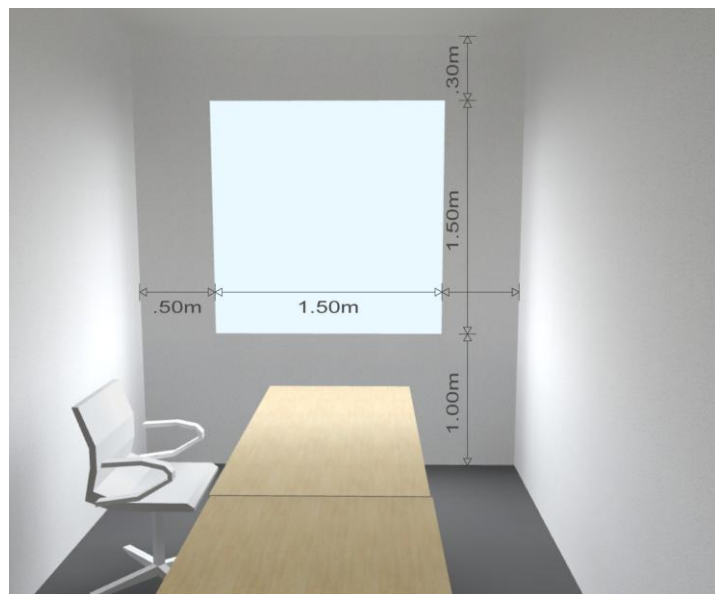


Abb. 26 Architekturlichte bei ca. 30% Fensterflächenanteil bei dem Modell „Zellenbüro“; (Bild generiert mit Hilfe von [DIA10])

- **50% Fensterflächenanteil:**

Gewählt wurde ein Fenster mit folgender Architekturlichte:

Breite: 2.40 m / Höhe: 1.50 m

Weil diese Fenster fast so breit sind, wie zwei Felder des Fassadenrasters (Achsenabstand 1.30 m) entsteht ein horizontaler, additiver Eindruck. Dies wird auch als ein sogenanntes Fensterband bezeichnet. Diese Varianten sind mit „50p“ abgekürzt.

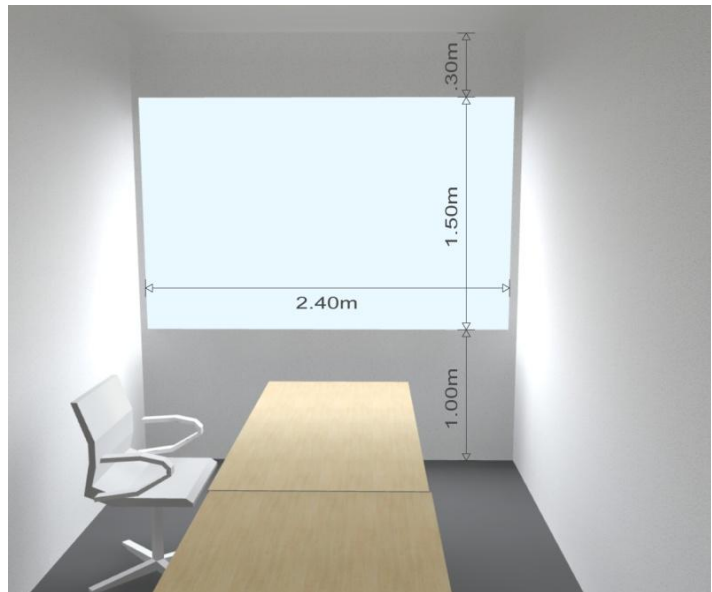


Abb. 28 Architekturlichte bei ca. 50% Fensterflächenanteil bei dem Modell „Zellenbüro“; (Bild generiert mit Hilfe von [DIA10])

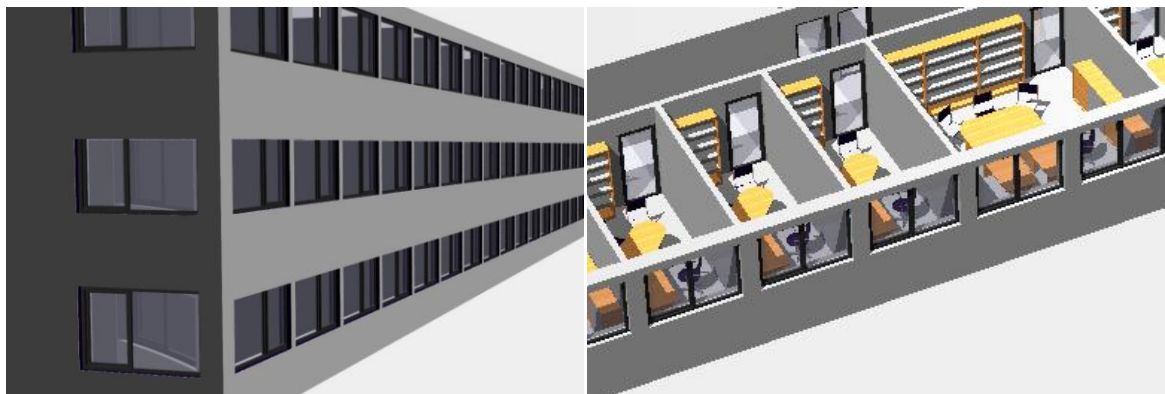


Abb. 29 Beispiele Fassade mit Fensterband

- **70% Fensterflächenanteil:**

Gewählt wurde ein Fenster mit folgender Architekturlichte:

Breite: 2.45 m / Höhe: 2.10 m

Dies ergibt eine fast „Ganzglasfassade“ mit einem niedrigen Parapett.



Abb. 31 Beispiel Ganzglasfassade mit niedrigem Parapett

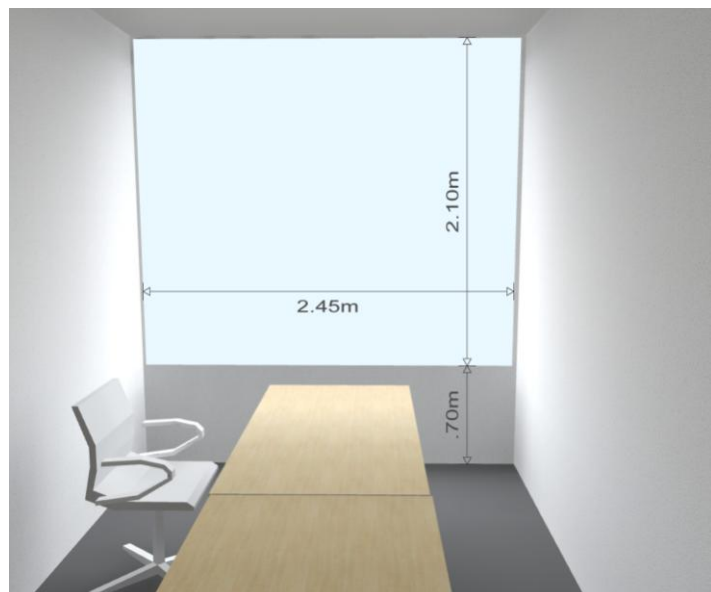


Abb. 30 Architekturlichte bei ca. 70% Fensterflächenanteil bei dem Modell „Zellenbüro“; (Bild generiert mit Hilfe von [DIA10])

Diese Varianten sind mit „70p“ abgekürzt.

- **90% Fensterflächenanteil:**

Gewählt wurde ein Fenster mit folgender Architekturlichte:

Breite: 2.45 m / Höhe: 2.70 m

Diese Größe stellt eine Ganzglasvariante dar.



Abb. 33 Beispiel einer Ganzglasfassade

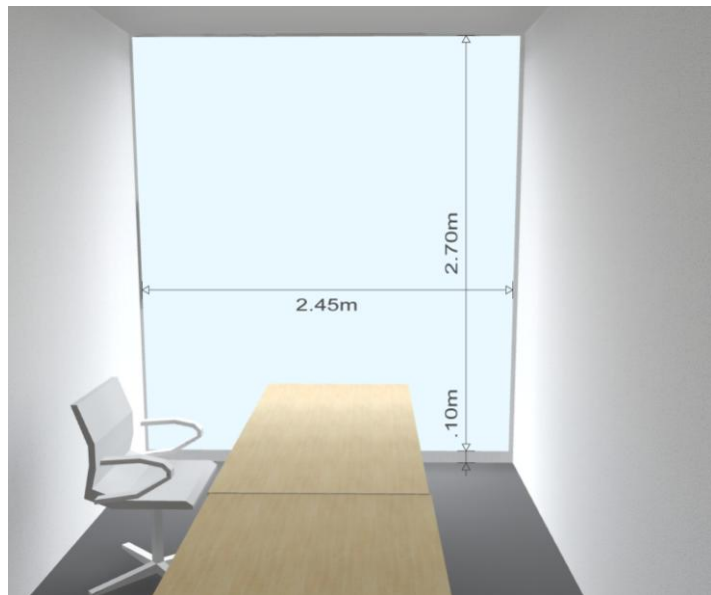


Abb. 32 Architekturlichte bei ca. 90% Fensterflächenanteil bei dem Modell „Zellenbüro“; (Bild generiert mit Hilfe von [DIA10])

Diese Varianten sind mit „90p“ abgekürzt.

3.6.4 Verglasung

Die Wahl der Verglasung orientiert sich an den Angaben aus der Norm EN 13363-1 [OEN07a] .

Um alle relevanten Informationen zu erhalten, wurden Verglasungen gewählt, die auf dem Markt erhältlich sind und den Angaben aus der Tabelle nach [OEN07a] (siehe Tab. 34) entsprechen.

Bei der Wahl des Rahmens wurden die Werte und die Geometrie stark vereinfacht. Bis auf die 3-fach Verglasung mit einem Holz-Alurahmen haben alle Fenster einen handelsüblichen Aluminiumrahmen.

3-fach Verglasung:

Verglasung: 1plus3E von Interpane ($U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,5$) [Int10]

Rahmen: Holz-Aluminium; Daten nach Ultratherm von Unilux ($U_f = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$) [Uni10]

WS-Verglasung:

2-fach Verglasung Optitherm von Pilkington ($U_g = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,5$) [Pil11]

Rahmen: Aluminium; Daten nach AWS 70 HI von Schüco ($U_f = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$) [SCH10]

SSV Verglasung

2-fach Verglasung: Planisol Neutralcon Saint Gobain ($U_g = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,39$) [SAI06]

Rahmen: Aluminium; Daten nach AWS 70 HI von Schüco ($U_f = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$) [SCH10]

Kastenfenster

Dies ist an sich keine Bezeichnung für eine Verglasung, sondern eine Fassadenvariante einer Doppelverglasung. Hier wird sie als Variante für die Verglasung benutzt, um einen Vergleich zu einer Einfachverglasung zu bekommen. Zur Simulation wurde das Durchströmen des Zwischenraums vernachlässigt. Als Sonnenschutz wurde ein außenliegender Sonnenschutz verwendet, der unabhängig vom Wind bedient werden kann, da er im Zwischenraum liegt.

Verglasung: 2-fach Verglasung; Optitherm von Pilkington ($U_g = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,5$) [Pil11] ; mit äußerer Prallscheibe Optiwhite von Pilkington ($U_{g, \text{gesamt}} = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,576$) [Pil11]

Rahmen: Aluminium; stark vereinfacht. Daten nach AWS 70 HI von Schüco ($U_f = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$) [SCH10]

Tab. 34 Übersicht der Verglasung und Ihre Eigenschaften

Verglasungsvarianten		3-fach		SSV		WS Vgl (2-fach)		Kasten im Zwischenraum
		außen	innen	außen	innen	außen	innen	
Sonnenschutz								
RAHMEN								
U_f -Wert in $\text{W/m}^2\text{K}$		1		1.7		1.7		1.7
Art		Holz-Alurahmen		Alurahmen		Alurahmen		Alurahmen
Hersteller/Namen		Unilux Ultraterm		Schüco AWS 70.HI		Schüco AWS 70.HI		Schüco AWS 70.HI
Rahmenbreite in m		0.1		0.1		0.1		0.1
Wärmebrückenkoeffizient Randverbund	ψ_{RV}	0.05		0.05		0.05		0.05
VERSCHATTUNG								
Abminderungsfaktor der Gesamtstrahlung:	z	0.24	0.63	0.3	0,69	0.25	0,51	0.25
Verschattungsfaktor Licht	F_s	0,43		0,41		0,46		0,38
VERGLASUNG								
Hersteller		Interpane		Saint Gobain		Pilkington		Pilkington
Name		Iplus3E		Planisol Neutral		Optitherm		Optiwhite/ -therm
Strahlungstransmissionsgrad	τ_s	0.42		0.325		0.516		0.46
LichtTransmission								
Lichttransmissionsgrad	τ_e	0.72		0.64		0.76		0.69
Lichtreflexionsgrad		0.15		0.15		0.2		0.20
U_g -Wert in $\text{W/m}^2\text{K}$		0.6		1.2		1.3		1.05
g-wert		0.5		0.39		0.64		0.576
angelehnt an Beispiele aus Norm EN 13363-1 [OEN07a]		Wärmeschutzverglasung 3-fach: $U_g=0.6; g=0,50;$ $StrTrans=0,39;$ $LichtTrans= 0,69$		Sonnenschutzverglasung 2-fach: $U_g=1.2; g=0,39;$ $StrTrans=0,325;$ $LichtTrans= 0,64$		Wärmeschutzverglasung 2-fach: $U_g=1.2; g=0,65;$ $StrTrans=0,54;$ $LichtTrans= 0,78$		
BEI AKT. SONNENSCHUTZ								
Lichttransmissionsgrad nach EN 13363-1 [OEN07a]	τ_v	0.16		0.14		0.17		0.16

3.6.5 Sonnenschutz

Generell wird der Sonnenschutz aktiviert, wenn die Gesamtstrahlung über den Strahlungsschwellenwert von 200 W/m^2 [deB06] geht oder und eine Innentemperatur über 24°C in der Zone herrscht.

Mit dieser Regelung wird versucht das Tageslicht am besten auszunutzen, ohne direkte Sonnenbestrahlung oder Blendung am Arbeitsplatz.

Es gibt drei mögliche Positionen der Lage des mobilen Sonnenschutzes bei der Simulation. Bei den einschaligen Fassaden (3-fach-, WS- und Sonnenschutzverglasung) wurden ein innerer und

äußerer Sonnenschutz als Varianten eingesetzt. Bei der zweischaligen Variante (Kastenfenster) wurde der Sonnenschutz bei allen Varianten in den Zwischenraum gesetzt.

Bei den Varianten mit außenliegendem Sonnenschutz wird dieser nicht benutzt, wenn die Wettervorhersage eine Windgeschwindigkeit über dem Maximum von 70 km/h angibt.

Der in Tab. 34 angegebene Wert für den effektiven Lichttransmissionsgrad wurde mit Hilfe der OEN EN13363-1 [OEN07a] berechnet.

$$\tau_{v,t} = \frac{\tau_v \times \tau_{v,B}}{1 - \rho_v \times \rho'_{v,B}}$$

Form. 20 effektiver Lichttransmissionsgrad $\tau_{v,t}$ bei aktivem außenliegendem Sonnenschutz [OEN07a]

$$\tau_{v,t} = \frac{\tau_v \times \tau_{v,B}}{1 - \rho'_{v,B} \times \rho_{v,B}}$$

Form. 19 effektiver Lichttransmissionsgrad $\tau_{v,t}$ bei aktivem innenliegendem Sonnenschutz [OEN07a]

- Dabei ist
- τ_v Lichttransmissionsgrad der Verglasung
 - ρ_v Lichtreflektionsgrad der Seite, die der Sonnenschutzvorrichtung der Verglasung zugewandt ist;
 - $\rho'_{v,B}$ Lichtreflektionsgrad der Seite, die der Sonnenschutzvorrichtung der Verglasung abgewandt ist;
 - $\tau_{v,B}$ Lichttransmissionsgrad der Sonnenschutzvorrichtung;
 - $\rho_{v,B}$ Lichtreflektionsgrad der Seite der Verglasung, die der Sonnenschutzvorrichtung zugewandt ist;
 - $\rho'_{v,B}$ Lichtreflektionsgrad der Seite der Verglasung, die der Sonnenschutzvorrichtung abgewandt ist.

Um einen Vergleich zu ermöglichen, wurden für alle Verschattungsarten die gleichen Kenngrößen für Sonnenschutzvorrichtungen aus den folgenden Tabellen der OEN EN 13363-1 [OEN07a] verwendet. Es wurde ein mittellichtdurchlässiger, weißer textiler Sonnenschutz und für beiden Seiten der gleiche Reflexionsgrad angenommen.

Tab. 35 Typische Kenngrößen für Sonnenschutzvorrichtungen nach OEN EN 13363-1 [OEN07a] und die gewählten Werte farblich markiert

Transmissionsgrad $\tau_{e,B}$		Reflexionsgrad $\rho_{e,B}$			
		weiß	pastellfarben	dunkel	schwarz
Lichtundurchlässig	0,0	0,7	0,5	0,3	0,1
Mittel lichtdurchlässig	0,2	0,6	0,4	0,2	0,1
Stark lichtdurchlässig	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1

4 Ergebnisse

Bei der Auswertung der Ergebnisse wurden 8 Hauptvarianten aus den 4 Typologien und den 2 Bauweisen gebildet

Die Ergebnisse sind auf m²(BGF) oder auf den AP bezogen, um in allen Bereichen einen Vergleich zu schaffen.

Besonders beim Kombibüro ist die gewählte Variante der AP Besetzung (siehe 3.1.4) entscheidend bei der Auswertung je AP und zeigt, dass die Auslegung einer Bürotypologie für die Bilanz sehr wichtig ist.

Hauptvarianten

8x

Typologien	Combi-Büro	Zellenbüro	Gruppenbüros	Großraumbüros	4x
Bauweise	massiv	leicht			2x

Varianten je Typologie/Bauweise

80x

Orientierung	Süd-Nord	Ost-West				2x
Fenstergröße	Lichteintrittsfläche		Fensterflächenanteil			5x
	10% LEF	30%	50%	70%	90%	
Verglasungsart	2-fach	3-fach	Sonnenschutz	Kastenfenster		4x
Lage Sonnenschutz	Innen	Außen				2x

Varianten insgesamt

640x

Um eine gewisse Übersicht zu bewahren, werden hier nur die relevanten Varianten dargestellt und verglichen. Relevante Varianten sind diejenige, die das Optimum oder das schlechteste Resultat (Pessimum) darstellen wie auch neue Erkenntnisse.

Alle Ergebnisse werden im Anhang dargestellt.

Um die Bezeichnung der Varianten so kurz wie möglich zu halten, werden folgende Abkürzungen verwendet :

Legende

Orientierung

N-S	Nord Süd Orientierung
O-W	Ost West Orientierung

Sonnenschutz

innen	innenliegender Sonnenschutz
außen	außenliegender Sonnenschutz
ZR	Sonnenschutz im Zwischenraum bei Kastenfensterfassade
ZR +L	Sonnenschutz im ZR Kastenfensterfassade mit. Lüftungsklappen

Fassade/Fenstergröße

10p_LEF	10% Lichteintrittsfläche abhängig vom Grundriss
30p	30% Fensterflächenanteil an der Außenwand
50p	50% Fensterflächenanteil an der Außenwand
70p	70% Fensterflächenanteil an der Außenwand
90p	90% Fensterflächenanteil an der Außenwand

Verglasungsart (siehe Kap 3.6.4)

3-fach Vgl.	3-fach Verglasung
WS Vergl.	2-fach Verglasung (Standard Wärmeschutz Vergl.)
SSV Vergl.	Sonnenschutz Verglasung 2-fach Verglasung
Kastenf.	Kastenfensterfassade
Kastenf. m. Lüft	Kastenfensterfassade mit Lüftungsklappen

Abkürzungen allgemein

BGF	Die Bruttogrundfläche (BGF) bezieht sich in dieser Arbeit auf die Brutto Bürofläche ohne die Flächen für die Infrastruktur wie Gebäudetechnik oder die vertikale Erschließung in m ²
FFA	Fensterflächenanteil in m ²
AP	Arbeitsplatz /Arbeitsplätze
V1.	betrifft das Modell „Kombibüro“ und bezieht sich auf die Nutzungs-Variante 1: alle AP sind gleichwertig (siehe 3.1.4)
V2	betrifft das Modell „Kombibüro“ und bezieht sich auf die Nutzungs-Variante 2: die AP im multifunktionalen mittleren Bereich werden nicht als volle AP gewertet (siehe 3.1.4)

4.1 Primärenergiebedarf

Im Folgenden werden die Varianten anhand ihres Primärenergiebedarfs untersucht und miteinander verglichen. Beim Vergleich innerhalb der Hauptvarianten werden die Werte für den Primärenergiebedarf je $\text{m}^2(\text{BGF})$ und Jahr verwendet. Zusätzlich werden noch die Werte des Primärenergiebedarfs je AP bzw. Personen, die das Büro nutzen, und Jahr beim Vergleich zwischen den Hauptvarianten verwendet. Die Werte für den Primärenergiebedarf je AP sind natürlich höher, aber weisen keine Unterschiede bei den Ergebnissen innerhalb der Hauptvarianten auf, welche Variante besser oder schlechter ist. Aber im Vergleich zwischen den Hauptvarianten ergibt sich ein Unterschied, da alle Bürotypologien unterschiedliche Grundrisse beanspruchen. Durch den Vergleich zwischen den Hauptvarianten auf Basis der benötigten jährlichen Primärenergie je AP wird eine Übersicht geschaffen, was für Auswirkungen die AP-Dichte hat.

Im ersten Kapitel werden die maximalen und minimalen Werte des gesamten Primärenergiebedarfes und der Kühlbedarf (KB) in $\text{kWh}/\text{m}^2(\text{BGF})\cdot\text{a}$ untersucht. Im zweiten wird zur Übersicht der gesamte jährliche Primärenergiebedarf auf den AP bezogen. Die besten und schlechtesten Werte der Hauptvarianten werden im dritten Kapitel gegenübergestellt.

Der Heizwärmebedarf (HWB) und die Zuluftbeheizung werden gesondert im Kapitel 4.2 behandelt

4.1.1 Vergleich Primärenergiebedarf bezogen auf m²(BGF) und Jahr

4.1.1.1 Modell „Zellenbüro“, leichte Bauweise

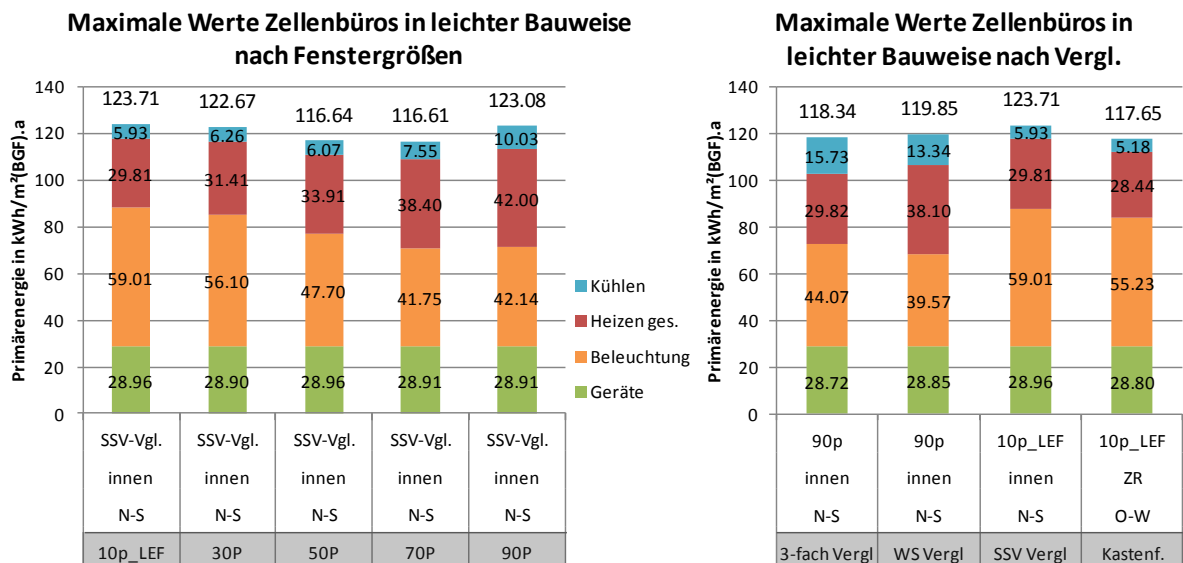


Abb. 34 Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a; Modell „Zellenbüro“ leichte Bauweise

Deutlich zu sehen ist, dass die Beleuchtung eine große Rolle beim Primärenergieverbrauch spielt. So sind besonders die Varianten mit kleinen Fenstergrößen die Varianten mit einem höheren Primärenergiebedarf. Bei einer Nord-Süd-Orientierung und einem inneren Sonnenschutz erkennt man einen merklichen Anstieg im Verbrauch der Primärenergie für die Kühlung. So ist bei der 3-fach Verglasung mit einer Nord-Süd Orientierung, innenliegendem Sonnenschutz und den größten Fensterflächen der höchste Kühlbedarf festzustellen. Der höchste Primärenergiebedarf hat aber eine Variante mit einer Sonnenschutzverglasung, den kleinsten Fensterflächen, einem inneren Sonnenschutz und einer Nord-Süd-Orientierung.

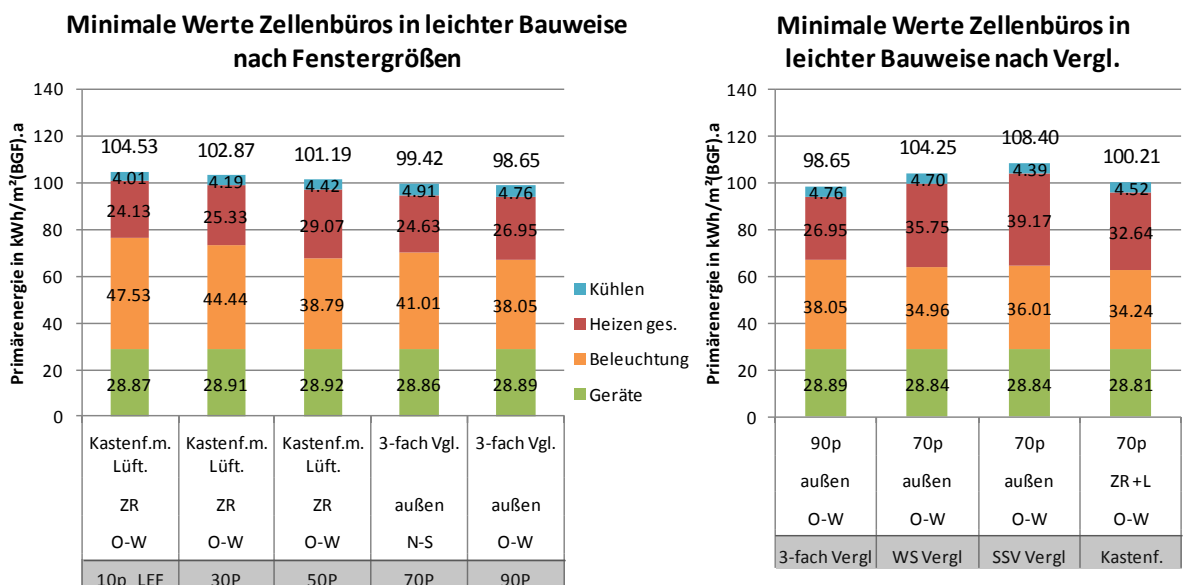


Abb. 35 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a; Modell „Zellenbüro“ leichte Bauweise

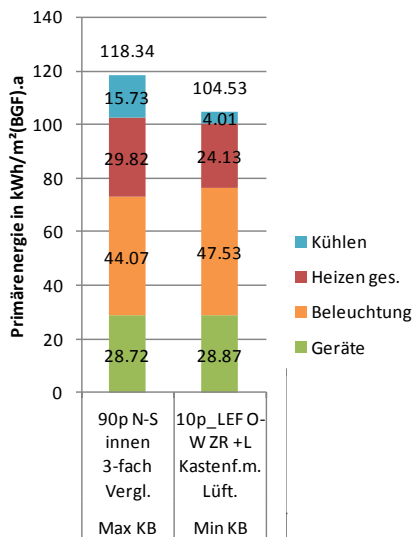


Abb. 36 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. KB; Modell „Zellenbüro“, I. Bw

Bei kleineren Fenstern und einer Ost-West Orientierung eignen sich die Kastenfenster mit Lüftungskappen. Bei größeren Fenstergrößen bieten sich eher die 3-fach Verglasungen an. Am besten schneidet überraschenderweise eine Variante mit den größten Fensterflächen (90p) ab. Man erkennt, dass die benötigte Primärenergie für die Beleuchtung entscheidend ist und, dass die solare Einstrahlung bei der etwas größeren Fensterfläche auch bei einer 3-fach Verglasung gut genutzt werden kann. Beim Vergleich zwischen den Verglasungen setzt sich bei allen, bis auf die 3-fach Verglasung, eindeutig die Variante mit 70% Fensterflächenanteil als beste Variante durch.

Die Variante mit dem kleinsten Kühlbedarf ist auch die Variante mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a bei 10% Lichteintrittsfläche (LEF), doch durch den sehr hohen Bedarf an Beleuchtungsenergie im Vergleich zu den größeren Fensteröffnungen ist diese Variante nicht das Optimum dieser Hauptvariante.

4.1.1.2 Modell „Zellenbüro“, massive Bauweise

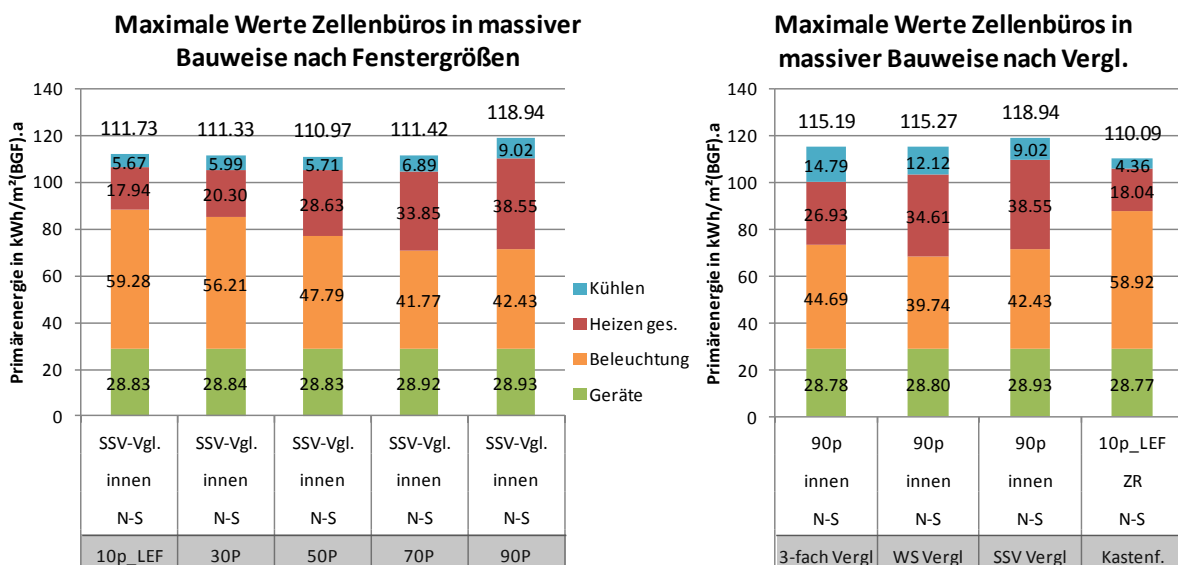


Abb. 37 Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a; Modell „Zellenbüro“ massive Bauweise

Für alle Fenstergrößen mit Sonnenschutzverglasung einem inneren Sonnenschutz und einer Nord-Süd Orientierung ergibt sich ein sehr hoher Primärenergiebedarf. Doch den größten Kühlenergiebedarf verursacht die Variante mit 3-fach Verglasung mit einem inneren Sonnenschutz, Nord-Süd Orientierung und maximaler Fenstergröße. Doch der

Heizwärmebedarf ist entscheidend, weshalb auch die Variante mit SSV den höchsten Primärenergiebedarf hat.

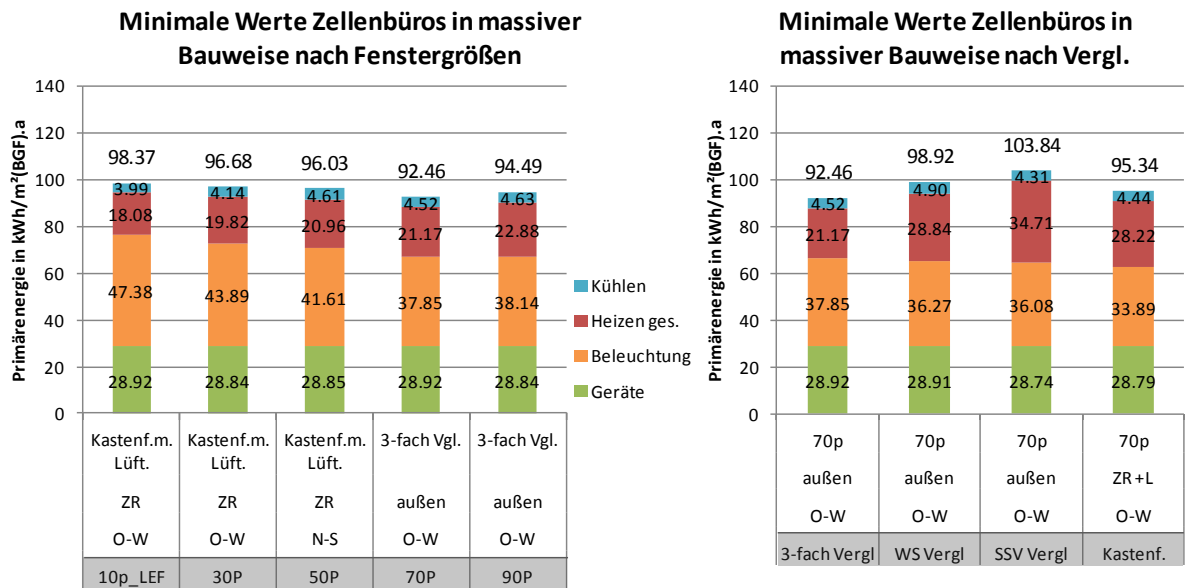


Abb. 38 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a; Modell „Zellenbüro“ massive Bauweise

Man erkennt, dass die Varianten mit 70% Fensterfläche, einer Ost-West Orientierung und einem

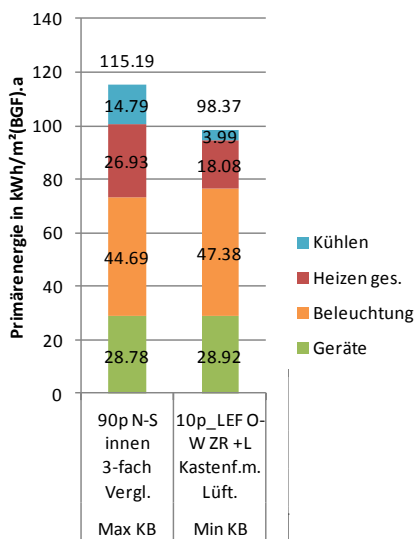


Abb. 39 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. KB; Modell „Zellenbüro“, m. Bw

außenliegenden Sonnenschutz mit allen Verglasungen einen niedrigen Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a erlangen. Nur der erhöhte Bedarf für die Beleuchtung bei den kleineren Fenstergrößen macht den wesentlichen Unterschied. Alle Verglasungen schaffen es Varianten unter 100 kWh/m²(BGF).a zu halten, nur bei der Sonnenschutzverglasung (SSV) ist auch die beste Variante um ca. 4 kWh/m²(BGF).a darüber bedingt durch einen höheren Heizwärmebedarf. Auffällig ist auch, dass im Vergleich zur gleichen Hauptvariante in Leichtbauweise, der Kühlenergiebedarf aller Varianten im Schnitt nicht wesentlich (<1 kWh/m²(BGF).a) kleiner geworden ist.

Die Varianten mit maximalen und minimalen KB sind die gleichen wie bei der leichten Bauweise. Die relativ hohe Beleuchtungsenergie bei den Zellenbüros mit kleineren Fensterflächen (unabhängig von der Bauweise) ist im Vergleich zu den anderen Hauptvarianten besonders auffällig. Des Weiteren hat die beste Variante mit den größten Fenstern nur ein 4,8kWh/m²(BGF) größeren HWB wie das Optimum der Varianten mit der kleinsten Verglasung, die auch gleichzeitig den kleinsten Kühlbedarf bei dieser Hauptvariante hat.

4.1.1.3 Modell „Kombibüro“, leichte Bauweise

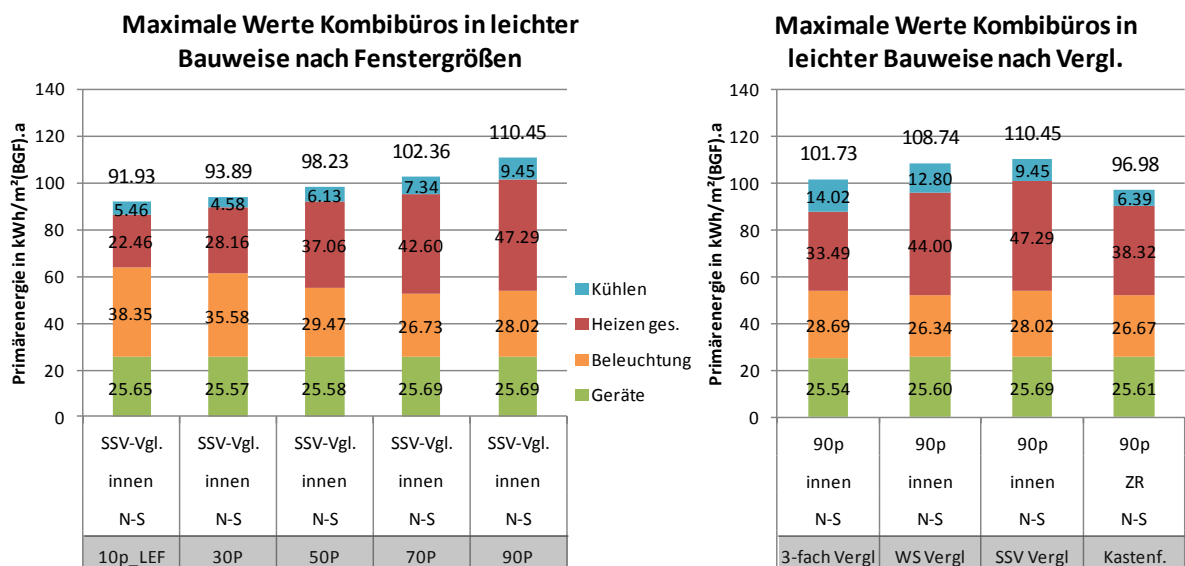


Abb. 40 Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a; Modell „Kombibüro“ leichte Bauweise

Beim Vergleich zwischen den Fenstergrößen des höchsten Primärenergiebedarfs je m²(BGF) und Jahr haben alle Varianten die gleichen Parameter: SSV-Verglasung, innenliegender Sonnenschutz und Nord-Süd Orientierung. Bei dieser Hauptvariante schneiden auch bei allen Verglasungsarten die Variante mit Nord-Süd Orientierung, innenliegendem Sonnenschutz bzw. Sonnenschutz im Zwischenraum und den größten Fensterflächen am schlechtesten ab. Man sieht deutlich, dass bei größer werdenden Fensterflächen der Bedarf an Heizenergie stärker steigt, als der Bedarf an die Beleuchtungsenergie sinkt. Weswegen auch unter anderem die Varianten mit 90% Fensterflächenanteil einen hohen Primärenergiebedarf hat.

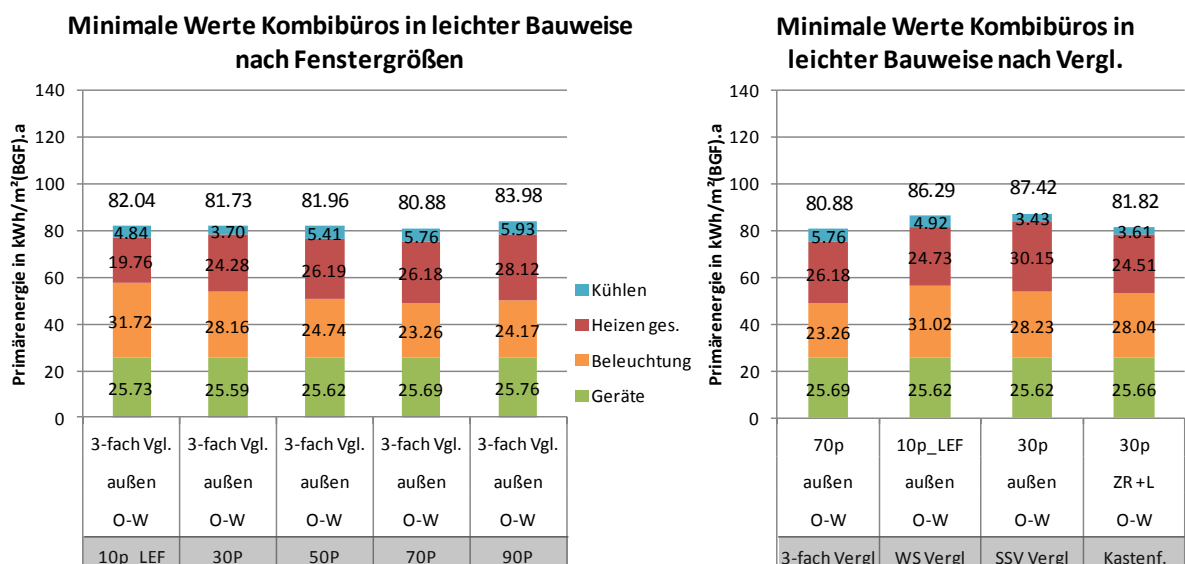


Abb. 41 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a; Modell „Kombibüro“ leichte Bauweise

Auffällig ist, dass bei der besten Variante mit 3-fach Verglasung, außenliegendem Sonnenschutz und einer Ost-West Orientierung der Primärenergiebedarf je m²(BGF) und Jahr für alle

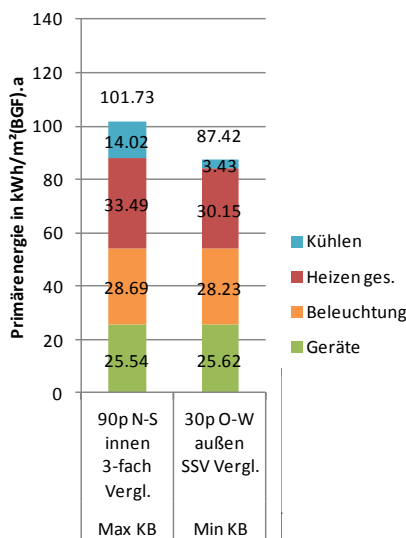


Abb. 42 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. KB; Modell „Kombibüro“, I. Bw

Fenstergrößen fast gleich bleibt. Natürlich nimmt die Beleuchtungsenergie mit größer werdenden Fenstergrößen ab und die Heizenergie zu, doch beim gesamten Ergebnis gibt es nur maximal einen Unterschied von 3.10 kWh/m²(BGF).a. Beim Vergleich zwischen den Verglasungen erkennt man, dass nur bei der 3-fach Verglasung die großen Fensterflächen (70%) ein Optimum darstellen. Bei den anderen Verglasungen sollte eher auf kleinere Fenstergrößen zurückgegriffen werden, um den optimalen Primärenergiebedarf zu bekommen.

Der maximale KB ist wieder eine Variante mit der größten Fensterfläche einer Nord-Süd Orientierung, einem innenliegenden Sonnenschutz und einer 3-fach Verglasung.

Doch ist diese Variante nicht das Pessimum dieser Hauptvariante. Die Variante mit dem kleinsten Kühlbedarf ist diesmal nicht eine Variante mit dem kleinsten Fenstern, aber wäre ein Optimum, wenn man für die Verglasung ein Sonnenschutzglas verwenden will. Diese Variante mit den gleichen Parametern, aber mit einer 3-fach Verglasung hätte einen um ca. 6,3 kWh/m²(BGF).a niedrigeren gesamten Primärenergiebedarf.

4.1.1.4 Modell „Kombibüro“, massive Bauweise

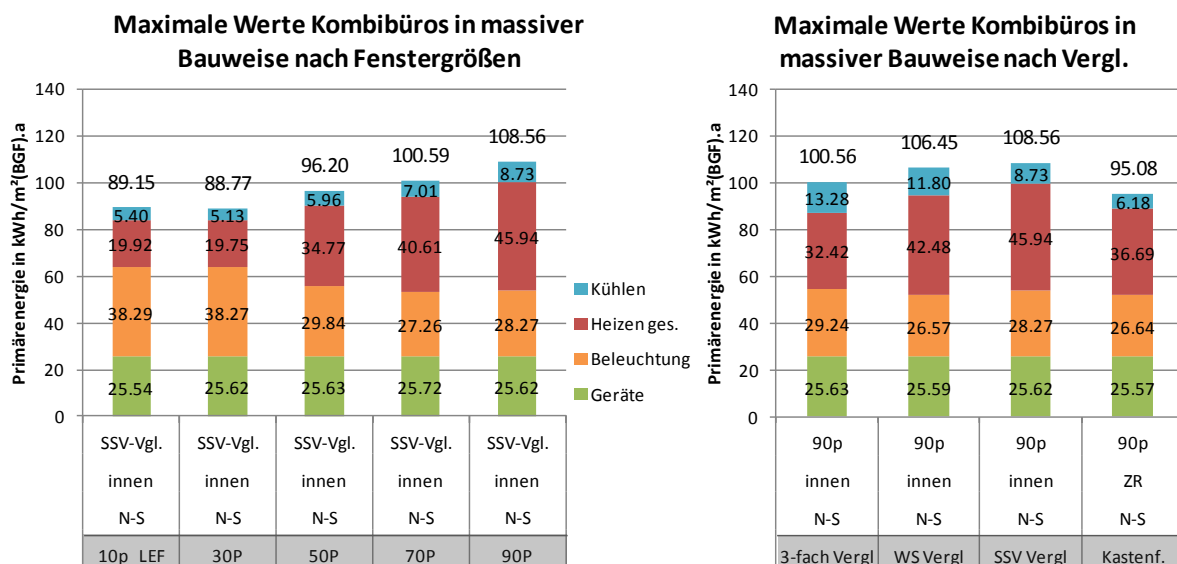


Abb. 43 Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a; Modell „Kombibüro“ massive Bauweise

Bei der massiven Hauptvariante sind die Ergebnisse der Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf gleich mit der Leichtbauweise. Doch ist bei der massiven Bauweise der Primärenergiebedarf für das Heizen und Kühlen geringer.

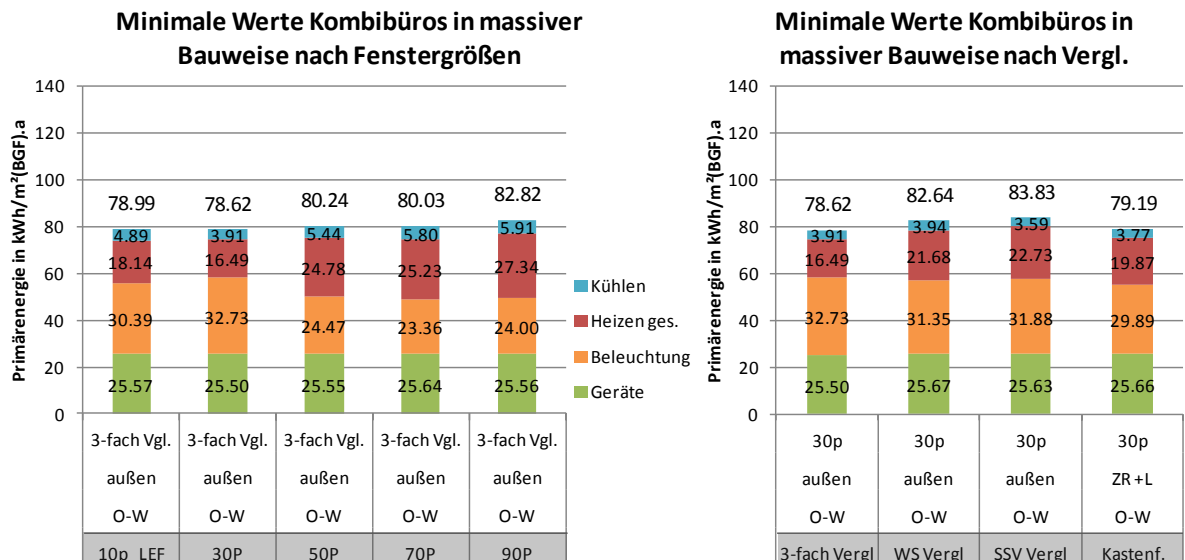


Abb. 44 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a; Modell „Kombibüro“ massive Bauweise

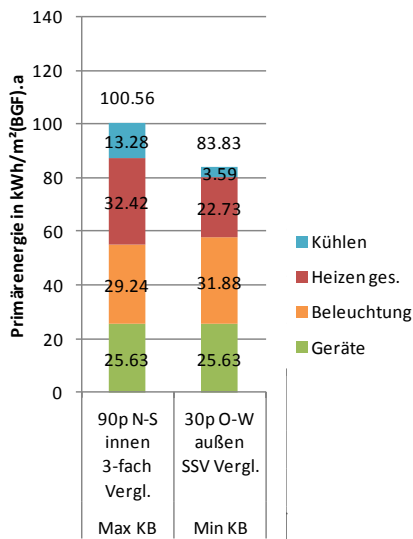


Abb. 45 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. KB; Modell „Kombibüro“, m. Bw

Bei den Varianten mit dem geringsten Bedarf an Primärenergie je m² und Jahr ist das Ergebnis anders. So erzielt die Variante mit 30% Fensterflächenteil, 3-fach Verglasung, außenliegendem Sonnenschutz und einer Ost-West Orientierung, trotz relativ hohen Primärenergieaufwand für die Beleuchtung, das niedrigste Ergebnis beim gesamten Primärenergiebedarf. Auffällig ist, dass sich alle Ergebnisse der Optima beim Vergleich der Fensterflächengröße innerhalb eines Bereiches von 4,2 kWh/m²(BGF).a bewegen. Beim Vergleich zwischen den Varianten mit dem kleinsten Primärenergiebedarf der unterschiedlichen Verglasungen sieht man deutlich den Unterschied zu der leichten Bauweise: Diesmal weisen alle optimalen Varianten eine 30% Fensterflächenanteil auf. Die Lage des Sonnenschutzes und die Orientierung sind gleich. Die absoluten Werte sind generell um die 3 kWh/m²(BGF).a kleiner als bei der leichten Bauweise. Wie bei der Leichtbau Variante ist die Variante mit dem kleinsten bzw. größten KB nicht diejenige mit dem kleinsten bzw. größten gesamten Primärenergiebedarf.

Auffällig beim Modell Kombibüro ist, dass bei der Auswertung nach m²(BGF) keine Variante über 110kWh/m²(BGF).a geht. Auch bei den Varianten mit den maximalen Werten für den gesamten Primärenergiebedarf je m²(BGF) und Jahr gibt es viele, die unter 100 kWh/m²(BGF).a liegen.

4.1.1.5 Modell „Gruppenbüro“, leichte Bauweise

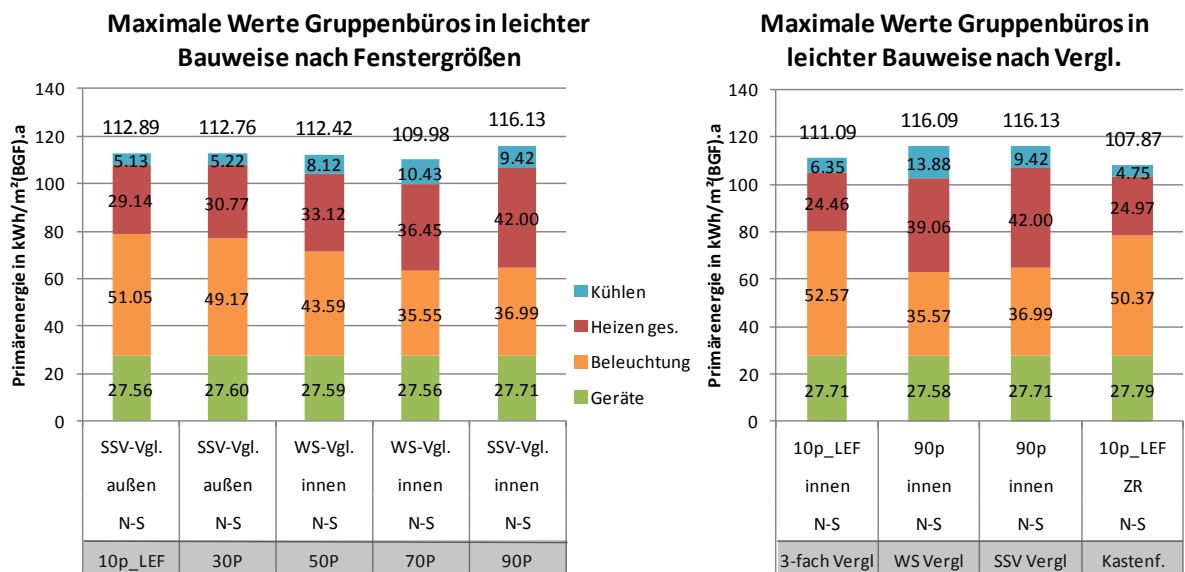


Abb. 46 Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a; Modell „Gruppenbüro“ leichte Bauweise

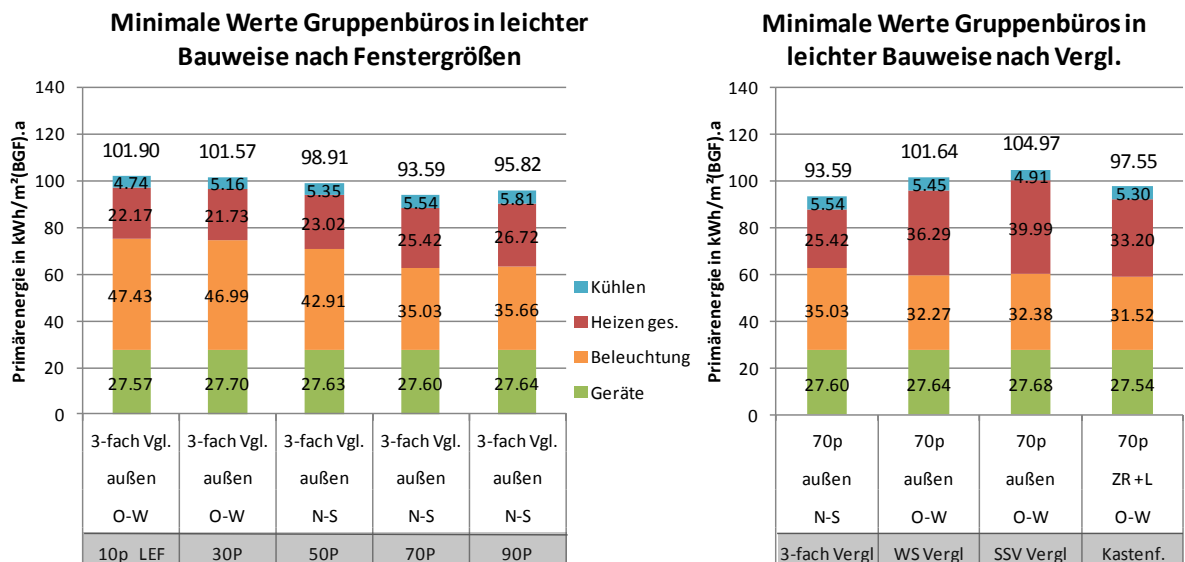
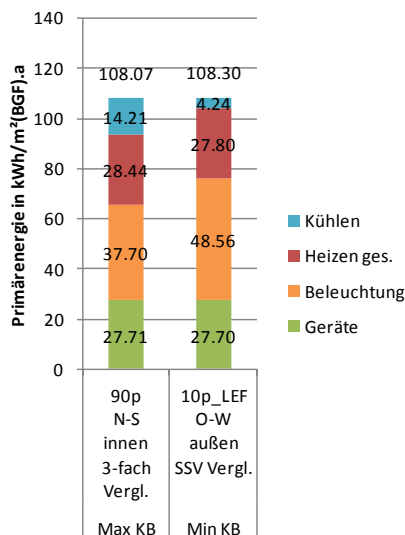


Abb. 47 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a ;Modell „Gruppenbüro“ leichte Bauweise

Beim Vergleich zwischen den Fenstergrößen ist gut zu sehen, dass sich bei den kleinen Fenstergrößen von 10p_LEF bis 50p beim maximalen und minimalen Gesamt-Primärenergiebedarf fast kein Unterschied ergibt. Die besseren Lichtverhältnisse bei größeren Fensteröffnungen sind mit einem erhöhten Bedarf an die Heizenergie gebunden, der diesen Vorteil wieder fast ausgleicht. Erst mit den Fenstergrößen 70% und 90% erkennt man den Vorteil bzw. einen Nachteil durch einen erhöhten HWB. Die Entscheidenden Faktoren sind bei diesem Modell die Verglasungsart, wie man beim Vergleich zwischen den Verglasungen gut erkennen kann.

Diesmal ist eine Nord-Süd Orientierung das Optimalste bei einer 3-fach Verglasung, einem außenliegenden Sonnenschutz und 70% Fensterflächenanteil.



Die Variante mit dem größten bzw. kleinsten Kühlbedarf (siehe Abb. 48) ist bei diesem Modell nicht bei den Grafiken, mit dem höchsten bzw. niedrigsten Primärenergiebedarf vertreten. Interessanterweise ergibt sich bei beiden Varianten fast der gleich hohe Gesamt-Primärenergiebedarf, obwohl sie gegensätzliche Eigenschaften aufweisen.

Abb. 48 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. KB; Modell „Gruppenbüro“, I. Bw

4.1.1.6 Modell „Gruppenbüro“, massive Bauweise

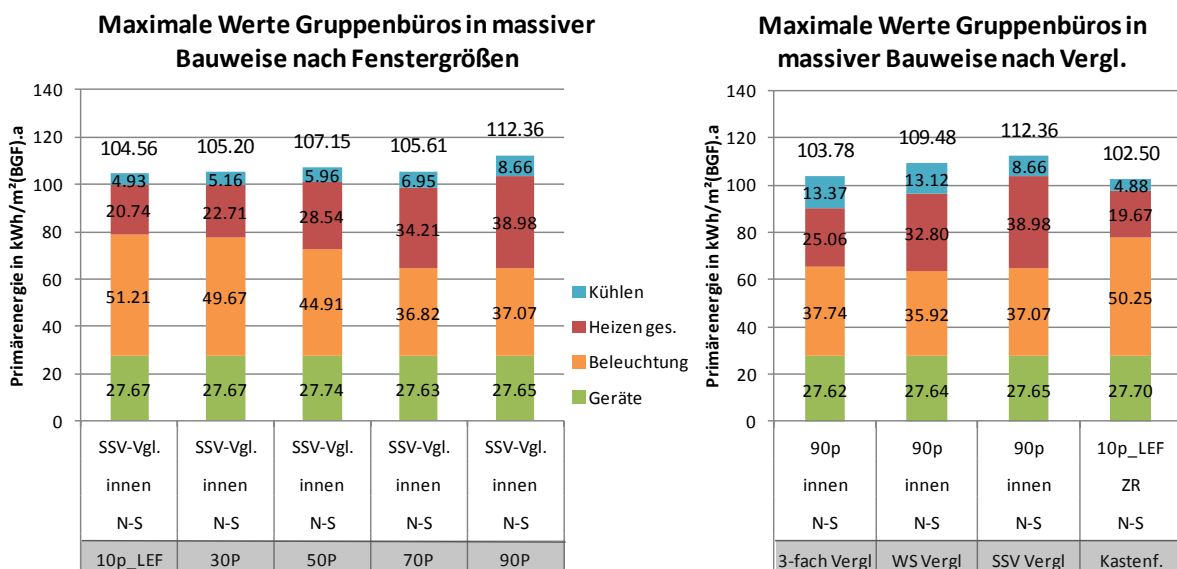


Abb. 49 Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a; Modell „Gruppenbüro“ massive Bauweise

Die Ergebnisse ähneln dem Modell in Leichtbauweise. Nur, dass der gesamt Primärenergiebedarf je m²(BGF) und Jahr im Schnitt ca. 5 kWh/m²(BGF).a kleiner ist und es größere Unterschiede zwischen den Varianten mit 10%_LEF-50% Fensterflächenanteil gibt.

Die Variante mit dem optimalen Primärenergiebedarf je m² und Jahr ist auch wieder die Variante mit 70% Fensterflächenanteil, außenliegendem Sonnenschutz und einer 3-fach Verglasung. Doch diesmal mit einer Ost-West Orientierung, anstelle einer Nord-Süd Orientierung wie beim Leichtbau. Wie sich beim Vergleich bei den Verglasungen zeigt, liegt bei allen das Optimum bei einer Fenstergröße von 70% Fensterflächenanteil.

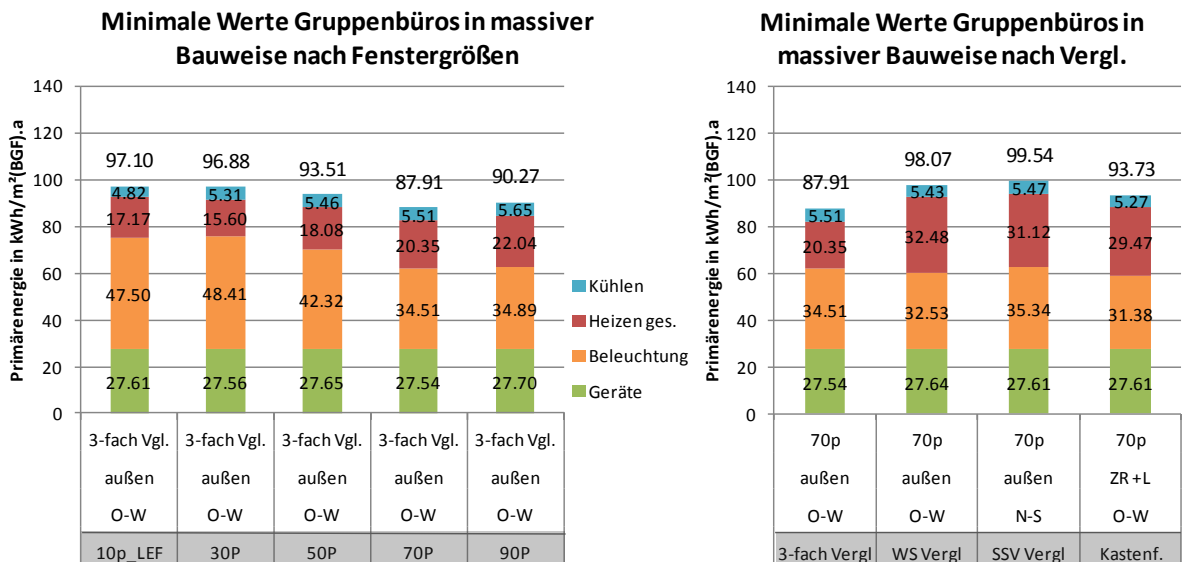


Abb. 50 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a ;Modell „Gruppenbüro“ leichte Bauweise

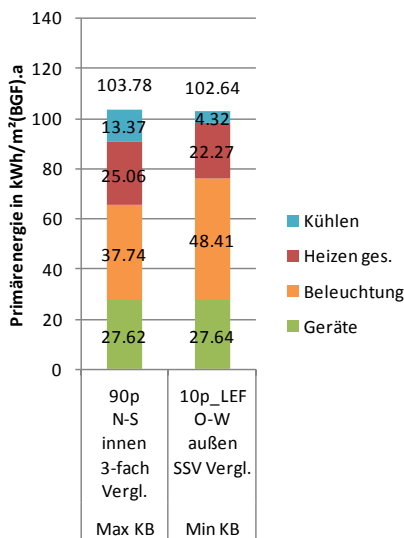


Abb. 51 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. KB; Modell „Gruppenbüro“, m. Bw

Die Abhängigkeit des Beleuchtungsenergiebedarfs an die Fenstergröße ist wieder sehr gut zu erkennen. Genauso erkennt man das, ab einer Fensteröffnung von 70 % Fensterflächenanteil es keine Minderung der Beleuchtungsenergie mehr gibt und das der Primärenergiebedarf wieder steigt, bedingt durch den erhöhten Kühl- und Heizbedarf.

Bei diesem Modell in massiver Bauweise ist auch die Variante mit dem höchsten Primärenergiebedarf je m²(BGF) und Jahr gleich der mit dem höchsten Kühlbedarf. Die Variante mit dem kleinsten Kühlbedarf hingegen ist weit weg vom Optimum und zählt eher zu den Varianten mit einem hohen Primärenergiebedarf je m²(BGF) und Jahr.

4.1.1.7 Modell „Großraumbüro“, leichte Bauweise

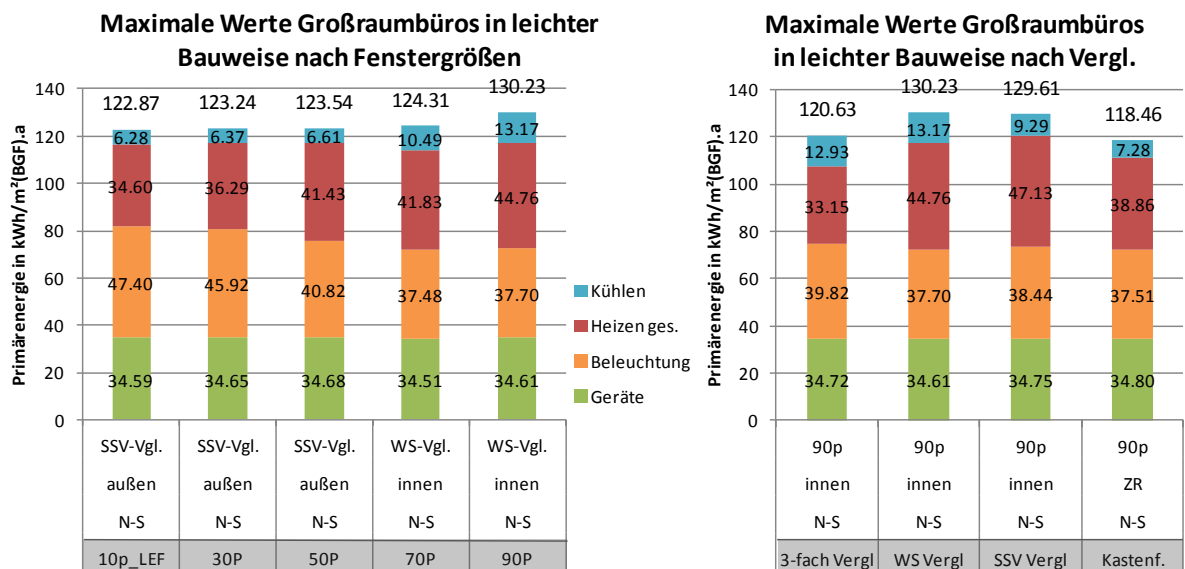


Abb. 52 Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a; Modell „Großraumbüro“ leichte Bauweise

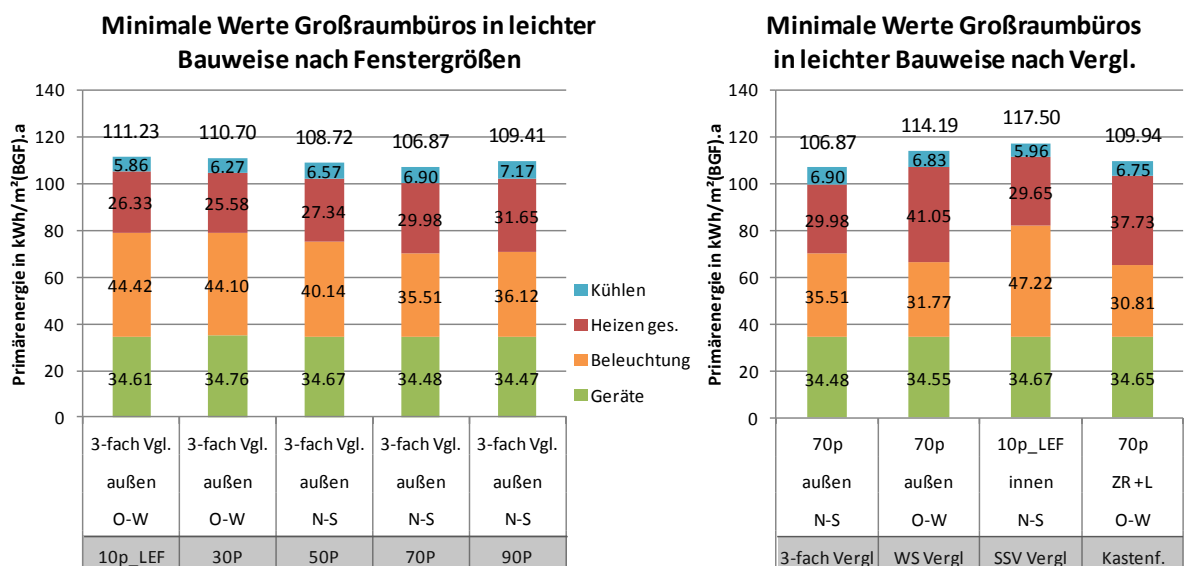


Abb. 53 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a; Modell „Großraumbüro“ leichte Bauweise

Wie bei dem Modell „Gruppenbüro“ ist auch beim Modell „Großraumbüro“ in der Leichtbauweise eine Variante mit einer Nord-Süd Orientierung die optimale Variante. So ergibt sich für die Varianten mit den größeren Fenstergrößen die Variationen mit einer Nord-Süd Orientierung, einem außenliegenden Sonnenschutz und 3-fach Verglasung den niedrigsten Primärenergiebedarf im Gegensatz zu den Varianten mit den kleineren Fenstergrößen, die für den optimalen wert eine Ost-West Orientierung aufweisen. Wie bei jedem Modell davor erkennt man bei dem benötigten Primärenergiebedarf für die Beleuchtung die Abhängigkeit von der Fenstergröße. Doch der Wärmeverlust über die Verglasung und der dadurch erhöhte HWB bleiben entscheidend. Dies erkennt man sehr gut beim Vergleich zwischen den Varianten mit

dem maximalen und minimalen Primärenergiebedarf je m²(BGF) und Jahr der 3-fach und WS Verglasung.

Ein überraschendes Ergebnis ist, dass bei der Sonnenschutzverglasung die Varianten mit den

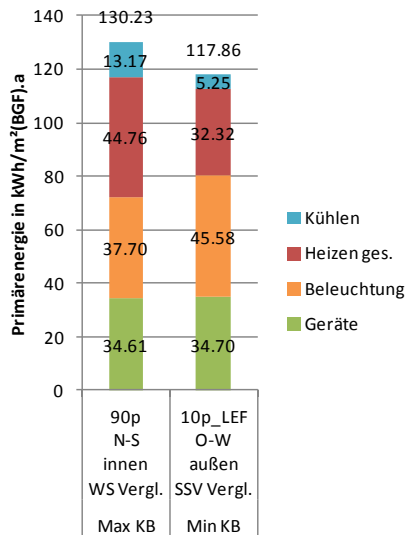


Abb. 54 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. KB; Modell „Großraumbüro“, I. Bw

höchsten und dem niedrigsten Primärenergiebedarf je m²(BGF) und Jahr sich nur bei der Fenstergröße unterscheiden. Diesmal ist bei der Sonnenschutzverglasung die kleinste Fenstergröße das Optimale. Bei den anderen Verglasungen sind die Fassaden mit 70% Fensterflächenanteil optimal.

Die Variante dieser Hauptgruppe mit dem höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m².a hat auch den höchsten Kühlenergiebedarf.

Wieder ist eine Sonnenschutzverglasung die Variante mit dem kleinsten KB, doch durch den relativ hohen HWB und der hohen Beleuchtungsenergie durch die kleinen Fenster schafft diese Variante es nicht, das Optimum dieser Verglasung bzw. dieser Hauptvariante zu sein.

4.1.1.8 Modell „Großraumbüro“, massive Bauweise

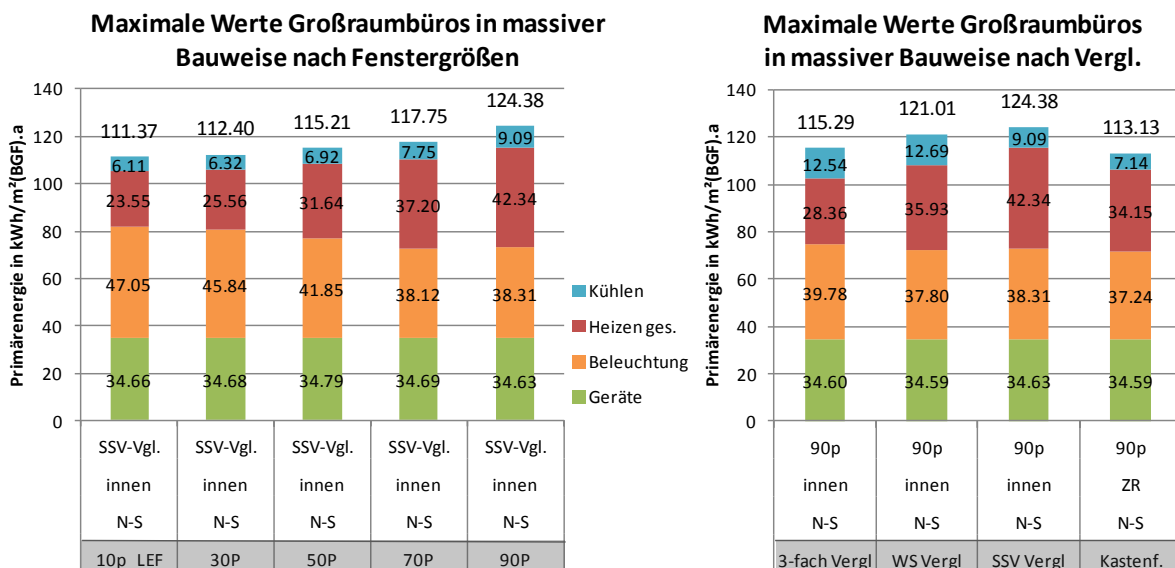


Abb. 55 Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a; Modell „Großraumbüro“ massive Bauweise

Bei der massiven Variante erkennt man deutlicher den Unterschied der Fenstergrößen. Da durch größere Fenster und dem Fehlen von Zwischenwänden auch deutlich weniger Masse vorhanden ist, die Wärme speichern könnte, wird dadurch wahrscheinlich der HWB größer, im Vergleich zu

den Varianten mit kleineren Fenstern. Deutlich erkennt man den Unterschied zwischen den beiden Bauweisen bei der kleinste Fenstergröße, beim Maximum beträgt der Unterschied beim HWB ca. 11 kWh/m²(BGF).a und beim Minimum immerhin noch ca. 7 kWh/m²(BGF).a

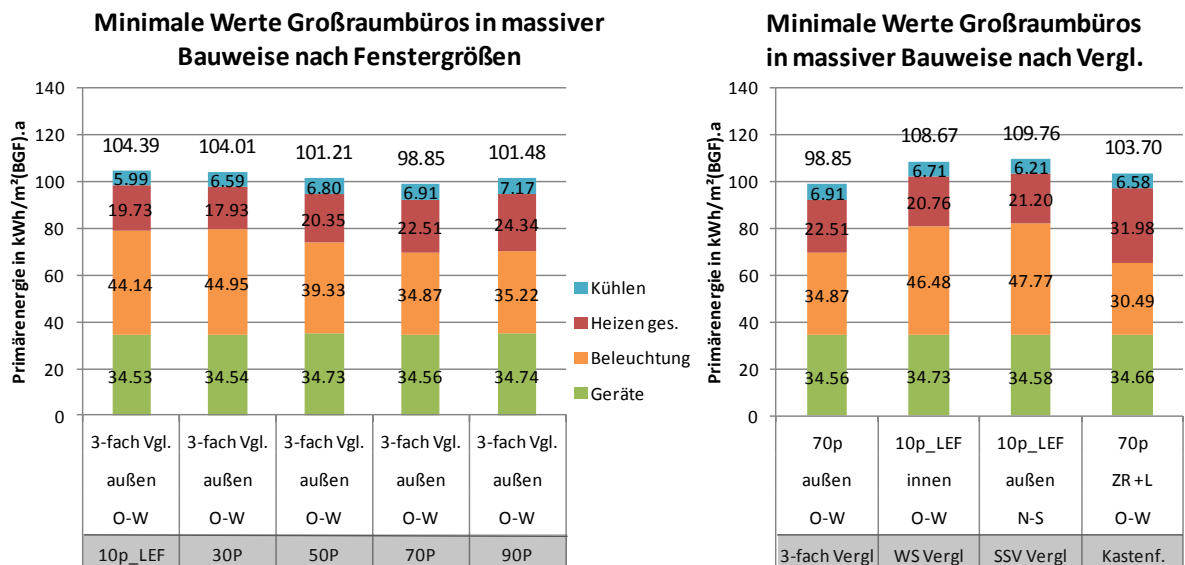


Abb. 56 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a; Modell „Großraumbüro“ massive Bauweise

Beim Vergleich der Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf zwischen den Fenstergrößen erkennt man, dass sie alle die gleiche Orientierung, den gleichen Sonnenschutz und die gleiche Verglasung haben. Wie bei den Modellen davor ist auch hier wieder die Abhängigkeit des Beleuchtungsenergiebedarfs gut an der Fenstergröße sichtbar. Hier ist der Beleuchtungsenergiebedarf bei der Variante mit 90% FFA sogar höher als bei der Variante mit 70% FFA. Dies liegt wahrscheinlich an dem häufigeren Gebrauch des Sonnenschutzes bedingt durch höhere Innentemperaturen, was der erhöhte Kühlbedarf vermuten lässt.

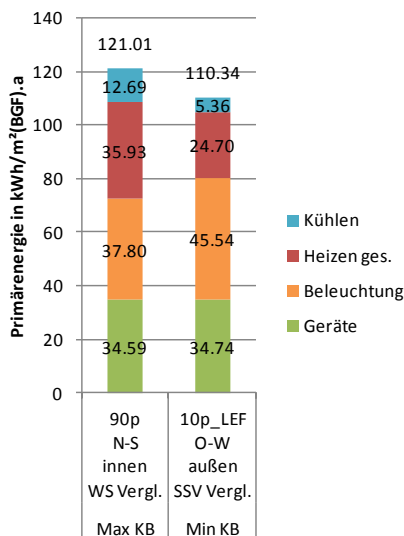


Abb. 57 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. KB; Modell „Großraumbüro“, m. Bw

Beim Vergleich zwischen den Verglasungen erkennt man, dass die Varianten mit der 3-fach Verglasung und dem Kastenfenster ein Optimum bei 70% Fensterflächenanteil haben, hingegen brauchen die andern Verglasungen kleinere Fensteröffnungen, um den Primärenergiebedarf zu senken.

Beim Betrachten des maximalen und minimalen KB ergibt sich keine Veränderung bei den Varianten. Sie sind die gleichen Varianten wie bei dem gleichen Modell in leichter Bauweise. Der gesamte Primärenergiebedarf je m²(BGF) und Jahr ist um ca. 7-9 kWh/m²(BGF).a niedriger. Der minimalste KB bei der massiven Variante ist sogar etwas höher als bei der leichten Variante.

4.1.2 Vergleich Optimum Primärenergiebedarf bezogen auf AP und Jahr

Zur vollständigen Darstellung sind hier von allen Modellen die optimalen Varianten mit ihrem Primärenergiebedarf je AP und Jahr aufgelistet, um die erhöhten Werte darzustellen und zu zeigen, dass die vermeintlich besseren Bürotypologien nach dem Primärenergiebedarf je m²(BGF) und Jahr im Vergleich zu den anderen im Bezug auf die Anzahl der AP wieder anders zu bewerten sind. Näheres siehe Kap.: 4.1.3

4.1.2.1 Modell „Kombibüro“ in leichter Bauweise

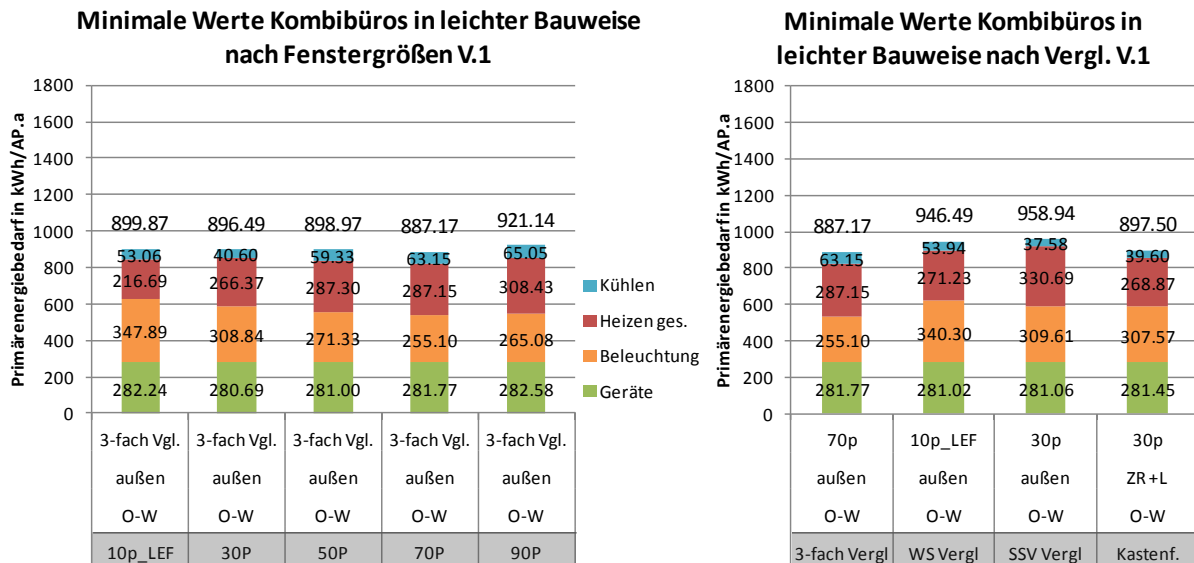


Abb. 58 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a; Modell „Kombibüro“ leichte Bauweise V.1

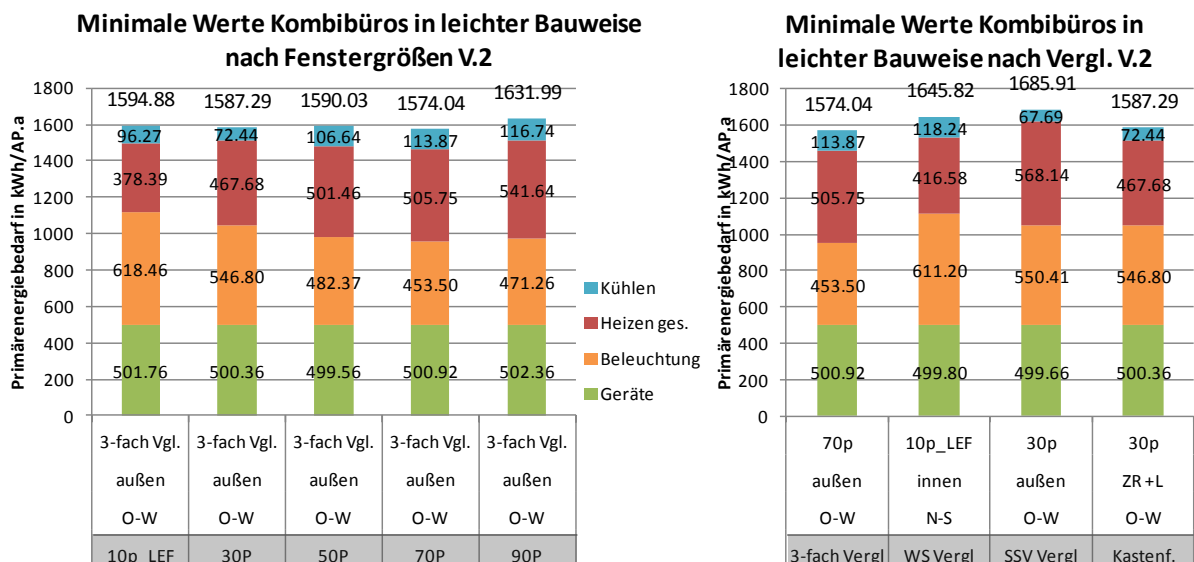


Abb. 59 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a; Modell „Kombibüro“ leichte Bauweise V.2

Man erkennt, dass durch die zwei unterschiedlichen Besetzungsvarianten große Unterschiede beim Primärenergiebedarf je AP und Jahr entstehen. Im Vergleich zu den anderen

Hauptvarianten zeigt sich, dass mit der Besetzungsvariante 1 das Modell „Kombibüro“ niedrige Werte für den gesamten Primärenergiebedarf je AP und Jahr aufweist, im Gegensatz mit der Besetzungsvariante 2, bei der der Primärenergiebedarf je AP und Jahr sehr hohe Werte aufweist.

4.1.2.2 Modell „Kombibüro“ in massiver Bauweise

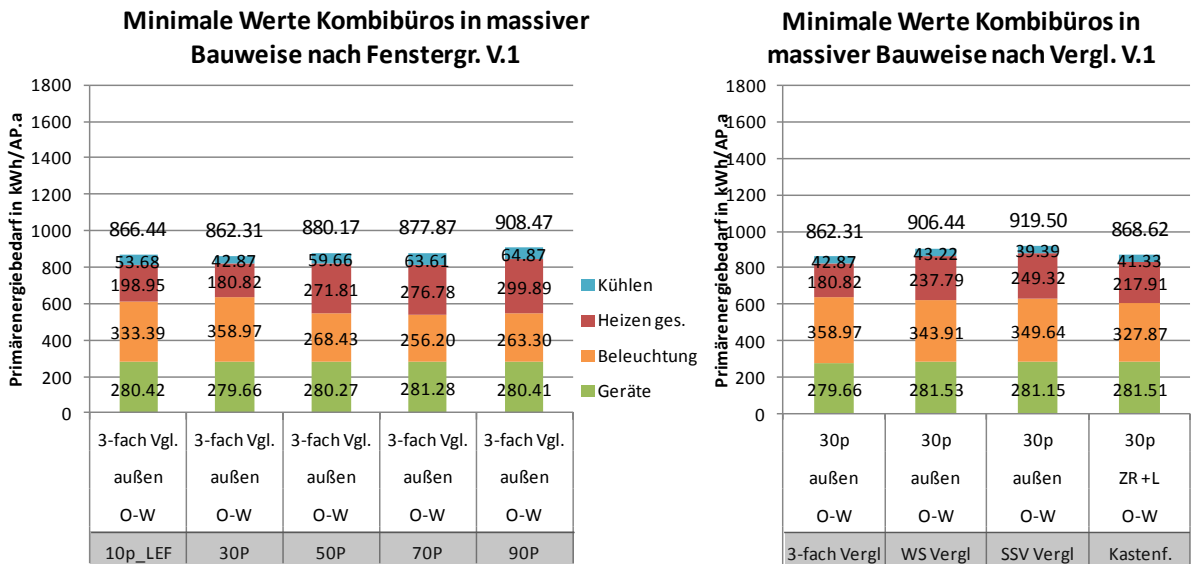


Abb. 60 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a; Modell „Kombibüro“ massive Bauweise V.1

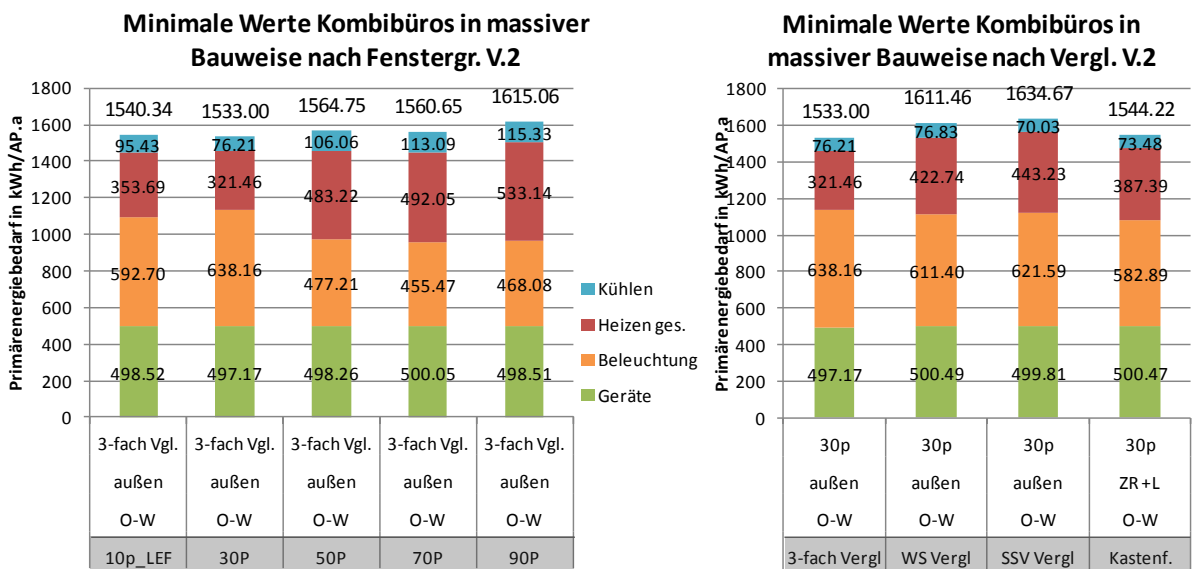


Abb. 61 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a; Modell „Kombibüro“ massive Bauweise V.2

4.1.2.3 Modell „Zellenbüro“ in leichter Bauweise

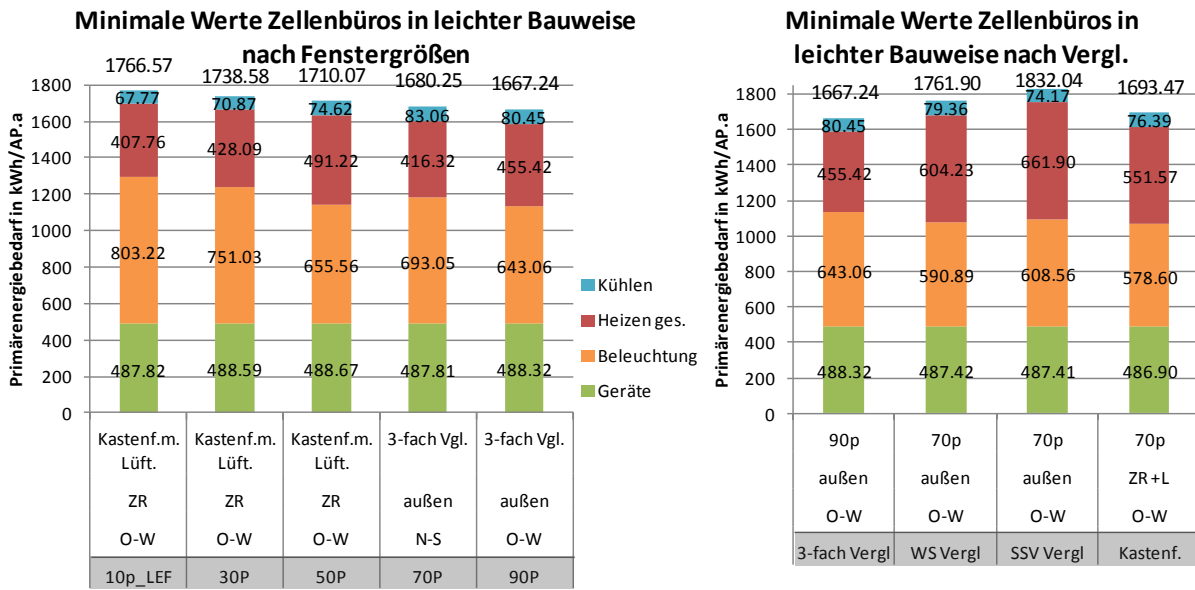


Abb. 62 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a; Modell „Zellenbüro“ leichte Bauweise

4.1.2.4 Modell „Zellenbüro“ in massiver Bauweise

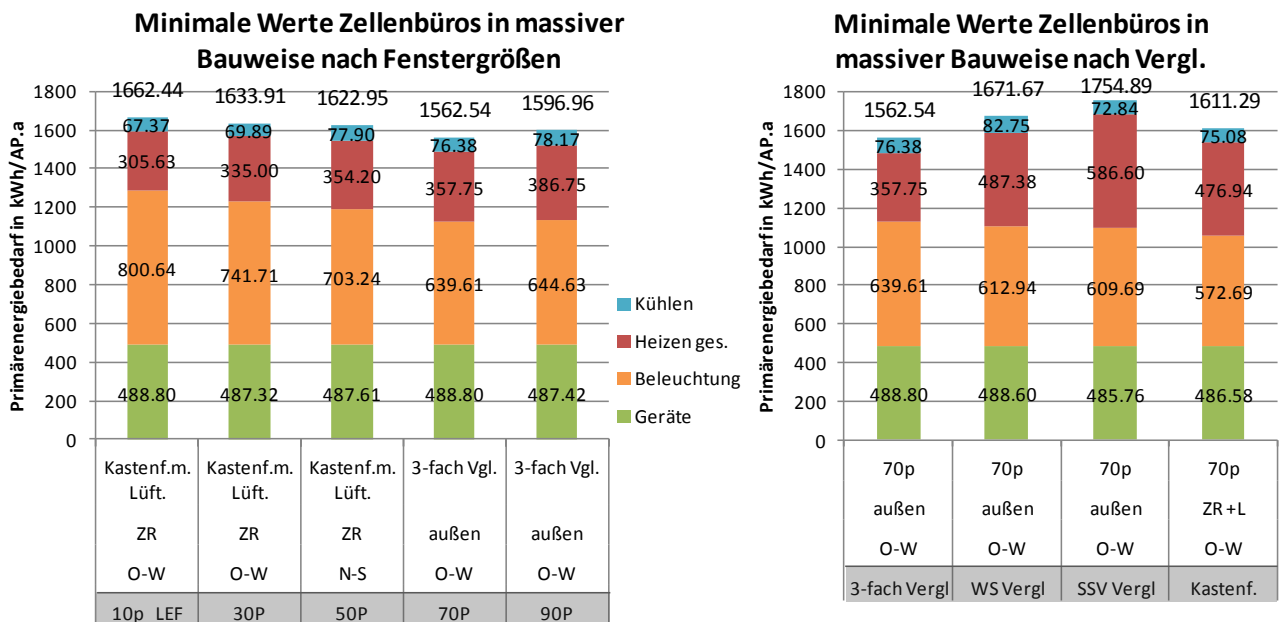


Abb. 63 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a; Modell „Zellenbüro“ massive Bauweise

4.1.2.5 Modell „Gruppenbüro“ in leichter Bauweise

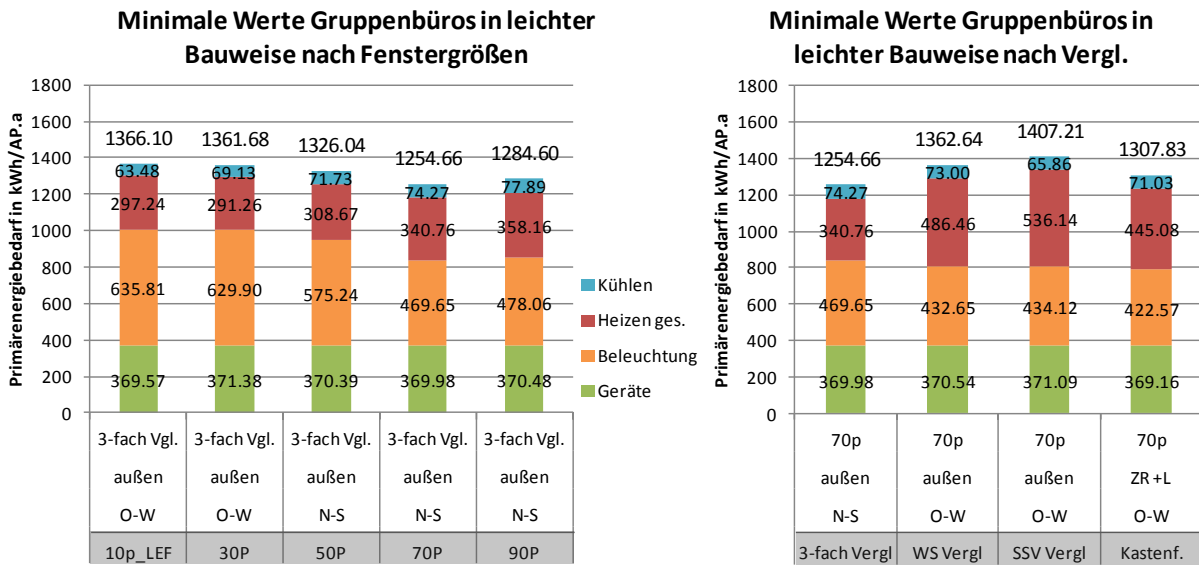


Abb. 64 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a; Modell „Gruppenbüro“ leichte Bauweise

4.1.2.6 Modell „Gruppenbüro“ in massiver Bauweise

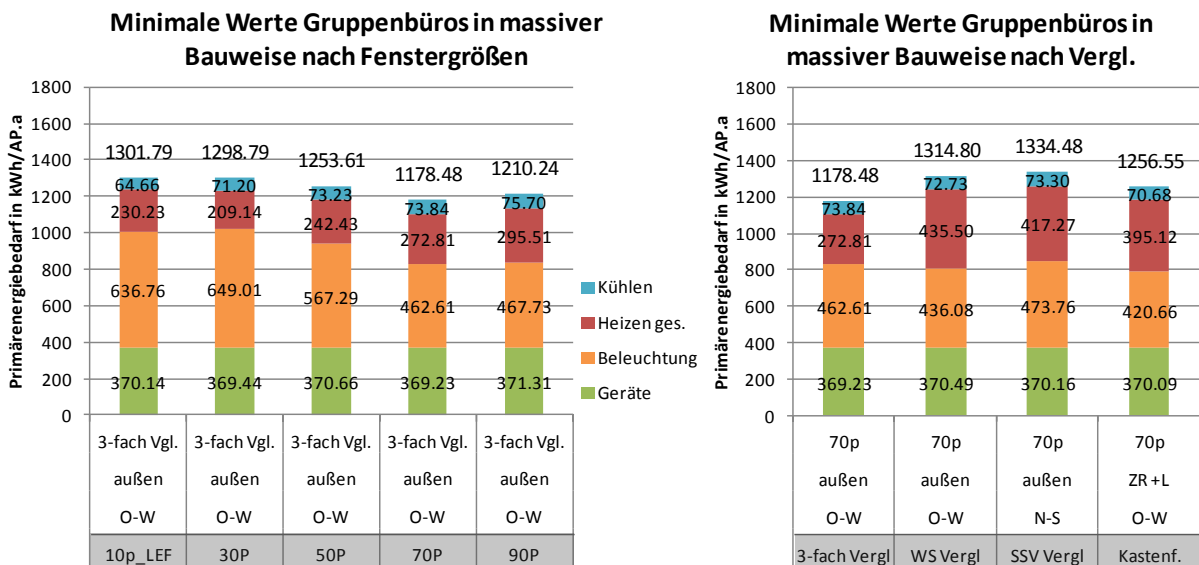


Abb. 65 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a; Modell „Gruppenbüro“ massive Bauweise

4.1.2.7 Modell „Großraumbüro“ in leichter Bauweise

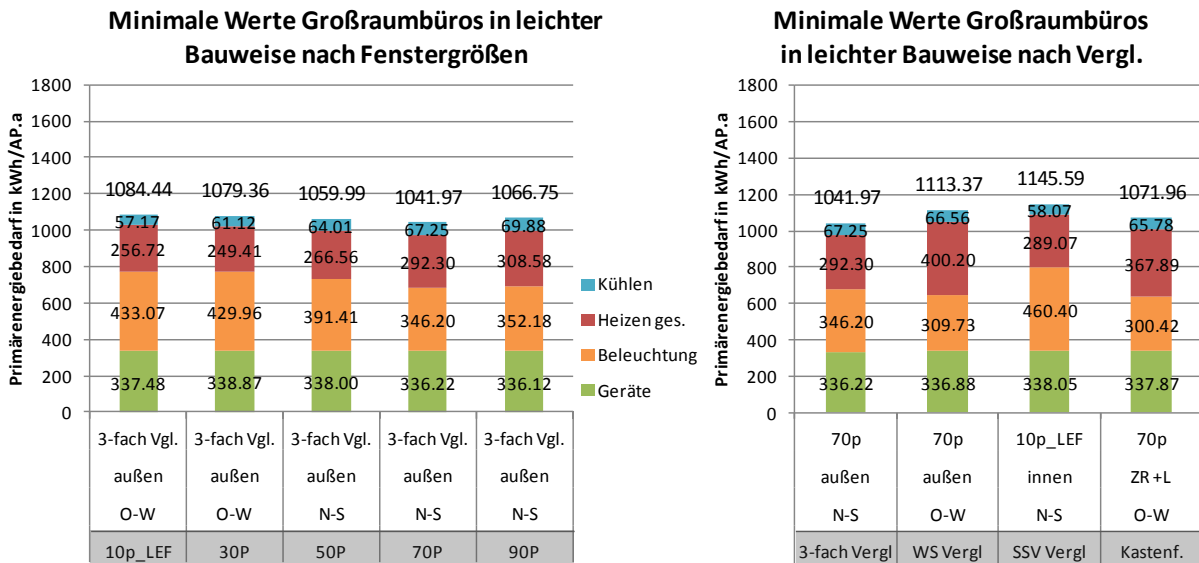


Abb. 66 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a; Modell „Großraumbüro“ leichte Bauweise

4.1.2.8 Modell „Großraumbüro“ in massiver Bauweise

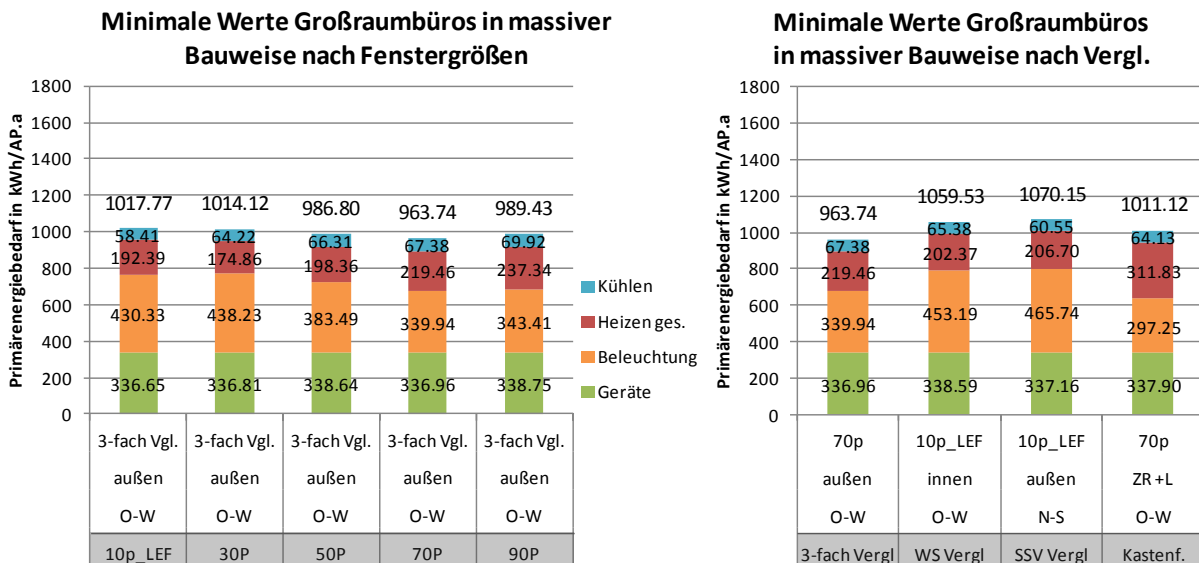


Abb. 67 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a; Modell „Großraumbüro“ massive Bauweise

4.1.3 Zusammenfassung Optimum / Pessimum der Hauptvarianten

In diesem Kapitel werden von den Modellen bzw. den Hauptvarianten die Varianten mit dem höchsten und niedrigsten Primärenergiebedarf dargestellt. Es werden einerseits die Werte bezogen auf die m²(BGF) verglichen und andererseits auch die Werte für den jährlichen Primärenergiebedarf je AP untersucht, um die Auswirkungen der bürotypologischen üblichen Belegungsdichte bzw. den Platzbedarf je AP darzustellen. Des Weiteren folgt eine Darstellung der Mittelwerte zwischen den Modellen. Da es beim Modell Kombibüro zwei Varianten bei der Auswertung nach AP gibt, wurde die Reihenfolge der Modelle zur besseren Übersicht verändert.

Der Vergleich zwischen unterschiedlichen Bürotypologien ist sehr schwierig, da jedes Büro ein anderes System der Arbeitsabläufe darstellt. Wie in den Beschreibungen schon geschildert, ist z.B. das Modell „Zellenbüro“ nichts für ein Unternehmen, dessen Arbeit auf Gruppenarbeiten basiert. Das Modell „Kombibüro“ mit seiner speziellen Nutzung (siehe Kapitel 3.1.4) ist im Vergleich zu den anderen Bürotypologien besonders zu beachten, da die Anwesenheit hierbei nicht einer klassischen Büroanwesenheit entspricht. Die gewünschten Arbeitsabläufe sind dabei wesentlich. Deshalb sind die hier gemachten Vergleiche nur als Übersicht und Darstellung der unterschiedlichen Faktoren zu betrachten, die benötigt werden, um das Optimum und Pessimum in Bezug auf ihren Primärenergiebedarf je m²(BGF) bzw. AP der Bürotypologien zu erreichen.

4.1.3.1 Vergleich Primärenergiebedarf bezogen auf m²(BGF) und Jahr

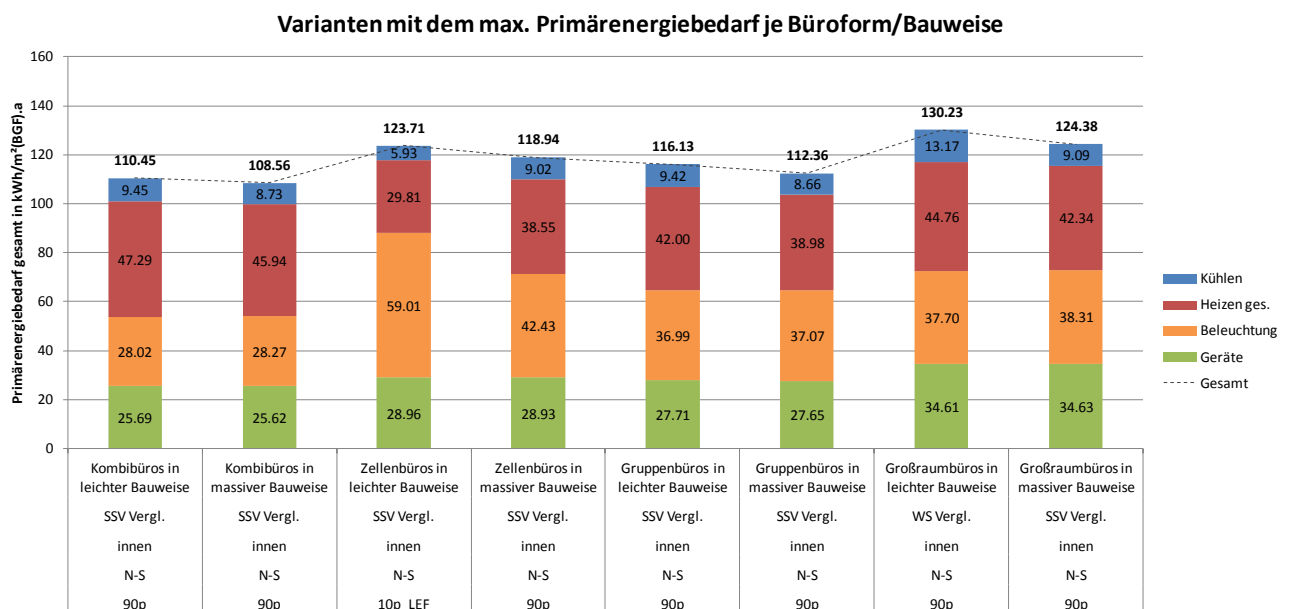


Abb. 68 Vergleich zwischen den Varianten aller Hauptvarianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf je m²(BGF) und Jahr

Man erkennt, dass alle Hauptvarianten bis auf das Zellenbüro in leichter Bauweise mit 90% Fensterflächenanteil, einer Nord-Süd Orientierung, einem innenliegenden Sonnenschutz und mit 2-fach Verglasung - ob mit oder ohne spezieller sonnenabweisender Beschichtung („SSV“ oder

WS-Verglasung) - den maximalen Bedarf an Primärenergie haben. Die große Fensterfläche bei dieser Orientierung bringt belichtungstechnisch einen Vorteil. Doch der Wärmeverlust im Winter und der Wärmeeintrag im Sommer ist zu hoch, wodurch der Vorteil wieder aufgehoben wird.

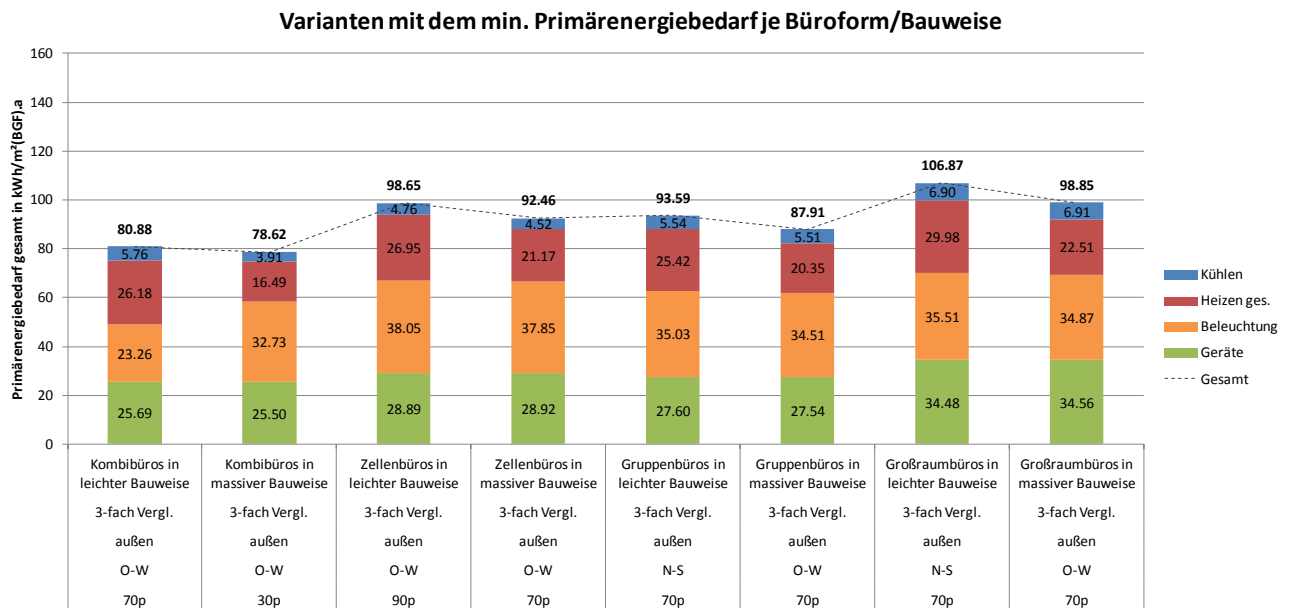


Abb. 69 Vergleich zwischen den Varianten aller Hauptvarianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf je m²(BGF) und Jahr

Man erkennt, dass alle Optima eine 3-fach Verglasung und einen externen Sonnenschutz haben. Bis auf die Leichtbauvarianten der Modelle „Gruppen- und Großraumbüro“ haben sie auch alle eine Ost-West Orientierung. Bei diesen Hauptvarianten hat das Optimum eine Nord-Süd Orientierung, da im Vergleich zu diesen Hauptgruppen der HWB bei einer Ost-West Orientierung etwas höher ist. Dies bedeutet, dass bei Großraumbüros und Gruppenbüros in leichter Bauweise eine Nord-Süd Orientierung mit außenliegenden Sonnenschutz und 70% FFA der solare Eintrag der entscheidende Faktor ist.

Fast alle Ergebnisse bestätigen die These, dass eine Fenstergröße mit 70% Fensterflächenanteil [Hau06] das optimalste bei einem Bürogebäude ist. Nur das massive Modell „Kombibüro“ und das Modell „Zellenbüro“ in Leichtbauweise weichen von dieser These ab. Interessanterweise hat die zuletzt erwähnte Variante trotz der größeren Fenster den höchsten Beleuchtungsenergiebedarf aller Optima.

Wenn man nun die Modelle mit der traditionellen Nutzung betrachtet, hat das Modell „Großraumbüro“ in massiver Bauweise den niedrigsten Primärenergiebedarf.

Die benötigte Beleuchtungsenergie ist innerhalb der einzelnen Modelle zwischen den Varianten mit 70% und 90% Fensterflächenanteil fast gleich hoch. Häufig kommt es aber sogar vor, dass in den Varianten mit den größten Fenstern häufiger die Beleuchtung eingeschaltet werden muss. Das kann daran liegen, dass der Sonnenschutz, bedingt durch eine Zonen-

Innentemperatur über 24°C, häufiger aktiviert wird und dadurch das Licht eingeschaltet werden muss. Besonders bei innenliegenden AP wie beim Modell „Großraumbüro“ ist es offensichtlich, dass die innenliegenden AP bei heruntergelassenem Sonnenschutz nicht mehr ausreichend mit Tageslicht versorgt werden können.

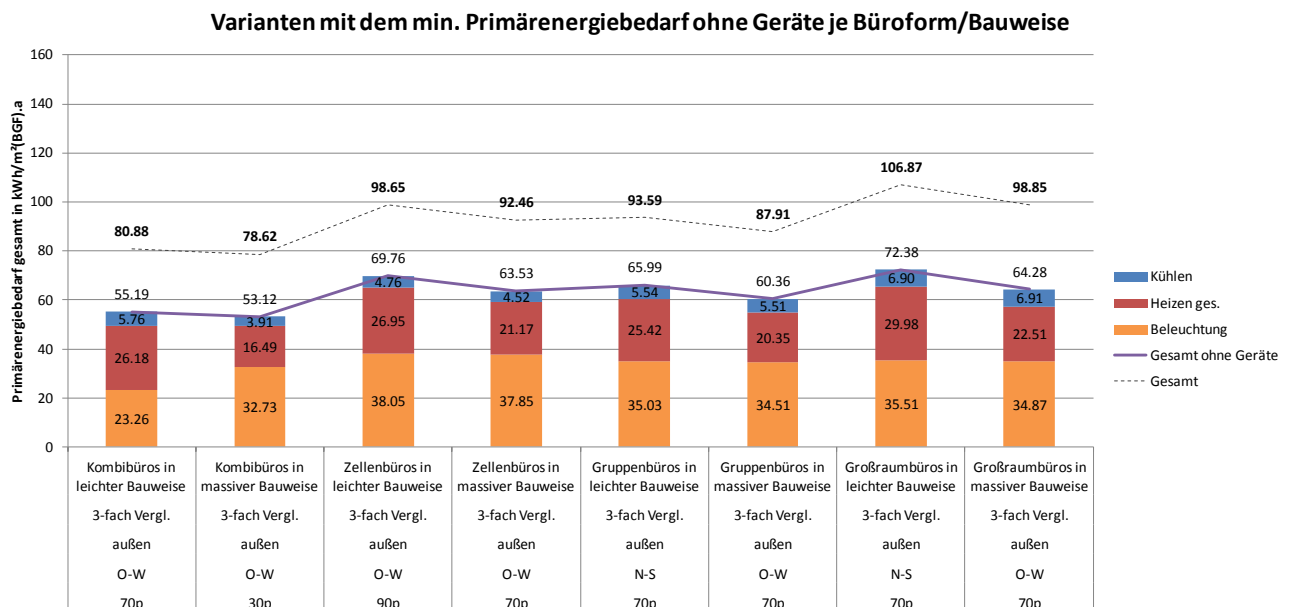


Abb. 70 Vergleich zwischen den Varianten aller Hauptvarianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf des Gebäudebetriebs alleine je m²(BGF) und Jahr

Wenn man den Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a des Gebäudebetriebs alleine betrachtet, erkennt man eine „Abflachung“ der Unterschiede. Besonders bei den traditionellen Bürotypologien „Zellen-, Gruppen-, Großraumbüro“ unterscheiden sich in diesem Zusammenhang die Optima der jeweiligen Bauweise nicht mehr stark. .

Kühlbedarf (KB)

Dies ist eine kurze Zusammenfassung der Erkenntnisse über den maximalen und minimalen KB der jeweiligen Hauptvarianten.

Alle Modelle haben bei der Variante, die 90% Fensterflächenanteil einen innenliegenden Sonnenschutz und eine Nord-Süd Orientierung hat, den höchsten KB. Nur bei der Verglasungsart unterscheidet sich das Modell „Großraumbüro“ von den anderen. Da hat diese Variante die normale 2-fach Verglasung (WS-Vergl.) und nicht wie bei den anderen Modellen eine 3-fach Verglasung.

Beim niedrigsten KB gibt es zwischen den Modellen nur bei sehr kleinen Fenstergrößen und bei der Ost-West Orientierung eine Übereinstimmung. Sonst sind es immer sehr unterschiedliche Varianten.

4.1.3.2 Vergleich Primärenergiebedarf bezogen auf AP und Jahr

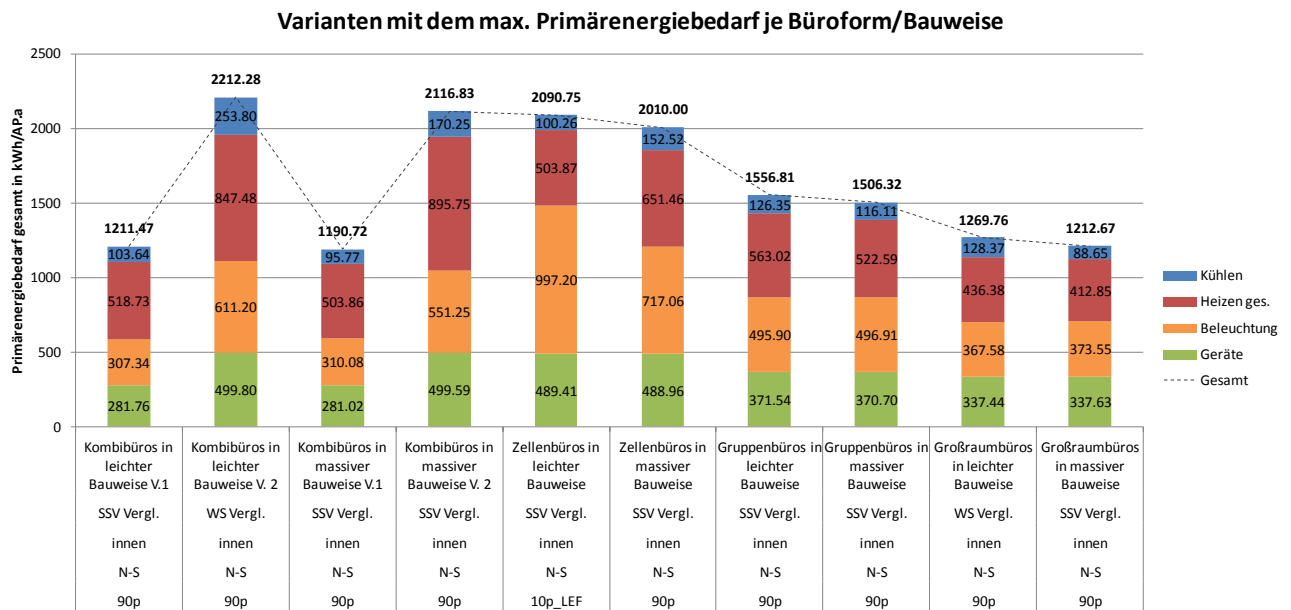


Abb. 72 Vergleich zwischen den Varianten aller Hauptvarianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf je AP und Jahr

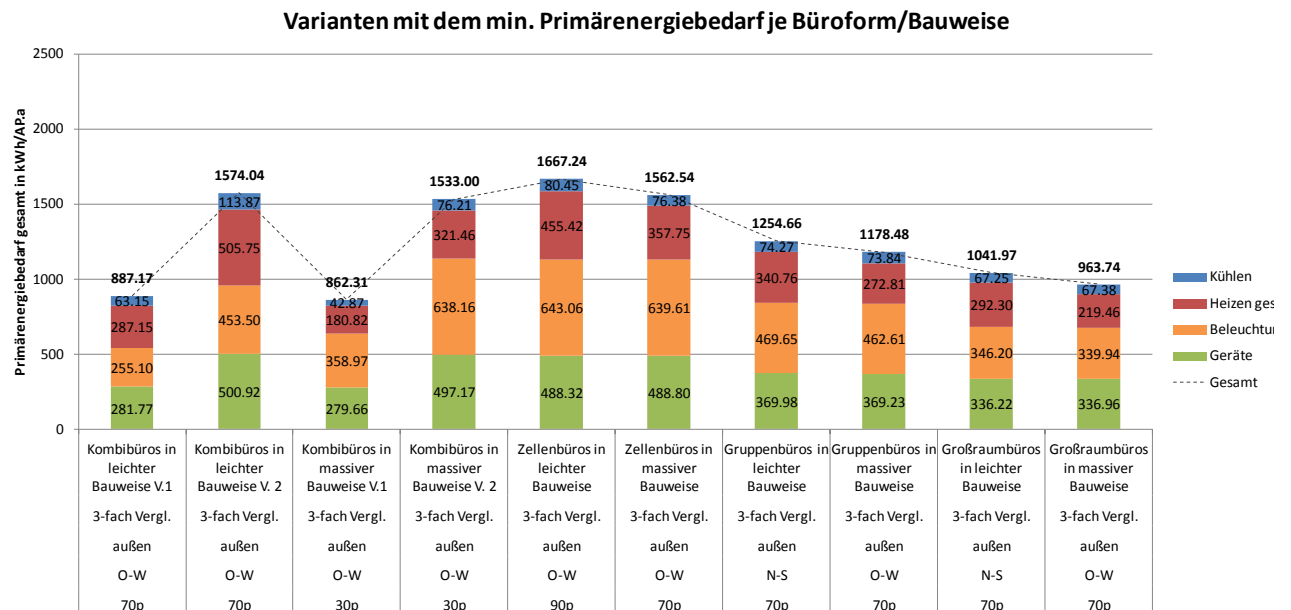


Abb. 71 Vergleich zwischen den Varianten aller Hauptvarianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf je AP und Jahr

Beim direkten Vergleich der Varianten mit minimalen und maximalen Primärenergiebedarf je AP und Jahr zwischen den einzelnen Hauptvarianten erkennt man, dass das Großraumbüro am effizientesten ist. So ist auch das Pessimum des Modells „Großraumbüro“ in massiver Bauweise immer noch kleiner als das Optimum beim Modell „Gruppenbüro“ in leichter Bauweise. Das Zellenbüro in leichter Bauweise hat im Vergleich den höchsten Wert für den Primärenergiebedarf je AP und Jahr. Der Primärenergiebedarf für die Beleuchtung des Modells „Zellenbüro“ ist auch im Allgemeinen am höchsten im Vergleich zu den anderen Modellen.

Beim Vergleich der Ergebnisse je AP und Jahr wurde auch eine Korrelation mit der Belegungsdichte festgestellt.

Der benötigte Platz in m²(BGF) pro AP ist bei der Simulation beim Modell „Großraumbüro“ um ca. 0,58-mal niedriger als beim Modell „Zellenbüro“. Das Verhältnis zwischen den Werten der Optima liegt bei ca.0,62. Diese Diskrepanz findet man auch beim Vergleich mit den anderen Modellen. Das bedeutet, dass man das Verhältnis zwischen den Belegungsdichten schon als Ansatz zum Abschätzen hernehmen kann, um den Primärenergiebedarf je AP und Jahr von Modell zu Modell umzurechnen. Doch dieser Wert ist dann nur eine grobe Abschätzung.

Tab. 36 Beispiel Verhältnis Belegungsdichten und Werte der Optima des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/AP.a

Modell	Kombibüro Var. 1	Kombibüro Var. 2	Zellen- büro	Gruppen- büro	Großraum- büro
Belegungsdichte in m ² (BGF)/AP	10.2	18.2	16.9	13.4	9.75
Belegungsdichte in%	60%	108%	100%	79%	58%
Verhältnis der Optima in%					
Leichtbau	53%	94%	100%	75%	62%
Massivbau	55%	98%	100%	75%	62%

Wie schon erwähnt ist das Kombibüro ein Sonderfall. Die Art der Belegung bzw. die Nutzungs-Variante entscheidet, ob es je AP und Jahr als beste Bürotypologie abschneidet oder nicht. Bei der Belegung nach Nutzungsvariante 1 (V.1) erhält man eine Belegungsdichte fast wie bei einem Großraumbüro und durch die fensternahe Anordnung der AP und der um 20% geringeren Anwesenheitswahrscheinlichkeit kann der Beleuchtungsenergiebedarf gesenkt werden. So kann man auch mit kleineren Fenstern einen relativ niedrigen Primärenergiebedarf je AP und Jahr erreichen. Nach der Nutzungsvariante 2 (V.2) hingegen ist die Belegungsdichte fast wie bei einem Zellenbüro. Aber durch die kleineren Büroeinheiten und wahrscheinlich auch der geringeren Anwesenheitswahrscheinlichkeit ist die benötigte Beleuchtungsenergie je AP und Jahr geringer.

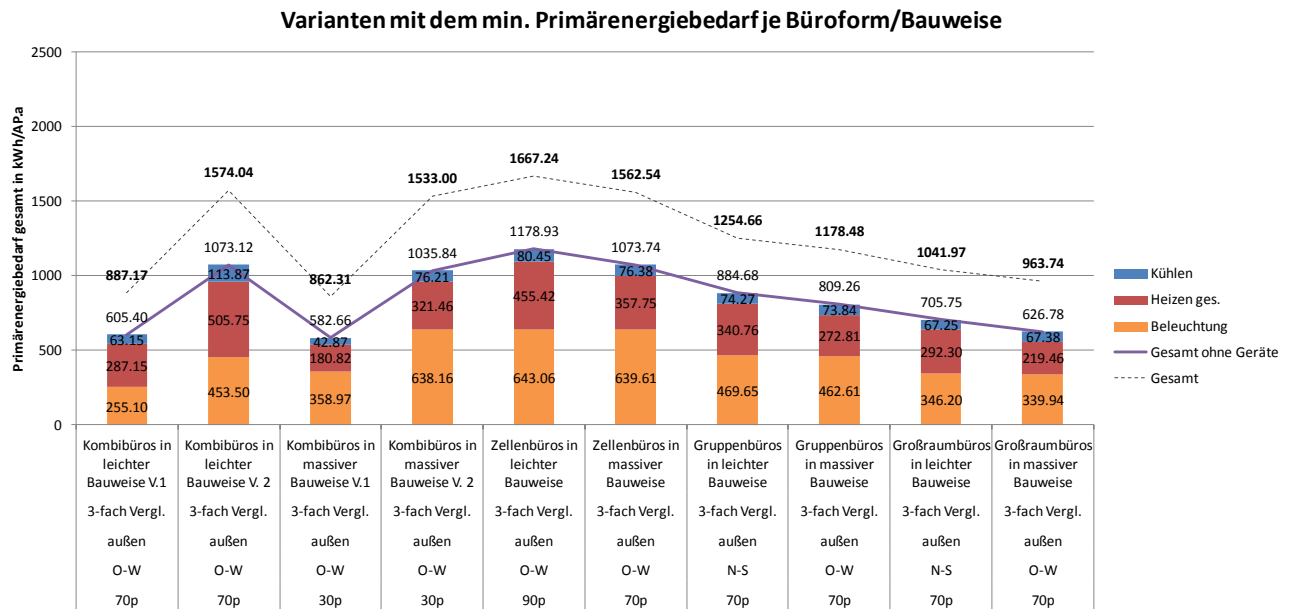


Abb. 73 Vergleich zwischen den Varianten aller Hauptvarianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf des Gebäudebetriebs alleine je AP und Jahr

Bei der Betrachtung des Primärenergiebedarfs in kWh/AP.a des Gebäudebetriebs alleine erkennt man wieder eine „Abflachung“ der Werte im Vergleich zwischen den Optima. Doch diesmal bleiben die Unterschiede bestehen. Wenn man wieder die 3 traditionellen Bürotypologien „Zellen-, Gruppen-, Großraumbüro“ betrachtet, erkennt man, dass unabhängig von den Geräten der Primärenergiebedarf für das Heizen und die Beleuchtung je AP aufwändiger ist, umso weniger AP im gleichen Raum angeordnet sind. Das bedeutet: Umso individueller man die Temperatur im Winter erhöhen und die Beleuchtung steuern kann, umso höher wird der benötigte Primärenergiebedarf.

4.1.3.3 Vergleich Primärenergiebedarf in Prozent

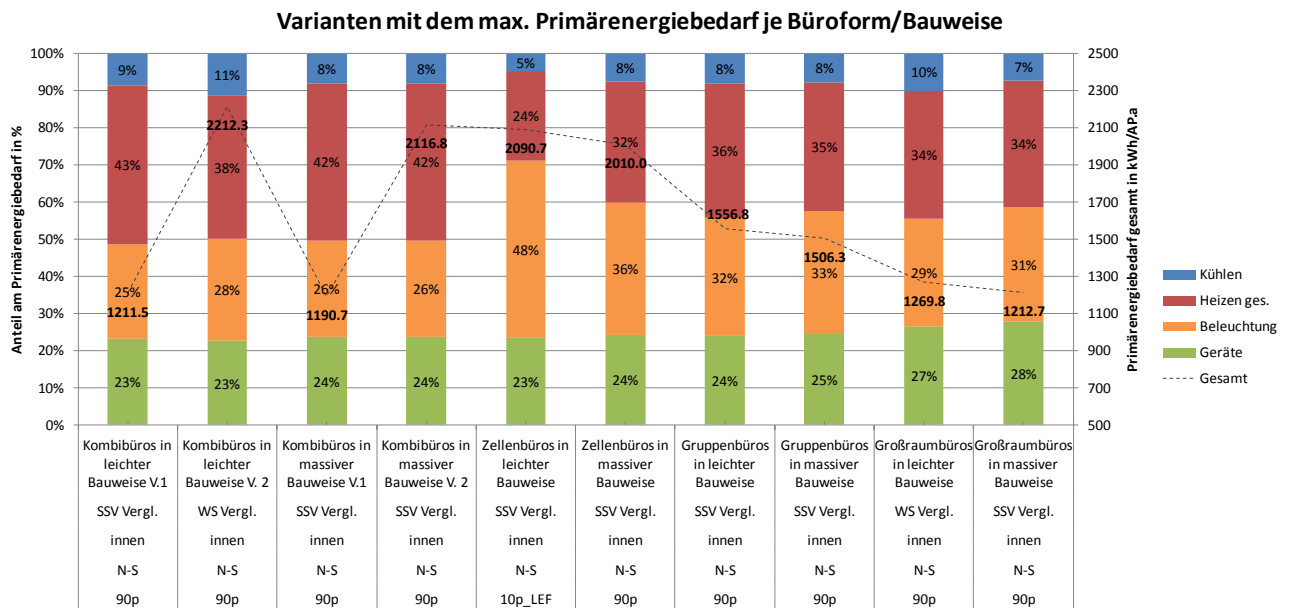


Abb. 74 Vergleich zwischen den Varianten aller Hauptvarianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf aufgeschlüsselt in prozentuale Anteile und in kWh/ AP.a

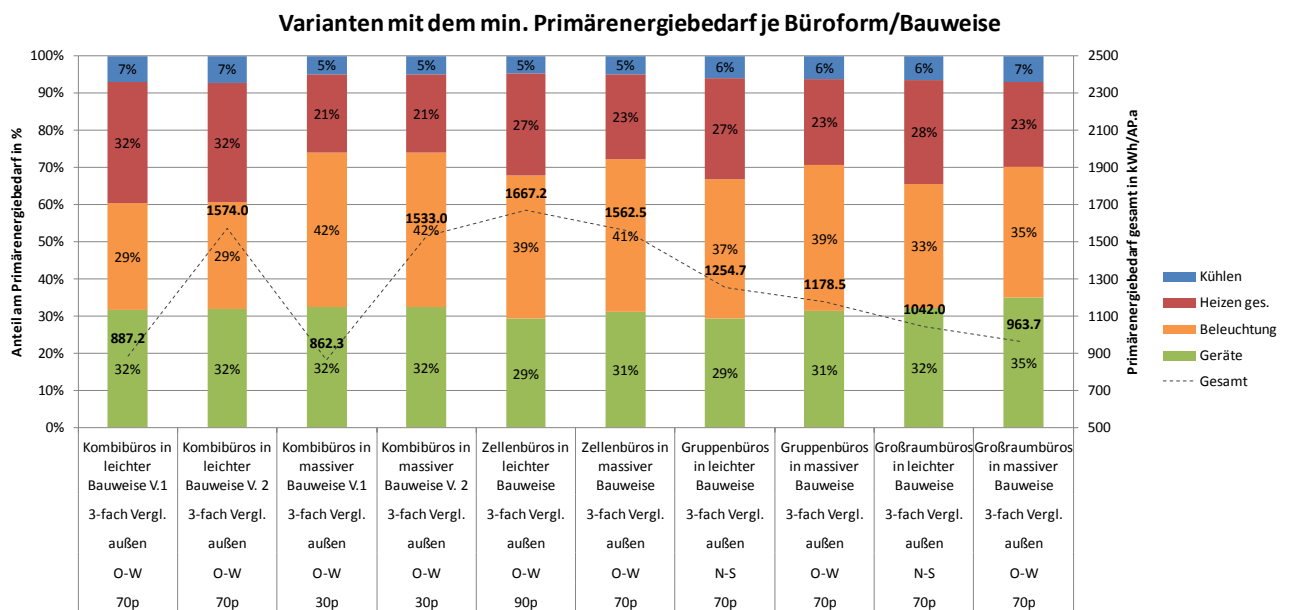


Abb. 75 Vergleich zwischen den Varianten aller Hauptvarianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf aufgeschlüsselt in prozentuale Anteile und in kWh/ AP.a

Bei den Varianten mit maximalem Primärenergiebedarf erkennt man, dass außer beim Modell „Zellenbüro“ der HWB am stärksten ins Gewicht fällt. Beim Modell „Zellenbüro“ hat bei beiden Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf der Beleuchtungsenergiebedarf den größten Anteil beim gesamten Primärenergiebedarf.

Bei den Varianten mit minimalem Primärenergiebedarf ist die Beleuchtung bei allen Modellen der bestimmende Faktor.

Man erkennt, dass, auch wenn der absolute Bedarf an Primärenergie für die Geräte je nach Modell unterschiedlich ist, das Verhältnis zum gesamten Primärenergiebedarf bei allen Modellen

fast gleich ist und bei den optimalen Varianten ca. 1/3 ausmacht. Bei den Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf ist der Anteil nur bei einem Viertel des gesamten Bedarfs.

Primärenergiebedarf je kWh/m²(BGF).a

Tab. 37 Auflistung des Mittelwertes, Pessimums, und Optimums vom gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m²(BGF).a je Hauptvariante

Hauptvarianten	Primärenergiebedarf gesamt in kWh/m ² (BGF).a			
	Mittelwert	Pessimum	Optimum	Spanne (Δ)
Kombibüros in leichter Bauweise	90.94	110.45	80.88	29.57
Kombibüros in massiver Bauweise	88.63	108.56	78.62	29.94
Zellenbüros in leichter Bauweise	111.07	123.71	98.65	25.06
Zellenbüros in massiver Bauweise	104.53	118.94	92.46	26.48
Gruppenbüros in leichter Bauweise	105.48	116.13	93.59	22.54
Gruppenbüros in massiver Bauweise	100.51	112.36	87.91	24.45
Großraumbüros in leichter Bauweise	116.80	130.23	106.87	23.36
Großraumbüros in massiver Bauweise	109.70	124.38	98.85	25.53

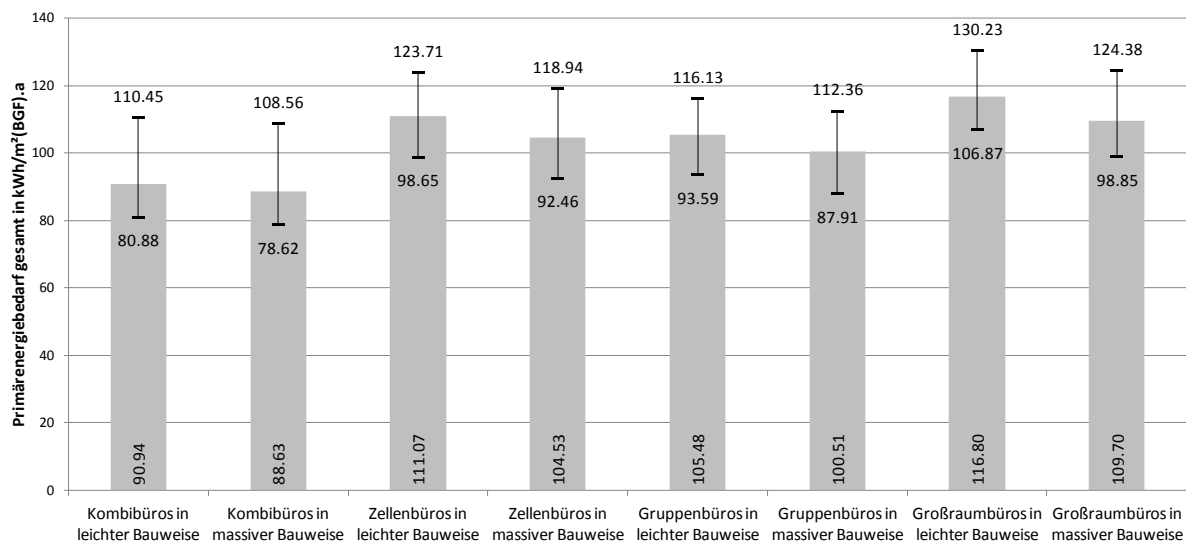


Abb. 76 Der Diagramm der Mittelwerte (arithmetisches Mittel)des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m²(BGF).a der Hauptvarianten im Vergleich mit dem Optimum und Pessimum.

Die größte Spanne zwischen dem Maximum und dem Minimum weist das Modell Kombibüro auf. Doch liegen die Varianten im Durchschnitt näher am Optimum. Das bedeutet, dass ca. 2/3 der Varianten sehr nahe beim Optimum liegen, und es relativ wenige Modelle gibt, die einen hohen Primärenergiebedarf im Vergleich zu den anderen Varianten haben. Bei den anderen Modellen ergibt sich keine Annäherung an das Pessimum oder Optimum. Hier ergibt sich eher eine gleichmäßige Streuung bei den Varianten.

Die Spanne bei den Leichtbauvarianten ist etwas kleiner im Vergleich zu den Massivbauvarianten. Aber man erkennt auch, dass die Modelle in leichter Bauweise im Durchschnitt schlechter abschneiden als die gleichen Modelle in massiver Bauweise. Die kleinste Spanne zwischen Pessimum und Optimum weisen die Modelle „Gruppen- und Großraumbüro“ in Leichtbauweise auf.

4.1.3.4 Arithmetische Mittelwerte der Hauptvarianten

Primärenergiebedarf in kWh/AP.a

Tab. 38 Auflistung des Mittelwertes, Pessimums, und Optimums vom gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/AP.a je Hauptvariante

Hauptvarianten	Primärenergiebedarf gesamt in kWh/AP.a			
	Mittelwert	Pessimum	Optimum	Spanne (Δ)
Kombibüros in leichter Bauweise V.1	997.51	1211.47	887.17	324.31
Kombibüros in leichter Bauweise V. 2	1784.92	2212.28	1574.04	638.24
Kombibüros in massiver Bauweise V.1	972.21	1190.72	862.31	328.41
Kombibüros in massiver Bauweise V. 2	1728.38	2116.83	1533.00	583.83
Zellenbüros in leichter Bauweise	1877.13	2090.75	1667.24	423.50
Zellenbüros in massiver Bauweise	1766.62	2010.00	1562.54	447.46
Gruppenbüros in leichter Bauweise	1414.06	1556.81	1254.66	302.14
Gruppenbüros in massiver Bauweise	1347.41	1506.32	1178.48	327.83
Großraumbüros in leichter Bauweise	1138.83	1269.76	1041.97	227.79
Großraumbüros in massiver Bauweise	1069.60	1212.67	963.74	248.93

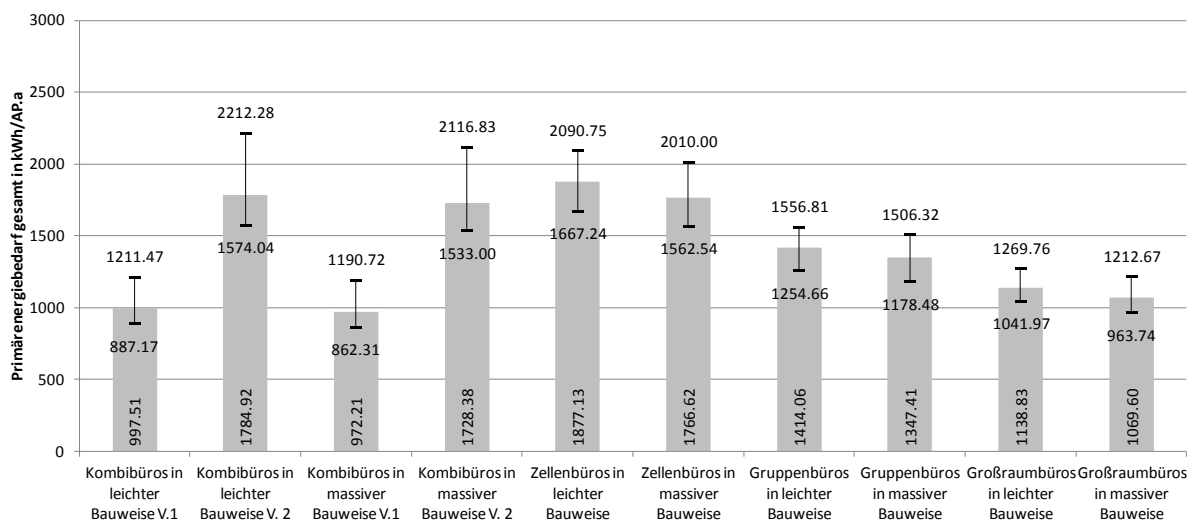


Abb. 77 Diagramm der Mittelwerte (arithmetisches Mittel) des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/AP.a der Hauptvarianten im Vergleich mit dem Optimum und Pessimum.

Bei der Betrachtung des Primärenergiebedarfs je AP und Jahr erkennt man, dass im Gegensatz zu der vorherigen Betrachtung die Spanne bei beiden Bauweisen des Modells „Großraumbüro“ am kleinsten ist. Wie davor ist der Durchschnitt der Varianten des Modells „Kombibüro“ näher am Optimum, während bei den anderen Modellen der Durchschnitt aller Varianten sehr nah beim Mittelwert des Pessimums und Optimums liegt. Besonders das Großraumbüro weist nur eine kleine Spanne auf.

4.2 Untersuchung der Zuluftbeheizung

Die Ergebnisse der benötigten Energie zum Heizen der Varianten setzen sich aus der benötigten Primärenergie für die Konditionierung der Zuluft und der zusätzlichen Primärenergie, die man benötigt, um den gesamten HWB zu decken, zusammen. Vereinfachend geht man in dieser Arbeit davon aus, dass die Wärmeerzeugung mittels Biomasse für beide Arten gleich ist.

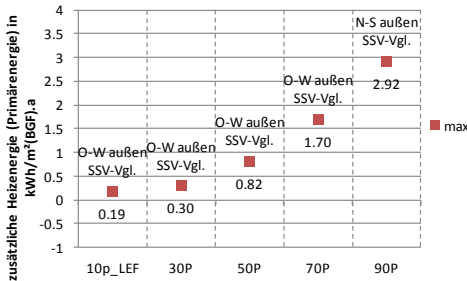
Die Ergebnisse wurden daraufhin analysiert, ob es Varianten gibt, bei denen der Heizbedarf allein durch eine Lüftungsanlage gedeckt werden könnte, also einer reiner Zuluftheizung.

Im folgenden Abschnitt werden die Varianten je Hauptvariante aufgelistet, die keinen bzw. den geringsten und den maximalsten Bedarf an zusätzlicher Energie zum Konditionieren der Zonen haben. Wenn mehrere Varianten keine zusätzliche Energie benötigen, wird eine dieser Varianten als Beispiel in den Balkendiagrammen dargestellt. Des Weiteren wird der gesamte Primärenergiebedarf der besten/schlechtesten Varianten dargestellt und mit den Varianten verglichen, die den kleinsten und größten gesamten HWB (Primärenergie je $m^2(\text{BGF})$) und den maximalen und minimalen Primärenergiebedarf aufweisen

4.2.1 HWB je Hauptvariante

4.2.1.1 Modell „Zellenbüro“, leichte Bauweise

Zellenbüros in leichter Bauweise nach Fenstergrößen



Zellenbüros in leichter Bauweise nach Vergl.

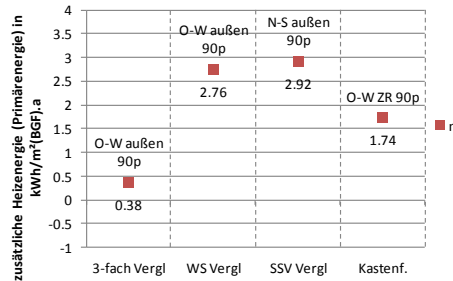
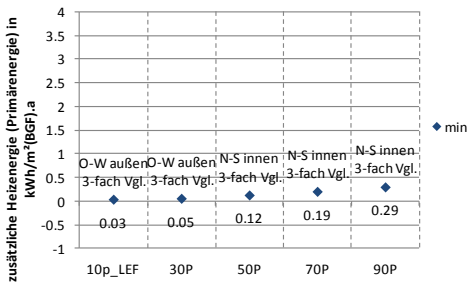


Abb. 79 Varianten mit maximalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Zellenbüro“ leichte Bauweise

Zellenbüros in leichter Bauweise nach Fenstergrößen



Zellenbüros in leichter Bauweise nach Vergl.

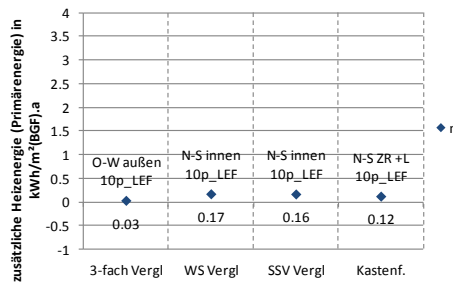


Abb. 81 Varianten mit minimalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Zellenbüro“ leichte Bauweise

Man erkennt, dass umso größer die Fenster werden, es umso schwieriger ist ohne zusätzlichem Heizsystem auszukommen. Bei diesem Modell schafft es keine Variante ohne einem zusätzlichen Heizsystem auszukommen. Die einzigen Varianten, die annähernd nur mit der Lüftung beheizt werden können, sind diejenigen mit der 3-fach Verglasung und den kleinsten Fenstern. Doch diese Varianten haben einen hohen Bedarf an Beleuchtungsenergie und sind deshalb beim Vergleich des gesamten Primärenergiebedarfs auch nicht in der Nähe des Optimums des gesamten Primärenergiebedarfs dieser Hauptvariante.

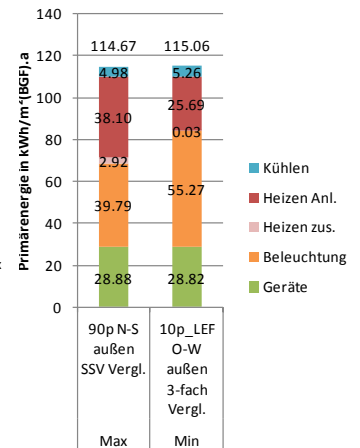


Abb. 78 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. Wert der zusätzlichen Heizenergie; Modell „Zellenbüro“, I. Bw.

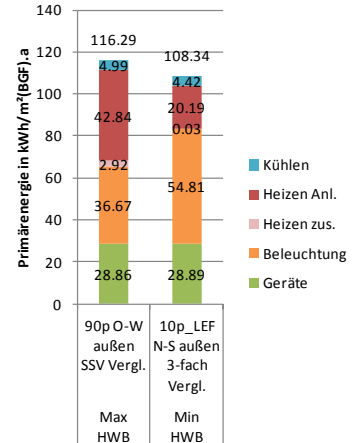


Abb. 80 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. HWB; Modell „Zellenbüro“, I. Bw.

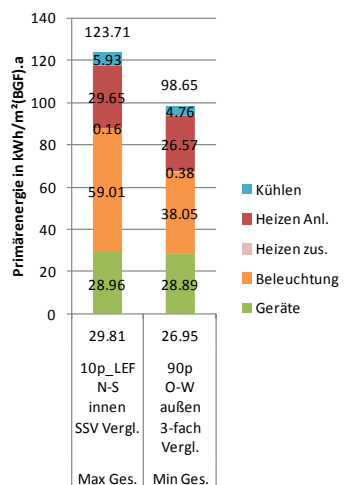
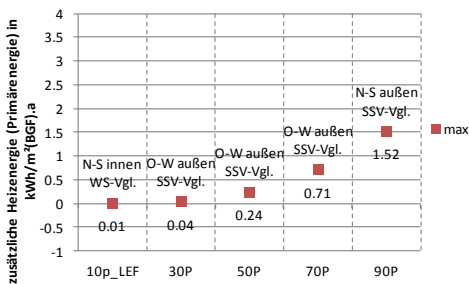


Abb. 82 Maximaler und minimaler Primärenergiebedarf Ges. Modell „Zellenbüro“, I. Bw

4.2.1.2 Modell „Zellenbüro“, massive Bauweise

Zellenbüros in massiver Bauweise nach Fenstergrößen



Zellenbüros in massiver Bauweise nach Vergl.

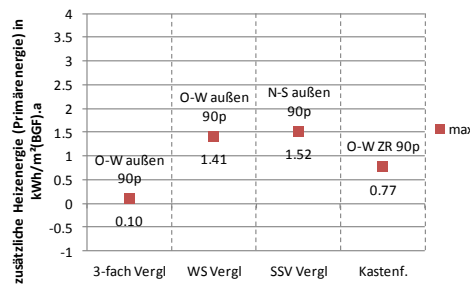


Abb. 84 Varianten mit maximalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Zellenbüro“ massive Bauweise

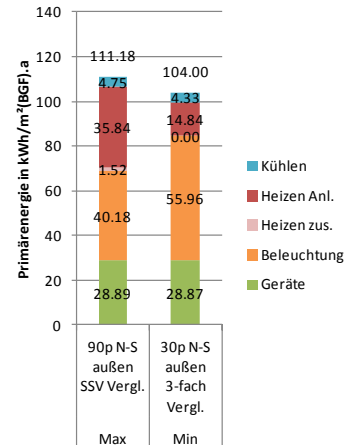
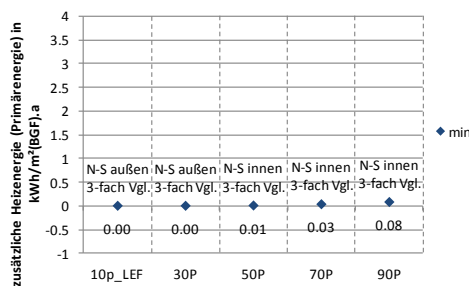


Abb. 83 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. Wert der zusätzlichen Heizenergie; Modell „Zellenbüro“, m. Bw

Zellenbüros in massiver Bauweise nach Fenstergrößen



Zellenbüros in massiver Bauweise nach Vergl.

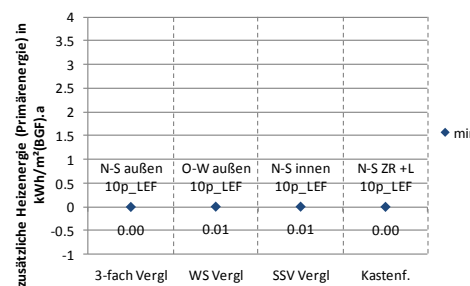


Abb. 85 Varianten mit minimalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Zellenbüro“ massive Bauweise

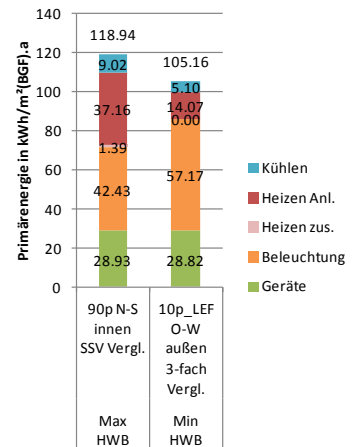


Abb. 86 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. HWB; Modell „Zellenbüro“, m. Bw

Bei dem Modell „Zellenbüro“ in massiver Bauweise könnten insgesamt 8 Varianten ohne zusätzliche Heizenergie die Zonen konditionieren. Diese Varianten weisen alle einen relativ kleinen HWB und kleine Fenstergrößen auf, sind aber über einen gesamten jährlichen Primärenergiebedarf von 100 kWh/m²(BGF).a und nicht in der Nähe des Optimums dieser Hauptvariante. Bei dieser Hauptvariante erkennt man wieder, dass durch kleinere Fenster der HWB gesenkt werden kann, doch dass die Beleuchtung einen entscheidenden Einfluss auf den gesamten Primärenergiebedarf hat. Auch wenn bei Fenstergrößen, die 70% Fensterflächenanteil entsprechen, der HWB größer ist, wird durch die Ersparnisse bei der Beleuchtung dieser Nachteil ausgeglichen. Die Variante mit dem größten HWB ist diesmal auch diejenige, die insgesamt den höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a hat.

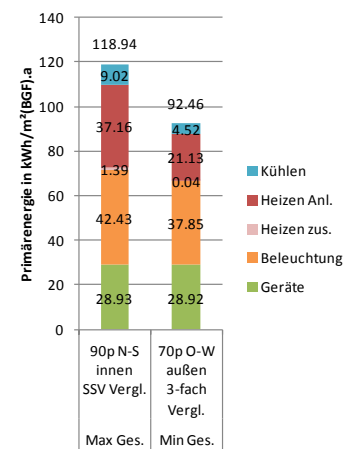
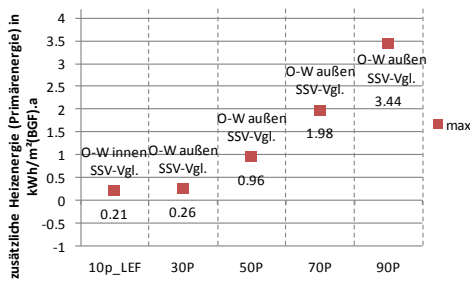


Abb. 87 maximaler und minimaler Primärenergiebedarf Ges. Modell „Zellenbüro“, m. Bw

4.2.1.3 Modell „Kombibüro“, leichte Bauweise

Kombibüros in leichter Bauweise nach Fenstergrößen



Kombibüros in leichter Bauweise nach Vergl.

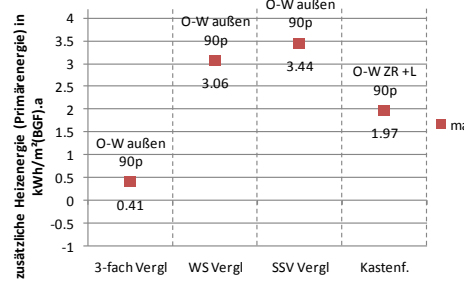


Abb. 89 Varianten mit maximalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Kombibüro“ leichte Bauweise

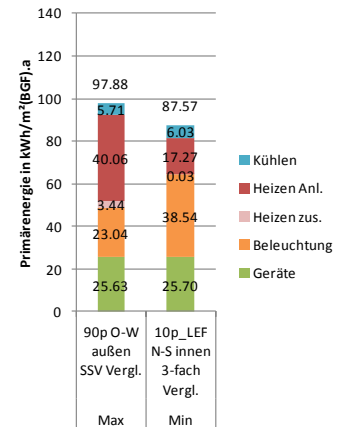
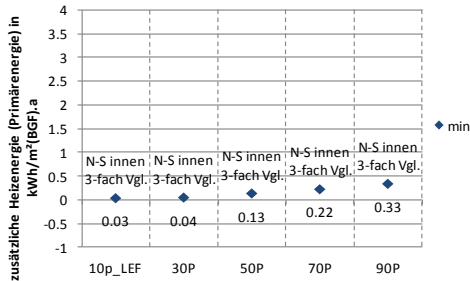


Abb. 88 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. Wert der zusätzlichen Heizenergie; Modell „Kombibüro“, I. Bw

Kombibüros in leichter Bauweise nach Fenstergrößen



Kombibüros in leichter Bauweise nach Vergl.

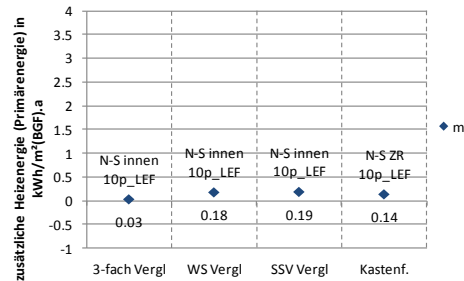


Abb. 91 Varianten mit minimalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Kombibüro“ leichte Bauweise

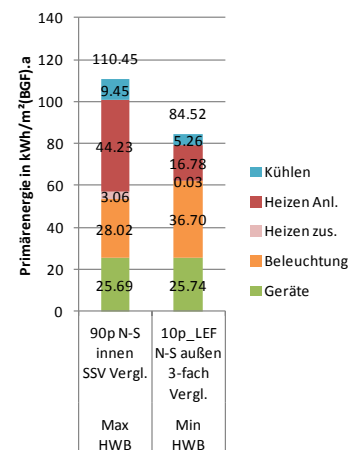


Abb. 90 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. HWB; Modell „Kombibüro“ I. Bw

Bei diesem Modell in Leichtbauweise kann keine Variante ohne ein zusätzliches Heizsystem die Zonen konditionieren.

Die Variante mit dem kleinsten Bedarf an zusätzlicher Heizenergie ist nicht die Variante mit dem kleinsten HWB. Interessanterweise unterscheiden sich diese Varianten nur bei der Lage des Sonnenschutzes. Man erkennt, durch einen außenliegenden Sonnenschutz geht nicht nur der Kühlwärmebedarf zurück, sondern auch der HWB und der Bedarf an Beleuchtungsenergie.

Im Vergleich mit dem Optimum des gesamten Primärenergiebedarfs erkennt man sehr gut, dass die Fenstergröße und die Verglasung wieder die entscheidend Faktoren für den gesamten Primärenergiebedarf sind.

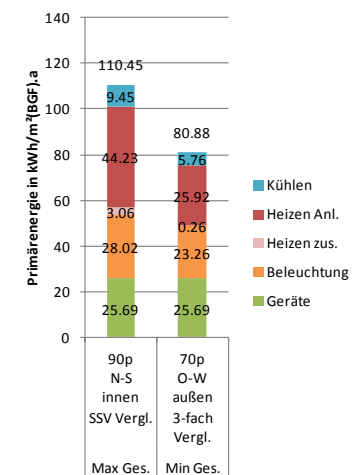


Abb. 92 maximaler und minimaler Primärenergiebedarf Ges. Modell „Kombibüro“, I. Bw

4.2.1.4 Modell „Kombibüro“, massive Bauweise

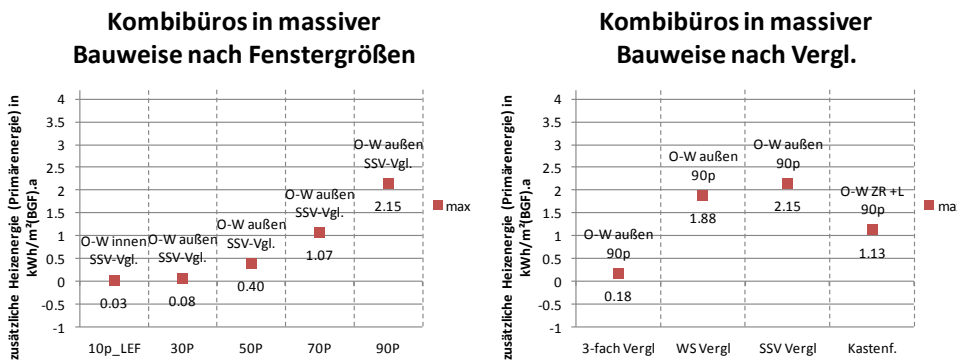


Abb. 94 Varianten mit maximalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Kombibüro“ massive Bauweise

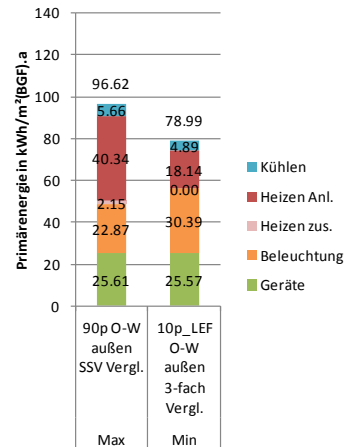


Abb. 93 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. Wert der zusätzlichen Heizenergie; Modell „Kombibüro“, m. Bw

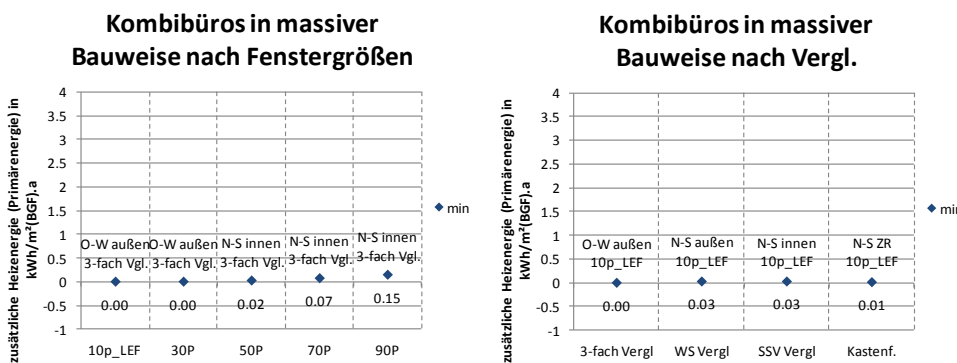


Abb. 96 Varianten mit minimalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Kombibüro“ massive Bauweise

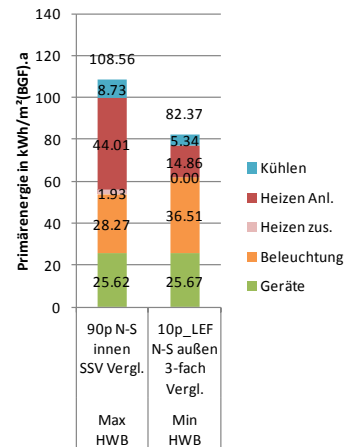


Abb. 95 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. HWB; Modell „Kombibüro“ m. Bw

Zwei Varianten mit der kleinsten Fenstergröße könnten ohne zusätzliches Heizsystem die Zonen konditionieren. Die Variante mit 30% Fensterflächenanteil bei der Grafik mit den minimalen Werten hat einen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) von 0,002 W/m²(BGF).a. Diese Variante stellt trotz der relativ kleinen Fenstergröße das Optimum beim gesamten Primärenergiebedarf dar. So ist der HWB bei diesem Modell der entscheidende Faktor, um effizientere Varianten zu bekommen. Dies kann man daran erkennen, dass die Differenz beim Bedarf an Beleuchtungsenergie im Vergleich zu dem HWB bei den Varianten mit den minimalen Werten und maximalen Werten nicht groß ist.

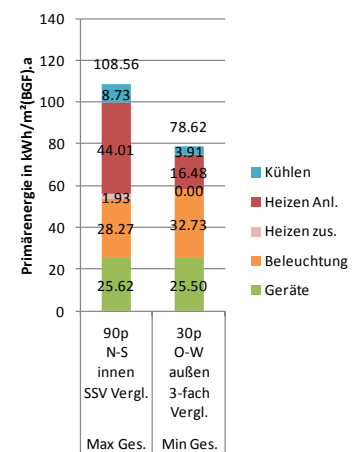
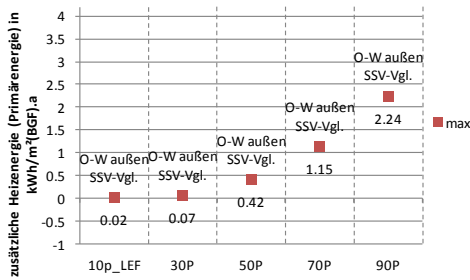


Abb. 97 maximaler und minimaler Primärenergiebedarf Ges. Modell „Kombibüro“, m. Bw

4.2.1.5 Modell „Gruppenbüro“, leichte Bauweise

Gruppenbüros in leichter Bauweise nach Fenstergrößen



Gruppenbüros in leichter Bauweise nach Vergl.

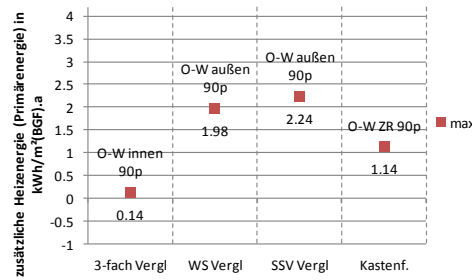


Abb. 99 Varianten mit maximalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Gruppenbüro“ leichte Bauweise

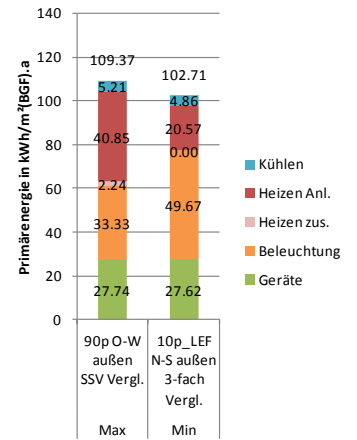
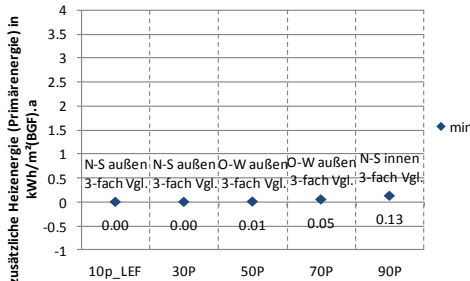


Abb. 98 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. Wert der zusätzlichen Heizenergie; Modell „Gruppenbüro“, I. Bw

Gruppenbüros in leichter Bauweise nach Fenstergrößen



Gruppenbüros in leichter Bauweise nach Vergl.

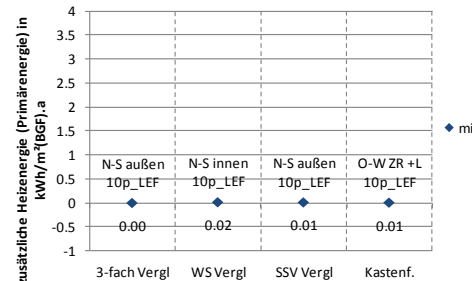


Abb. 101 Varianten mit minimalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Gruppenbüro“ leichte Bauweise

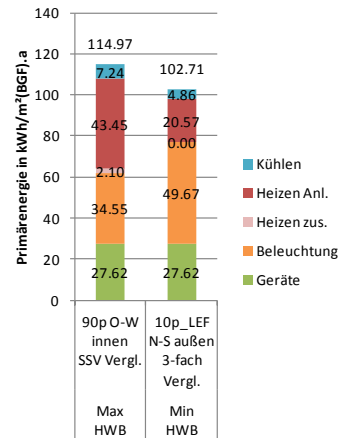


Abb. 100 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. HWB; Modell „Gruppenbüro“ I. Bw

Trotz der leichten Bauweise können 8 Varianten mit den kleinsten Fenstergrößen die Zonen ohne zusätzliche Heizenergie ausreichend beheizen. Doch durch die kleinen Fenstern ist die benötigte Beleuchtungsenergie zu hoch, wodurch diese Varianten nicht unter 100 kWh/m²(BGF).a für den gesamten Primärenergiebedarf liegen.

Wieder zeigt sich, dass, wenn man die Optima des gesamten Primärenergiebedarfs betrachtet, die Einsparung bei der Beleuchtungsenergie bei größeren Fenstern und einer Verglasung mit dem optimalen U-Wert bzw. g-Wert das gesamte Ergebnis trotz des höheren HWB verbessert.

Doch trotz diesem Effekt, dass umso größer die Fenster sind der Bedarf an Beleuchtungsenergie sinkt und der Heizenergiebedarf steigt, erkennt man bei dieser Hauptvariante keine großen Unterschiede bei den Ergebnissen des gesamten Primärenergiebedarfs. Die Spanne zwischen Optimum und Pessimum ist im Vergleich zu den anderen Modellen gering (siehe auch im Anhang und Kapitel 4.1.3.4).

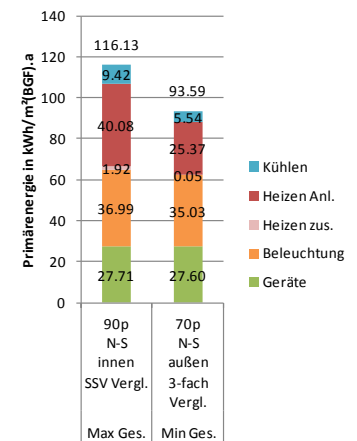


Abb. 102 maximaler und minimaler Primärenergiebedarf Ges. Modell „Gruppenbüro“, I. Bw

4.2.1.6 Modell „Gruppenbüro“, massive Bauweise

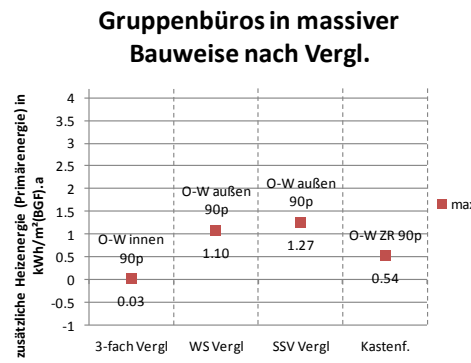
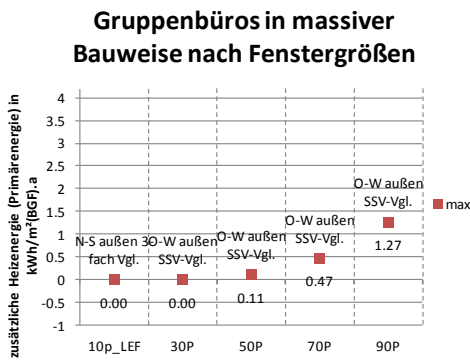


Abb. 104 Varianten mit maximalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Gruppenbüro“ massive Bauweise

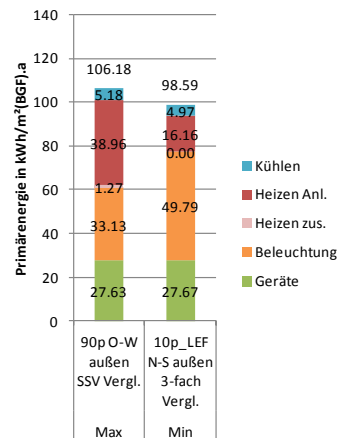


Abb. 103 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. Wert der zusätzlichen Heizenergie; Modell „Gruppenbüro“, m. Bw

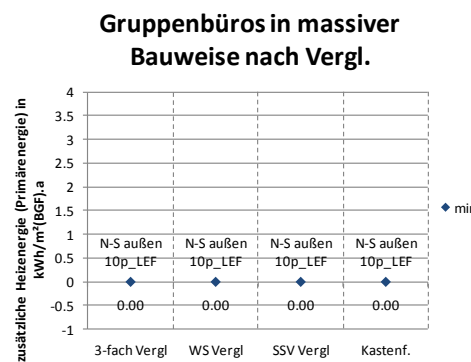
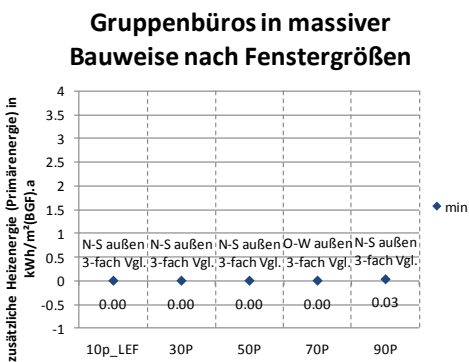


Abb. 105 Varianten mit minimalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Gruppenbüro“ massive Bauweise

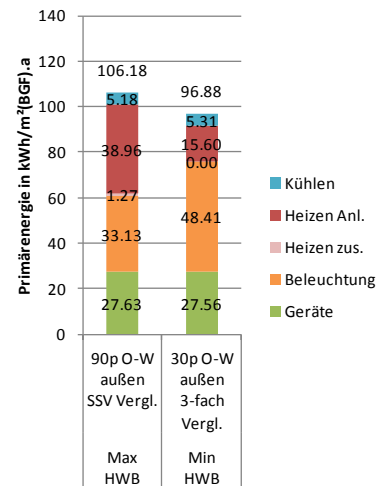


Abb. 106 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. HWB; Modell „Gruppenbüro“ m. Bw

Varianten sortiert nach Fenstergrößen					Varianten sortiert nach Verglasung			
10p_LEF	30P	50P	70P	90P	3-fach	WS	SSV	Kastenf.
Anzahl der Varianten mit 0,00kWh/m²(BGF).a								
16	8	3	0	0	11	4	4	8

Die Varianten, die in den Grafiken mit 0,00kWh/m²(BGF).a zusätzlicher Heizenergie aufgelistet sind, sind nur Beispiele, da es bei allen Verglasungen und bei allen Fenstergrößen bis 50% Fensterflächenanteil Varianten gibt, die ohne zusätzlicher Heizenergie auskommen könnten. Wieder erkennt man, dass insgesamt 27 Varianten mit kleineren Fenstergrößen nur mit einem Lüftungssystem konditioniert werden könnten. Diesmal hat auch das Optimum beim gesamten Primärenergiebedarf fast keinen Bedarf an einem zusätzlichen Heizsystem (ca. 0,0011 kWh/m²(BGF).a). Doch wieder erkennt man beim gesamten Primärenergiebedarf den Vorteil einer besseren Beleuchtung durch größere Fenster und einem außenliegenden Sonnenschutz. Beim Vergleich zwischen dem Optimum beim HWB und dem Gesamt- Primärenergiebedarf erkennt man ebenfalls den Vorteil der größeren Fenster beim Beleuchtungsenergiebedarf.

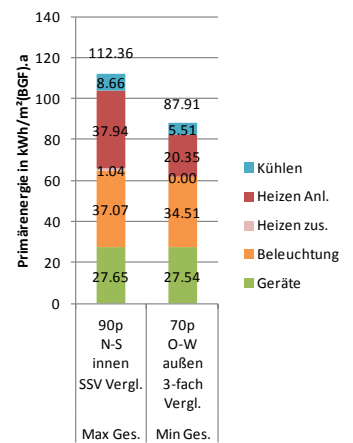
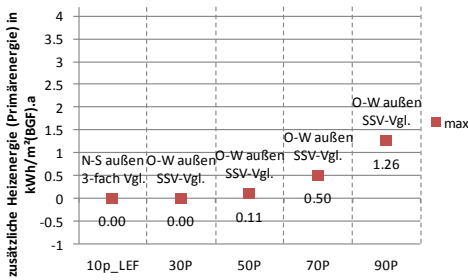


Abb. 107 maximaler und minimaler Primärenergiebedarf Ges. Modell „Gruppenbüro“, m. Bw

4.2.1.7 Modell „Großraumbüro“, leichte Bauweise

Großraumbüros in leichter Bauweise nach Fenstergrößen



Großraumbüros in leichter Bauweise nach Vergl.

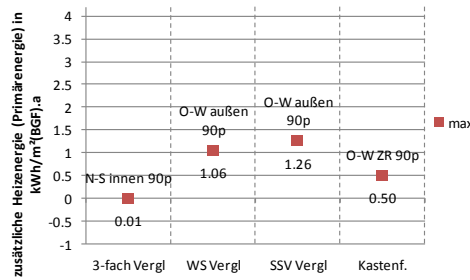


Abb. 109 Varianten mit maximalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Großraumbüro“ leichte Bauweise

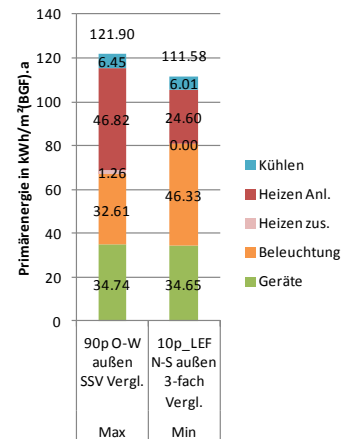
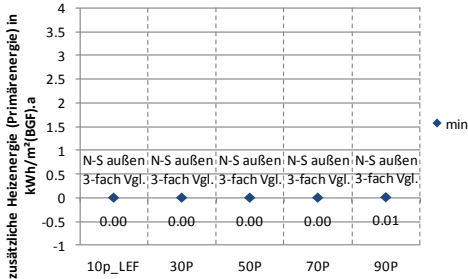


Abb. 108 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. Wert der zusätzlichen Heizenergie ; Modell „Großraumbüro“ I. Bw.

Großraumbüros in leichter Bauweise nach Fenstergrößen



Großraumbüros in leichter Bauweise nach Vergl.

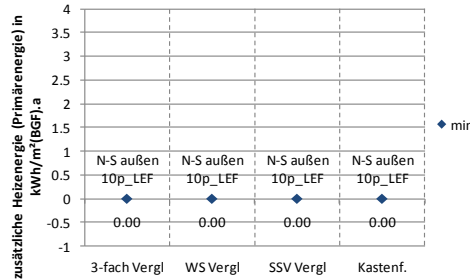


Abb. 111 Varianten mit minimalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Großraumbüro“ leichte Bauweise

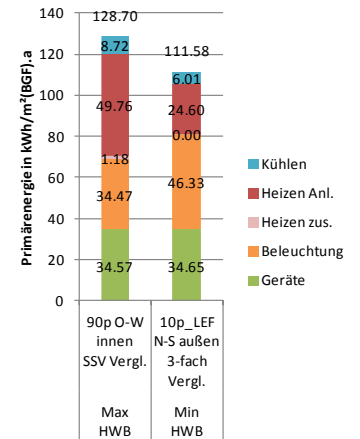


Abb. 110 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. HWB; Modell „Großraumbüro“ I. Bw.

Varianten sortiert nach Fenstergrößen					Varianten sortiert nach Verglasung			
10p_LEF	30P	50P	70P	90P	3-fach	WS	SSV	Kastenf.
Anzahl der Varianten mit 0,00kWh/m²(BGF).a								
16	12	4	3	0	15	6	6	8

35 Varianten von insgesamt 80 Varianten können ohne extra Heizsystem die Zonen konditionieren. Da relativ viele Varianten dies erreichen, sind in den Grafiken mit den Varianten, die den minimalsten Wert für den Bedarf an zusätzlicher Primärenergie darstellen, nur eine beispielhafte Variante dargestellt. Man erkennt, dass alle 16 Varianten mit den kleinsten Fenstern und alle Varianten mit einer 3-fach Verglasung, außer den Varianten mit 90% FFA, keine zusätzliche Heizenergie benötigen. Auch wenn nur die Varianten mit Nord-Süd Varianten dargestellt werden, sind auch Varianten mit einer Ost-West Orientierung und kleinen Fenstern unter diesen Varianten.

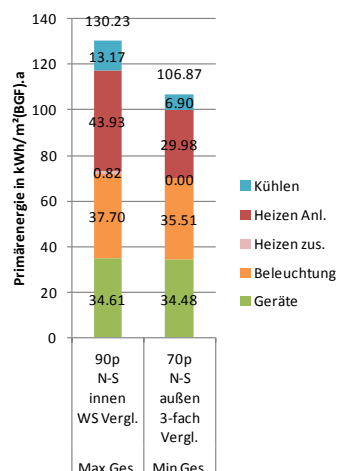
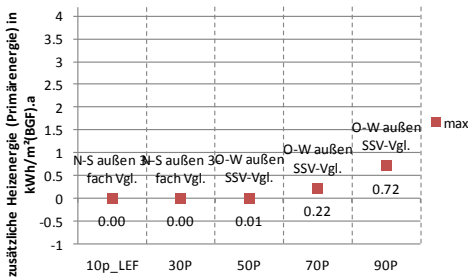


Abb. 112 maximaler und minimaler Primärenergiebedarf Ges. Modell „Großraumbüro“, I. Bw

4.2.1.8 Modell „Großraumbüro“, massive Bauweise

Großraumbüros in massiver Bauweise nach Fenstergrößen



Großraumbüros in massiver Bauweise nach Vergl.

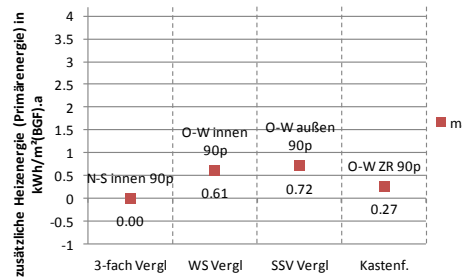


Abb. 114 Varianten mit maximalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Großraumbüro“ massive Bauweise

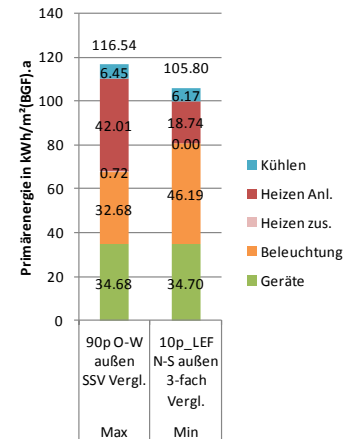
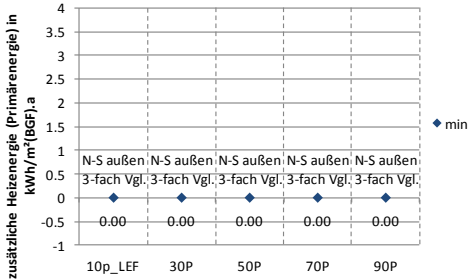


Abb. 113 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. Wert der zusätzlichen Heizenergie ; Modell „Großraumbüro“ m. Bw

Großraumbüros in massiver Bauweise nach Fenstergrößen



Großraumbüros in massiver Bauweise nach Vergl.

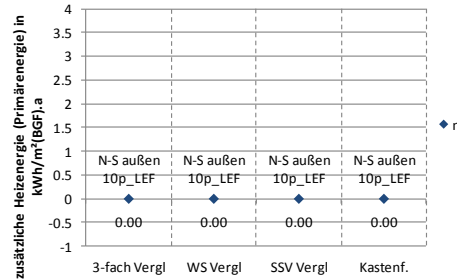


Abb. 116 Varianten mit minimalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Großraumbüro“ massive Bauweise

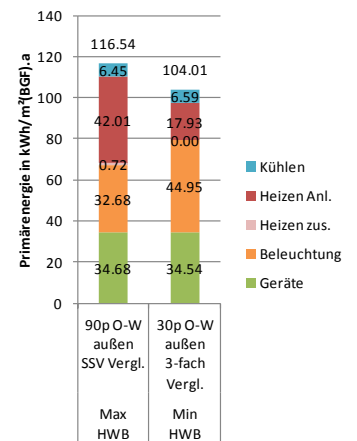


Abb. 115 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. HWB; Modell „Großraumbüro“ m. Bw

Varianten sortiert nach Fenstergrößen					Varianten sortiert nach Verglasung			
10p_LEF	30P	50P	70P	90P	3-fach	WS	SSV	Kastenf.
Anzahl der Varianten mit 0,00kWh/m²(BGF).a								
16	16	8	4	3	19	8	8	12

47 Varianten von insgesamt 80 Varianten können ohne extra Heizsystem die Zonen konditionieren. Bei diesem Modell in Massivbauweise können also über die Hälfte der möglichen Varianten die Zonen nur mit der Zuluft beheizen, was im Vergleich zu den anderen Modellen herausragend ist.

So benötigen alle Varianten mit den kleineren Fenstergrößen bis 30% keine zusätzliche Energie zum Heizen. Diesmal erreichen dies auch alle Varianten mit einer 3-fach Verglasung bis auf die nordsüdorientierte Variante mit den größten Fenstern(90%FFA) und einem innenliegenden Sonnenschutz.

In einem Großraumbüro scheint das Heizen also bei einigen Fassadenarten kein Problem darzustellen, da genügend innere Lasten vorhanden sind, die den Raum zusätzlich zum Lüftungssystem aufheizen können. Doch bei größeren Fensterflächen und einer einschaligen

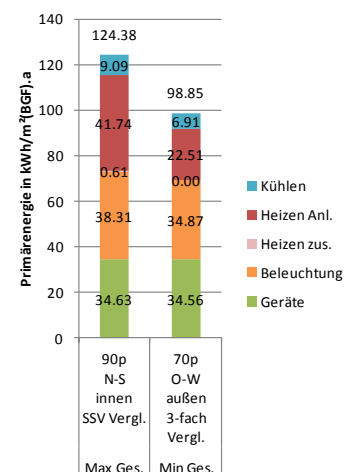


Abb. 117 maximaler und minimaler Primärenergiebedarf Ges. Modell „Großraumbüro“, m. Bw

Fassade mit höherem Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) kann auch durch das bessere Ausnützen des Tageslichtes der Raum zu schnell auskühlen. So hat das Optimum beim gesamten Primärenergiebedarf fast den gleichen Bedarf an Beleuchtungsenergie wie das Pessimum, aber durch den niedrigeren U-Wert der Verglasung kann der HWB entscheidend gesenkt werden. Natürlich trägt auch die Ost-West Orientierung und der außenliegende Sonnenschutz unter anderem für einen geringeren Kühlbedarf und zu einem geringen gesamten Primärenergiebedarf bei. Im Vergleich der zwei Varianten mit dem niedrigsten HWB und dem niedrigsten Primärenergiebedarf ist der Vorteil der größeren Fensterfläche wieder zu sehen.

4.2.2 Fazit

Die Varianten, bei denen der mögliche Verzicht auf ein zusätzliches Heizsystem besteht, haben nicht unbedingt auch den kleinsten HWB bzw. sind nicht die Varianten mit dem optimalen gesamten Primärenergiebedarf. Nur beim Großraumbüro und dem Gruppenbüro kommt es vor, dass durch die vielen Varianten, die ohne zusätzliche Heizenergie auskommen, auch eine dieser Varianten das Optimum beim gesamten Primärenergiebedarf erreicht. Hauptsächlich die Varianten mit kleinen Fenstergrößen und einer 3-fach Verglasung brauchen so gut wie keine zusätzliche Heizenergie, doch benötigen diese dafür mehr Beleuchtungsenergie, welche wiederum den gesamten Primärenergiebedarf erhöht.

Die Ergebnisse zeigen auch, dass, wenn bei den Typologien „Zellenbüro“ und „Kombibüro“ die zusätzliche Heizenergie gesenkt werden soll, man bei größeren Fenstern auf einen inneren Sonnenschutz zurückgreifen sollte. Doch daraus ergibt sich ein relativ hoher gesamter Primärenergiebedarf, da der Kühlbedarf steigt und durch die etwas höheren Innentemperaturen im Sommer, im Vergleich zu den Varianten mit außen liegenden Sonnenschutz, häufiger der Sonnenschutz aktiviert wird. Sonst haben fast alle Varianten mit dem kleinsten Bedarf an zusätzlicher Heizenergie eine 3-fach Verglasung und einen außenliegenden Sonnenschutz.

Viele Varianten können also ohne zusätzliche Heizenergie den Heizwärmebedarf decken, doch bei einem stärkeren Winter mit längerfristigen niedrigen Außentemperaturen wird wahrscheinlich doch ein zusätzliches Heizsystem benötigt, besonders bei den Varianten in Leichtbauweise.

4.3 Behaglichkeit Klassifizierung nach Ö-Norm EN 15251 [OEN07]

Durch die vorgegebenen Rahmenbedingungen durch die Konditionierung der Zellen können alle Modelle die Bedingungen für die Kategorie 2 (KI 2) über 97% im Jahr erfüllen. Um trotzdem die Unterschiede der Varianten zu verdeutlichen, wurden die Stunden untersucht, in denen die Modelle die Bedingungen der Kategorie 1 (KI 1), also den erhöhten Erwartungen, erfüllen.

Es gibt zwei Auswertungen:

Einerseits werden die Ergebnisse der Simulation nach der Nettogrundfläche (NGF) der Zonen gewichtet und andererseits auch nach der Anzahl der AP in der Zone.

Beim Modell „Großraumbüro“ gibt es keine Unterschiede bei der Gewichtung, da beide Räume bis auf die Anzahl der Fassadenflächen identisch sind.

Bei den Modellen „Zellenbüro“ und „Gruppenbüro“ fällt bei der Gewichtung der Ergebnisse nach den AP die Erschließungszone weg und gibt somit die Behaglichkeitswerte im Arbeitsbereich besser wieder.

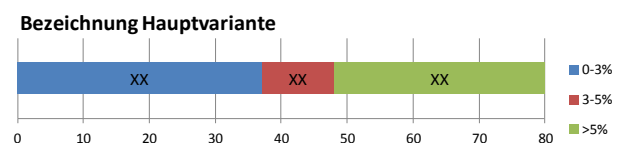
Beim Modell „Kombibüro“ wird die zweite Variante der Nutzung für die Bewertung betrachtet. Es werden also alle AP gleichwertig berücksichtigt.

Erläuterung für die horizontalen Balken Diagramme:

Sie stellen die Anzahl der Varianten dar, die jährlich 3%-5% von der Kategorie 1 abweichen.

d.h.:

- Der grüne Balken mit „>5%“ zeigt die Anzahl der Varianten, bei denen mehr als 5% der Stunden im Jahr außerhalb der Kategorie 1 liegen,
- Der rote Bereich gibt die Anzahl der Varianten wieder, bei denen 3%-5% der Stunden im Jahr außerhalb der Kategorie 1 liegen!
- Der blaue Bereich gibt die Anzahl der Varianten an, bei denen weniger als 3% der Stunden außerhalb der Kategorie 1 liegen.



Dies entspricht den zulässigen Abweichungen von maximal 5% bzw. 3% der Stunden im Jahr [OEN07], da man davon ausgeht, dass ein Gebäude die Erwartungen der Klasse nicht zu 100% der Zeit im Jahr erfüllen kann. Die Varianten im blauen Bereich erfüllen also ausreichend lange die Anforderungen der Kategorie 1, um als ein Gebäude der Kategorie 1 gewertet zu werden.

Erläuterung zu den Übersichten:

In den Übersichten sind die maximalen und minimalen Werte für die Stunden in Kategorie 1 (KI 1) und Kategorie 2 (KI 2) der einzelnen Varianten dargestellt. Wenn mehrere Varianten die gleichen Eigenschaften haben wie z.B.: „100% der Stunden im Jahr in KI 1“, steht die Anzahl der Varianten da, die genau diese Erwartungen erfüllen.

4.3.1 Modell „Zellenbüro“, leichte Bauweise

Der Gang, der ausschließlich als Verkehrsfläche dient, hat durch seine im Vergleich zu den Zellenbüros große NGF bei der Gewichtung nach m²(NGF), einen relativ hohen Einfluss auf das Ergebnis. Da sich aber dort niemand länger aufhält, ist das Ergebnis mit der Gewichtung auf den AP das Wesentliche und das Ergebnis mit der Gewichtung nach m²(NGF) wird nur zur Vervollständigung angegeben.

4.3.1.1 Gewichtung nach AP

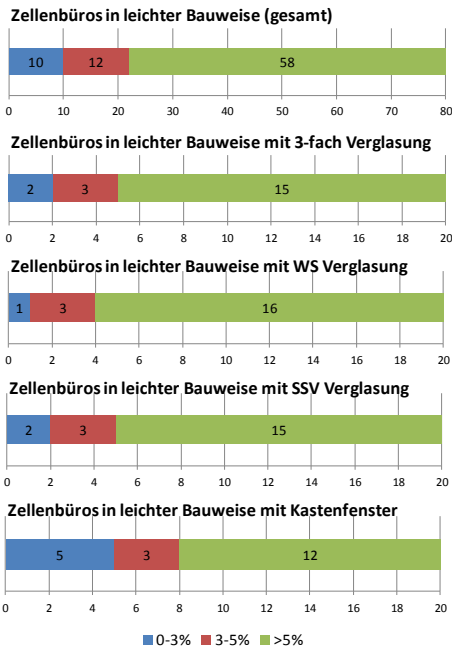


Abb. 118 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach AP

Man sieht deutlich den Unterschied zwischen dem innenliegenden Sonnenschutz und dem außenliegenden Sonnenschutz. Auch wenn alle Varianten die Kategorie 2 erreichen, sind alle Varianten mit außenliegender Verschattung, egal bei welcher Verglasung, um einiges thermisch behaglicher als die Varianten mit Innenverschattung.

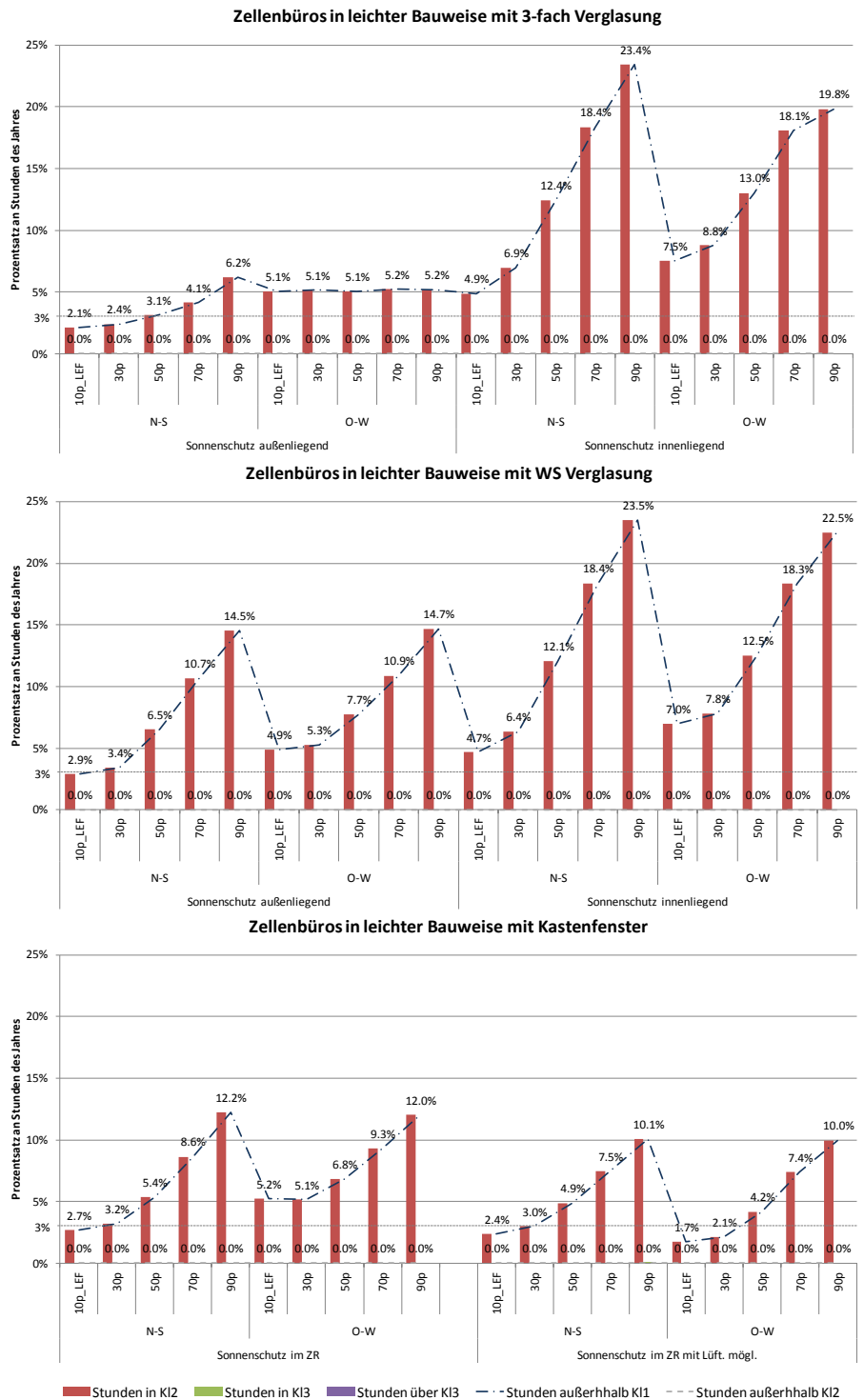


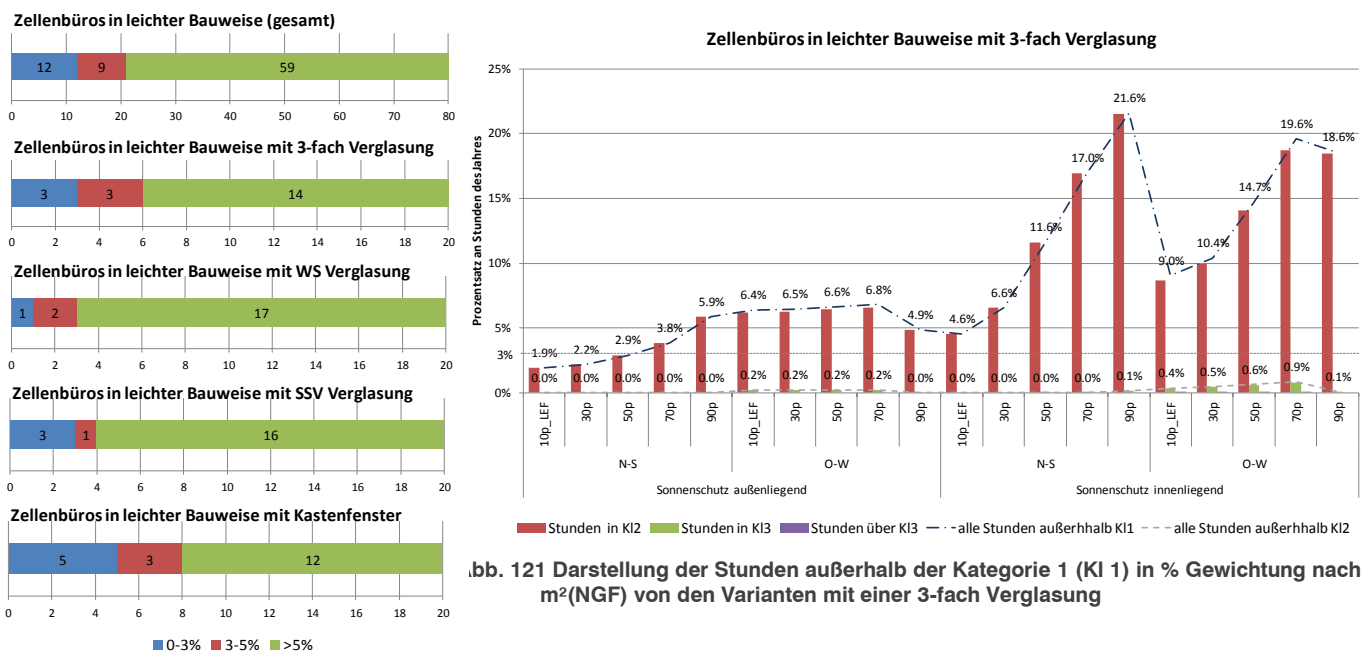
Abb. 119 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach AP von relevanten Varianten

Auffallend ist, dass bei der 3-fach Verglasung, einem äußeren Sonnenschutz und der Ost-West Orientierung die Fenstergröße keine Unterschiede für die Behaglichkeit hervorruft, im Vergleich zu den anderen Varianten.

Hier erkennt man sehr deutlich, dass ab einer Fenstergröße von 50% Fensterflächenanteil nur noch die 3-fach Verglasung eine Variante unter die 5% Schwelle schafft. Deutlich ist auch der Unterschied zwischen der thermischen Behaglichkeit einer äußeren und einer inneren Verschattung zu sehen, besonders bei der 3-fach Verglasung

Des Weiteren erkennt man, dass die meisten Varianten, die über 97% im Jahr die Kategorie 1 (KI 1) erfüllen, eine Fassade mit Kastenfenstern haben. Insgesamt erfüllen 22 Varianten die Erwartungen für die Kategorie 1 zu 95% der Zeit im Jahr.

4.3.1.2 Gewichtung nach m²(NGF)



bb. 121 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach m²(NGF) von den Varianten mit einer 3-fach Verglasung

Abb. 120 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach m²(NGF) Deutlich erkennt man bei dieser Gewichtung den Gang, der besonders bei der inneren Verschattung die gesamte thermische Behaglichkeit der Varianten verschlechtert. Denn im Vergleich zur Gewichtung nach AP, bei der keine Stunde in die Kategorie 3 (KI 3) fällt, gibt es hier mehrere Varianten, die bis zu 0,9% der Jahresstunden die Kategorie 2 (KI 2) nicht erreichen. Doch sind alle Varianten wieder der Kategorie 2 zuzuordnen, da bei allen der Anteil an Stunden außerhalb der Kategorie 2 nicht mehr als 3% der Stunden im Jahr überschreitet. Nach dieser Gewichtung können 21 Varianten die Erwartungen der Kategorie 1 (KI 1) zu 95% der Zeit im Jahr erfüllen.

4.3.1.3 Übersicht

Zellenbüros in leichter Bauweise					
	Maximale Werte			Minimale Werte	
	hohe Erwartungen	normale Erwartungen	annehmbar bis schlecht	hohe Erwartungen	normale Erwartungen
Gewichtung NGF	in Kl 1	in Kl1+2	außerhalb Kl1+2	in Kl 1	in Kl1+2
Stunden	8630.577	8760.000	75.692	6867.192	8684.308
Prozent	98.52%	100.00%	0.86%	78.39%	99.14%
Fenstergröße	10p_LEF	38 Varianten	70p	90p	70p
Orientierung	O-W		O-W	N-S	O-W
Sonnenschutz	ZR +L		innen	innen	innen
Verglasung	Kastenf.		3-fach Vergl.	3-fach Vergl.	3-fach Vergl.
Gewichtung AP	in Kl 1	in Kl1+2	außerhalb Kl1+2	in Kl 1	in Kl1+2
Stunden	8609.773	8760.000	0.136	6700.818	8759.864
Prozent	98.29%	100.00%	0.00%	76.49%	100.00%
Fenstergröße	10p_LEF	79 Varianten	90p	90p	90p
Orientierung	O-W		N-S	N-S	N-S
Sonnenschutz	ZR +L		ZR +L	innen	ZR +L
Verglasung	Kastenf.		Kastenf.	WS Vergl.	Kastenf.

4.3.2 Modell „Zellenbüro“, massive Bauweise

4.3.2.1 Gewichtung nach AP

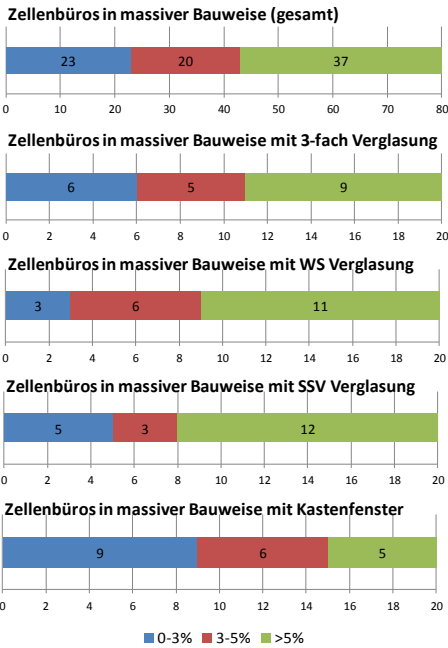


Abb. 122 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach AP

Hier erkennt man einen größeren Unterschied zwischen den Varianten mit außenliegendem und innenliegendem Sonnenschutz. Diesmal erfüllen fast alle Varianten mit außenliegendem Sonnenschutz und den Fenstergrößen bis einschließlich 50% Fensterflächenanteil die Anforderungen zu 95% im Jahr für die Kategorie 1 (KI 1) der thermischen Behaglichkeit.

Eine Ausnahme machen die Varianten der 3-fach Verglasung mit Ost-West Orientierung und außenliegendem Sonnenschutz.

Zusätzlich liegen im Vergleich mit der Leichtbauweise doppelt so viele Varianten zu 97% der Zeit im Jahr in der Kategorie 1. Es ist bei dieser Hauptvariante auch gut zu erkennen, dass bei den

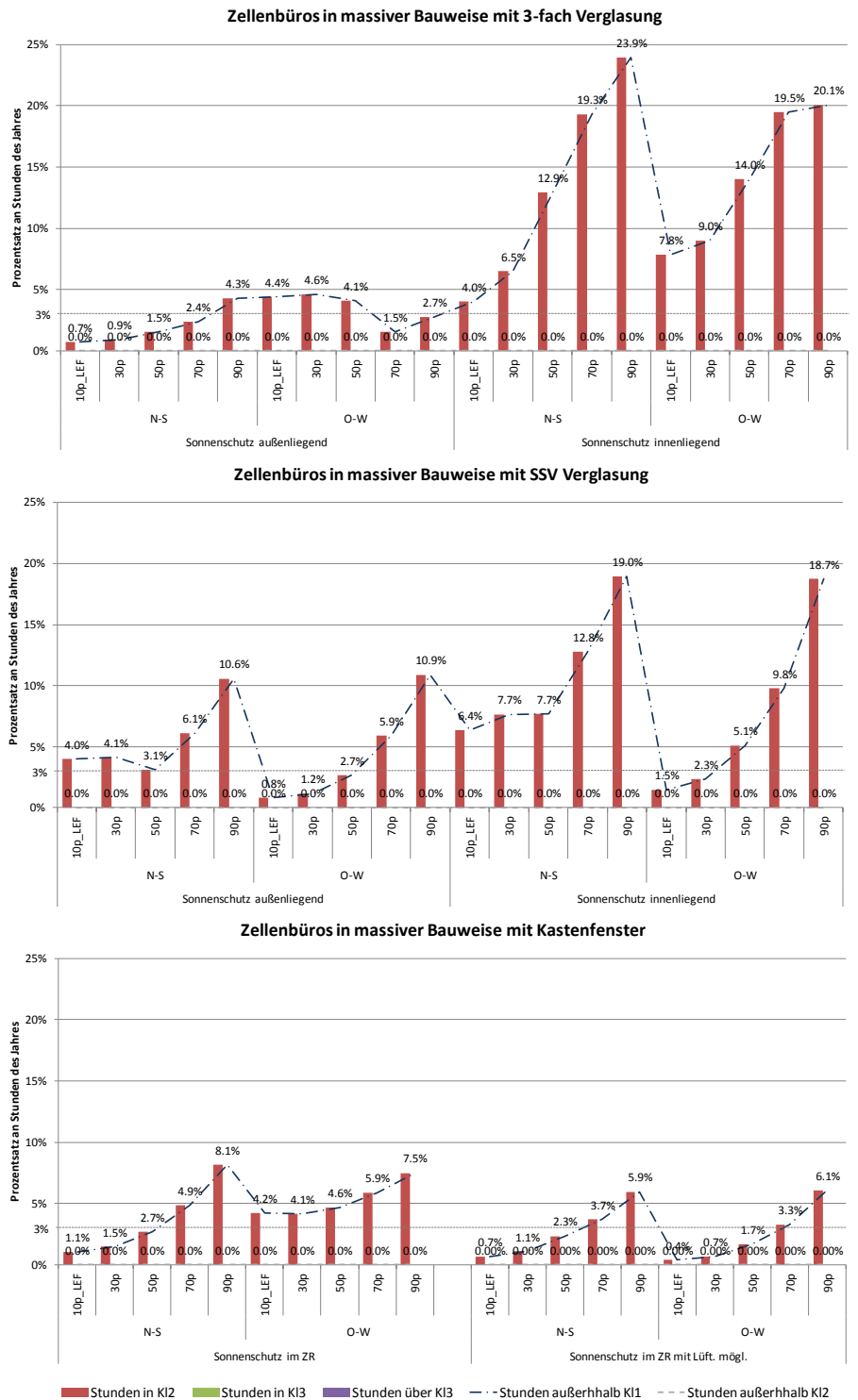


Abb. 123 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach AP von relevanten Varianten

Varianten mit Kastenfenstern die Möglichkeit zum Lüften auch die thermische Behaglichkeit positiv beeinflusst.

4.3.2.2 Gewichtung nach m²(NGF)

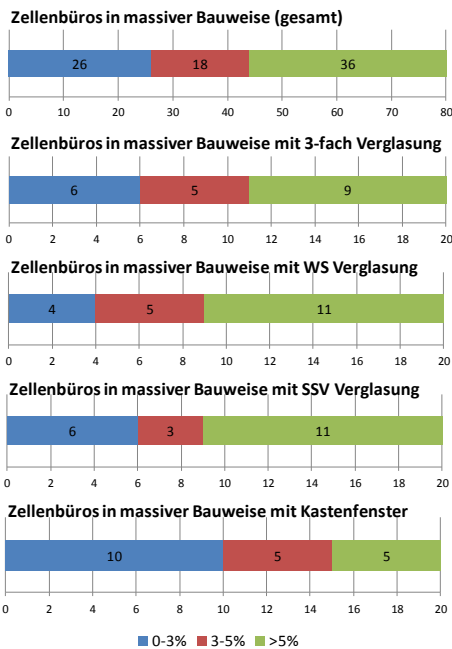


Abb. 125 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach m²(NGF)

Man erkennt wieder einen Unterschied, doch diesmal bewirkt die Bewertung der Zone „Gang“ bei dieser Gewichtung eine Verbesserung der Ergebnisse zur thermischen Behaglichkeit. Anscheinend kann durch die massivere Bauweise ein behaglicheres Innenklima im fensterlosen Gang erreicht werden. So erfüllen nach dieser Bewertung auch mehr Varianten zu 97% im Jahr die Kategorie 1 (KI 1) nach [OEN07]

Wie man bei der Übersicht erkennt, erfüllen alle Varianten des Modells „Zellenbüro“ in massiver Bauweise mit der Gewichtung nach AP zu 100% die Erwartungen der Kategorie 2 (KI 2). Es gibt aber 13 Varianten, bei denen in der Zone „Gang“ einige Stunden im Jahr nicht die Anforderungen für die Kategorie 2 erfüllt werden können, wie man bei der Gewichtung nach m²(NGF) erkennt.

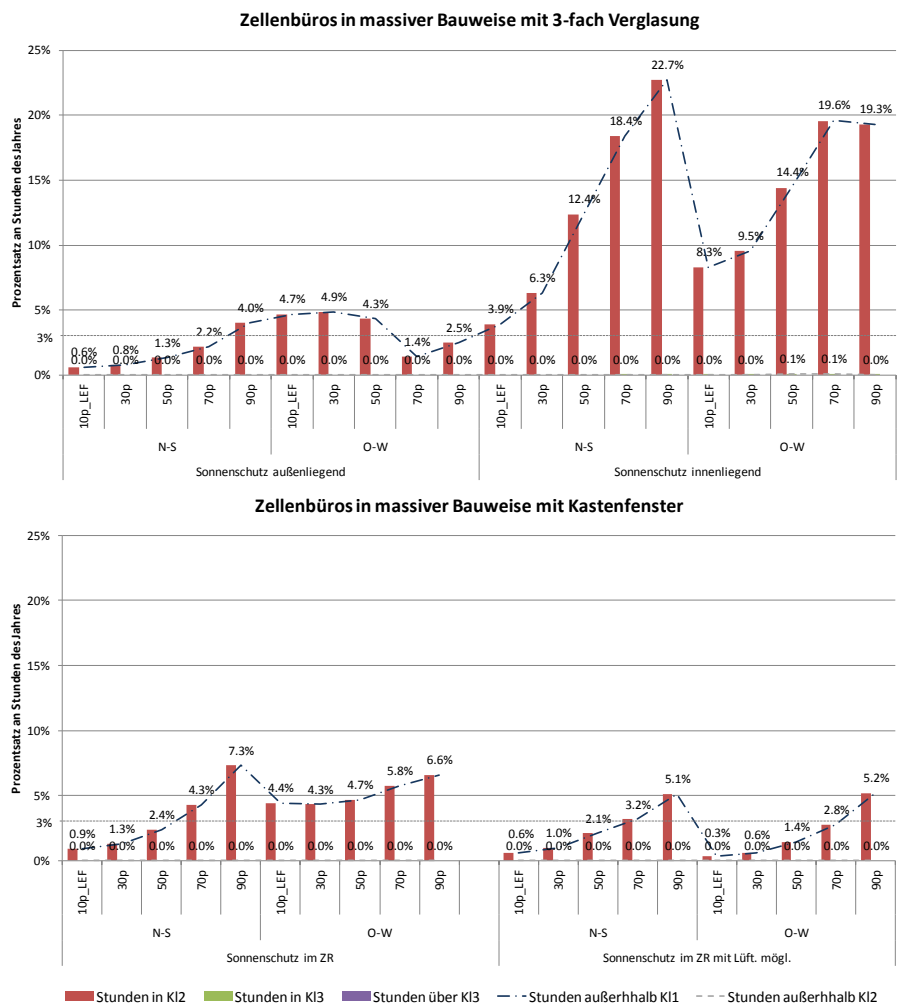


Abb. 124 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach m²(NGF) von den relevanten Varianten.

4.3.2.3 Übersicht

Zellenbüros in massiver Bauweise					
	Maximale Werte			Minimale Werte	
	hohe Erwartungen	normale Erwartungen	annehmbar bis schlecht	hohe Erwartungen	normale Erwartungen
Gewichtung NGF	in Kl 1	in Kl1+2	außerhalb Kl1+2	in Kl 1	in Kl1+2
Stunden	8731.000	8760.000	9.231	6769.192	8750.769
Prozent	99.67%	100.00%	0.11%	77.27%	99.89%
Fenstergröße	10p_LEF	67 Varianten	70p	90p	70p
Orientierung	O-W		O-W	N-S	O-W
Sonnenschutz	ZR +L		innen	innen	innen
Verglasung	Kastenf.		3-fach Vergl.	3-fach Vergl.	3-fach Vergl.
Gewichtung AP	in Kl 1	in Kl1+2	außerhalb Kl1+2	in Kl 1	in Kl1+2
Stunden	8725.727	8760.000	0.000	6663.409	8760.000
Prozent	99.61%	100.00%	0.00%	76.07%	100.00%
Fenstergröße	10p_LEF	80 Varianten	-	90p	80 Varianten
Orientierung	O-W		-	N-S	
Sonnenschutz	ZR +L		-	innen	
Verglasung	Kastenf.		-	3-fach Vergl.	

4.3.3 Modell „Kombibüro“, leichte Bauweise

Da es beim Modell „Kombibüro“ keine Unterschiede zwischen den beiden Gewichtungen im Ergebnis und keine Zone ohne AP gibt, wurde nur die Gewichtung nach m²(NGF) ausgewertet.

4.3.3.1 Gewichtung nach m²(NGF)

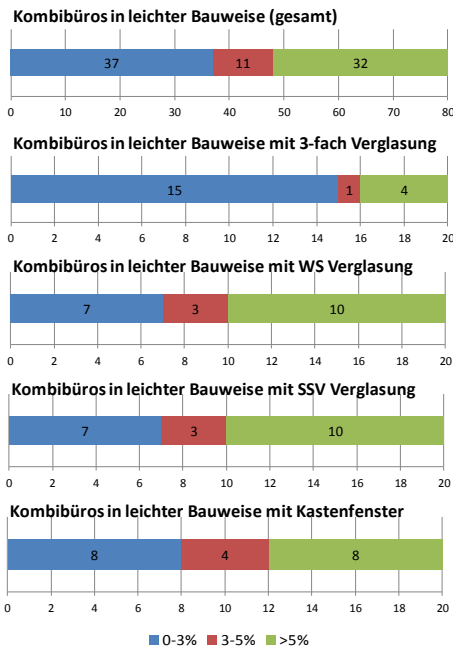


Abb. 126 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach m²(NGF)

Auffallend ist, dass dieses Modell in Leichtbauweise 48 Varianten hat, die die Erwartungen der Kategorie 1 (KI 1) zu 95% im Jahr erfüllen.

Am besten schneiden die Varianten mit 3-fach Verglasung ab, bei denen alle Varianten mit außenliegendem Sonnenschutz die Erwartungen der Kategorie 1 zu 97% im Jahr erfüllen.

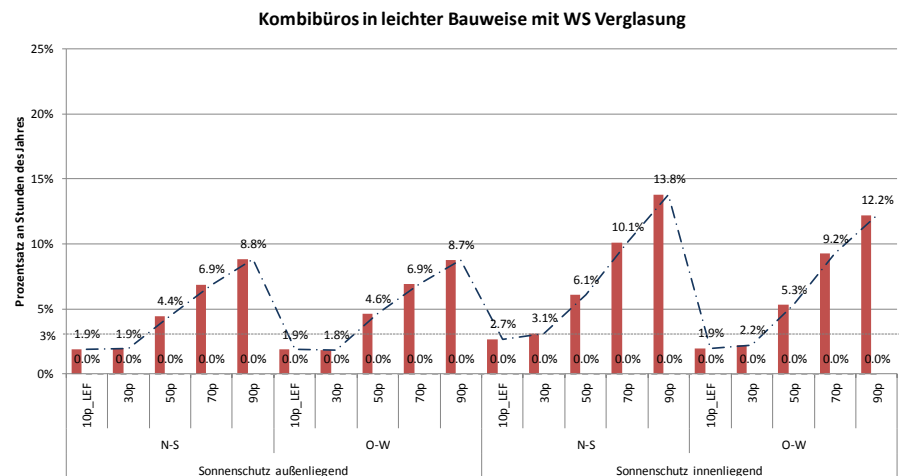
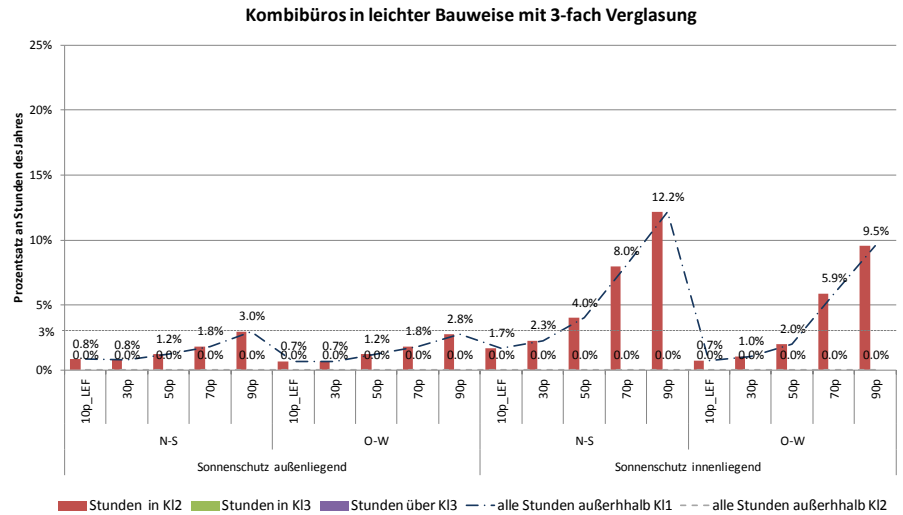


Abb. 127 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach m²(NGF) von relevanten Varianten

4.3.3.2 Übersicht

Kombibüros in leichter Bauweise					
	Maximale Werte			Minimale Werte	
	hohe Erwartungen	normale Erwartungen	annehmbar bis schlecht	hohe Erwartungen	normale Erwartungen
Gewichtung NGF	in KI 1	in KI1+2	außerhalb KI1+2	in KI 1	in KI1+2
Stunden	8702.578	8760.000	0.000	7551.400	8760.000
Prozent	99.34%	100.00%	0.00%	86.20%	100.00%
Fenstergröße	10p_LEF	80 Varianten	-	90p	80 Varianten
Orientierung	O-W	-	-	N-S	-
Sonnenschutz	außen	-	-	innen	-
Verglasung	3-fach Vergl.	-	-	WS Vergl.	-

4.3.4 Modell „Kombibüro“, massive Bauweise

4.3.4.1 Gewichtung nach m²(NGF)

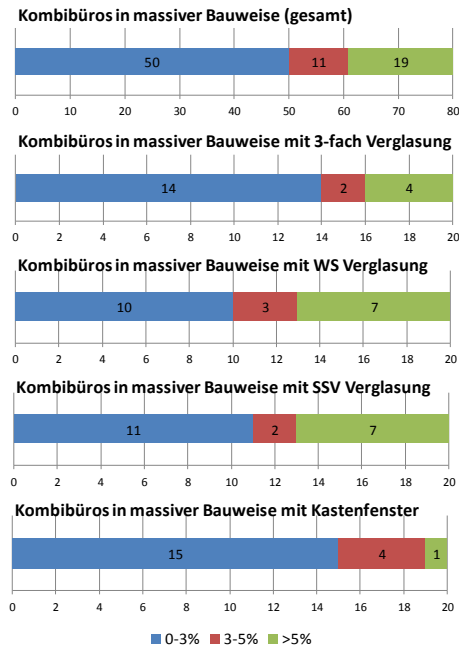


Abb. 128 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach m²(NGF)

Die massive Variante des Kombibüros hat insgesamt 61 Varianten, die die Erwartungen für die Kategorie 1 (KI 1) zu 95% im Jahr erfüllen. Bei der massiven Variante des Modells erfüllen sogar alle Varianten mit 3-fach Verglasung und externem Sonnenschutz fast zu 100% der Zeit im Jahr die Erwartungen der Kategorie 1. Bei den Varianten mit Kastenfenstern gibt es die meisten Varianten mit 97% der

Jahresstunden in der Kategorie 1. Der Unterschied zwischen den Varianten mit und ohne Lüftungsmöglichkeiten ist nicht mehr so deutlich zu sehen wie bei dem Modell "Zellenbüro".

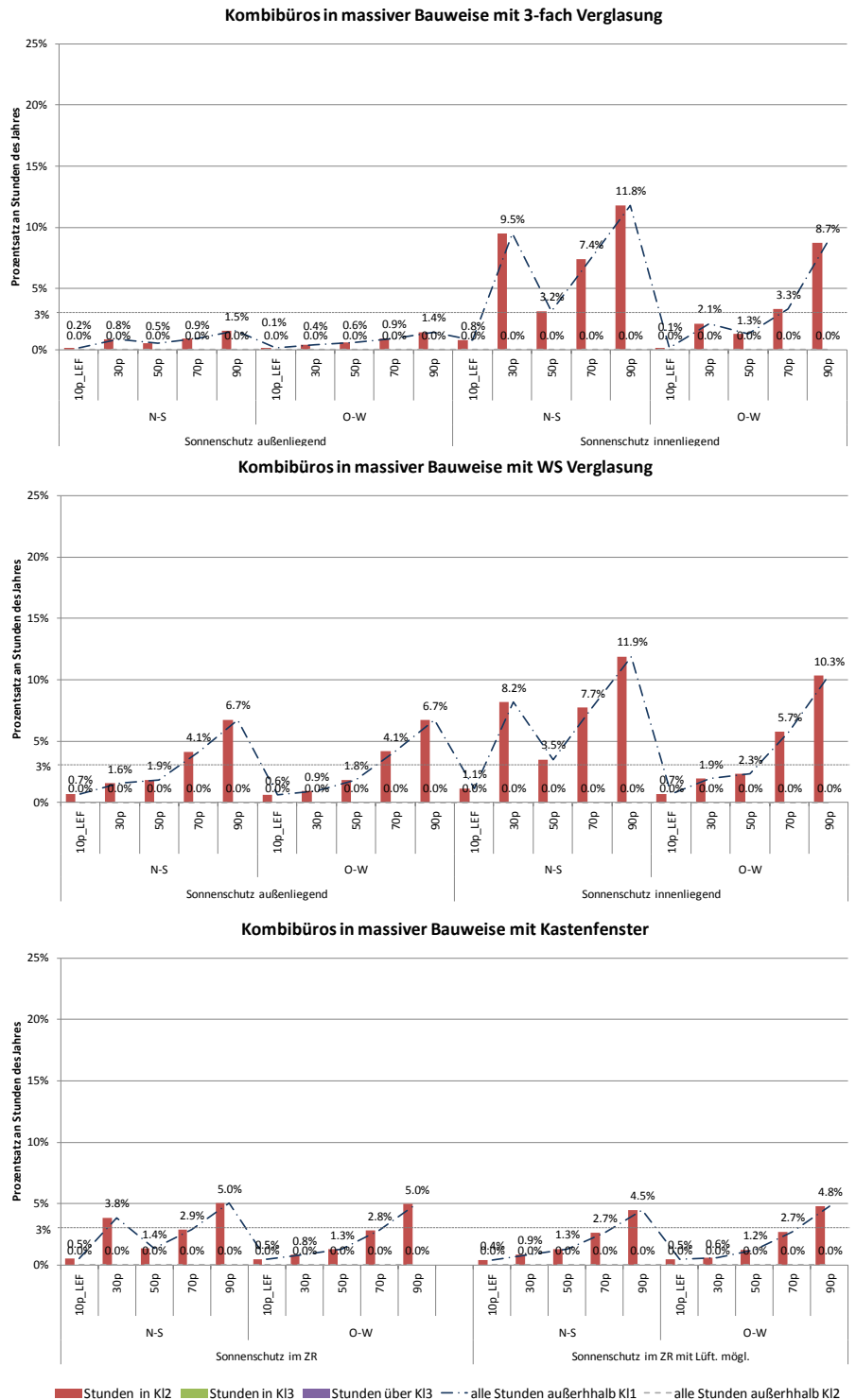


Abb. 129 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach m²(NGF) von relevanten Varianten

Im Vergleich zur Leichtbau Variante erkennt man eine Steigerung der thermischen Behaglichkeit. So schneiden auch bei der SSV und WS-Verglasung Varianten bei der Beurteilung der thermischen Behaglichkeit, bis auf einen Ausreiser mit 30% FFA, besser ab.

4.3.4.2 Übersicht

Kombibüros in massiver Bauweise					
	Maximale Werte			Minimale Werte	
	hohe Erwartungen	normale Erwartungen	annehmbar bis schlecht	hohe Erwartungen	normale Erwartungen
Gewichtung NGF	in Kl 1	in Kl1+2	außerhalb Kl1+2	in Kl 1	in Kl1+2
Stunden	8747.793	8760.000	0.000	7718.237	8760.000
Prozent	99.86%	100.00%	0.00%	88.11%	100.00%
Fenstergröße	10p_LEF	80 Varianten	10p_LEF	90p	80
Orientierung	O-W		N-S	N-S	
Sonnenschutz	außen		außen	innen	
Verglasung	3-fach Vergl.		3-fach Vergl.	WS Vergl.	

Bei beiden Bauweisen gibt es keine Stunde außerhalb der Kategorie 2 (Kl 2). Es können insgesamt über 87 Varianten von insgesamt 180 Varianten die Erwartungen für die Kategorie 1 (Kl 1) für 97% des Jahres erreichen. Im Vergleich dazu können dies nur insgesamt 33 Varianten bei einer Gewichtung nach AP und 38 bei einer Gewichtung nach m²(NGF) beim Modell „Zellenbüro“ in massiver Bauweise erreichen.

4.3.5 Modell „Gruppenbüro“, leichte Bauweise

Bei diesem Modell ist die Zone für die Erschließung ohne AP, weshalb die Gewichtung nach AP repräsentativer ist als nach m²(NGF).

4.3.5.1 Gewichtung nach AP

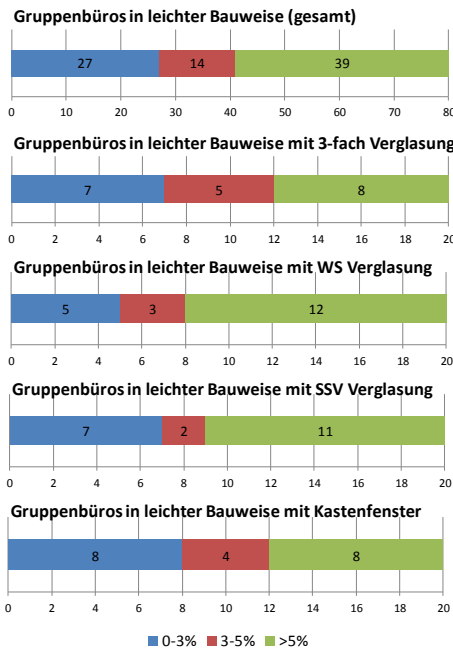


Abb. 130 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach AP

Wie bei den Modellen zuvor erkennt man wieder eine Korrelation zwischen der thermischen Behaglichkeit und der Fenstergröße: umso größer die Fenster, desto geringer ist die Anzahl der Stunden in der Kategorie 1 (KI 1). Der Unterschied zwischen einem inneren und äußeren Sonnenschutz ist bei den Varianten mit 3-fach Verglasung am deutlichsten.

Insgesamt können 41 Varianten die Ansprüche für die Kategorie 1 zu 95% im Jahr erfüllen.

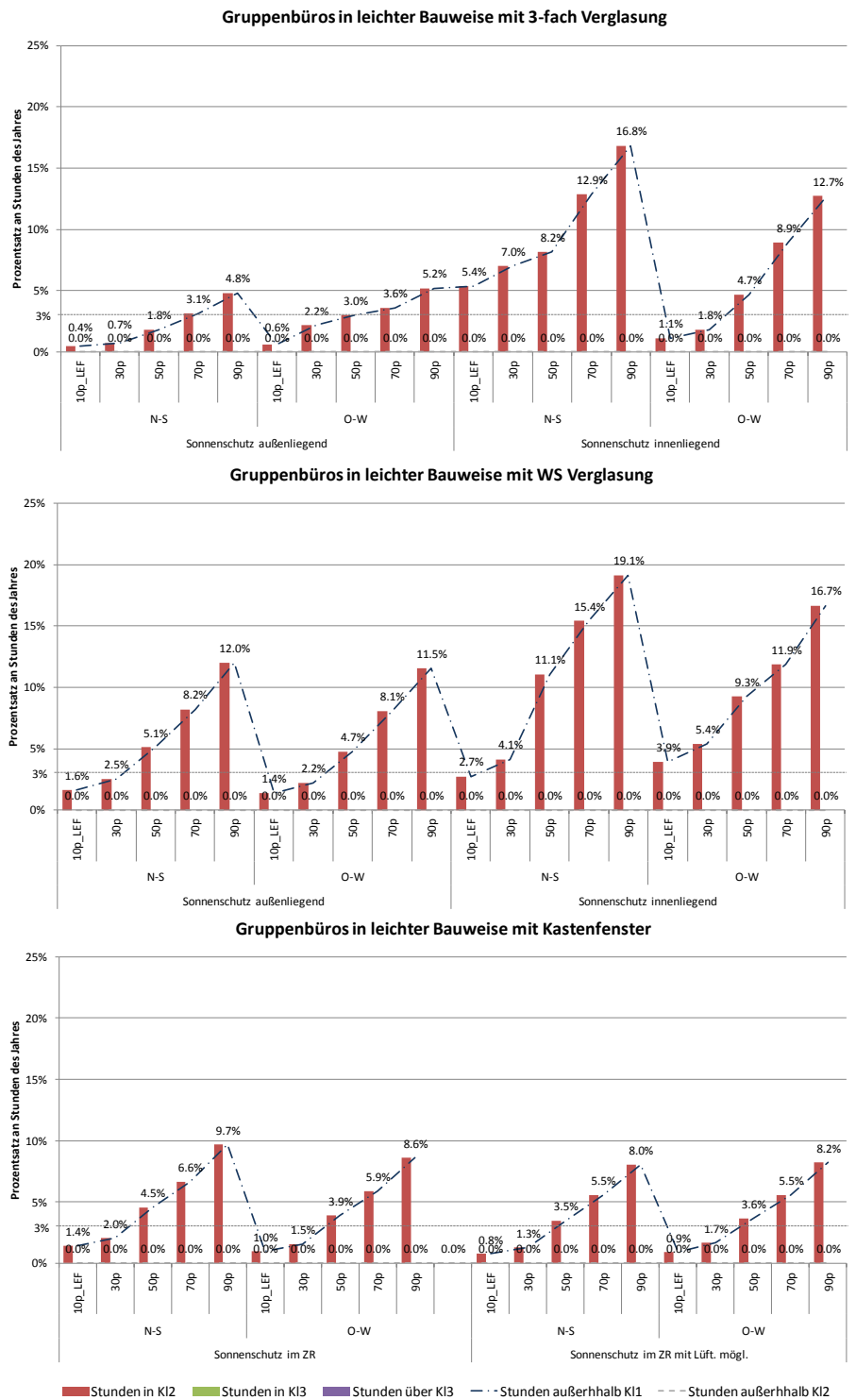


Abb. 131 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach AP von relevanten Varianten

4.3.5.2 Gewichtung nach m²(NGF)

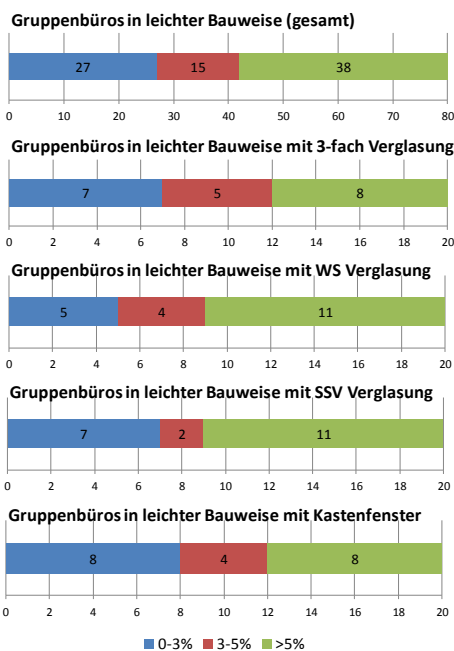


Abb. 132 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach m²(NGF)

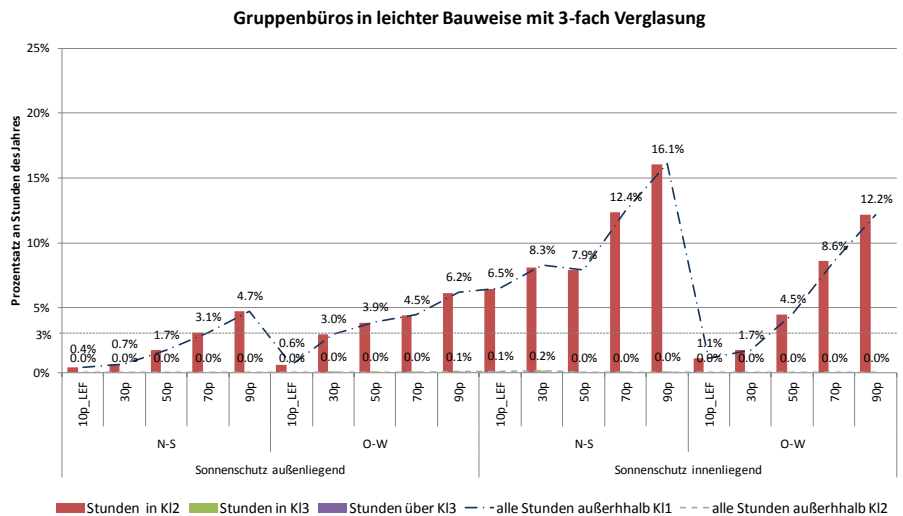


Abb. 133 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach m²(NGF) von den Varianten mit einer 3-fach Verglasung

Bei der Berücksichtigung des Gangs durch die Gewichtung nach m²(NGF) erkennt man bei dieser Hauptvariante nur eine geringe Veränderung bei den Varianten mit 3-fach Verglasung. Dies bedeutet, dass der Gang keinen großen Einfluss auf die gesamte Betrachtung der thermischen Behaglichkeit hat. Auch wenn bei der Übersicht deutlich wird, dass bei der Gewichtung nach NGF nur 60 Varianten von 80 100% der Stunden im Jahr in Kategorie 2 (KI 2) sind, so ist die Anzahl der Stunden außerhalb der Klasse gering und beträgt maximal 30,66h, was 0.35% im Jahr entspricht.

4.3.5.3 Übersicht

Gruppenbüros in leichter Bauweise					
	Maximale Werte			Minimale Werte	
	hohe Erwartungen	normale Erwartungen	annehmbar bis schlecht	hohe Erwartungen	normale Erwartungen
Gewichtung NGF	in KI 1	in KI1+2	außerhalb KI1+2	in KI 1	in KI1+2
Stunden	8722.736	8760.000	30.533	7051.864	8729.467
Prozent	99.57%	100.00%	0.35%	80.50%	99.65%
Fenstergröße	10p_LEF	60 Varianten	90p	90p	90p
Orientierung	N-S		N-S	N-S	N-S
Sonnenschutz	außen		innen	innen	innen
Verglasung	3-fach Vergl.		WS Vergl.	WS Vergl.	WS Vergl.
Gewichtung AP	in KI 1	in KI1+2	außerhalb KI1+2	in KI 1	in KI1+2
Stunden	8721.000	8760.000	0.000	7084.625	8760.000
Prozent	99.55%	100.00%	0.00%	80.87%	100.00%
Fenstergröße	10p_LEF	80 Varianten	-	90p	80 Varianten
Orientierung	N-S		-	N-S	
Sonnenschutz	außen		-	innen	
Verglasung	3-fach Vergl.		-	WS Vergl.	

4.3.6 Modell „Gruppenbüro“, massive Bauweise

4.3.6.1 Gewichtung nach AP

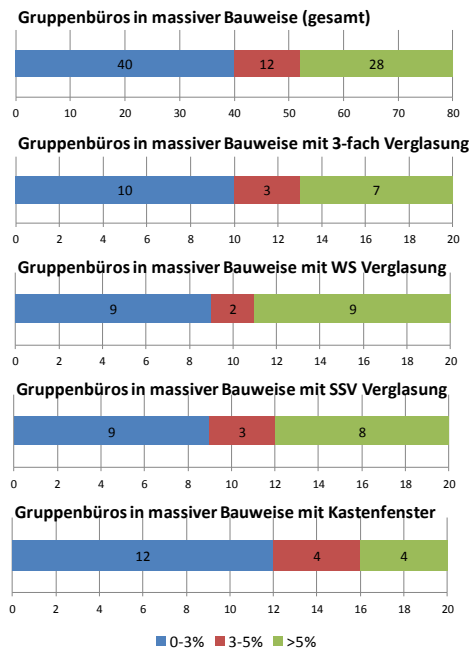


Abb. 134 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach AP

52 Varianten können bei der massiven Variante des Modells „Gruppenbüro“ zu 95% der Stunden im Jahr die Erwartungen der Kategorie 1 (KI 1) erfüllen. Diese Klassifizierung erreichen alle Varianten mit einer 3-fachen Verglasung und einem äußeren Sonnenschutz sowie alle Varianten mit den Kastenfenstern, bis auf die Varianten mit 90% Fensterflächenanteil. Wieder erkennt man bei der massiven

Variante den deutlichen Unterschied bei der thermischen Behaglichkeit zwischen einem äußeren und inneren Sonnenschutz bei allen Verglasungsarten.

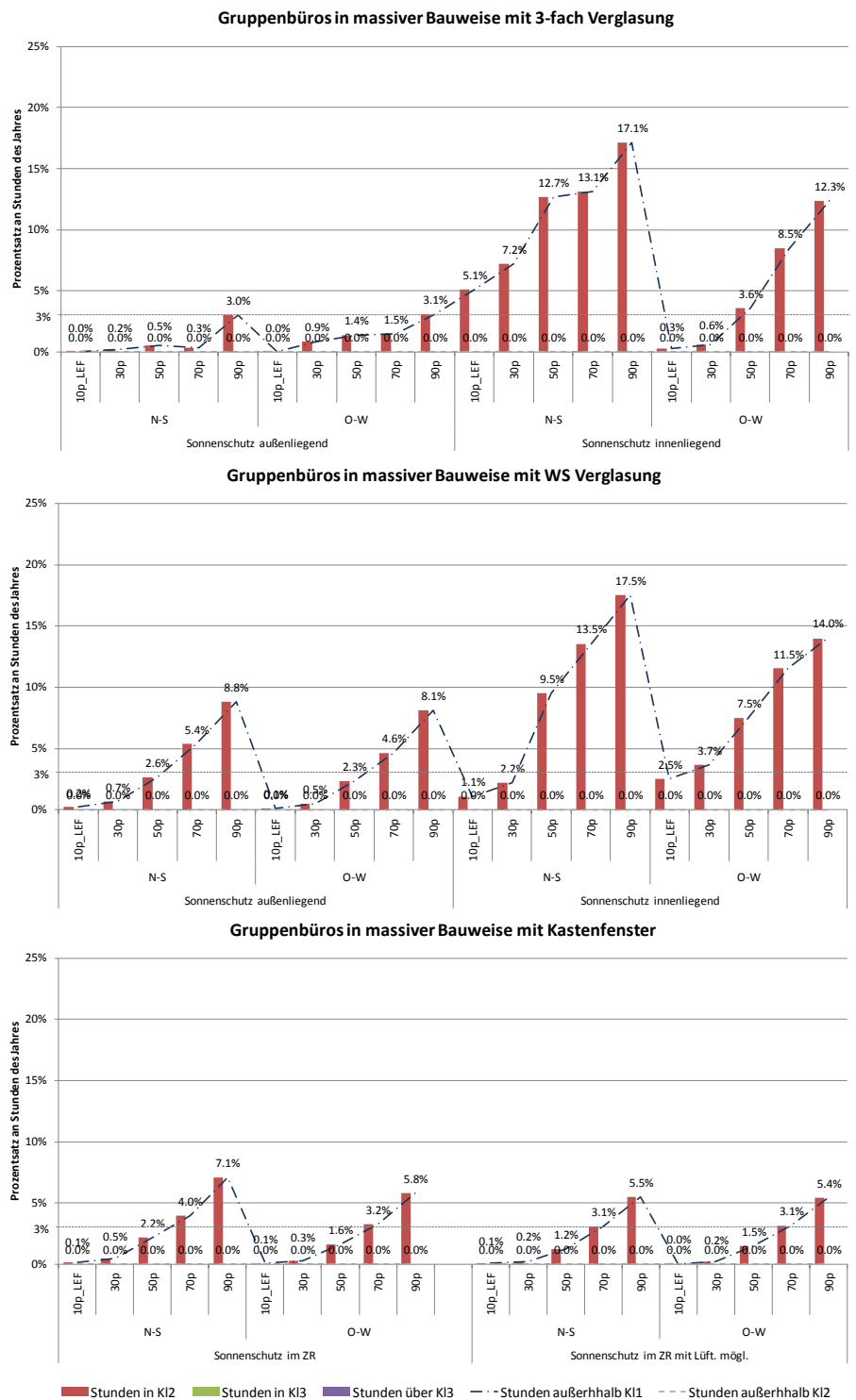


Abb. 135 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach AP von relevanten Varianten

4.3.6.2 Gewichtung nach m²(NGF)

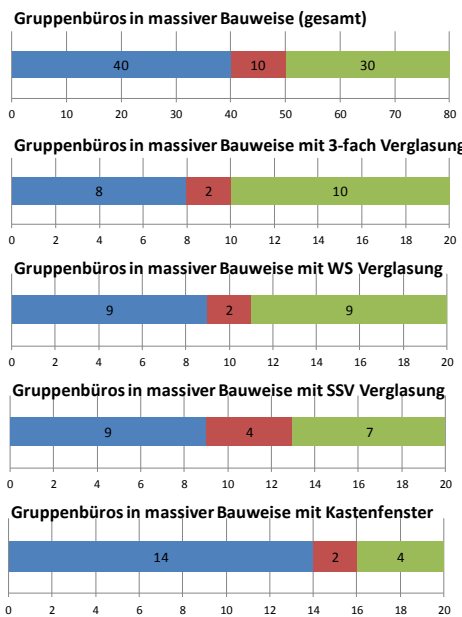


Abb. 136 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach m²(NGF)

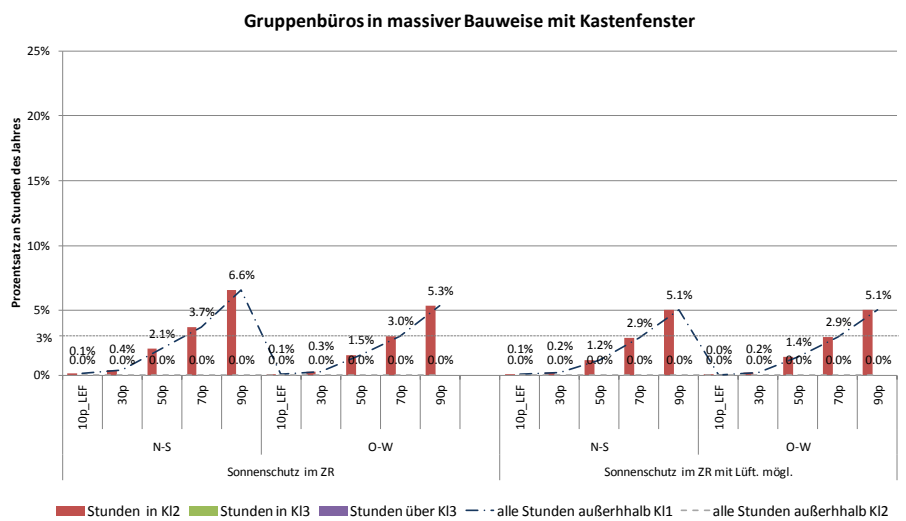


Abb. 137 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach m²(NGF) von den Varianten mit Kastenfenstern

Man stellt eine etwas andere Verteilung innerhalb der Verglasungsarten bei der Gewichtung nach m²(NGF) fest. Bei den Varianten mit Kastenfenstern und Lüftungsmöglichkeiten erfüllen zusätzlich zwei Varianten mit 70% FFA 97% der Stunden im Jahr die Anforderungen für die Kategorie 1 (KI 1).

4.3.6.3 Übersicht

Gruppenbüros in massiver Bauweise					
	Maximale Werte			Minimale Werte	
	hohe Erwartungen	normale Erwartungen	annehmbar bis schlecht	hohe Erwartungen	normale Erwartungen
Gewichtung NGF	in KI 1	in KI1+2	außerhalb KI1+2	in KI 1	in KI1+2
Stunden	8756.100	8760.000	1.600	7240.970	8758.400
Prozent	99.96%	100.00%	0.02%	82.66%	99.98%
Fenstergröße	10p_LEF	76 Varianten	90p	90p	90p
Orientierung	O-W		N-S	N-S	N-S
Sonnenschutz	ZR +L		innen	innen	innen
Verglasung	Kastenf.		WS Vergl.	WS Vergl.	WS Vergl.
Gewichtung AP	in KI 1	in KI1+2	außerhalb KI1+2	in KI 1	in KI1+2
Stunden	8759.375	8760.000	0.000	7225.625	8760.000
Prozent	99.99%	100.00%	0.00%	82.48%	100.00%
Fenstergröße	10p_LEF	80 Varianten	-	90p	80 Varianten
Orientierung	N-S		-	N-S	
Sonnenschutz	außen		-	innen	
Verglasung	3-fach Vergl.		-	WS Vergl.	

Beim massiven Modell „Gruppenbüro“ entsprechen fast alle Varianten zu 100% den Erwartungen in der Kategorie 2 (KI 2). Nur die Varianten mit den größten Fenstern, einem innenliegenden Sonnenschutz und einer WS bzw. SS Verglasung erreichen bei der Gewichtung nach m²(BGF) nur knapp keine 100%. Dagegen gibt es sogar eine Variante, die nur ca. 0,01% der Zeit im Jahr außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) liegt.

4.3.7 Modell „Großraumbüro“, leichte Bauweise

Da es bei diesem Modell keine Unterschiede zwischen den beiden Zonen bei den AP und der NGF und somit auch bei den Gewichtungen im Ergebnis gibt, wurde auf die Gewichtung verzichtet.

4.3.7.1 ohne Gewichtung

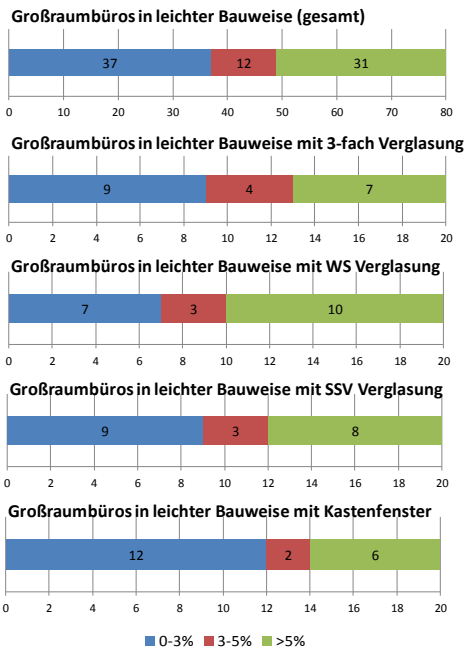


Abb. 138 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; ohne Gewichtung

Wie zuvor bei den Varianten in Leichtbauweise ergeben sich ähnliche Resultate. Auch hier wird der Unterschied zwischen den Fenstergrößen deutlich. Die Varianten mit innenliegendem Sonnenschutz schneiden im Vergleich mit dem außenliegenden ebenfalls schlechter ab. Dies erkennt man besonders in Zusammenhang mit größeren Fenstern und Nord-Süd Orientierung.

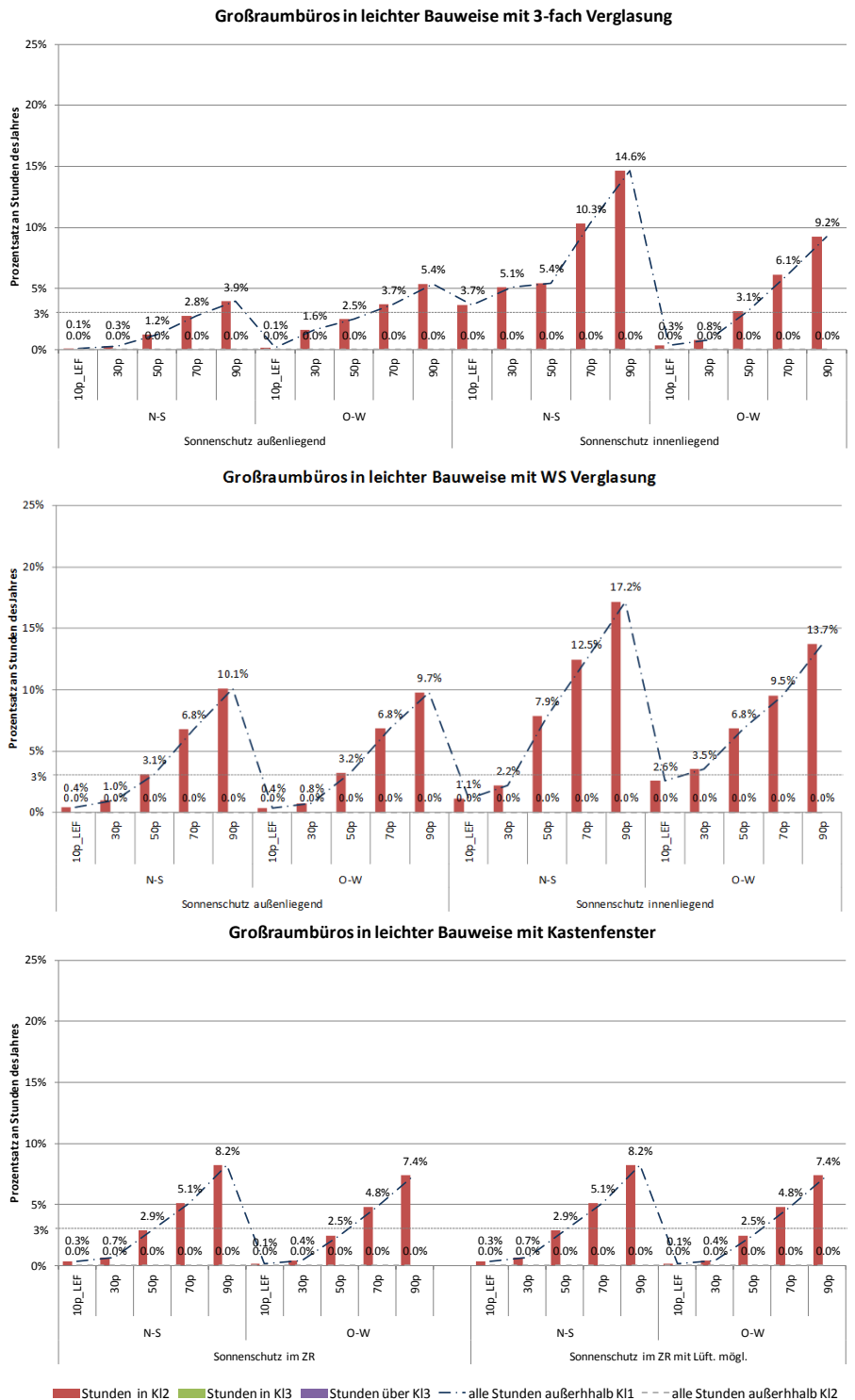


Abb. 139 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % ohne Gewichtung von relevanten Varianten

4.3.7.2 Übersicht

Großraumbüros in leichter Bauweise					
	Maximale Werte			Minimale Werte	
	hohe Erwartungen	normale Erwartungen	annehmbar bis schlecht	hohe Erwartungen	normale Erwartungen
ohne Gewichtung	in Kl 1	in Kl1+2	außerhalb Kl1+2	in Kl 1	in Kl1+2
Stunden	8752.500	8760.000	0.000	7257.000	8760.000
Prozent	99.91%	100.00%	0.00%	82.84%	100.00%
Fenstergröße	10p_LEF	80 Varianten	-	90p	80 Varianten
Orientierung	N-S		-	N-S	
Sonnenschutz	außen		-	innen	
Verglasung	3-fach Vergl.		-	WS Vergl.	

Alle Varianten erfüllen bei diesem Modell auch in der Leichtbauweise zu 100% im Jahr die Kategorie 2 (Kl 2) [OEN07] der thermischen Behaglichkeit. Die Variante mit den gleichen Eigenschaften wie beim Modell Gruppenbüro ist wieder die Variante mit der meisten Zeit im Jahr in der Kategorie 1 (Kl 1).

4.3.8 Modell „Großraumbüro“, massive Bauweise

Da es bei diesem Modell keine Unterschiede zwischen den beiden Zonen bei den AP und der NGF und somit auch bei den Gewichtungen im Ergebnis gibt, wurde auf die Gewichtung verzichtet

4.3.8.1 ohne Gewichtung

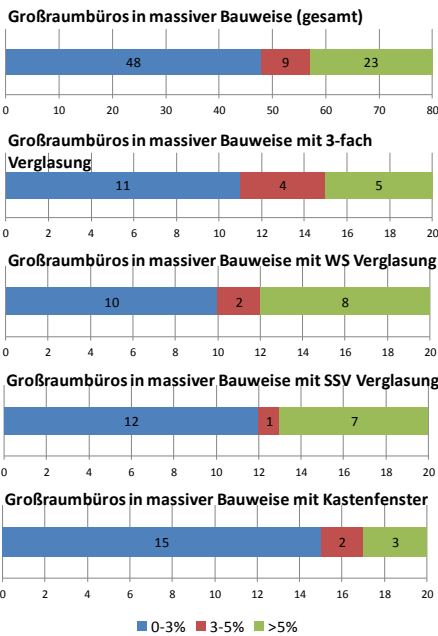


Abb. 140 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; ohne Gewichtung

Es gibt wie erwartet eine höhere Anzahl von Varianten, die im Vergleich zur Leichtbauweise zu 97% der Zeit die Erwartungen der Kategorie 1 (KI 1) erfüllen. Das Besondere ist, dass es insgesamt 10 Varianten gibt, die zu 100% der Zeit im Jahr die Erwartungen der Kategorie 1 erfüllen können. Diese Varianten sind alle mit den kleinsten Fenstergrößen ausgestattet. Besonders zu erwähnen ist auch, dass dies

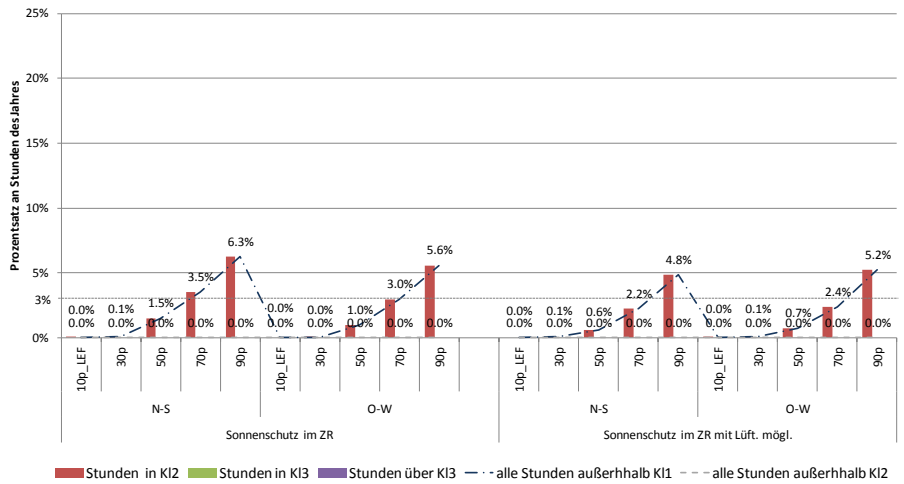
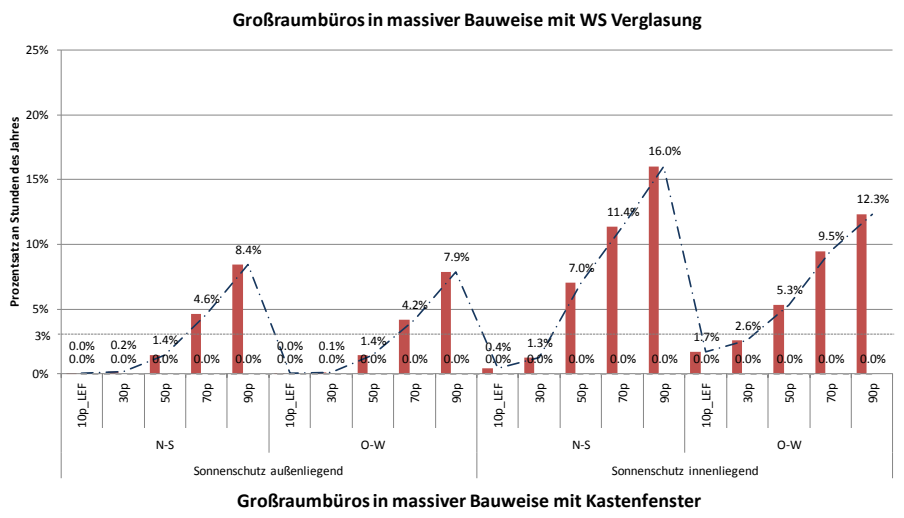
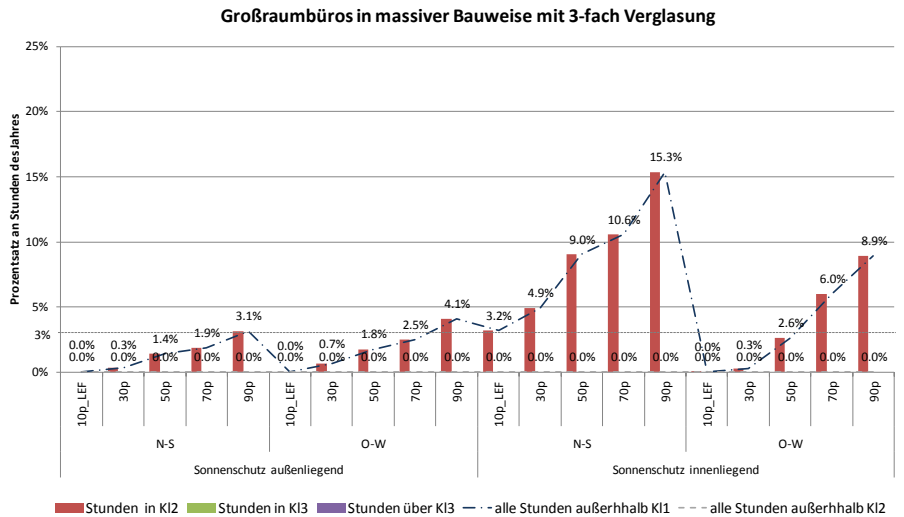


Abb. 141 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % ohne Gewichtung von relevanten Varianten

sogar Varianten mit SSV bzw. WS-Verglasung und kleinen Fenstergrößen erfüllen können.

4.3.8.2 Übersicht

Großraumbüros in massiver Bauweise					
	Maximale Werte			Minimale Werte	
	hohe Erwartungen	normale Erwartungen	annehmbar bis schlecht	hohe Erwartungen	normale Erwartungen
ohne Gewichtung	in Kl 1	in Kl1+2	außerhalb Kl1+2	in Kl 1	in Kl1+2
Stunden	8760.000	8760.000	0.000	7357.500	8760.000
Prozent	100.00%	100.00%	0.00%	83.99%	100.00%
Fenstergröße	10p_LEF	80 Varianten	-	90p	80 Varianten
Orientierung	N-S		-	N-S	
Sonnenschutz	außen		-	innen	
Verglasung	3-fach Vergl.		-	WS Vergl.	

Auch wenn 10 Varianten zu 100% die Anforderungen für die Kategorie 1 (Kl 1) erfüllen, wurde hier nur eine der Varianten, die dies erreichen, angeführt.

4.3.9 Zusammenfassung der Ergebnisse

Um die thermische Behaglichkeit zu 97% der Stunden im Jahr in der Kategorie 1 (Kl 1) nach Ö-Norm EN 15251 [OEN07] zu erfüllen, damit das Gebäude der Kategorie 1 mit hohem Maß an Erwartungen entspricht, sollten kleine Fenstergrößen verwendet werden. Wie man an den Schaubildern sieht, ist dies der ausschlaggebende Faktor für alle Modelle.

Die massiven Varianten mit außenliegendem Sonnenschutz können auch mit größeren Fenstern die erhöhten Erwartungen für die Kategorie 1 über 97% des Jahres erreichen, doch bis auf ein paar Ausnahmen bei den Modellen „Kombibüro“ und „Gruppenbüro“ sollten die Fenster nicht größer als 50% FFA sein.

Alle Varianten können die Erwartungen der Kategorie 2 (Kl 2) nach Ö-Norm EN 15251 [OEN07] zu 97% der Stunden im Jahr halten, unabhängig von der Gewichtung und erreichen so die Erwartungen für ein normales Bürogebäude mit den gegebenen Rahmenbedingungen.

Die Varianten mit innenliegendem Sonnenschutz und einer Nord-Süd Orientierung schneiden bei der thermischen Behaglichkeit im Vergleich am schlechtesten ab.

Beim Vergleich zwischen den Hauptvarianten fällt auf, dass das Modell „Kombibüro“ bei der Untersuchung der thermischen Behaglichkeit am besten abschneidet.

Das Modell „Kombibüro“ in massiver Bauweise hat auch die meisten Varianten (50, bzw. 63%) die zu 97% die Erwartungen der Kategorie 1 erfüllen. Doch zu 100% erfüllt nur das Großraumbüro in massiver Bauweise mit 10 Varianten, die die kleinsten Fensterflächen haben, die hohen Erwartungen der Kategorie 1.

Am schlechtesten schneidet das Modell „Zellenbüro“ in Leichtbauweise ab, bei dem nur 13% der Varianten bei der relevanten Gewichtung nach AP 97% der Stunden im Jahr die Erwartungen der Kategorie 1 (KI 1) erfüllen.

Bei allem darf man aber nicht vergessen, dass alle Varianten zu 97% der Stunden im Jahr in der Kategorie 2 (KI 2) nach Ö-Norm EN 15251 [OEN07] liegen, und so die Erwartungen für ein normales Bürogebäude ausreichend erreichen.

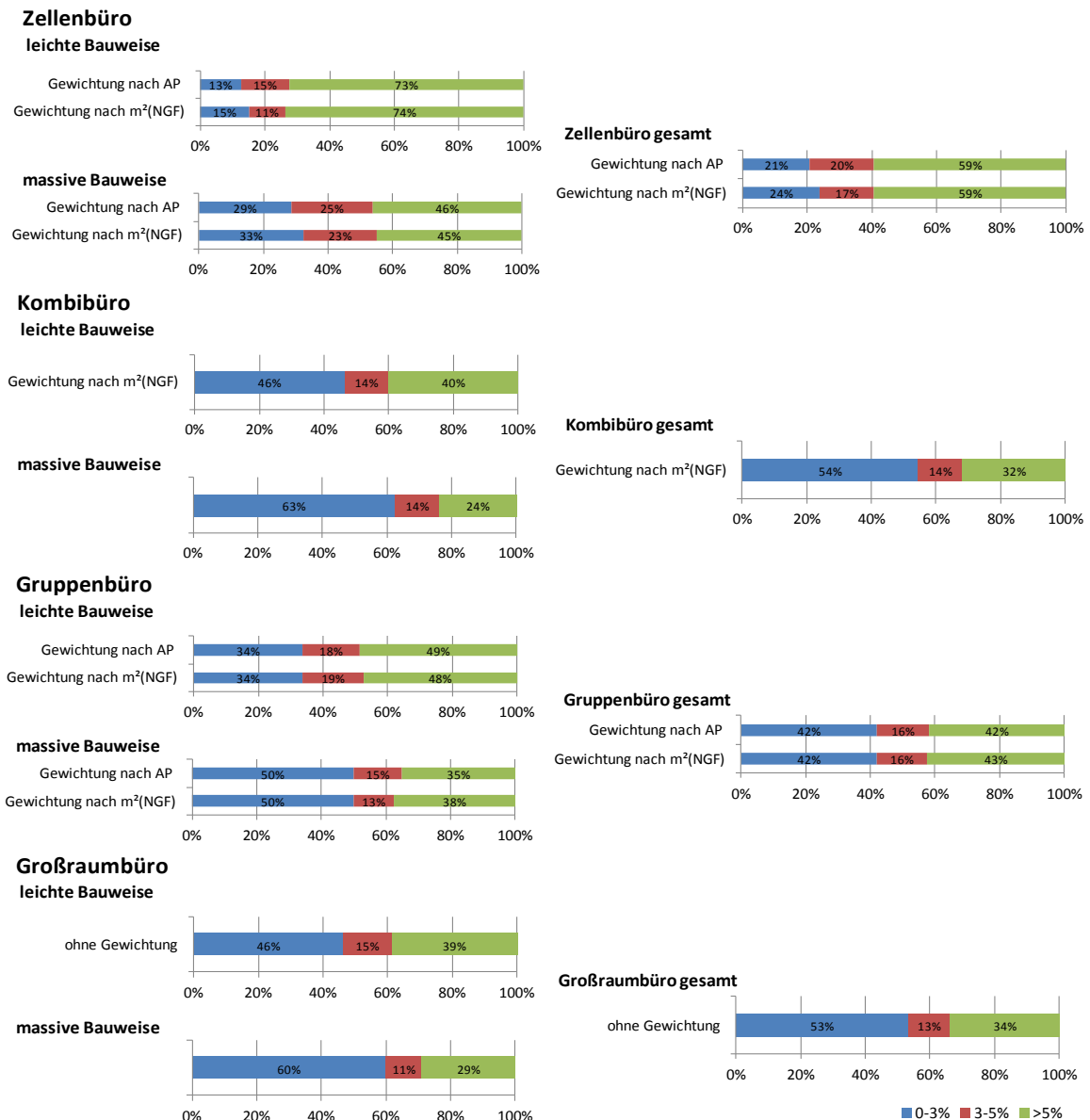


Abb. 142 Übersicht/Vergleich aller Hauptvarianten; Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in %

Des Weiteren ist Aufgefallen, dass die Möglichkeit des Lüftens bei den Varianten mit Kastenfenster nur beim Modell „Zellenbüro“ eine merkliche Verbesserung der thermischen Behaglichkeit zu erkennen ist. Bei den anderen Modellen hingegen ergibt sich kein großer Vorteil, in Beziehung der thermischen Behaglichkeit, bei einer Kastenfenster-Fassade mit Lüftungsklappen.

4.3.10 Gegenüberstellung der Ergebnisse PMV und Primärenergiebedarf

Hierbei wird der Primärenergiebedarf der besten und schlechtesten Varianten für die thermische Behaglichkeit (PMV) mit dem Optimum und Pessimum des Primärenergiebedarfs je m²(BGF) und Jahr verglichen.

4.3.10.1 Modell „Zellenbüro“, leichte Bauweise

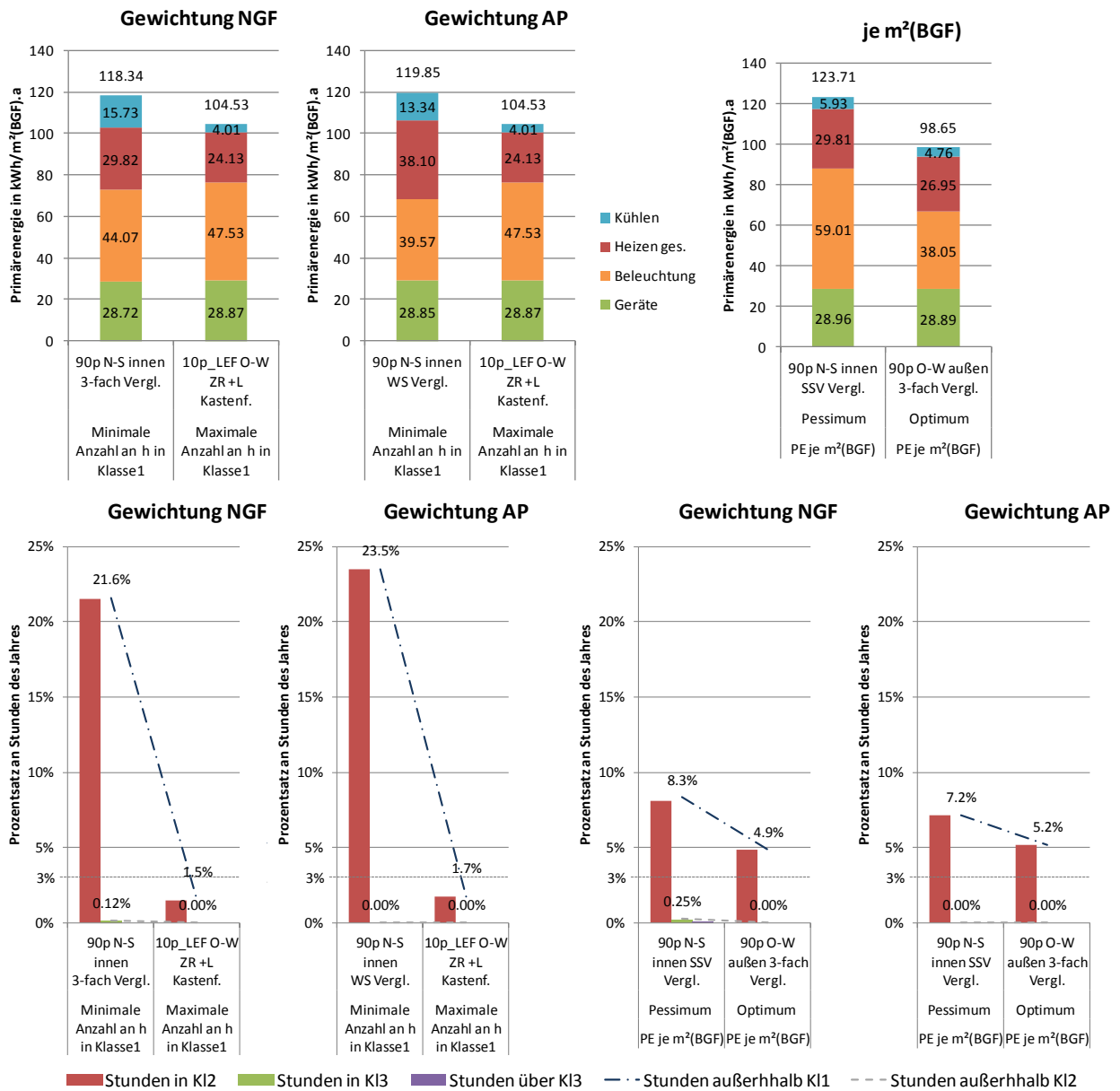


Abb. 143 Vergleich Optimum/Pessimum der thermischen Behaglichkeit mit dem Optimum/Pessimum des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m²(BGF).a; Modell „Zellenbüro“ in Leichtbauweise

Die optimale Variante nach dem gesamten Primärenergiebedarf liegt deutlich über 3% der Stunden im Jahr nicht in der Kategorie 1 (KI 1), doch ist sie nicht das Optimum bei der thermischen Behaglichkeit, bei der über 93% der Stunden im Jahr die hohen Erwartungen der Kategorie 1 erfüllt wird. Der gesamte Primärenergiebedarf für die Variante mit den meisten Stunden in der Kategorie 1 ist um ca. 5,88 kWh/m²(BGF).a höher als das Optimum, hauptsächlich bedingt durch den erhöhten Bedarf an Beleuchtungsenergie.

4.3.10.2 Modell „Zellenbüro“, massive Bauweise

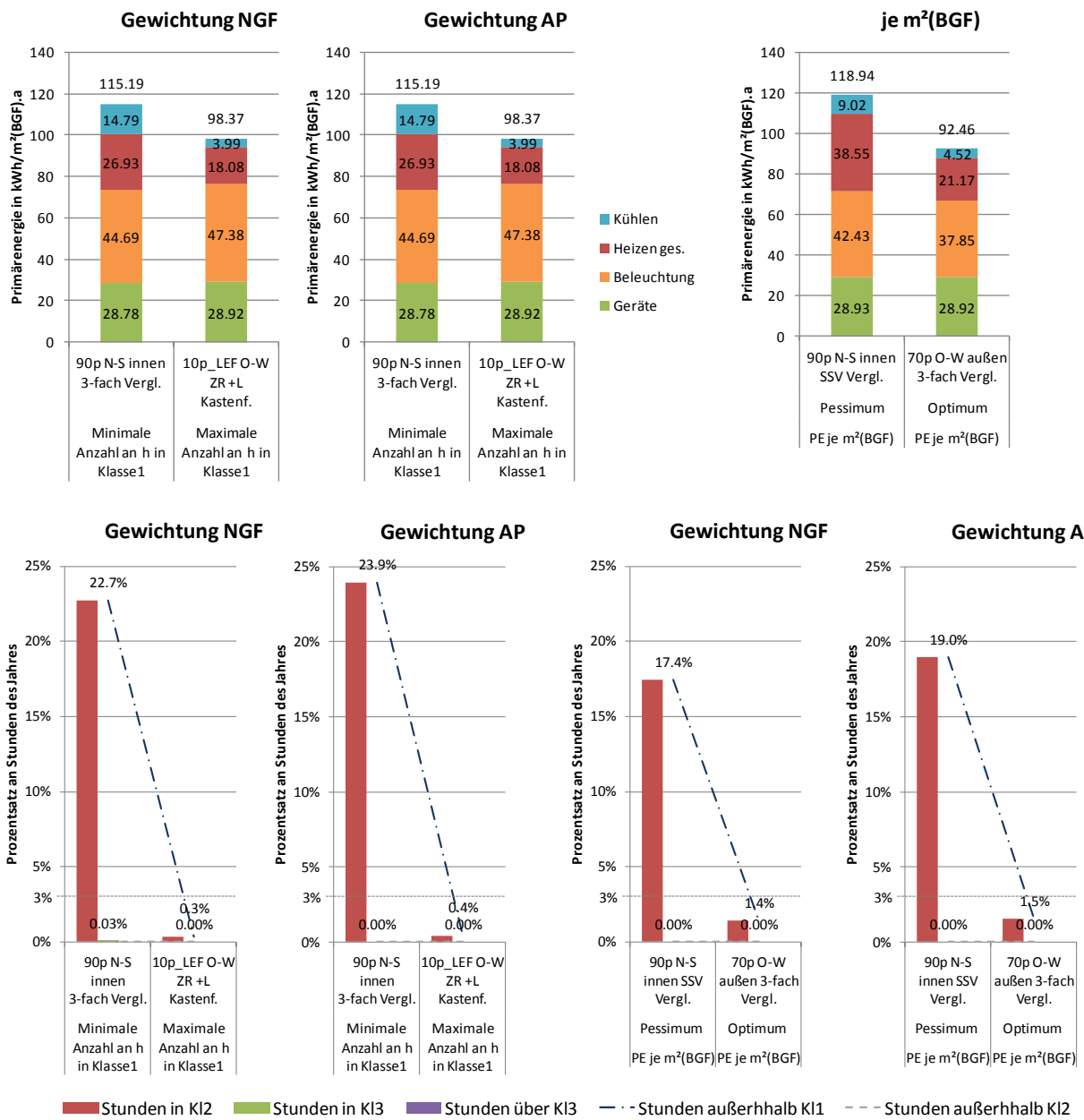


Abb. 144 Vergleich Optimum/Pessimum der thermischen Behaglichkeit mit dem Optimum/Pessimum des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m²(BGF).a; Modell „Zellenbüro“ in Massivbauweise

Bei dieser Hauptvariante erfüllt das Optimum des gesamten Primärenergiebedarfs auch zu 97% im Jahr die Erwartungen für die Kategorie 1 (KI 1) nach[OEN07] . Diese Variante ist zwar nicht das Optimum bei der thermischen Behaglichkeit, doch erfüllt sie die erhöhten Erwartungen für die Kategorie 1 ausreichend lang.

Die Variante, die das Optimum der thermischen Behaglichkeit darstellt, erreicht nicht den optimalen Primärenergiebedarf, da durch die kleinen Fenster der Bedarf an Beleuchtungsenergie sehr hoch ist.

4.3.10.3 Modell „Kombibüro“, leichte Bauweise

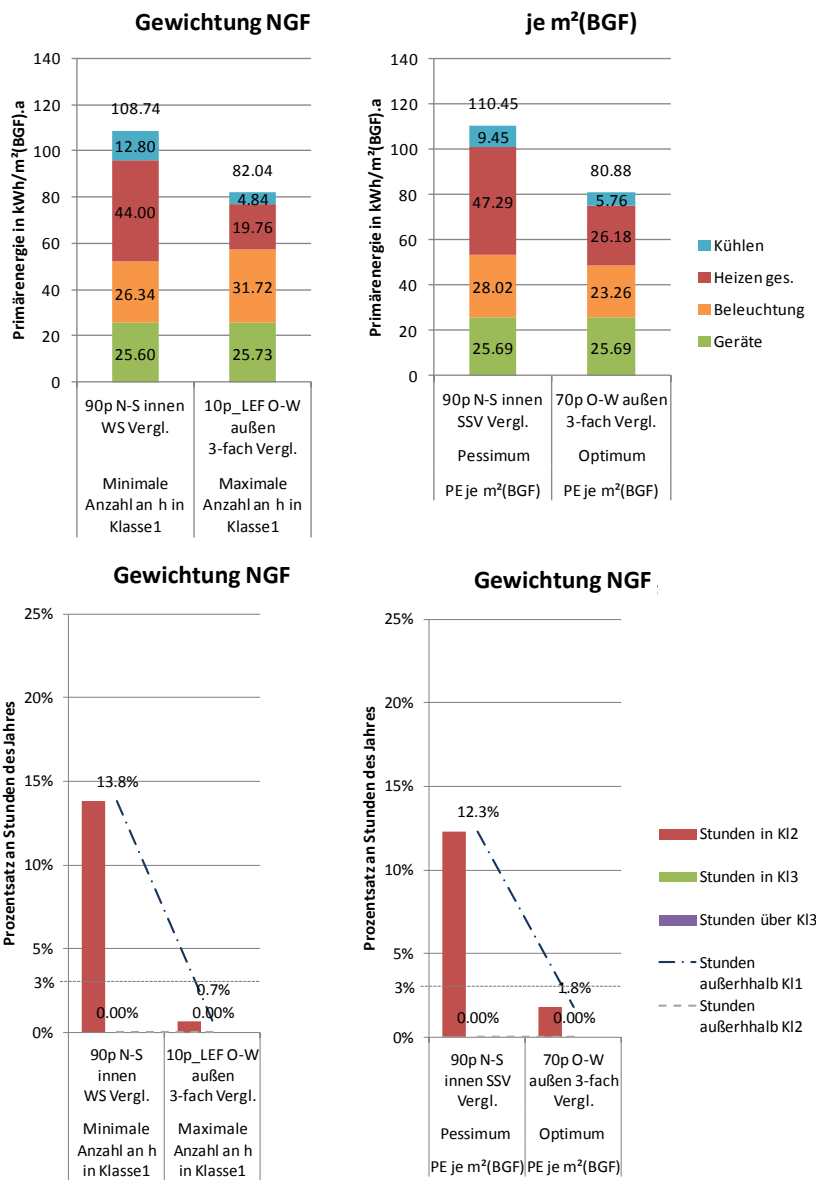


Abb. 145 Vergleich Optimum/Pessimum der thermischen Behaglichkeit mit dem Optimum/Pessimum des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m²(BGF).a; Modell „Kombibüro“ in Leichtbauweise

Bei dieser Hauptvariante unterscheiden sich die beiden Optima im Ergebnis des gesamten Primärenergiebedarfs nur noch um etwa 1,16kWh/m²(BGF). Durch die größeren Fenster entsteht zwar ein größerer HWB, aber im Endeffekt ist die Beleuchtungsenergie ausschlaggebend.

Das Optimum beim gesamten Primärenergiebedarf in kWh/m²(BGF).a erfüllt auch über 97% der Zeit im Jahr die Anforderungen für die Kategorie 1 (K1) und genügt so auch leicht den erhöhten Anforderungen der thermischen Behaglichkeit.

Die Varianten, die jeweils das Pessimum darstellen, unterscheiden sich nur bei der Verglasung und haben fast den gleichen Primärenergiebedarf je m²(BGF) und Jahr.

4.3.10.4 Modell „Kombibüro“, massive Bauweise

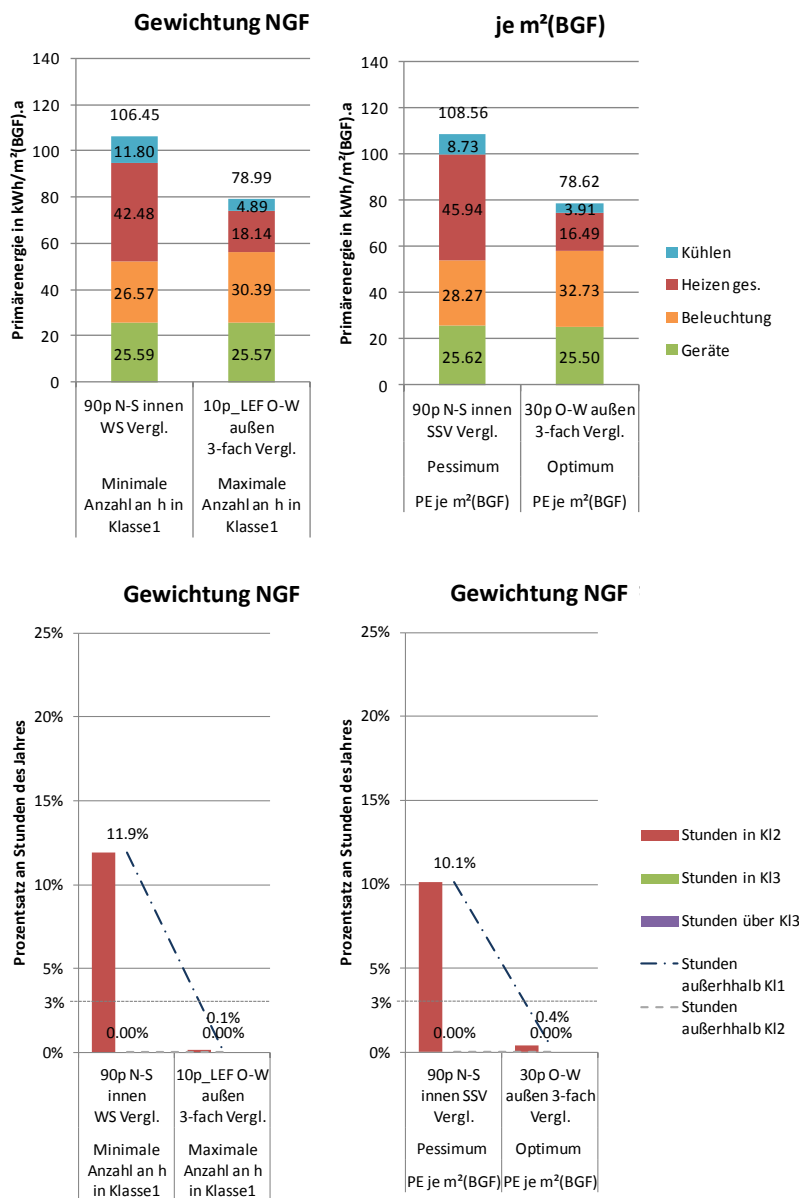


Abb. 146 Vergleich Optimum/Pessimum der thermischen Behaglichkeit mit dem Optimum/Pessimum des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m²(BGF).a; Modell „Kombibüro“ in Massivbauweise

Das Modell „Kombibüro“ in massiver Bauweise hat eine Variante als Optimum beim gesamten

Primärenergiebedarf je m²(BGF) und Jahr mit den zwei kleinsten Fenstern (30%FFA), die bei der Simulation verwendet wurden. Da bei der thermischen Behaglichkeit besonders die Varianten mit kleinen Fenstern gut abschneiden, liegen die beiden Optima sehr nah bei einander. Beim Vergleich des gesamt Primärenergiebedarfs unterscheiden sie sich nur um 0,37 kWh/m²(BGF).a.

Beide können auch fast zu 100% im Jahr die Anforderungen für die Kategorie 1 (Kl 1) erfüllen.

4.3.10.5 Modell „Gruppenbüro“, leichte Bauweise

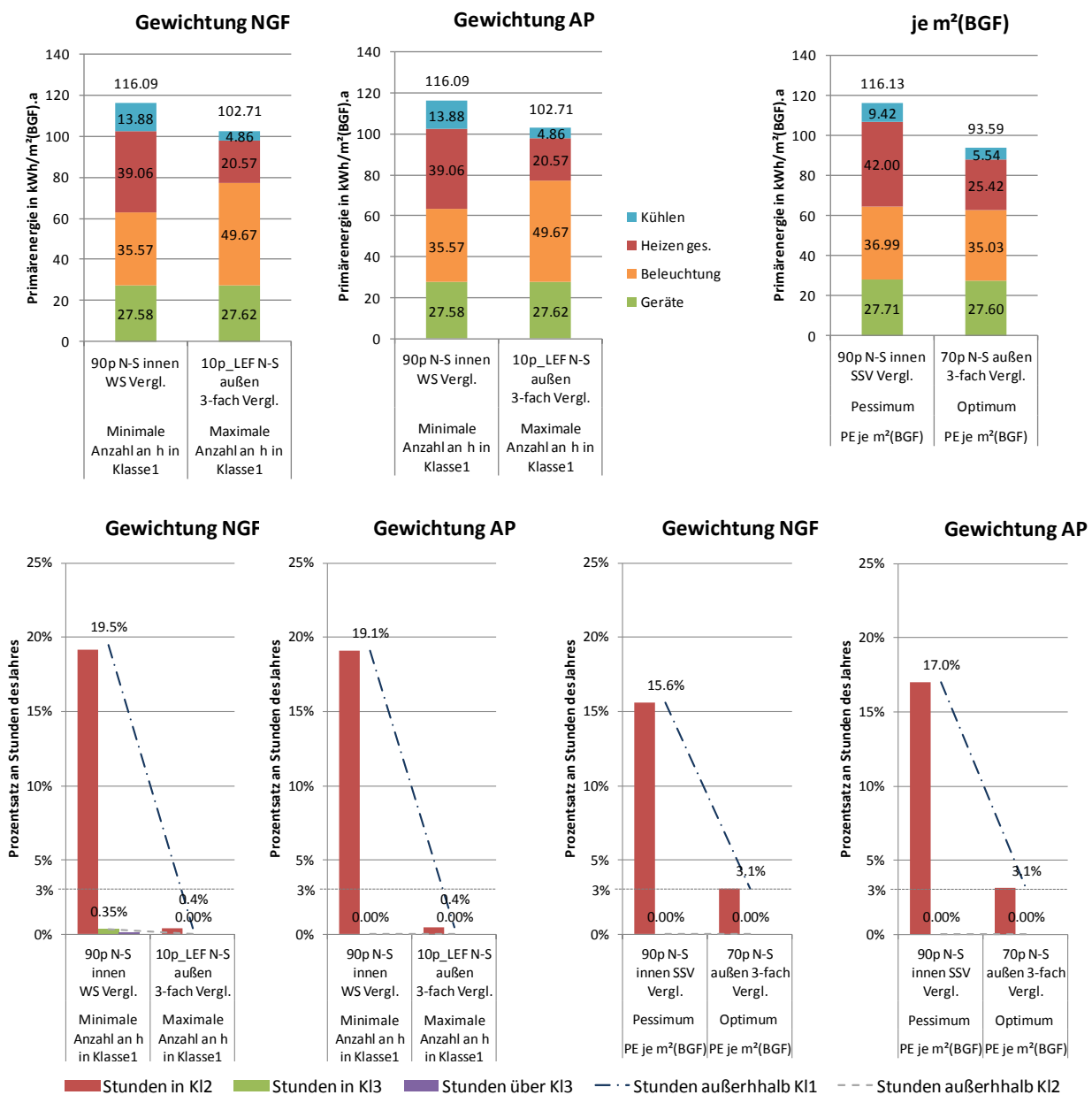


Abb. 147 Vergleich Optimum/Pessimum der thermischen Behaglichkeit mit dem Optimum/Pessimum des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m²(BGF).a; Modell „Gruppenbüro“ in Leichtbauweise

Das Pessimum für die thermische Behaglichkeit wie für den gesamten Primärenergiebedarf unterscheidet sich nur bei der Verglasung. Der gesamte Wert unterscheidet sich fast nicht. Das jeweilige Optimum der beiden Auswertungen hingegen unterscheidet sich bei der Fenstergröße und unterscheidet sich beim gesamten Primärenergiebedarf um 9,12 kWh/m²(BGF).a. Der Beleuchtungsenergiebedarf ist hierbei wieder der ausschlaggebende Faktor mit einem Unterschied von ca. 14,64 kWh/m²(BGF).a.

Das Optimum des Primärenergiebedarfs liegt bei dieser Hauptvariante nur knapp nicht 97% der Stunden im Jahr in der Kategorie 1 (KI 1).

4.3.10.6 Modell „Gruppenbüro“, massive Bauweise

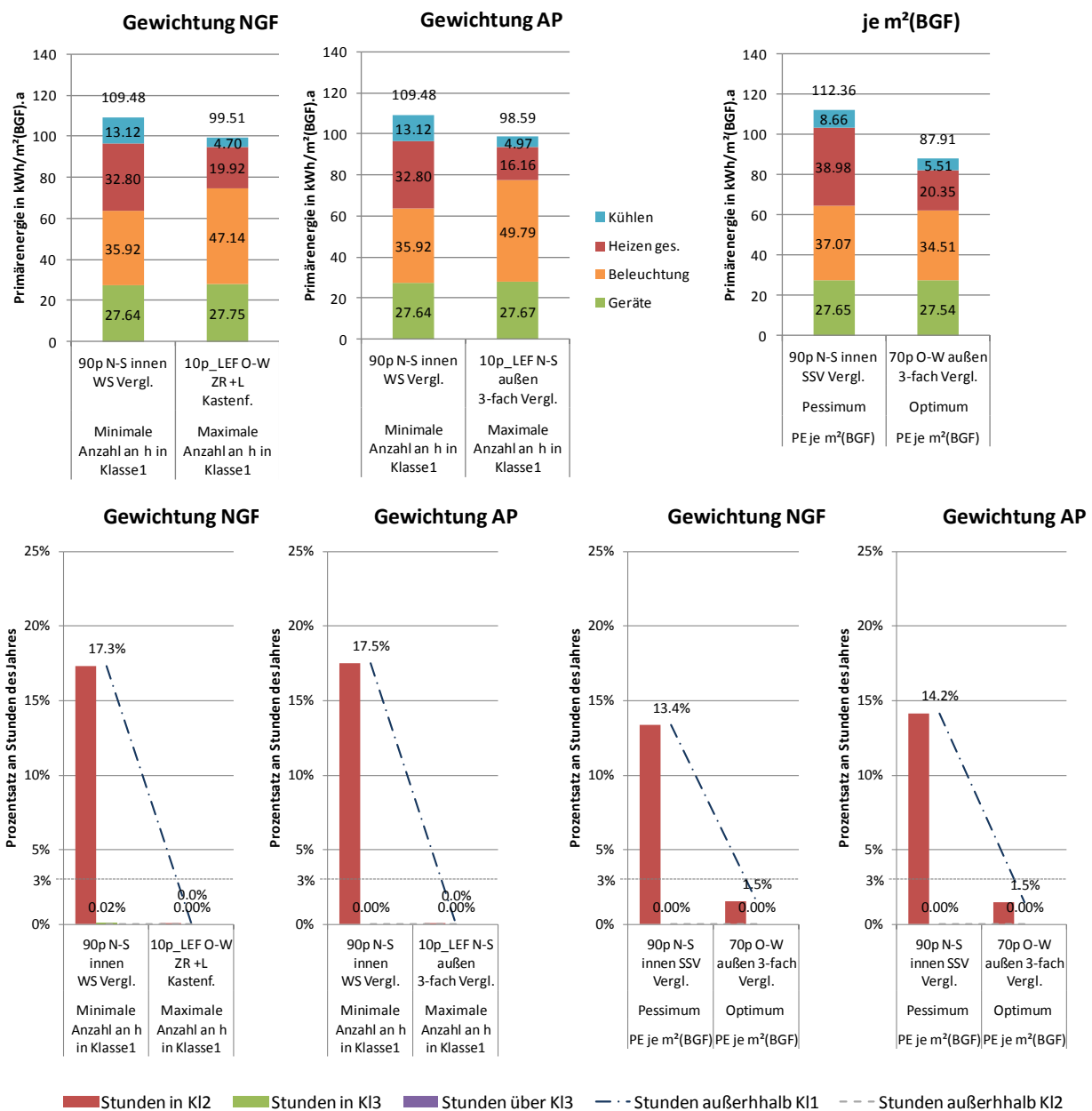


Abb. 148 Vergleich Optimum/Pessimum der thermischen Behaglichkeit mit dem Optimum/Pessimum des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m²(BGF).a; Modell „Gruppenbüro“ in Massivbauweise

Wie bei den Modellen davor ergibt sich hier wieder das gleiche Bild. Bedingt durch die kleinen Fenster und dem daraus folgenden erhöhten Beleuchtungsenergiebedarf, ist das Optimum nach der thermischen Behaglichkeit bei der Betrachtung des gesamten Primärenergiebedarfs um ca. 10,7 kWh/m²(BGF).a höher als das Optimum nach dem Primärenergiebedarf je m²(BGF) und Jahr. Die Varianten, die das Pessimum darstellen, unterscheiden sich bei den Eingangsfaktoren wieder nur bei der Verglasung. Doch dieser Unterschied macht diesmal ca. 3 kWh/m²(BGF) aus. Das Optimum des gesamten Primärenergiebedarfs erfüllt bei der massiven Variante des Modells „Gruppenbüro“ deutlich über 97% der Zeit im Jahr die Kategorie 1 (KI 1) und würde somit auch zu den Gebäuden gehören, die ein hohes Maß an Erwartungen ausreichend erfüllen können .

4.3.10.7 Modell „Großraumbüro“, leichte Bauweise

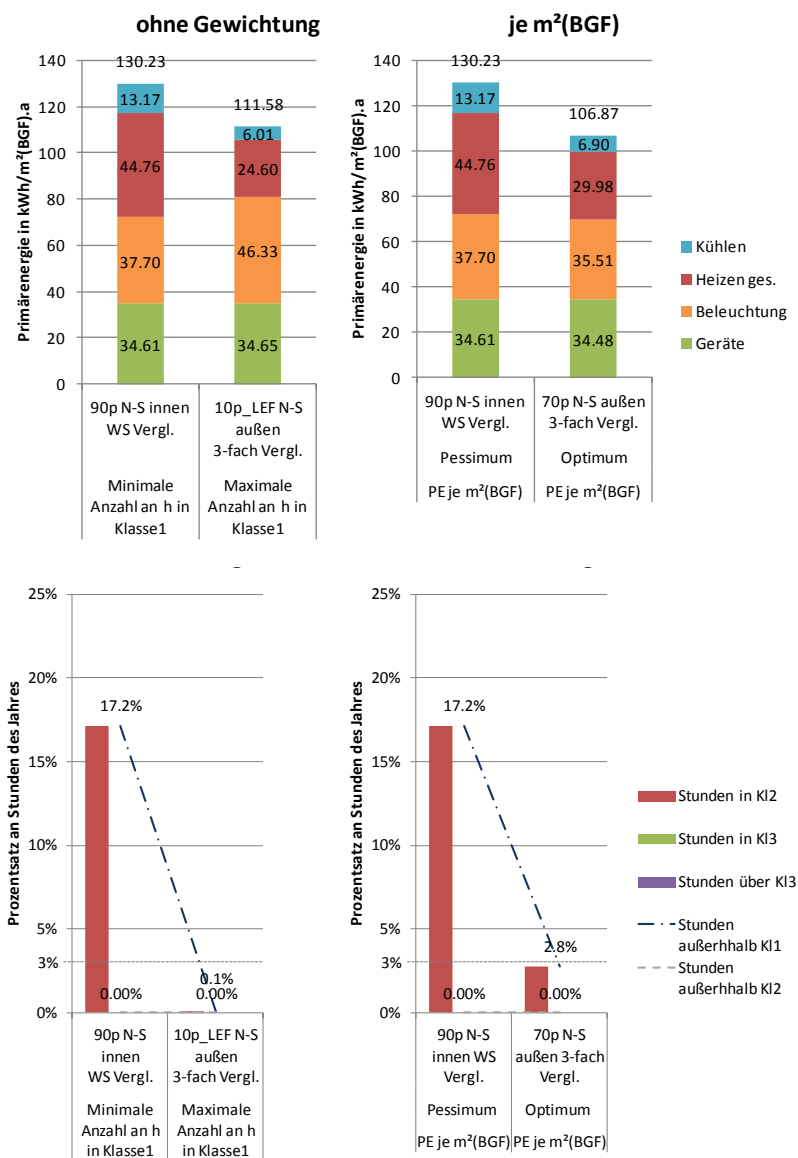


Abb. 149 Vergleich Optimum/Pessimum der thermischen Behaglichkeit mit dem Optimum/Pessimum des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m²(BGF).a; Modell „Großraumbüro“ in Leichtbauweise

Bei dieser Variante sieht man wieder, dass die thermisch komfortabelste Variante, mit den meisten Stunden in Kategorie 1 (K1), nicht die Variante mit dem optimalen Primärenergiebedarf ist.

Aber die Variante mit dem optimalen Primärenergiebedarf erfüllt trotzdem ausreichend lang die Anforderungen der Kategorie 1 (K1) nach der O-Norm EN 15251 [OEN07], da nur bei 2,8% der Stunden im Jahr die Bewertung außerhalb der Kategorie 1 liegt. Das heißt, dass ein Großraumbüro in leichter Bauweise mit 70% Fensteranteil, mit einer Nord Süd Orientierung, mit einem außenliegenden Sonnenschutz und einer 3-fach

Verglasung die erhöhten thermischen Anforderungen der Kategorie 1 [OEN07] zu 97% der Zeit im Jahr erfüllen kann und den optimalen Primärenergiebedarf dieser Hauptvariante hat. Wieder unterscheiden sich die beiden Optima nur durch Größe der Fenster.

Bei diesem Modell ist die thermisch unkomfortabelste Variante auch die Variante mit dem höchsten Primärenergiebedarf.

4.3.10.8 Modell „Großraumbüro“, massive Bauweise

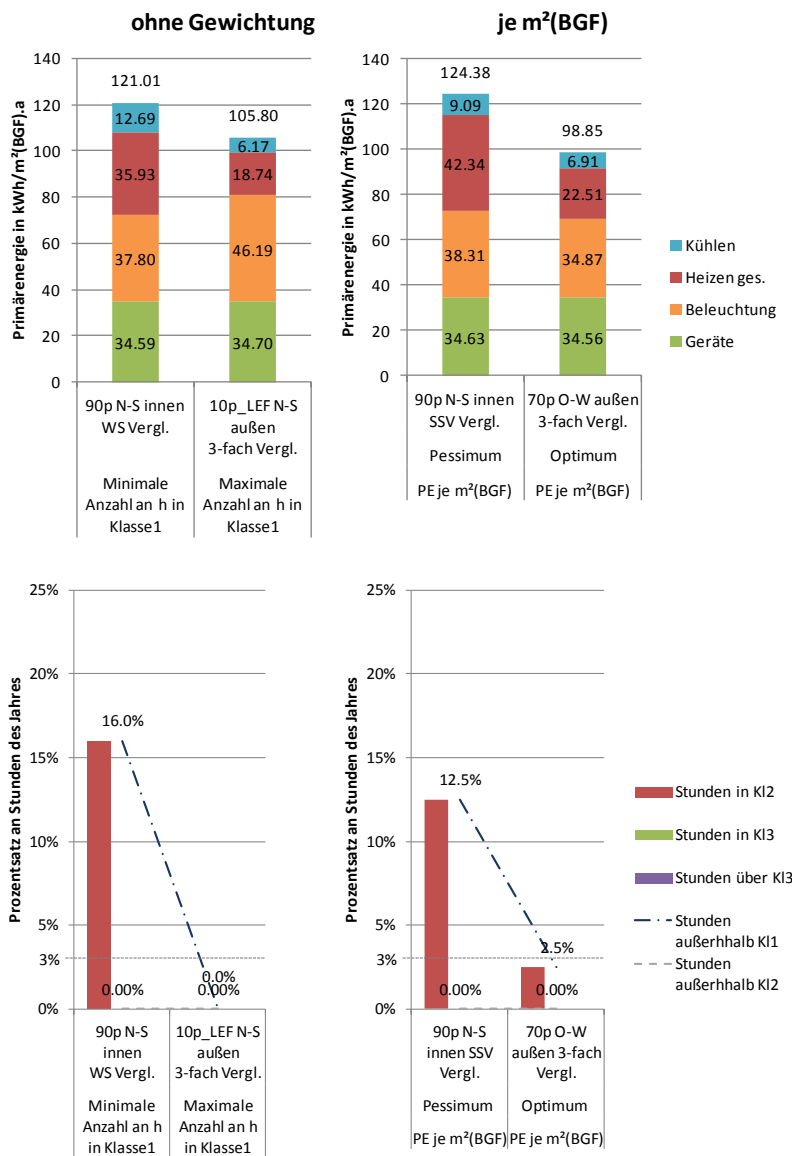


Abb. 150 Vergleich Optimum/Pessimum der thermischen Behaglichkeit mit dem Optimum/Pessimum des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m²(BGF).a; Modell „Großraumbüro“ in Massivbauweise

Bei dieser Hauptvariante gibt es insgesamt 10 Varianten, die nach der thermischen Behaglichkeit das Optimum darstellen (siehe 4.3.8.2). Da alle diese Varianten die kleinsten Fenstergrößen haben, wurde zum Vergleich eine dieser Varianten frei gewählt. Es ergibt sich wieder, dass diese Varianten durch die kleinen Fenster im Schnitt ca. 6kWh/m²(BGF).a schlechter sind als das Optimum des gesamten Primärenergiebedarfs je m²(BGF) und Jahr im Vergleich. Die Variante mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf je m²(BGF) und Jahr erfüllt auch wieder zu 97% der Zeit im Jahr die Kategorie 1 (KI 1) und könnte somit auch den erhöhten Anforderungen ausreichend lang genügen.

5 Resümee

5.1 Zusammenfassung aller Ergebnisse

Dies ist eine abschließende Zusammenfassung der Erkenntnisse, die schon in den einzelnen Kapiteln ausführlich dargestellt wurden.

Die Ergebnisse der Modelle für den gesamten Primärenergiebedarf liegen mit der Auswertung des Primärenergiebedarfs je $\text{m}^2(\text{BGF})$ und Jahr sehr nah beieinander. Die Differenz zwischen dem Pessimum und Optimum der jeweiligen Modelle übersteigt nie $30 \text{ kWh/m}^2(\text{BGF})\cdot\text{a}$. Bei der Betrachtung der Ergebnisse je AP und Jahr erkennt man, bedingt durch die Belegungsdichte, größere Differenzen zwischen den Modellen. Nach diesem Vergleich schneidet das Modell „Großraumbüro“ beim Primärenergiebedarf je AP und Jahr am besten ab. Es gibt viele Varianten, die alleine mit der Zuluft beheizt werden könnten und andererseits auch eine optimale thermische Behaglichkeit bieten. Es wäre also durchaus möglich ein Bürogebäude mit Großraumbüros zu bauen, das einen relativ niedrigen Primärenergiebedarf je AP und Jahr hat, dessen Büros nur mit der Zuluft beheizt werden kann und in denen die erhöhten Anforderungen der Kategorie 1 (KI 1) nach [OEN07] erfüllt werden.

Das Modell „Zellenbüro“ hingegen ist nach dieser Arbeit die Bürotypologie, deren Varianten, im Vergleich zu den anderen Modellen, im Schnitt den höchsten Primärenergiebedarf je AP und Jahr hat, dessen Büros nie alleine mit der Zuluft beheizt werden können. Des Weiteren hat das Modell Zellenbüro auch nur wenige Varianten, die die optimalste thermische Behaglichkeit erreichen.

Wie schon erwähnt, ist das Modell „Kombibüro“ durch die differenzierte Betrachtung der Nutzeranwesenheit ein Sonderfall im Vergleich zu den anderen Modellen. Doch was noch besonders auffällig geworden ist, ist dass bei den Untersuchungen des Primärenergiebedarfs, wie auch bei der Zuluftbeheizung und der thermischen Behaglichkeit eine große Anzahl der Varianten des Modells „Kombibüro“ nahe am Optimum des Modells liegen.

Wenn man alle Varianten mit einem niedrigen Primärenergiebedarf betrachtet, wird die These [Hau06], dass für ein Bürogebäude eine Fassade mit einem Fensterflächenanteil (FFA) von 50%-70% energietechnisch am sinnvollsten ist, bestätigt, da die Varianten auch bei der thermischen Behaglichkeit nahe am Optimum liegen. Besonders im Zusammenhang mit einem außenliegenden Sonnenschutz erreichen diese Varianten optimale Werte. Doch ist dies auch von der Fassadengestaltung und der Bürotypologie abhängig.

Die Orientierung hat beim gesamten Primärenergiebedarf für sich genommen keinen großen Einfluss. Doch in Kombination mit dem Sonnenschutz zeigt sich, dass bei allen massiven

Modellen bzw. Hauptvarianten die Ost-West Orientierung mit äußerem Sonnenschutz am optimalsten ist. Bei einer Leichtbauweise erreicht man eher mit einer Nord-Süd Orientierung, einem außenliegenden Sonnenschutz und einer 3-fach Verglasung optimale Werte. Bei allen Auswertungen schneiden die Varianten mit innenliegendem Sonnenschutz und Nord-Süd Orientierung am schlechtesten ab. Besonders die Varianten mit größeren Fensterflächen.

5.2 Verbesserungen und Anregungen

1. Die thermische Behaglichkeit in Gebäuden ist in den Normen wie der Ö-Norm EN 7730[OEN06a] ausreichend gut abgebildet, doch gibt es noch keine Korrelation mit der Behaglichkeit, bedingt durch die natürliche bzw. künstliche Beleuchtung. So schneiden die Varianten mit den kleinsten Fenstergrößen bei der thermischen Behaglichkeit immer sehr gut ab, doch wenn man die Tageslichtversorgung betrachtet, kann mit diesen Fenstergrößen der Außenbezug und die Versorgung mit dem Tageslicht bei manchen Modellen nur schwer erreicht werden.

So ist in der DIN 5034-1 [DIN11] das Tageslicht als ausreichend zu beurteilen, wenn allein durch den seitlichen Lichteinfall das 0,6 fache des in der DIN EN 12646-1 (entsprechend in Österreich die Ö-Norm EN 12646-1 [OEN09]) „angegebenen Wertungswertes der Beleuchtungsstärke \bar{E}_m beträgt“ [DIN11] . Des Weiteren wird angemerkt, dass die Tageslichtversorgung im Vergleich zum Kunstlicht anders bewertet wird und „höhere Beleuchtungsstärken durch das Tageslicht noch als angenehm empfunden“ [DIN11] werden. Diesbezüglich sollten in der Richtung Behaglichkeit durch Beleuchtung in Beziehung mit der thermischen Behaglichkeit weiterführende Untersuchungen geführt werden, um das Arbeiten mit Tageslicht/Kunstlicht besser zu bewerten.

2. Beim Kombibüro wäre eine Überarbeitung der Simulation nötig. Es lässt sich nur schwer nachvollziehen, dass eine Variante mit 30% Fensterflächenanteil das Optimum darstellt, da durch die relativ kleinen Fenster die mittlere Zone mit Arbeitsplätzen wenig bis gar nicht mit Tageslicht versorgt werden kann.

Ein weiterer Schritt wäre, das Modell „Kombibüro“ genauer zu untersuchen. Bedingt durch die vielen Bürotypologien wurde bei der Simulation nur eine Variante des Kombibüros verwendet. Tatsächlich gibt es eine Vielzahl an Variationen von dieser Bürotypologie, da sie eine der flexibelsten ist. So könnte man durch eine Evaluation bestehende Variationen eruieren und in die Untersuchung einbinden. Zu finden gibt es z.B. Varianten mit extra Besprechungsräumen in der Mittelzone, mit oder ohne

Außenwand. Das Ziel wäre, aus allen Varianten die optimale Variation nach funktionellen Aspekten und dem primärenergetischen Bedarf zu erörtern.

3. Der hier abgebildete Beleuchtungsenergiebedarf wurde mit Hilfe der Norm DIN V 18599-4 [DIN07b] berechnet. Diese Eingangswerte könnten durch folgende Möglichkeiten verkleinert werden und so den Primärenergiebedarf verändern:
 - a. Einerseits kann durch einen Sonnenschutz mit tageslichtlenkenden Elementen die benötigte Primärenergie für das Kunstlicht verringert werden und durch die geringere Laufzeit auch die Lebensdauer der Leuchtmittel.
 - b. Andererseits kann durch eine optimierte Beleuchtungsplanung die elektrische Bewertungsleistung die Beleuchtung nochmal gesenkt werden. Dies kann unter anderem Maßnahmen sein wie bedarfsgerechtes Einschalten der Beleuchtung, energieoptimierten Leuchtmittel, dimmbare Beleuchtung usw.
4. Auch bei der Lüftungsanlage könnte durch eine optimierte Technik das Ergebnis verändert werden. So kann z.B. das Register für die Frostschutzsicherung durch Ansaugen der Luft über in der Erde verlegte Leitungen ersetzt werden, um dadurch den HWB im Winter und im Sommer den KB zu senken.

6 Anhang

Übersicht:

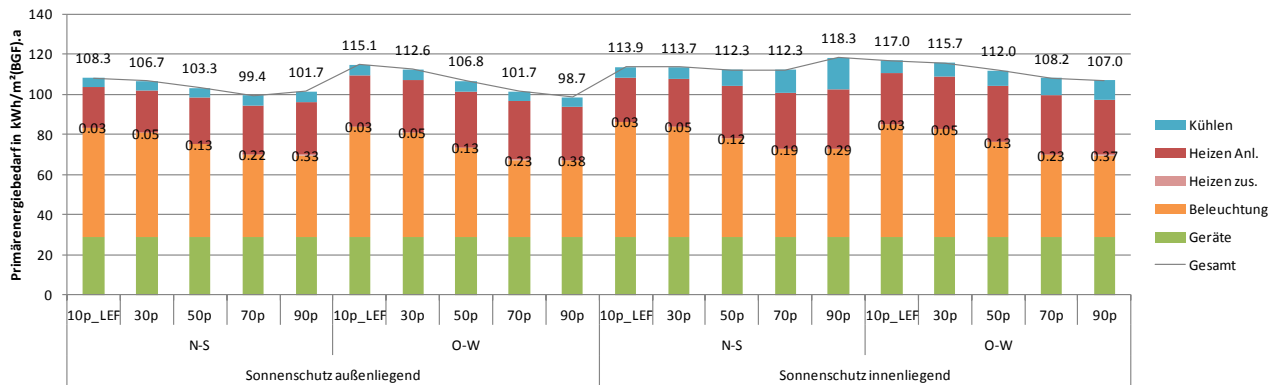
6.1 Primärenergiebedarf je m²(BGF)

6.2 Primärenergiebedarf je AP

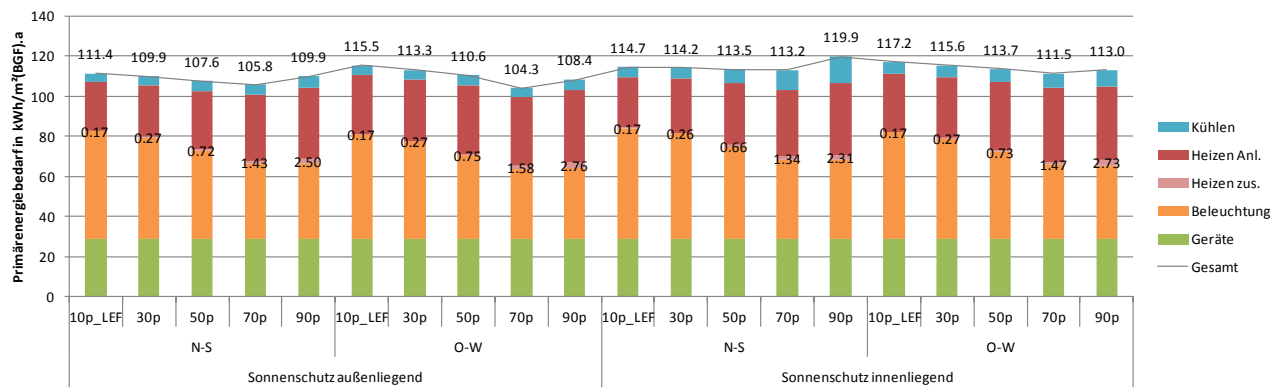
6.3 Klassifizierung nach Ö-Norm EN 15251 [OEN07] Anteil der Stunden eines Jahres in Prozent

6.1 Primärenergiebedarf je m²(BGF)

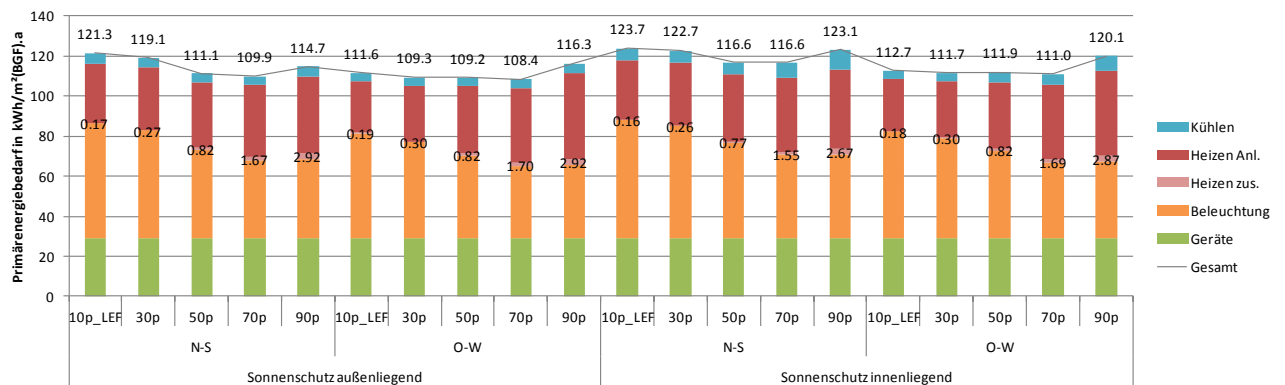
Zellenbüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung



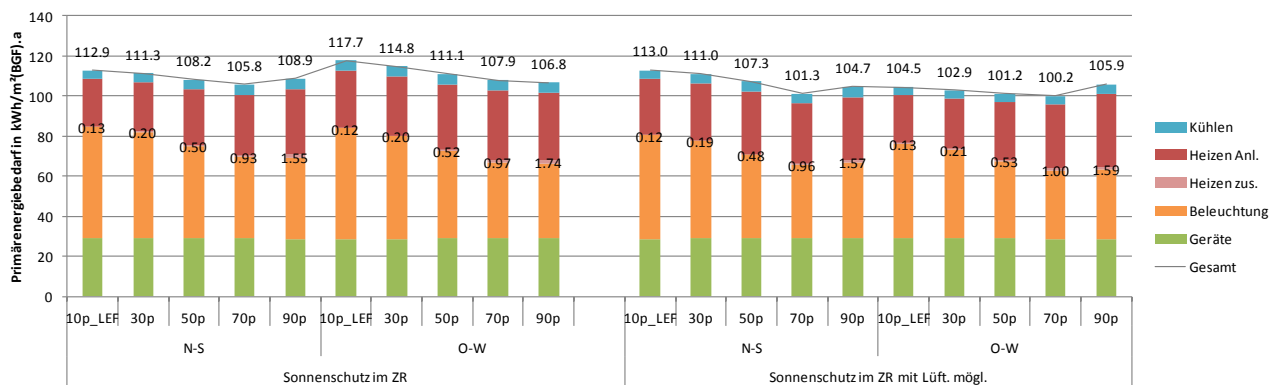
Zellenbüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung



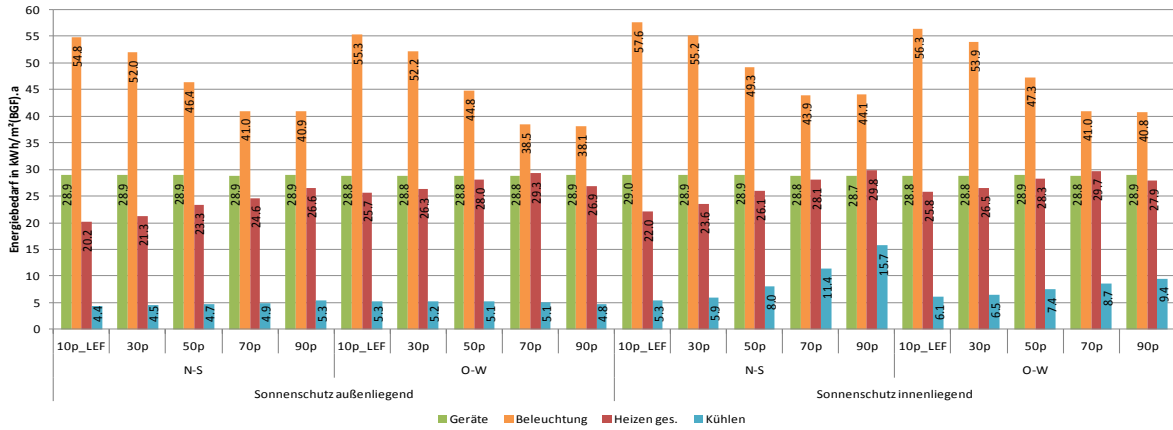
Zellenbüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung



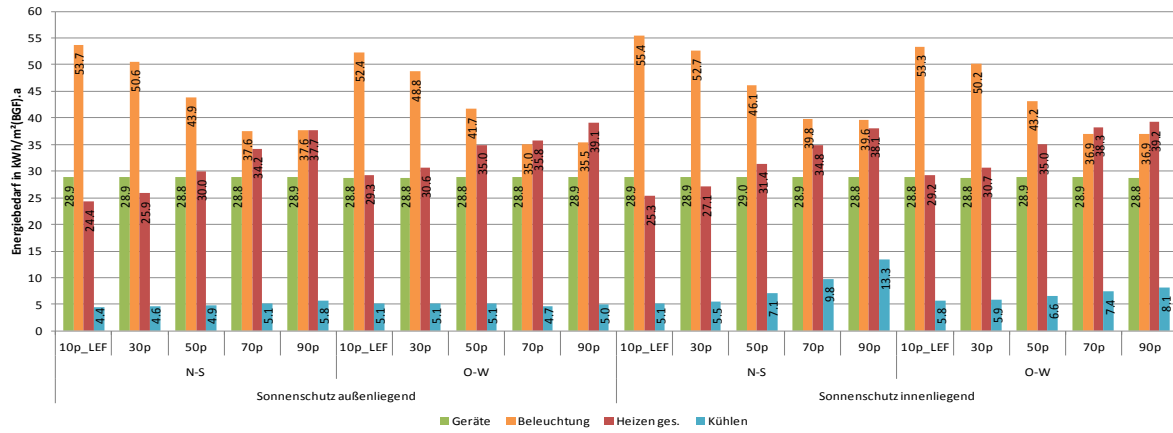
Zellenbüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster



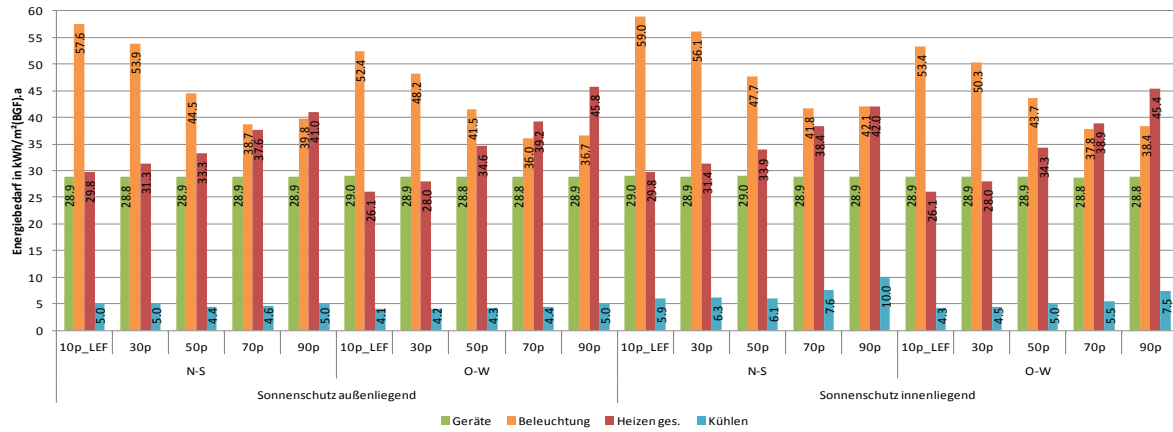
Zellenbüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung



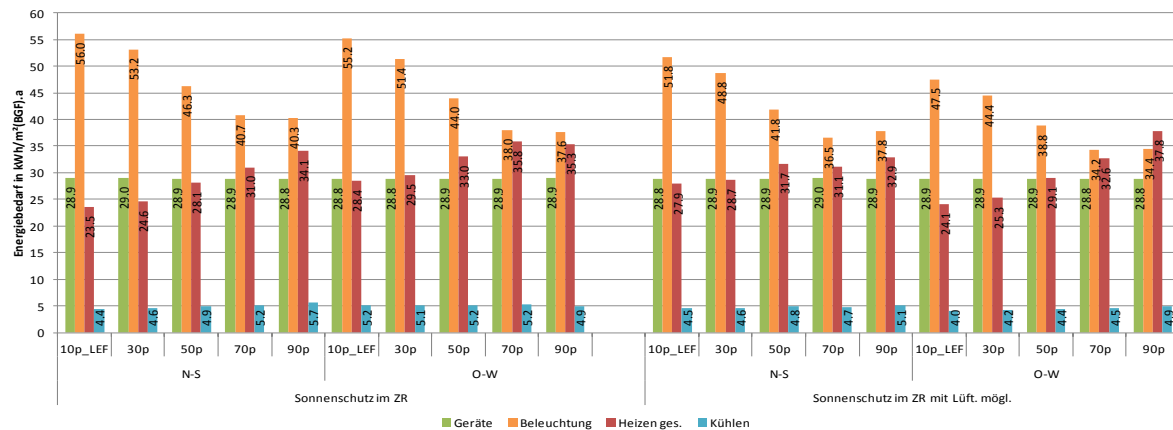
Zellenbüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung



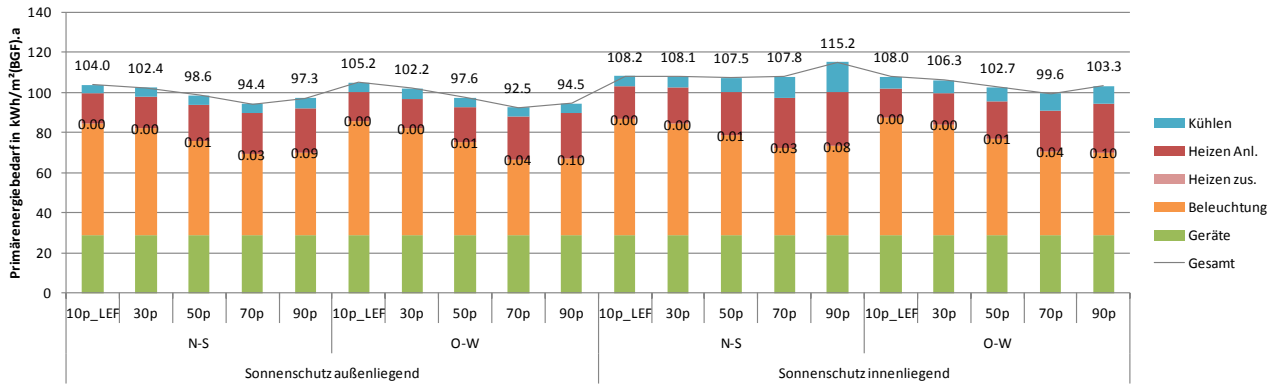
Zellenbüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung



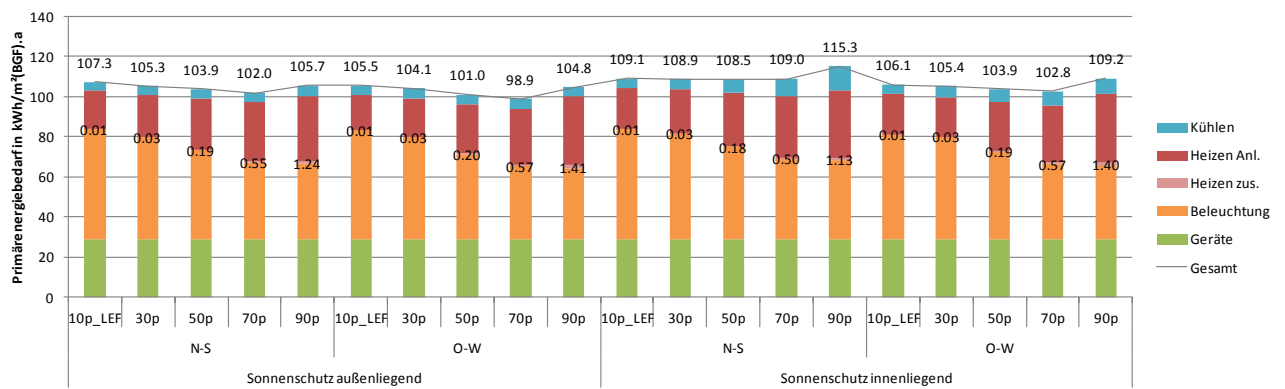
Zellenbüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster



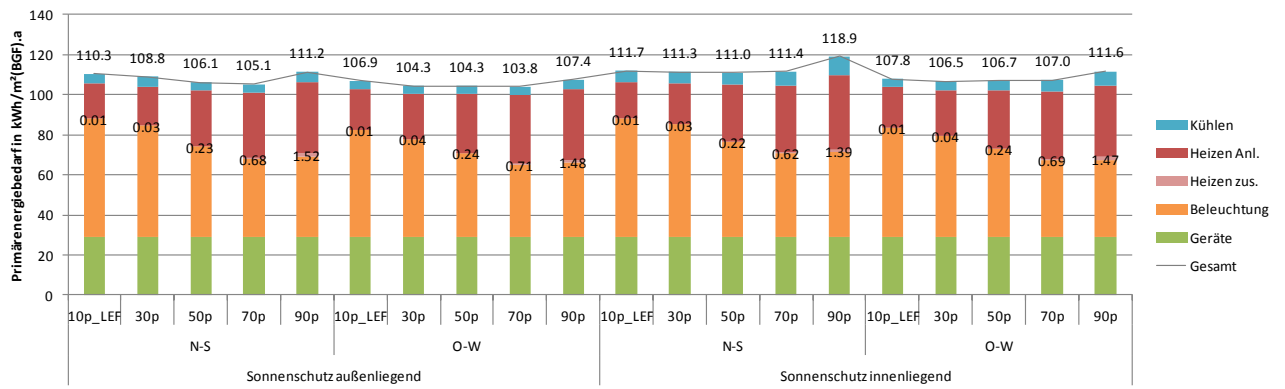
Zellenbüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung



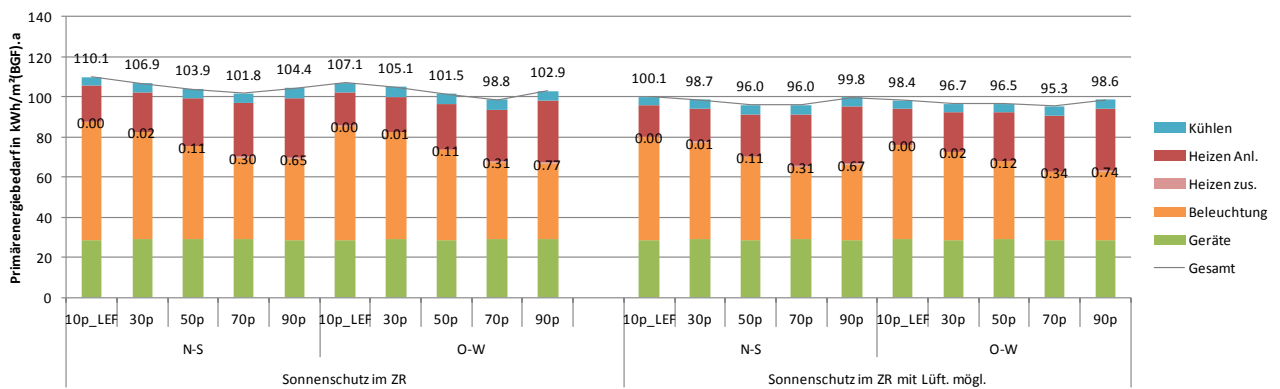
Zellenbüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung



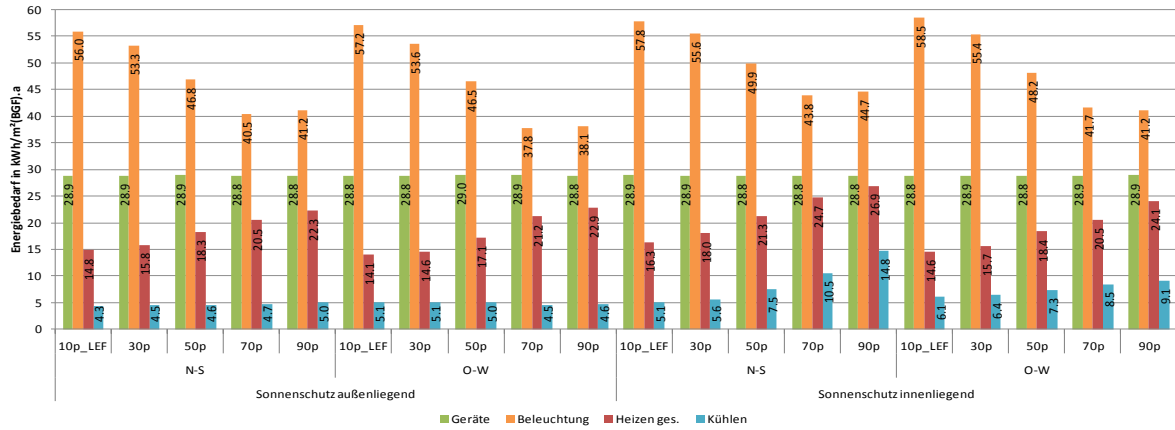
Zellenbüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung



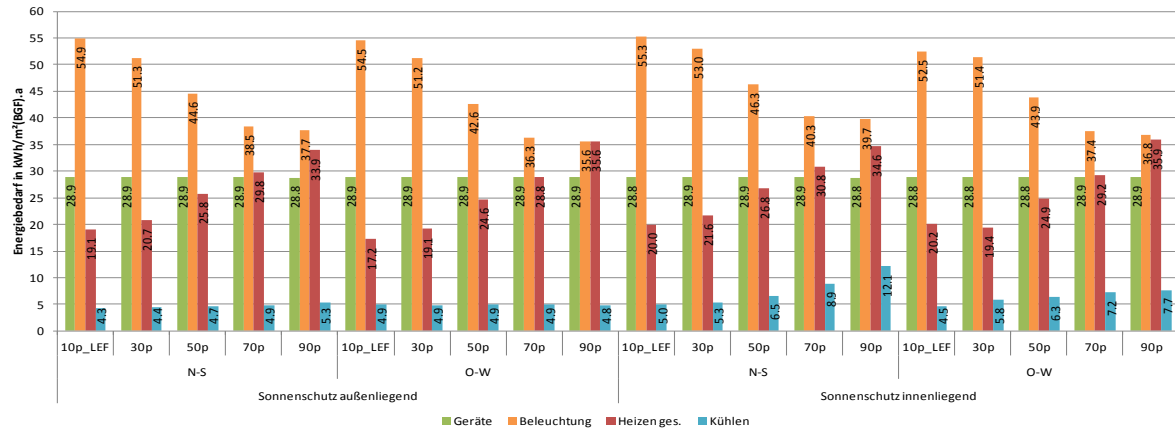
Zellenbüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster



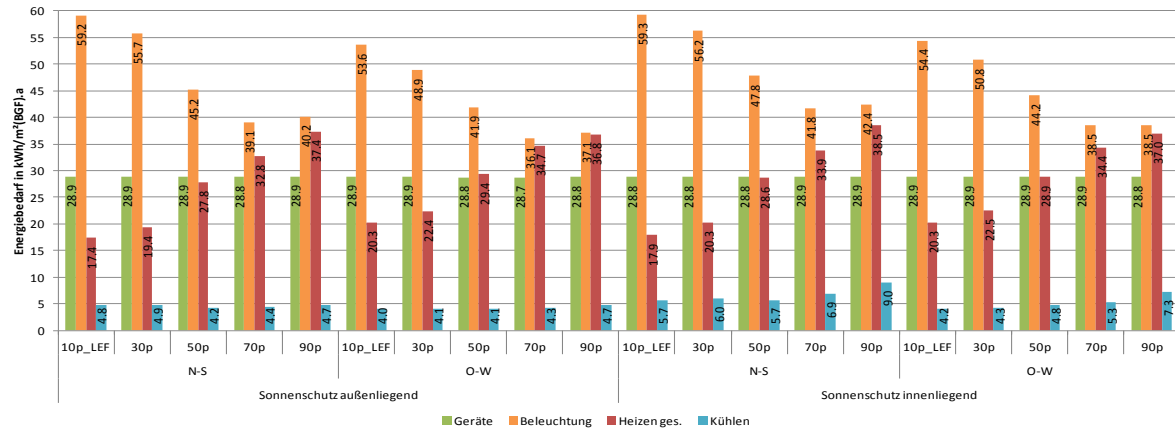
Zellenbüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung



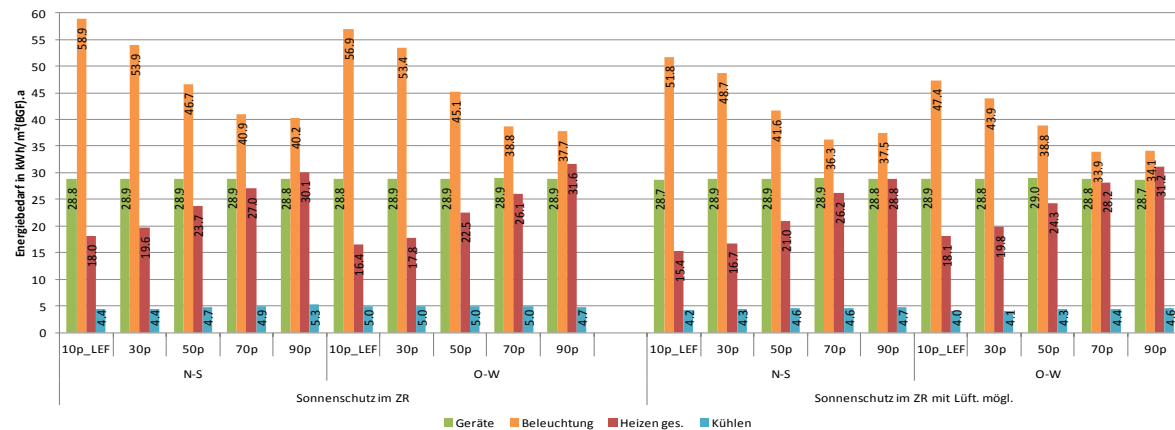
Zellenbüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung



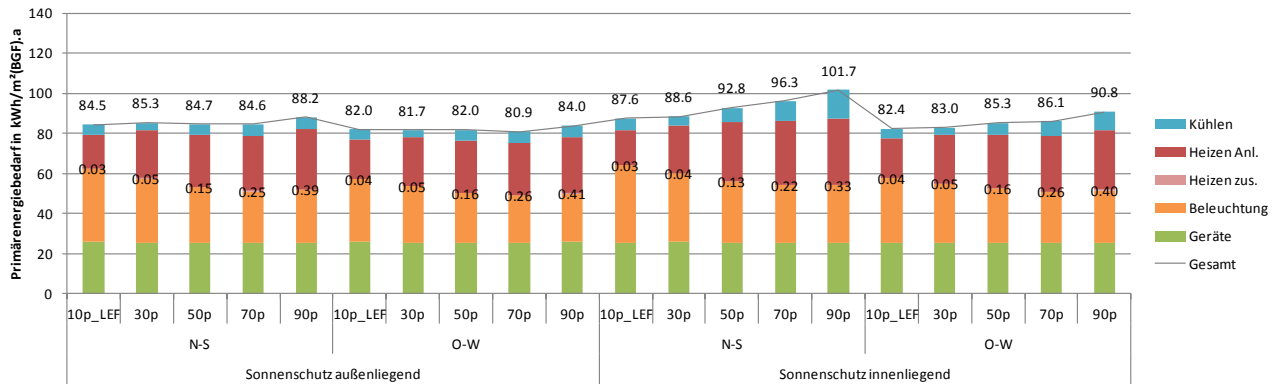
Zellenbüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung



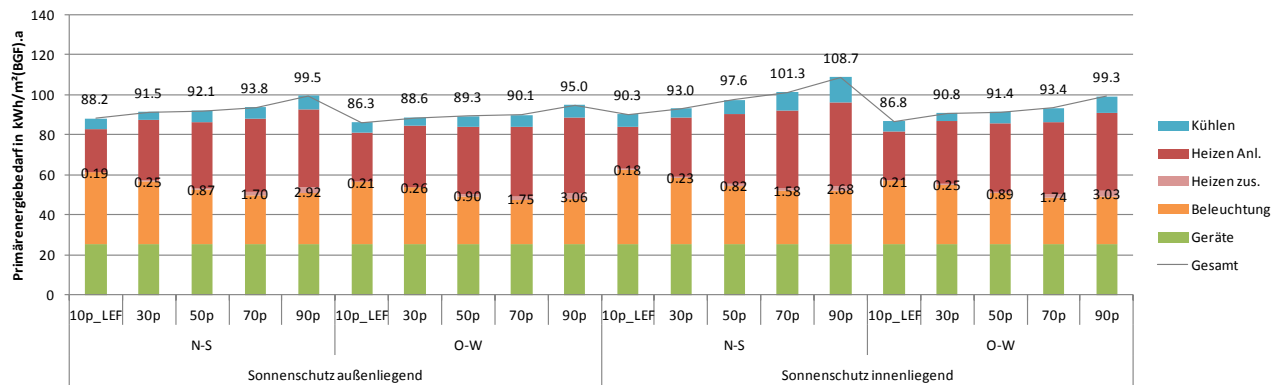
Zellenbüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster



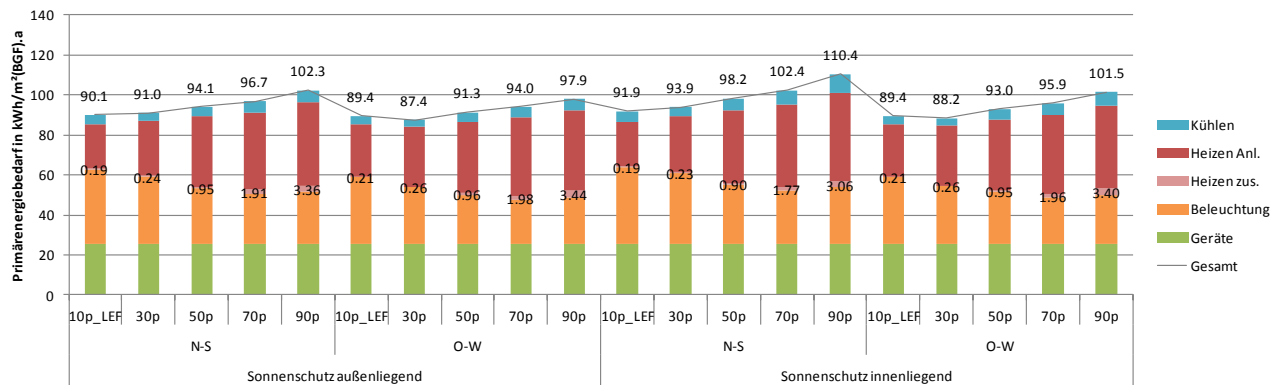
Kombibüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung



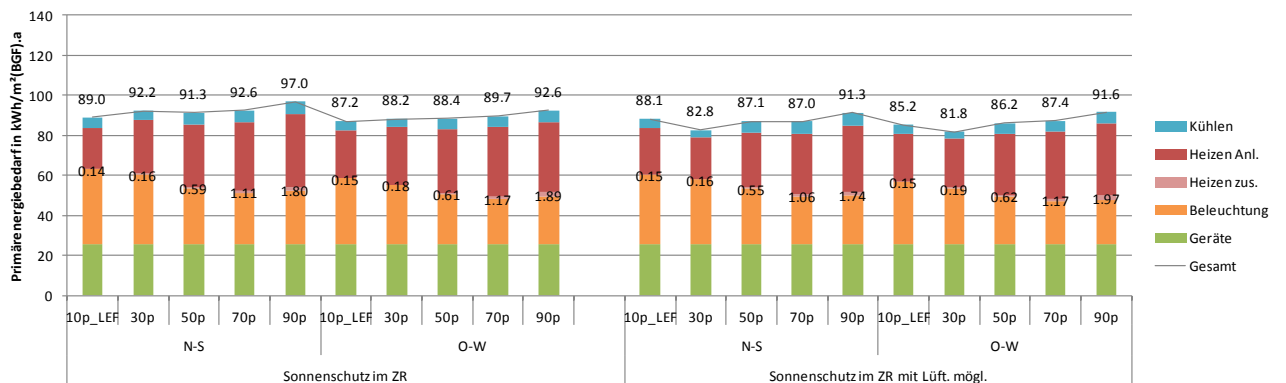
Kombibüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung



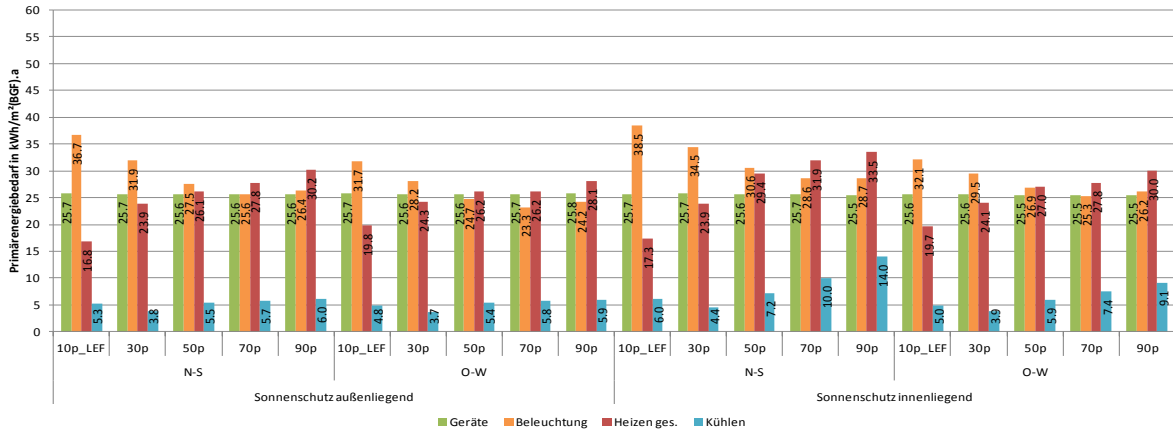
Kombibüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung



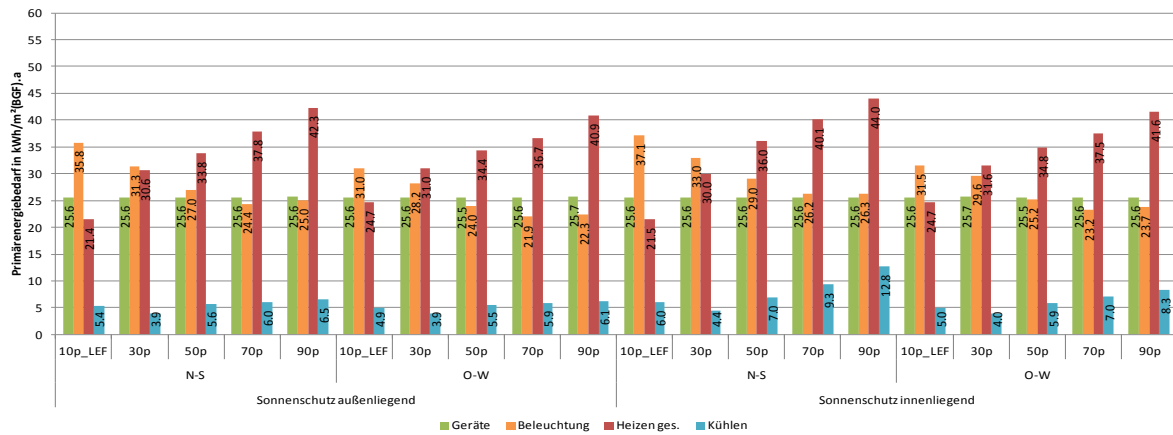
Kombibüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster



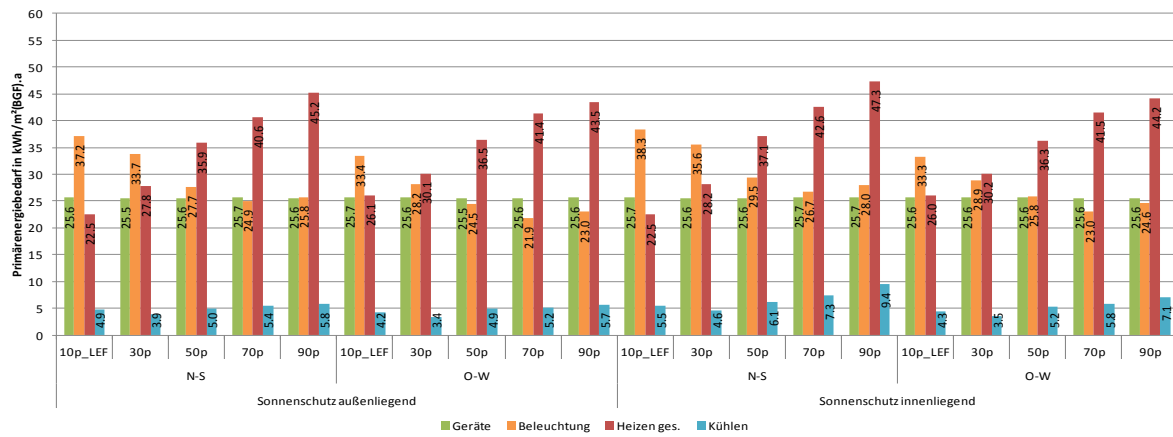
Kombibüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung



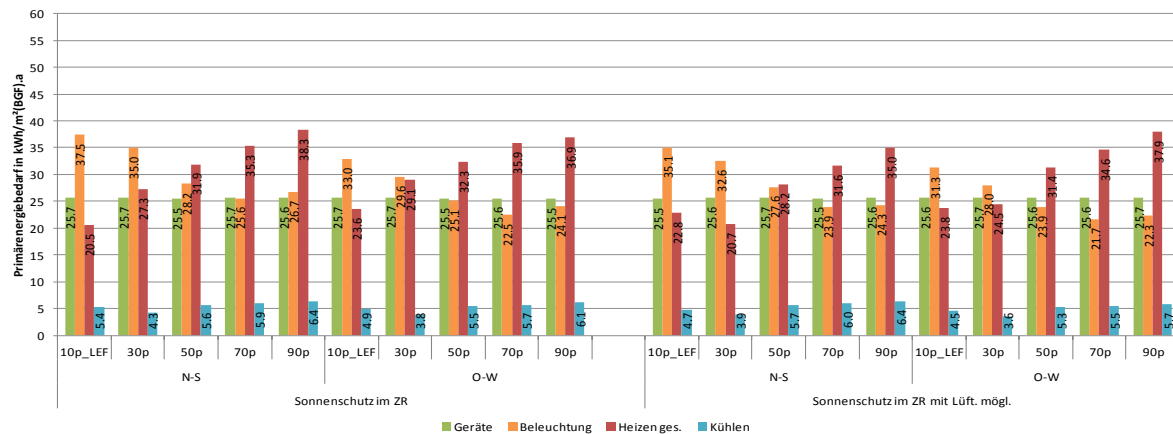
Kombibüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung



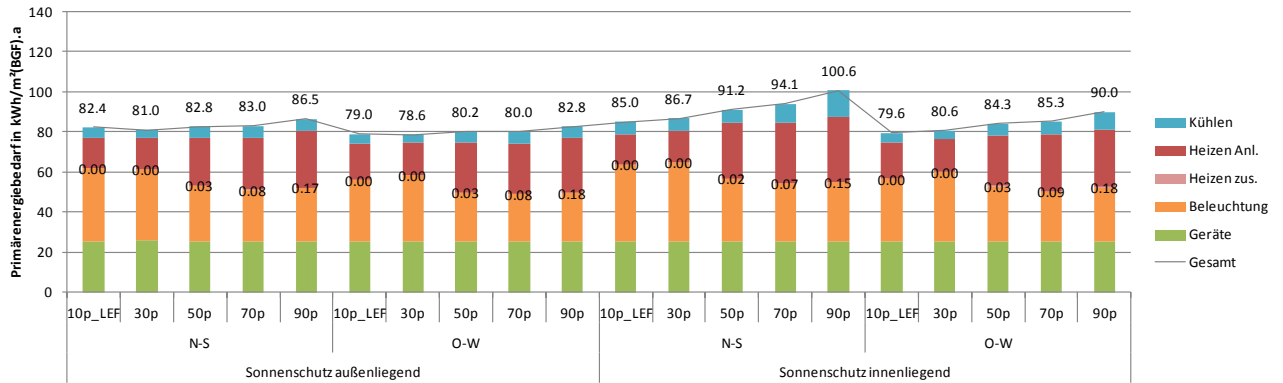
Kombibüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung



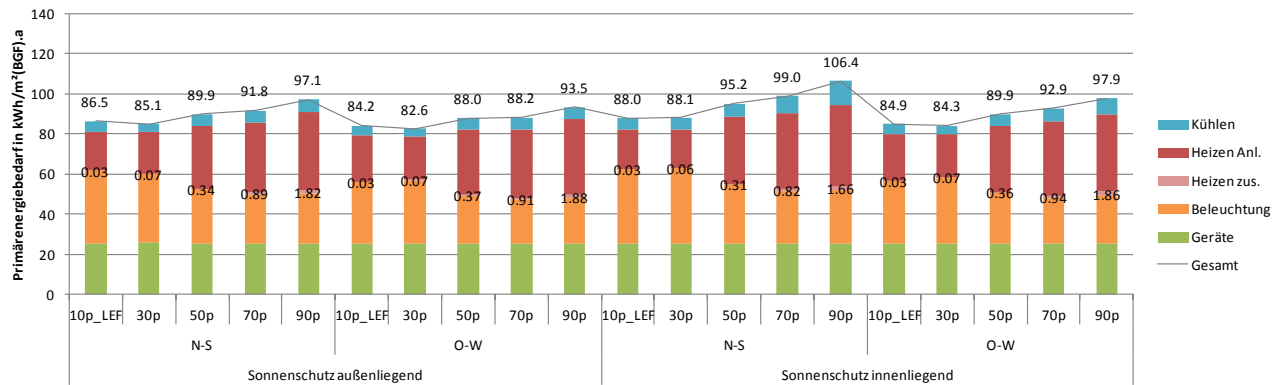
Kombibüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster



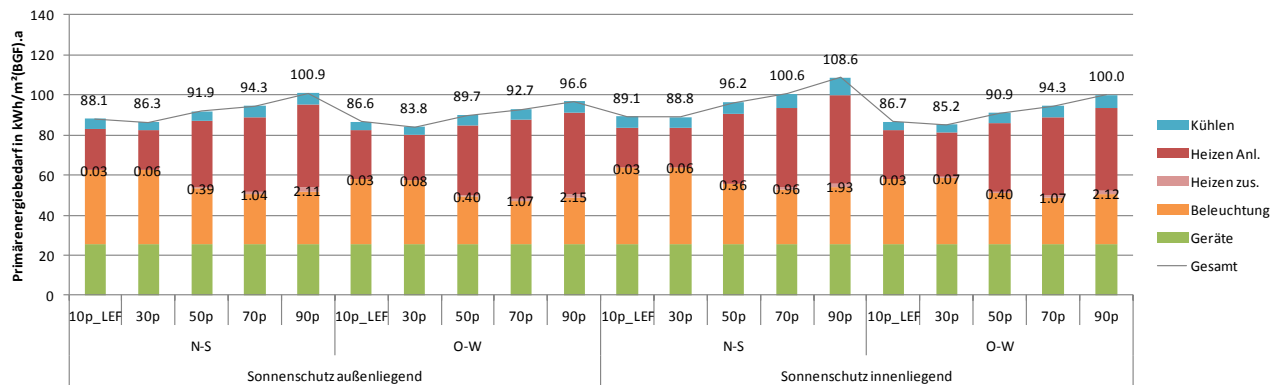
Kombibüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung



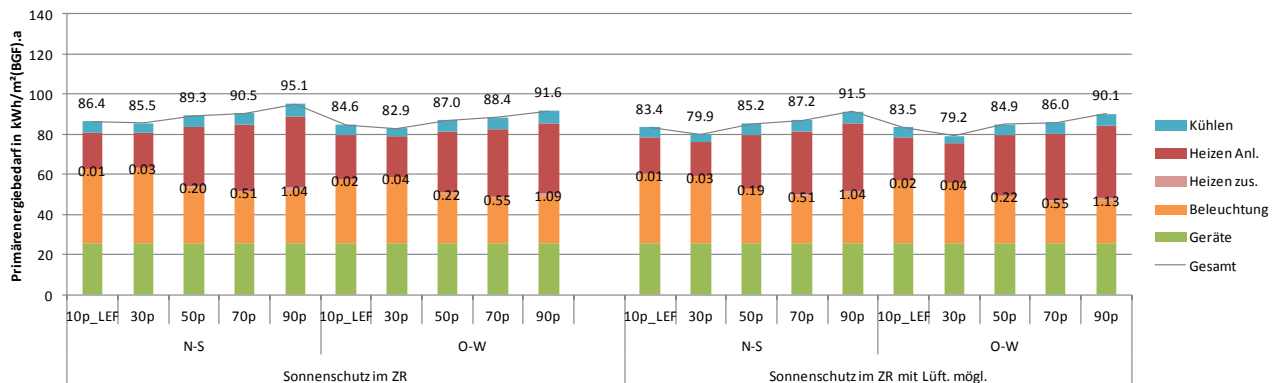
Kombibüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung



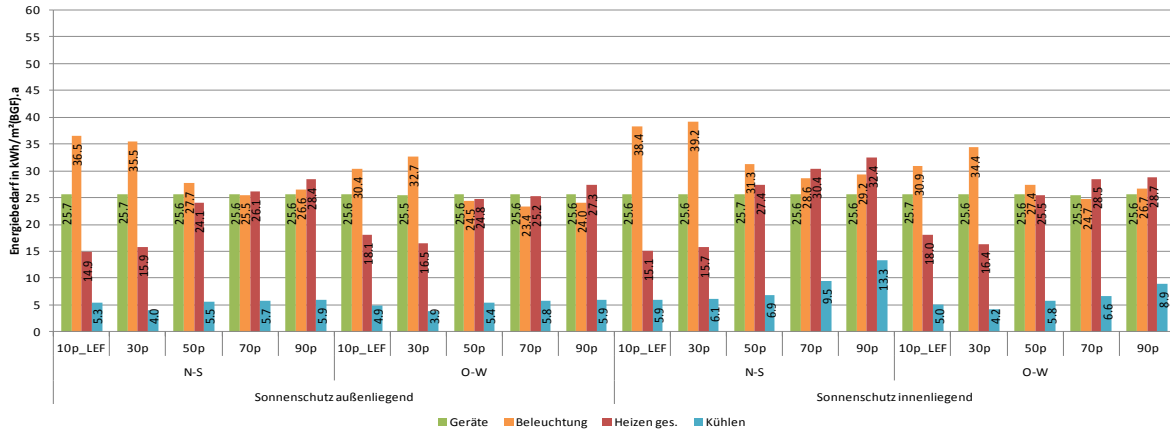
Kombibüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung



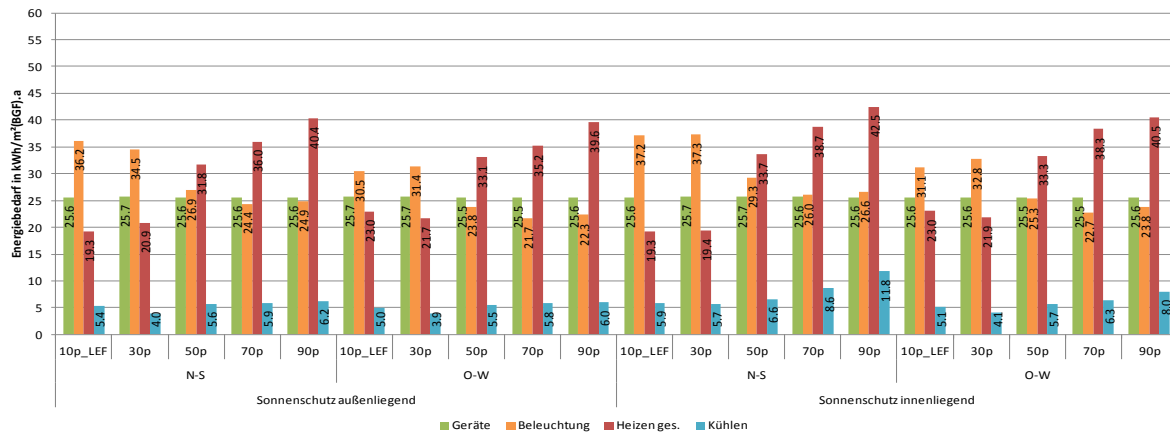
Kombibüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster



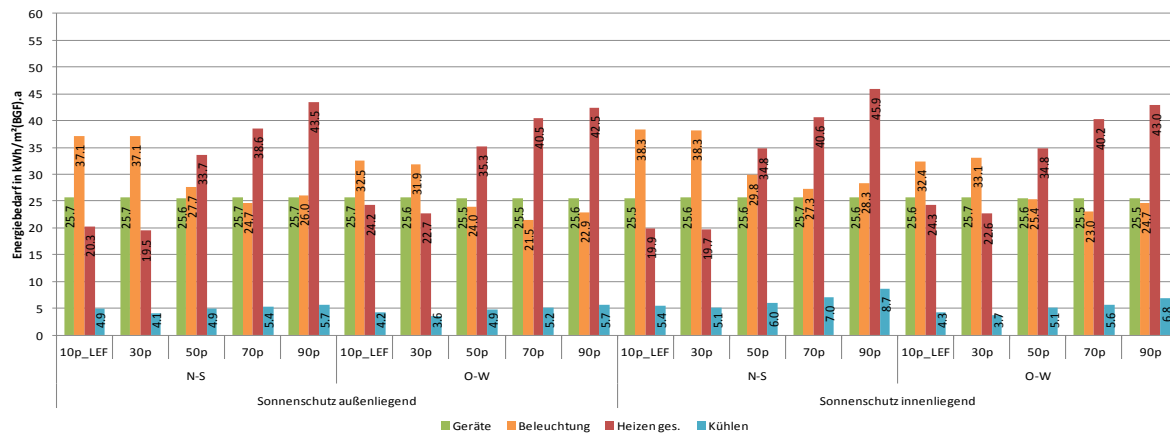
Kombibüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung



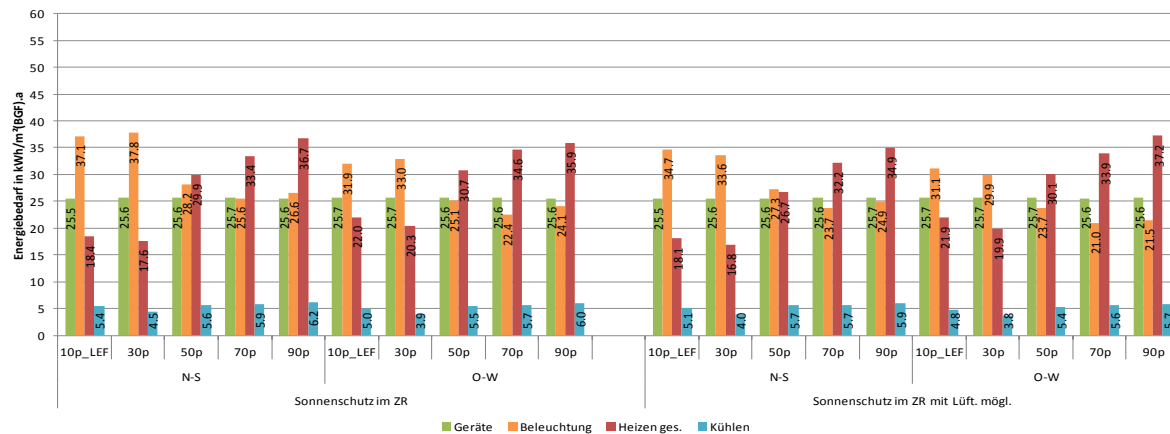
Kombibüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung



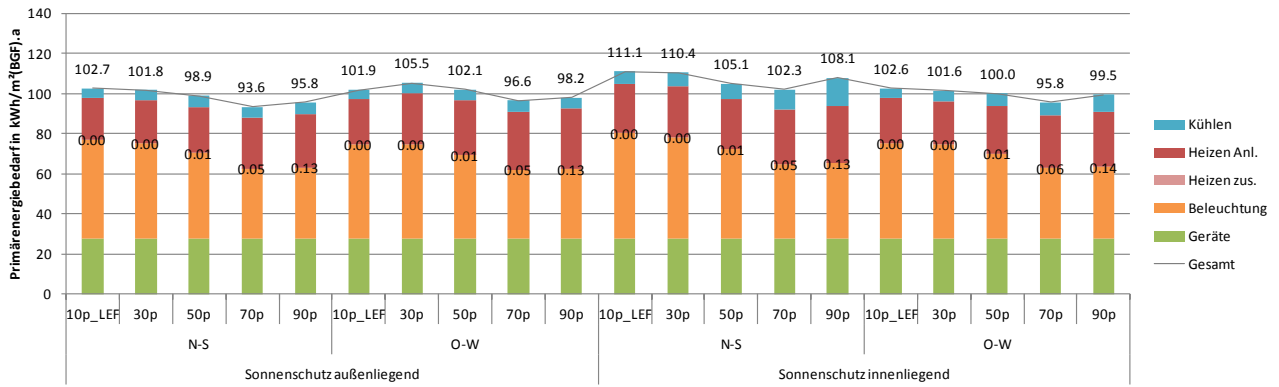
Kombibüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung



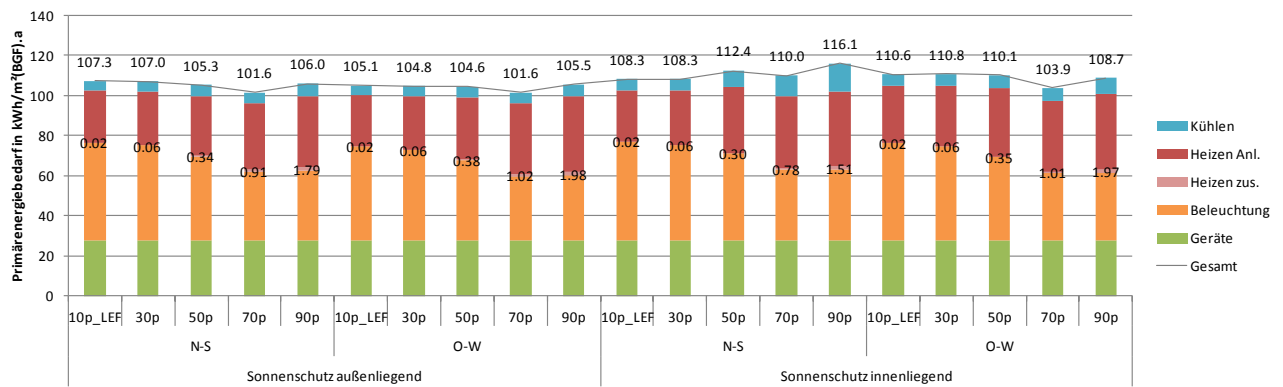
Kombibüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster



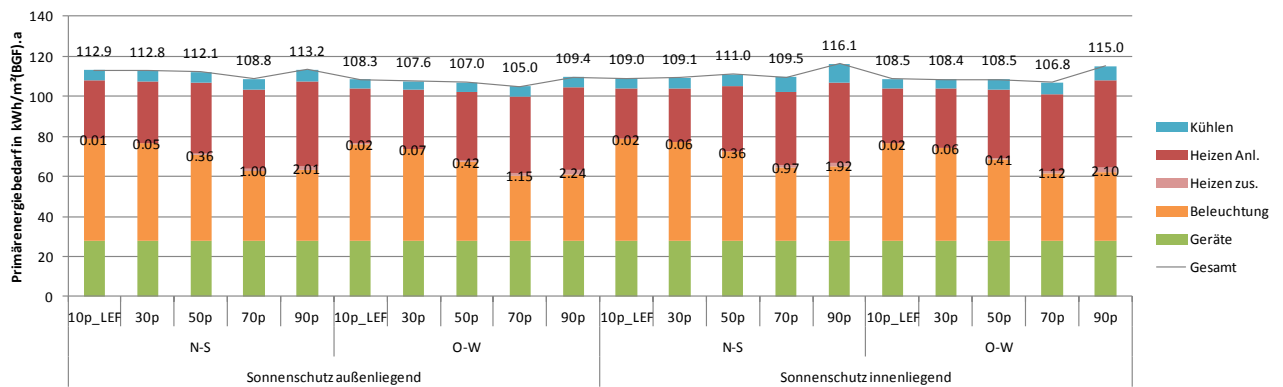
Gruppenbüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung



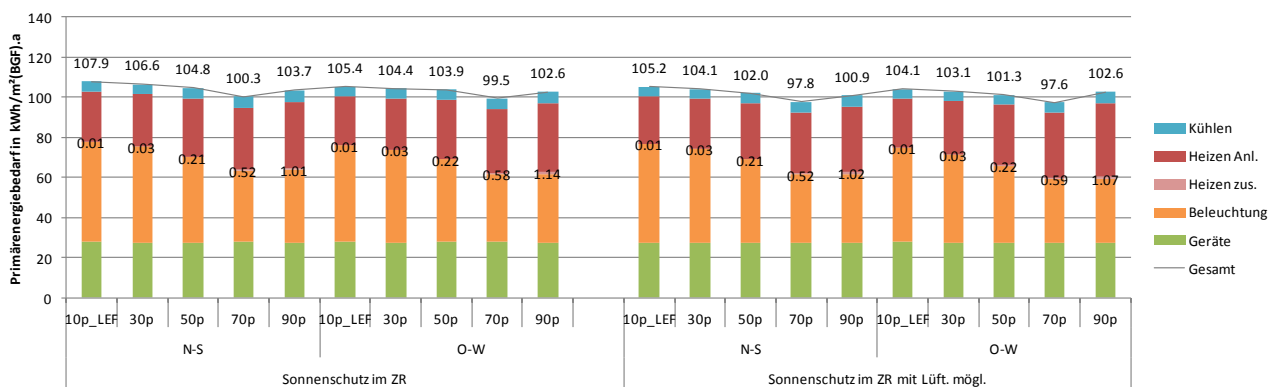
Gruppenbüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung



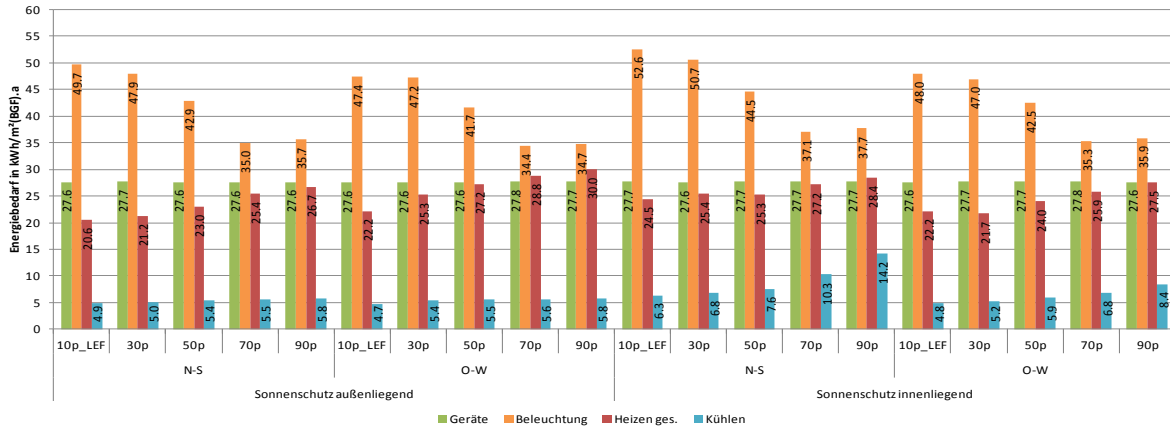
Gruppenbüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung



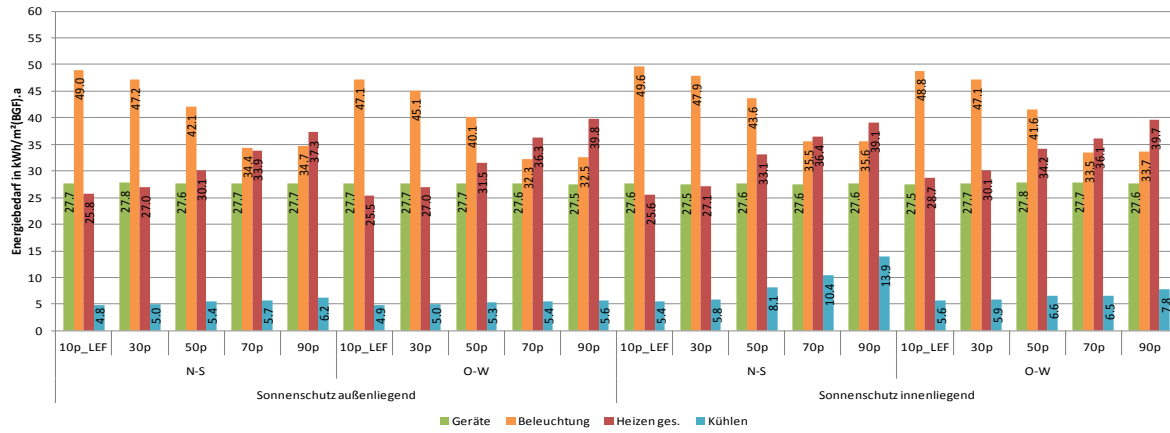
Gruppenbüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster



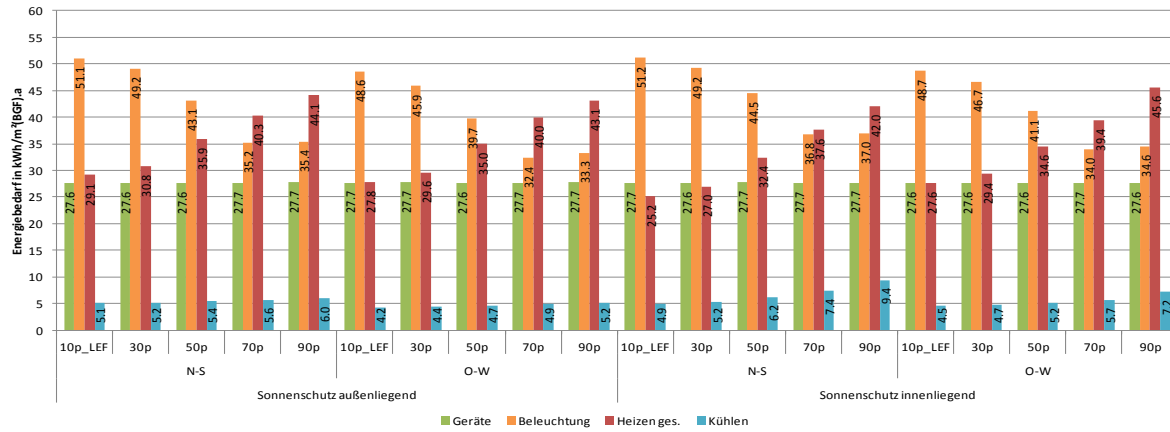
Gruppenbüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung



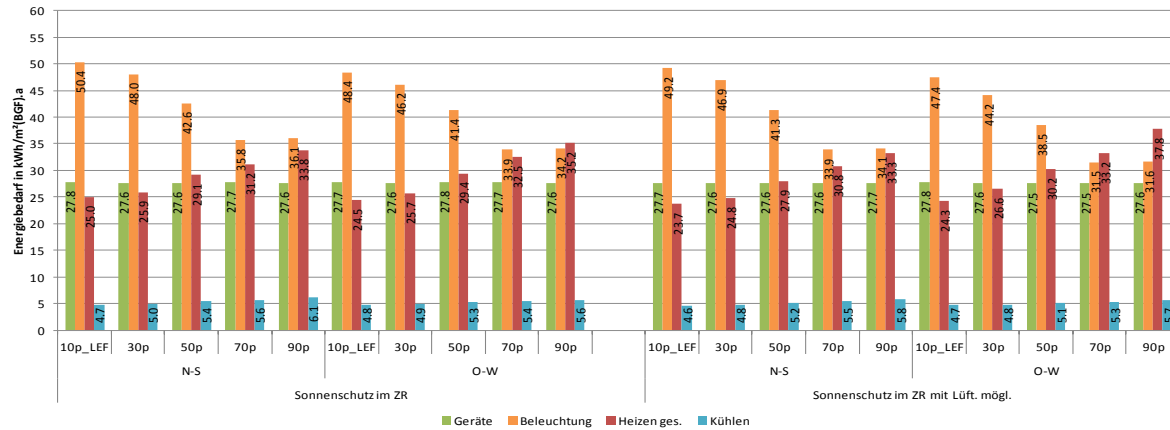
Gruppenbüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung



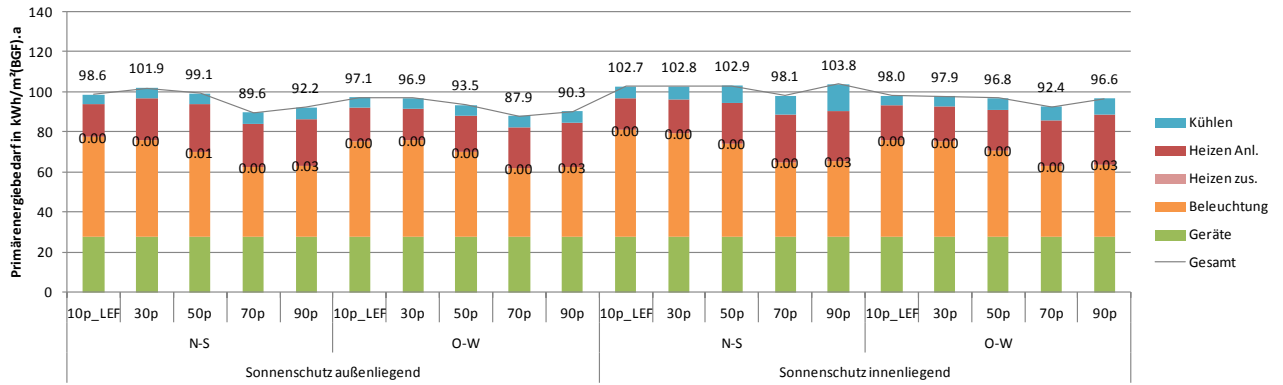
Gruppenbüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung



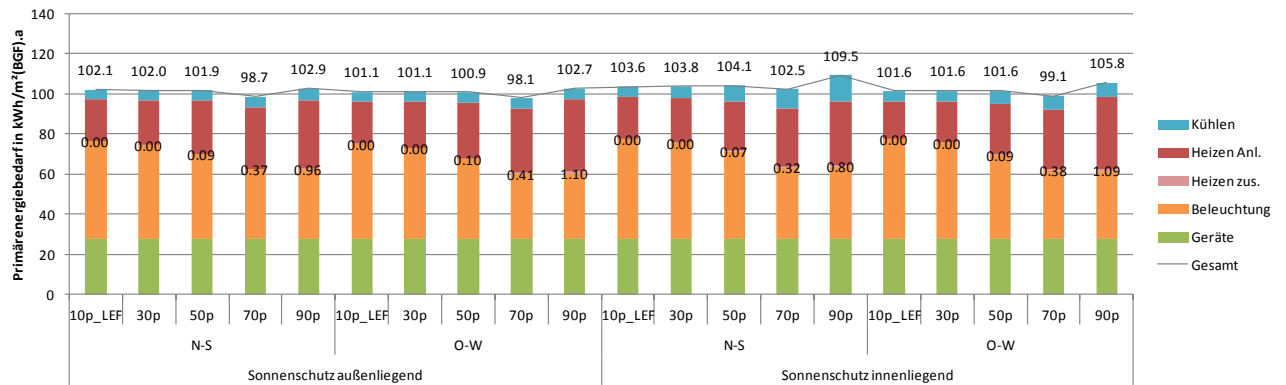
Gruppenbüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster



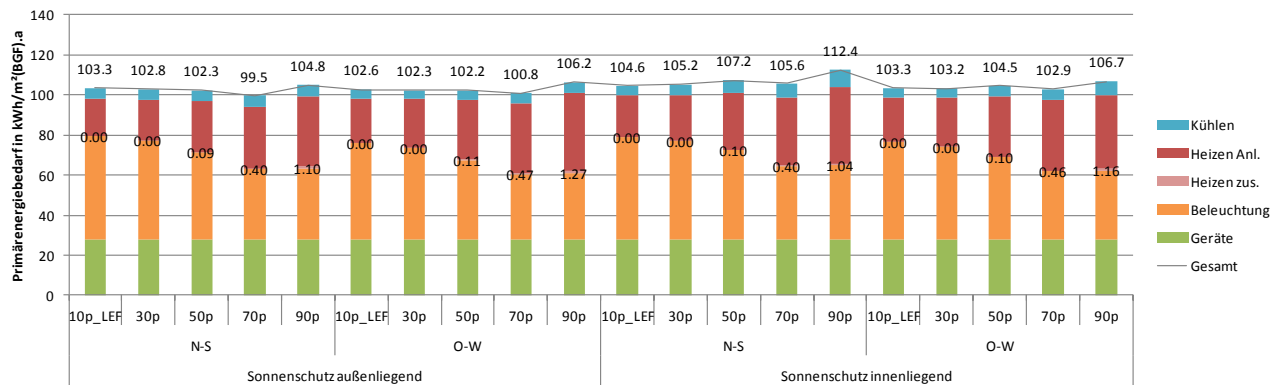
Gruppenbüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung



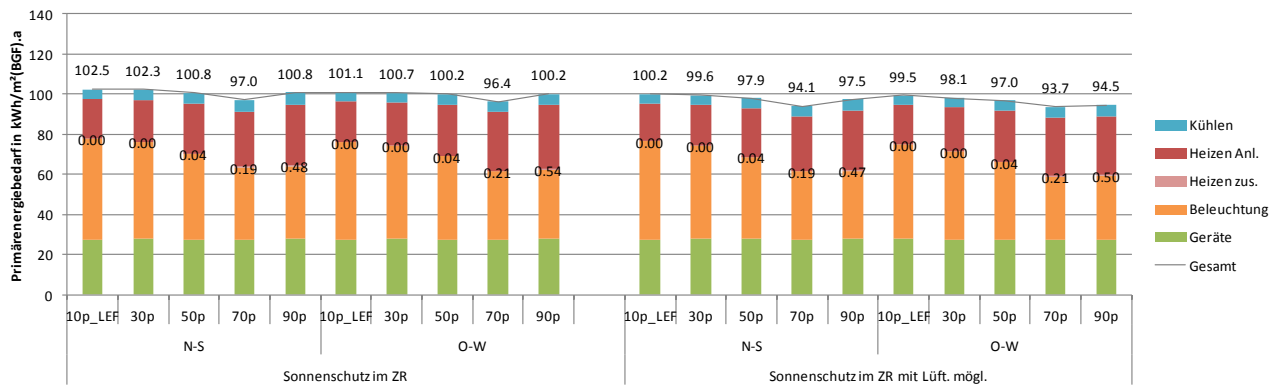
Gruppenbüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung



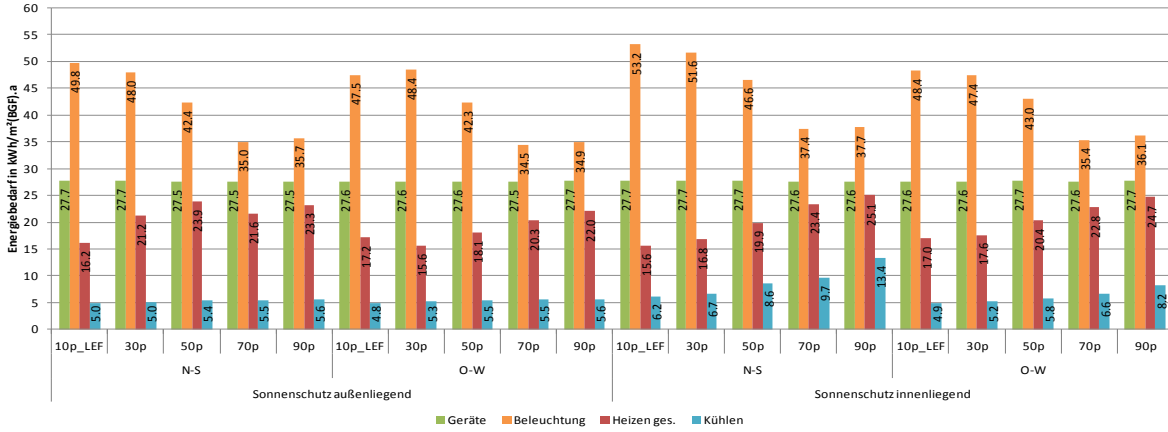
Gruppenbüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung



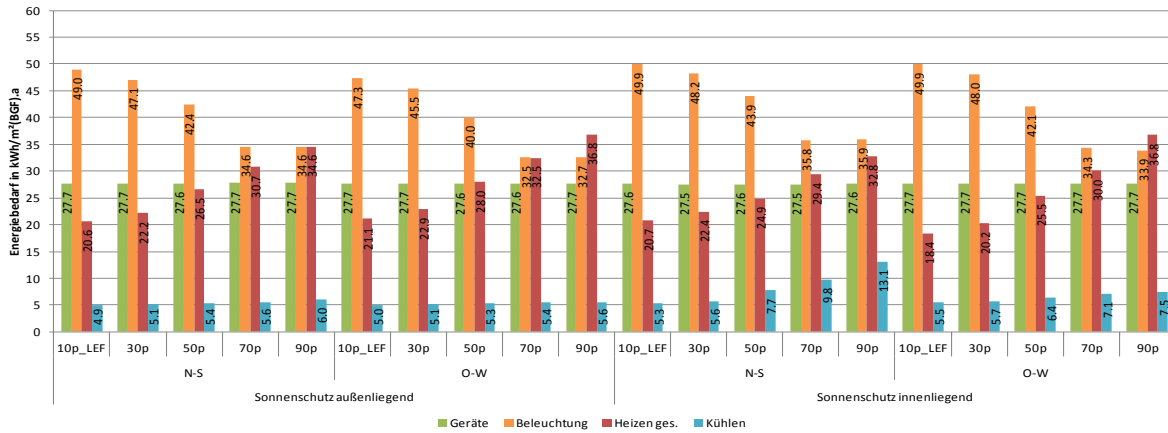
Gruppenbüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster



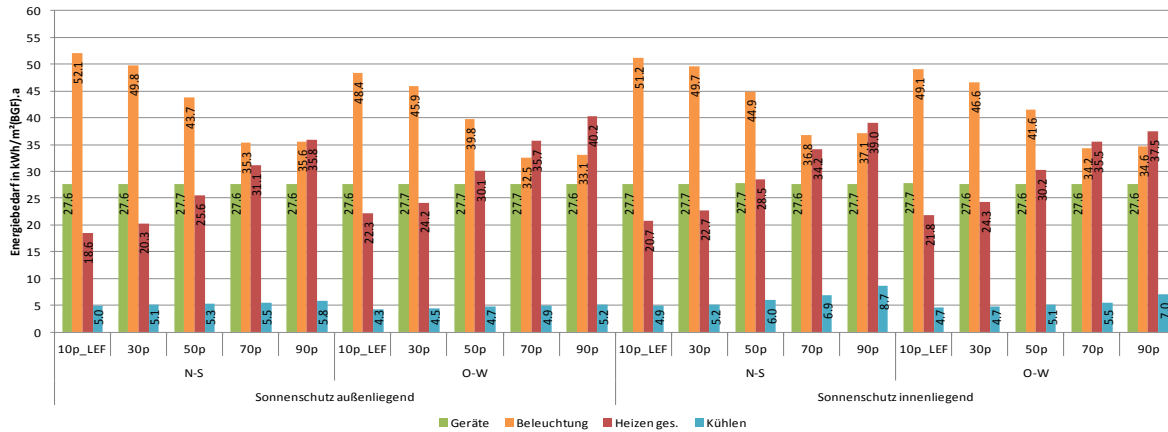
Gruppenbüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung



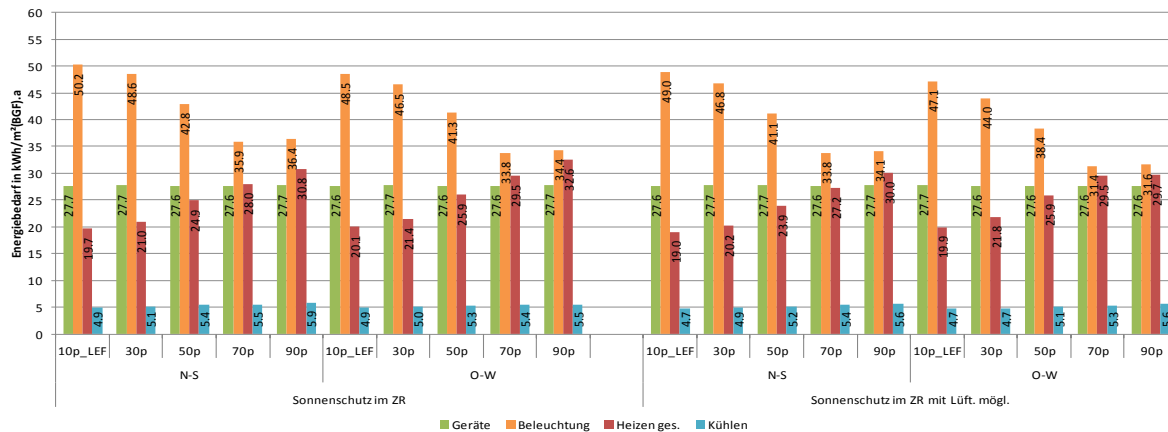
Gruppenbüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung



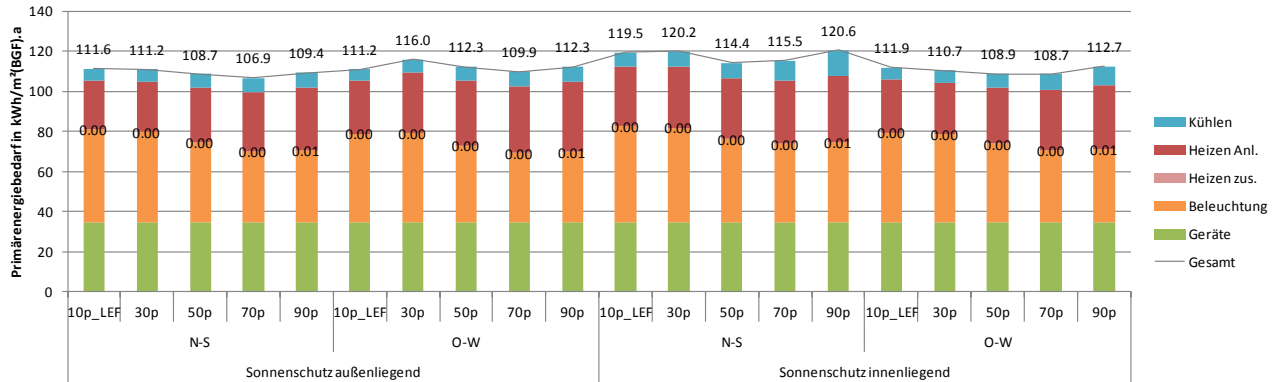
Gruppenbüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung



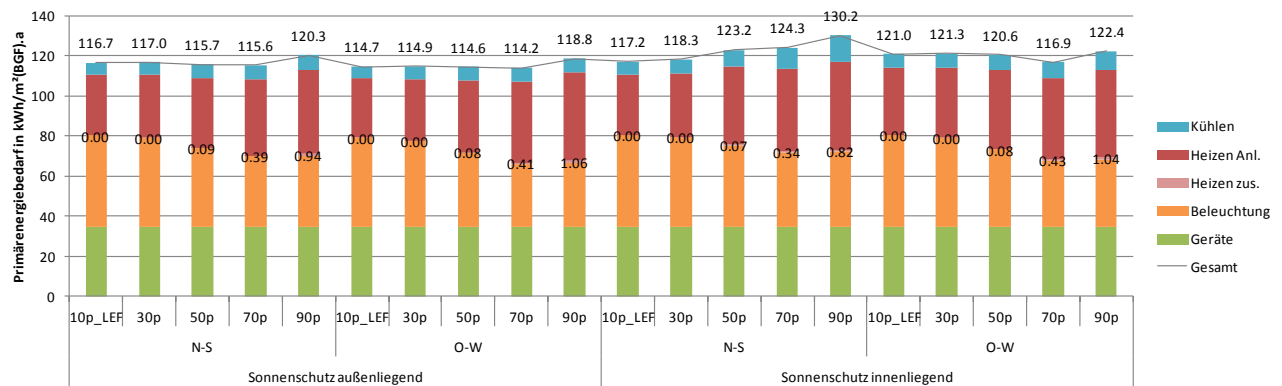
Gruppenbüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster



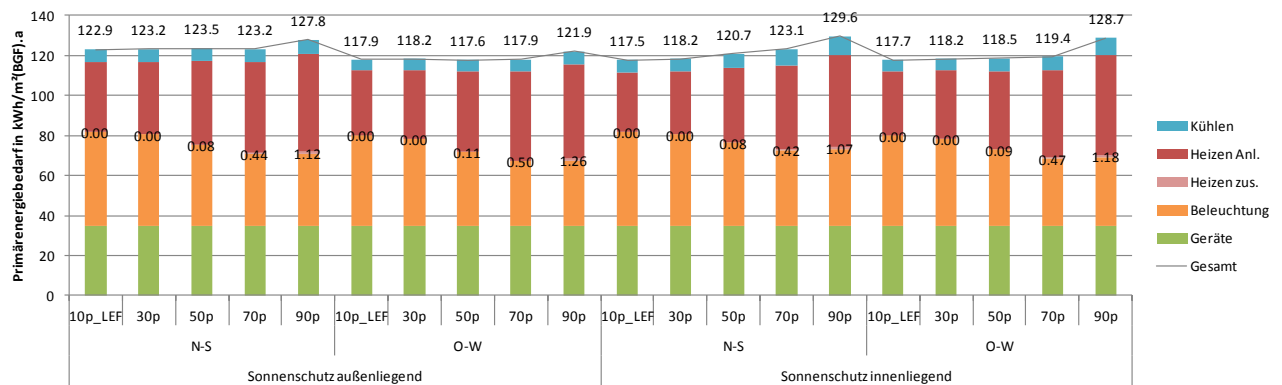
Großraumbüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung



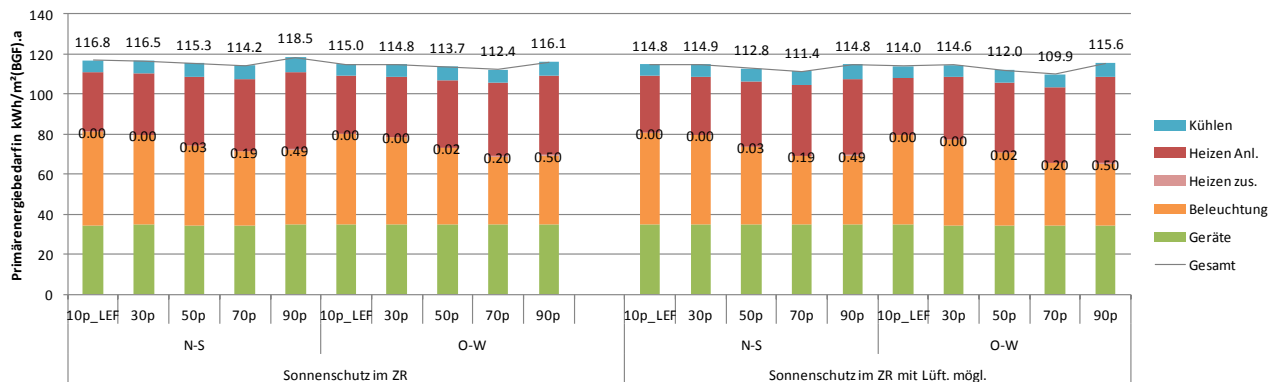
Großraumbüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung



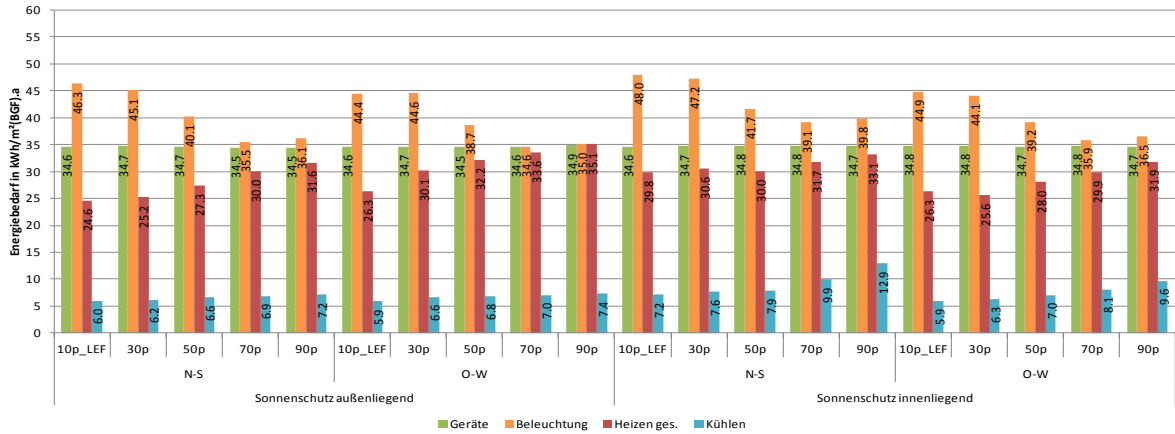
Großraumbüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung



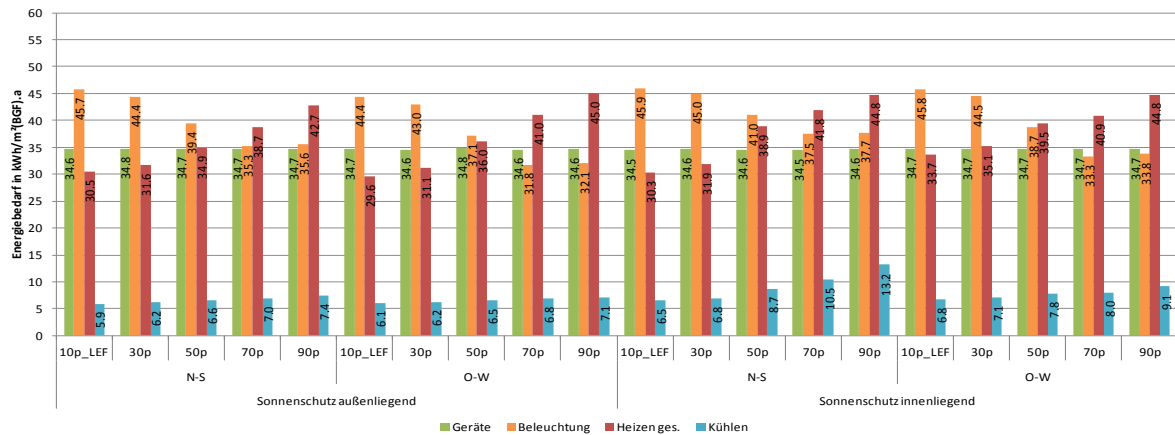
Großraumbüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster



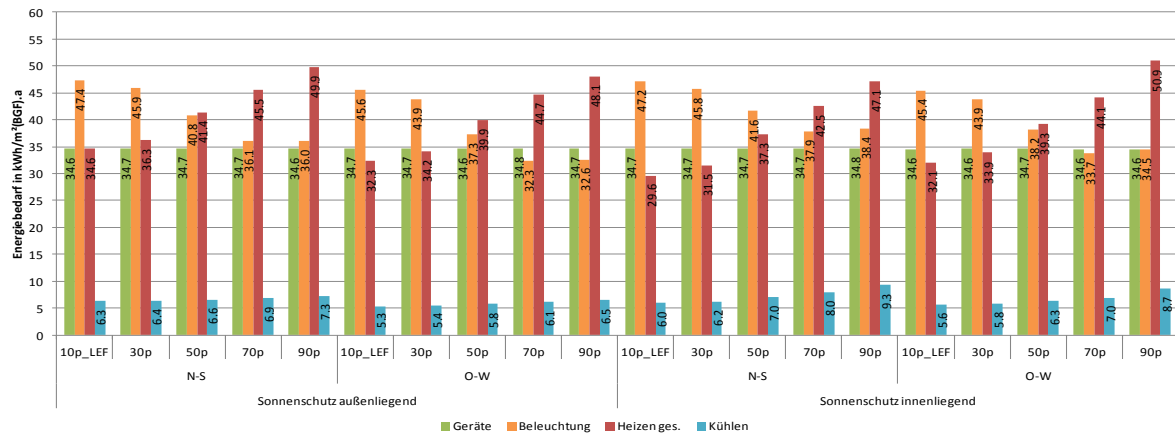
Großraumbüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung



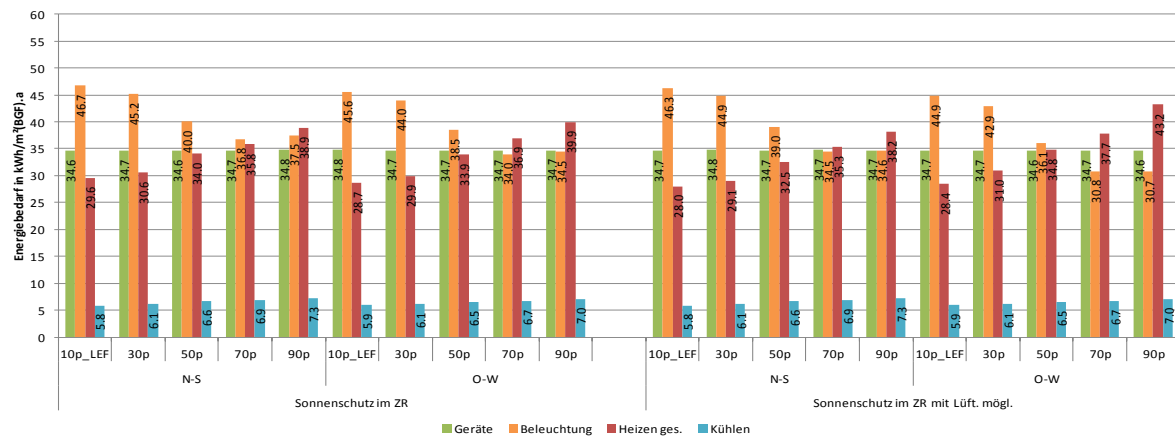
Großraumbüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung



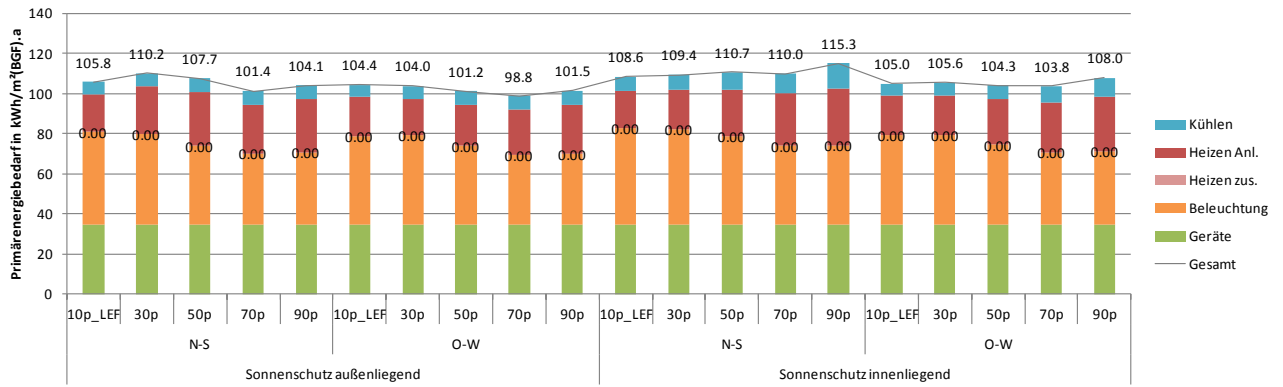
Großraumbüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung



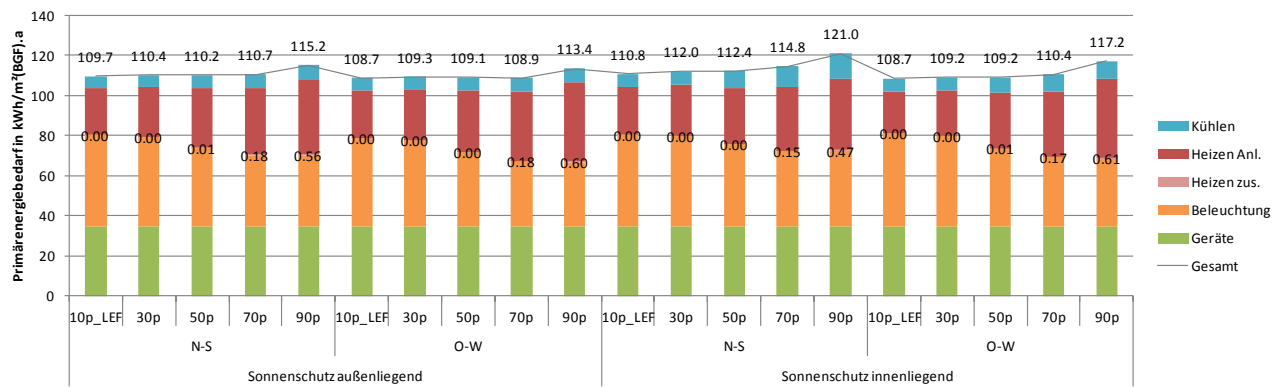
Großraumbüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster



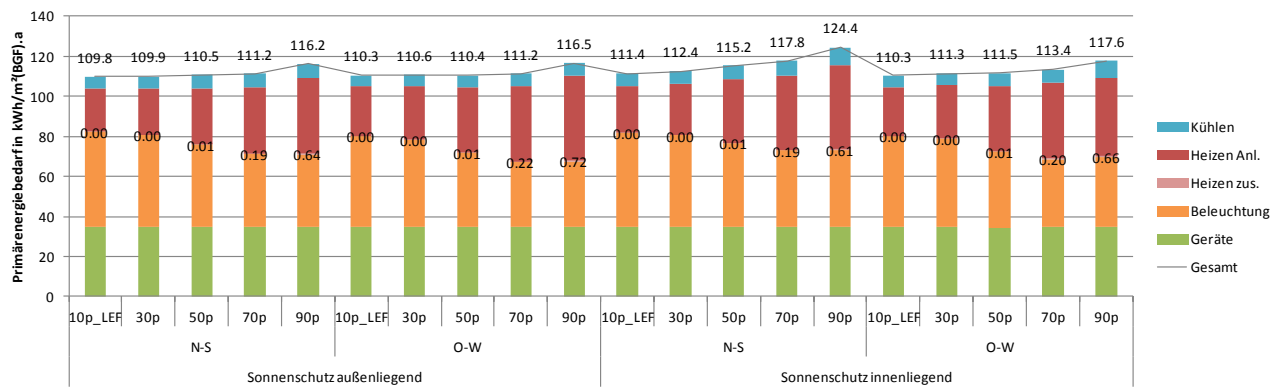
Großraumbüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung



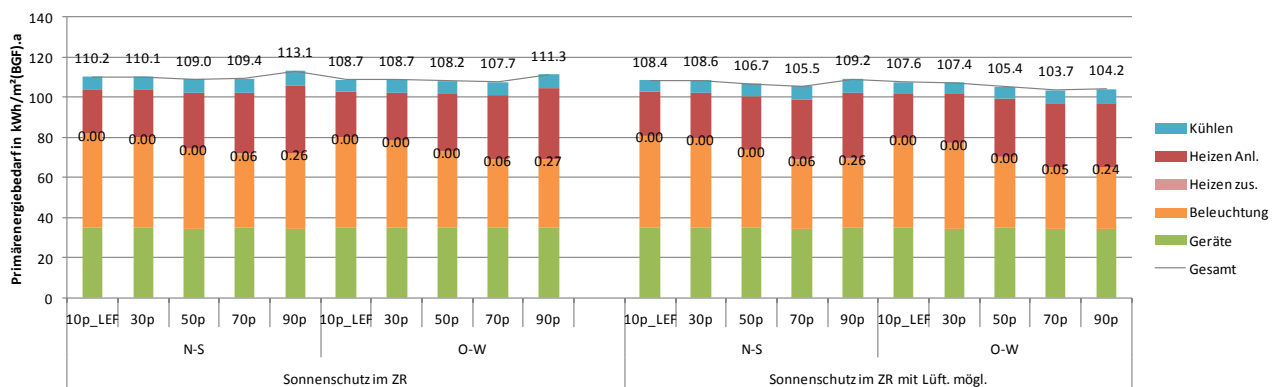
Großraumbüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung



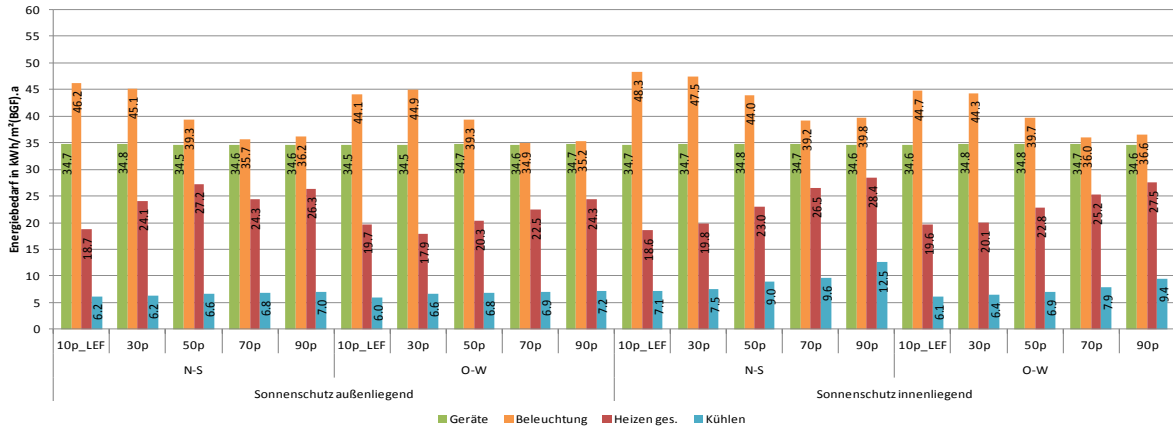
Großraumbüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung



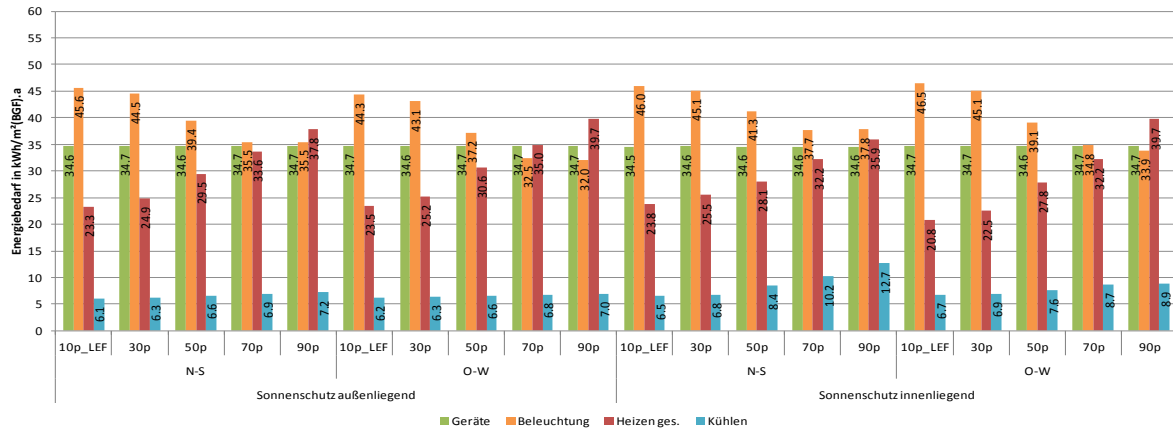
Großraumbüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster



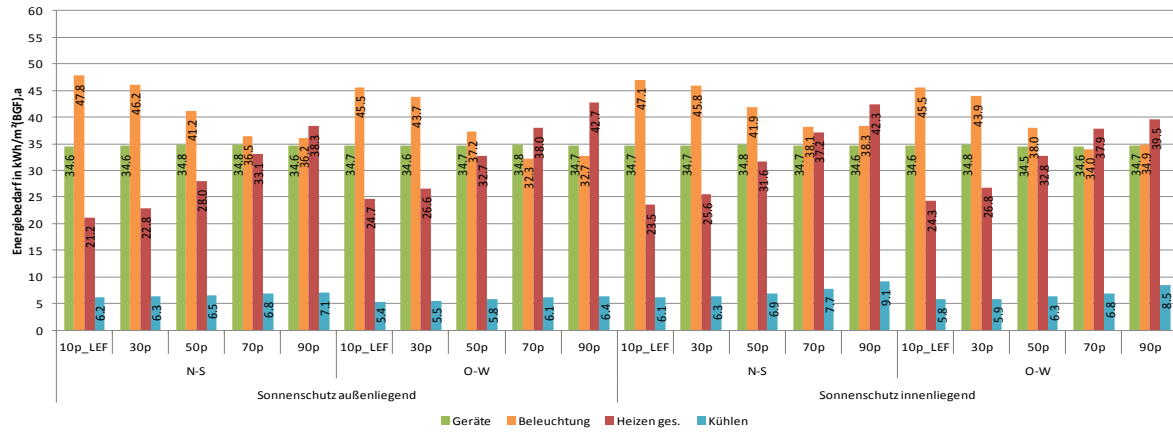
Großraumbüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung



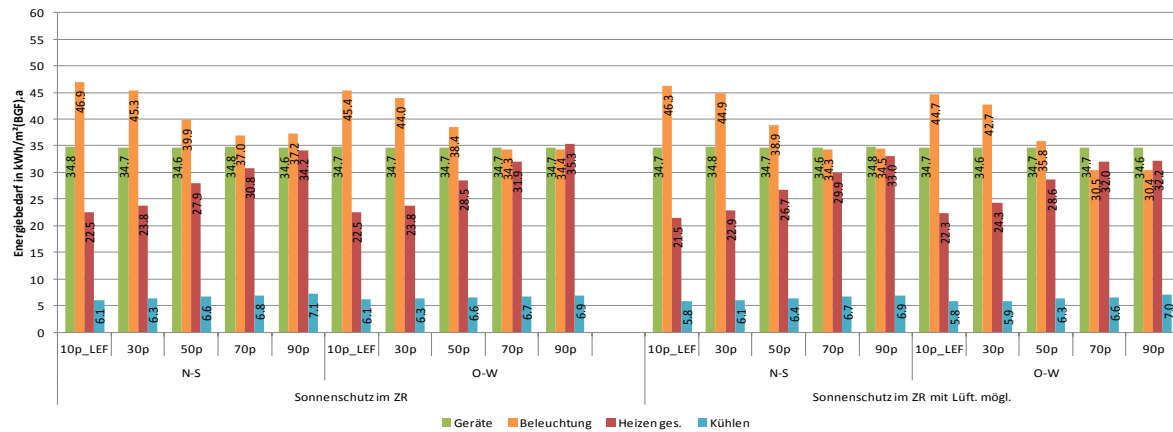
Großraumbüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung



Großraumbüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung

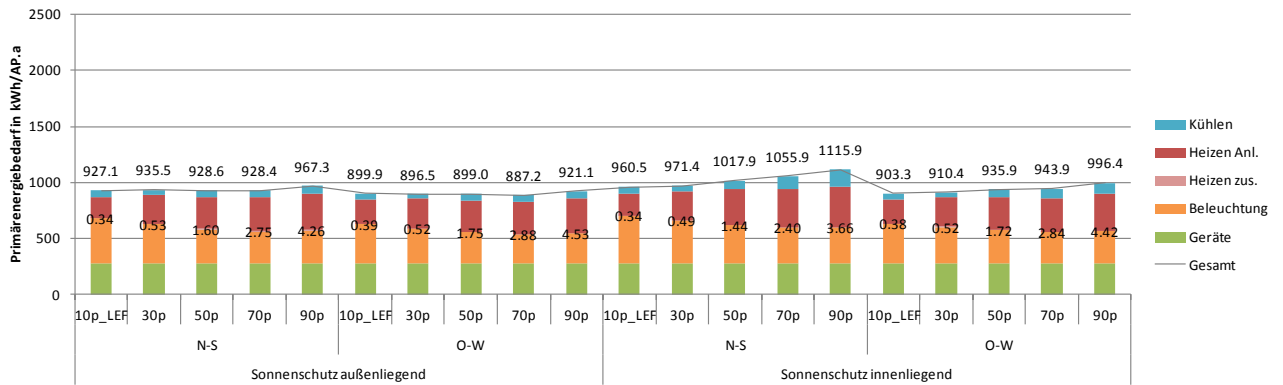


Großraumbüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster

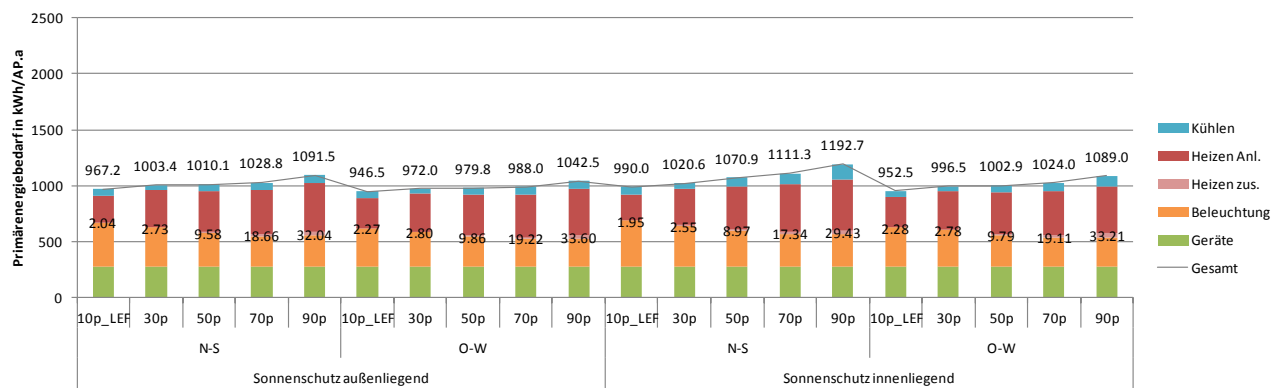


6.2 Primärenergiebedarf je AP

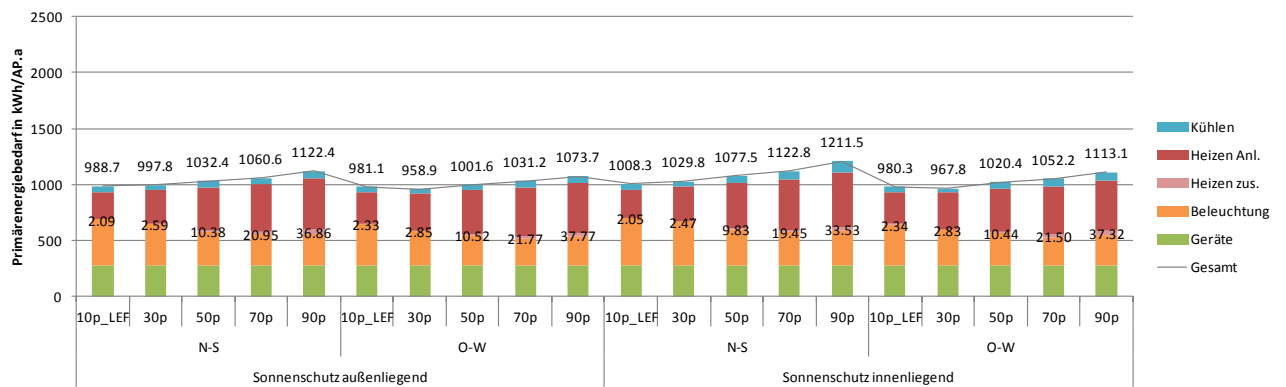
Kombibüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung V.1



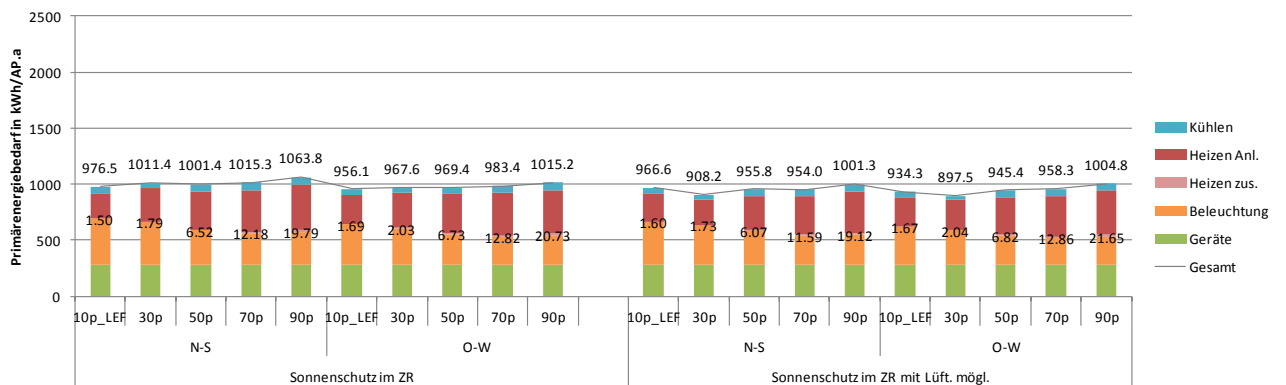
Kombibüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung V.1



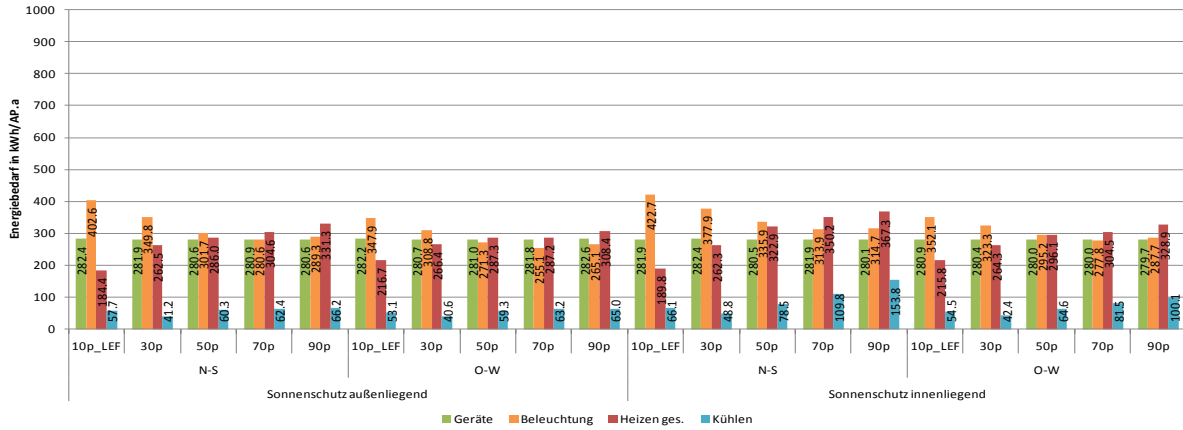
Kombibüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung V.1



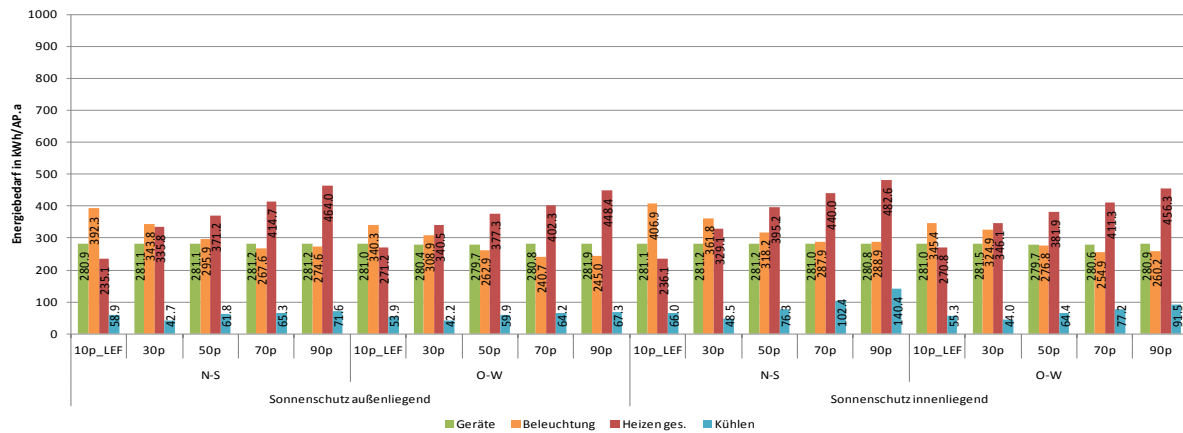
Kombibüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster V.1



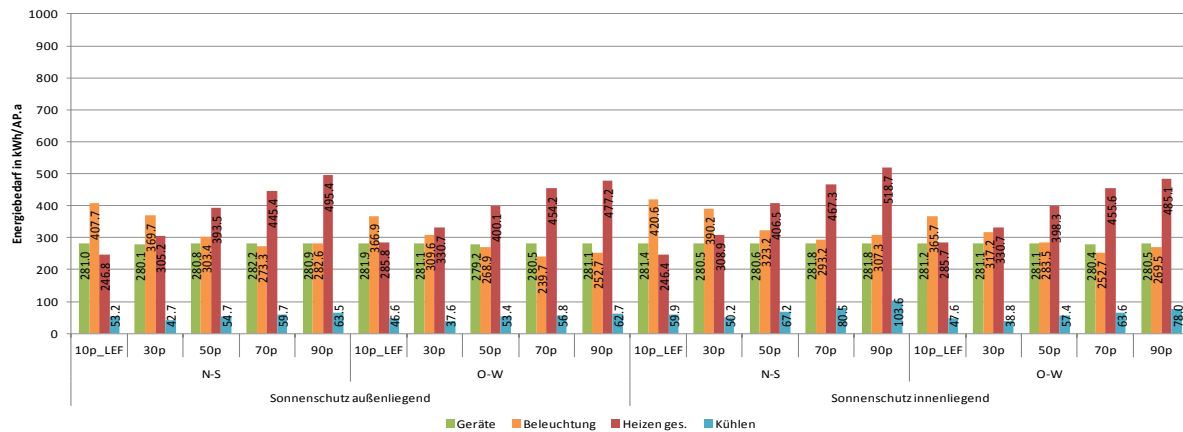
Kombibüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung V.1



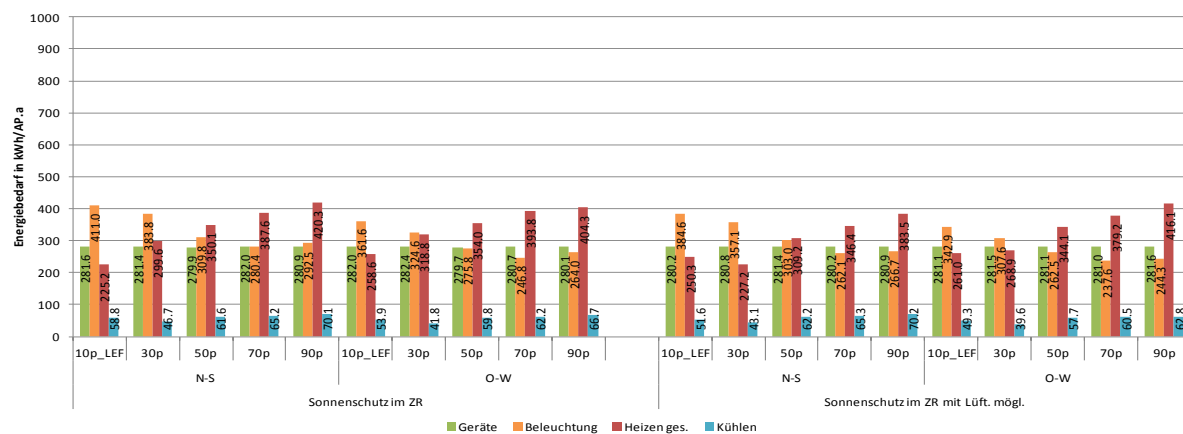
Kombibüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung V.1



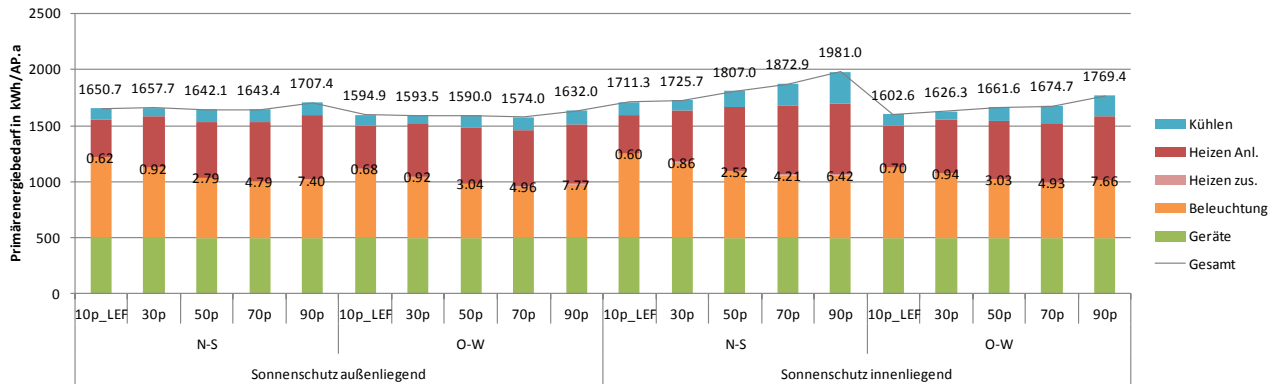
Kombibüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung V.1



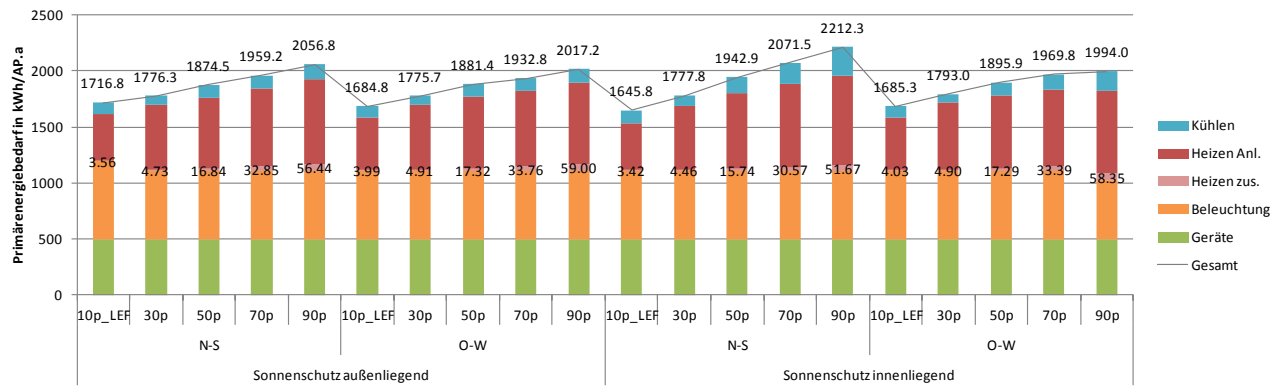
Kombibüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster V.1



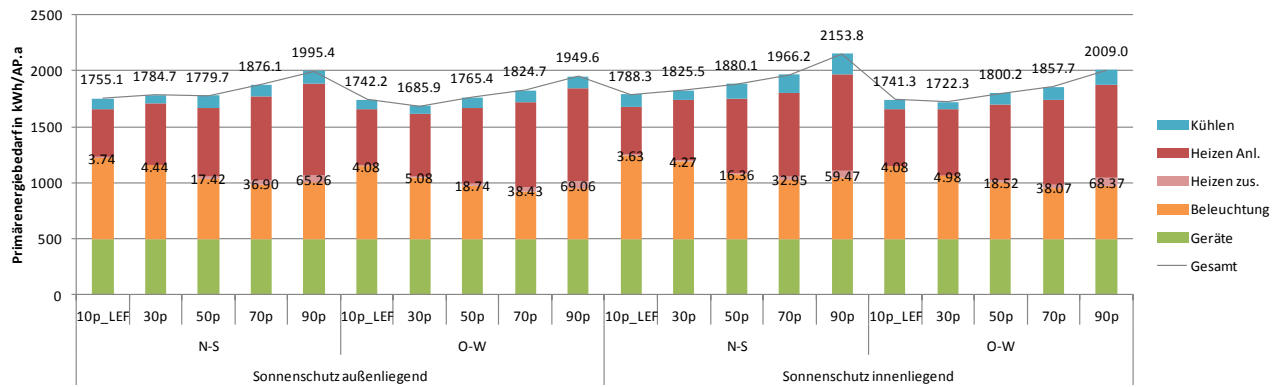
Kombibüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung V.2



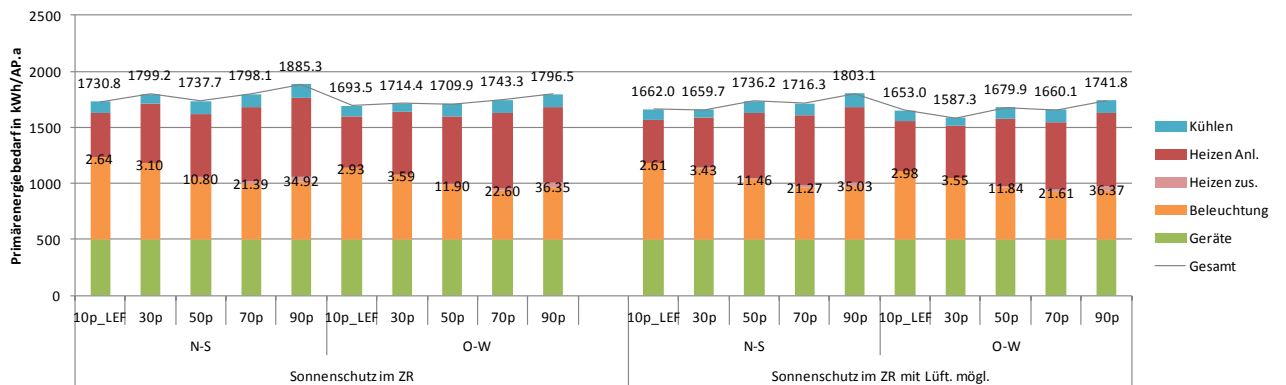
Kombibüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung V.2



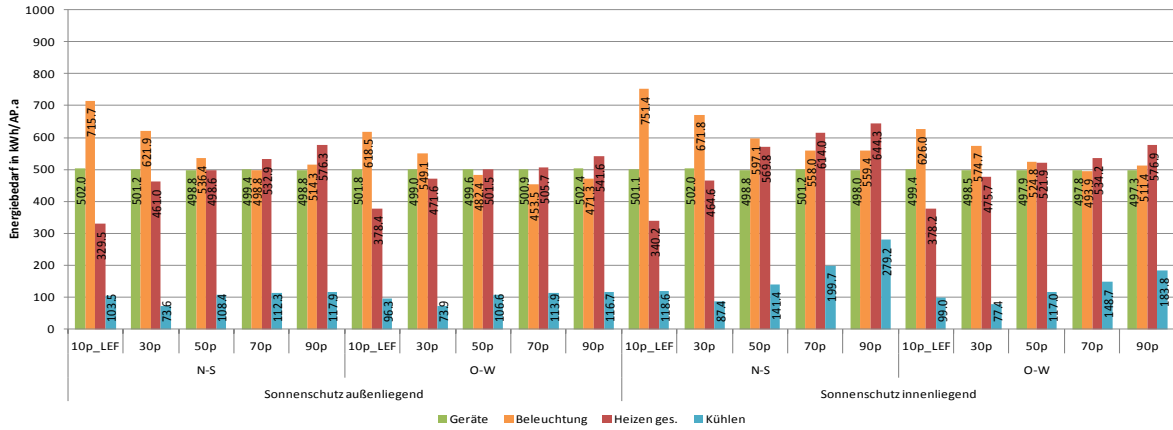
Kombibüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung V.2



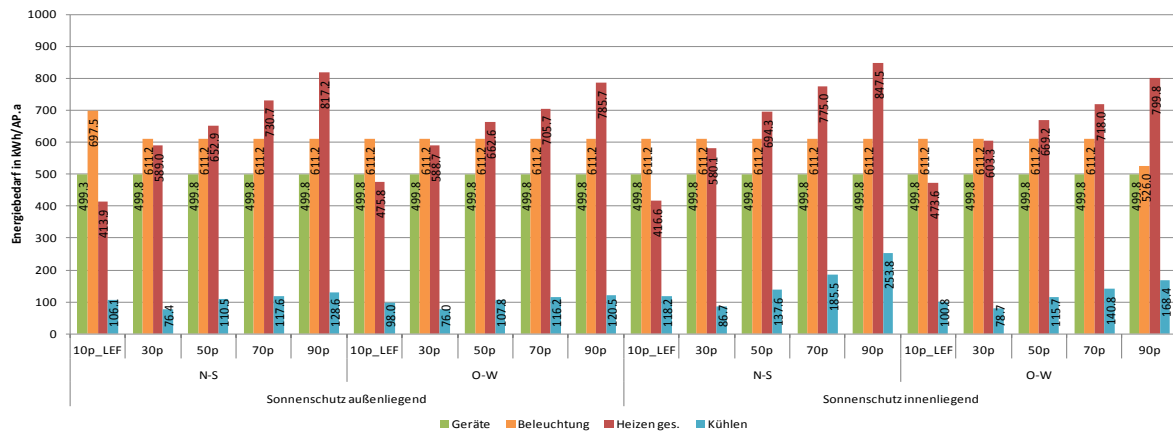
Kombibüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster V.2



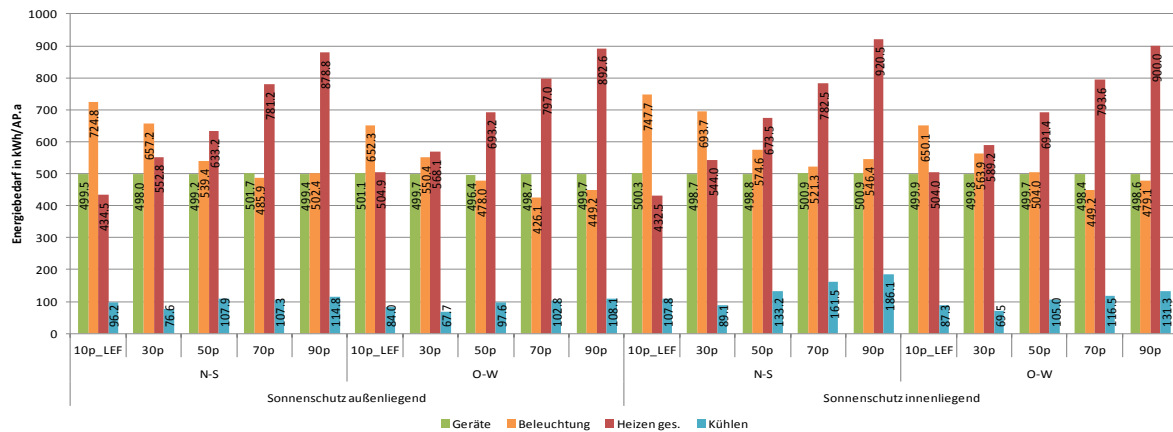
Kombibüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung V.2



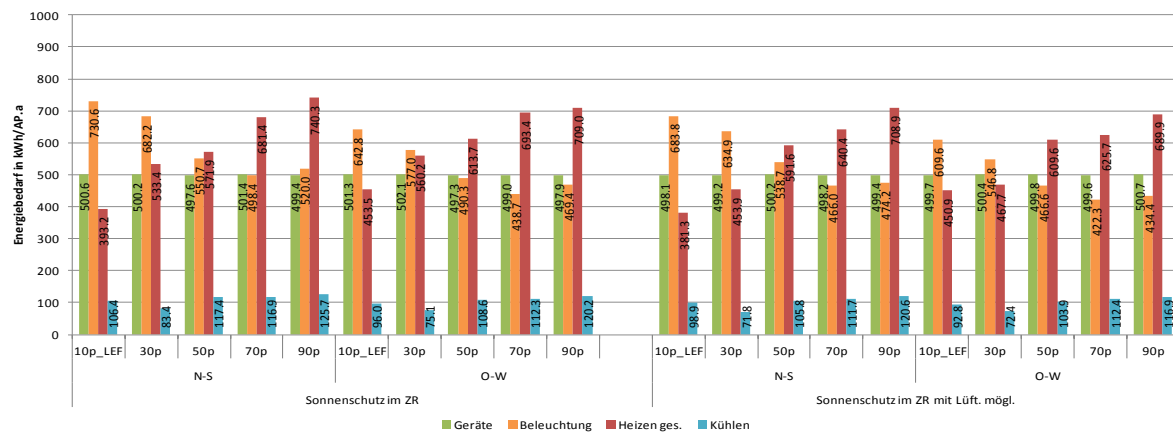
Kombibüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung V.2



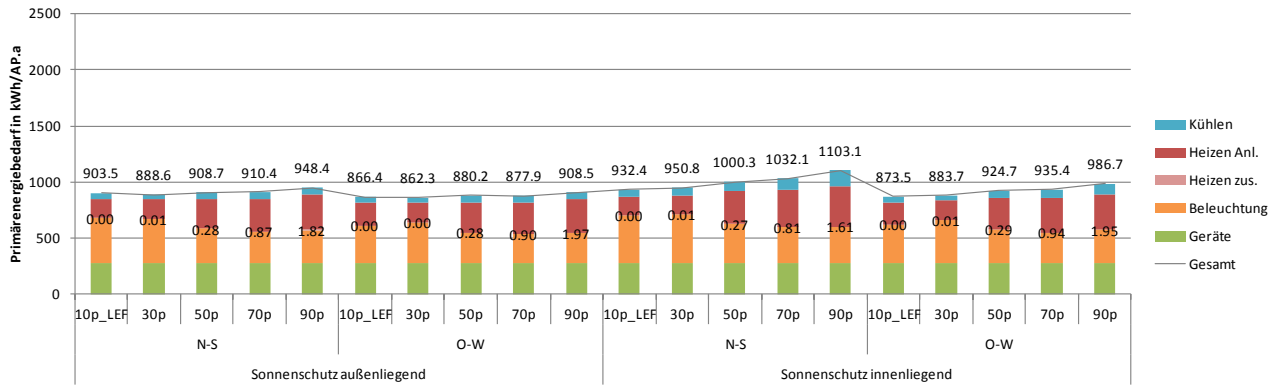
Kombibüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung V.2



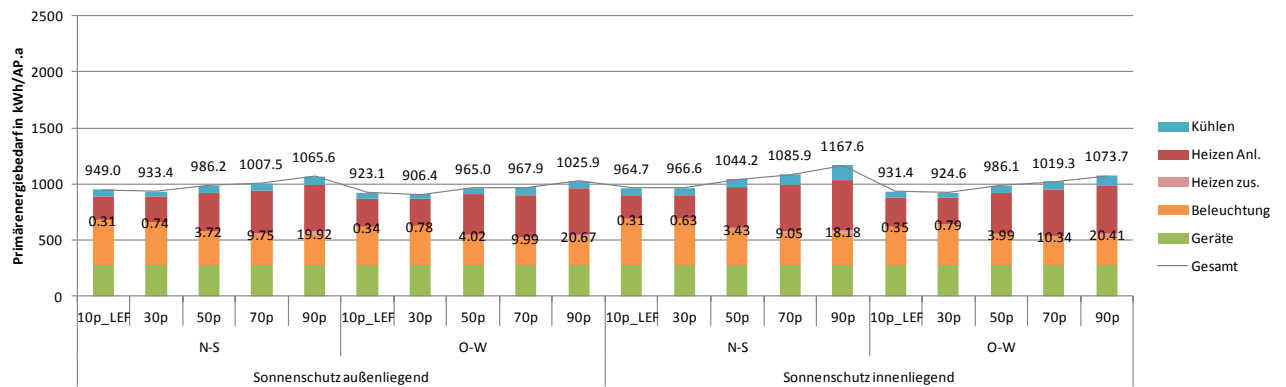
Kombibüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster V.2



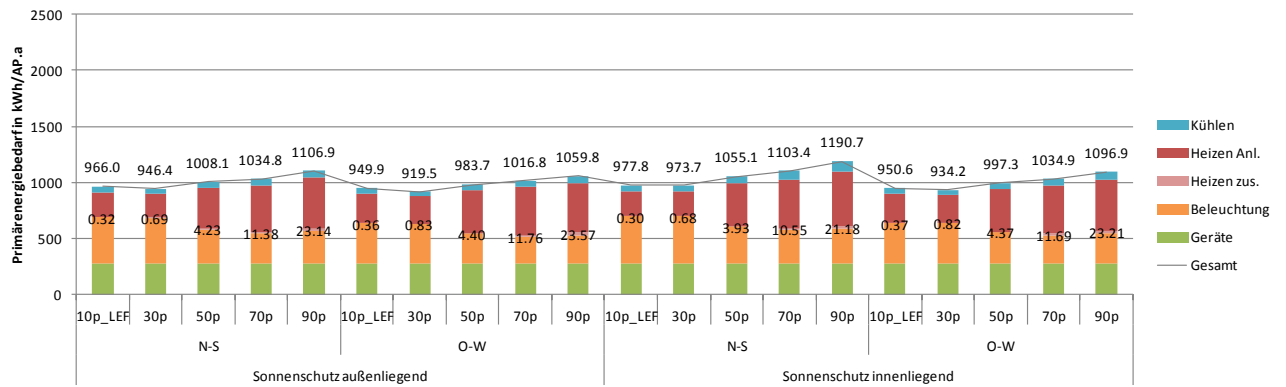
Kombibüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung V.1



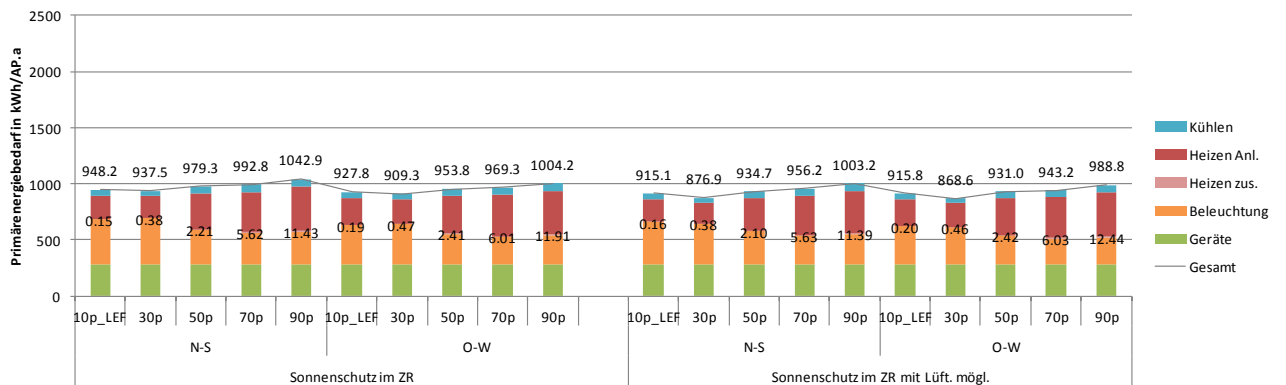
Kombibüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung V.1



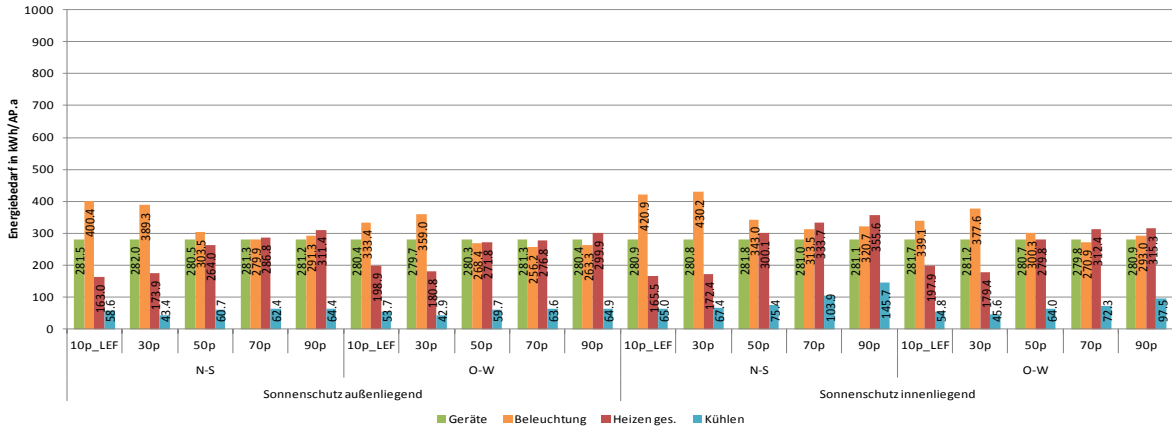
Kombibüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung V.1



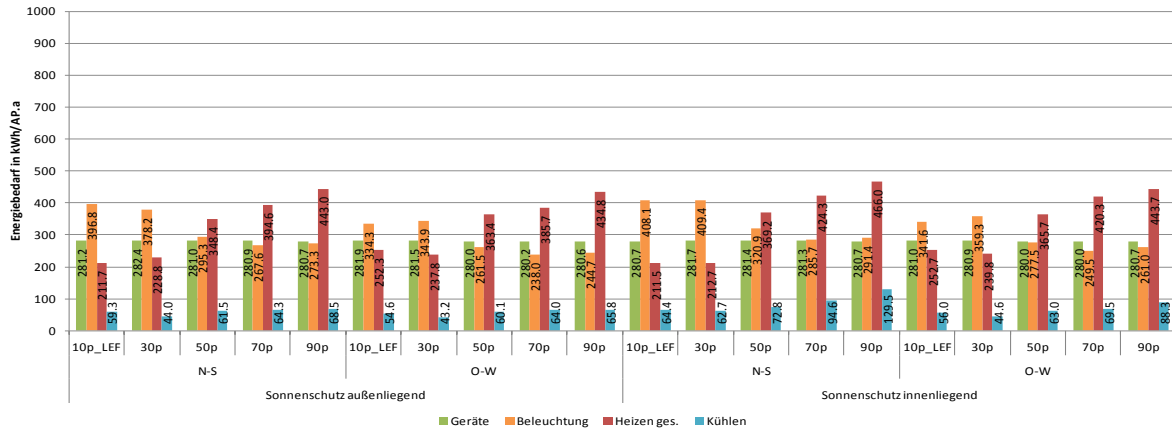
Kombibüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster V.1



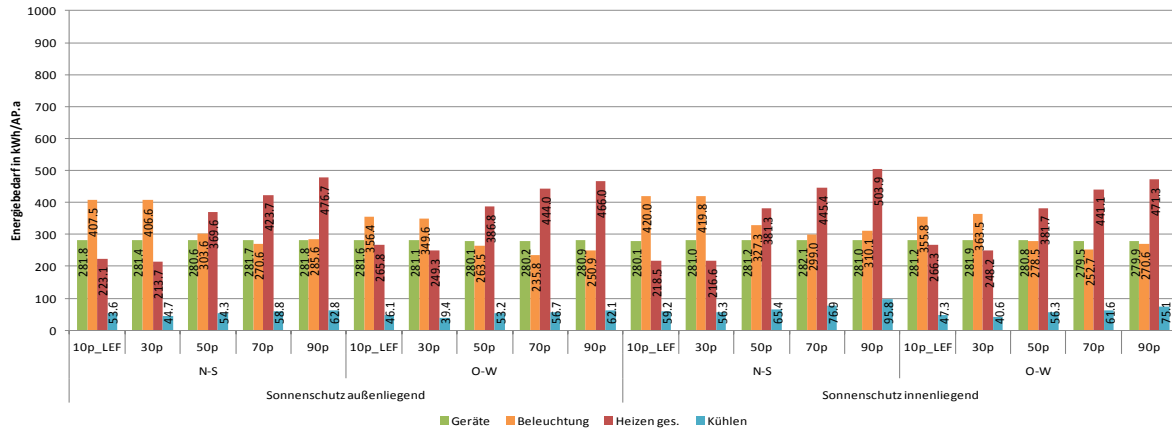
Kombibüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung V.1



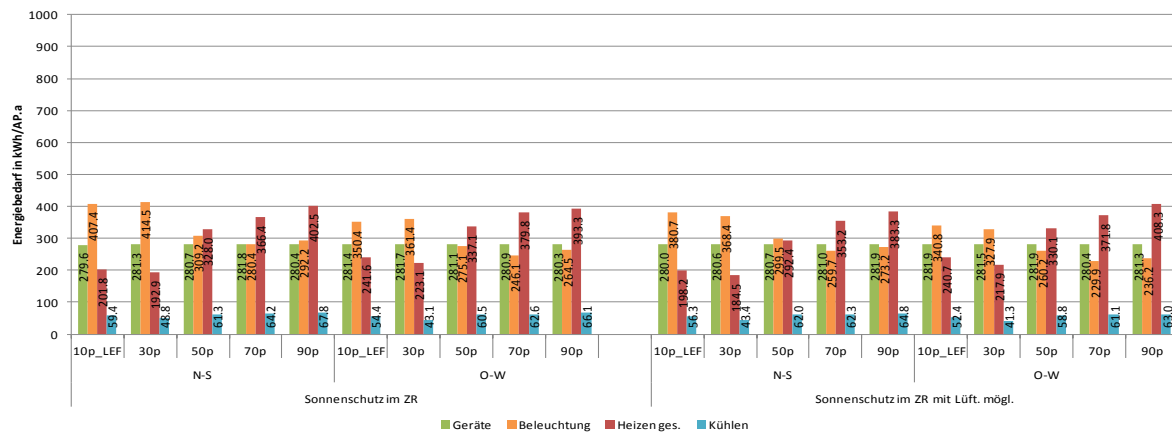
Kombibüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung V.1



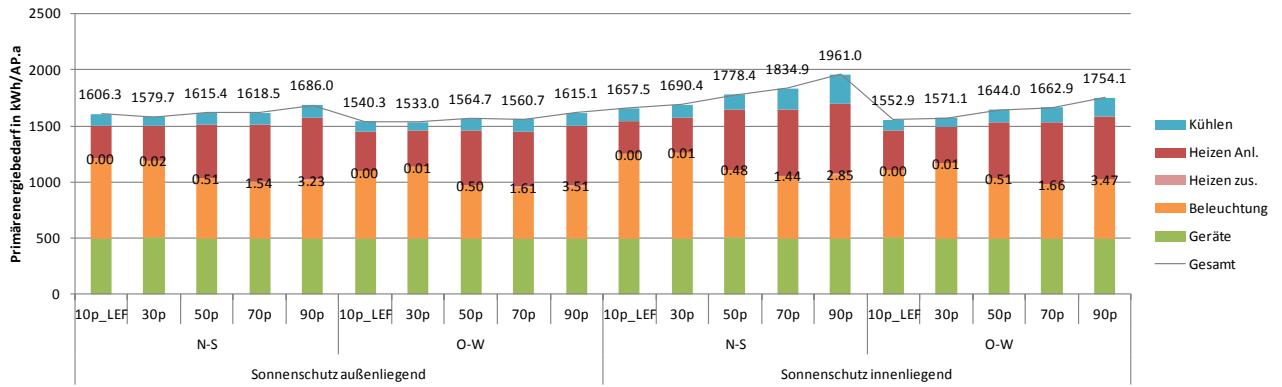
Kombibüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung V.1



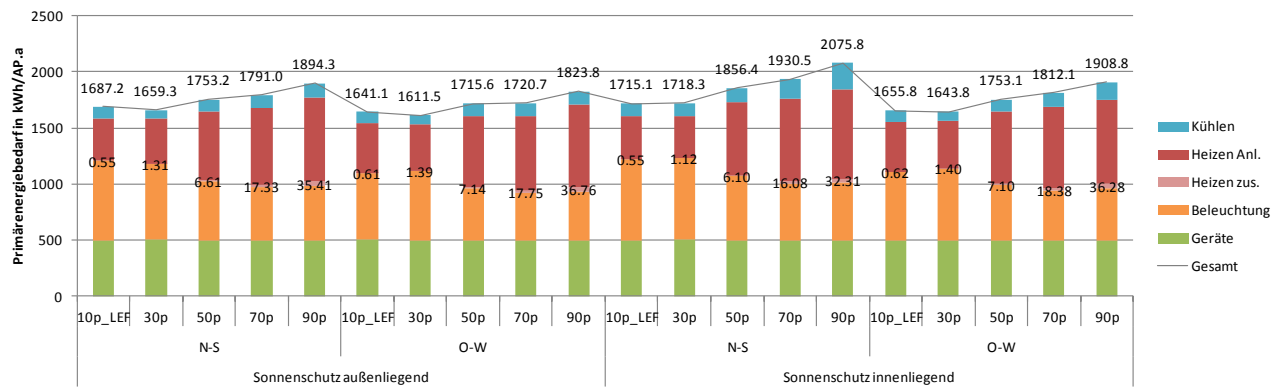
Kombibüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster V.1



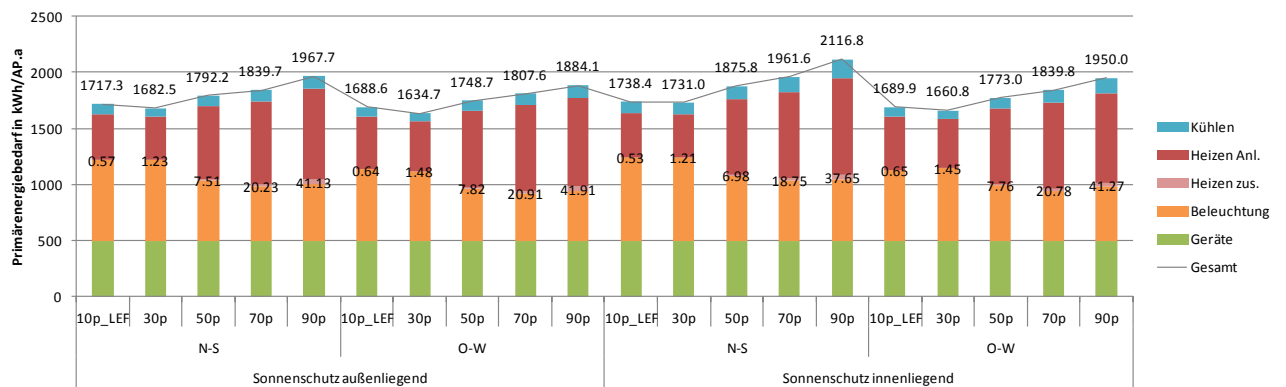
Kombibüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung V.2



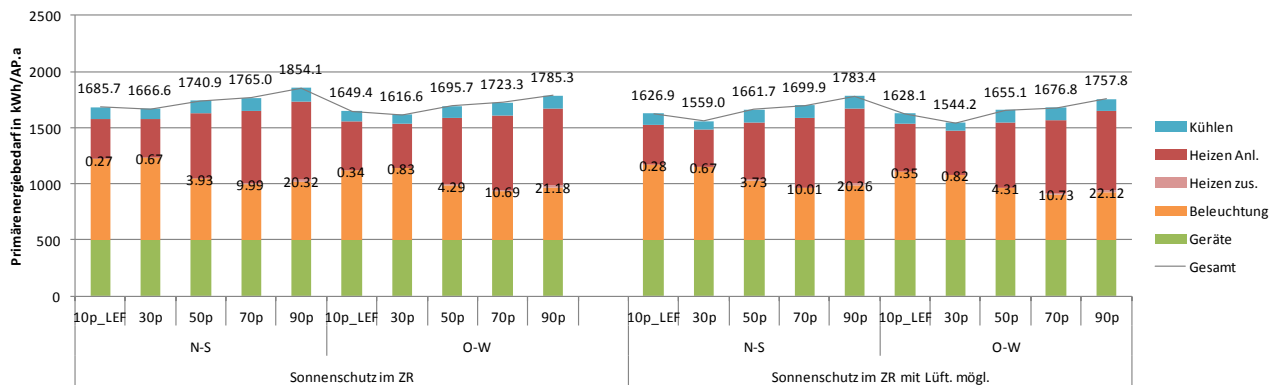
Kombibüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung V.2



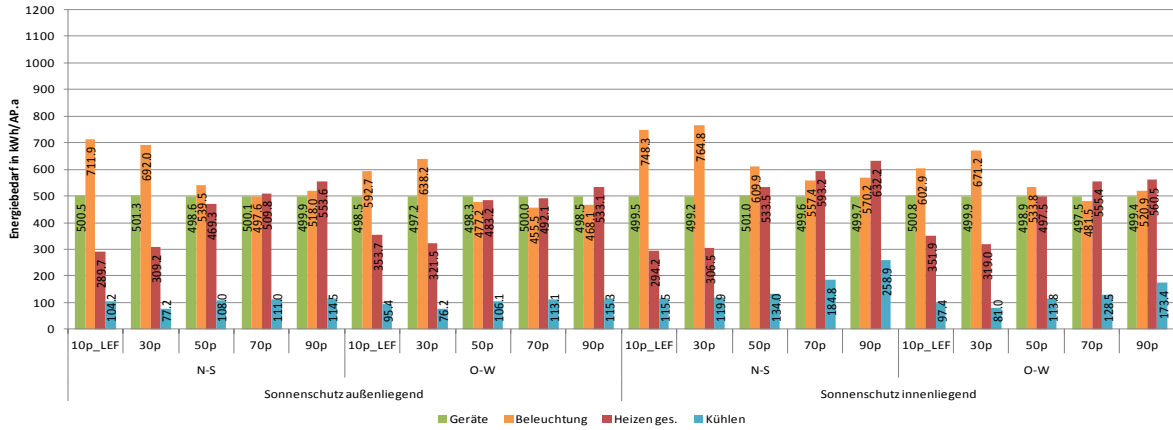
Kombibüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung V.2



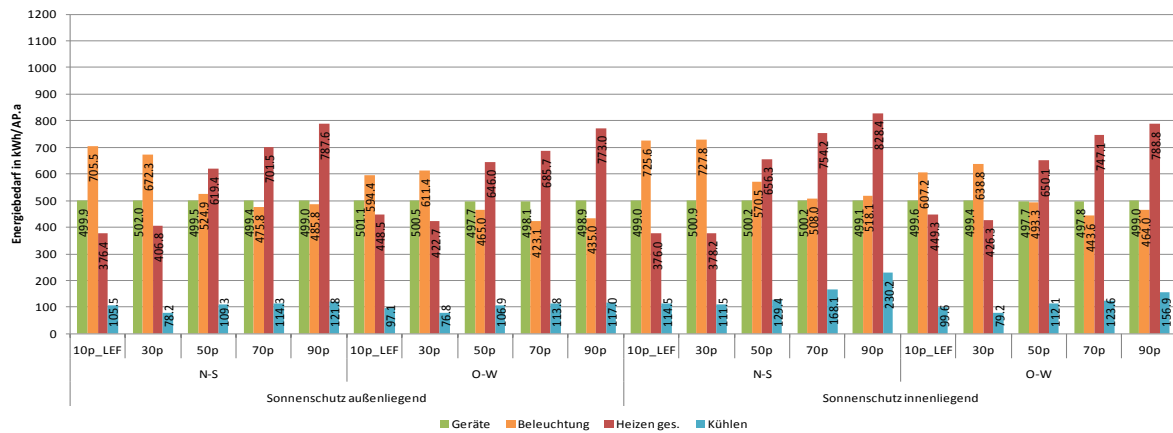
Kombibüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster V.2



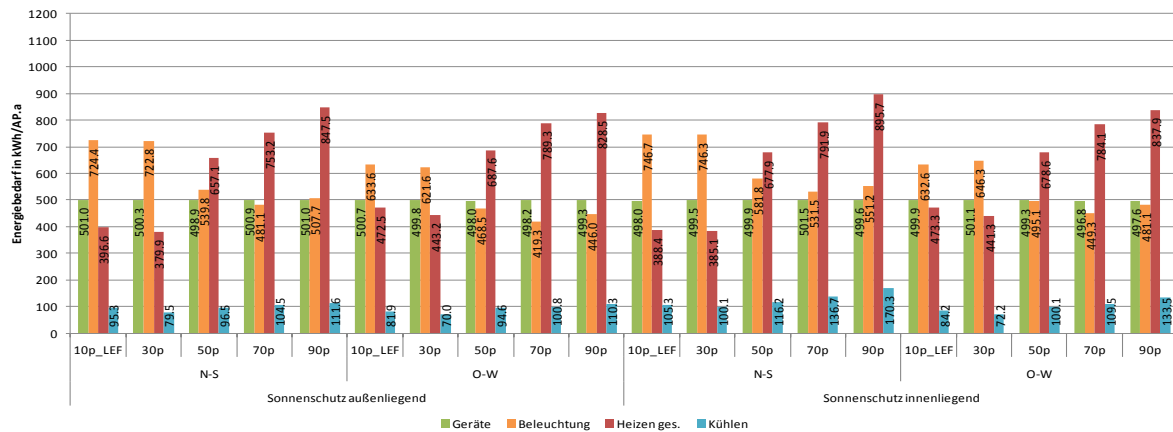
Kombibüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung V.2



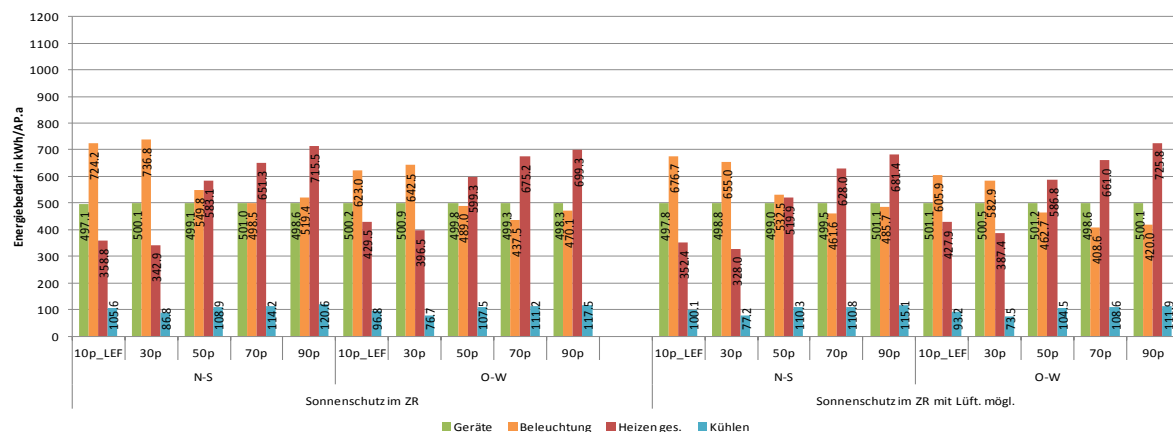
Kombibüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung V.2



Kombibüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung V.2



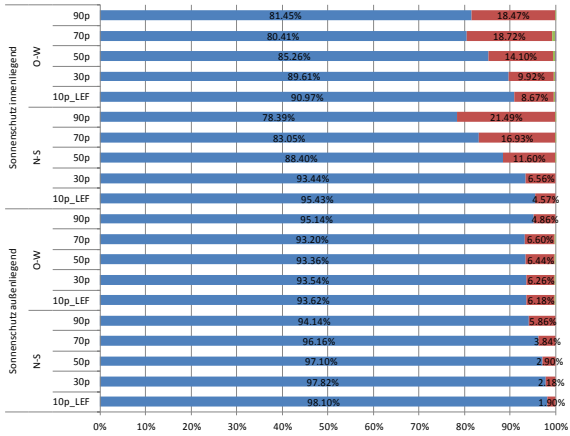
Kombibüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster V.2



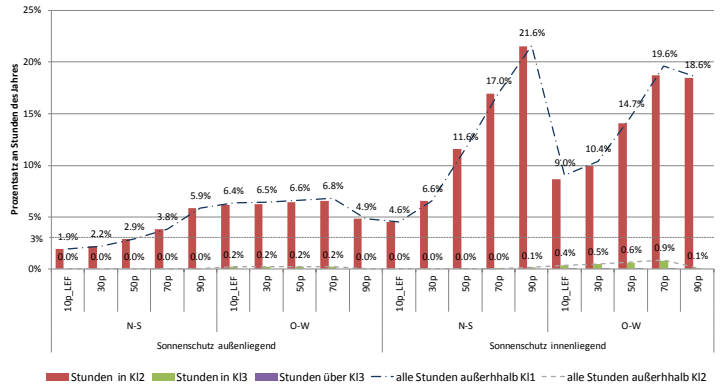
6.3 Klassifizierung nach Ö-Norm EN 15251 [OEN07]

6.3.1 Anteil der Stunden eines Jahres in Prozent Gewichtung nach $m^2(NGF)$

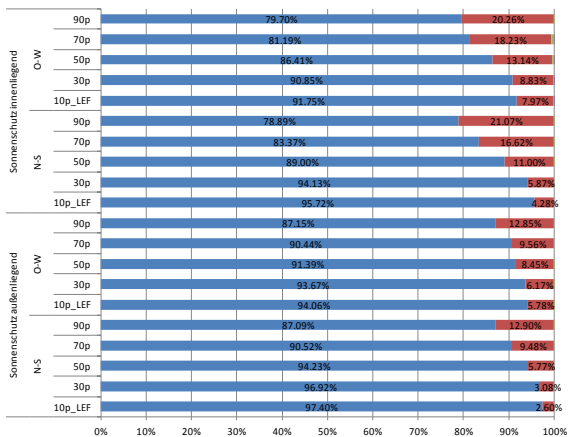
Zellenbüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung



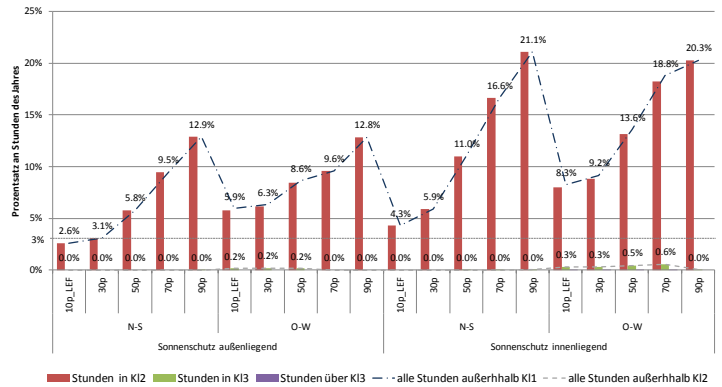
Zellenbüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung



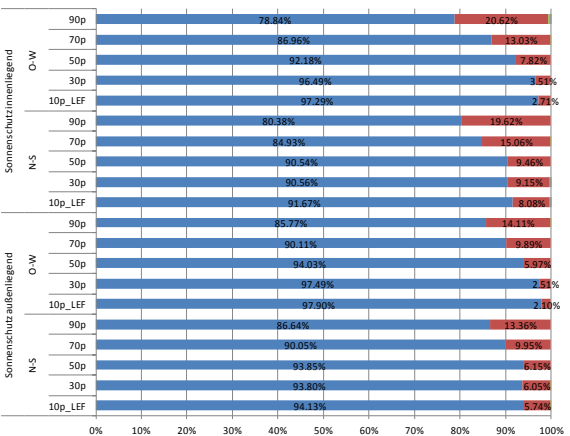
Zellenbüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung



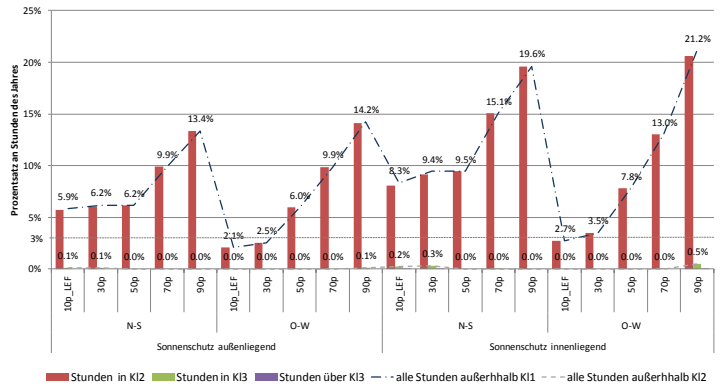
Zellenbüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung



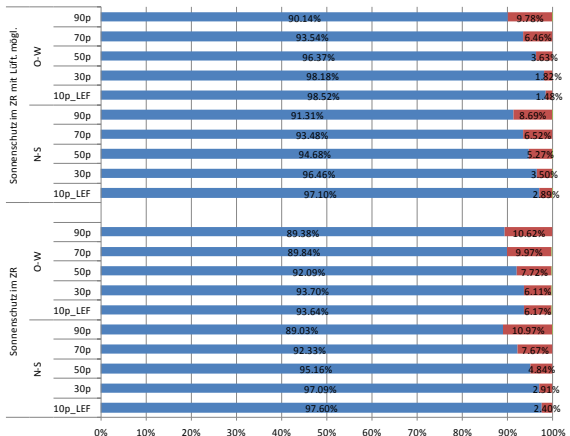
Zellenbüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung



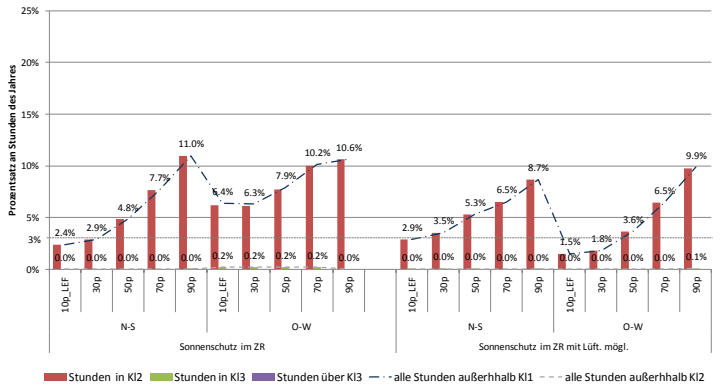
Zellenbüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung



Zellenbüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster

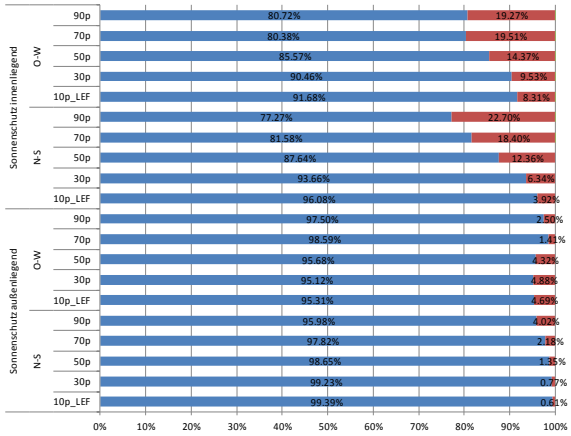


Zellenbüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster

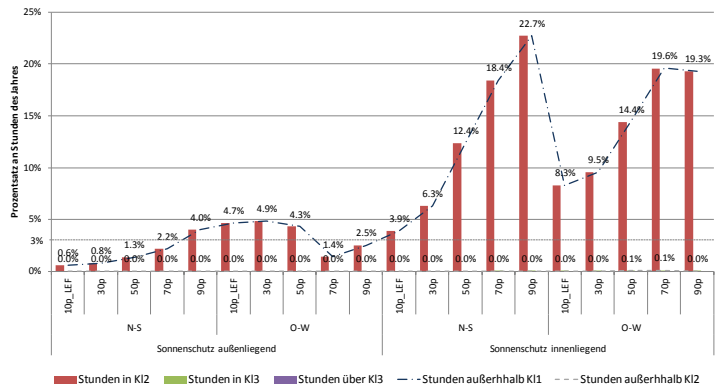


- Stunden KI1
- Stunden KI2
- Stunden KI3
- Stunden über KI3

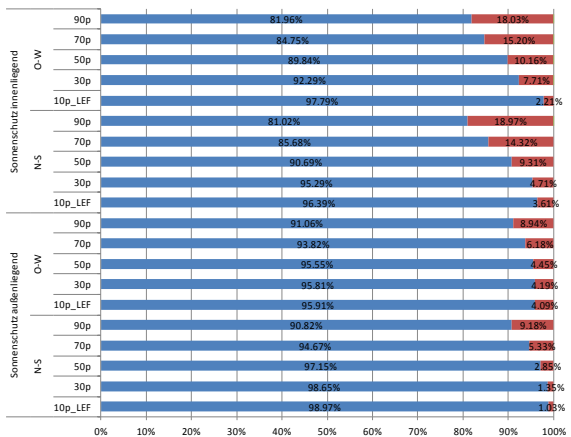
Zellenbüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung



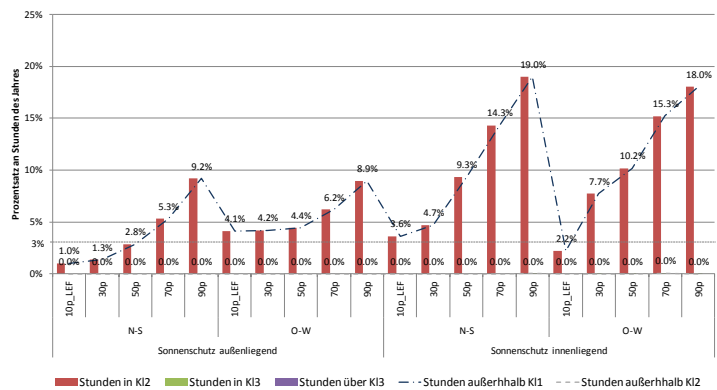
Zellenbüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung



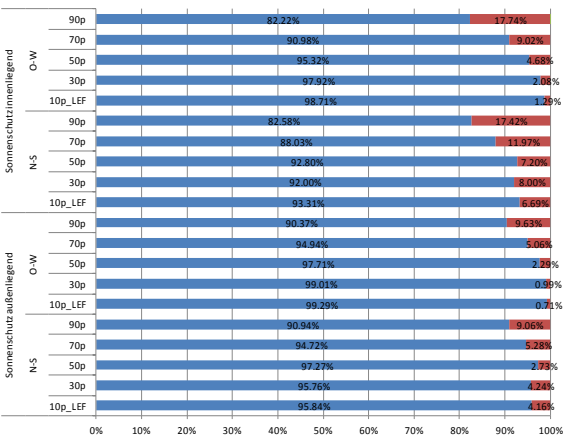
Zellenbüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung



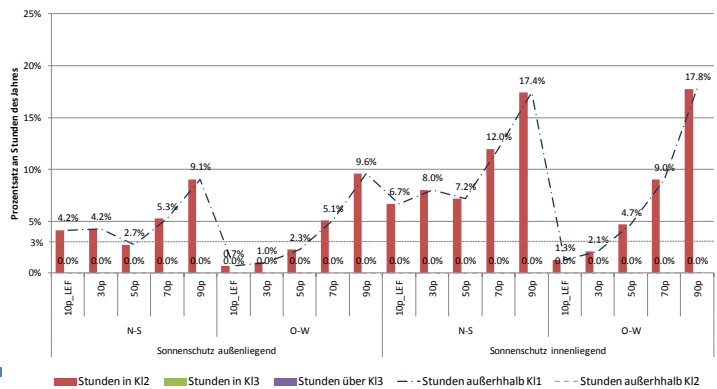
Zellenbüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung



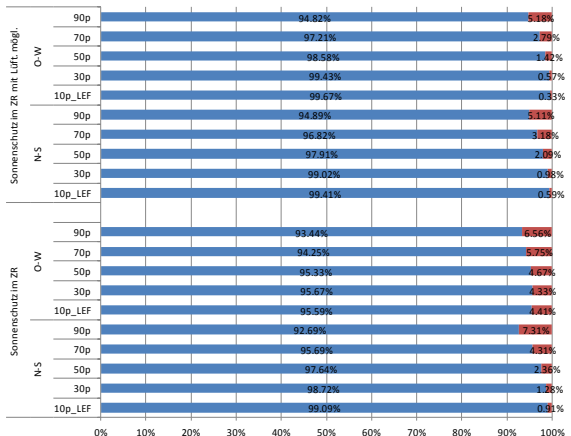
Zellenbüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung



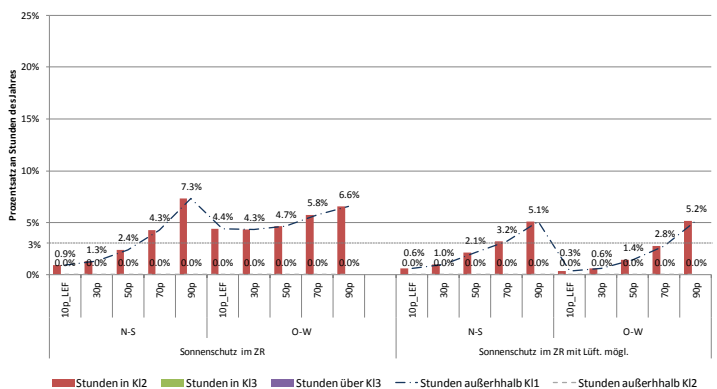
Zellenbüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung



Zellenbüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster

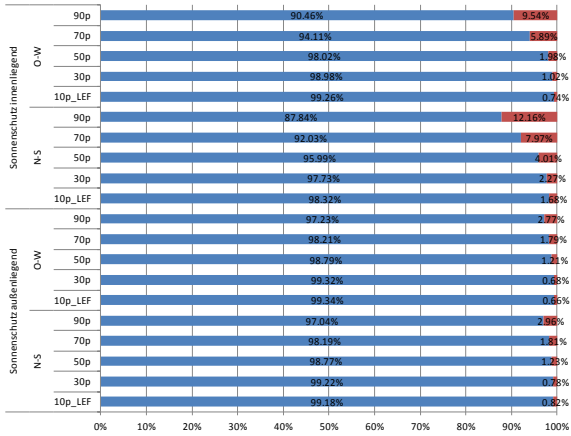


Zellenbüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster

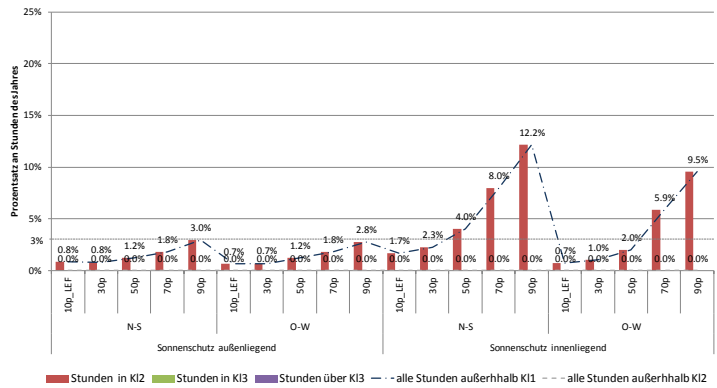


- Stunden KI1
- Stunden KI2
- Stunden KI3
- Stunden über KI3

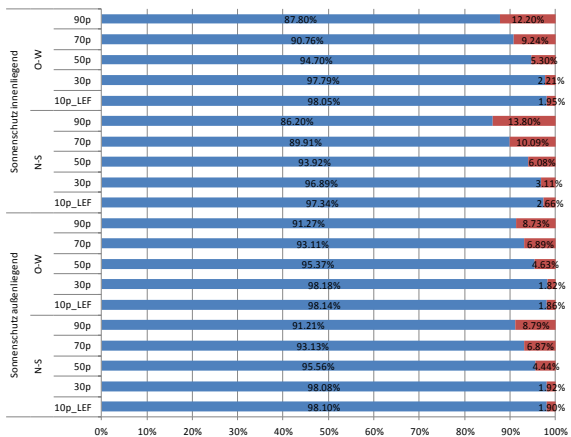
Kombibüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung



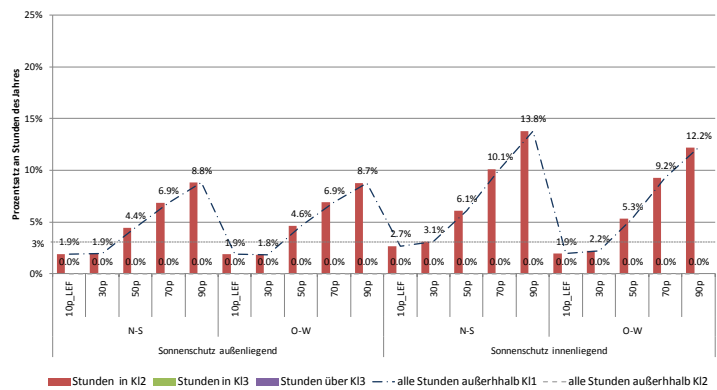
Kombibüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung



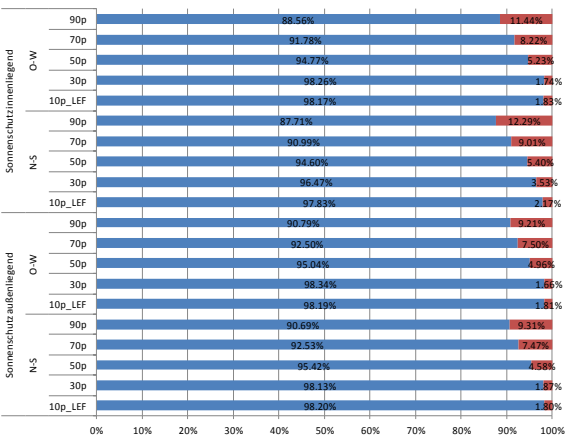
Kombibüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung



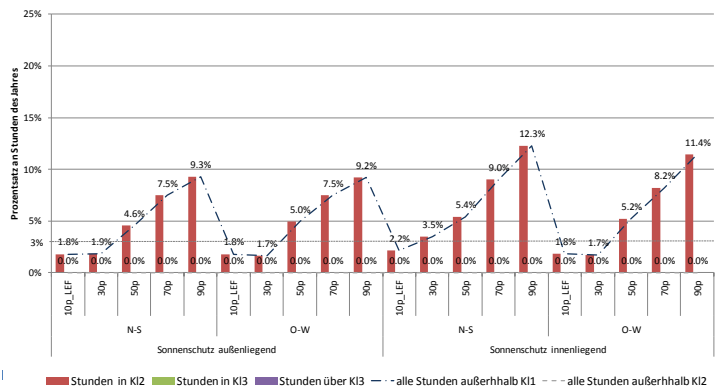
Kombibüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung



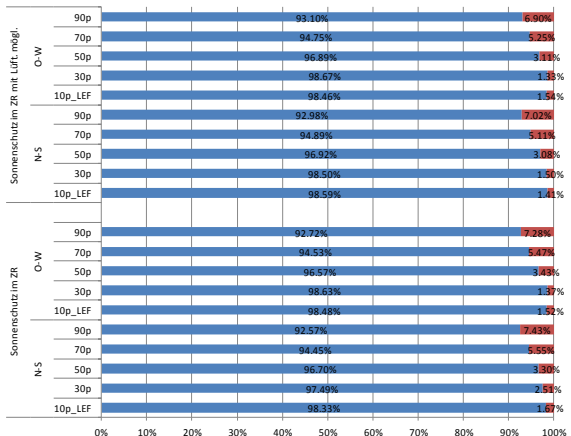
Kombibüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung



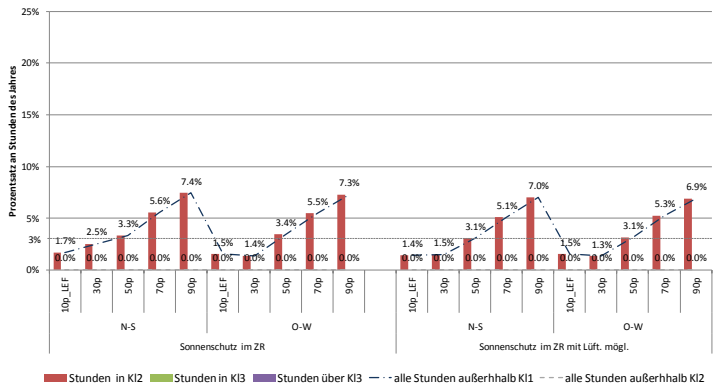
Kombibüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung



Kombibüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster

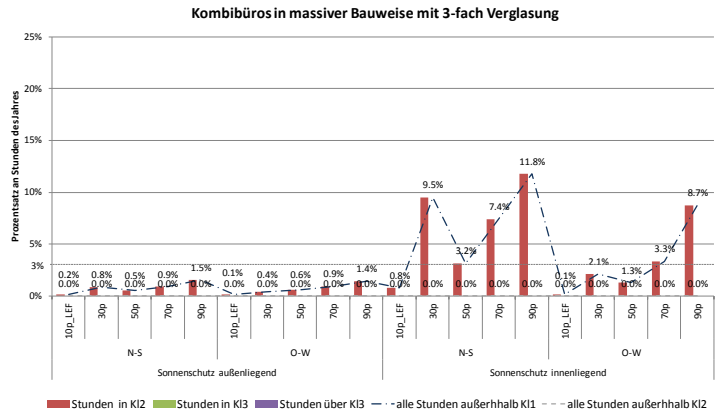
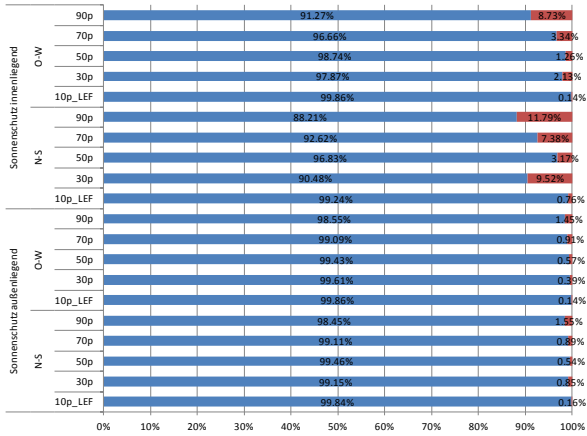


Kombibüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster

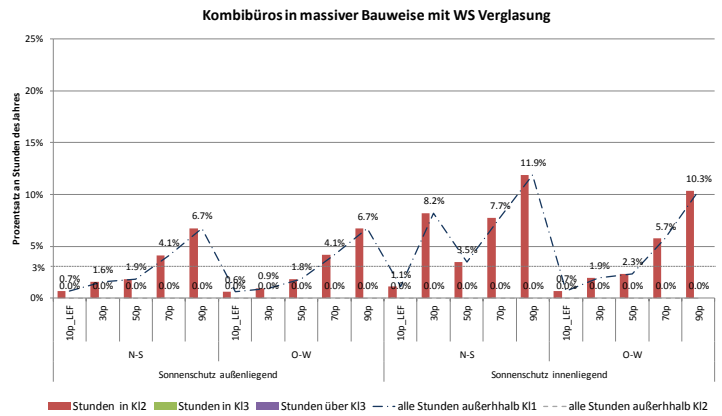
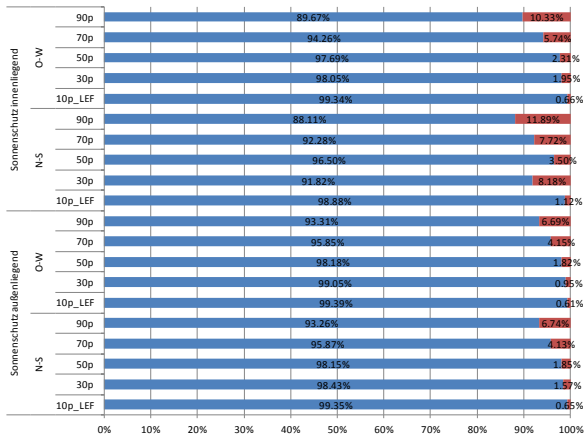


- Stunden K1
- Stunden K2
- Stunden K3
- Stunden über K3

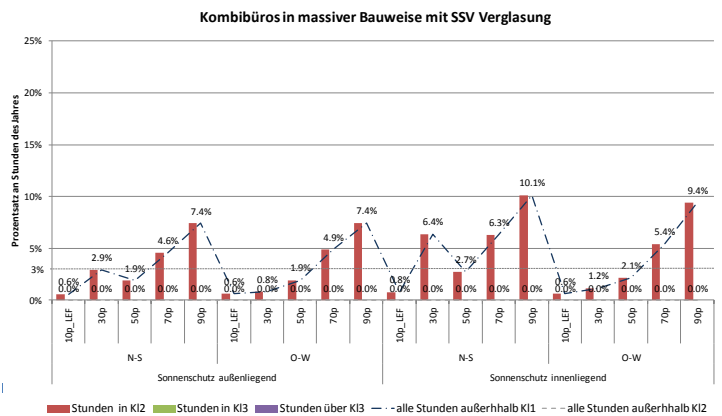
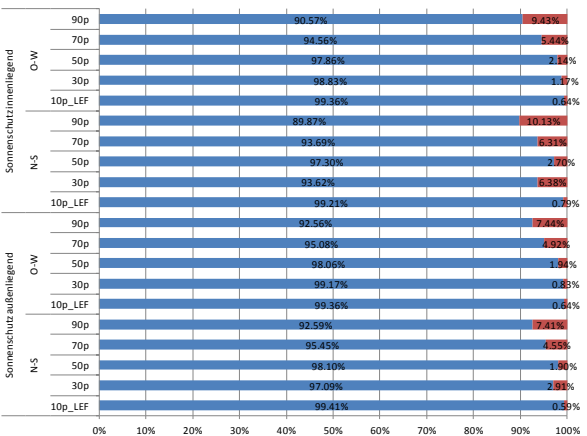
Kombibüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung



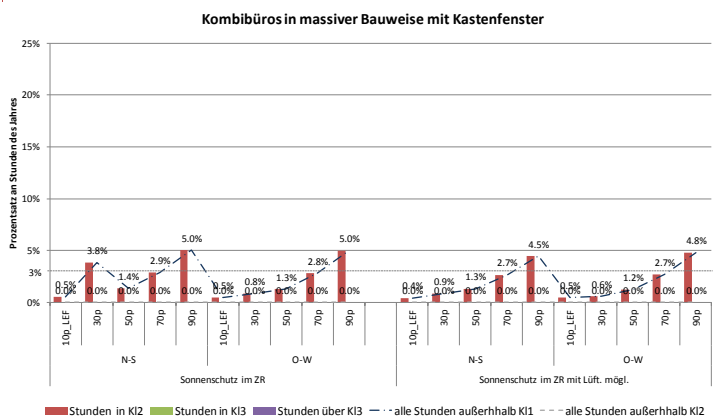
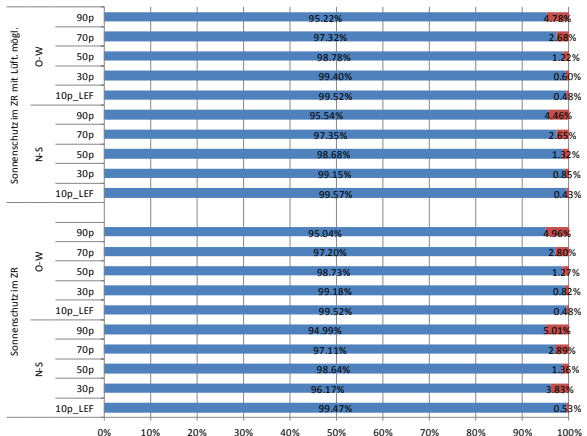
Kombibüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung



Kombibüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung

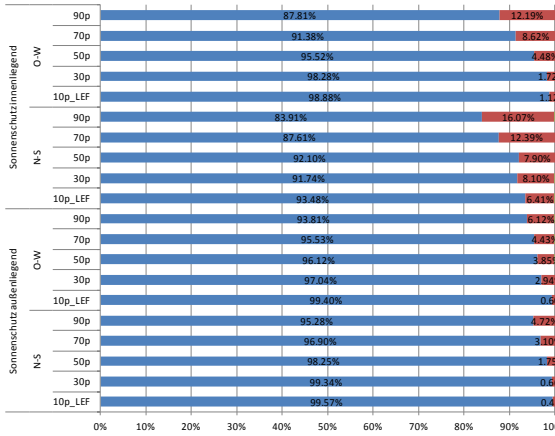


Kombibüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster

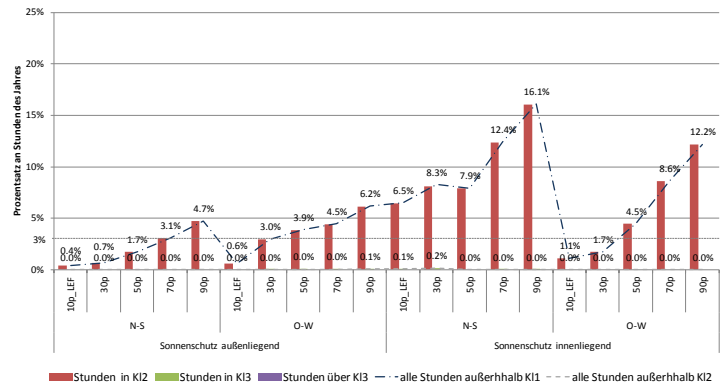


- Stunden K1
- Stunden K2
- Stunden K3
- Stunden über K3

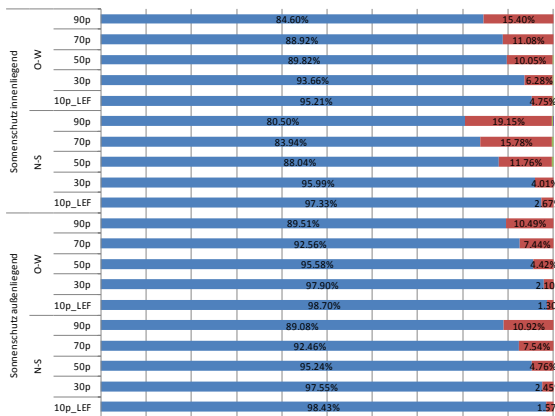
Gruppenbüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung



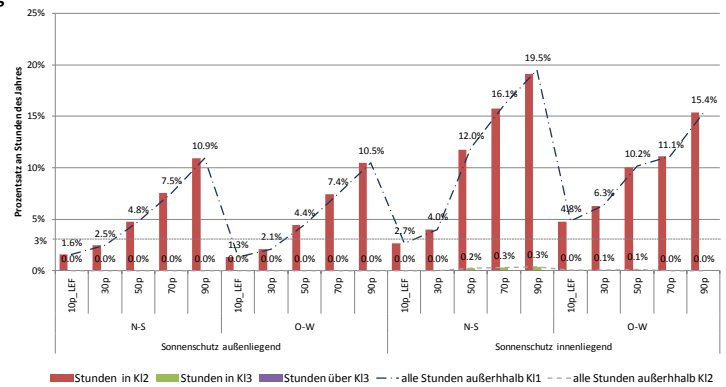
Gruppenbüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung



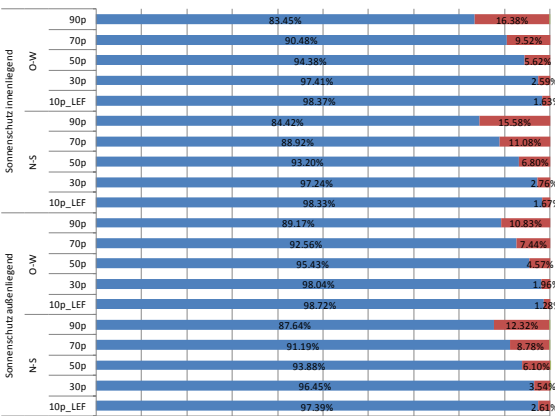
Gruppenbüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung



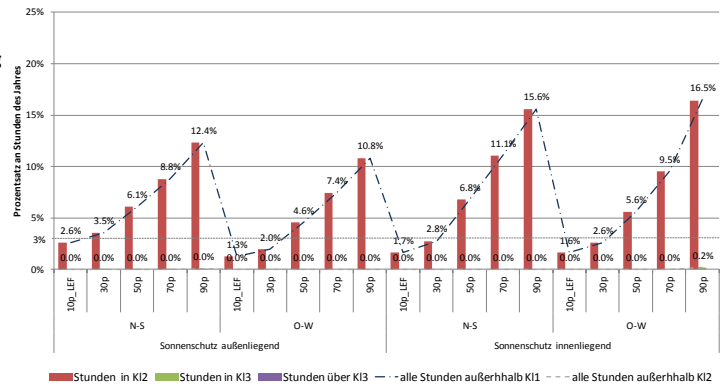
Gruppenbüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung



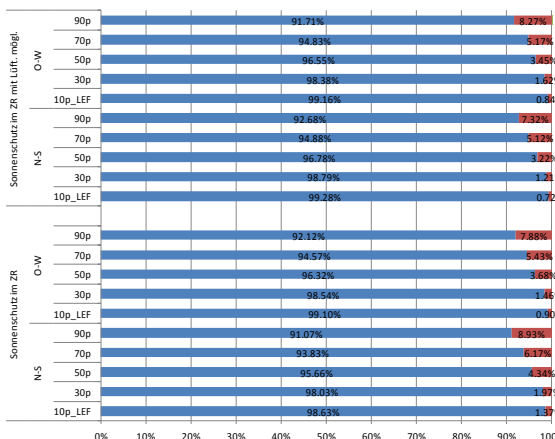
Gruppenbüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung



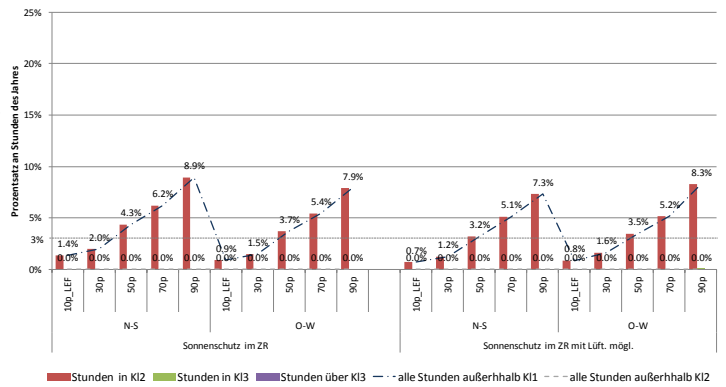
Gruppenbüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung



Gruppenbüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster

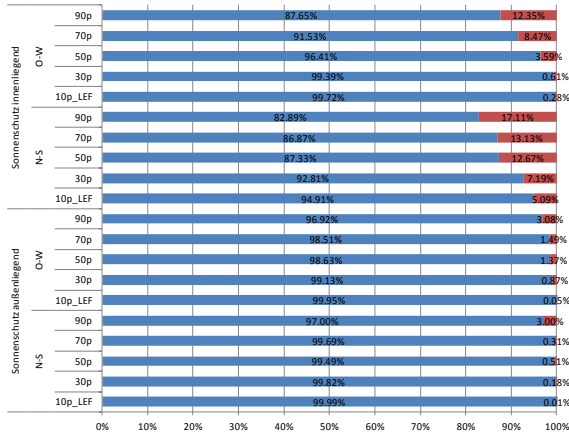


Gruppenbüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster

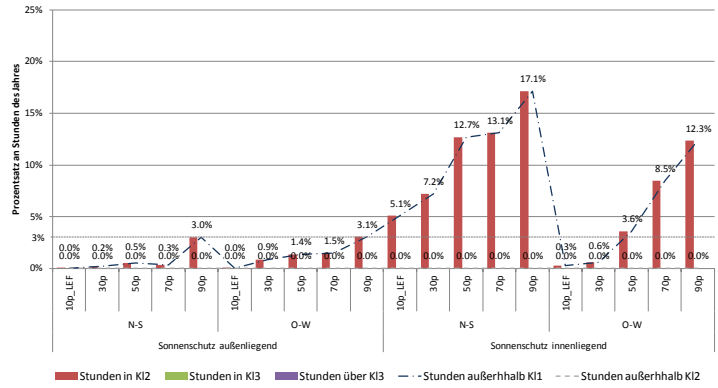


- Stunden K11
- Stunden K12
- Stunden K13
- Stunden über K13

Gruppenbüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung



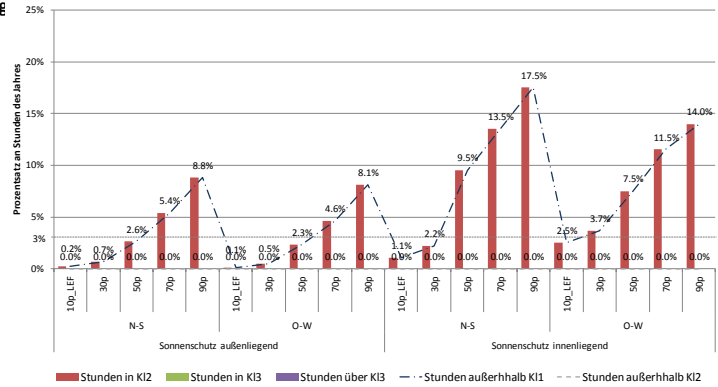
Gruppenbüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung



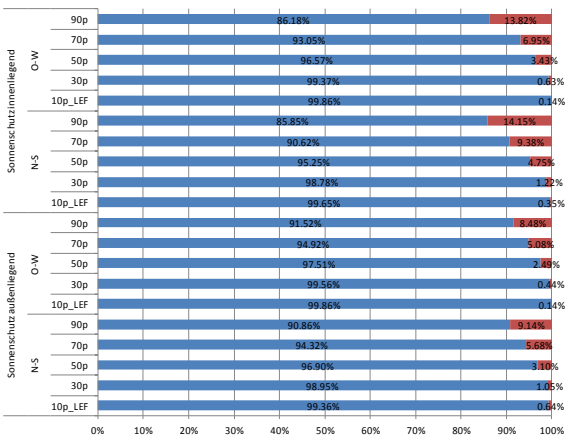
Gruppenbüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung



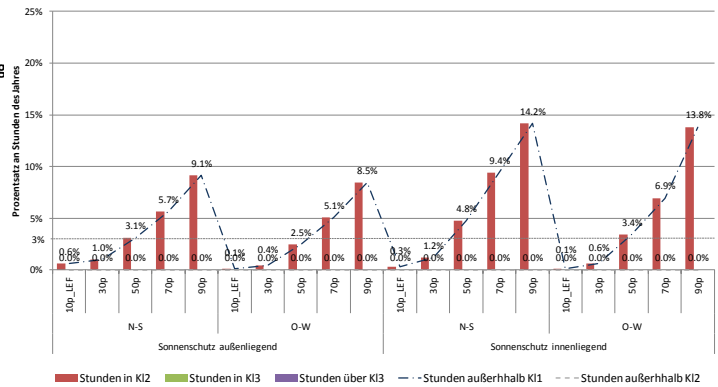
Gruppenbüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung



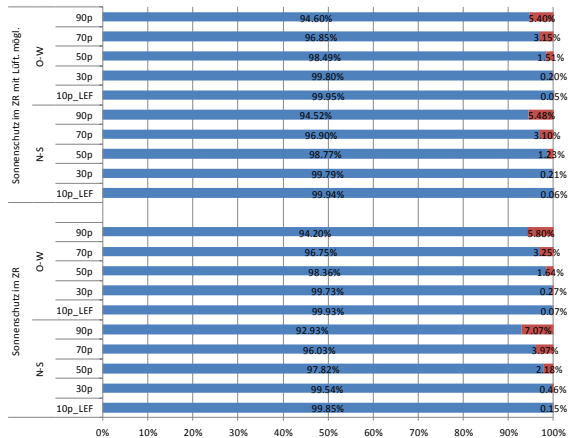
Gruppenbüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung



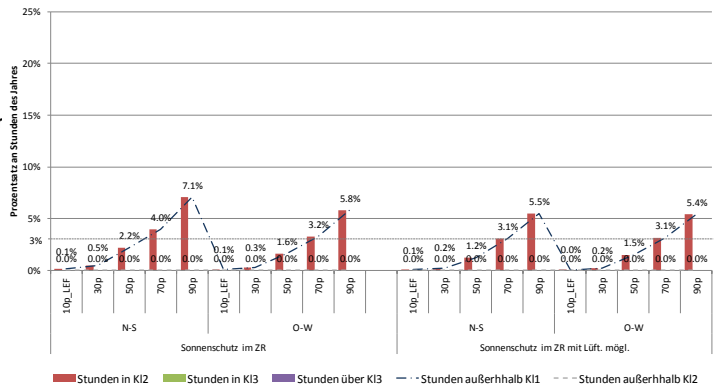
Gruppenbüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung



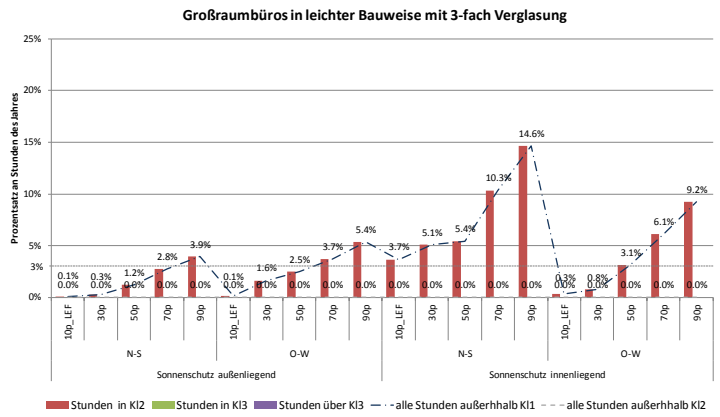
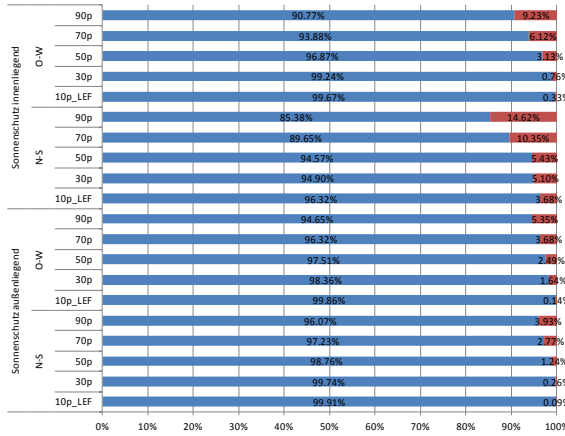
Gruppenbüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster



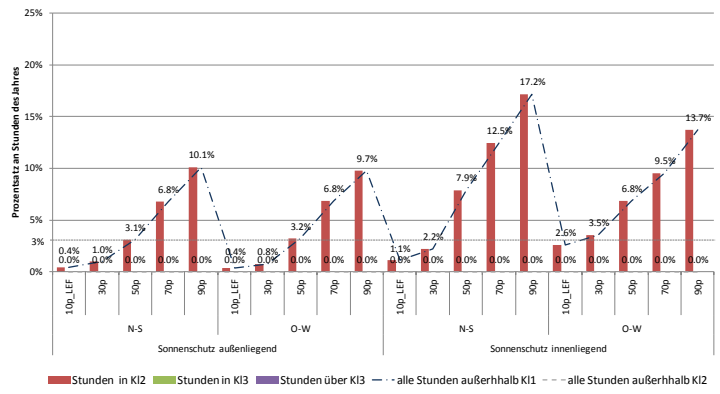
Gruppenbüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster



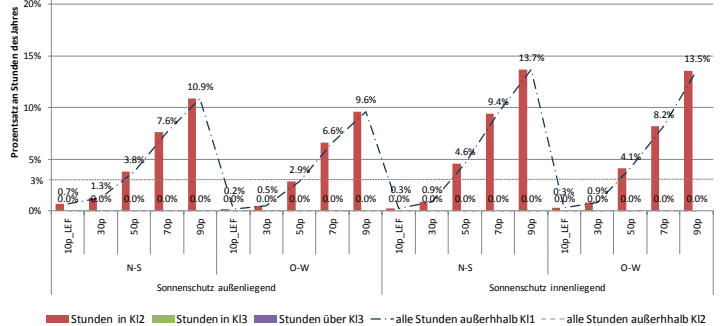
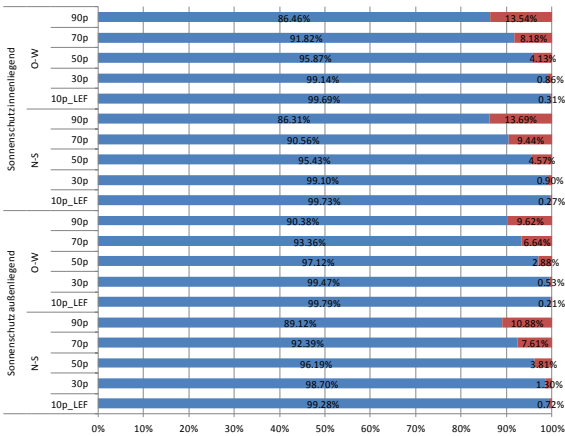
Großraumbüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung



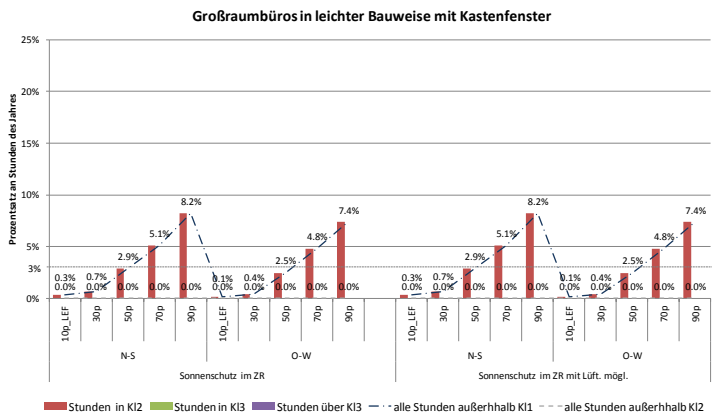
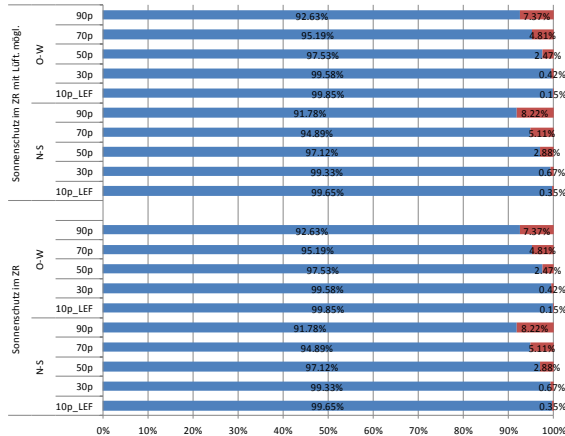
Großraumbüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung



Großraumbüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung

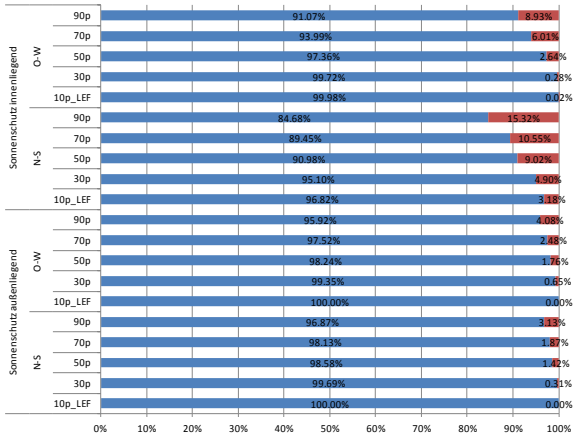


Großraumbüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster

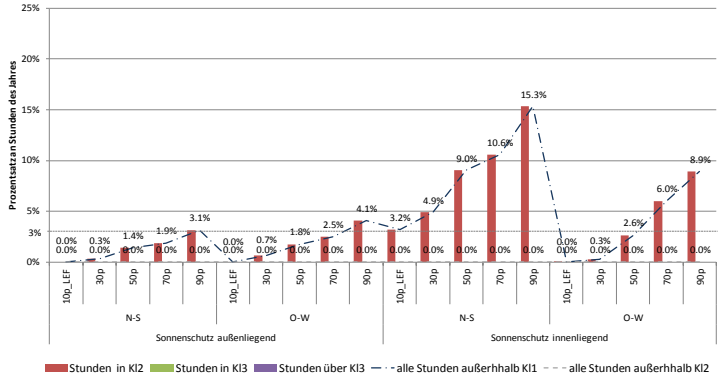


- Stunden KI1
- Stunden KI2
- Stunden KI3
- Stunden über KI3

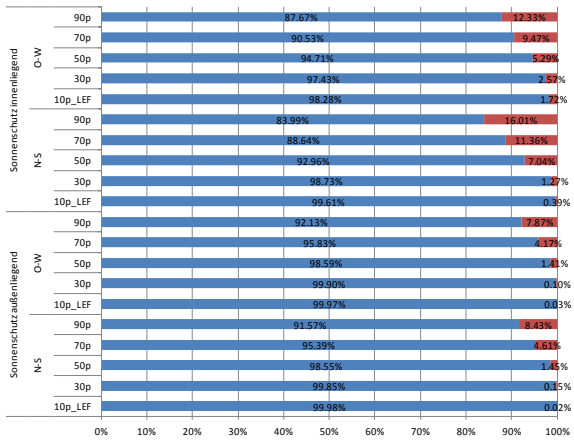
Großraumbüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung



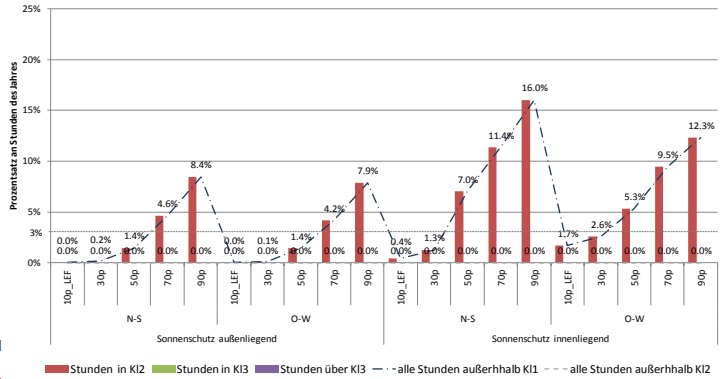
Großraumbüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung



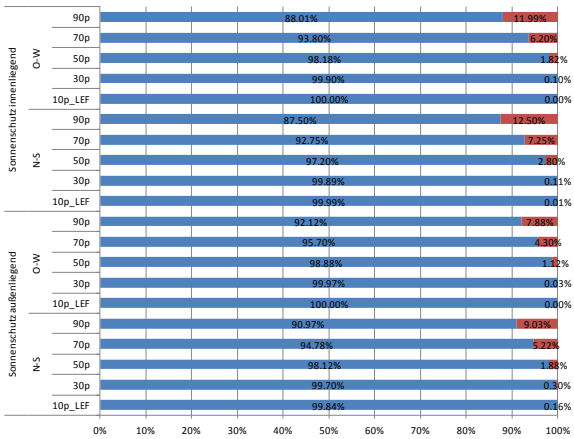
Großraumbüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung



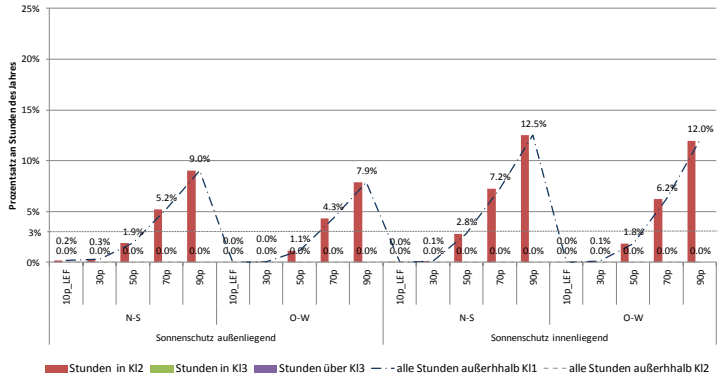
Großraumbüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung



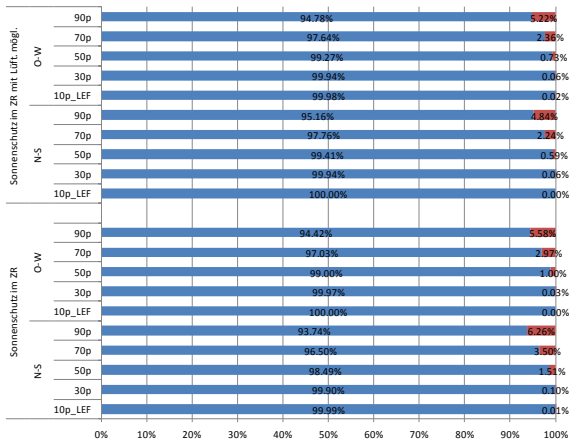
Großraumbüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung



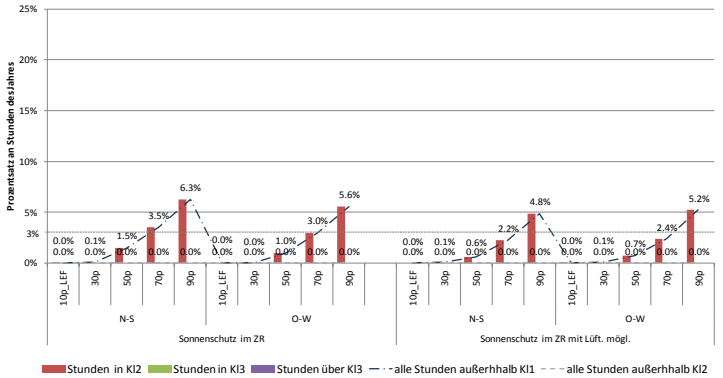
Großraumbüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung



Großraumbüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster



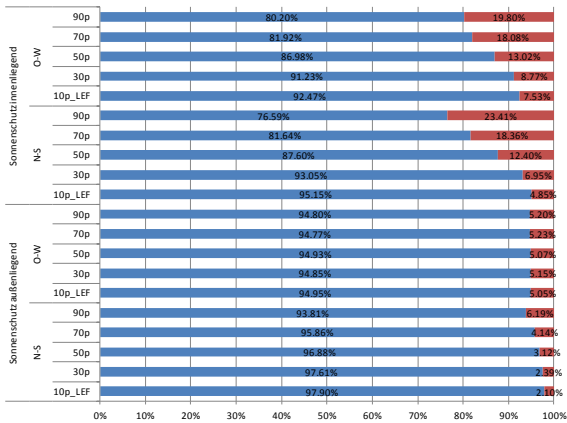
Großraumbüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster



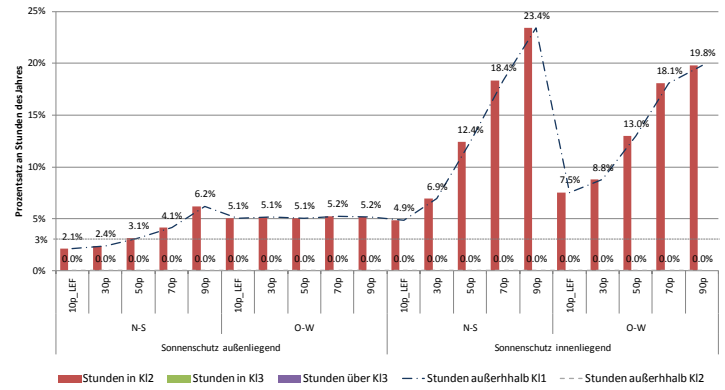
- Stunden K11
- Stunden K12
- Stunden K13
- Stunden über K13

6.3.2 Anteil der Stunden eines Jahres in Prozent Gewichtung nach AP

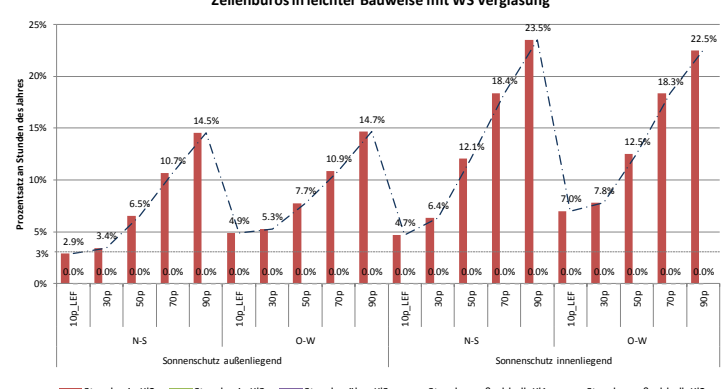
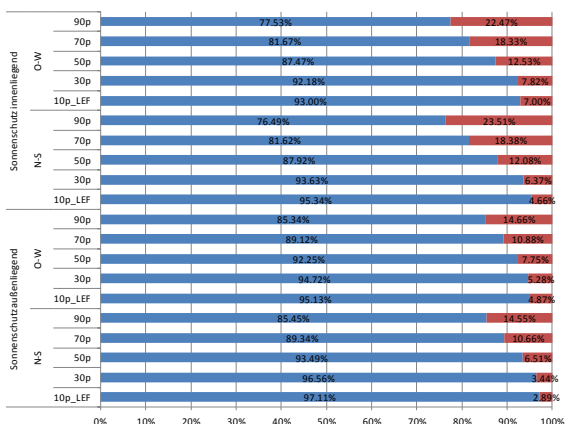
Zellenbüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung



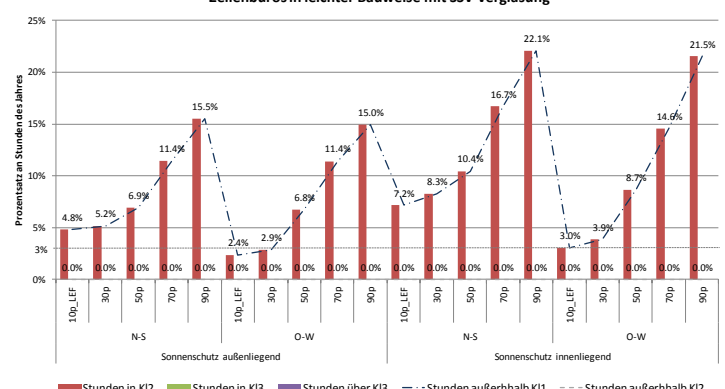
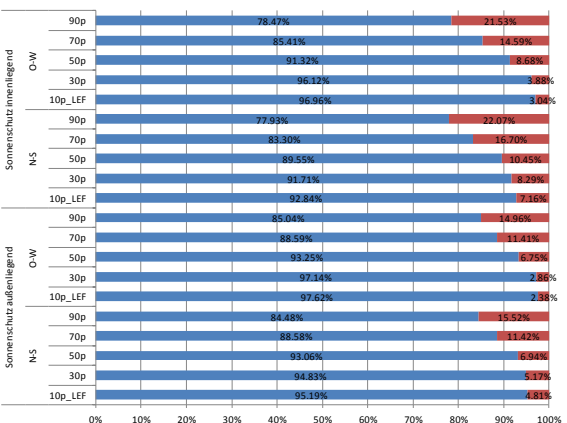
Zellenbüros in leichter Bauweise mit 3-fach Verglasung



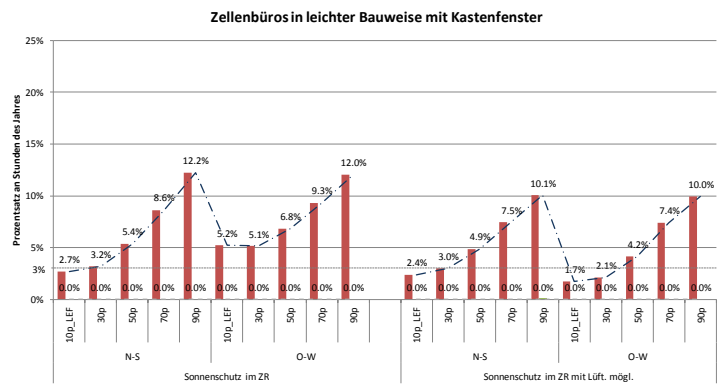
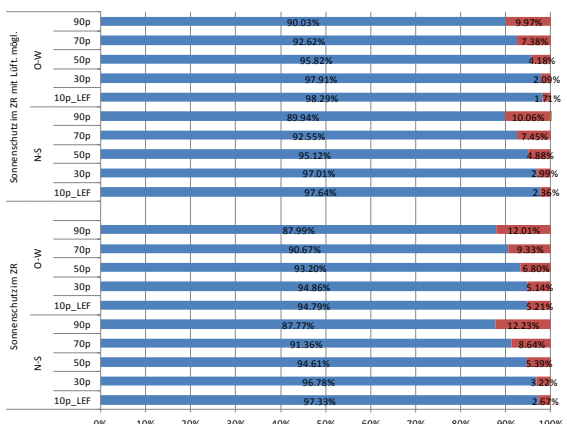
Zellenbüros in leichter Bauweise mit WS Verglasung



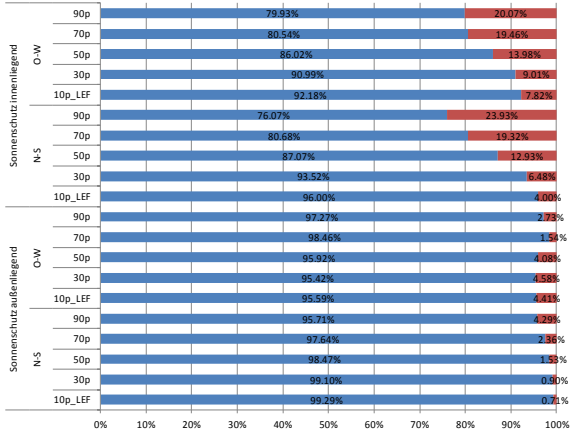
Zellenbüros in leichter Bauweise mit SSV Verglasung



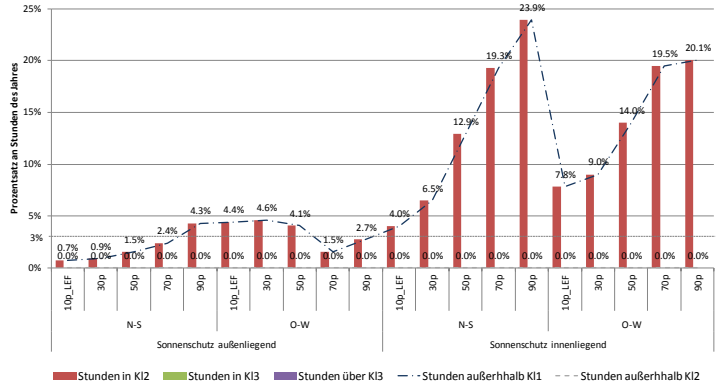
Zellenbüros in leichter Bauweise mit Kastenfenster



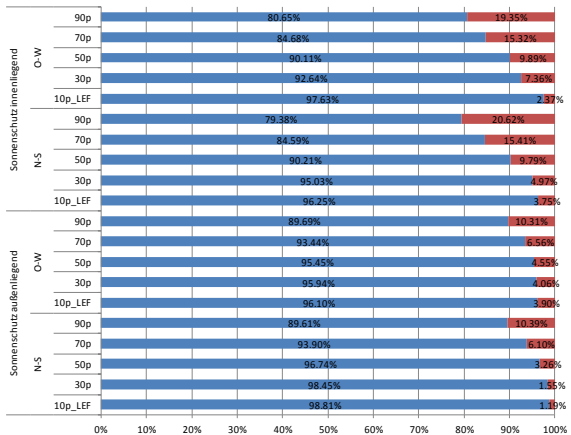
Zellenbüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung



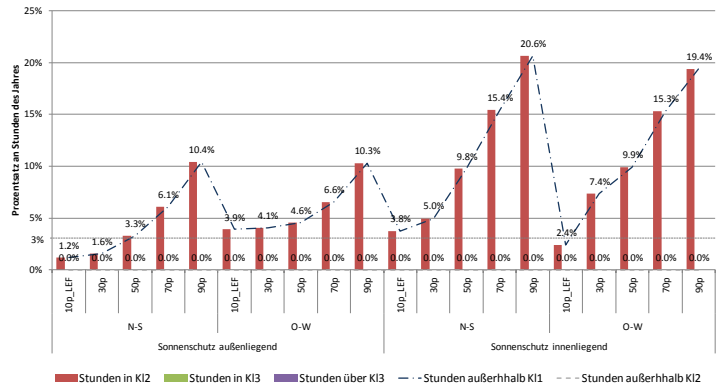
Zellenbüros in massiver Bauweise mit 3-fach Verglasung



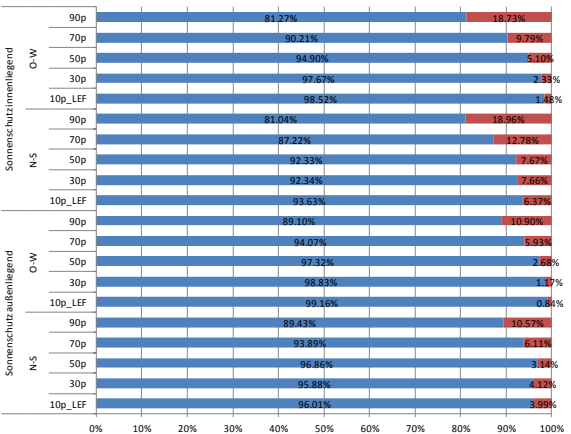
Zellenbüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung



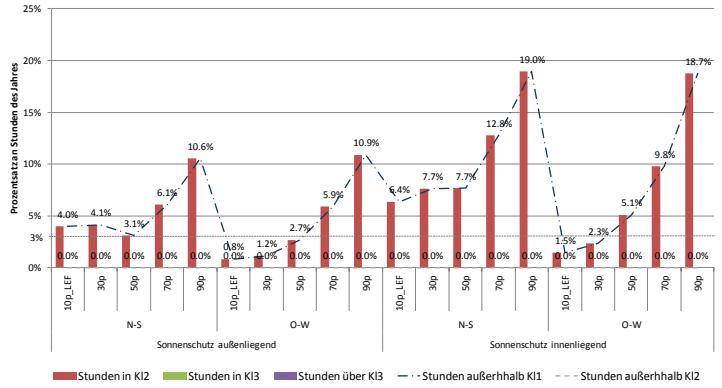
Zellenbüros in massiver Bauweise mit WS Verglasung



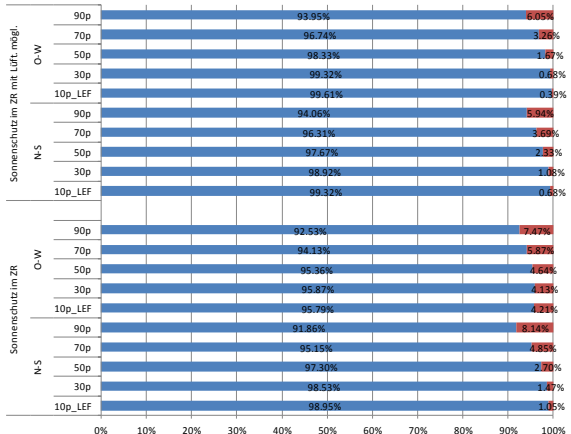
Zellenbüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung



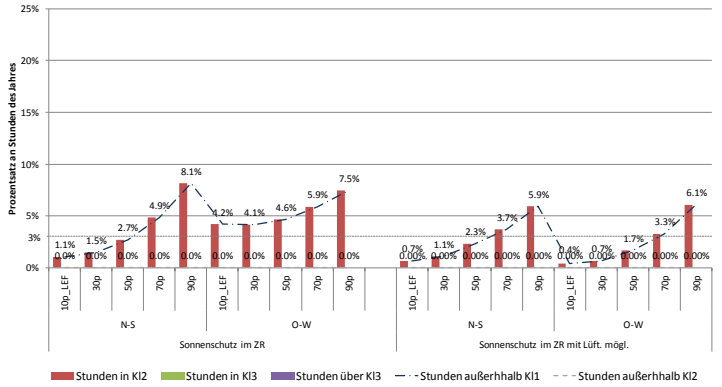
Zellenbüros in massiver Bauweise mit SSV Verglasung



Zellenbüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster



Zellenbüros in massiver Bauweise mit Kastenfenster



- Stunden KI1
- Stunden KI2
- Stunden KI3
- Stunden über KI3

7 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 min Abmessung der Arbeitsfläche/BF	4
Abb. 2 Breite der Verkehrswege nach Personen nach [VBG07]	4
Abb. 3 Wartungswerte der mittleren Beleuchtungsstärke im Zusammenhang mit der Bezugsfläche [VBG07]	5
Abb. 4 Darstellung des tageslichtversorgten Bereichs A_{TL} und dem Bereich ohne Tageslicht A_{KTL} nach [deB06]	9
Abb. 5 Darstellung der Bereiche für die Sehaufgabe A_s und die Umgebungsfläche A_u	14
Abb. 6 schematische Darstellung zur Bestimmung der Höhe h'_R [DIN07b]	16
Abb. 7 Übersicht des Simulationsaufbaus	24
Abb. 8 Darstellung des gewählten Fassaden- und Gebäuderasters anhand des Beispiels „Zellenbüro“.	26
Abb. 9 systematische Skizzen für Ein-/Zwei/Dreibund Systeme frei nach [Neu09]	26
Abb. 10 Ausschnitt Modell „Zellenbüro“ mit Achsen und Abmessungen	27
Abb. 11 Zoneneinteilung des Modells „Zellenbüro“	28
Abb. 12 Ausschnitt Kombibüro mit Abmessungen	30
Abb. 13 Kombibüro mit Zonen Einteilung	30
Abb. 14 Ausschnitt Modell „Gruppenbüro“ mit Achsen und Abmessungen	32
Abb. 15 Zoneneinteilung des Modells „Gruppenbüro“	33
Abb. 16 Ausschnitt Modell „Großraumbüro“ mit Achsen und Abmessungen	35
Abb. 17 Zoneneinteilung des Modells „Gruppenbüro“	35
Abb. 18 Tagesmittelwerte der solaren Bestrahlungswerte in Wien in W/m^2	37
Abb. 19 Tagesmittelwerte der Temperatur in Wien in $^{\circ}C$	37
Abb. 20 Bekleidungswerte (clo), Bekleidungsbeispiele für Männer [ZAO08] und der verwendete Bereich	38
Abb. 21 Drahtperspektive in DIALux [DIA10] mit Messpunkt in der Mitte des Schreibtisches auf Nutzhöhe= 0.8m	42
Abb. 22 Vergleich von Vorgaben für ein behagliches Raumklima mit den Grenzen der Simulation in einem Mollier-Diagramm	48
Abb. 23 Systemgrenzen	49
Abb. 24 Aufbauschema der Lüftungsanlage...	49
Abb. 25 Architekturlichte der kleinsten Fensteröffnung (10% Lichteintrittsfläche) bei dem Modell „Zellenbüro“; (Bild generiert mit Hilfe von [DIA10])	56
Abb. 26 Architekturlichte bei ca. 30% Fensterflächenanteil bei dem Modell „Zellenbüro“; (Bild generiert mit Hilfe von [DIA10])	57
Abb. 27 Beispiel Lochfassade	57
Abb. 28 Architekturlichte bei ca. 50% Fensterflächenanteil bei dem Modell „Zellenbüro“; (Bild generiert mit Hilfe von [DIA10])	58
Abb. 29 Beispiele Fassade mit Fensterband	58

Abb. 30 Architekturlichte bei ca. 70% Fensterflächenanteil bei dem Modell „Zellenbüro“; (Bild generiert mit Hilfe von [DIA10])	58
Abb. 31 Beispiel Ganzglasfassade mit niedrigem Parapett	58
Abb. 32 Architekturlichte bei ca. 90% Fensterflächenanteil bei dem Modell „Zellenbüro“; (Bild generiert mit Hilfe von [DIA10])	59
Abb. 33 Beispiel einer Ganzglasfassade	59
Abb. 35 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Zellenbüro“ leichte Bauweise	65
Abb. 34 Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Zellenbüro“ leichte Bauweise	65
Abb. 37 Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Zellenbüro“ massive Bauweise	66
Abb. 36 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. KB; Modell „Zellenbüro“, I. Bw	66
Abb. 38 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Zellenbüro“ massive Bauweise	67
Abb. 39 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. KB; Modell „Zellenbüro“, m. Bw	67
Abb. 40 Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Kombibüro“ leichte Bauweise	68
Abb. 41 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Kombibüro“ leichte Bauweise	68
Abb. 43 Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Kombibüro“ massive Bauweise	69
Abb. 42 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. KB; Modell „Kombibüro“, I. Bw	69
Abb. 44 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Kombibüro“ massive Bauweise	70
Abb. 45 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. KB; Modell „Kombibüro“, m. Bw	70
Abb. 46 Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Gruppenbüro“ leichte Bauweise	71
Abb. 47 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/m ² (BGF).a ;Modell „Gruppenbüro“ leichte Bauweise	71
Abb. 49 Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Gruppenbüro“ massive Bauweise	72
Abb. 48 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. KB; Modell „Gruppenbüro“, I. Bw	72
Abb. 50 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/m ² (BGF).a ;Modell „Gruppenbüro“ leichte Bauweise	73
Abb. 51 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. KB; Modell „Gruppenbüro“, m. Bw	73
Abb. 52 Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Großraumbüro“ leichte Bauweise	74
Abb. 53 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/m ² (BGF).a;	74
Abb. 55 Varianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf in kWh/m ² (BGF).a;	75
Abb. 54 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. KB; Modell „Großraumbüro“, I. Bw	75
Abb. 56 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/m ² (BGF).a;	76

Abb. 57 gesamter Primärenergiebedarf für den max. und min. KB; Modell „Großraumbüro“, m. Bw76	
Abb. 58 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a;	77
Abb. 59 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a;	77
Abb. 60 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a;	78
Abb. 61 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a;	78
Abb. 62 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a;	79
Abb. 63 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a;	79
Abb. 64 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a;	80
Abb. 65 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a;	80
Abb. 66 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a;	81
Abb. 67 Varianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf in kWh/AP.a;	81
Abb. 68 Vergleich zwischen den Varianten aller Hauptvarianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf je m ² (BGF) und Jahr	82
Abb. 69 Vergleich zwischen den Varianten aller Hauptvarianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf je m ² (BGF) und Jahr	83
Abb. 70 Vergleich zwischen den Varianten aller Hauptvarianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf des Gebäudebetriebs alleine je m ² (BGF) und Jahr	84
Abb. 72 Vergleich zwischen den Varianten aller Hauptvarianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf je AP und Jahr	85
Abb. 71 Vergleich zwischen den Varianten aller Hauptvarianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf je AP und Jahr	85
Abb. 73 Vergleich zwischen den Varianten aller Hauptvarianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf des Gebäudebetriebs alleine je AP und Jahr	87
Abb. 74 Vergleich zwischen den Varianten aller Hauptvarianten mit dem höchsten Primärenergiebedarf aufgeschlüsselt in prozentuale Anteile und in kWh/ AP.a	88
Abb. 75 Vergleich zwischen den Varianten aller Hauptvarianten mit dem niedrigsten Primärenergiebedarf aufgeschlüsselt in prozentuale Anteile und in kWh/ AP.a	88
Abb. 76 Der Diagramm der Mittelwerte (arithmetisches Mittel)des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m ² (BGF).a der Hauptvarianten im Vergleich mit dem Optimum und Pessimum.	89
Abb. 77 Diagramm der Mittelwerte (arithmetisches Mittel)des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/AP.a der Hauptvarianten im Vergleich mit dem Optimum und Pessimum.	90
Abb. 78 gesamter Primärenergie-bedarf für den max. und min. Wert der zusätzlichen Heizenergie; Modell „Zellenbüro“, I. Bw.	92
Abb. 79 Varianten mit maximalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Zellenbüro“ leichte Bauweise	92
Abb. 80 gesamter Primärenergie-bedarf für den max. und min. HWB; Modell „Zellenbüro“, I. Bw.	92
Abb. 81 Varianten mit minimalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Zellenbüro“ leichte Bauweise	92
Abb. 82 Maximaler und minimaler Primärenergiebedarf Ges. Modell „Zellenbüro“, I. Bw	92
Abb. 83 gesamter Primärenergie-bedarf für den max. und min. Wert der zusätzlichen Heizenergie; Modell „Zellenbüro“, m. Bw	93

Abb. 84 Varianten mit maximalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Zellenbüro“ massive Bauweise	93
Abb. 85 Varianten mit minimalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Zellenbüro“ massive Bauweise	93
Abb. 86 gesamter Primärenergie-Bedarf für den max. und min. HWB; Modell „Zellenbüro“, m. Bw	93
Abb. 87 maximaler und minimaler Primärenergiebedarf Ges. Modell „Zellenbüro“, m. Bw	93
Abb. 89 Varianten mit maximalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Kombibüro“ leichte Bauweise	94
Abb. 91 Varianten mit minimalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Kombibüro“ leichte Bauweise	94
Abb. 88 gesamter Primärenergie-bedarf für den max. und min. Wert der zusätzlichen Heizenergie; Modell „Kombibüro“, I. Bw	94
Abb. 90 gesamter Primärenergie-bedarf für den max. und min. HWB; Modell „Kombibüro“ I. Bw	94
Abb. 92 maximaler und minimaler Primärenergiebedarf Ges. Modell „Kombibüro“, I. Bw	94
Abb. 94 Varianten mit maximalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Kombibüro“ massive Bauweise	95
Abb. 96 Varianten mit minimalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Kombibüro“ massive Bauweise	95
Abb. 93 gesamter Primärenergie-bedarf für den max. und min. Wert der zusätzlichen Heizenergie; Modell „Kombibüro“, m. Bw	95
Abb. 95 gesamter Primärenergie-bedarf für den max. und min. HWB; Modell „Kombibüro“ m. Bw	95
Abb. 97 maximaler und minimaler Primärenergiebedarf Ges. Modell „Kombibüro“, m. Bw	95
Abb. 99 Varianten mit maximalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Gruppenbüro“ leichte Bauweise	96
Abb. 98 gesamter Primärenergie-bedarf für den max. und min. Wert der zusätzlichen Heizenergie; Modell „Gruppenbüro“, I. Bw	96
Abb. 100 gesamter Primärenergie-bedarf für den max. und min. HWB; Modell „Gruppenbüro“ I. Bw	96
Abb. 101 Varianten mit minimalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Gruppenbüro“ leichte Bauweise	96
Abb. 102 maximaler und minimaler Primärenergiebedarf Ges. Modell „Gruppenbüro“, I. Bw	96
Abb. 104 Varianten mit maximalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Gruppenbüro“ massive Bauweise	97
Abb. 103 gesamter Primärenergie-bedarf für den max. und min. Wert der zusätzlichen Heizenergie; Modell „Gruppenbüro“, m. Bw	97
Abb. 105 Varianten mit minimalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Gruppenbüro“ massive Bauweise	97
Abb. 106 gesamter Primärenergie-bedarf für den max. und min. HWB; Modell „Gruppenbüro“ m. Bw	97
Abb. 107 maximaler und minimaler Primärenergiebedarf Ges. Modell „Gruppenbüro“, m. Bw	97
Abb. 109 Varianten mit maximalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Großraumbüro“ leichte Bauweise	98
Abb. 111 Varianten mit minimalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Großraumbüro“ leichte Bauweise	98

Abb. 108 gesamter Primärenergie-bedarf für den max. und min. Wert der zusätzlichen Heizenergie ; Modell „Großraumbüro“ I. Bw.	98
Abb. 110 gesamter Primärenergie-bedarf für den max. und min. HWB; Modell „Großraumbüro“ I. Bw.	98
Abb. 112 maximaler und minimaler Primärenergiebedarf Ges. Modell „Großraumbüro“, I. Bw	98
Abb. 114 Varianten mit maximalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Großraumbüro“ massive Bauweise	99
Abb. 116 Varianten mit minimalen Bedarf an zusätzlicher Heizenergie (Primärenergie) Modell „Großraumbüro“ massive Bauweise	99
Abb. 113 gesamter Primärenergie-bedarf für den max. und min. Wert der zusätzlichen Heizenergie ; Modell „Großraumbüro“ m. Bw	99
Abb. 115 gesamter Primärenergie-bedarf für den max. und min. HWB; Modell „Großraumbüro“ m. Bw.	99
Abb. 117 maximaler und minimaler Primärenergiebedarf Ges. Modell „Großraumbüro“, m. Bw	99
Abb. 118 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach AP	102
Abb. 119 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach AP von relevanten Varianten	102
Abb. 120 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach m ² (NGF)	103
Abb. 121 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach m ² (NGF) von den Varianten mit einer 3-fach Verglasung	103
Abb. 122 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach AP	105
Abb. 123 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach AP von relevanten Varianten	105
Abb. 124 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach m ² (NGF) von den relevanten Varianten.	106
Abb. 125 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach m ² (NGF)	106
Abb. 126 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach m ² (NGF)	108
Abb. 127 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach m ² (NGF) von relevanten Varianten	108
Abb. 128 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach m ² (NGF)	109
Abb. 129 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach m ² (NGF) von relevanten Varianten	109
Abb. 130 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach AP	111
Abb. 131 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach AP von relevanten Varianten	111
Abb. 132 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach m ² (NGF)	112

Abb. 133 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach m ² (NGF) von den Varianten mit einer 3-fach Verglasung	112
Abb. 134 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach AP	113
Abb. 135 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach AP von relevanten Varianten	113
Abb. 136 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; Gewichtung nach m ² (NGF)	114
Abb. 137 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % Gewichtung nach m ² (NGF) von den Varianten mit Kastenfenstern	114
Abb. 138 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; ohne Gewichtung	115
Abb. 139 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % ohne Gewichtung von relevanten Varianten	115
Abb. 140 Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in%; ohne Gewichtung	117
Abb. 141 Darstellung der Stunden außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in % ohne Gewichtung von relevanten Varianten	117
Abb. 142 Übersicht/Vergleich aller Hauptvarianten; Verteilung der Varianten mit Angabe der Zeit außerhalb der Kategorie 1 (KI 1) in %	119
Abb. 143 Vergleich Optimum/Pessimum der thermischen Behaglichkeit mit dem Optimum/Pessimum des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Zellenbüro“ in Leichtbauweise	120
Abb. 144 Vergleich Optimum/Pessimum der thermischen Behaglichkeit mit dem Optimum/Pessimum des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Zellenbüro“ in Massivbauweise	121
Abb. 145 Vergleich Optimum/Pessimum der thermischen Behaglichkeit mit dem Optimum/Pessimum des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Kombibüro“ in Leichtbauweise	122
Abb. 146 Vergleich Optimum/Pessimum der thermischen Behaglichkeit mit dem Optimum/Pessimum des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Kombibüro“ in Massivbauweise	123
Abb. 147 Vergleich Optimum/Pessimum der thermischen Behaglichkeit mit dem Optimum/Pessimum des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Gruppenbüro“ in Leichtbauweise	124
Abb. 148 Vergleich Optimum/Pessimum der thermischen Behaglichkeit mit dem Optimum/Pessimum des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Gruppenbüro“ in Massivbauweise	125
Abb. 149 Vergleich Optimum/Pessimum der thermischen Behaglichkeit mit dem Optimum/Pessimum des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Großraumbüro“ in Leichtbauweise	126
Abb. 150 Vergleich Optimum/Pessimum der thermischen Behaglichkeit mit dem Optimum/Pessimum des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m ² (BGF).a; Modell „Großraumbüro“ in Massivbauweise	127

8 Tabellenverzeichnis

Tab. 1 empfohlene Wartungs- und Planungsfaktoren für ein 3-jähriges Wartungsintervall [VBG07]	6
Tab. 2 Tageslichtversorgung als Funktion des Tageslichtquotienten D und des Rohbau Tageslichtquotienten D_C (Klassifizierung) [OEN08]	9
Tab. 3 maximale Geometrie aus [DIN11] für die Berechnung nach [DIN07c]	10
Tab. 4 Anhaltswerte für die Lichttransmissionsgrade τ_{D65} lichtdurchlässiger Bauteile [OEN08]	12
Tab. 5 Transmissionsgrade der Verglasung bei aktivierten Sonnenschutz [DIN07b]	12
Tab. 6 Anhaltswerte für den Minderungsfaktor k_2 für die Verschmutzung [OEN08]	13
Tab. 7 Rechenwerte für die spezifische elektrische Bewertungsleistung $p_{j,lx}$ nach der Beleuchtungsart [DIN07b]	14
Tab. 8 Werte für den Faktor k_L sortiert nach der Lampenart [DIN07b]	15
Tab. 9 Anpassungsfaktor k_R zur Berücksichtigung des Einflusses der Raumauslegung in Abhängigkeit des Raumindex k [DIN07b]	15
Tab. 10 Beschreibung der Anwendbarkeit der verwendeten Kategorien [OEN07]	18
Tab. 11 Beispiele empfohlener Kategorien für die Auslegung maschinell geheizter und gekühlter Gebäude [OEN07]	18
Tab. 12 Arten der Teillastregelung für wassergekühlte Kompressionskältemaschinen im Kennwertverfahren [DIN07a]	19
Tab. 14 Primärenergiefaktoren	20
Tab. 13 Standardwert Nennkälteleistungszahl EER für wassergekühlte Kompressionskältemaschinen	20
Tab. 15 Übersicht der Typologien und Anzahl der AP je Büro im Vergleich mit Arbeitsstättenverordnung [AST09] und der DIN V18599-10 [DIN07] (Bel.dichte= Belegungsdichte)	25
Tab. 16 Angaben über die angenommenen Geräte für das Modell „Zellenbüro“	39
Tab. 17 Angaben über die angenommenen Geräte für das Modell „Kombibüro“	40
Tab. 18 Angaben über die angenommenen Geräte für das Modell „Gruppenbüro“	40
Tab. 19 Angaben über die angenommenen Geräte für das Modell „Großraumbüro“	41
Tab. 20 Tageslichtquotienten der Modelle „Zellenbüro“, „Kombibüro“ und „Gruppenbüro“	43
Tab. 21 Tageslichtquotienten für das Modell „Großraumbüro“	44
Tab. 22 benötigte elektrische Bewertungsleistungen je Modell und AP.	46
Tab. 23 Übersicht Luftvolumenströme	47
Tab. 24 Beispiele für bestimmte Öffnungsarten	52
Tab. 25 Aufbau der Außenwand für Leichtbau Varianten	54
Tab. 26 Aufbau der Innenwand für Leichtbau Varianten	54
Tab. 27 Aufbau der Glaswand für die Leichtbau Varianten der Kombibüros zwischen Büros und Multifunktionsbereich	54
Tab. 28 Aufbau der Zwischendecke für Leichtbau Varianten	54
Tab. 29 Aufbau der Außenwand für massive Varianten	55
Tab. 30 Aufbau der Innenwand für massive Varianten	55

Tab. 31 Aufbau der Glaswand für die massiven Varianten der Kombibüros zwischen Büros und Multifunktionsbereich	55
Tab. 32 Aufbau der Zwischendecke für massive Varianten	55
Tab. 33 Verhältnisse der Nettofläche des kleinsten Fensters (Lichteintrittsfläche) zur Nettofläche.	57
Tab. 34 Übersicht der Verglasung und Ihre Eigenschaften	60
Tab. 35 Typische Kenngrößen für Sonnenschutzvorrichtungen nach OEN EN 13363-1 [OEN07a] und die gewählten Werte farblich markiert	61
Tab. 36 Beispiel Verhältnis Belegungsichten und Werte der Optima des gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/AP.a	86
Tab. 37 Auflistung des Mittelwertes, Pessimums, und Optimums vom gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/m ² (BGF).a je Hauptvariante	89
Tab. 38 Auflistung des Mittelwertes, Pessimums, und Optimums vom gesamten Primärenergiebedarfs in kWh/AP.a je Hauptvariante	90

9 Literaturverzeichnis

- [Arb08] **Arbeitsstättenverordnung - ArbStättV. Zuletzt geändert durch Art. 9 V v. 18.12.2008.**
Verordnung über Arbeitsstätten. Deutschland : s.n., Zuletzt geändert durch Art. 9 V v. 18.12.2008.
- [AST09] **AstVO, Arbeitsstättenverordnung; BGBl. II Nr. 368/1998.** Österreich : s.n. Bd. BGBl. II Nr. 256/2009.
- [Bed11] **Bednar, Thomas. 2011.** BuilOpt_VIE. 2011.
- [Bib11] **Bibliographisches Institut GmbH Dudenverlag. 2011.** duden.de. [Online]
Bibliographisches Institut GmbH Dudenverlag, Dez 2011. <http://www.duden.de>.
- [bma09] **bmask Bundesministerium für Arbeit, Soziales und Konsumentenschutz. 2009.**
Arbeitsstätten Beurteilung von in Projektunterlagen (Plänen) dargestellten Lichteintrittsflächen neu zu errichtender Arbeitsstätten. Wien : bmask, 2009. GZ: BMASK-461.304/0006-III/2/2009.
- [BSV98] **1998.** BS-V, Bildschirmarbeitsverordnung. *BGB.II Nr. 124.* 1998.
- [BUN10] **Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. 2010.** topprodukte.at. [Online] Österreichische Energieagentur, Mai 2010.
www.topprodukte.at.
- [CIE94] **CIE-International Commission on Illumination. 1994.** *CIE 110-Technical Report, Spatial Distribution of Daylight - Luminance.* 1994.
- [deB06] **de Boer, Jan. 2006.** Nutzenergiebedarf für Beleuchtung. [Buchverf.] Ruth David.
Heizen, Kühlen, Belüften & Beleuchten. Stuttgart : Fraunhofer IRB Verlag, 2006.
- [DIA10] **DIAL GmbH. 2010.** DIALux. <http://www.dial.de/DIAL/de/dialux/download/software.html>. D-58507 Lüdenscheid : s.n., 2010.
- [DIN11] **DIN 5034-1. Juli 2011.** Tageslicht in Innenräumen. *Teil 1: Allgemeine Anforderungen.* Juli 2011.
- [DIN07c] **DIN 5034-3. Februar 2007.** Tageslicht in Innenräumen. *Teil 3: Berechnung.* Februar 2007.
- [DIN11a] **DIN EN 410. 2011.** *Glas im Bauwesen- Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen.* Berlin : Deutsches Institut für Normung e. V., 2011.
- [DIN07] **DIN V 18599-10. Februar 2007.** *Energetische Bewertung von Gebäuden - Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten.* Berlin : Deutsches Institut für Normung e. V., Februar 2007.
- [DIN07b] **DIN V 18599-4. Februar 2007.** *Energetische Bewertung von Gebäuden - Beleuchtung.* Berlin : Deutsches Institut für Normung e. V., Februar 2007.

- [DIN07a] **DIN V 18599-7. 2007.** Energetische Bewertung von Gebäuden. *Endenergiebedarf von Raumluftechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau.* Berlin : Deutsches Institut für Normung e. V., 2007.
- [Fis75] **Fischer, U. 1975.** Der Transmissionsgrad für Fenster bei Beleuchtung durch den bedeckten Himmel,. *Lichttechnik* 27. H. 12, S.461, 1975.
- [Hau06] **Hausladen, Gerhard, de Saldanha, Michael und Liedl, Petra. 2006.** *ClimaSkin.* München : Verlag Georg D.W.Callwey GmbH & Co. KG, 2006.
- [Heu01] **Heusler, Winfried. 2001.** Solarstrahlung und Tageslicht. [Buchverf.] Hans-Jürgen Blum und Andrea Compagno. *Doppelfassaden.* Berlin : Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technischen Wissenschaften GmbH, 2001.
- [Int10] **Interpane Glas Industrie AG. 2010.** Interpane Technische Werte. [Online] Mai 2010. <http://www.interpane.com/interpane2008/teweint.php?lang=de&site=10130.html>.
- [Leu51] **Leusden, F.P. und Freymark, H. 1951.** Darstellungen der Raumbehaglichkeit für den einfachen praktischen Gebrauch. 1951, Bd. 72, Ges. Ing.
- [Neu09] **Neufert, Peter/ Neff, Ludwig. 2009.** *Bauentwurfslehre 39., erweiterte und überarbeitete Auflage.* Köln : Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 2009.
- [OEN11] **OE-Norm B 8110-1. 2011.** Wärmeschutz im Hochbau. *Teil 1: Deklaration des Wärmeschutzes von Niedrig- und Niedrigstenergiegebäuden - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf.* Wien : Österreichisches Normungsinstitut, 2011.
- [OEN10b] **OE-Norm B 8110-6. 2010.** Wärmeschutz im Hochbau. *Teil 6 : Grundlagen und Nachweisverfahren -Heizwärmebedarf und Kühlbedarf.* Wien : Österreichisches Normungsinstitut, 2010.
- [OEN09] **OE-Norm EN 12464-1. 2009.** Licht und Beleuchtung. *Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen.* Wien : Österreichisches Normungsinstitut, 2009.
- [OEN07a] **OE-Norm EN 13363-1. 2007.** Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades. *Teil 1: Vereinfachtes Verfahren.* Wien : Österreichisches Normungsinstitut, 2007.
- [OEN08] **OE-Norm EN 15193. 2008.** *Energetische Bewertung von Gebäuden-Energetische Anforderungen an die Beleuchtung.* Wien : Österreichisches Normungsinstitut, 2008.
- [OEN07] **OE-Norm EN 15251. 2007.** Eingangsparemeter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Raumlufqualität, Temperatur, Licht und Akustik. Wien : Österreichisches Normungsinstitut, 2007.
- [OEN05] **OE-Norm EN ISO 13791. 2005.** Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden-Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik - Allgemeine

Kriterien und Validierungsverfahren. (ISO 13791: 2004). Wien : Österreichisches Normungsinstitut, 2005.

- [OEN06a] **OE-Norm EN ISO 7730. 2006.** 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 : Österreichisches Normungsinstitut, 2006.
- [OIB11] **Oktober 2011.** OIB Richtlinie 6. s.l. : Österreichisches Institut für Bauphysik, Oktober 2011.
- [Pil11] **Pilkington Austria GmbH . 2011.** Pilkington Technische Daten. [Online] Mai 2011.
<http://www.pilkington.com/europe/austria/german/products/bp/bybenefit/thermalinsulation/optitherm/technische+daten.htm>.
- [SAI06] **SAINT-GOBAIN GLASS DEUTSCHLAND. 2006.** *Memento*. 2006.
- [Sch07] **Schramek, Prof. Dr.-Ing. Ernst-Rudolf. 2007.** *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*. München : Oldenbourg Industrieverlag, 2007.
- [SCH10] **SCHUECO. 2010.** schueco.com. [Online] Mai 2010. <http://www.schueco.com/web/de>.
- [STA05] **Staniek, Bettina. 2005.** Büroorganisationsformen. [Buchverf.] Johann Eisele und Bettina Staniek. [Hrsg.] Johann Eisele und Bettina Staniek. *Bürobauatlas*. München : Calway, 2005.
- [Uni10] **Unilux AG. 2010.** Unilux Fenster und Türen. [Online] Mai 2010.
<http://www.unilux.de/fenster/holz-alu-fenster/technikkonstruktion.html>.
- [VBG07] **VBG. 2007.** BGI 650. September 2007.
- [Wik11] **Wikipedia, die freie Enzyklopädie. 2011.** Belichtung (Architektur). [Online] Mai 2011.
[http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Belichtung_\(Architektur\)&oldid=88451386](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Belichtung_(Architektur)&oldid=88451386).
- [ZAO08] **Zaoderma. 2008.** *HDO22_Komfortgleichung_70_100_Poster*. [PDF-Dokument] Luzern : Hochschule Luzern; Technik & Architektur; Zentrum für integrale Gebäudetechnik, 2008.