

Entwicklung eines vereinfachten Nachweisverfahrens für Nichtwohngebäude

Endbericht

Forschungsprogramm

Ressortforschung Bauwesen

Projektlaufzeit

August 2005 bis Februar 2006

Aktenzeichen

Z6-10.06.03.-05.113

im Auftrag

des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
(BMVBS)

sowie

des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

bearbeitet von

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser

Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH, Kassel

Inhalt

1	Einführung und Aufgabenstellung	2
2	Grundlagen des Referenz-Gebäudeverfahrens	3
3	Lösungsansatz „1-Zonen-Modell“	4
4	Berechnungsfälle und Varianten	6
5	Berechnungsergebnisse	8
5.1	Bürogebäude	8
5.2	Schulgebäude	11
5.3	Hotel	13
5.4	Geschäftsgebäude	15
5.5	Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse	16
6	Vorgeschlagenes Modell	17
7	Anwendungsbereich, Definitionen, Anwendungskriterien	19
8	Anforderungsniveau	22
9	Zusammenfassung	23
10	Quellen	23
	Anhang A	24

1 Einführung und Aufgabenstellung

Die Berechnungsmethodik nach DIN V 18599 [1] sieht für Nichtwohngebäude eine Zonierung vor. Diese Zonierung stellt vor dem Hintergrund unterschiedlicher Nutzungen in Nichtwohngebäuden eine sinnvolle Vorgehensweise dar, da relativ stark abweichende Nutzungsbedingungen, z. B. Beleuchtungsstärke oder Luftvolumenströme auftreten können und oftmals unterschiedliche Anlagentechnik für die Konditionierung der Zonen eingesetzt wird.

Durch die Aufteilung eines Gebäudes in Nutzungszonen wird ein Nachweisverfahren gemäß Energieeinsparverordnung, das auf DIN V 18599 verweist, deutlich umfangreicher, als im bisherigen Verfahren. Hinzu kommt, dass z. B. im Beleuchtungsbereich die einzelnen Nutzungszonen aufgrund des Einsatzes unterschiedlicher Techniken nochmals weiter in Bereiche untergliedert werden können, bzw. müssen. Der höhere Bearbeitungsaufwand im Hinblick auf die Durchführung der Bilanzierung und somit die Ermittlung eines Jahres-Primärenergiebedarfs liegt insbesondere im Bereich der Flächenermittlung. Hierbei ist bei der Hüllfläche nicht mehr, wie bislang, die gesamte wärmeübertragende Fläche zu betrachten, sondern eine Ermittlung nach Zonen vorzunehmen.

Neben der ausführlichen Vorgehensweise nach DIN V 18599 soll für die EnEV 2006 für Nichtwohngebäude ein alternatives „vereinfachtes Verfahren“ entwickelt werden, welches auf der Grundlage pauschalisierter Annahmen ebenfalls den Nachweis der Einhaltung eines in der Energieeinsparverordnung 2006 festgeschriebenen Anforderungsniveaus ermöglicht, auch um der Problematik der im Planungsprozess frühzeitigen Festlegung auf konkrete Nutzungen und in der Praxis häufig auftretenden Umnutzungen gerecht werden zu können. Weiterhin soll der nach dem vereinfachten Verfahren berechnete Jahres-Primärenergiebedarf für die Ausstellung des Energieausweises genutzt werden.

Hierzu sind Untersuchungen erforderlich, die neben der Definition für Vereinfachungen des Rechenverfahrens insbesondere zum Ziel haben, ein mit dem ausführlichen Verfahren abgeglichenes Anforderungsniveau festzulegen. Grundlage des vereinfachten Verfahrens sollen die Berechnungsalgorithmen sein, die in der DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“ festgelegt sind und die beim ausführlichen Verfahren in Verbindung mit den Zonierungsregeln dieser Norm Anwendung finden.

Im Rahmen des vorliegenden Berichts werden die Grundlagen des Referenz-Gebäudeverfahrens zunächst kurz erläutert. Als Möglichkeit der Vereinfachung des Rechenverfahrens von DIN V 18599 für die Anwendung im EnEV-Nachweis wird das „1-Zonen-Verfahren“ mit 5 verschiedenen Ansätzen für die zugrunde zu legenden Randbedingungen vorgestellt. Auf der Basis von Berechnungen an unterschiedlichen Gebäudetypen können Aussagen bezüglich der Qualität der unterschiedlichen Ansätze des „1-Zonen-Verfahrens“ getroffen werden. Weiterhin wird die vorgeschlagene Methodik des vereinfachten Verfahrens, der Anwendungsbereich und die Konsequenzen im Hinblick auf das Anforderungsniveau dargestellt.

2 Grundlagen des Referenz-Gebäudeverfahrens

Die Anforderungen an neu zu errichtende Nichtwohngebäude werden künftig über ein so genanntes Referenz-Gebäudeverfahren formuliert. Hierbei wird für das neu zu errichtende Gebäude mit seiner vorgesehenen, tatsächlichen Geometrie und Ausrichtung mit einer vorgegebenen Referenzausführung des baulichen Wärmeschutzes und sonstigen Kennwerten der Gebäudehülle sowie einer Referenzanlagentechnik der Jahres-Primärenergiebedarf ermittelt und als Maximalwert für das tatsächlich zu errichtende Gebäude definiert. Dieser maximal zulässige Jahres-Primärenergiebedarf ist mit der tatsächlichen Gebäudeausführung einzuhalten.

Zur Referenzausführung zählen

- der Wärmeschutz der Gebäudehülle mit ergänzenden thermischen Kennwerten und
- die Anlagentechnik für Heizung, Kühlung, Warmwasserbereitung, Raumluftechnik und Beleuchtung.

Die Referenzausführung für den Wärmeschutz und die Heizung wird entsprechend den bisherigen Anforderungen ausgelegt. Dabei kann es sich jedoch nicht um eine Übereinstimmung der ermittelten Primärenergiebedarfswerte handeln, denn die Rechenverfahren der bisherigen und der künftigen EnEV weisen eine Vielzahl von Unterschieden auf. Somit bezieht sich die Gleichwertigkeit auf die bisher übliche Ausführung der Gebäudehülle in Kombination mit einer bestimmten Heizungsanlage. Anforderungen an Kühlung, Warmwasserbereitung, Raumluftechnik und Beleuchtung von Nichtwohngebäuden werden ab 2006 für Nichtwohngebäude erstmals gestellt werden. Insofern ist ein Nachweis der Konsistenz mit bestehenden Anforderungen nicht möglich. Die Referenzausführung bezieht sich durchweg auf heute übliche, durchschnittliche Ausführungen. Damit entsteht einerseits die Notwendigkeit, Energieverluste, die von schlechterer als üblicher Technik herrühren, anderweitig auszugleichen und andererseits besteht ein Potential für energetisch hochwertigere Ausführungen.

Im Rahmen des öffentlich-rechtlichen Nachweises werden grundsätzlich die Nutzungsrandbedingungen gemäß DIN V 18599-10 herangezogen. Da in DIN V 18599-10 nur eine Auswahl von möglichen Nutzungen in Nichtwohngebäuden aufgeführt ist, ist es erforderlich, eine Nutzung festzulegen, die immer dann herangezogen wird, wenn auf der Basis einer qualifizierten Einschätzung des Gebäudes und der dort vorhandenen Nutzungen keine sinnvolle Zuordnung der 33 Nutzungstypen geeignet erscheint. Es ist vorgesehen, die in DIN V 18599-10, Tabelle 4, aufgeführte Nutzung „Sonstige Aufenthaltsräume“ (Nr. 17) als eine solche „Durchschnittsnutzung“ heranzuziehen. Dieser Nutzungstyp bietet sich an, da er hinsichtlich der Nutzungs- und Betriebszeiten, der Randbedingungen für Beleuchtung, Raumklima und Wärmequellen in etwa mittlere Randbedingungen aufweist. Mit der zuvor beschriebenen Regelung zur Verwendung von Nutzungsrandbedingungen liegt ein geschlossenes Verfahren vor, das im Sinne des öffentlich-rechtlichen Nachweises verbindlich ist.

3 Lösungsansatz „1-Zonen-Modell“

Im Hinblick auf die Entwicklung eines vereinfachten Verfahrens wird untersucht, mit welchen Ansätzen und unter welchen Voraussetzungen die Bestimmung des Jahres-Primärenergiebedarfs für den Nachweis gemäß EnEV 2006 über ein „1-Zonen-Modell“ umzusetzen ist. Die Anwendung eines solchen 1-Zonen-Modells entspricht der Vorgehensweise der EnEV 2002, wobei im Gegensatz zu der detaillierten zonierte Berechnung nach DIN V 18599 eine aufwändige (zonenweise) Erfassung der Hüllfläche nicht erforderlich ist. Auch die Eingabe der Flächendaten in eine Software wird durchaus übersichtlicher.

Für das 1-Zonen-Modell werden nachfolgend 5 verschiedene Ansätze zur Berücksichtigung der Nutzungsrandbedingungen vorgestellt.

1. Flächengewichtete Randbedingungen

Die Nutzungsrandbedingungen für das Ein-Zonen-Modell ergeben sich aus einer flächenanteiligen Gewichtung der Nutzungsrandbedingungen Beleuchtung, Raumklima und Wärmequellen gem. DIN V 18599-10 (beim Hotel werden auch die Nutzungs- und Betriebszeiten gewichtet). Die Flächengewichtung erfolgt auf Basis der für das Gebäude vorgesehenen Nutzungen. Dieser Ansatz bedingt, dass die Netto-Grundflächen der verschiedenen Zonen und damit die Nutzungsrandbedingungen nach DIN V 18599 bekannt sind.

Weiterhin ist vorausgesetzt, dass die Anlagentechnik der jeweiligen Zonen oder Berechnungsbereiche sowie die Beleuchtungsbereiche bekannt und definiert sind.

2. Pauschale Randbedingungen aus Nutzflächen/Funktionsflächen/Verkehrsflächen-Wichtung

Als zweite Möglichkeit zur Ermittlung flächengewichteter Randbedingungen werden statistische Durchschnittswerte für zugrunde gelegte Flächen bei unterschiedlichen Gebäudenutzungen zugrunde gelegt. Basis hierfür bieten die BKI-Baukosten „Statistische Kostenkennwerte für Gebäude“ [2]. Die im Weiteren benutzten Daten basieren auf den Erhebungen in 2004, da hierbei noch auf die alte Fassung der DIN 277 [3] zurückgegriffen wird. In der Fassung von Juni 1987 unterscheidet die DIN 277 Grundflächen nach Nutzfläche (NF), die in Hauptnutzfläche (HNF) und Nebennutzfläche (NNF) unterteilt wird sowie Funktionsfläche (FF) und Verkehrsfläche (VF).

Die genannten Flächenanteile sind für unterschiedliche Gebäudetypen in Tabelle 1 aufgeführt. Bei den Fällen Bürogebäude und Kindergarten sind die in den BKI-Daten genannten mittleren Standards zugrunde gelegt. Die Geschäftshäuser werden in der Datensammlung nach „freistehend“, „beengter Bauraum“ und „Baulücke“ differenziert. Für diese 3 unterschiedlichen Fälle ist in Tabelle 1 ein arithmetischer Mittelwert zugrunde gelegt. Die in der Tabelle aufgeführten Prozentsätze beziehen sich auf die Nettogrundfläche (NGF).

Zur Ermittlung flächengewichteter Nutzungsrandbedingungen (NF/FF/VF-Wichtung) wird wie folgt verfahren. Die Hauptnutzfläche ist abhängig von der Hauptnutzung des Gebäudetyps in Ansatz zu bringen. Hierzu wird für das Büro- und das Geschäftsgebäude die Nutzung „Einzelbüro“, für Schulen die Nutzung „Klassenzimmer“ und für das Hotel die Nutzung „Hotelzimmer“ herangezogen. Nebennutzflächen werden durch die Nutzung „Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume)“, Funktionsflächen durch die Nutzung „Lager, Technik, Archiv“

und Verkehrsflächen durch die Nutzung „Verkehrsflächen“ repräsentiert. In DIN V 18599 ist vorgesehen, dass die 3 letztgenannten Nutzungen zu der Nutzung „Nebenflächen“ zusammengefasst werden dürfen.

Tabelle 1: Flächenanteile der betrachteten Gebäude gem. Auswertung nach [2].

	Bürogebäude	Schulen	Hotels	Geschäfts- häuser
HNF	57	64	55	67
NNF	15	7	19	9
FF	5	2	6	4
VF	23	27	20	20

Anlagentechnik und Berechnungsbereiche werden wie unter 1. behandelt.

3. Randbedingungen aus Nutzung „sonstige Aufenthaltsräume“

Die Nutzungsrandbedingungen für das Ein-Zonen-Modell werden über die Nutzung Nr. 17 aus DIN V 18599-10 „sonstige Aufenthaltsräume“ vorgegeben. Mit diesem Ansatz sind die Nutzungsrandbedingungen eindeutig definiert.

Anlagentechnik und Berechnungsbereiche werden wie unter 1. behandelt.

4. Randbedingungen aus Hauptnutzung des Gebäudes unter Berücksichtigung zonen- oder bereichsspezifischer Konditionierungstechnik

Die Nutzungsrandbedingungen für das Ein-Zonen-Modell werden über die Hauptnutzung des Gebäudes vorgegeben. Als Hauptnutzung gilt bei der Schule der Klassenraum, beim Hotel das Hotelzimmer, bei den Bürogebäuden und beim Geschäftsgebäude die Büroräume.

Der Ansatz wird im Folgenden als „Hauptnutzung“ bezeichnet.

Anlagentechnik und Berechnungsbereiche werden wie unter 1. behandelt.

5. Randbedingungen aus Hauptnutzung des Gebäudes unter Berücksichtigung der Konditionierung der Hauptnutzung

Die Nutzungsrandbedingungen für das Ein-Zonen-Modell werden über die Hauptnutzung des Gebäudes vorgegeben. Als Hauptnutzung gilt bei der Schule der Klassenraum, beim Hotel das Hotelzimmer, bei den Bürogebäuden und beim Geschäftsgebäude die Büroräume.

Der Ansatz wird im Folgenden als „Hauptnutzung (rein)“ bezeichnet.

Die Anlagentechnik und Berechnungsbereiche werden gem. der für die Hauptnutzung vorgesehen Technik für das gesamte Gebäude in Ansatz gebracht.

Das 1-Zonen-Modell wird im weiteren für die Konditionierungsfälle Heizung, Kühlung, Warmwasserbereitung, Beleuchtung und Lüftung untersucht.

4 Berechnungsfälle und Varianten

Für die im Weiteren dokumentierten Berechnungen werden 4 Gebäudetypen

- Bürogebäude mit 4 unterschiedlichen Geometrien
- Schule
- Hotel
- Geschäftsgebäude

betrachtet. Die Gebäude sind im Anhang A dokumentiert. Eine Zusammenstellung der für die genannten Gebäude zugrunde gelegten Zonen gem. DIN V 18599 und ihre jeweiligen Netto-Grundflächen ist in den Tabellen 2 bis 5 angegeben.

Tabelle 2: Netto-Grundflächen und prozentuale Anteile der Netto-Grundflächen der einzelnen Zonen für die Bürogebäude.

Zonen DIN V 18599	60m_6Geschosse A/V _e =0,26		42m_6Geschosse A/V _e =0,28		42m_4Geschosse A/V _e =0,31		42m_2Geschosse A/V _e =0,39	
	m ²	%						
02 Gruppenbüro	2501	47	1332	35	877	32	422	24
04 Sitzung	930	17	930	25	620	23	310	18
19 Verkehrsfläche	924	17	672	18	489	18	439	25
16 WC, Sanitär	192	4	192	5	128	5	64	4
18 Nebenflächen	96	2	96	3	64	2	32	2
20 Lager, Technik	676	13	554	15	522	19	490	28
	5318	100	3775	100	2700	100	1758	100

Tabelle 3: Netto-Grundflächen und prozentuale Anteile der Netto-Grundflächen der einzelnen Zonen für das Schulgebäude.

Zonen DIN V 18599	Schule	
	m ²	%
08 Klassenzimmer	3284	52
02 Gruppenbüro	279	4
19 Verkehrsfläche	1649	26
16 WC, Sanitär	196	3
17 sonst. Aufenthaltsr.	22	0,3
14 Küche	70	1
12 Kantine	141	2
22 Werkstatt	94	1
28 Bibliothek	211	3
20 Lager, Technik	350	6
	6296	100

Tabelle 4: Netto-Grundflächen und prozentuale Anteile der Netto-Grundflächen der einzelnen Zonen für das Geschäftsgebäude.

Zonen DIN V 18599	Geschäftsgebäude	
	m ²	%
06 Einzelhandel / 13 Restaurant	417	16
04 Sitzung	253	10
02 Gruppenbüro	703	27
19 Verkehrsfläche	376	14
16 WC, Sanitär	38	1
17 sonst. Aufenthaltsr.	142	5
33 Parkhaus öffentlich	340	13
20 Lager, Technik	329	13
	2598	100

Tabelle 5: Netto-Grundflächen und prozentuale Anteile der Netto-Grundflächen der einzelnen Zonen für das Hotelgebäude.

Zonen DIN V 18599	Hotel	
	m ²	%
11 Hotelzimmer	1215	38
02 Gruppenbüro	56	2
04 Sitzung	113	4
19 Verkehrsfläche	548	17
16 WC, Sanitär	304	10
17 sonst. Aufenthaltsr.	161	5,1
14 Küche	43	1
15 Küche - Vorbereitung / Lager	27	1
13 Restaurant	194	6
31 Sporthalle	269	8
20 Lager, Technik	241	8
	3171	100

5 Berechnungsergebnisse

5.1 Bürogebäude

Tabelle 6 sind die berechneten Werte des Jahres-Primärenergiebedarfs (Q_P) für den Fall der detaillierten Zonierung und unter Anwendung der fünf Ansätze für das 1-Zonen-Modell zu entnehmen. Weiterhin ist in der Tabelle die prozentuale Abweichung des jeweiligen Wertes für das 1-Zonen-Modell, bezogen auf die detaillierte Zonierung angegeben. In dem Fall des 6-geschossigen Gebäudes liegen die prozentualen Abweichungen bei allen Berechnungsansätzen unter 5 %. Größere Abweichungen sind bei allen anderen Gebäuden mit dem Ansatz „NF/FF/VF-Wichtung“ abzulesen.

Insgesamt ergeben sich die geringsten Abweichungen für den Ansatz der flächengewichteten Randbedingungen. Die größeren Abweichungen unter Verwendung der Randbedingungen „sonstige Aufenthaltsräume“ bzw. „Hauptnutzung“ sind offensichtlich. Sie ergeben sich dadurch, dass die jeweiligen Pauschalierungen Randbedingungen aufweisen, die vergleichsweise stark von den Einzelrandbedingungen der Zonen (insbesondere „Lager und Technik“, die einen relativ großen Flächenanteil bei dem 2-geschossigen Gebäude annehmen) abweichen. Fälle, bei denen ein „Bürogebäude“ große Lagerflächen aufweist, sind z.B. Versicherungen, Versorgungskassen o.ä. mit großen Aktenlagern.

Tabelle 6: Jahres-Primärenergiebedarf für die Fälle detaillierte Zonierung und Verwendung des 1-Zonen-Modells mit unterschiedlichen Ansätzen für die Bürogebäude.

Berechnungsansätze	60m_6Geschosse A/V _e =0,26		42m_6Geschosse A/V _e =0,28		42m_4Geschosse A/V _e =0,31		42m_2Geschosse A/V _e =0,39	
	Q _P [kWh/(m ² a)]	%- Abweichung						
detaillierte Zonierung	208	-	210	-	208	-	203	-
flächengewichtete Randbedingungen	200	-4%	204	-3%	201	-3%	194	-4%
NF/FF/VF-Wichtung	207	0%	159	-24%	163	-22%	175	-14%
sonst. Aufenthaltsr.	217	4%	211	0%	216	4%	229	13%
Hauptnutzung	207	0%	205	-2%	208	0%	220	8%
Hauptnutzung (rein)	214	3%	213	1%	217	4%	231	14%

Die Bilder 1 bis 4 zeigen die Auftragung der Primärenergiebedarfsanteile für Heizung, Warmwasser, Beleuchtung sowie Hilfsenergien für Lufttransport und Heizung. Es ist erkennbar, dass bei Verwendung flächenbezogener Randbedingungen neben den vergleichsweise geringen Abweichungen hinsichtlich des Gesamtwertes von Q_P auch die kleinsten Abweichungen in den Einzelwerten auftreten. Bei dem pauschalen Ansatz „NF/FF/VF-Wichtung“ liegt für das große Gebäude (60m_6Geschosse) eine gute Übereinstimmung mit dem detaillierten Berechnungsansatz vor, da die Flächenanteile hier gut repräsentiert werden. Bei den anderen Geometrien und Grundflächenaufteilungen treten hingegen große Abweichungen auf.

Die Randbedingungen der „sonstigen Aufenthaltsräume“ setzen einen vergleichsweise hohen Außenluftvolumenstrom an. Infolgedessen ist der Hilfsenergieanteil „Lufttransport“ relativ groß. Legt man die „Hauptnutzung“ zu Grunde, so resultiert ein großer Wert des Primärenergiebedarfs für Beleuchtung gegenüber dem Fall der „detaillierten Zonierung“. Dies gilt ebenfalls für die „Hauptnutzung (rein)“. Hier liegt ein gegenüber den anderen Berechnungsfällen ein hoher Primärenergiebedarf für Warmwasser vor, da die Büronutzung den Warmwasserwärmebedarf bestimmt.

Aus den Berechnungsergebnissen für die Bürogebäude wird deutlich, dass der Ansatz der Verwendung flächengewichteter Randbedingungen zu den besten Ergebnissen führt. Hierbei ist insbesondere auch zu beachten, dass, wie schon erwähnt, neben der vergleichsweise geringen Abweichung des Gesamtprimärenergiebedarfs auch die Einzelanteile die jeweils kleinsten Abweichungen aufweisen.

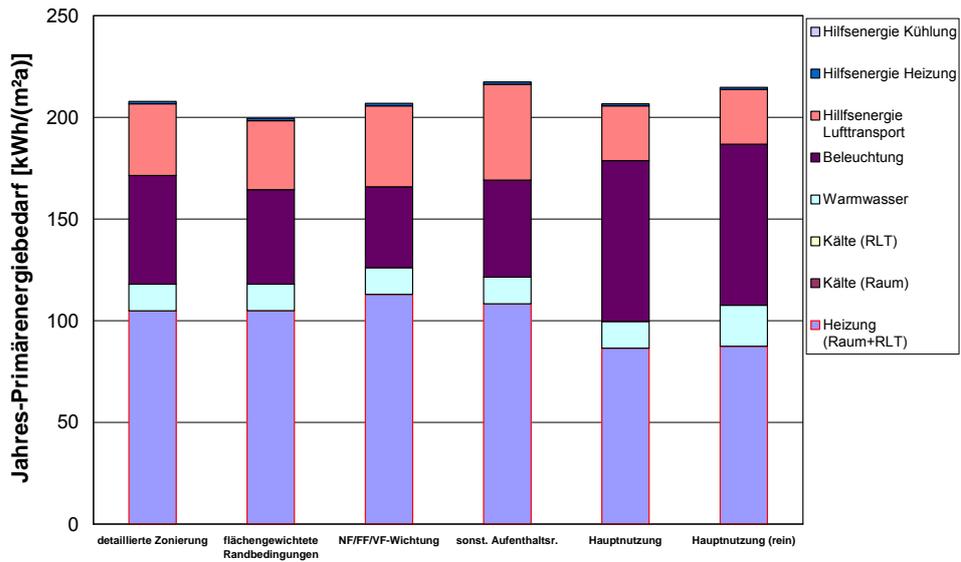


Bild 1: Anteile des Jahres-Primärenergiebedarfs für den Fall „Bürogebäude 60 m mit 6 Geschossen“.

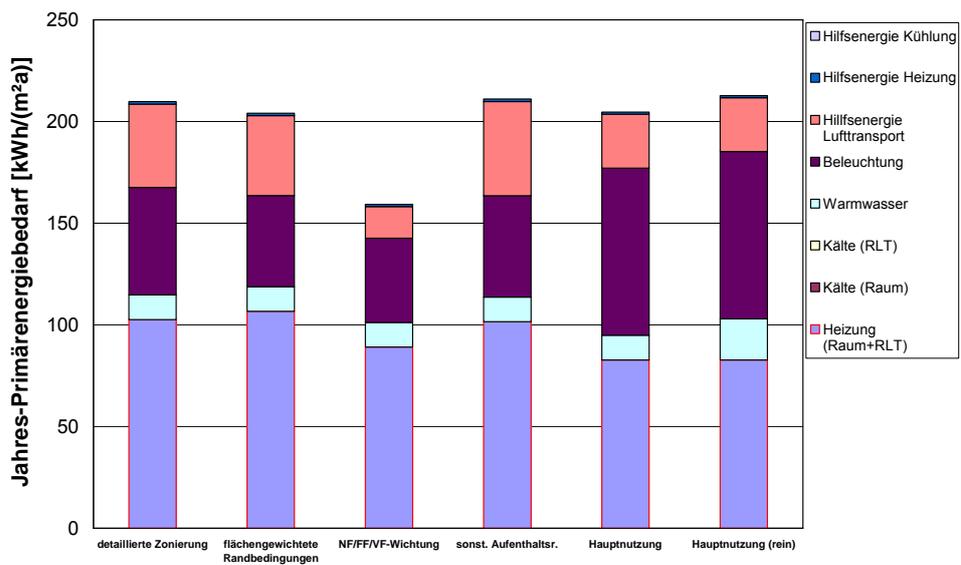


Bild 2: Anteile des Jahres-Primärenergiebedarfs für den Fall „Bürogebäude 42 m mit 6 Geschossen“.

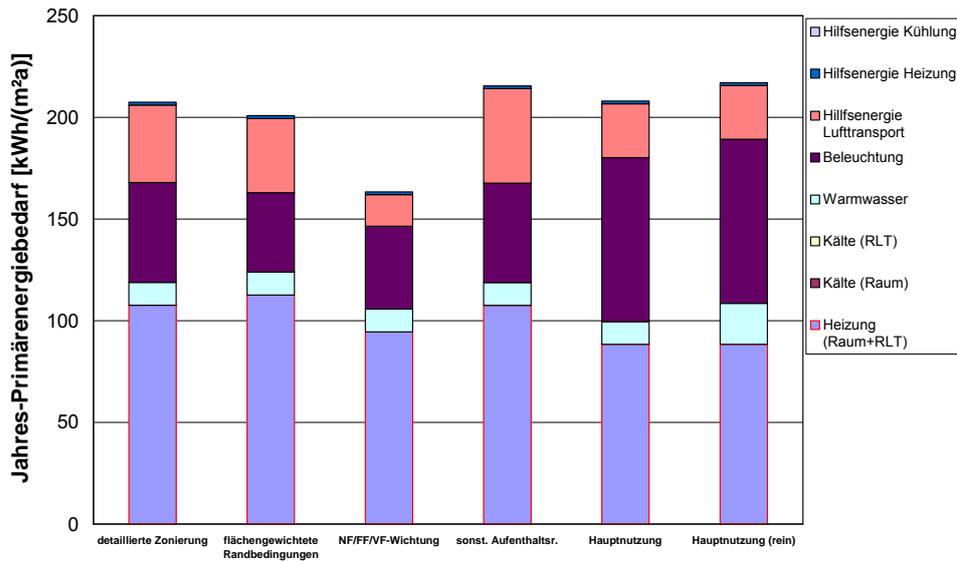


Bild 3: Anteile des Jahres-Primärenergiebedarfs für den Fall „Bürogebäude 42 m mit 4 Geschossen“.

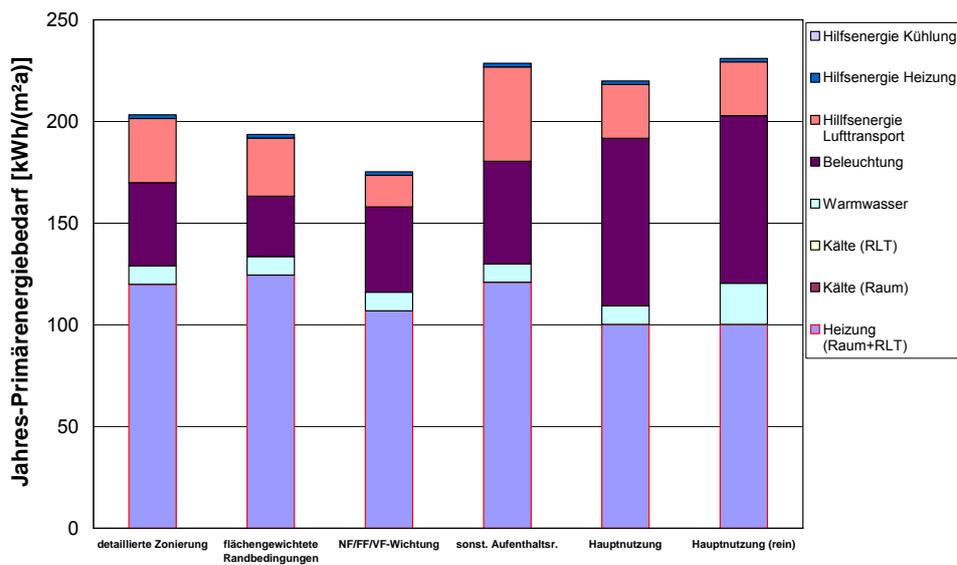


Bild 4: Anteile des Jahres-Primärenergiebedarfs für den Fall „Bürogebäude 42 m mit 2 Geschossen“.

5.2 Schulgebäude

Die Berechnungsergebnisse für das Schulgebäude sind in Tabelle 7 zusammengestellt. Hierbei wird unterschieden in die Fälle „mit Warmwasser“ und „ohne Warmwasser“. Der Warmwasserwärmebedarf bezieht sich auf die Fläche, in der die wesentliche Nutzung

stattfindet, und zwar die Klassenräume (rund 3280 m²). Diese Fläche wird bei den Berechnungsfällen „detaillierte Zonierung“, „flächengewichtete Randbedingungen“, „NF/FF/VF-Wichtung“, „sonstige Aufenthaltsräume“ und „Hauptnutzung“ angesetzt. Für den Berechnungsfall „Hauptnutzung (rein)“ wird der Warmwasserwärmebedarf für die komplette Netto-Geschossfläche des Gebäudes in Ansatz gebracht (rund 6300 m²). In dem Fall „ohne Warmwasser“ werden bei dem Schulgebäude nur die Anteile Heizung, Beleuchtung, Hilfsenergie Lufttransport und Hilfsenergie Heizung bilanziert. Bei dem Berechnungsansatz „Hauptnutzung (rein)“ wird die für die Hauptnutzung vorgesehene natürliche Lüftung berücksichtigt. Der Bedarfsanteil „Hilfsenergie Lufttransport“ entfällt somit.

Geringe Abweichungen von den Berechnungsergebnissen der detaillierten Zonierung liegen in den Fällen „flächengewichtete Randbedingungen“ und „Hauptnutzung“ vor. Den Bildern 5 und 6 ist zu entnehmen, dass dies sowohl für den Gesamtwert als auch für die Anteile des Jahres-Primärenergiebedarfs gilt.

Tabelle 7: Jahres-Primärenergiebedarf für die Fälle detaillierte Zonierung und Verwendung des 1-Zonen-Modells mit unterschiedlichen Ansätzen für das Schulgebäude.

Berechnungsansätze	Schule - mit Warmwasser		Schule - ohne Warmwasser	
	Q _p [kWh/(m ² a)]	%- Abweichung	Q _p [kWh/(m ² a)]	%- Abweichung
detaillierte Zonierung	247	-	226	-
flächengewichtete Randbedingungen	237	-4%	214	-5%
NF/FF/VF-Wichtung	222	-10%	200	-12%
sonst. Aufenthaltsr.	276	12%	250	11%
Hauptnutzung	236	-4%	216	-4%
Hauptnutzung (rein)	251	2%	210	-7%

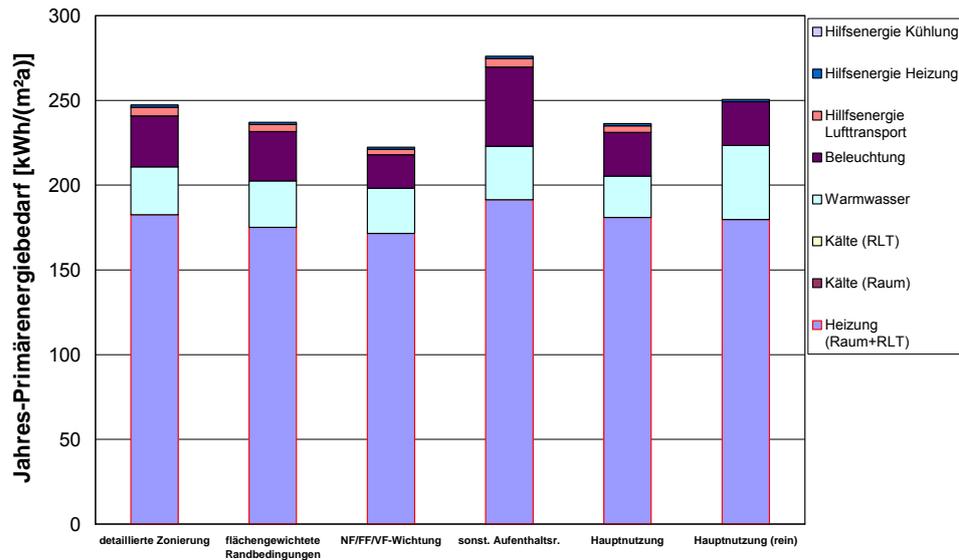


Bild 5: Anteile des Jahres-Primärenergiebedarfs für das Schulgebäude mit Warmwasser.

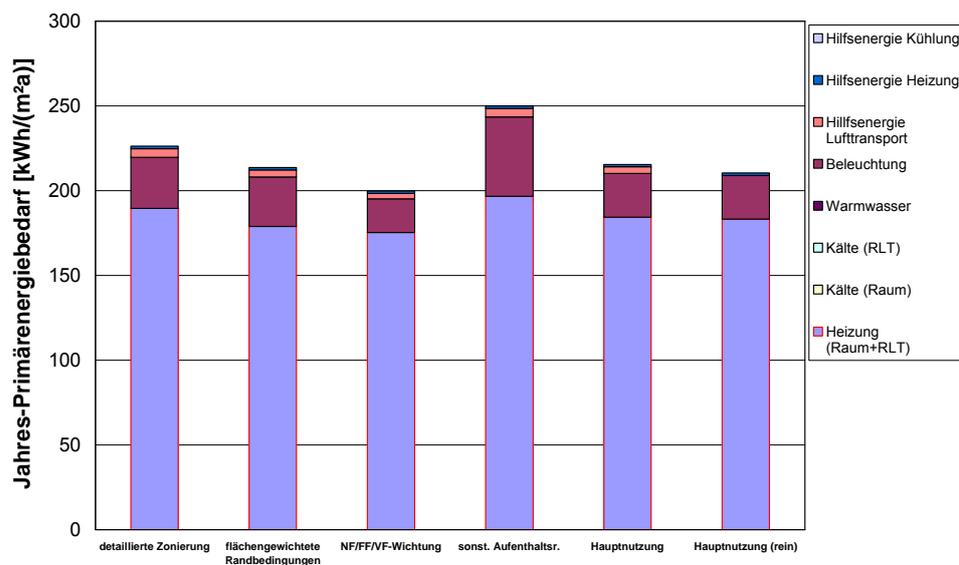


Bild 6: Anteile des Jahres-Primärenergiebedarfs für das Schulgebäude ohne Warmwasser.

5.3 Hotel

Tabelle 8 zeigt die Zusammenstellung der Berechnungsergebnisse mit den unterschiedlichen Berechnungsansätze für das Hotelgebäude. Wie auch in den anderen Berechnungsfällen zeigen die „flächengewichteten Randbedingungen“ die geringsten Abweichungen zu der „detaillierten Zonierung“. Deutliche Abweichungen treten bei den Berechnungsansätzen „NF/FF/VF-Wichtung“ und „sonstige Aufenthaltsräume“ auf. Bild 7 zeigt die graphische Auftragung der Berechnungsergebnisse.

Wie in Kap. 3 beschrieben, wird bei dem Hotel neben der Wichtung der Randbedingungen für Beleuchtung, Raumklima und Wärmequellen eine Wichtung der Nutzungs- und Betriebszeiten vorgenommen. Für die Nutzung „Hotelzimmer“ wird gemäß

DIN V 18599-10 eine jährliche Nutzungsdauer von 365 d/a, für die Nutzung „sonst. Aufenthaltsräume“ eine Nutzungsdauer von 250 d/a angesetzt. Dies führt zu einem vergleichsweise geringen Anteil des Primärenergiebedarfs für Warmwasser beim Berechnungsansatz „sonst. Aufenthaltsräume“.

Der hohe Anteil des Primärenergiebedarfs für Warmwasser im Fall „Hauptnutzung (rein)“ resultiert wiederum daraus, dass die Nutzung „Hotelzimmer“ als Hauptnutzung die Basis für den anzusetzenden Warmwasserwärmebedarf bildet.

Tabelle 8: Jahres-Primärenergiebedarf für die Fälle detaillierte Zonierung und Verwendung des 1-Zonen-Modells mit unterschiedlichen Ansätzen für das Hotel.

Berechnungsansätze	Hotel	
	Q _p [kWh/(m ² a)]	%- Abweichung
detaillierte Zonierung	382	-
flächengewichtete Randbedingungen	357	-7%
NF/FF/VF-Wichtung	258	-32%
sonst. Aufenthaltsr.	299	-22%
Hauptnutzung	340	-11%
Hauptnutzung (rein)	433	13%

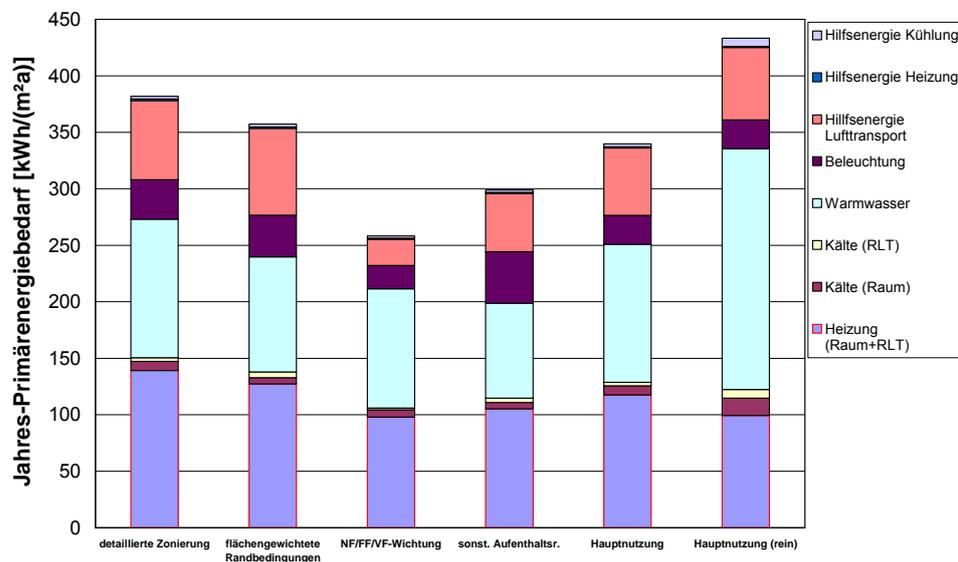


Bild 7: Anteile des Jahres-Primärenergiebedarfs für das Hotel.

5.4 Geschäftsgebäude

Für das Geschäftsgebäude sind die Werte des Jahres-Primärenergiebedarfs in Tabelle 9 aufgeführt. Für die Geschäftsräume im Erdgeschoss (Nr. 1 gemäß Bild A.5) werden alternativ die Nutzungen „Laden“ und „Restaurant“ zugrunde gelegt.

Aufgrund des hohen Primärenergiebedarfs für Warmwasserbereitung liegt der Gesamtwert des Jahres-Primärenergiebedarfs bei dem Geschäftsgebäude mit der „Restaurantnutzung“ deutlich höher als bei der „Ladennutzung“. Wie bei den zuvor behandelten Gebäudetypen führt auch in diesen Betrachtungen der Ansatz flächengewichteter Randbedingungen zu den insgesamt geringsten Abweichungen. Die größte Abweichung bezogen auf den Jahres-Primärenergiebedarf gemäß detaillierter Zonierung resultiert bei dem Fall, bei dem als Berechnungsansatz die „Hauptnutzung (rein)“ zugrunde gelegt wird. Dies ist offensichtlich, da die reine Hauptnutzung (Büronutzung) keine Warmwasserbereitung aufweist. Die Zusammenhänge sind in den Bildern 8 und 9 nachvollziehbar.

Tabelle 9: Jahres-Primärenergiebedarf für die Fälle detaillierte Zonierung und Verwendung des 1-Zonen-Modells mit unterschiedlichen Ansätzen für das Geschäftsgebäude.

Berechnungsansätze	Geschäftsgebäude - Laden		Geschäftsgebäude - Restaurant	
	Q _P [kWh/(m ² a)]	%- Abweichung	Q _P [kWh/(m ² a)]	%- Abweichung
detaillierte Zonierung	193	-	298	-
flächengewichtete Randbedingungen	183	-5%	269	-10%
NF/FF/VF-Wichtung	160	-17%	224	-25%
sonst. Aufenthaltsr.	200	4%	262	-12%
Hauptnutzung	191	-1%	269	-10%
Hauptnutzung (rein)	171	-11%	171	-43%

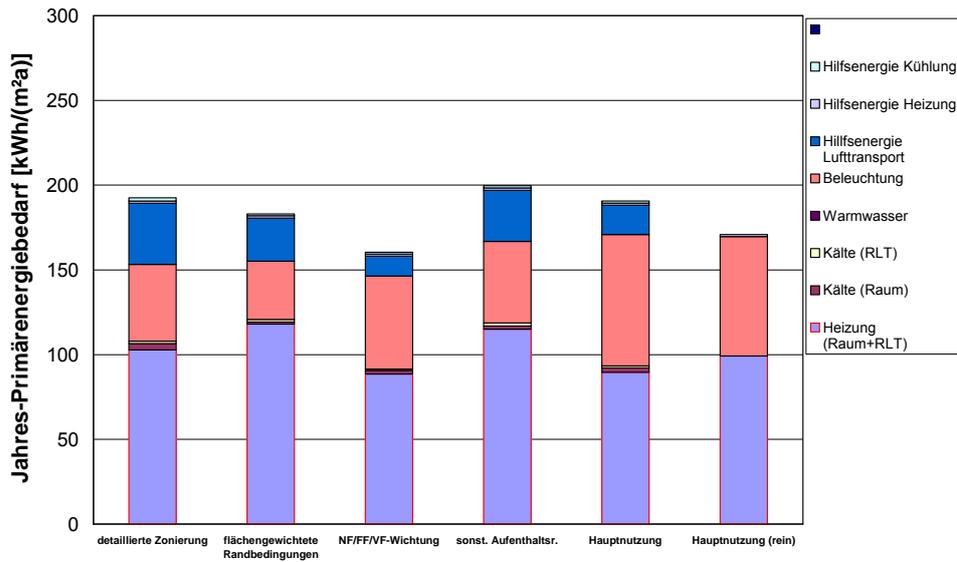


Bild 8: Anteile des Jahres-Primärenergiebedarfs für das Geschäftsgebäude mit Ladennutzung im EG.

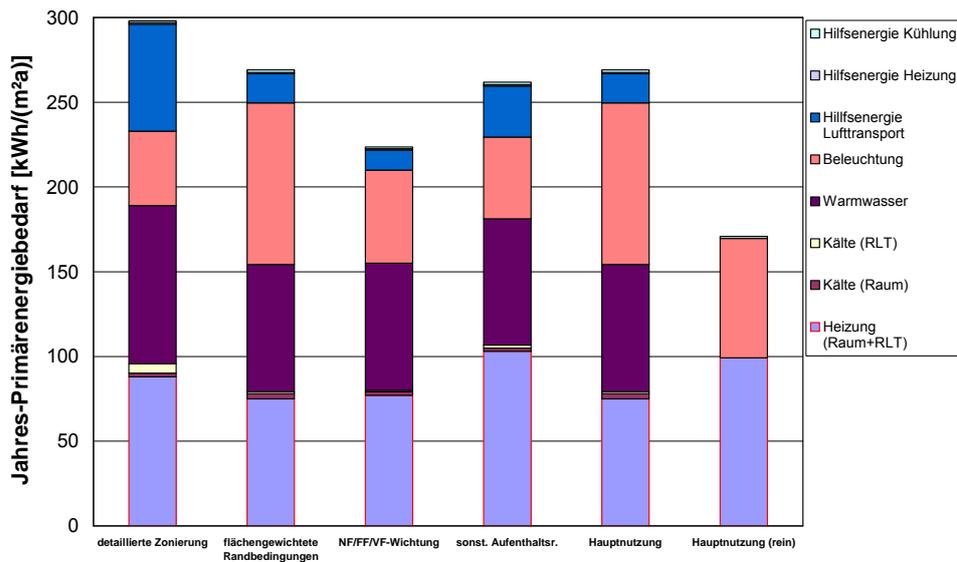


Bild 9: Anteile des Jahres-Primärenergiebedarfs für das Geschäftsgebäude mit Restaurantnutzung im EG.

5.5 Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse

Die Berechnungen mit den Ansätzen „flächengewichtete Randbedingungen“ führen erwartungsgemäß zu geringen Abweichungen von der detaillierten Zonierung. Sie liegen für die betrachteten Gebäude im Bereich von -3 bis -10 %. Auch die einzelnen Bedarfsanteile weisen vergleichsweise geringe Abweichungen von dem detaillierten Ansatz auf.

Der Berechnungsansatz unter Nutzung der pauschalen Wichtung über Nutzflächen, Funktionsflächen und Verkehrsflächen „NF/FF/VF-Wichtung“ führt im Mittel zu den größten (negativen) Abweichungen.

Die Verwendung des Berechnungsansatzes „sonstige Aufenthaltsräume“ (Nutzung Nr. 17 gemäß DIN V 18599-10) führt je nach betrachtetem Gebäude zu Abweichungen von -12 bis +13 %. Einzelne Bedarfsanteile können aufgrund der „starren“ Nutzungsvorgabe zu größeren Abweichungen führen.

Berechnungen, bei denen die Randbedingungen gemäß der Hauptnutzung in Ansatz gebracht werden führen zu Abweichungen im Bereich von -11 bis +8 %. Ebenso wie bei den „sonstigen Aufenthaltsräumen“ können einzelne Bedarfsanteile deutlich von den detailliert bestimmten Größen abweichen. Dies gilt auch für die „Hauptnutzung (rein)“.

Große Abweichungen treten bei der Berücksichtigung von Randbedingungen gemäß „reiner Hauptnutzung“ auf, wenn, wie in dem Berechnungsfall Geschäftgebäude mit Restaurantnutzung, der Primärenergiebedarf für die Warmwassererbereitung nicht miteinbezogen wird.

6 Vorgeschlagenes Modell

Die Qualität des Modells, welches für das vereinfachte Verfahren herangezogen wird, kann anhand folgender Kriterien beurteilt werden.

- **Geringer Zeit- und Arbeitsaufwand bei der Flächenermittlung:** Diesem Aspekt wird Rechnung getragen, indem für das vereinfachte Verfahren das 1-Zonen-Modell vorgeschlagen wird.
- **Einfache Definition der Nutzungsrandbedingungen:** Hierbei kommen praktisch nur die vorgeschlagenen Möglichkeiten der pauschalen Annahme von Nutzungsrandbedingungen in Frage. Die flächenanteilige Wichtung von Nutzungsanteilen würde immer voraussetzen, dass diese für ein Gebäude bekannt sind.
- **Möglichst plausible Identifikation der Nutzungsrandbedingungen:** Um der Grundphilosophie der neuen Methodik für die EnEV 2006 Rechnung zu tragen, bei der nutzungsspezifische Anforderungen Berücksichtigung finden sollten, ist es vorteilhaft, die Hauptnutzung eines Gebäudes heranzuziehen.
- **Keine zu großen Abweichungen in den Werten des Jahres-Primärenergiebedarfs:** Die vorgestellten Untersuchungen zeigen, dass dieses Kriterium mit unterschiedlichen Ansätzen erfüllt werden kann. Grundlegende Fehloptimierungen können durch Einschränkungen des Anwendungsbereichs des vereinfachten Verfahrens und Auflagen bez. der anzusetzenden Randbedingungen weitestgehend ausgeschlossen werden.
- **Einfache Behandlung von Gebäudetechniken und Berechnungsbereichen:** Diesem Aspekt kann Rechnung getragen werden, wenn als Nutzungsrandbedingung die reine Hauptnutzung mit der dort vorgesehenen Technik und den dort vorgesehenen Berechnungsbereichen berücksichtigt wird.

Unter Berücksichtigung zuvor genannter Aspekte und mit Bezug auf die durchgeführten Berechnungen wird vorgeschlagen, das Modell „Hauptnutzung (rein)“ für das vereinfachte Verfahren zugrunde zu legen.

Im Weiteren wird das Modell hinsichtlich Anwendungsbereich, Anwendungskriterien und einzelner Definitionen weiter beschrieben.

7 Anwendungsbereich, Definitionen, Anwendungskriterien

Der Anwendungsbereich für das vereinfachte Verfahren sollte nachstehend aufgeführte Gebäudetypen berücksichtigen. Die Bezeichnung der Gebäudetypen entstammt der Gliederung für Kostenkennwerte für Gebäude gemäß dem Katalog „BKI-Baukosten“.

- Bürogebäude
- Geschäftshäuser (Bürogebäude mit Verkaufseinrichtung; Bürogebäude mit Restaurant)
- Schulen und Kindergärten
- Hotels

Die genannten Nutzungen umfassen gem. [4] mehr als 70% der beheizten Nichtwohngebäude (in der Studie werden bestehende beheizte Nichtwohngebäude betrachtet).

Andere Gebäude wie Theater, Museen, Gemeindezentren, Messegebäude, Sporthallen oder Verbrauchermärkte sind hinsichtlich ihres Flächenplans in der Regel gut definiert und können somit auch mit einer detaillierten Zonierung erfasst werden.

Definition Hauptnutzung

Hinsichtlich der Festlegung der „Hauptnutzung“ gelten folgende Vorgaben. Es ist jeweils die flächenanteilig überwiegende Nutzung eines Gebäudes heranzuziehen. Bei Schulen und Kindergärten sind dies die Klassenräume bzw. die Gruppenräume, bei Hotels die Hotelzimmer, bei Pflegeheimen die Bettzimmer, bei Bürogebäuden die Büroräume. Als Büroräume sind die Nutzungen 1 bis 4 der DIN V 18599-10 (Einzelbüro, Gruppenbüro, Großraumbüro und Besprechung/ Sitzung/ Seminar) zur Beurteilung der Definition „überwiegender Flächenanteil“ zusammen zu ziehen. Ein Beispiel hierfür ist das im Anhang und in Kapitel 4 beschriebene Bürogebäude mit 60m Länge und 6 Geschossen, für das hinsichtlich der Definition „überwiegender Flächenanteil“ die Nutzungen Gruppenbüro und Sitzung zusammenzufassen sind und somit ein Flächenanteil von rund 64% vorliegt. Mit dieser Regelung soll vermieden werden, dass beispielsweise bei dem zweigeschossigen Bürogebäude ein überwiegender Anteil von Lager- bzw. Technikfläche vorhanden wäre, was zu einem von der detaillierten Zonierung deutlich abweichenden Jahres-Primärenergiebedarf führen würde (die Nutzung Lager, Technik weist nur einen geringen Mindestaußenluftvolumenstrom und geringe Beleuchtungsstärken auf).

Bei Bürogebäuden mit Verkaufseinrichtung und Bürogebäuden mit Restaurant sollten wie für „reine“ Bürogebäude die Nutzungen 1 bis 4 der DIN V 18599-10 als Hauptnutzung herangezogen werden, da diese Nutzungen in der Regel die größten Flächenanteile repräsentieren.

Zu Sicherstellung eines möglichst realistischen Berechnungsansatzes ist eine „Mindestfläche“ bestehend aus der Hauptnutzung und der Verkehrsflächen im Rahmen des Nachweises über das vereinfachte Verfahren vorzugeben. Auf Basis der betrachteten Gebäude und der Berechnungsergebnisse sollte die Summe der Nettogrundflächen und der Verkehrsflächen des Gebäudes mehr als die Hälfte der gesamten Nettogrundfläche des Gebäudes betragen.

Behandlung Warmwasser

Abweichend von der generellen Festlegung, die Berechnung mit den Randbedingungen gemäß Hauptnutzung vorzunehmen, muss dann verfahren werden, wenn in dem zu betrachtenden Gebäude eine Warmwasserbereitung vorhanden ist, diese aber nicht in der Hauptnutzung Berücksichtigung findet. Ein Beispiel hierfür ist das Geschäftgebäude mit der Nutzung „Restaurant“ im Erdgeschoss. Wie bei den Berechnungsergebnissen zu sehen, führt die Verwendung „Hauptnutzung“ zu einem deutlich geringeren Jahres-Primärenergiebedarf als bei der „detaillierten Zonierung“. Tritt ein solcher Fall auf, ist der Nutzenergiebedarf Warmwasser und die zugrunde zu legende konditionierte Fläche für den Nutzenergiebedarf Warmwasser der Hauptnutzung zuzuordnen. Alternativ besteht die Möglichkeit, einen mittleren Wert des Nutzenergiebedarfs Warmwasser für das gesamte Gebäude vorzugeben.

Konditionierungsanteile und anlagentechnische Komponenten, die in der Hauptnutzung nicht auftreten

Die Vorgabe der Berechnungsrandbedingungen über die „reine Hauptnutzung“ kann dazu führen, dass Konditionierungsanteile und anlagentechnische Komponenten im Nachweis und der Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs keine Berücksichtigung finden. Ein Beispiel hierfür ist das Schulgebäude, bei dem in der Werkstatt eine Lüftungsanlage vorgesehen ist, die Belüftung der Klassenzimmer aber über eine natürliche Lüftung erfolgt. Liegt ein solcher Fall vor, sind nachstehende Regelungen zu beachten.

Beim Einsatz einer raumluftechnische Anlage als Abluftanlage oder Zu- und Abluftanlage ohne Nachheiz- und Kühlfunktion, die nicht in der Hauptnutzung berücksichtigt wird, ist für diese Anlage nachzuweisen, dass die in der EnEV 2006 aufgeführten Werte der Referenz-Anlagentechnik bezüglich der spezifischen Leistungsaufnahme der Ventilatoren und des Temperaturverhältnisses eingehalten sind.

Hinsichtlich der Gebäudebeheizung und der Warmwasserbereitung sollte der Anwendungsbereich des vereinfachten Verfahrens beschränkt werden, da es anders als bei den zuvor behandelten raumluftechnischen Anlagen nicht praktikabel ist, die energetische Qualität der Komponenten für Heizung und Warmwasserbereitung im Vergleich zur Referenz-Anlagentechnik anhand einzelner Kenngrößen zu bestimmen. Die Beschränkung des Anwendungsbereichs sollte vorsehen, dass das Gebäude nur mit je einer Anlage zur Beheizung und Warmwasserbereitung ausgestattet ist.

Auch im Bereich der Beleuchtung ist es erforderlich, Einschränkungen des Anwendungsbereichs für das vereinfachte Verfahren vorzusehen. Zur Festlegung des Anwendungsbereiches gilt einerseits die Forderung, dass die über die Hauptnutzung nicht erfasste Beleuchtungstechnik keinen zu hohen Primärenergiebedarf zur Folge hat (was z.B. beim Einsatz indirekter Beleuchtung der Fall wäre). Andererseits muss berücksichtigt werden, dass typischerweise in einem Gebäude unterschiedliche Beleuchtungseinrichtungen zum Einsatz kommen, deren spezifische elektrische Bewertungsleistungen durchaus höher als die der Referenz-Beleuchtungstechnik liegen. Als pragmatischer Ansatz wird vorgeschlagen, dass mit den vorgesehenen Beleuchtungseinrichtungen, die nicht in der Hauptnutzung berücksichtigt sind, die spezifische elektrische Bewertungsleistung der Referenz-Beleuchtungstechnik um nicht mehr als 10 % überschritten wird. Die Bestimmung der spezifischen elektrischen Bewertungsleistung erfolgt dabei nach DIN V 18599-4.

Die Referenz-Beleuchtungstechnik (direkte Beleuchtung mit stabförmigen Leuchtstofflampen und VVG) weist eine spezifische elektrische Bewertungsleistung von $p_j=0,057 \text{ W}/(\text{m}^2\text{lx})$ auf. Mit o.g. Vorgabe ist die Einsatzmöglichkeit von direkter Beleuchtung mit Kompaktleuchtstofflampen und EVG ($p_j=0,06 \text{ W}/(\text{m}^2\text{lx})$) gewährleistet. Diese Lampen werden typischerweise in Verkehrsflächen, WC oder sonst. Aufenthaltsräumen installiert.

Kühlung / Klimatisierung

Die Behandlung des Konditionierungsanteils Kühlung / Klimatisierung gestaltet sich in einem vereinfachten Nachweisverfahren als schwierig, da in der Regel nur Teile eines Gebäudes mit entsprechender Technik ausgestattet sind. Eine pauschale Vorgabe gekühlter Teilbereiche eines Gebäudes erscheint aufgrund zu großer Nutzungsvarianz nicht sinnvoll; ebenso ist die „rechnerische“ Berücksichtigung entsprechender Technik für das gesamte Gebäude nicht zielführend. Die zuvor genannte Problematik bezüglich der Quantifizierung der energetischen Qualität der Anlagentechnik im Vergleich zur Referenz-Anlagentechnik trifft auch hier zu.

Es wird vorgeschlagen, das vereinfachte Verfahren für Gebäude mit Kühlung / Klimatisierung nicht zu zulassen.

Gebäudebestand

Der vorgeschlagene Berechnungsansatz kann für den Gebäudebestand ebenso herangezogen werden, wie für neu zu errichtende Gebäude.

Zusammengefasste Darstellung

Anwendungsfälle, anzusetzende Nutzungen und Warmwasserbedarfswerte sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt:

1	2	3	4	5
Nr.	Gebäudetyp	Hauptnutzung	Nutzungsprofil (Nr. gem. DIN V 18599-10, Tabelle 4)	Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser ¹⁾
1	Bürogebäude	Einzelbüro (Nr. 1) Gruppenbüro (Nr. 2) Großraumbüro (Nr. 3) Besprechung, Sitzung, Seminar (Nr. 4)	Einzelbüro (Nr. 1)	0
1.1	Bürogebäude mit Verkaufseinrichtung	wie 1	Einzelbüro (Nr. 1)	0
1.2	Bürogebäude mit Restaurant	wie 1	Einzelbüro (Nr. 1)	1,5 kWh/(Sitzplatz und Tag)
2	Schule Kindergarten	Klassenzimmer Gruppenraum	Klassenzimmer, Gruppenraum (Nr. 8)	ohne Duschen: 85 Wh/(m ² d) mit Duschen: 250 Wh/(m ² d)
3	Hotel ohne Schwimmbad (einfacher bis mittlerer Standard)	Hotelzimmer	Hotelzimmer (Nr. 11)	250 Wh/(m ² d)

¹⁾ Die flächenbezogenen Werte beziehen sich auf die gesamte Nettogrundfläche des Gebäudes.

8 Anforderungsniveau

Um sicher zu stellen, dass die Berechnungsergebnisse des Jahres-Primärenergiebedarfs auf der sicheren Seite liegen, wird vorgeschlagen, den berechneten Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs für das zu errichtende Gebäude gegenüber dem Wert, gemäß Berechnungsverfahren nach DIN V 18599 zu erhöhen. Die Notwendigkeit einer solchen Vorgehensweise wird anhand der durchgeführten Berechnungen deutlich. So liegt die Abweichung des berechneten Jahres-Primärenergiebedarfs für das Geschäftsgebäude mit der Erdgeschossnutzung „Laden“ bei -11%, für die Schule in dem Fall „ohne Warmwasserbereitung“ bei -7%. Aufgrund der vorliegenden Berechnungsergebnisse wird vorgeschlagen, eine Erhöhung des Ist-Wertes des zu errichtenden Gebäudes und des Soll-Wertes des Referenzgebäudes um 10% vorzusehen. Eine Verschärfung der Anforderungen gegenüber dem ausführlichen Nachweis ist somit nicht gegeben.

9 Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht beschreibt ein vereinfachtes Verfahren zur Behandlung des öffentlich-rechtlichen Nachweises nach Energieeinsparverordnung 2006 für Nichtwohngebäude. Es wird ein Verfahren vorgeschlagen, welches auf einem Ein-Zonen-Modell basiert und die Nutzungsrandbedingungen gemäß der reinen Hauptnutzung des Gebäudes berücksichtigt. Die Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs kann somit deutlich einfacher erfolgen, als über das detaillierte Verfahren nach DIN V 18599.

Auf der Basis von Berechnungen anhand von 4 Beispielgebäuden mit unterschiedlichen Nutzungen werden verschiedene Modelle zur Berücksichtigung von Nutzungsrandbedingungen vorgestellt, hinsichtlich der resultierenden Berechnungsergebnisse diskutiert und bezüglich der grundsätzlichen Anwendbarkeit bewertet.

Bei dem vorgeschlagenen Nachweismodell wird insbesondere Wert auf die Einfachheit und Nachvollziehbarkeit des Ansatzes gelegt. Daraus resultieren allerdings auch Einschränkungen im Anwendungsbereich des Verfahrens und Konsequenzen hinsichtlich des anzugebenden Jahres-Primärenergiebedarfs, der gegenüber dem „Standardverfahren“ modifiziert werden muss, um eine Berechnung „auf der sicheren Seite“ zu gewährleisten. Dies wird dadurch erreicht, dass der Jahres-Primärenergiebedarf für das zu errichtende Gebäude und das Referenzgebäude um 10% höher anzusetzen ist als der Wert, der aus der Berechnung resultiert. Eine Verschärfung der Anforderungen gegenüber dem ausführlichen Nachweis ist somit nicht gegeben.

10 Quellen

- [1] DIN V 18599: Energetische Bewertung von Gebäuden. Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung (Juli 2005).
- [2] BKI Baukosteninformationszentrum (Hrsg.) BKI Baukosten 2004.
- [3] DIN 277: Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau (Juni 1987).
- [4] Clausnitzer, Dittrich: Potenzial an Fachleuten zur Umsetzung der GebäudeRL. Schlussbericht zum Dienstleistungsvorhaben 45/04 des BMWA.

Anhang A

A 1 Bürogebäude

Die Gebäudeabmessungen sind 60 m x 14 m und 42 m x 14 m; die Geschosshöhe beträgt bei allen Beispielen 3,3 m (lichte Höhe 2,80 m).

Die betrachteten Grundrisse sind in Bild 1 dargestellt.

Es werden beim 60 m langen Gebäude die Gebäudehöhe 19,8 m (6 Geschosse) und beim 42 m langen Gebäude 3 verschiedene Gebäudehöhen betrachtet, die aus einer 2-, 4- und 6-geschossigen Aufteilung resultieren. Alle Gebäude sind unterkellert (der Keller ist in den zuvor genannten Geschossanzahlen nicht berücksichtigt).

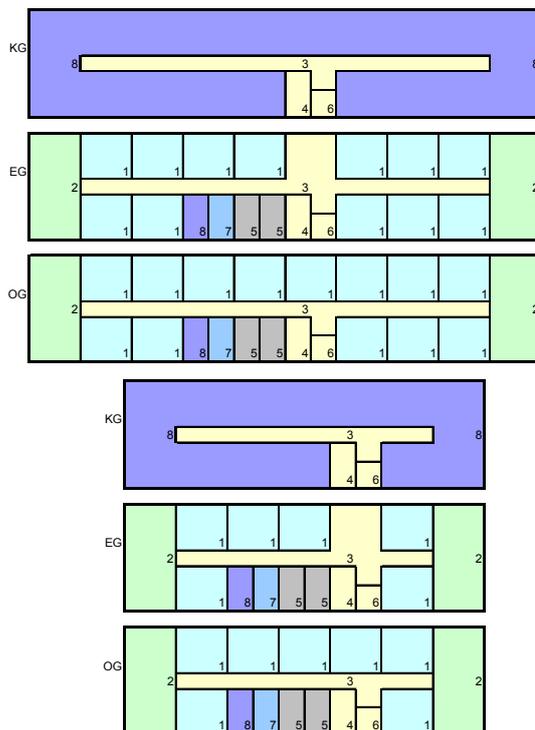


Bild A.1: Grundrisse und Zonen der betrachteten Gebäude (links: Länge 60 m, rechts: Länge 42 m).

Die Orientierung der Hauptfassade ist Ost/West. Der Fensterflächenanteil beträgt jeweils 50 %.

Aus den Gebäudegeometrien resultieren folgende A/V_e -Verhältnisse:

$$60 \text{ m} \times 14 \text{ m}; 6 \text{ Geschosse: } A/V_e = 0,26 \text{ m}^{-1}$$

$$42 \text{ m} \times 14 \text{ m}; 6 \text{ Geschosse: } A/V_e = 0,28 \text{ m}^{-1}$$

$$42 \text{ m} \times 14 \text{ m}; 4 \text{ Geschosse: } A/V_e = 0,31 \text{ m}^{-1}$$

$$42 \text{ m} \times 14 \text{ m}; 2 \text{ Geschosse: } A/V_e = 0,39 \text{ m}^{-1}$$

Die in den Grundrissen in Bild A.1 markierten Nutzungen führen zu einer Unterteilung des Gebäudes in 6 Zonen, die es nach DIN V 18599 zu unterscheiden gilt (Tabelle A.1). Die Nettogrundflächen der Zonen gem. DIN V 18599 sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle A.1: Nutzungen der betrachteten Bürogebäude und Zuordnung zu Zonen gemäß DIN V 18599.

Nr.	Nutzung	Zonen gem. DIN V 18599	
1	Gruppenbüro	2	Gruppenbüro
2	Besprechung	4	Besprechung
3	Flur	19	Verkehrsflächen
4	Treppenhaus	19	Verkehrsflächen
5	Toiletten	16	WC
6	Fahrradstuhle	19	Verkehrsflächen
7	Teeküche	18	Nebenflächen
8	Lager/Technik	20	Lager/Technik

Zur Präzisierung hinsichtlich der angesetzten Ausführungen gelten folgende Angaben:

- leichte Ausführung (wirksame Wärmespeicherfähigkeit)
- außenliegender Sonnenschutz (Ost-, West- und Südorientierung; Außenjalousie in 45°-Stellung in dunkelgrauer Ausführung, manuell- oder zeitgesteuerte Sonnenschutzvorrichtung. Mit der in der Referenzausführung vorgesehenen Verglasung (Mehrscheibenisolierverglasung; zweifach) ergibt sich der Gesamtenergiedurchlassgrad inklusive Sonnenschutz zu $g_{tot} = 0,06$)
- Blendschutz in der Zone „Gruppenbüro“ über o.g. außenliegenden Sonnenschutz
- Warmwasserbereitung: dezentral elektrisch
- Lüftung: Lüftungsanlage (Zu-/Abluftanlage) mit Wärmerückgewinnung

Weitere Randbedingungen

- Der untere Gebäudeabschluss wird mit einem Temperaturkorrekturfaktor $F_{b,f} = 0,35$ (Bodenplatte) und $F_{b,w} = 0,6$ (Außenwände gegen Erdreich) berücksichtigt.
- Der Wärmebrückenkorrekturwert von $\Delta U_{WB} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ wird beim Dach und beim unteren Abschluss angesetzt.

A 2 Schulgebäude

Das freistehende Schulgebäude gemäß Bild A.2 mit einer Netto-Grundfläche von 6297 m² weist ein A/V_e-Verhältnis von 0,32 m⁻¹ auf. Die in den Grundrissen in Bild A.3 markierten Nutzungen führen zu einer Unterteilung des Gebäudes in 10 Zonen, die es nach DIN V 18599 zu unterscheiden gilt (Tabelle A.2).

Tabelle A.2: Nutzungen des Schulgebäudes und Zuordnung zu Zonen gemäß DIN V 18599.

Nr.	Nutzung	Zonen gem. DIN V 18599	
1	Klassenzimmer	8	Klassenzimmer (Schulen)
2	Fachraum	8	Klassenzimmer (Schulen)
3	Büro	2	Gruppenbüro
4	Lehrerzimmer	2	Gruppenbüro
5	Lehrerbibliothek	28	Bibliothek / Lesesaal
6	Cafeteria	12	Kantine
7	Hausmeister	17	sonst. Aufenthaltsräume
8	Foyer	19	Verkehrsflächen
9	Treppenhaus	19	Verkehrsflächen
10	Aufzug	19	Verkehrsflächen
11	Flur	19	Verkehrsflächen
12	Werkraum	22	Werkstatt/Montage
13	Fotolabor	20	Lager/Technik
14	Lager/Technik	20	Lager/Technik
15	Bibliothek	28	Bibliothek / Lesesaal
16	WCs	16	WC

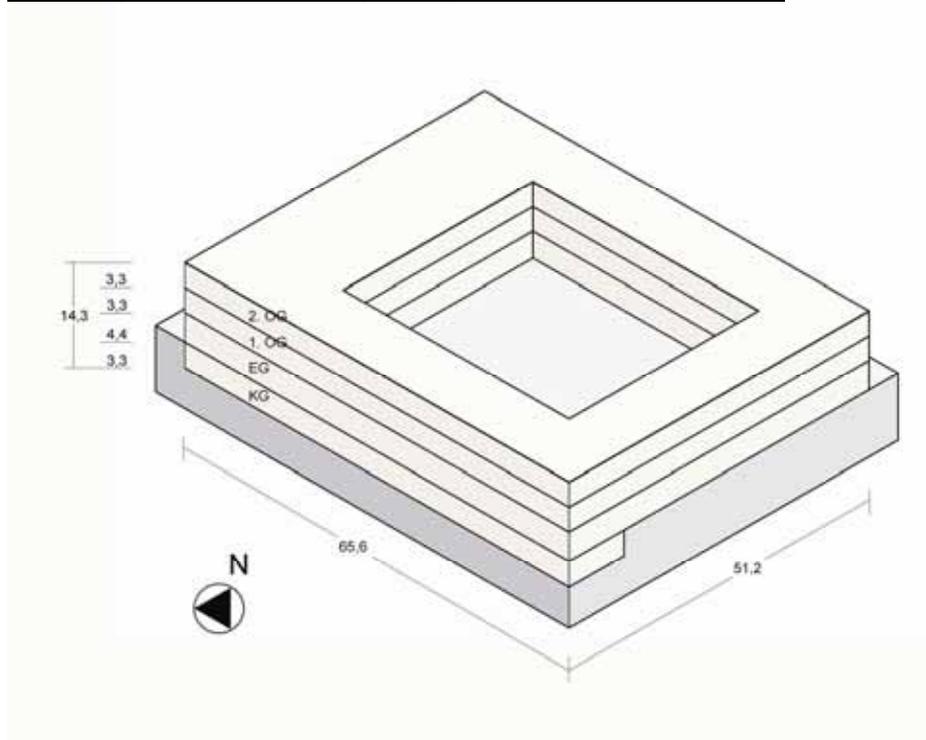


Bild A.2: Schulgebäude.

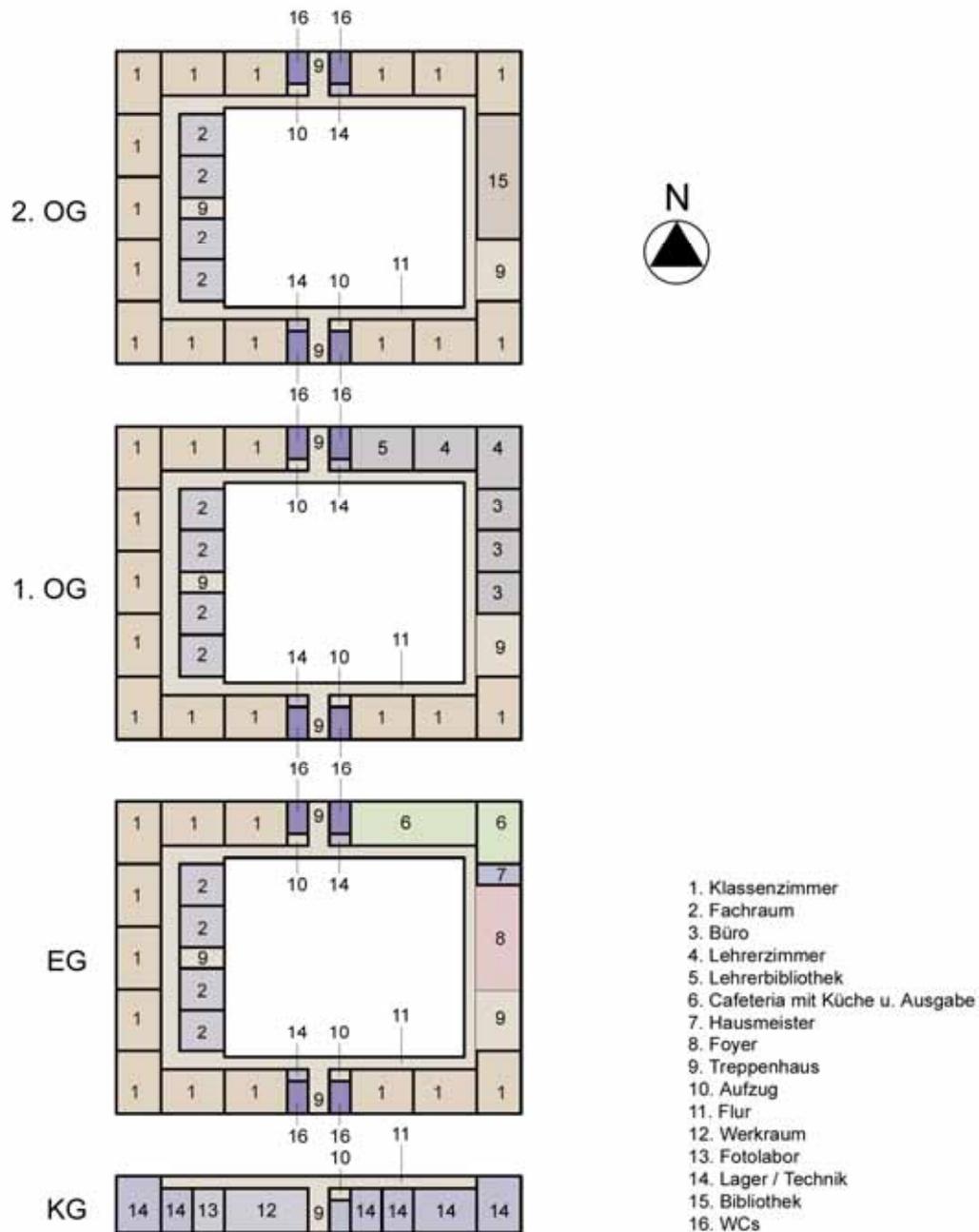


Bild A.3: Grundrisse und Zonen des Schulgebäudes.

- Fensterflächenanteil 40 %
- Sonnenschutzvorrichtung in Ost-/ West- und Südorientierung: Außenjalousie in 45°-Stellung in dunkelgrauer Ausführung, manuell- oder zeitgesteuerte Sonnenschutzvorrichtung. Mit der in der Referenzausführung vorgesehenen Verglasung (Mehrscheibenisolierverglasung; zweifach) ergibt sich der Gesamtenergiedurchlassgrad inklusive Sonnenschutz zu $g_{tot} = 0,06$.

- leichte Ausführung
- Zentrale Warmwasserbereitung (die Festlegung des Nutzenergiebedarfs Warmwasser erfolgt über den flächenbezogenen Bedarf von $q_{w,b} = 170 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{d})$ und Bezug auf die Fläche der Klassenräume (3280 m^2)
- Lüftungsanlage (Zu-/Abluftanlage) in den Zonen „Werkraum“, „Fotolabor“, „WC“; sonst freie Lüftung

A 3 Geschäftsgebäude

Die freistehende Geschäftsgebäude gemäß Bild A.4 mit einer Netto-Grundfläche von 2597 m^2 weist ein A/V_e -Verhältnis von $0,32 \text{ m}^{-1}$ auf. Die in den Grundrissen in Bild A.5 markierten Nutzungen führen zu einer Unterteilung des Gebäudes in 11 Zonen, die es nach DIN V 18599 zu unterscheiden gilt (Tabelle A.3).

Tabelle A.3: Nutzungen des Geschäftsgebäudes und Zuordnung zu Zonen gemäß DIN V 18599.

Nr.	Nutzung	Zonen gem. DIN V 18599	
1	Laden	6	Einzelhandel
2	Flur	19	Verkehrsfläche
3	Treppenhaus	19	Verkehrsfläche
4	Fahrstuhl	19	Verkehrsfläche
5	Aufenthaltsraum	17	sonst. Aufenthaltsräume
6	Lager/Technik	20	Lager / Technik
7	Büro	2	Gruppenbüro
8	WC	16	WC und Sanitär in NWG
9	Konferenzraum	4	Besprechung/Sitzung/Seminar
10	Praxisraum	1	Einzelbüro
11	Tiefgarage	33	Parkhaus öffentlich

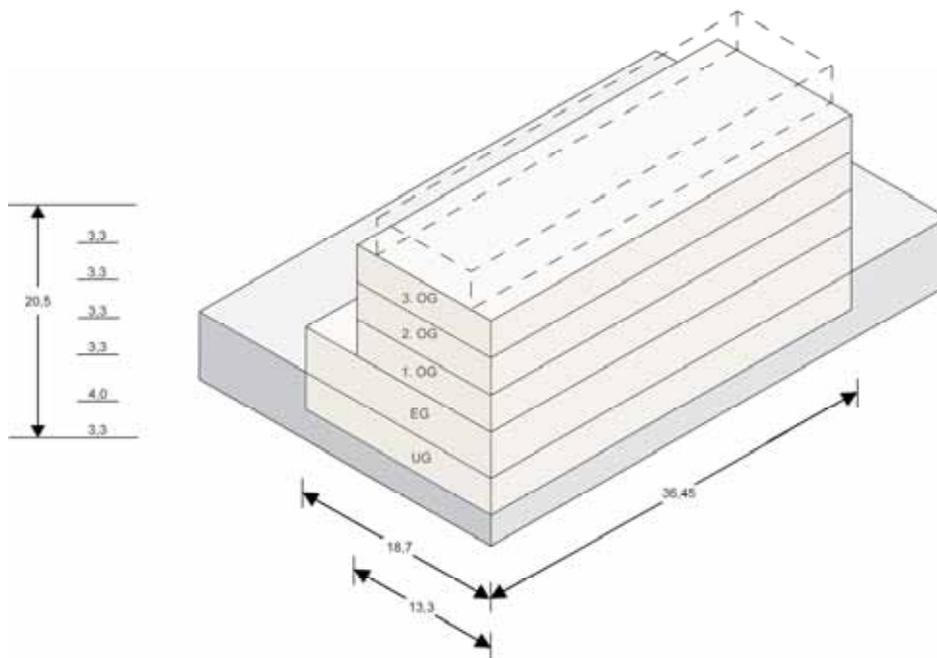


Bild A.4: Geschäftsgebäude (Das gestrichelte Volumen soll andeuten, dass bei einem solchen Geschäftshaus oftmals ein Staffelgeschoss ggf. mit Wohnnutzung vorliegt. In den Berechnungen ist das Staffelgeschoss nicht berücksichtigt).

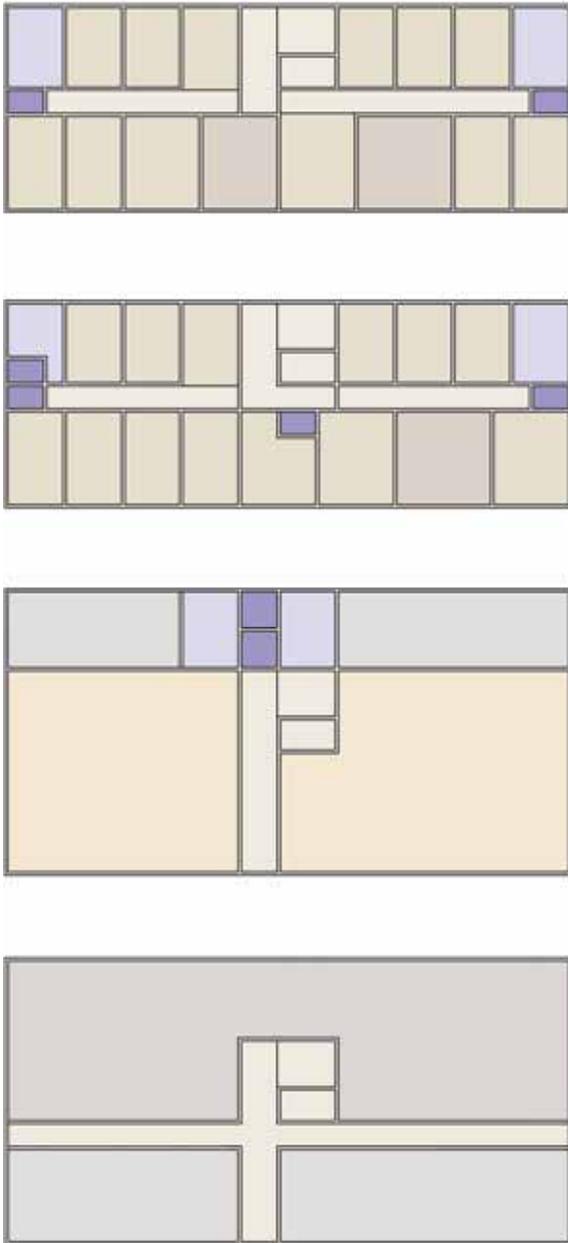


Bild A.5: Grundrisse und Zonen des Geschäftsgebäudes (Bezeichnungen der Zonen sind noch nachzutragen).

- Fensterflächenanteil 70 %
- Sonnenschutzvorrichtung in Ost-/ West- und Südorientierung: Außenjalousie in 45°-Stellung in dunkelgrauer Ausführung, manuell- oder zeitgesteuerte Sonnenschutzvorrichtung. Mit der in der Referenzausführung vorgesehenen Verglasung (Mehrscheibenisolierverglasung; zweifach) ergibt sich der Gesamtenergiedurchlassgrad inklusive Sonnenschutz zu $g_{tot} = 0,06$.
- leichte Ausführung
- Zentrale Warmwasserbereitung bei Fall „Restaurantnutzung“ (die Festlegung des Nutzenergiebedarfs Warmwasser erfolgt über den flächenbezogenen Bedarf von $q_{w,b} = 1250 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{d})$ und Bezug auf die Fläche des Restaurants (417 m^2))

- Zone mit Kühlung (RLT und Raumkühlung) (Laden bzw. Restaurant): Teilklimaanlage (Heizen, Kühlen, Entfeuchten), Kolbenverdichter (bis 500 kW)
- Lüftungsanlage (Abluftanlage) in den Zonen „WC“ und „Tiefgarage“; sonst freie Lüftung

A 4 Hotel

Das freistehende Hotel gemäß Bild A.6 mit einer Netto-Grundfläche von 3172 m² weist ein A/V_e-Verhältnis von 0,28 m⁻¹ auf. Die in den Grundrissen in Bild A.7 markierten Nutzungen führen zu einer Unterteilung des Gebäudes in 12 Zonen, die es nach DIN V 18599 zu unterscheiden gilt (Tabelle A.4).

Tabelle A.4: Nutzungen des Hotels und Zuordnung zu Zonen gemäß DIN V 18599.

Nr.	Nutzung	Zonen gem. DIN V 18599	
1	Hotelzimmer	11	Hotelzimmer
2	Bad	16	WC und Sanitär in NWG
3	Büro	2	Gruppenbüro
4	Rezeption	17	sonst. Aufenthaltsräume
5	Konferenzraum	4	Besprechung/Sitzung/Seminar
6	Küche	14	Küche in Nichtwohngebäuden
7	Küche	15	Küche - Vorbereitung / Lager
8	Restaurant	13	Restaurant
9	Fitnessraum	31	Sporthalle
10	WCs	16	WC in Nichtwohngebäuden
11	Foyer	19	Verkehrsflächen
12	Flur	19	Verkehrsflächen
13	Treppenhaus	19	Verkehrsflächen
14	Aufzug	19	Verkehrsflächen
15	Lager/Technik	20	Lager/Technik

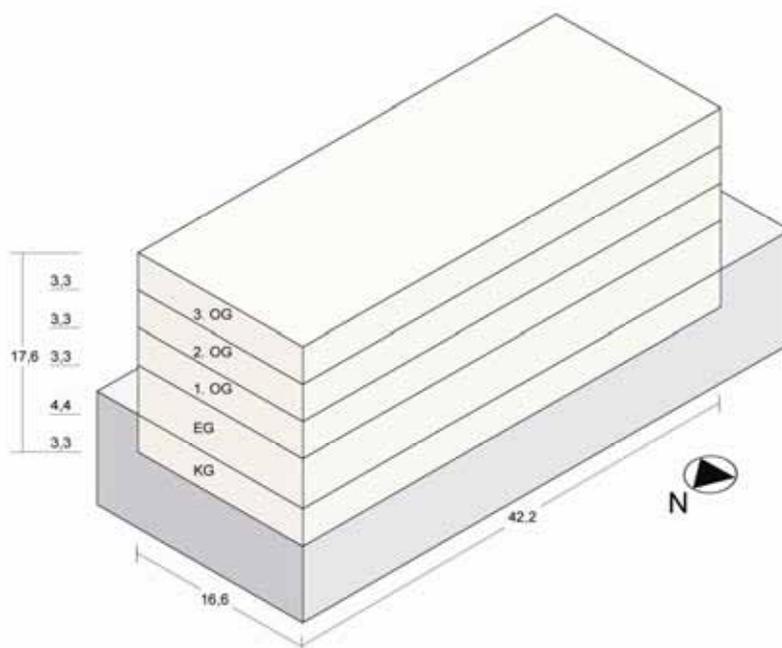


Bild A.6: Hotel.

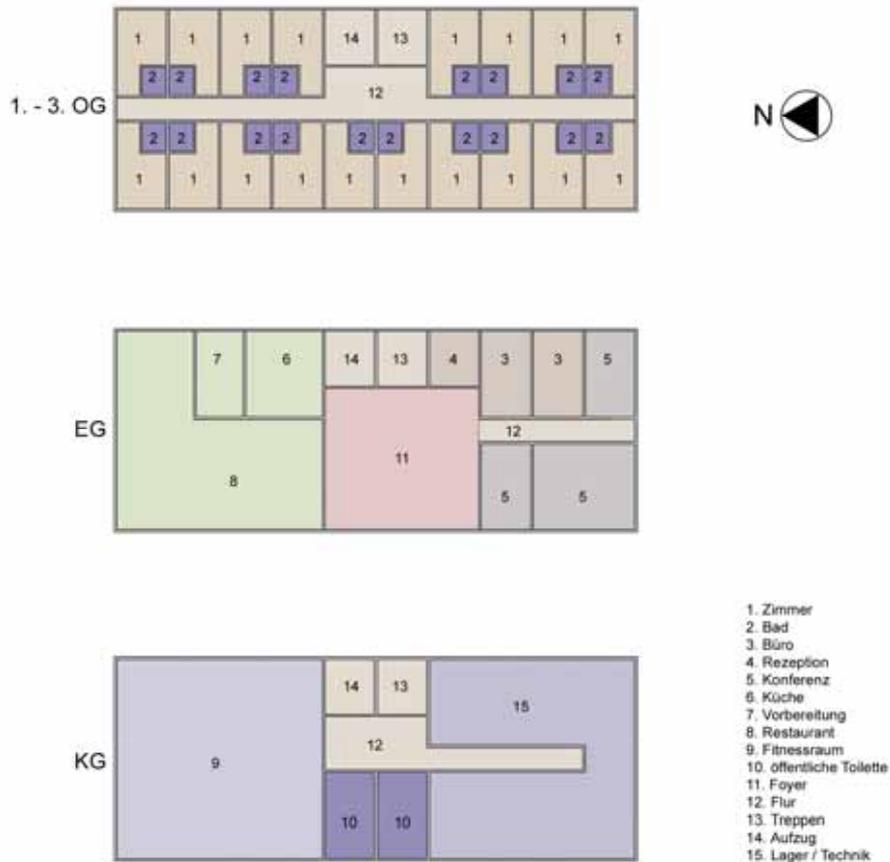


Bild A.7: Grundrisse und Zonen des Hotels.

- Fensterflächenanteil 60 %
- Sonnenschutzvorrichtung in Ost-/ West- und Südorientierung: Außenjalousie in 45°-Stellung in dunkelgrauer Ausführung, manuell- oder zeitgesteuerte Sonnenschutzvorrichtung. Mit der in der Referenzausführung vorgesehenen Verglasung (Mehrscheibenisolierverglasung; zweifach) ergibt sich der Gesamtenergiedurchlassgrad inklusive Sonnenschutz zu $g_{tot} = 0,06$.
- leichte Ausführung
- Zentrale Warmwasserbereitung (die Festlegung des Nutzenergiebedarfs Warmwasser erfolgt über den flächenbezogenen Bedarf von $q_{w,b} = 450 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{d})$ und Bezug auf die Fläche der Hotelzimmer (1215 m^2) sowie den flächenbezogenen Bedarf von $q_{w,b} = 1250 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{d})$ und Bezug auf die Fläche des Restaurants (194 m^2))
- Zonen mit Kühlung (RLT und Raumkühlung) (Hotelzimmer): Teilklimaanlage (Heizen, Kühlen, Entfeuchten), Kolbenverdichter (bis 500 kW)
- Zonen mit Kühlung (RLT) (Restaurant, Konferenz, Rezeption, Küche-Vorbereitung,): Teilklimaanlage (Heizen, Kühlen, Entfeuchten), Kolbenverdichter (bis 500 kW)

- Zonen ohne Kühlung (Fitnessraum): Lüftungsanlage (Zu-/Abluftanlage)
- Zonen ohne Kühlung (Flur, WC): Lüftungsanlage (Abluftanlage)
- Zonen ohne Kühlung (Büro): freie Lüftung