

Wie bilanzieren die europäischen Staaten in Luxemburg, Deutschland, Belgien, der Schweiz und in Frankreich?

Ein Vergleich der verschiedenen nationalen Berechnungsvorschriften der Gesamtenergieeffizienz anhand von 14 Bürogebäuden und deren Realverbrauch

How the European member states in Luxembourg, Germany, Belgium, Switzerland and France do their energy balances?

A comparison of the different national rules for the thermal energy certification for 14 real office buildings including the consumption values

Wolfgang Render^a, Stefan Maas^b, Frank Scholzen^b,

^aHochschule Kaiserslautern, corresponding author : Wolfgang.Render@hs-kl.de

^bUniversité du Luxembourg, Faculté des Sciences, de la Technologie et de la Communication

Die EU-Mitgliedsstaaten sind gemäß den Richtlinien 2002/91/EG und 2010/31/EU verpflichtet, die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden abhängig von ihrer Art der Nutzung zu ermitteln und in einem Energiepass zu belegen. Die Ausgestaltung der Details des Berechnungsverfahrens und der Grenzwerte obliegt den Mitgliedsstaaten, denen man damit einen nationalen Entscheidungsspielraum zugesteht.

Für 14 bestehende einfache kleinere Bürogebäude ohne Lüftung und Klimatisierung wurden die Berechnungen der Gesamtenergieeffizienz nach den jeweiligen Berechnungsmethoden durchgeführt und mit dem gemessenen realen Verbrauch verglichen. Die Abweichungen zwischen der berechneten Endenergie und dem tatsächlichen Verbrauch betragen zwar bis über 100% beim einzelnen Objekt, aber nur ca. + 28 % im Mittel bei der Heizenergie und nur wenige Prozent beim Strom, allerdings unter Annahme eines geschätzten Stromverbrauchs für die Büroausstattung. Die Abweichungen bei der Heizenergie und beim Strom können als gut bezeichnet werden.

In accordance with the directives 2002/91 / EC and 2010/31 / EU the EU Member States are obliged to determine the energy performance for the different types of buildings, and to document it in an energy certificate. The details of the calculation method and the limit values are under the responsibility of the Member States, allowing for national leeway..

For 14 existing smaller office buildings without mechanical ventilation and air conditioning, the different calculations were carried out according to the respective national methods and compared to the real consumption values. Although the difference between the calculated final energy and actual consumption may rise above 100% for some individual objects, the deviation is in average only 28% for heating energy, and only a few percent for electricity, assuming an electric consumption of the office equipment. These average differences may be considered as sufficiently precise.

Einleitung

Da 40 % des Gesamtenergieverbrauchs der Europäischen Union auf Gebäude entfallen und der Gebäudebestand expandiert, verschärfte die EU die Richtlinie 2002/91/EG mit der Neufassung 2010/31/EU mit dem Ziel einer Verbrauchsenkung [1]. Dabei soll jedem Mitgliedsstaat die Möglichkeiten geboten werden, klimatische und lokale Bedingungen zu berücksichtigen. Die Berechnungsmethodik muss nationale und lokale Differenzierungen

erlauben, die technische Ausstattung der Gebäude berücksichtigen und dem Stand der nationalen Normen entsprechen.

Ein Vergleich der Verfahren zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz für die Staaten Deutschland, Luxemburg, Schweiz, Belgien und Frankreich zeigt die Unterschiede der Berechnungsmethoden auf. Es wurde für 14 einfache kleinere Bürogebäude die Berechnungen der Gesamtenergieeffizienz erstellt, verglichen und dem tatsächlichen Verbrauch gegenüber gestellt.

1. Begriffe

Zur Ermittlung eines gesetzlich zulässigen Höchstwertes des Primärenergiebedarfs besteht die Möglichkeit, ein sogenanntes Referenzgebäude abzubilden, welches die Geometrie, Ausrichtung und Nutzung wie das zu überprüfende Gebäude besitzt. Die Baukonstruktion der Hüllflächen (U-Werte) sowie die Technische Ausstattung werden im Referenzgebäude nach den gesetzlichen Randbedingungen abgebildet. Die Berechnung der Gesamtenergieeffizienz des Referenzgebäudes liefert als Ergebnis den Endenergiebedarf. Durch Multiplikation des Endenergiebedarfs mit Primärenergiefaktoren berechnet sich der gesetzlich höchstens zulässige Primärenergiebedarf, mit dem das zu überprüfende Gebäude verglichen wird.

Unter Energiebezugsfläche ist die konditionierte Fläche eines Bürogebäudes zu verstehen, wobei je nach Land entweder die Bruttogrundfläche (BGF) oder die Nettogrundfläche (NGF) verwendet wird. Erstere wird über die Außenabmaße definiert und enthält daher die Wandflächen und letztere über die Innenabmaße ohne die Wände. Viele überprüfte Beispiele zeigen, dass in etwa $NGF \approx 0.8 \text{ BGF}$ gilt, was im Folgenden auch zur Umrechnung verwandt wurde.

2. Methodik

Zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz eines Bürogebäudes kann nach der Richtlinie 2010/31/EU entweder die tatsächlich verbrauchte Endenergie (Endenergieverbrauch) oder die berechnete Endenergiemenge (Endenergiebedarf) herangezogen werden. Bei Neubauten oder größeren Modernisierungen ist zwingend der Endenergiebedarf zu berechnen. Als Verbraucher sind die Heizung, Kühlung, mechanische Lüftungsanlagen und Warmwassererzeugung anzusetzen. Bei Bürogebäuden ist zudem die Beleuchtung zu berücksichtigen. Weiterhin fließen die thermischen Eigenschaften und die Randbedingungen des Gebäudes (Nutzung, Gestaltung, Lage, Ausrichtung, Außenklima, interne Lasten) in die Berechnungen ein.

Zum Vergleich der Genauigkeit der Berechnungsmethoden der einzelnen Staaten wird der Endenergiebedarf von 14 realen Bürogebäuden nach den jeweiligen nationalen Berechnungsverfahren ermittelt. Um die Witterungseinflüsse der verschiedenen Staaten zu minimieren, wird angenommen, dass das Außenklima annähernd dem deutschen Referenzklima (Potsdam) entspricht¹. Der berechnete End- und Primärenergiebedarf für die Heizenergie und die Beleuchtung wird dann untereinander und schließlich mit dem tatsächlichen End- und Primärenergieverbrauch verglichen.

¹ Für die Staaten D, LUX und CH wird das Referenzklima Potsdam, für B das Referenzklima von Belgien und für Frankreich das Referenzklima der Region Departement Moselle gewählt. Durch die Definition dieser klimatischen Bedingungen bestehen nur minimale regionale Temperaturunterschiede, so dass keine besonderen Einflüsse der Außentemperatur auf den berechneten Endenergiebedarf zu erwarten sind.

3. Normative Grundlagen

Orientierung für die Berechnungsmodelle aller Staaten ist die Norm *EN ISO 13790 - Energieeffizienz von Gebäuden – Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung* [2]. Als Berechnungsergebnis wird der Nutzenergiebedarf ausgewiesen, der nun als Eingangsdatensatz für die Energiebilanz auf Anlagenebene (Heiz-, Kühl- und Lüftungsanlagen) dienen kann. Abschließend ist der Gesamt-Endenergiebedarf des Gebäudes auszuweisen. Die nach der Richtlinie 2010/31/EU geforderte Berechnung des Primärenergiebedarfs eines Gebäudes erfolgt durch Multiplikation des nach EN ISO 13790 ermittelten Gesamt-Endenergiebedarfs mit den nach EN 15603 [3] bzw. national definierten Primärenergiekennwerten f_P .

Nach Norm *EN ISO 13790* bzw. *EN 15603* können die einzelnen Staaten für die Berechnungen des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs verschiedene Parameter, wie z.B. U-Werte (Grenzwerte) oder Primärenergiefaktoren national definieren.

4. Berechnungsmethoden der Staaten – Systematik und Konventionen

Die Berechnungsmethodik zur Ermittlung des rechtlich geforderten Nachweises entwickelt sich aus mehrstufigen Verfahren. Tabelle 1 stellt vergleichend den Berechnungsablauf und die wesentlichen Parameter der einzelnen Mitgliedsstaaten dar.

Übersicht "Vergleich der nationalen Verfahren zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz von Bürogebäuden"					
Staat	D	LUX	CH	B	F
Stichwort					
Basis	Gebäude				
Ausstattung	Referenzgebäude				
Untergliederung	Zonierung				
Rechtliche Unterteilung	Wohnen / Nichtwohnen			Wohnen / Nichtwohnen	
Nutzungskategorien		13 Arten	12 Arten	6 Arten	14 Arten
Nutzungsprofile (NP)	43 NP	33 NP	44 NP		
TGA-Grundausrüstung	Heizung + Beleuchtung				
TGA-Ergänzungen	Kühlung			Kühlung	Kühlung
	Lüftung	Lüftung	Lüftung	Lüftung	Lüftung
			Aufzug		
			Schwachstrom		
Energiebezugsfläche	NGF			NGF	1,1 x NGF
Grenzwerte Hüllfläche	max. U-Werte bzw. min. R-Werte				
Wärmebrückennachweis	detailliert	detailliert	detailliert	detailliert	keine Grenzwerte
alternativ	Standardlösungen	Standardlösungen		Standardlösungen	detailliert
alternativ	Pauschalansatz	Pauschalansatz	Pauschalansatz	Pauschalansatz	
Berechnung Nutzenergie	Nutzenergiebedarf Q_N				
Anlagenverluste	Detailberechnung der Anlagenverluste			Faktoren	detailliert
			ohne		
Berechnung Endenergie	Endenergiebedarf $Q_{E\text{Heizen}}$			Endenergiebedarf $Q_{E\text{Heizen}}$	
+	Endenergiebedarf $Q_{E\text{Beleuchtung}}$				
Primärenergie	Hilfsenergie				
	Σ Endenergiebedarf Q_E			Σ Endenergiebedarf Q_E	
	Primärenergiefaktor f_P			Primärenergiefaktor f_P	
	Primärenergiebedarf Q_P			Primärenergiebedarf Q_P	
erforderliche Nachweise	$Q_P \leq Q_{P\text{ref}}$	$q_P \leq q_{P\text{ref}}$ (Nachweis mind. Klasse C)	$Q_{\text{Heizwärmebedarf}} \leq Q_{\text{Grenzwert MuKE}}$	Niveau E w: $E_{\text{prim}} \leq E_{\text{zul}} = 80$	$Q_P \leq C_{ep\text{max}}$
(ohne sommerlichen Wärmeschutz)	$Q_P \leq 0,75 \cdot Q_{P\text{ref}}$ (für Neubau ab 01.01.2016)	$q_{h,b} \leq q_{h,b\text{ref}}$ (Nachweis mind. Klasse C)	$Q_{\text{Beleuchtung}} \leq Q_{\text{Grenzwert SIA 380/4}}$	Niveau K: $K \leq K_{\text{zul}} = 35$	$B_{\text{bio}} \leq B_{\text{bio max}}$
			$Q_{\text{Lüftung}} \leq Q_{\text{Grenzwert SIA 380/4}}$	E_w : Primärenergiebedarf K : Gesamtwärmedämmgrad	C_{ep} : Primärenergiebedarf B_{bio} : Koeffizient bioklimatischer Bedarf
			$Q_{\text{Klima}} \leq Q_{\text{Grenzwert SIA 380/4}}$		

Tabelle 1 - Systematik zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz

Table 1 – Scheme for calculating the overall energy performance

Luxemburg und **Deutschland** bestimmen mittels eines Referenzgebäudes mit definierter Bau- und Technikausstattung den zulässigen Grenzwert des Primärenergiebedarfs. Die Verluste der einzelnen Anlagen werden detailliert berechnet. In Luxemburg ist das Berechnungsergebnis zudem für verschiedene Kennwerte (Heizen, Beleuchten, Lüftung, Kälte, CO₂-Kennwert) auszuweisen und Effizienzklassen (Klassen von A bis I) zuzuordnen. Der gesetzlich zulässige Höchstwert ist die Effizienzklasse C.

Belgien leitet den einzuhaltenden Grenzwert des Primärenergiebedarfs aus Formeln und Kennwerten ab. Die Berechnung der Anlagenverluste wird überschlägig mittels Nutz- und Leistungsfaktoren einzelner Komponenten bzw. ganzer Anlagen berechnet. Belgien stattet als einziger Mitgliedsstaat für die Berechnung der Gesamtenergieeffizienz das Gebäude verpflichtend mit Kühlungsanlagen aus.

Frankreich Die französische Berechnungssystematik verzichtet auf die Vorgabe von Grenzwerten z.B. in Form von U-Werten für die Außenhülle, Standardisierungen bei den Wärmebrückennachweisen und Vorgaben zur technischen Ausstattung. Der zu berechnende Grenzwert des Primärenergiebedarfs Q_P , bezeichnet als $C_{ep\ max}$, wird mittels einer definierten Formel und Parametern berechnet, die die regionalen und geographischen Kriterien des Gebäudes berücksichtigen.

Die **Schweiz** definiert das Verfahren zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden im Rahmen einer Mustervorschrift, deren Anwendung den einzelnen Kantonen empfohlen, aber nicht verbindlich vorgeschrieben wird. Es besteht gemäß dieser Mustervorschrift die freie Wahl zwischen einem Systemnachweis (Berechnung des spezifischen Heizwärmebedarfs des Gebäudes) oder einem Bauteilnachweis (Einhaltung definierter U-Werte) zu. Im Falle des Systemnachweises dürfen die in der Mustervorschrift definierten Grenzwerte für Neubauten oder Umbauten nicht überschritten werden. Bei der Wahl des Bauteilnachweises ist lediglich zu belegen, dass die Baukonstruktionen der Hüllflächen die in der Mustervorschrift geforderten U-Werte einhalten.

Wichtige variierende nationale Bedingungen und deren Parameter zeigt Tabelle 2.

	LUX	D	F	B	CH
Quellen	Règlement grand ducal A-N° 173	EnEV 2014	RT 2012	Arrête du Gouvernement Wallon (PEN)	Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEEn)
Fassung	01.10.2010 28.01.2015	21.11.2013	26.10.2010	15.05.2014	04.04.2008
Besonderheit			8 geographische Zonen (H1 - H3)	nur Wallonie	MuKEEn nur Empfehlung für Kantone
U-Werte (Grenzwerte)					
Bodenplatte	0,40	0,35	kein Grenzwert	0,30	0,28 (mit Wärmebrückennachweis)
Wand gegen Erdreich	0,40	0,35	kein Grenzwert	R = 1,50 (=> U = 0,67)	0,28 (mit Wärmebrückennachweis)
Außenwand	0,32	0,28	kein Grenzwert	0,24	0,20 (mit Wärmebrückennachweis)
Dach	0,25	0,20	kein Grenzwert	0,24	0,20 (mit Wärmebrückennachweis)
Fenster	1,50	1,30	kein Grenzwert	Fenster U = 1,8 für Glas U=1,1	1,30 (mit Wärmebrückennachweis)
Berechnungsmethodik	Referenzgebäude	Referenzgebäude	Detaillierter Nachweis	Kennwertverfahren	Bauteil- oder Systemnachweis
Standortanpassung	nicht möglich	nicht möglich	möglich durch geographische Zone	nicht möglich	Höhenkorrektur möglich (8% je ΔK)
Belegungsdichte Ø	14 m²/Pers.	14 m²/Pers.	keine Vorgabe	15 m²/Pers.	14 m²/Pers.
Auslegung Heizfall	20 °C	20 °C	20 °C	19 °C	21 °C
Auslegung Kühlfall	26 °C	26 °C	25 °C	23 °C	25 °C
Nutzungszeit	11 h/d	11 h/d	9 h/d	Hilfsenergie: ganzjährig Beleuchtung: 16,75 Tagstunden 1,15 Nachtstd.	11 h/d
Außenluftvolumenstrom je Fläche (ohne RLT-Anlagen)	5,0 m³/(h·m²) bei 5 Pa Druckdifferenz	4,0 m³/(h·m²) bei 5 Pa Druckdifferenz	1,2 m³/(h·m²) bei 4 Pa Druckdifferenz	2,9 m³/(h·m²)	2,6 m³/(h·m²)
Interne Last Arbeitshilfen (mittel)	7,0 W/m²	7,0 W/m²	1,6 W/m²	3,0 W/m²	7,0 W/m²
Faktor Primärenergie					
Heizöl EL	1,10	1,10	1,00	1,00	1,24
Erdgas	1,12	1,10	1,00	1,00	1,15
Strom	2,66	2,50	2,58	2,50	2,97
	Faktoren Primärenergie nach EN 15603:			1,35 Heizöl EL	
				1,36 Erdgas	
				3,31 Strom	

Tabelle 2 - Auszug nationaler Konventionen zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz

Table 2 - Extract of national conventions for calculating total energy performance

5. Auswirkungen auf die Berechnungen der Gesamtenergieeffizienz

Die nationalen Unterschiede in der Berechnungssystematik (siehe Tabelle 1) sowie in den Konventionen zur Berechnung (siehe Tabelle 2) führen dazu, dass die nationalen Ergebnisse der Berechnung der Gesamtenergieeffizienz nicht direkt verglichen werden können.

Die Auswirkungen der einzelnen Parameter auf den berechneten End- und Primärenergiebedarf können nur mittels Parameterstudien dargestellt werden. Hierzu wurden 14 reale Bürogebäude, zu denen auch der Endenergieverbrauch der Heizenergie und des Stroms von mindestens einer Periode (Jahr) vorlag, als Grundlage herangezogen. Alle Bürogebäude sind ohne Lüftungs- oder Klimaanlage.

Tabelle 3 stellt die wesentlichen Gebäudemerkmale dar.

Nr.	Energie-bezugs-fläche m ²	Netto-volumen m ³	Anzahl Geschosse	Faktor A / V m ⁻¹	Baujahr / Renovierung	mittlerer U-Wert W / (m ² ·K)	unterkellert (Anzahl)
1	1.059	3.382	3	0,55	2008	0,432	nein
2	1.081	3.028	3	0,60	2007	0,431	nein
3	474	1.296	2	0,87	1994	1,054	ja (1)
4	202	549	2	1,15	1980/2001	0,546	ja (1)
5	159	498	1	1,28	1993/2009	0,692	nein
6	334	881	2	0,89	1980/2001	0,819	ja (1)
7	546	1.887	3	1,08	1998	0,450	ja (1)
8	206	572	3	0,97	1997	0,544	nein
9	908	2.448	4	0,63	2000	0,484	ja (1)
10	3.909	12.559	4	0,41	1985	0,754	ja (1)
11	172	517	3	1,05	1998	0,562	nein
12	1.047	3.024	3	0,61	1987/2006	0,536	nein
13	1.707	4.614	4	0,55	1994	0,574	ja (1)
14	496	1.322	3	0,79	2006	0,971	ja (1)

Tabelle 3 - Wesentliche Kennwerte der Bürogebäude (alle Gebäude sind ohne Lüftungs- und Klimaanlage)

Table 3 - Main characteristics of the examined office buildings (all buildings are without mechanical ventilation and air conditioning)

Sodann wurde in 5x14=70 Berechnungsgängen die Ermittlung des Nutz- und Endenergiebedarfes der Gebäude für den Fall „Heizen“ nach den einzelnen Verfahren der 5 Staaten durchgeführt (Bild 1). Der in Bild 1 dargestellte Endenergiebedarf bezieht sich laut Vorgaben der Tabelle 1 für die Staaten D, LUX und B auf die Nettogrundfläche (NGF), für F auf 1,1 x NGF und für CH auf die Bruttogrundfläche (BGF). Der reale Endenergieverbrauch ist auf die Nettogrundfläche bezogen.

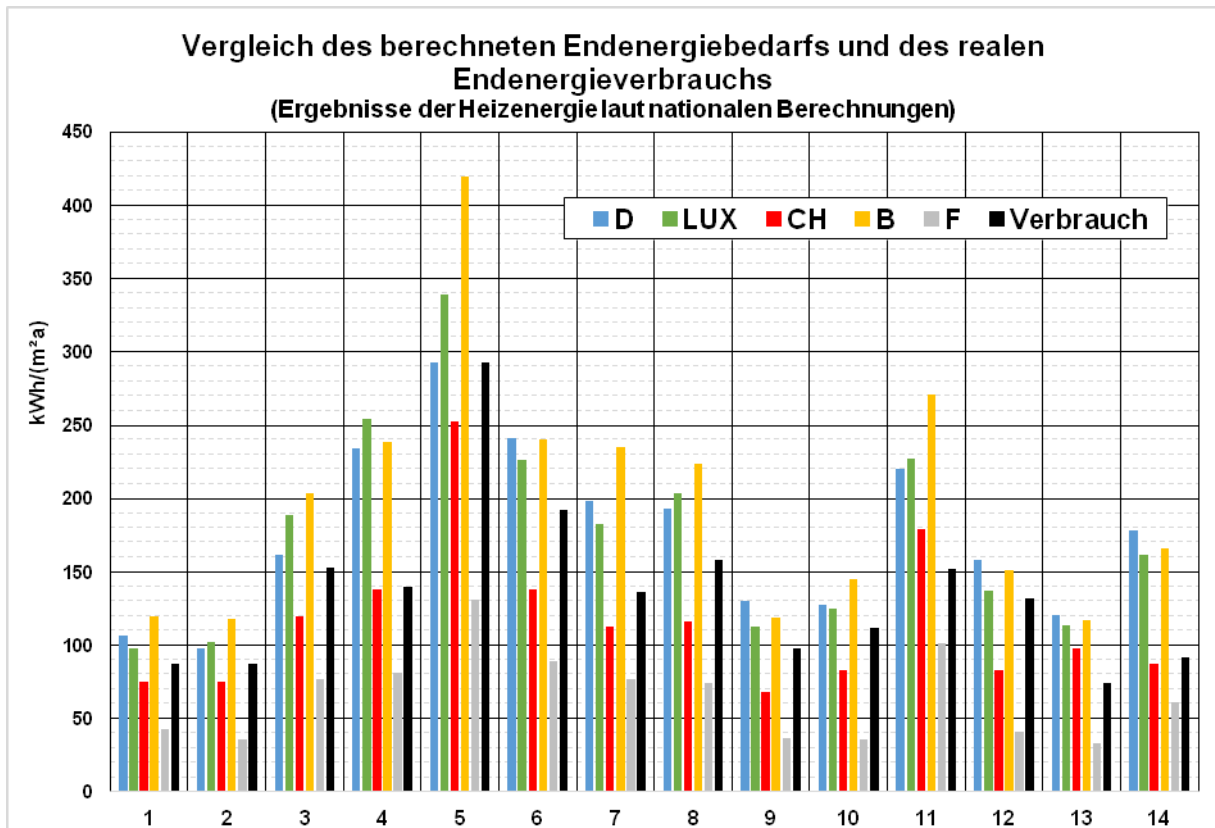


Bild 1 – Vergleich des national berechneten Endenergiebedarfs und des realen Endenergieverbrauchs für den Fall „HEIZEN“
Figure 1 - Comparison of the calculated final energy according to the national codes and the real final energy consumed for "HEATING"

Die gebäudespezifischen Ergebnisse des national berechneten Endenergiebedarfs differieren untereinander und weisen erhebliche Abweichungen von teilweise über 100% zum realen Endenergieverbrauch auf. Dies ist durch die national unterschiedliche Berechnungssystematik (siehe Tabelle 1) und die national differierenden Konventionen (siehe Tabelle 2) begründet. Die französischen Ergebnisse liegen auffallend niedrig, während die belgischen Werte dazu teilweise dreimal so hoch sind.

In Bild 2 sind die Ergebnisse des berechneten Nutz- und Endenergiebedarfs als flächengewichteter Mittelwert dargestellt. Die Bild 1 zu Grunde liegende Energiebezugsfläche ist in Bild 2 beibehalten. Für die Schweiz ist laut Tabelle 1 nur der Heizwärmebedarf ohne Verluste zu berechnen. Zur besseren Vergleichbarkeit wird dieser Wert mit dem bei D / LUX / B vorhandenen Verlustanteil von ca. 60 % erhöht und fiktiv als Endenergiebedarf (rot schraffierte Säule) ausgewiesen. Auffallend niedrig sind die französischen Mittelwerte mit 46 kWh/(m²·a). Die schwarze rechte Säule stellt den realen Verbrauch als flächengewichteter Durchschnittswert aller 14 Gebäude dar.

Für die Berechnungen der Gesamtenergieeffizienz wurden die normativen Vorgaben zum Mindest-Außenluftvolumenstrom (in D = 4,0 m³/(h·m²) / LUX = 5,0 m³/(h·m²) / CH = 2,6 m³/(h·m²) / B = 2,9 m³/(h·m²) / F = 1,2 m³/(h·m²)) berücksichtigt.

Der flächengewichtete durchschnittliche Endenergiebedarf aller Staaten liegt mit 125 kWh/(m²·a) nur geringfügig über dem tatsächlichen Endenergieverbrauch von 111 kWh/(m²·a).

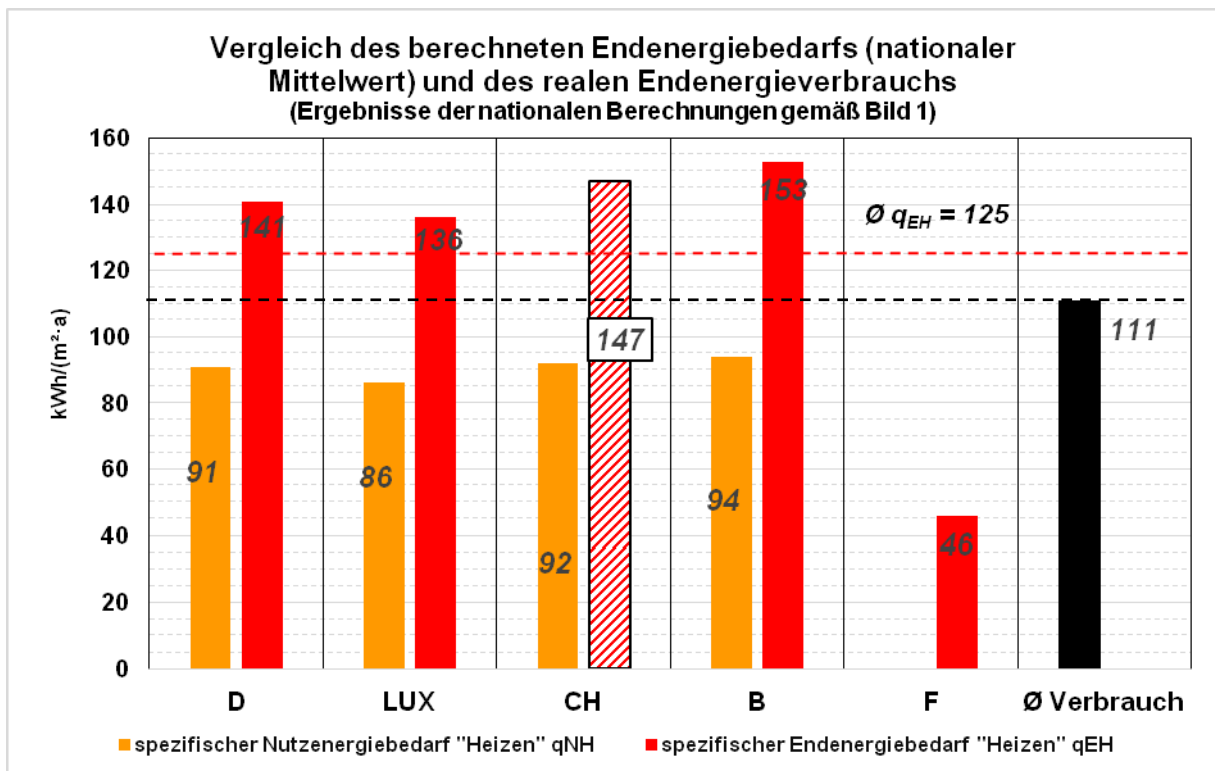


Bild 2 – Vergleich der Mittelwerte des national berechneten Endenergiebedarfs und des realen Endenergieverbrauchs für den Fall „HEIZEN“

Figure 2 - Comparison of the average values according to the national codes and the real consumed average value of final energy for "HEATING"

Um die Ergebnisse unmittelbar miteinander vergleichen zu können, erfolgt für die Darstellung in Bild 3 eine einheitliche Berechnung mit einem Mindest-Außenluftvolumenstrom von 4,0 m³/(h·m²) sowie einer vereinheitlichten Nettogrundfläche aus Bezug.

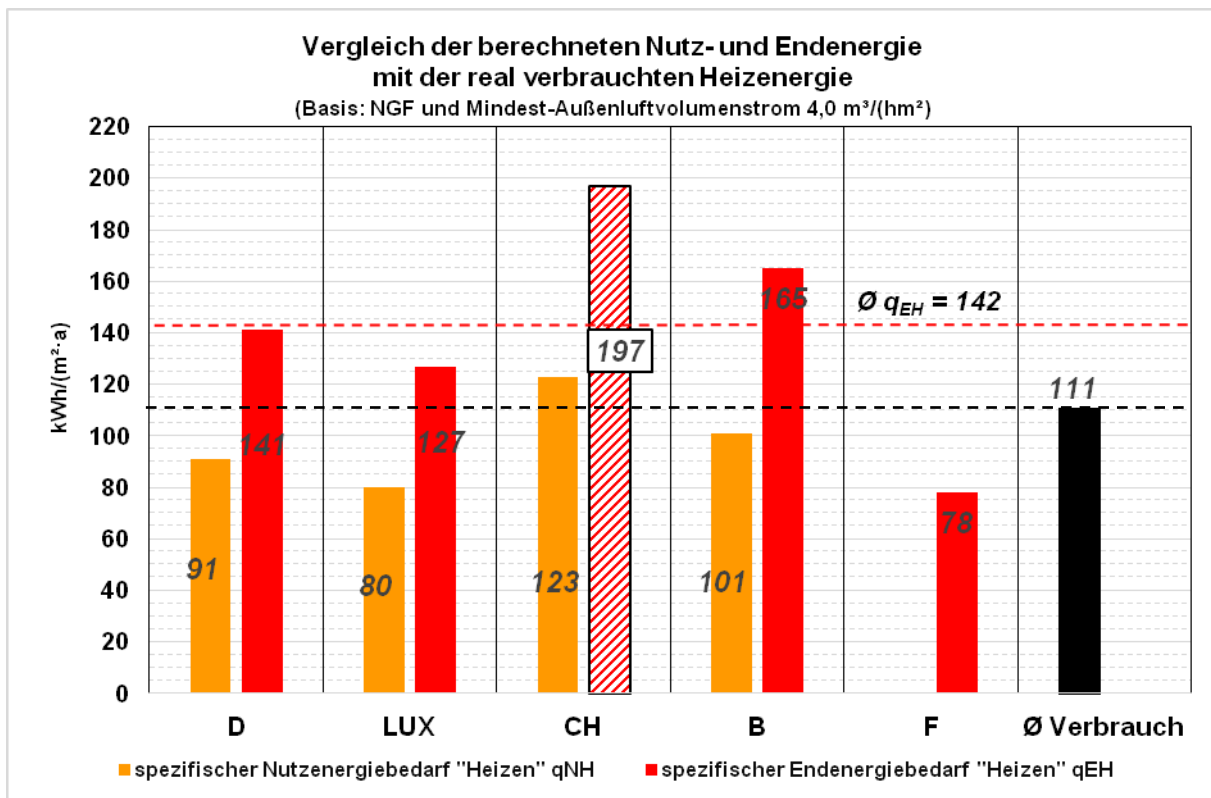


Bild 3 – Vergleich des spezifischen Nutz- und Endenergiebedarfs (bezogen auf NGF und Mindest-Außenluftvolumenstrom 4,0 m³/(h·m²)) und des realen Endenergieverbrauchs (HEIZEN)

Figure 3 - Comparison of the specific heating needs and the final energy demand according to the different national codes (using the same reference area, i.e. the net floor area NGF and a minimum supply air flow of 4.0 m³/(h·m²)) and the real final energy consumed (HEATING)

Die **Fachliteratur** weist für ähnliche Bürogebäude folgende **Vergleichswerte des Endenergieverbrauchs** für den Fall HEIZEN aus:

- | | | |
|--|------------|---------------------------------|
| • Richtlinie VDI 3807 Blatt 2, Tab. 4 | Mittelwert | 112 kWh/(m ² ·a) |
| • Energieeffizienz neuer Schul- und Bürogebäude ² | Mittelwert | 163 kWh/(m ² ·a) |
| • BMVBS; Bekanntmachung Vergleichswerte ³ | Mittelwert | 85 -105 kWh/(m ² ·a) |
| • Einsparpotential der energetischen Sanierung ⁴ | Mittelwert | 220 kWh/(m ² ·a) |
| • ages Verbrauchskennwerte 2005 ⁵ | Mittelwert | 138 kWh/(m ² ·a) |

Die berechneten Ergebnisse liegen mit einem Durchschnittswert von 142 kWh/(m²·a) im mittleren Bereich der Vergleichswerte der Fachliteratur und mit ca. 28% über dem durchschnittlichen Verbrauch mit 111 kWh/(m²·a). Der durchschnittliche Verbrauch liegt mit 111 kWh/(m²·a) im unteren Bereich der Vergleichswerte der Fachliteratur.

² Thewes, A.; Energieeffizienz neuer Schul- und Bürogebäude in Luxemburg basierend auf Verbrauchsdaten und Simulationen, Shaker Verlag 2011, Abbildung 60, Seite 89

³ BMVBS, Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand vom 7. April 2015, Tab. 2.1 und Tab. 2.2

⁴ Hoos, Th.; Einsparpotential und ökonomische Analyse der energetischen Sanierung staatlicher Gebäude in Luxemburg, Shaker Verlag 2013, Abbildung 35, Seite 72

⁵ Verbrauchskennwerte 2005, Forschungsbericht der ages GmbH, Münster, Tab. 35, Seite 53, Verwaltungsgebäude bis 3.500 m² (umgerechnet auf Nettogrundfläche)

Die Berechnungsergebnisse über den Strombedarf sind in Bild 4 ebenso als flächenbezogene Mittelwerte der 14 Gebäude im Vergleich zum realen mittleren Verbrauch dargestellt. Der Verbrauchswert beinhaltet auch den Stromverbrauch der Büroausstattung und Büroinformatik. Mittels des luxemburgischen Kennwerteverfahrens wurde auf Basis der Gebäudedaten ein durchschnittlicher Verbrauchswert der Ausstattung inklusive kleiner Serverräume von 33 kWh/(m²a) berechnet. Dieser abgeschätzte Verbrauchswert der Ausstattung wird zu den berechneten spezifischen Endenergiebedarfswerten (für Beleuchtung und Hilfsenergie) addiert. Durch diese Vorgehensweise können die Ergebnisse der Berechnung der Gesamtenergieeffizienz (Strombedarf) mit den realen Verbrauchswerten (Stromverbrauch) verglichen werden, da bei den erfassten Verbrauchswerten kein separater Zähler für die Ausstattung vorhanden war.

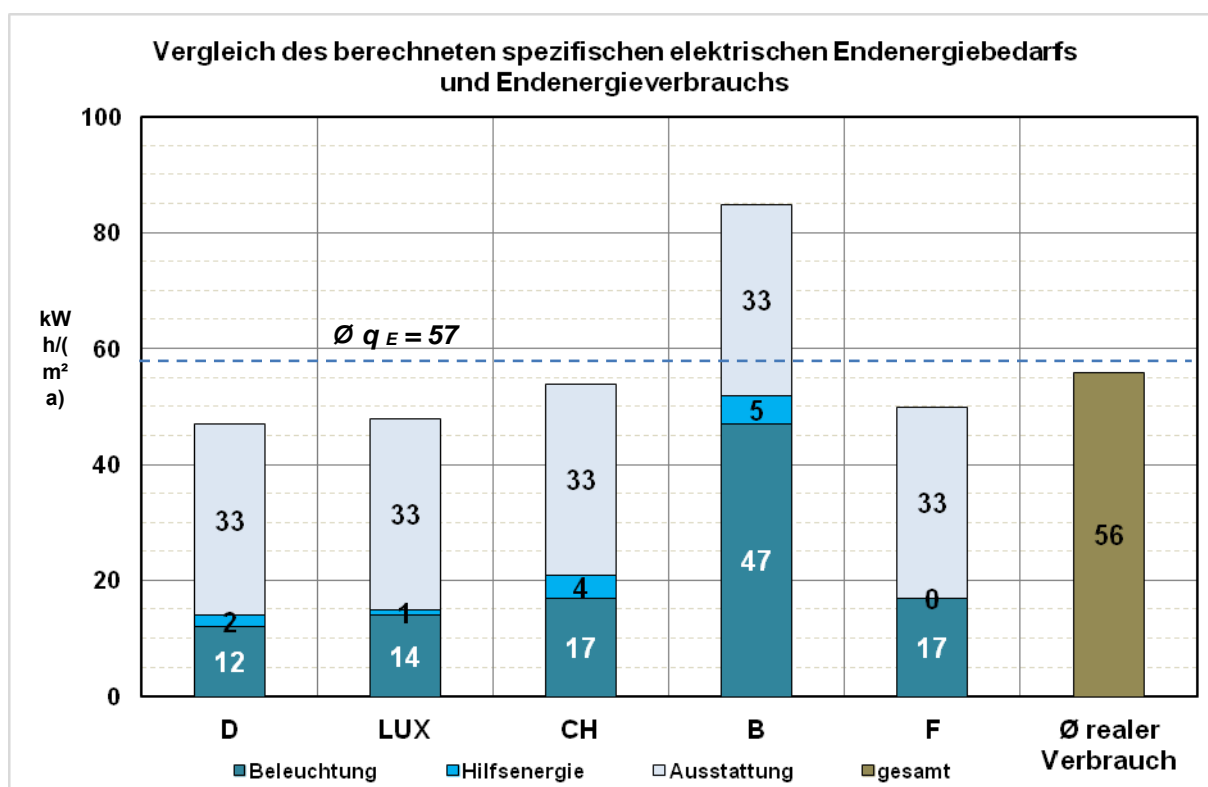


Bild 4 – Vergleich des spezifischen elektrischen Endenergiebedarfs und –verbrauchs bezogen auf die Nettogrundfläche (NGF)

Figure 4 - Comparison of the calculated specific electric energy according to the different codes and the real final electricity consumption, referring to the net floor area (NGF)

Der hohe spezifische Strombedarf der Beleuchtung bei **Belgien** ist dadurch zu erklären, dass beim nationalen Berechnungsverfahren eine sehr lange tägliche Nutzungszeit von 17,9 Stunden/Tag (siehe Tabelle 2 - Spalte *Belgien* / Zeile *Nutzungszeiten*) angesetzt wird.

Die **Schweiz** ist der einzige Staat, bei dem in den Berechnungen der Gesamtenergieeffizienz die Büroausstattungen (z.B. PC, Drucker, Kopiergeräte, Kleinküchen, usw.) zu berücksichtigen sind. Zudem müssen weitere technische Anlagen (z.B. Brandmelde-, Videoanlagen, Aufzüge, usw.) einbezogen werden. Die Berechnungen des Strombedarfs der Ausstattung ergeben auf Basis der Norm SIA 380/4 einen Endenergiebedarf von 24 kWh/(m²·a) bzw. 29 kWh/(m²·a) nach Norm SIA 2024. Der Strombedarf der Ausstattung liegt damit im Bereich des nach luxemburgischen Kennwerteverfahrens ermittelten Endenergiebedarfs von 33 kWh/(m²·a).

Frankreich berechnet nur den Endenergiebedarf der Beleuchtung.

Der tatsächliche elektrische Endenergieverbrauch liegt mit 56 kWh/(m²·a) recht nahe am dem berechneten durchschnittlichen Strombedarf von 57 kWh/(m²·a). Diese Abweichung ist sehr klein, weil der belgische durchschnittliche Strombedarf von 57 kWh/(m²·a) den Mittelwert stark nach oben bringt⁶.

Die **Fachliteratur** weist für ähnliche Bürogebäude folgende **Vergleichswerte des elektrischen Endenergieverbrauchs** aus:

- | | | |
|--|------------|---|
| • Richtlinie VDI 3807 Blatt 2, Tab. 6 | Mittelwert | 21 kWh / (m ² ·a) ⁷ |
| • Energieeffizienz neuer Schul- und Bürogebäude ⁸ | Mittelwert | 84 kWh / (m ² ·a) |
| • BMVBS; Bekanntmachung Vergleichswerte | Mittelwert | 40 kWh / (m ² ·a) |
| • Einsparpotential der energetischen Sanierung ⁹ | Mittelwert | 75 kWh / (m ² ·a) |
| • ages Verbrauchskennwerte 2005 ¹⁰ | Mittelwert | 31 kWh/(m ² ·a) |

Der tatsächliche Endenergieverbrauch (Strom) liegt mit einem Durchschnittswert von 56 kWh/(m²·a) im mittleren Bereich der Kennwerte der Fachliteratur und ist bei Berücksichtigung des Strombedarfs der Büroausstattung annähernd gleich zum durchschnittlichen Bedarf mit 57 kWh/(m²·a).

6. Berechnung des Primärenergiebedarfs

Nach EU-Richtlinie 2010/31/EU ist als Ergebnis der Berechnung zur Gebäudeenergieeffizienz der Primärenergiebedarf des Gebäudes auszuweisen. Dies erfolgt durch Multiplikation der Ergebnisse des berechneten Endenergiebedarfs mit einem national definierten Primärenergiefaktor f_p , der in Tabelle 2 angegeben ist.

Bild 5 zeigt den Vergleich des berechneten Primärenergiebedarfs und Primärenergieverbrauchs auf Grundlage der Primärenergiefaktoren nach EN 15603 bzw. nationalen Normen.

⁶ Ohne Ansatz des belgischen Strombedarfs beträgt der durchschnittliche Strombedarf 50 kWh/(m²·a)

⁷ Siehe Tabelle 4 der Richtlinie VDI 3807 Blatt 2

⁸ Thewes, A.; Energieeffizienz neuer Schul- und Bürogebäude in Luxemburg basierend auf Verbrauchsdaten und Simulationen, Shaker Verlag 2011, Abbildung 75, Seite 104

⁹ Hoos, Th.; Einsparpotential und ökonomische Analyse der energetischen Sanierung staatlicher Gebäude in Luxemburg, Shaker Verlag 2013, Abbildung 37, Seite 74

¹⁰ Verbrauchskennwerte 2005, Forschungsbericht der ages GmbH, Münster, Tab. 36, Seite 54, Verwaltungsgebäude bis 3.500 m² (umgerechnet auf Nettogrundfläche)

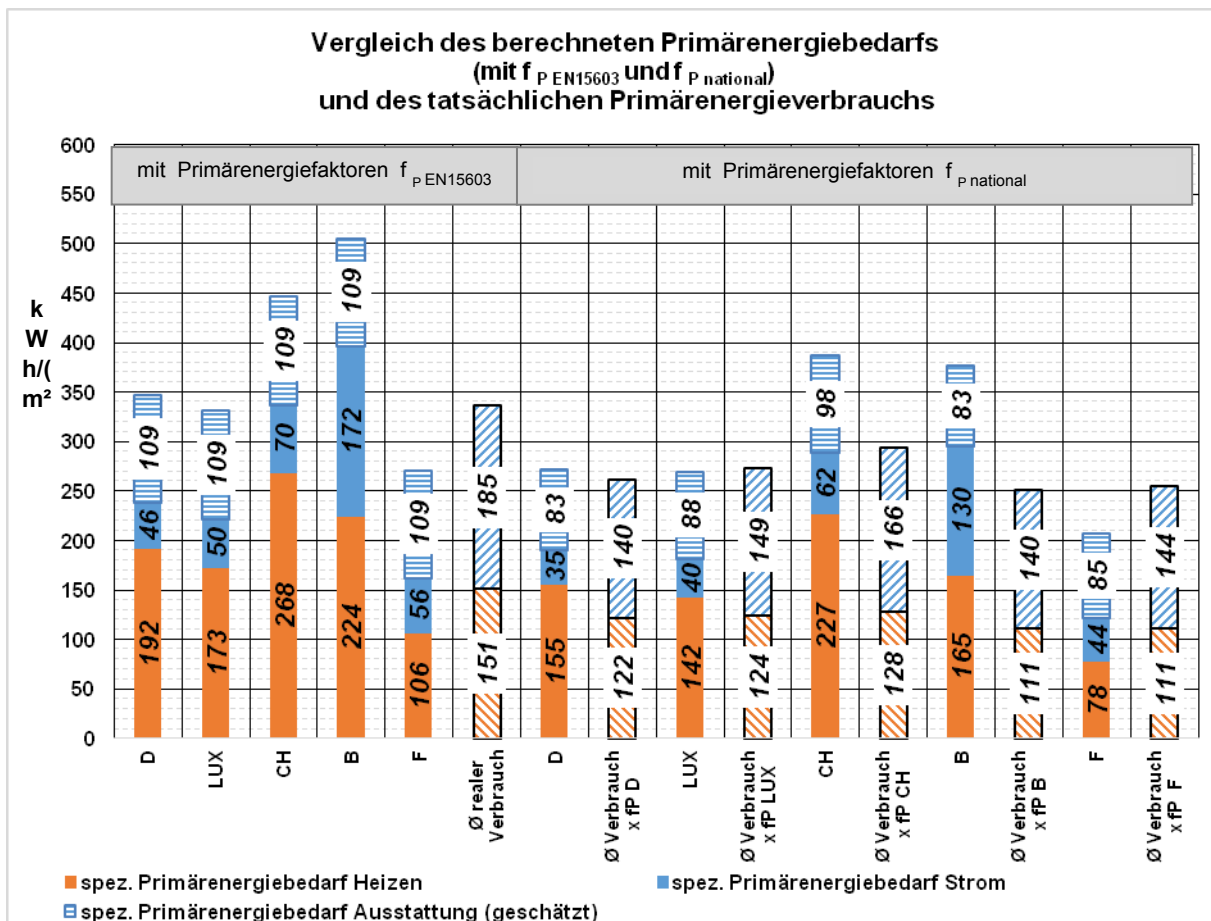


Bild 5 – Spezifischer Primärenergiebedarf und –verbrauch bezogen auf die NGF (Primärenergiefaktoren f_P nach EN 15603 und nach nationalen Definitionen)

Figure 5 - Specific primary energy demand and real primary energy consumed referring to net floor space NGF (primary energy factors f_P according to EN 15603 and according to national definitions)

Wird der Primärenergiebedarf mit den Primärenergiefaktoren nach DIN EN ISO 15603 berechnet, ist dieser erheblich höher als bei Ansatz der nationalen Primärenergiefaktoren.

Bei Ansatz der nationalen Primärenergiefaktoren dominiert der Heizenergiebedarf mit ca. 65 – 80 % den berechneten Primärenergiebedarf, wenn die Ausstattung unberücksichtigt bleibt¹¹. In der Bedarfsberechnungen bleibt nach den nationalen Vorgaben die Ausstattung unberücksichtigt. Deren Anteil am Strombedarf beträgt nach Bild 4 jedoch ca. 60 – 70 %. Wird die Ausstattung berücksichtigt, verteilt sich der Primärenergiebedarf annähernd gleichmäßig auf den Primär-Heizenergiebedarf und den Primär-Strombedarf.

Der Primärenergieverbrauch wird zu ca. 56 % vom Stromverbrauch bestimmt. Im Gegensatz zu den Bedarfsberechnungen ist beim Primärenergieverbrauch der Primär-Stromverbrauch die bestimmende Größe. Die schweizerischen und belgischen Berechnungsansätze liefern deutlich zu hohe Werte (ca. +40%), während Frankreich (-20%) auch hier, wie vorher bei der Heizenergie, zu niedrige Werte berechnet. Je nach verwendetem Primärenergiefaktor sehen wir auch hier bis zu 100% Unterschied.

¹¹ Bei Belgien beträgt durch den hohen Strombedarf der Beleuchtung der Anteil des Primär-Heizenergiebedarfs ca. 56 %.

7. Zusammenfassung und Perspektive

Die EU hat mit der Richtlinie 2010/31/EU sowie der Norm EN ISO 13790 allen Mitgliedsstaaten weitgehende Vorgaben bezüglich der Berechnungen für die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden gereicht. Gleichzeitig wird den Mitgliedsstaaten die Möglichkeit zur Wahl eines der vorgeschlagenen Berechnungsverfahren sowie zur nationalen Anpassung der Berechnungsverfahren eröffnet.

Die Ergebnisse der Berechnungen der Gesamtenergieeffizienz zeigen am Beispiel der 14 Gebäude, dass die Bilanzierungsergebnisse auf Grund national differierender Berechnungsansätze und Konventionen nicht direkt vergleichbar sind.

Bild 1 verdeutlicht die Abweichungen der Ergebnisse des Heizenergiebedarfs der nationalen Berechnungen untereinander sowie zum Heizenergieverbrauch. Werden die Parameter „Energiebezugsfläche“ und „Mindest-Außenluftvolumenstrom“ bei allen nationalen Bedarfsberechnungen der Heizenergie einheitlich angesetzt, zeigt sich gemäß Bild 3, dass im nationalen Vergleich der berechnete Heiz-Endenergiebedarf erheblich differiert. Der flächengewichtete Mittelwert des Heiz-Endenergiebedarfs aller Staaten liegt mit 142 kWh/(m²-a) ca. 28 % über dem realen Verbrauch.

Wird der Strombedarf wie national gefordert (außer der Schweiz) ohne die Büroausstattung berechnet, ergibt sich nach Bild 4 ein sehr geringer Strombedarf für die Beleuchtung und die Hilfsenergie. Unter Berücksichtigung eines geschätzten Strombedarfs der Ausstattung in Höhe von 33 kWh/(m²-a) bilden die Strombedarfs-Berechnungen annähernd den realen Stromverbrauch ab, wobei eben der dominante Anteil nur geschätzt wurde.

Die Überdimensionierung des Endenergiebedarfs der Beheizung sowie das Fehlen der Ausstattung bei den Berechnungen des Endenergie-Strombedarfs bewirken eine Verzerrung des berechneten Primärenergiebedarfs (siehe Bild 5). Bei den Staaten D / LUX / CH beträgt der Anteil der Heizenergie ca. 80% des Primärenergiebedarfs, der Strombedarf dagegen nur ca. 20 %. Bei den Staaten B / F beträgt das Verhältnis ca. 60 % / 40 %.

Für die Ausstattung kann nach verschiedenen Kennwerteverfahren ein Endenergie-Strombedarf von 24 – 33 kWh/(m²-a) ermittelt werden. Wird in den Primärenergie-Bedarfsberechnungen die Ausstattung mit ca. 33 kWh/(m²-a) angesetzt, verteilt sich der berechnete Primärenergiebedarf ca. hälftig auf die Heizenergie und den Strom.

Der berechnete End- und Primärenergiebedarf eines Gebäudes kann unter diesen Voraussetzungen nicht den tatsächlichen End- und Primärenergieverbrauch abbilden. Das Ziel der EU, den Energieverbrauch zu senken, kann durch die Diskrepanzen zwischen berechnetem Primärenergiebedarf und realem Primärenergieverbrauch nur eingeschränkt erreicht werden.

Die Ergebnisse dieser Studie zu Bürogebäuden ohne Lüftung oder Klimatisierung verdeutlichen die Dominanz des Stroms beim Primärenergiebedarf. Bürogebäude mit mechanischer Lüftung oder Klimatisierung verstärken diesen Effekt, den wir derzeit einer laufenden Studie analysieren.

Ein verpflichtendes tiefgehendes Monitoring vor allem beim Stromverbrauch der Neubauten mit vernünftiger Aufschlüsselung in einzelne Verbrauchsbereiche erscheint den Autoren absolut notwendig und wäre bei neuen Gebäuden ohne nennenswerte Mehrkosten machbar. In Luxemburg besteht z.B. die Pflicht die realen Verbrauchswerte nach spätestens

3 Jahren den berechneten Prognosen gegenüber zu stellen, wodurch das Planungsteam in die Verantwortung genommen werden soll. Nur so lässt sich die gute Idee der Energiepässe langfristig und glaubwürdig für die Nutzer und Verbraucher erhalten und in energieeffiziente Gebäude umsetzen.

The EU has given all Member States frame conditions for the calculation of the energy performance of buildings with the Directive 2010/31 / EU and the EN ISO 13790. But the Member States also have the possibility to adapt one of the proposed methods to national peculiarities

The results of the calculations show using the example of the 14 buildings, that results are not directly comparable due to differing methods and conventions.

Figure 1 illustrates the variations of the final energy for heating according to the national codes for all buildings and the real heating energy consumed. But even if the energy reference floor area and the ventilation rate are used identical in all codes, Figure 3 reveals considerably differences between the member states. The calculated average for all countries is 142 kWh/(m²·a) and hence 28% above the real consumption value of 111 kWh/(m²·a) .

If the electric consumption values are calculated without office equipment as required by national codes (except Switzerland) Figure 4 shows very low values for lighting and auxiliary energy. Adding now an estimated electricity value for office equipment with 33 kWh / (m²·a), the sum reflects approximately the real electric consumption, knowing the dominant part was only guessed.

The overestimation of the final energy for heating and the non-inclusion of office equipment lead to a distortion of the calculated primary energy (see Figure 5). In D / LUX / CH the percentage of heating represents approximately 80% of primary energy and hence 20% for electricity., In B / F the ratio is approximately 60% / 40%.

For office equipment a final energy value for electricity between 24 to 33 kWh/(m²·a) can be estimated. Using a specific value 33 kWh/(m²·a) for electricity the primary energy share is approximately 50% for heating and 50% for electricity.

Under these conditions the calculated final and primary energy of a building cannot represent the real consumption. The EU target to reduce energy use, can hence only be achieved under limited conditions due to the discrepancies between the calculation and real primary energy consumption.

The results of this study to office buildings even without mechanical ventilation or air conditioning illustrate the dominance of electricity in primary energy consumption. Mechanical ventilation or air conditioning will even amplify this effect which we analyze in an ongoing study.,

An obligatory deeper monitoring especially of the electricity consumption of new buildings with a reasonable breakdown into consumption areas appears absolutely necessary to the authors and would be feasible in a new buildings without significant additional cost. In Luxembourg, for example, it is obligatory to compare the real consumption values against the calculated projections after 3 years at the latest, whereby the planning team should assume

responsability Only then the good idea of the energy certificates be maintained, and credibly implemented for users and consumers in the long run and transferred into energy-efficient buildings.

9. Literatur

- [1] Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden
- [2] DIN EN ISO 13790 – Energieeffizienz von Gebäuden – Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung; Deutsche Fassung EN ISO 13790:2008
- [3] DIN EN ISO 15603 – Energieeffizienz von Gebäuden – Gesamtenergiebedarf und Festlegung der Energiekennwerte; Deutsche Fassung EN 15603:2008
- [4] Hoos, Thorsten; Einsparpotential und ökonomische Analyse der energetischen Sanierung staatlicher Gebäude in Luxemburg; Shaker Verlag Aachen, 2013
- [5] Thewes, Andreas; Energieeffizienz neuer Schul- und Bürogebäude in Luxemburg basierend auf Verbrauchsdaten und Simulationen; Shaker Verlag Aachen, 2011
- [6] Richtlinie VDI 3807, Blatt 2 (Entwurf vom November 2012); Verbrauchskennwerte für Gebäude
- [7] BMVBS, Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand vom 07. April 2015
- [8] Verbrauchskennwerte 2005, Forschungsbericht der ages GmbH, Münster, 1. Auflage, Februar 2007
- [9] Règlement grand ducal, A-N° 173 vom 01. Oktober 2010 (Luxemburg)
- [10] Règlement grand ducal vom 28. Januar 2015 (Luxemburg)
- [11] Energieeinsparverordnung EnEV 2014 vom 21.11.2013 (Deutschland)
- [12] Règlement Thermique RT 2012 vom 26.10.2012 (Frankreich)
- [13] Erlass der wallonischen Regierung vom 15.05.2014 (Belgien)
- [14] Mustervorschrift der Kantone im Energiebereich (MuKE), Fassung 2008, vom 04.04.2008 (Schweiz)