

Ergebnisbericht über die Anwendung des Nachweisverfahrens nach DIN V 18599 an acht ausgewählten EnOB-Demoprojekten.

Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Bearbeitung:

Prof. Dr.-Ing. Karsten Voss, Bergische Universität Wuppertal

Dipl.-Ing. Oliver Hans, Bergische Universität Wuppertal

Prof. Dipl.-Ing. Andreas Wagner, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Dipl.-Ing. Holger Gossner, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Dipl.-Wi.-Ing. Matthias Unholzer, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prof. Dr.-Ing. John Grunewald, Technische Universität Dresden

Dipl.-Ing. Andreas Söhnchen, Technische Universität Dresden

Karlsruhe, den 07.07.2010

Inhalt

1. Einleitung	Seite 3
2. Auswahl der Demogebäude aus EnOB:Monitor	Seite 5
3. Untersuchung/ Quervergleich	Seite 9
3.1 Vergleich der Nachweis-Ergebnisse mit dem EnOB-Vorläuferbericht	Seite 10
3.2 Vergleich der Nachweis-Ergebnisse mit den Anforderungen der EnEV 2007	Seite 15
3.3 Vergleich der Nachweisergebnisse mit den Verbrauchskennwerten aus der 2-jährigen Monitoring-Phase	Seite 19
3.4 Quantifizierung der Energiebedarfe für Kühlung, Lüftung, Beleuchtung, Warmwasser und Heizung auf Gebäudeebene	Seite 24
3.5 Quantifizierung der Energiebedarfe für Kühlung, Lüftung, Beleuchtung, Warmwasser und Heizung auf Zonenebene	Seite 32
4. Erfahrungen mit der EnEV 2007 und dem Nachweisverfahren nach DIN V 18599	Seite 37
5. Quellen	Seite 39

1. Einleitung

Für Nichtwohngebäude im Neubaubereich (EnBau) und für Sanierungen im Gebäudebestand (EnSan) liegen die Zielforderungen an den Energieverbrauch von Demonstrationsbauvorhaben aus dem BMWi-Förderkonzept EnOB, Forschung für Energie optimiertes Bauen, hinsichtlich des Primärenergiebedarfs mindestens 50% unter den Mindestanforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV). Diese Anforderungen stehen seit dem Inkrafttreten der EnEV 2007 in Verbindung mit dem Nachweisverfahren der DIN V 18599, das den Nutz-/ End- und Primärenergiebedarf für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung berücksichtigt.

Im Rahmen der EnOB-Begleitforschung unter Beteiligung der Bergischen Universität Wuppertal, der Technischen Universität Dresden und dem Karlsruher Institut für Technologie wurden dazu 8 Demoprojekte aus den Forschungsfeldern EnSan (5) und EnBau (3) mit der Software EnEV+, Version 2.4.4 der ennovatis GmbH berechnet (Ausnahme: Das Projekt Stadtbibliothek Nürnberg wurde extern mit der Software 5S AG berechnet).

Die berechneten Energiebedarfskennwerte der 8 Demoprojekte bilden die Grundlage für Inhalte des Berichts:

- a. Drei der ausgewählten Demoprojekte wurden bereits im Vorläuferbericht „Energiekennwerte Förderkonzept EnOB“, Fraunhofer ISE, Juli 2007 berechnet. Damals wurde als Bewertungsmethode die DIN V 18599, Ausgabe 02-2007 angewandt, um Energiezielwertanforderungen für förderfähige Demonstrationsprojekte im Nichtwohngebäudebereich abzuleiten. In Anknüpfung an den Vorläuferbericht werden im Folgenden die aktuellen Berechnungsergebnisse der 3 Demoprojekte mit den Ergebnissen des Vorläuferberichts verglichen. Im Unterschied zur aktuell eingesetzten Berechnungssoftware Ennovatis EnEV+ wurden im Vorläuferbericht alle Berechnungen mit dem Excel-tool¹ des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung durchgeführt.
- b. Ein weiterer Teil des Berichts geht der Frage nach, inwieweit sich mit dem Berechnungswerkzeug der DIN V 18599 energetisch ambitionierte Nichtwohngebäude abbilden lassen, die weit unter den gesetzlichen Mindestanforderungen liegen (Bsp. Passivhaus, Nullenergiehaus). Durch eine vergleichende Darstellung der ermittelten Bedarfskennwerte mit den gesetzlichen Anforderungen der aktuell gültigen Energieeinsparverordnung EnEV 2007 soll auf diese Frage eingegangen werden.
- c. Durch den Abgleich von Bedarfswerten nach DIN V 18599 mit den Verbrauchskennwerten aus einer 2-jährigen Monitoringphase können unter Umständen weitere objektspezifische Erkenntnisse gewonnen werden. Inwieweit damit eine Einschätzung des Gebäudes bzw. des Nutzerverhaltens ermöglicht wird, soll in diesem Abschnitt betrachtet werden.
- d. Des Weiteren wird untersucht, welche energetischen Zielwerte sich – bezogen auf Nutzungen und Gesamtgebäude - aus dem Ergebnis dieser Untersuchung für neue EnOB-Demonstrationsprojekte ableiten lassen. Dafür wurde der Nutz-/ End- und Primärenergiebedarf für Heizung, Kühlung,



Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung auf das Gesamtgebäude und auf die einzelnen Norm-Nutzungsprofile der DIN V 18599 aufgeschlüsselt.

- e. Im letzten Teil des Berichts werden die Erfahrungen der EnOB-Begleitforschung zusammengefasst, die bei der Anwendung des Nachweisverfahrens und der Software EnEV+ gesammelt wurden.

2. Auswahl der Demogebäude aus EnOB:Monitor

Alle zur Untersuchung ausgewählten Gebäude sind Demonstrationsprojekte aus den Forschungsbereichen EnSan und EnBau. In der Regel besteht hier eine umfangreiche Datenhaltung über die errichteten Gebäude, die Anlagentechnik sowie die gemessenen und witterungsbereinigten Energieverbräuche aus einer 2-jährigen Monitoringphase.


Die Datenerhebung dieser Gebäude zeichnet sich sowohl durch ein einheitliches und qualitätssicherndes Messprogramm (siehe Monitoring-Leitfaden) aus, als auch durch den einheitlichen Bezug aller Kennwertgrößen auf dieselben Referenzflächen (beheizte Nettogrundfläche).

Bei der Gebäudeauswahl handelt es sich um eine kleine Stichprobe, die nur bedingt verallgemeinerbare Aussagen zulässt.

Übersicht über die nach DIN V 18599 bewerteten Demoprojekte



Abb. 1
Übersicht der Demoprojekte, die nach der DIN V 18599 bewertet wurden.

Bearbeitung	BUW	TUD	BUW	KIT	KIT	KIT	BUW	KIT	BUW	BUW	BUW	TUD	BUW	TUD
Gebäude- bzw. Projektbezeichnung	Pollmeier Massivholz GmbH	Paul-Wunderlich-Haus	Balanced Office Building	Bürosanierung im Passivhausstandard	Druckerei Engelhardt und Bauer	REB	Burse PH	Studentenwohnhelm Neue Bourse	Luitpoldhaus der Stadtbibliothek					
Kurzbezeichnung	Pollmeier	PW-Haus	BOB	Bürosanierung PH	E & B	REB	Burse PH	Studentenwohnhelm Neue Bourse	Stadtbibliothek					
Foto														
Standort	Creuzburg	Eberswalde	Aachen	Tübingen	Karlsruhe	Remscheid	Wuppertal	Nürnberg						
Nutzungstyp	Büro/Verwaltung	Büro/Verwaltung	Büro/Verwaltung	Büro/Verwaltung	Büro/Verwaltung	Büro/Fahrzeughalle	Wohnen	Instituts-/Bildungseinrichtung						
Forschungsfeld	Neubau	Neubau	Neubau	Sanierung	Sanierung	Sanierung	Sanierung	Sanierung						
Inbetriebnahme	2001	2007	2002	2003	2006	2006	2003	2003	In Planung					
beh. NGF [m²]	3.566	19.399	2.115	833	1.111	2.611 (ohne Fahrzeughalle)	17.007	7.120						

Tab. 1 Kenndaten zu den untersuchten Demoprojekten

Beschreibung der Gebäudehüllenqualität

Gebäude	A/V_e - Verhältnis	Wärmeübertr. Hüllfläche [m ²]	beheiztes Volumen [m ³]	H_T' [W/m ² K]	Verschattungs- system
Pollmeier	0,32	5.087	18.275	0,56	außenliegende Verschattung
PW-Haus	0,28	5.318	19.936	0,38	außenliegende Verschattung
BOB	0,36	2.645	7.356	0,40	innenliegende Verschattung
Bürosanierung PH	0,44	1.755	3.958	0,29	innenliegende Verschattung
E & B	0,51	2.580	5.035	0,51	außenliegende Verschattung
REB	0,43	4.385	10.214	0,45	außenliegende Verschattung
Burse	0,32	3.952	12.360	0,31	innenliegende Verschattung
Stadtbibliothek	0,23	8.369	36.142	0,5	außenliegende Verschattung

Tab. 2 Kenndaten und Details der Gebäudehüllen der untersuchten Projekte

Beschreibung der Gebäudetechnik

Gebäude	Lüftung	Nutzenübergabe	Wärmeerzeuger	Kühlkonzept	Beleuchtung
Pollmeier	Zentrale Abluft- anlage, regelbare Zuluftöffnungen in der Fassade	Radiatoren	Fernwärme aus Holzabfällen des betriebseigenen Sägewerks	Nachtlüftung, außenliegender Sonnenschutz	Tageslicht- abhängige Kunstlicht- regelung mit Präsenz- erkennung
PW-Haus	Lüftungsanlage mit Wärmerück- gewinnung, nachts automat. Fensterlüftung	Radiatoren, Lüftungsanlage, Fußbodenheizung (Kombizone)	Wärmepumpen mit Erdsonden	Erdsonden, ggf. Rückkühler, Spitzenlast über Wärmepumpe reversibel	Natürliche Belichtung in Komb. mit tageslicht- und präsenzabh. Stehleuchte

BOB	Etagenweise Zu- und Abluftanlage mit WRG und Luft/Wasser-Wärmetauscher zum Kühlen und Heizen der Zuluft	Betonkern-temperierung + vorkonditionierte Luft	28 Erdsonden + Kompressions-wärmepumpe	Betonkern-temperierung + vor-konditionierte Luft	Tageslicht-abhängige Kunstlicht-regelung mit Abschaltung; In den WCs Präsenzmelder
Büro-sanierung PH	Zentrale Lüftungsanlage mit WRG, vorgeschalteter Sole-Luft-Wärmetauscher zum Frostschutz im Winter und Ankühlung der Außenluft im Sommer	Radiatoren	Gas-Brennwert-kessel Erdwärmetauscher	Sole-Luft-Wärmetauscher, nächtliche Sommer-kühlung über RLT	Tageslicht-abhängige Kunstlicht-regelung mit Präsenz-erkennung
E & B	Zwei getrennte Lüftungsanlagen für Büro- und Sanitärräume mit WRG und Nachheizregister	Konvektoren, Fußbodenheizung	Gas-Niedertemperatur-kessel, Abwärmenutzung Druckmaschinen für Fußboden-heizung, Solarkollektoren zur Unterstützung der Trinkwasser-erwärmung	Kühldecken mit PCM-Elementen, Kühlwasser-kreislauf mit Erdsonden, freie Nachtlüftung, außenliegender Sonnenschutz	Leuchtstoff-lampen mit EVG, manuell geschaltet
REB	Teilw. Zu- / Abluft-anlage, teilweise Abluftanlage mit Fensterlüftung und KVS/ WRG	Radiatoren	Gas-Brennwertkessel Solarkollektoren	Sonnenschutz-verglasung Nordseite sonst WS-Glas mit Außenjalousie, Nachtlüftung	Tageslicht-abhängige Kunstlicht-regelung mit Präsenz-erkennung
Burse (PH)	Zentrale Lüftungsanlage mit WRG, Vorwärmung bei Bedarf	Radiatoren im Bad, Luftheizung	Fernwärme	Sonnenschutz-verglasung in Teilbereichen	Keine besondere Vorkehrungen
Stadt-bibliothek Nürnberg	Zu-/ Abluftanlage mit WRG, teils mit WRG, in Magazinen dezentral	Radiatoren in den Büros, Fußbodenheizung in den öffentlichen Bereichen	Fernwärme	Grundwasser-kühlung	Präsenz/ Bewegungs-melder

Tab. 3 Tabellarische Übersicht der Gebäudetechnik der untersuchten Projekte

3. Untersuchung/ Quervergleich

Für die Untersuchungen wurden im Begleitforschungsteam die folgenden Randbedingungen festgelegt:

- a. Die Bewertungsmethodik für die 8 Demoprojekte (7 Nichtwohngebäude, 1 Wohngebäude) erfolgt nach DIN V 18599, Ausgabe 02-2007
- b. Als Berechnungswerkzeug wird die Software EnEV+, Version 2.4.4 der Ennovatis GmbH eingesetzt (Ausnahme: Bei der Stadtbibliothek Nürnberg kam das Berechnungstool 5S AG zum Einsatz).
- c. Mit der Zielsetzung einer vergleichenden Darstellung von Neu- und Bestandsbauten wird für bestehende Gebäude der 40%-Zuschlag auf den spez. Transmissionswärmeverlustkoeffizienten H_T' bzw. auf den Jahresprimärenergiebedarf Q_p beim Referenzgebäudes nicht angewendet. Im Unterschied zur EnEV 2007 wird als Grenzwert/ Referenzgröße für H_T' und Q_p für alle EnSan- und EnBau-Gebäude das Neubau-Niveau des Referenzgebäudes angesetzt.
- d. Als Bezugsflächen werden verwendet:
Die beheizte Nettogrundfläche (NGF) als Bezugsfläche
Die wärmeübertragende Umfassungsfläche A nach DIN V 18599-1
- e. Das vereinfachte Ein-Zonen-Modell nach EnEV 2007 wird nicht angewendet.
- f. Für die Fensterflächen wurde bei allen 8 Demoprojekten ein Anteil > 30% ermittelt. Im Heizfall weisen alle untersuchten Projekte eine Raum-Solltemperatur $\geq 19^\circ\text{C}$ auf.
- g. Das Studentenwohnheim Neue Burse wurde entgegen der EnEV 2007 als Nichtwohngebäude behandelt und im Nachweisverfahren mit den Anforderungen für Nichtwohngebäude bewertet.

3.1 Vergleich der Nachweis-Ergebnisse mit dem EnOB-Vorläuferbericht

Zur Anknüpfung an den Vorläuferbericht „Energiekennwerte Förderkonzept EnOB“, Fraunhofer ISE, Juli 2007 werden die aktuellen EnEV+ Berechnungsergebnisse der 3 Demoprojekte Pollmeier, BOB und REB mit den Ergebnissen des Vorläuferberichts verglichen.

Im Unterschied zur aktuell eingesetzten Berechnungssoftware EnEV+ wurden im Vorläuferbericht alle Berechnungen mit dem Excel-tool¹ des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung durchgeführt.

Vergleich Nutzenergiebedarf

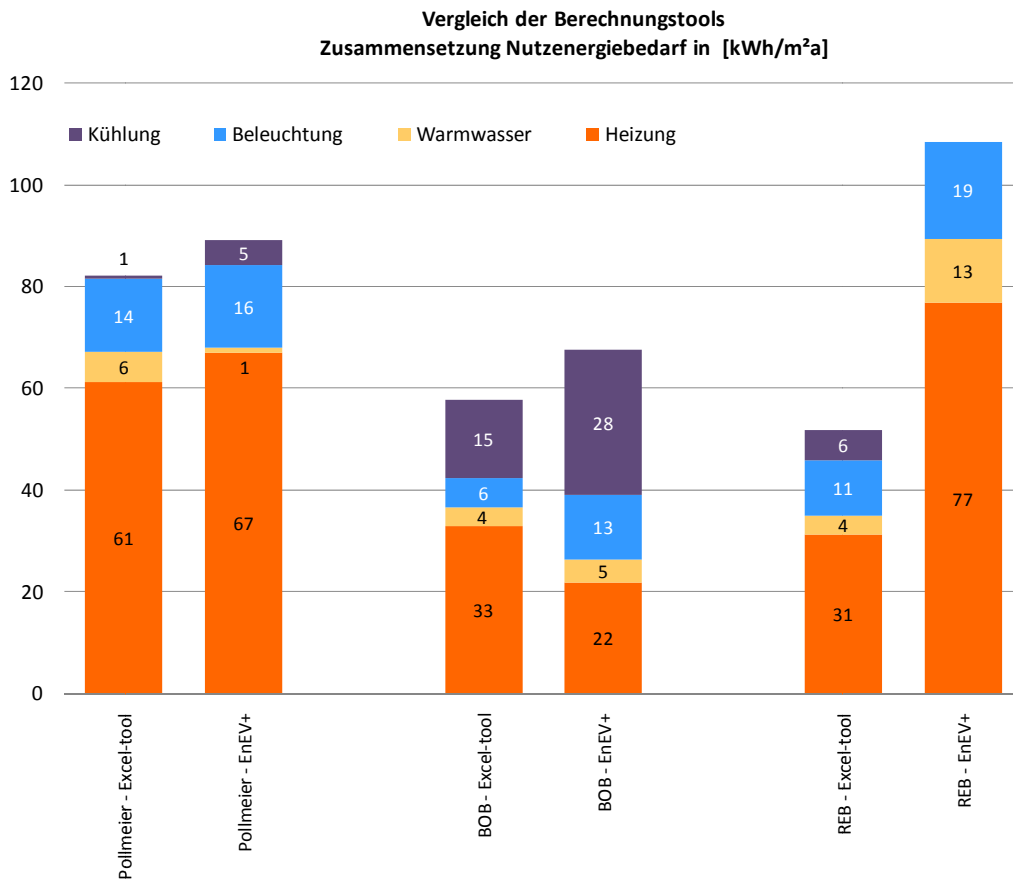


Abb. 2 Gegenüberstellung der Berechnungen der Demoprojekte BOB, REB und Pollmeier nach DIN V 18599 mit dem Excel-tool¹ des IBP und Ennovatis EnEV+, Version 2.4.4.

Tendenziell ergeben sich beim EnEV+tool für den Gesamt-Nutzenergiebedarf (Heizung, Warmwasser, Kühlung und Beleuchtung) höhere Kennwerte gegenüber den Berechnungen aus dem Excel-tool¹ des BBR:

Pollmeier +8%, BOB +15%, REB +52%.

Eine Aufschlüsselung auf die einzelnen Energiebedarfe Heizung, Trinkwarmwasser, Beleuchtung und Kühlung offenbart jedoch größere Abweichungen.

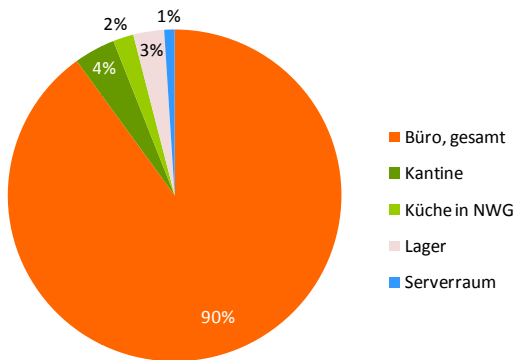
Mögliche Ursache für die Abweichungen zwischen den Nutzenergien des Excel-tools¹ und dem Programm EnEV+ könnten sein:

- a. Unterschiedlich angesetzte Zonierungskriterien (siehe Abbildung 3) und damit verbunden eine andere Verteilung der Normnutzungsprofile auf die Gesamtfläche.
- b. Abweichen von den Norm-Nutzungsprofilen im Vorläuferbericht

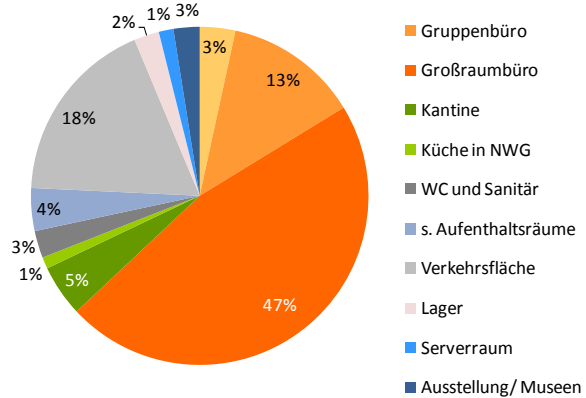
Beispiele REB:

- Die Luftwechselzahl von 4/h wird an den realen Luftwechsel 1/h angepasst.
 - Der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser wurde in der Berechnung mit dem Excel-tool¹ abweichend von den Normnutzungsprofilen ermittelt.
- c. Bei der Ermittlung des Nutzenergiebedarfs für die Beleuchtung (z.B. BOB) werden u. U. unterschiedliche Verfahren angewendet. (Tabellenverfahren, vereinfachtes Wirkungsgradverfahren, nach Fachplanung oder Ermittlung des Nutzenergiebedarfs für Beleuchtung aus der Raumnutzung).

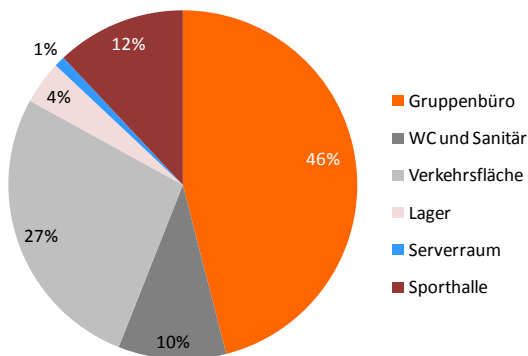
**Flächenverteilung Pollmeier in %
Excel-tool**



**Flächenverteilung Pollmeier in %
EnEV+**



**Flächenverteilung REB in %
Excel-tool**



**Flächenverteilung REB in %
EnEV+**

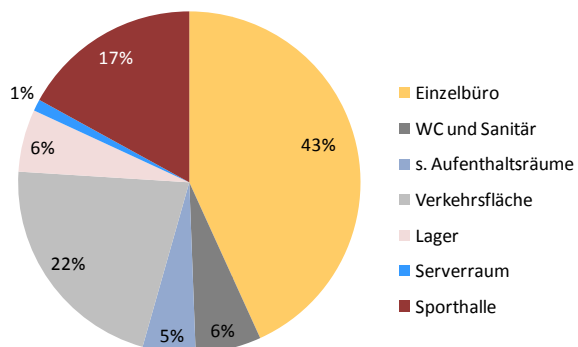


Abb. 3 Darstellung der unterschiedlichen Flächenverteilung bei der Zonierung der Demoprojekte REB und Pollmeier nach DIN V 18599 mit dem Excel-tool¹ des IBP und Ennovatis EnEV+, Version 2.4.4.

Vergleich Endenergiebedarf

Die Abweichungen des Gesamt-Endenergiebedarfs in den Berechnungen mit dem EnEV+tool fallen gegenüber dem Excel-tool¹ des BBR stärker aus.

Pollmeier -40%, BOB +26%, REB +47%.

Eine Aufschlüsselung in die einzelnen Energiebedarfe Heizung, Trinkwarmwasser, Beleuchtung, Kühlung und Lüftung macht auf der Endenergieebene weitere Abweichungen sichtbar (siehe Abb. 4)

Vergleich der Berechnungstools
Zusammensetzung Endenergiebedarf in [kWh/m²a]

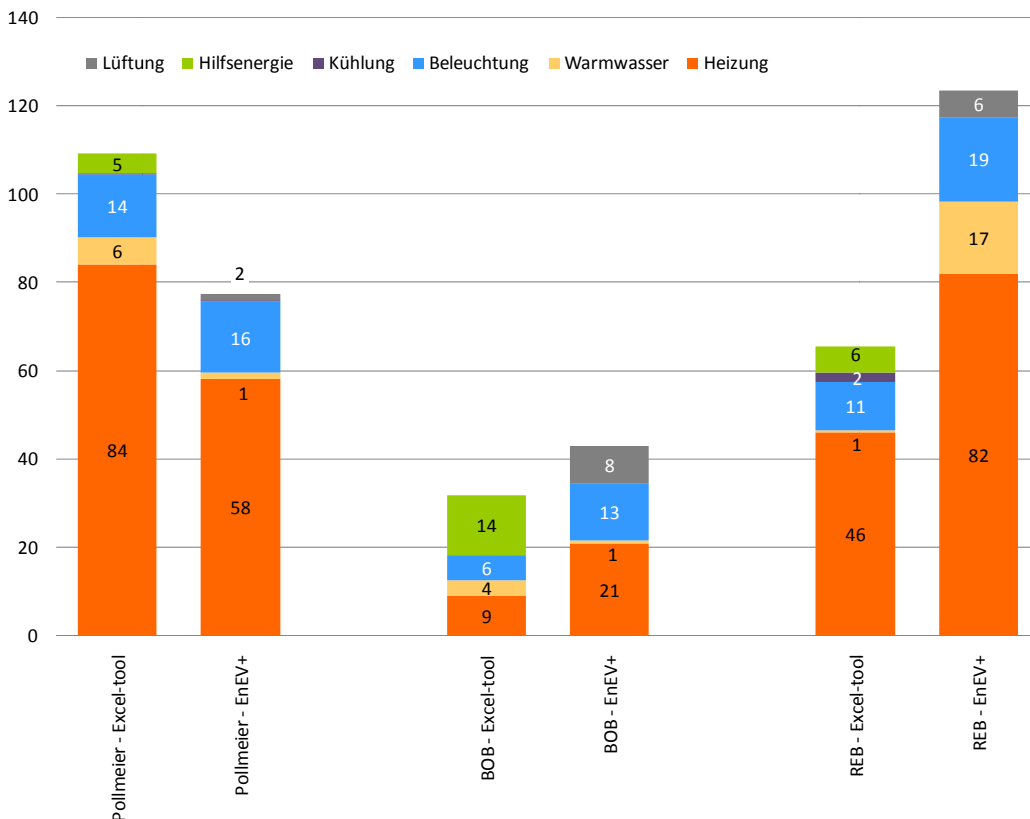


Abb. 4 Gegenüberstellung der Zusammensetzung Endenergiebedarfe der Demoprojekte BOB, REB und Pollmeier nach DIN V 18599 mit dem Excel-tool¹ des IBP und Ennovatis EnEV+, Version 2.4.4.

Die Abweichungen zwischen den Endenergieergebnissen des Excel-tools¹ und des EnEV+tools sind möglicherweise auf die folgenden Punkte zurückzuführen:

- Der Hilfsenergiebedarf für die Luftförderung und Pumpen wird in der Berechnung nach dem Excel-tool¹ aufsummiert.
- Einige haustechnische Komponenten sind in der Berechnungssystematik des Excel-tools¹ nicht enthalten.

Beispiele:

- Pollmeier: Abluftwärmepumpe der Lüftungseinheit West, Pufferspeicher der Heizung, Trinkwarmwasserbereitung im Durchlaufprinzip im Pufferspeicher
- BOB: Wärmepumpe, Kühlung im Sommer, geschossweise Zu- und Abluftanlage

Vergleich Primärenergiebedarf

Beim Gesamt-Primärenergiebedarf weichen die Berechnungsergebnisse aus EnEV+ im Verhältnis zum Excel-tool¹ des BBR um folgende Prozentwerte ab:

Pollmeier -33%, BOB +25%, REB +44%.

Damit zeigen sie auf der Ebene des Gesamt-Primärenergiebedarfs die gleiche Tendenz wie auf der Ebene des Gesamt-Endenergiebedarfs.

Sowohl die Gesamt-Primärenergiebedarfe als auch die aufgeschlüsselten Primärenergiebedarfe für Heizung, Trinkwarmwasser, Beleuchtung, Kühlung und Lüftung korrelieren sehr gut mit den Endenergiebedarfs-Kennwerten. Insofern sind die Ursachen für Abweichungen zwischen den Primärenergieergebnissen des Excel-tools¹ und denen des EnEV+tools vielmehr auf der Nutz- und Endenergiebedarfsebene zu finden.

Es wurden die Primärenergie-Faktoren verwendet, die in Tabelle A.1 Spalte B der DIN V 18599 Teil 1 angegeben sind. Diese sind für Strom 2,7, für die Nahwärme aus dem Heizwerk 0,1 und für Erdgas 1,1.

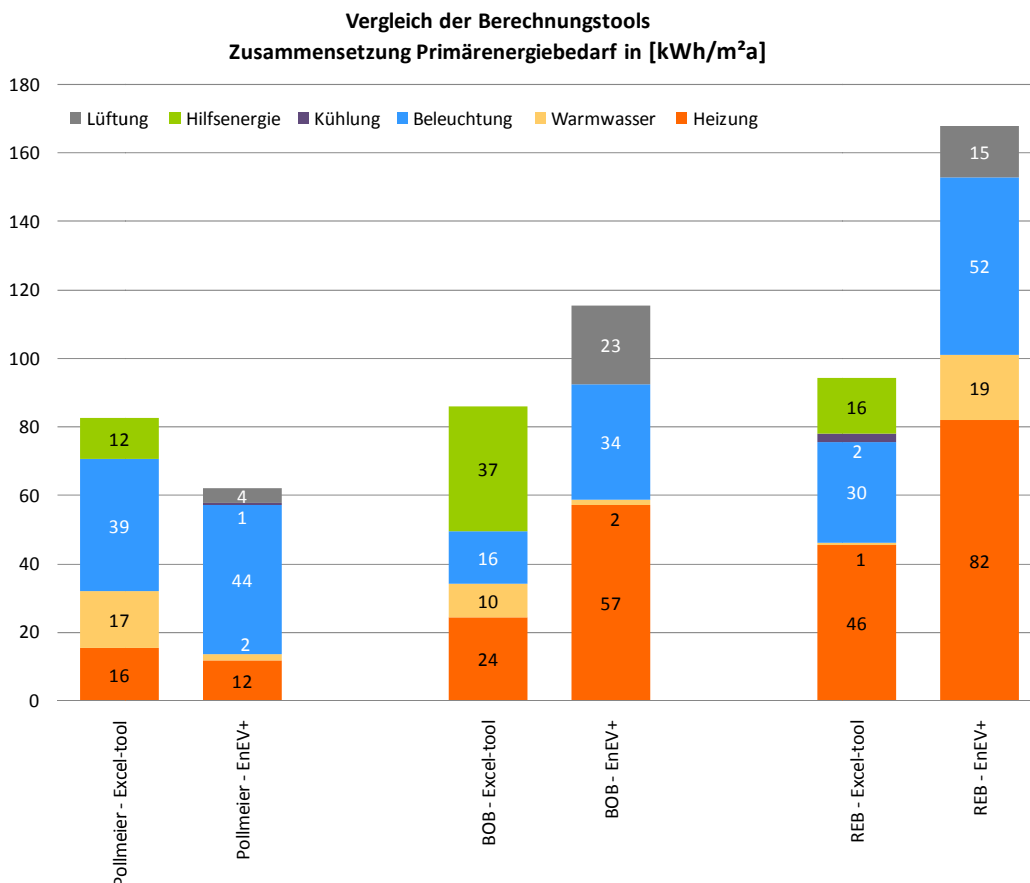


Abb. 5 Gegenüberstellung der Zusammensetzung Primärenergiebedarfe der Demoprojekte BOB, REB und Pollmeier nach DIN V 18599 mit dem Excel-tool¹ des IBP und Ennovatis EnEV+, Version 2.4.4.

3. 2 Vergleich der Nachweis-Ergebnisse mit den Anforderungen der EnEV 2007

Die DIN V 18599 ist in der Energieeinsparverordnung EnEV 2007 als Nachweisverfahren für Nichtwohngebäude und ab 1. Oktober 2009 auch in der EnEV 2009 für Wohngebäude Grundlage. In erster Linie gibt diese Verordnung Mindestanforderungen für das Niveau des Dämmstandards und der Anlagentechnik eines Gebäudes vor.

Im folgenden Abschnitt soll daher untersucht werden, inwieweit sich mit dem Berechnungswerkzeug der DIN V 18599 energetisch ambitionierte Nichtwohngebäude abbilden lassen, die weit unter den gesetzlichen Mindestanforderungen liegen (Bsp. Passivhaus, Nullenergiehaus).

Wie bewährt sich das Verfahren im Umgang mit Konzepten und Technologien, die weit über den technischen Standard hinausgehen (Bsp. passive Nachtauskühlung, regenerative Energien, Betonkerntemperierung, Tageslichtkonzepte, Passivhausbauweise, innovative Regelungskonzepte)?

Die Anforderungen der EnEV an den Neubau von Nichtwohngebäuden beziehen sich vornehmlich auf die Begrenzung der Kennwerte H_T' und Q_p :

- a. H_T' ist der spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmetransferkoeffizient eines Gebäudes. In Abhängigkeit vom Fensterflächenanteil und dem A/V_e -Verhältnis wird der **H_T' -„Höchstwert“** für ein zu errichtendes Gebäude nach der EnEV 2007 begrenzt. Der H_T' -Kennwert dient somit als Indikator für das "Dämmniveau" einer Gebäudehülle.

Der Jahres-Primärenergiebedarf für das Referenzgebäude wird unter anderem aus dem **H_T' -„Referenzgebäudewert“** in Abhängigkeit des Fensterflächenanteils und dem A/V_e -Verhältnis ermittelt.

Für das zu berechnende Gebäude wird der Jahres-Primärenergiebedarf unter anderem mit dem **H_T' -„Kennwert“** nach DIN V 18599 ermittelt.

Der **H_T' -„Referenzgebäudewert“** liegt ca. 25 % unter dem **H_T' -„Höchstwert“**.

- b. Q_p ist der Jahres-Primärenergiebedarf für Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung, Kühlung und Beleuchtung. Der Primärenergiebedarfskennwert für das zu berechnende Gebäude darf den Kennwert des Jahres-Primärenergiebedarfs eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung einschließlich der Anordnung der Nutzungseinheiten mit einer nach EnEV vorgegebenen technischen Ausführung nicht überschreiten. Der Kennwert dient damit als Indikator für die "Gesamtenergieeffizienz" eines Gebäudes inkl. der Anlagentechnik und allen Umwandlungs- und Übertragungsverlusten.

Das nachfolgende Diagramm zeigt, wie sich die Gebäudehüllenqualität energetisch ambitionierter EnOB-Demoprojekte gegenüber den Anforderungen der EnEV 2007 darstellt:

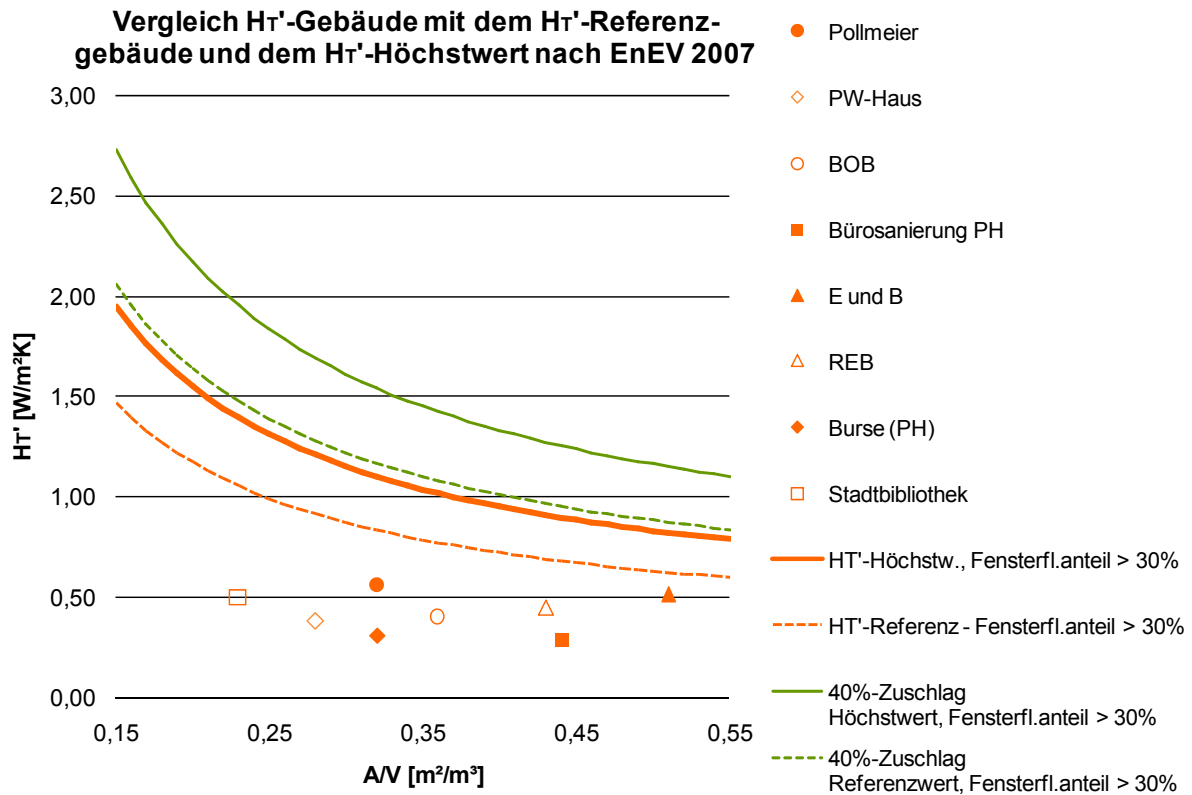


Abb. 6 H_T' als Funktion des Hüllflächen/ Volumen-Verhältnis der untersuchten Projekte. Sanierungsprojekte sind mit einem Dreieck gekennzeichnet, Neubauten mit einem Kreis.

Alle untersuchten EnOB-Demoprojekte weisen einen Fensterflächenanteil > 30% auf, so dass auf die Darstellung weiterer Kurven (Gebäude mit einem Fensterflächenanteil \leq 30%) verzichtet wurde.

Für bestehende Gebäude werden nach EnEV 2007 die 40%-Zuschläge auf den H_T' -Höchstwert durch die grünen Kurven markiert.

Vergleich H_T' -Gebäude mit H_T' -Höchstwert

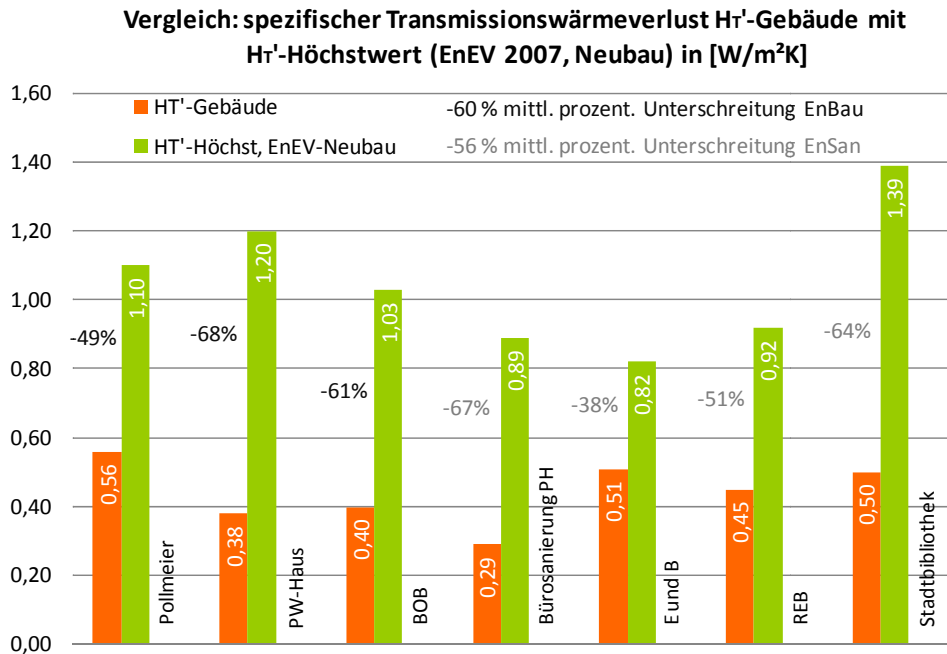


Abb. 7 Vergleich des spezifischen Transmissionswärmeverlusts der ausgeführten EnOB-Demonstrationsprojekte mit Höchstwert nach EnEV2007 (Neubau). Pollmeier, PW-Haus und BOB sind Neubauten, die anderen dargestellten Projekte Sanierungen.

Die Anforderungen für Neubauten werden hinsichtlich des H_T' -Höchstwertes durchschnittlich um 60 % unterschritten. Die Unterschreitung für bestehende Gebäude liegt gemessen am Neubaustandard durchschnittlich bei 56% - mit Berücksichtigung des 40%-Zuschlages beträgt die Unterschreitung für bestehende Gebäude durchschnittlich sogar 69%.

Der H_T' -Kennwert des Referenzgebäudes wird bei den EnOB-Demoprojekten im Durchschnitt um 44% unterschritten.

Gebäude – Referenzgebäude

Das Referenzgebäude weist die gleiche Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung wie das zu errichtende Gebäude. Die Ausführung des Referenzgebäudes entspricht den Vorgaben der EnEV 2007, Anlage 2, Tab. 1.

Vergleich Q_p-Gebäude mit Q_p-Referenzgebäude

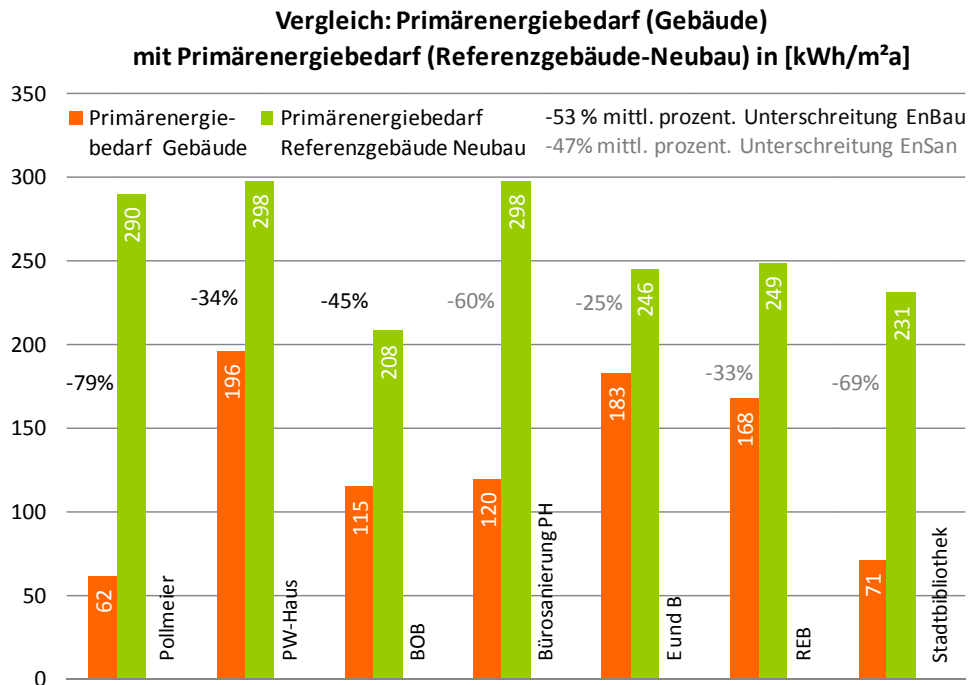


Abb. 8 Vergleich des Primärenergiebedarfs der ausgeführten EnOB-Demonstrationsprojekte mit dem Referenzwert nach EnEV2007 (Neubau). Pollmeier, PW-Haus und BOB sind Neubauten, die anderen Projekte Sanierungen. Primärenergie-Faktoren nach Tabelle A.1 Spalte B der DIN V 18599 Teil 1: Strom 2,7, für die Fern-/Nahwärme aus dem Heizwerk 0,1 und für Erdgas 1,1.

Die Primärenergiewerte des Gebäudes unterschreiten die Grenzwerte des Referenzgebäudes durchschnittlich um 50%.

Sie unterschreiten die Primärenergiewerte des Referenzgebäudes bei den 3 EnBau-Projekten um 53% - bei den 5 EnSan-Projekten um 47%.

Als Anforderung an die Energieeffizienz von Gebäuden im Rahmen des EnOB-Förderkonzepts vom 15.12.2006 wird derzeit für EnBau-Projekte eine Unterschreitung der EnEV-Primärenergie-Grenzwertanforderungen > 50% gefordert - für EnSan-Projekte eine Unterschreitung > 30%.

Mit Ausnahme der Gebäude Paul-Wunderlich-Haus, BOB und Druckerei Engelhardt und Bauer würden alle Gebäude die Förderbedingungen sogar noch unter der EnEV 2007 erfüllen. Auffallend ist, dass die durchschnittliche prozentuale Unterschreitung der Grenzwerte für den Transmissionswärmetransferkoeffizienten höher ausfällt als die prozentuale Unterschreitung für den Primärenergiebedarf. Für die EnOB-Demoprojekte kommt im Nachweisverfahren nach EnEV 2007 (DIN V 18599) dem Primärenergie-Grenzwert folglich eine größere Bedeutung zu als dem H_T'-Grenzwert, weil er gewissermaßen die begrenzende Kennwertgröße für den EnEV-Nachweis darstellt. Die primärenergie-lastige Begrenzung macht sich insbesondere bei energetisch ambitionierten Gebäuden bemerkbar: So werden zum Beispiel nach EnEV 2007 beim Referenzgebäude Anlagen zur Erzeugung und Verteilung von Wärme, Warmwasser, Kälte und Lüftung nur insoweit und in der Art berücksichtigt, wie sie beim Gebäude ausgeführt werden. Gebäude mit innovativen Energiekonzepten und Technologien werden damit im Verhältnis zu konventionellen Konzepten ungünstiger bewertet (Bsp.: REB: Solarthermie, E & B: Prozesswärme oder PCM-Materialien, Bürosanierung PH: nächtliche Sommerkühlung).

3. 3 Vergleich der Nachweisergebnisse mit den Verbrauchskennwerten aus der 2-jährigen Monitoring-Phase

Im folgenden Kapitel werden die berechneten Energiebedarfe mit den gemessenen Energieverbräuchen aus einer 2-jährigen Gebäude-Monitoring-Phase miteinander verglichen. Die Messdaten für den Wärmeverbrauch wurden in Abhängigkeit des Gebäudestandorts und des Messzeitraums entsprechend witterungsbereinigt.

Die Gesamtenergiebedarfe und -verbräuche für Heizen, Kühlen, Lüften, Warmwasser und Beleuchten werden auf der End- und Primärenergieebene verglichen. Abweichend davon kann der Vergleich von Bedarfs- und Verbrauchskennwerten auf Nutzenenergieebene nur für die Energiedienstleistung Heizen durchgeführt werden.

Nutzwärmebedarf/ -verbrauch²

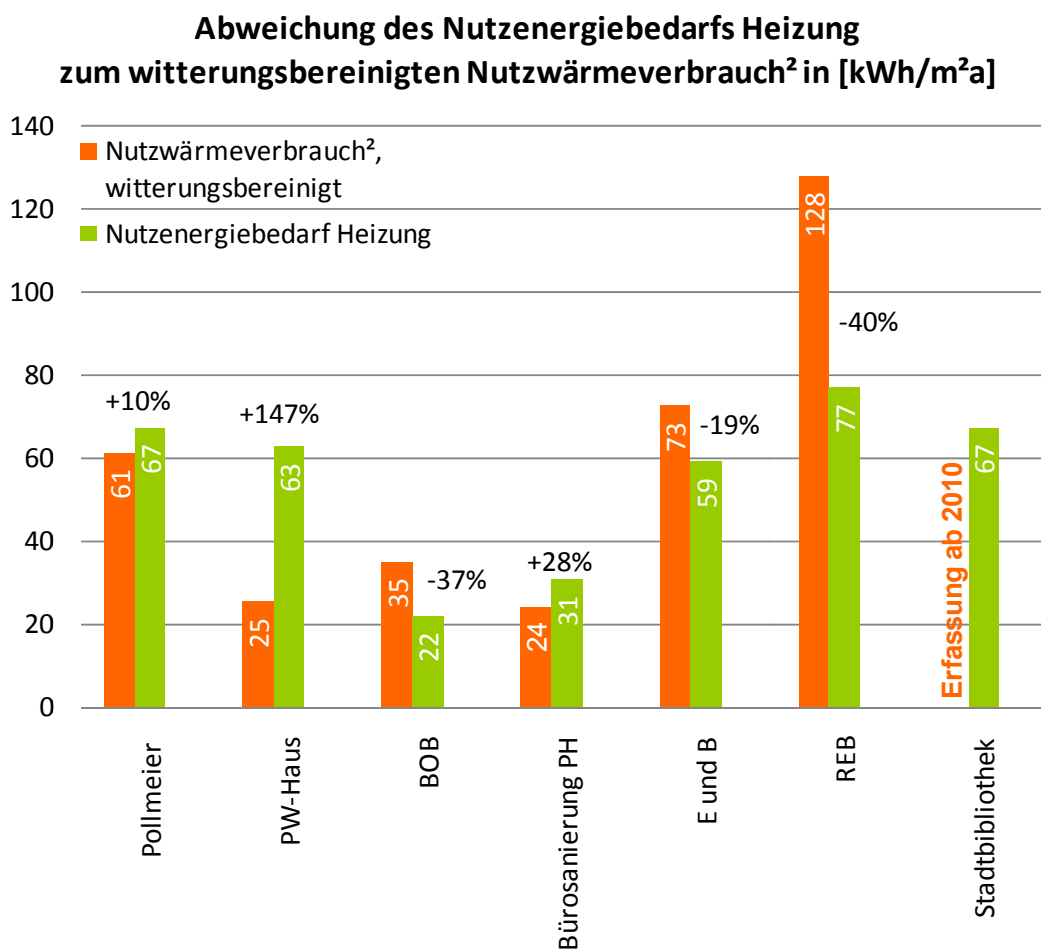


Abb. 9 Vergleich des Nutzenergiebedarfs und des Nutzenenergieverbrauchs² (witterungsbereinigt) der ausgeführten EnOB-Demonstrationsprojekte.

Die witterungsbereinigten Nutzwärmeverbrauchsdaten² weichen zum Teil sehr stark (Bsp.: PW-Haus, BOB oder REB) von den Nutzenergiebedarfswerten für Heizung aus dem Nachweisverfahren nach DIN V 18599 ab. Grundsätzlich kann eine Übereinstimmung von Verbrauchs- und Bedarfswerten auch nicht erwartet werden, weil die Verbrauchskennwerte in hohem Maße vom Nutzerverhalten selbst beeinflusst werden. Den berechneten Bedarfskennwerten der DIN V 18599 liegt ein normiertes Standardnutzungsprofil zugrunde, das vom realen Nutzungsprofil erheblich abweichen kann. Beispielsweise findet in der Druckerei Engelhardt und Bauer ein Schichtbetrieb statt, der im Normnutzungsprofil unberücksichtigt bleibt. Aufgrund von Nutzungsänderungen können sich auch die Nutzungsprofile gegenüber der ursprünglichen Planung stark verändern (Bsp. Veränderung bei der Personenbelegung).

² Der Nutzwärmebedarf (Heizwärmebedarf) entspricht der Wärmemenge, die einem Gebäude/ einer Gebäudezone zugeführt werden muss, damit die Räume auf Sollinnentemperatur gehalten werden können. Im Nutzwärmebedarf ist der Energieaufwand zur Wärmeerzeugung, -speicherung und -verteilung nicht enthalten.

Entsprechend dem Nutzwärmebedarf ist der Nutzwärmeverbrauch die Wärmemenge, die in Abhängigkeit des Nutzerverhaltens und der klimatischen Bedingungen tatsächlich in einer Gebäudezone abgegeben wird. Da Messdaten auf Nutzenergieebene in der Regel nicht verfügbar sind, beinhalten die Nutzwärmeverbräuche in Abb. 9 zusätzlich die Verteil- und Speicherverluste des Anlagensystems.

Endenergieverbrauch/-bedarf

**Abweichung des Endenergiebedarfs nach DIN V 18599
(Heizen, Kühlen, Lüften, Warmwasser und Beleuchtung) zum
witterungsbereinigten Endenergieverbrauch in [kWh/m²a]**

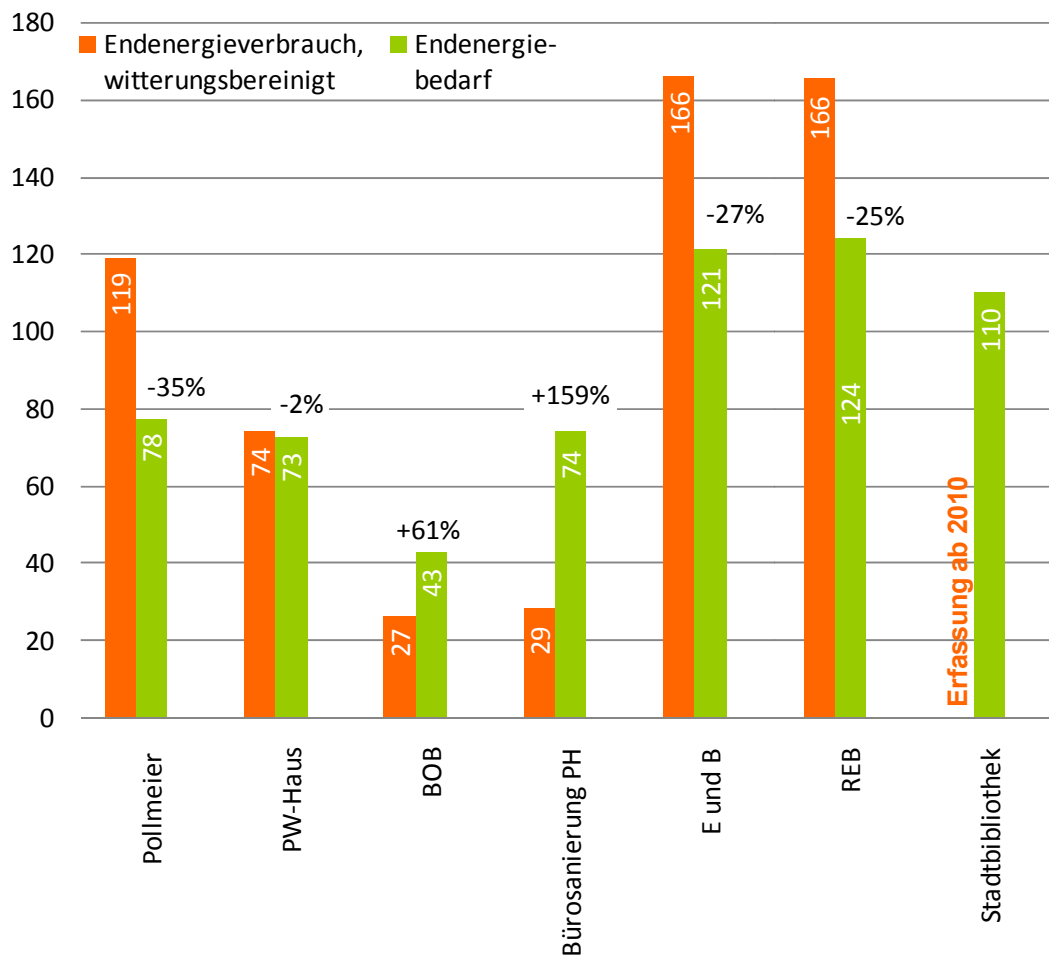


Abb. 10 Vergleich des Endenergiebedarfs und des Endenergieverbrauchs (witterungsbereinigt) der ausgeführten EnOB-Demonstrationsprojekte.

Der Vergleich von Verbrauchskennwerten mit den Bedarfskennwerten auf Endenergieebene zeigt ebenfalls sehr große Abweichungen. Auffallend ist jedoch, dass die extrem niedrigen Verbrauchskennwerte bei den Gebäuden BOB und Bürosanierung im Passivhausstandard zu verzeichnen sind. Hier ist davon auszugehen, dass die Nutzer und Bauherren als Fachplaner für Energie- und Gebäudetechnik sowohl die Anlagentechnik als auch das Nutzerverhalten im Eigeninteresse optimiert haben.

Primärenergieverbrauch/-bedarf

**Abweichung des Primärenergiebedarfs nach DIN V 18599
(Heizen, Kühlen, Lüften, Warmwasser und Beleuchtung) zum
witterungsbereinigten Primärenergieverbrauch in [kWh/m²a]**

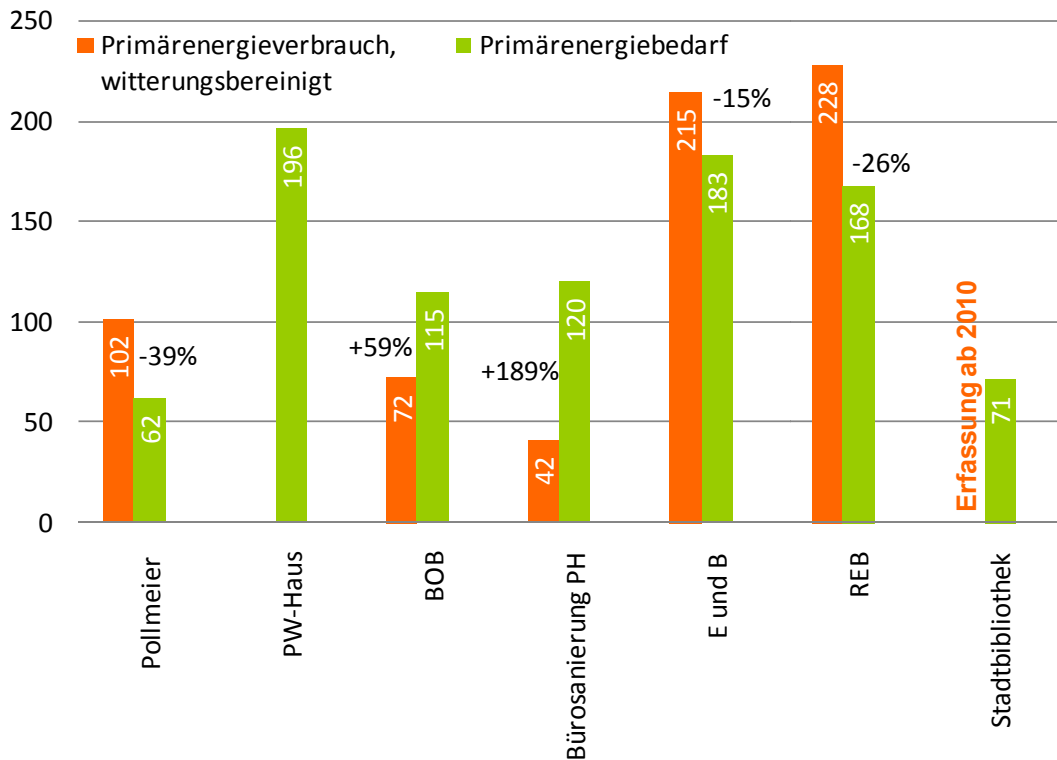


Abb. 11 Vergleich des Primärenergiebedarfs und des Primärenergieverbrauchs (witterungsbereinigt) der ausgeführten EnOB-Demonstrationsprojekte.

Bedingt durch die Primärenergiefaktoren zeigt sich beim Verbrauchs-Bedarfs-Abgleich im Primärenergiediagramm eine ähnliche Tendenz wie im Endenergiediagramm.

Mit dem vorliegenden Verbrauchs-Bedarfs-Abgleich können nur sehr grobe Einschätzungen zum Gebäudebetrieb bzw. Nutzerverhalten vorgenommen werden. Um eine bessere Übereinstimmung von Verbrauchs- und Bedarfskennwerten zu erzielen, müssten die folgenden Berechnungsänderungen durchgeführt werden:

- Ersetzen des Referenzstandortes Würzburg durch die tatsächlichen Randbedingungen am Standort.
- Anpassung der Norm-Nutzungsprofile an die realen Nutzungsrandbedingungen
- Erneute Zonierung des Gebäudes, entsprechend dem realen Gebäude. (ohne Anwendung der Vereinfachungsregeln der DIN V 18599 bzw. der EnEV)
- Ersetzen von pauschalierten Anlagenkennwerten (Bsp. Tabellenverfahren) durch reale Anlagenkennwerte (Bsp. Erfassen der spezifischen Beleuchtungsleistung).



Wie realitätsnah sich die Bedarfswerte der DIN V 18599 an die tatsächlichen Verbrauchswerte angleichen lassen, lässt sich in dieser Untersuchung nicht klären. Für eine möglichst realitätsnahe Berechnung wäre neben dem ohnehin hohen Aufwand der Nachweiserstellung ein zusätzlicher Aufwand zur Datenerfassung zu betreiben.

3.4 Quantifizierung der Energiebedarfe für Kühlung, Lüftung, Beleuchtung, Warmwasser und Heizung auf Gebäudeebene

Zusammensetzung Nutzenergiebedarf

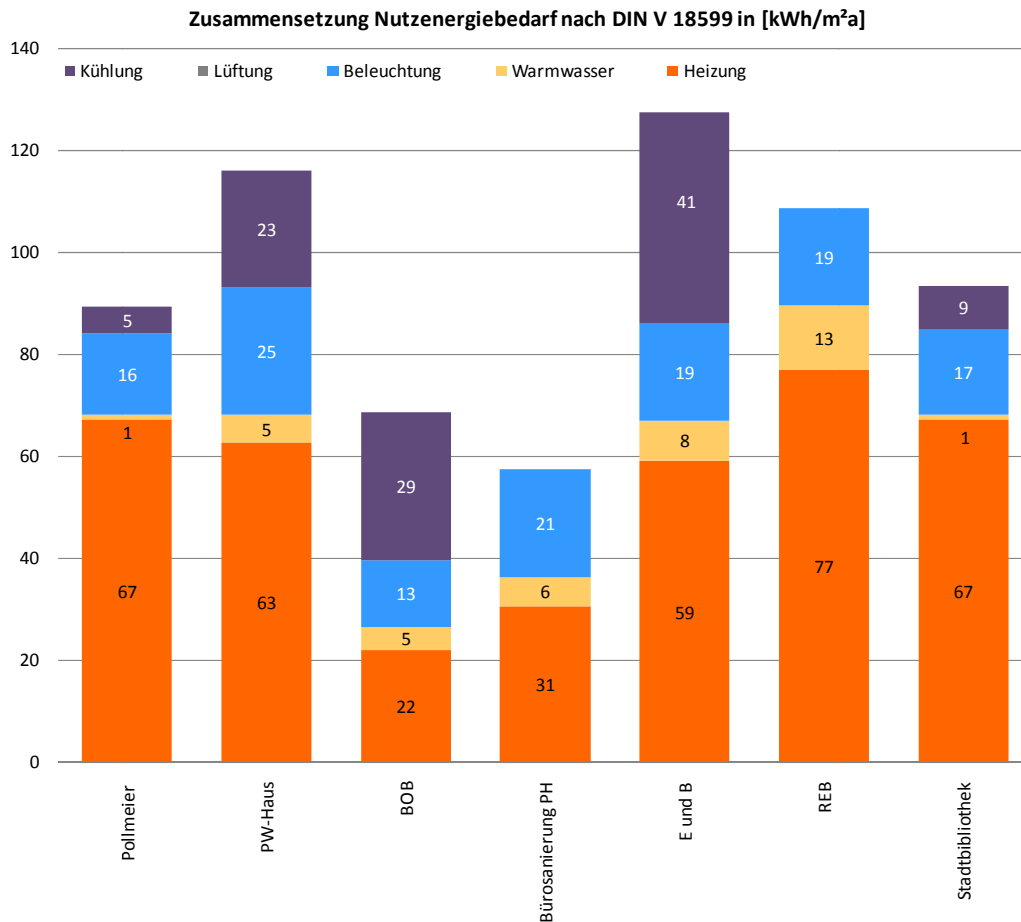
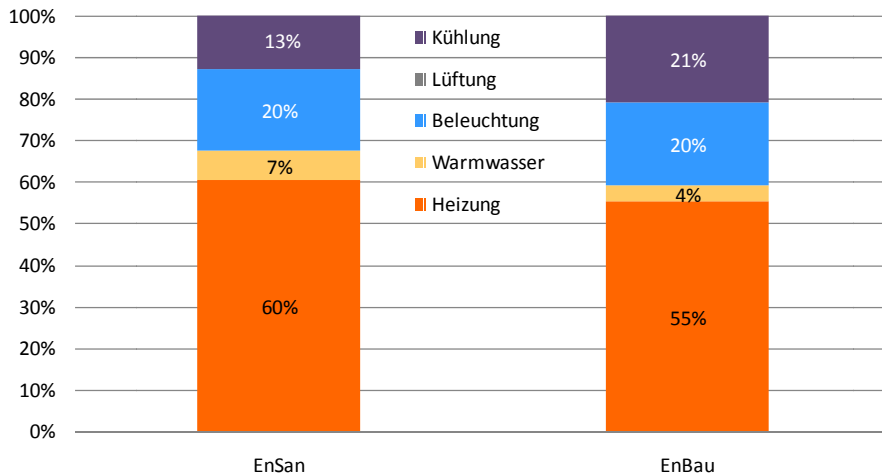


Abb. 12 Zusammensetzung des Nutzenergiebedarfs, aufgeschlüsselt nach den Energiedienstleistungen der DIN V 18599.

Die durchschnittlichen Energiebedarfskennwerte der untersuchten EnSan-Projekte gleichen sich auf der Nutzenergieebene den Energiebedarfskennwerten der EnBau-Projekte nahezu an. Wesentliche Unterschiede gibt es beim höheren Kühlbedarf der EnBau-Projekte BOB, Paul-Wunderlich-Haus und der Druckerei Engelhardt und Bauer. Die 3 Gebäude werden über Erdsonden teilweise mit Wärmepumpe gekühlt und haben durch hohe interne Lasten einen erhöhten Kühlbedarf. Bei der Druckerei Engelhardt und Bauer entsteht zusätzlich ein erhöhter Kühlbedarf durch die solaren Wärmegewinne auf der nahezu komplett verglasten Westfassade und die internen Gewinne durch Print-Medien.

Die Bedarfskennwerte auf Nutzenergieebene liegen bei EnBau- und EnSan-Projekten durchschnittlich bei 55 kWh/m²a für die Heizung, 19 kWh/m²a für Beleuchtung und 5 kWh/m²a für Trinkwarmwasser. Der Kühlenergiebedarf weist eine große Spanne von 0 bis 41 kWh/m²a auf – durchschnittlich 15 kWh/m²a.

Durchschnittliche Zusammensetzung Nutzenergiebedarf in %



Durchschnittliche Zusammensetzung Nutzenergiebedarf in [kWh/m²a]

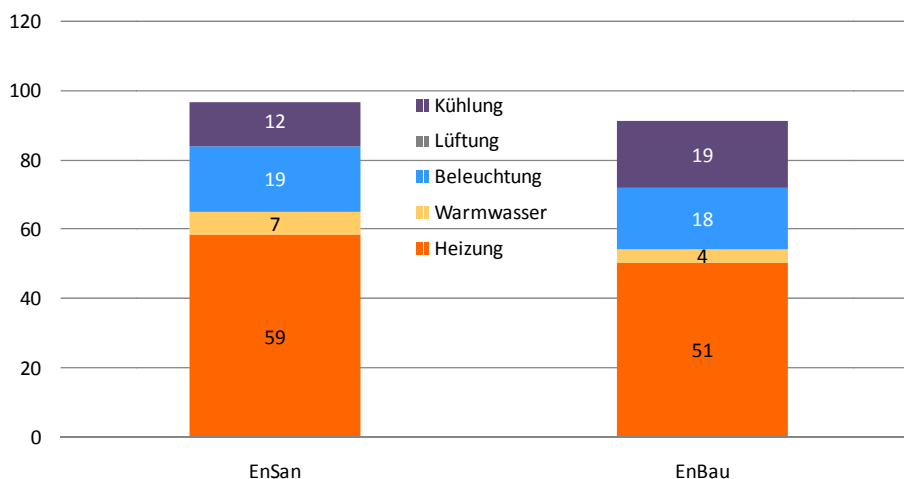


Abb. 13 Durchschnittliche Zusammensetzung des Nutzenergiebedarfs in % (oben) und in kWh/m²a (unten), aufgeschlüsselt nach den Verbrauchern der DIN V 18599 für Projekte aus dem Bereich Neubau (EnBau) und Sanierung (EnSan).

Zusammensetzung Endenergiebedarf

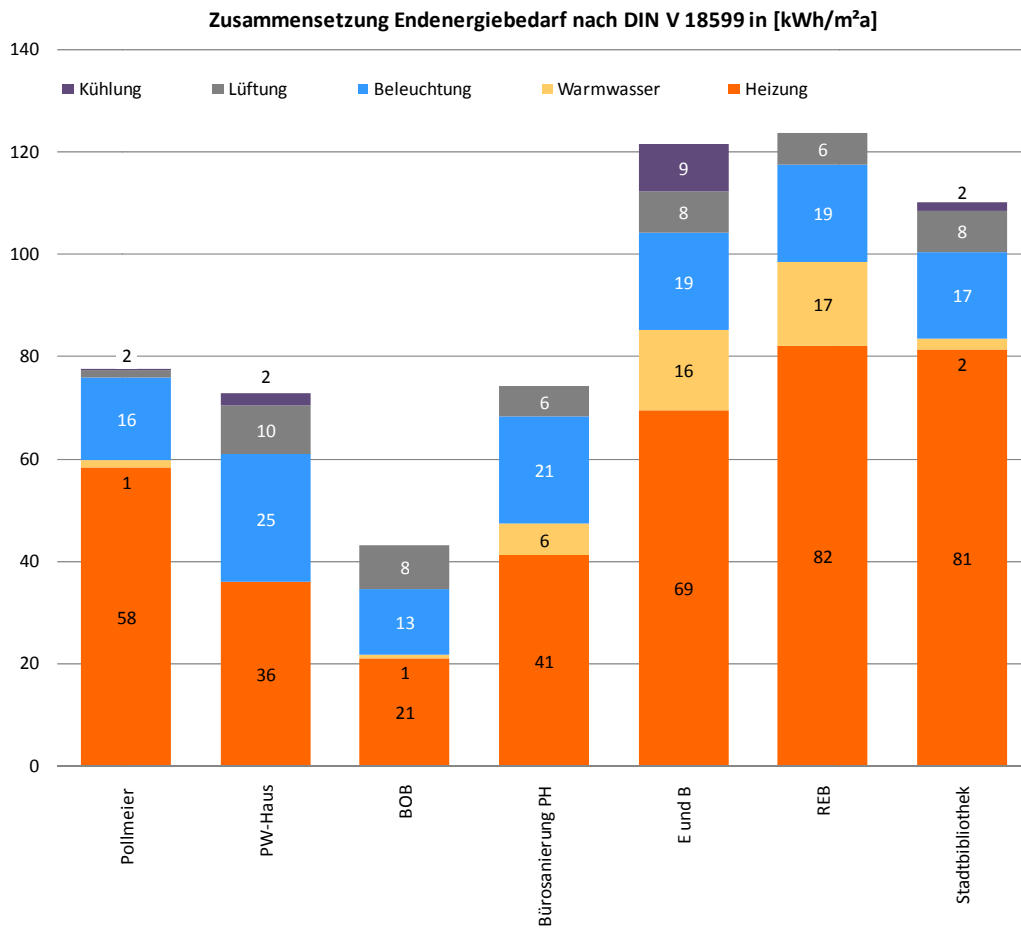
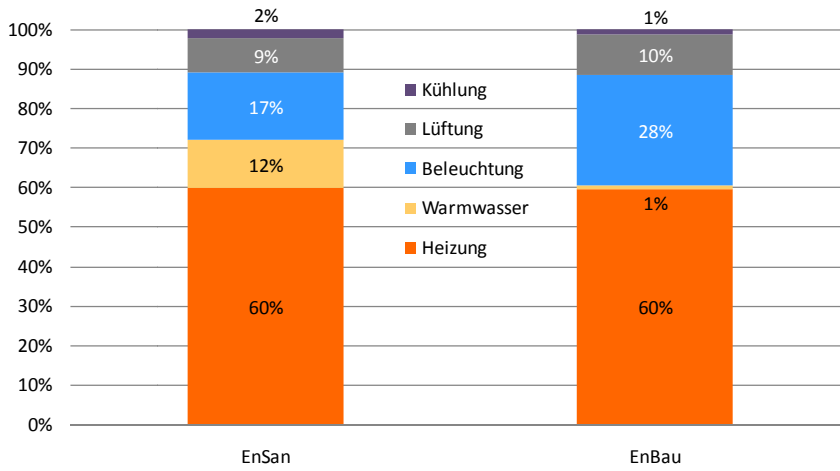


Abb. 14 Zusammensetzung des Endenergiebedarfs, aufgeschlüsselt nach den Verbrauchern der DIN V 18599 für Projekte aus dem Bereich Neubau (EnBau) und Sanierung (EnSan).

Durchschnittliche Zusammensetzung Endenergiebedarf in %



Durchschnittliche Zusammensetzung Endenergiebedarf in [kWh/m²a]

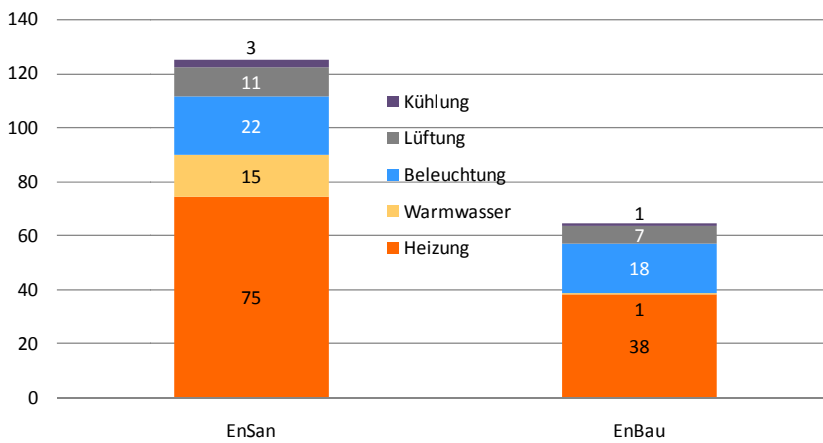


Abb. 15 Durchschnittliche Zusammensetzung des Endenergiebedarfs in % (oben) und in kWh/m²a (unten) aufgeschlüsselt nach den Verbrauchern der DIN V 18599 für Projekte aus dem Bereich Neubau (EnBau) und Sanierung (EnSan). Der Neubaubereich hebt sich hier deutlich vor allem im Heizenergiebedarf ab. Der höhere Warmwasserbedarf der EnSan-Projekte kann auf die Nutzung zurückgeführt werden.

Auf Endenergieebene kann ein extrem unterschiedlicher Trinkwarmwasserbedarf ermittelt werden, der sich bei 2 von 4 EnSan-Gebäuden durch die heterogene Nutzungsstruktur begründet (REB und E & B – Duschräume für Mitarbeiter). Die nachfolgenden Durchschnittskennwerte für den Trinkwarmwasserbedarf sind daher für die EnSan-Gebäude nicht verallgemeinerbar.

Bei den EnSan-Gebäuden mit gemischten Nutzungen ergibt sich ein durchschnittlicher Endenergiebedarf für Trinkwarmwasser von 15 kWh/m²a. Im Gegensatz dazu kommen die Gebäude aus den EnBau-Projekten, die sich aus einer reinen Büronutzung zusammensetzen, mit einem Endenergiebedarf für Trinkwarmwasser von durchschnittlich 1 kWh/m²a aus. Wie bereits erwähnt, sind die Durchschnittskennwerte für EnSan-Gebäude aufgrund der Nutzungszusammensetzung nicht stellvertretend.

Auffallend schlecht ist jedoch der Wirkungsgrad der Trinkwarmwassererwärmung (Verhältnis Nutzenergie zu Endenergie) von ca. 0,47 bei den EnSan-Gebäuden.

Die Bedarfskennwerte auf Endenergieebene liegen bei EnBau- und EnSan-Projekten durchschnittlich bei 18-22 kWh/m²a für die Beleuchtung und 7-11 kWh/m²a für die Lüftung. Größere Differenzen gibt es beim Endenergiebedarf für die Heizung mit 75 kWh/m²a (EnSan) und 38 kWh/m²a (EnBau).

Der Kühlenergiebedarf wird bei allen untersuchten EnOB-Gebäuden regenerativ gedeckt und fällt damit auf der Bilanzierungsebene Endenergie nicht mehr ins Gewicht. Lediglich ca. 1-3% fallen für die erforderliche Hilfsenergie an. Der Endenergiebedarfskennwert für die Kühlung der betrachteten Bürogebäude liegt damit fast bei Null.

Die prozentuale Verteilung der Endenergie lässt erkennen, dass bei einem kleineren Gesamt-Endenergiebedarf (EnBau) insbesondere die Beleuchtung für weitere Einsparmaßnahmen mehr an Bedeutung gewinnt.

Zusammensetzung Primärenergiebedarf

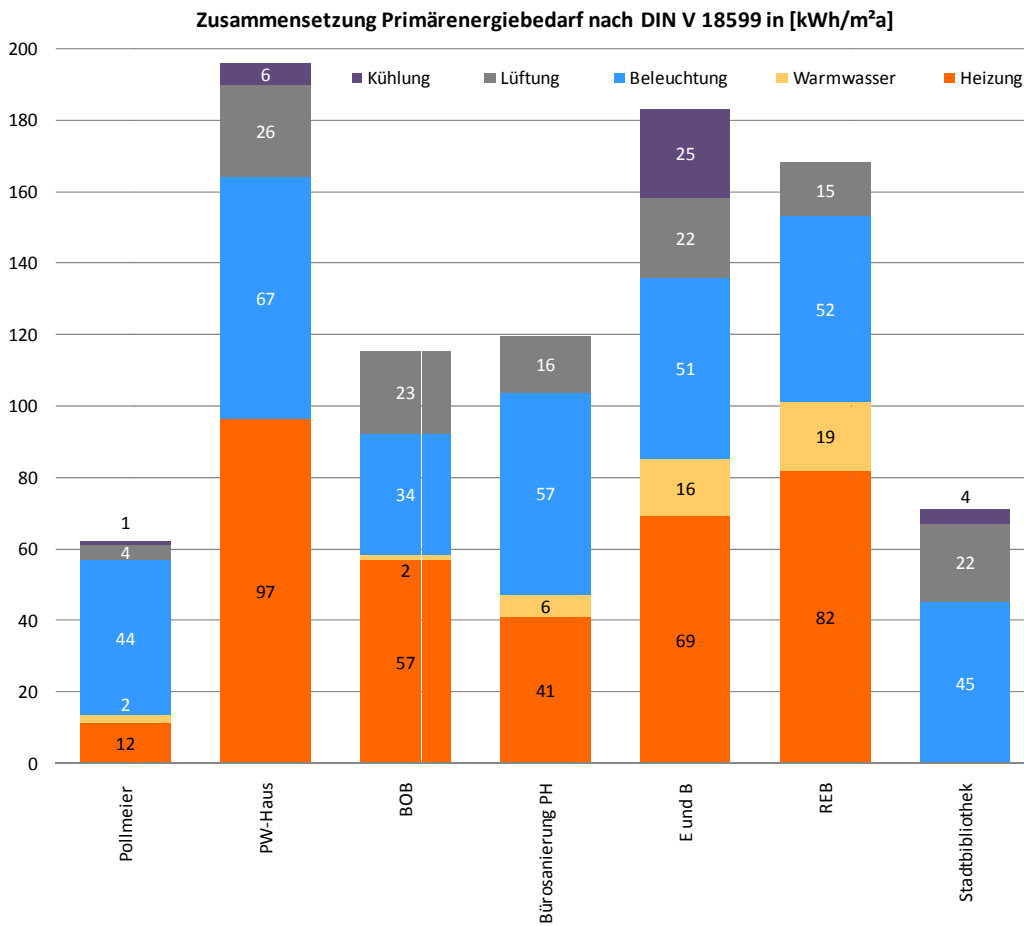
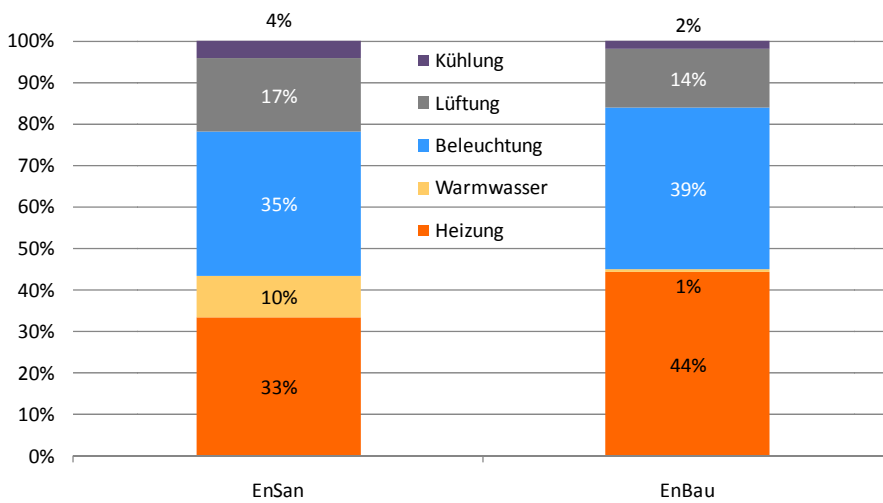


Abb. 16 Zusammensetzung des Primärenergiebedarfs in kWh/m², aufgeschlüsselt nach den Energiedienstleistungen der DIN V 18599

Durchschnittliche Zusammensetzung Primärenergiebedarf in %



Durchschnittliche Zusammensetzung Primärenergiebedarf in [kWh/m²a]

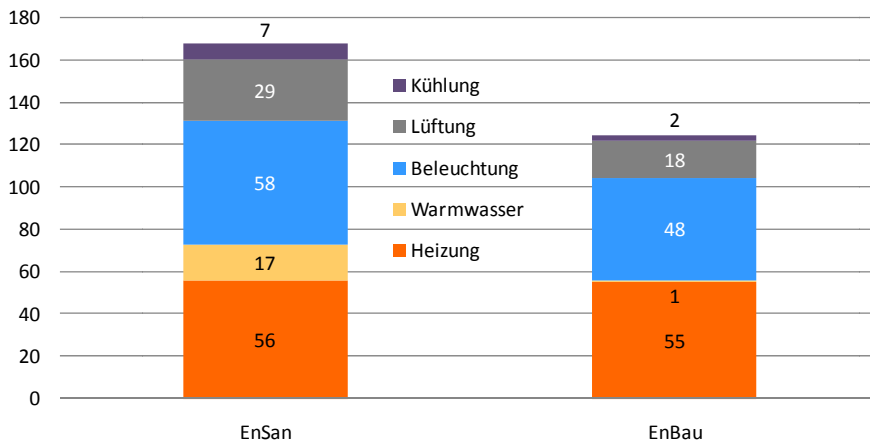


Abb. 17 Durchschnittliche Zusammensetzung des Primärenergiebedarfs in % (oben) und in kWh/m²a (unten) aufgeschlüsselt nach den Verbrauchern der DIN V 18599 für Projekte aus dem Bereich Neubau (EnBau) und Sanierung (EnSan).

Primärenergetisch gibt es zwischen EnSan- und EnBau-Projekten beim Beleuchtungs- und Lüftungsenergiebedarf nur geringe Unterschiede. Die Primärenergiekennwerte liegen zwischen 48 und 58 kWh/m²a für Beleuchtung, bei 18-29 kWh/m²a für die Lüftung und 55-56 kWh/m²a für die Wärmebereitstellung.

Die Energiekennwerte bleiben aus den genannten Gründen (siehe Vergleich Endenergie) auch auf Primärenergieebene extrem unterschiedlich.

EnSan-Projekte werden durchschnittlich mit 17 kWh/m²a (10%) Trinkwarmwasser bilanziert. Im Gegensatz dazu liegt der Primärenergiebedarf bei den EnBau-Projekten bei nur 1 kWh/m²a (1%).

Der Energiebedarf für Kühlung fällt auch primärenergetisch mit 2-7 kWh/m²a kaum ins Gewicht.

Die niedrigen Primärenergiekennwerte für Heizung einzelner Demoprojekte sind beim Gebäude Pollmeier auf die Fernwärme aus Holzabfällen und bei der Stadtbibliothek Nürnberg auf die Fernwärme aus der Müllverbrennung zurückzuführen.

Energetische Zielwerte – bezogen auf die Nutzung eines Gebäudes – lassen sich aus der Aufschlüsselung der einzelnen Energiebedarfe oder aus den Durchschnittskennwerten für Heizung, Trinkwarmwasser, Beleuchtung, Lüftung und Kühlung, selbst für Gebäude gleicher Nutzung, nicht sinnvoll ableiten. Im Nachweisverfahren nach DIN V 18599 haben vornehmlich die Zonierung und die damit verbundenen Norm-Nutzungsprofile einen entscheidenden Einfluss auf die Energiekennwerte. Eine Definition von energetischen Zielwerten für neue EnOB-Demonstrationsprojekte scheint daher eher auf Zonenebene zielführend.

3.5 Quantifizierung der Energiebedarfe für Kühlung, Lüftung, Beleuchtung, Warmwasser und Heizung auf Zonenebene

Die Berechnungen nach DIN V 18599 liefern einen Überblick der Energiebedarfe auf der Ebene des Gesamtgebäudes. In dem komplexen Berechnungsalgorithmus werden Verluste und Gewinne innerhalb eines Mehrzonenmodells verrechnet. Auffällig hohe oder niedrige Einzelbedarfe auf Zonenebene gehen in der Bilanz des Gesamtgebäudes unter. Je höher der Flächenanteil einer Zone, desto größer sind die Einflüsse.

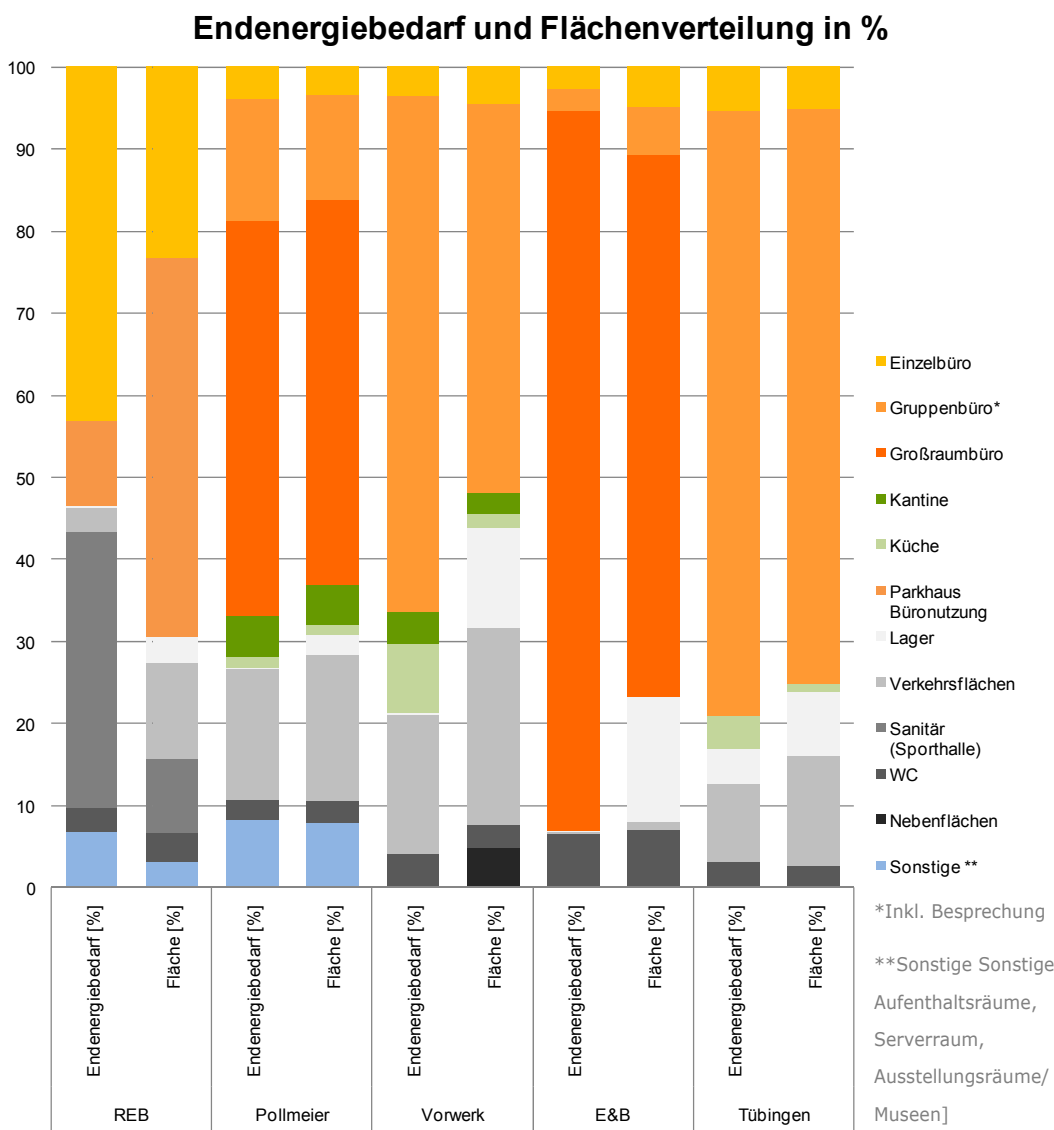


Abb. 18 Gegenüberstellung der Endenergiebedarfe und der Flächenanteile einzelner Zonennutzungen nach DIN V 18599 in %. Gut zu erkennen ist z.B. bei dem Projekt REB der geringe Energiebedarf der Zone Parkhaus im Verhältnis zu seiner Fläche. Der größte Energiebedarf liegt bei dem Projekt in dem Bereich der Einzelbüros und in den Verkehrsflächen. Der Verbrauch der Zone Büros ist jedoch auf Grund der Fläche relativ von größerer Bedeutung.

Im Rahmen des Masterstudiengangs an der Bergischen Universität Wuppertal wurden 2 Gebäude des EnOB-Förderkonzepts (Remscheider Entsorgungsbetriebe, Pollmeier) sowie das Gebäude der Vorwerk Hauptverwaltung nach den Vorgaben der DIN V 18599 modelliert und berechnet. Zwei weitere EnOB-Demonstrationsobjekte (Engelhardt & Bauer, PH-Büro Tübingen) wurden nach dem selben Vorgehen am Karlsruher Institut für Technologie bearbeitet. Die Flächenanteile und die Endenergiebedarfe der genannten Gebäude wurden auf Zonenebene untersucht und gegenübergestellt (Abb. 19).

Einzelne Zonen (Einzelbüro, Kantine, Küche, WC/Sanitär und Verkehrsflächen) kommen in der Mehrheit der Projekte vor und konnten daher aufgeschlüsselt nach Endenergiebedarf für Heizung, Lüftung, Warmwasser, Kühlung und Beleuchtung verglichen werden. Als Vergleichswerte wurden die Kennzahlen des LEE³ herangezogen. Im LEE werden Kühlung und Lüftung sowie Heizung und Warmwasser zusammen betrachtet. Sie werden hier den getrennten Werten nach DIN V 18599 gegenübergestellt. Selten erreichen oder unterschreiten die errechneten Bedarfe nach DIN die anspruchsvollen Werte des LEE³.

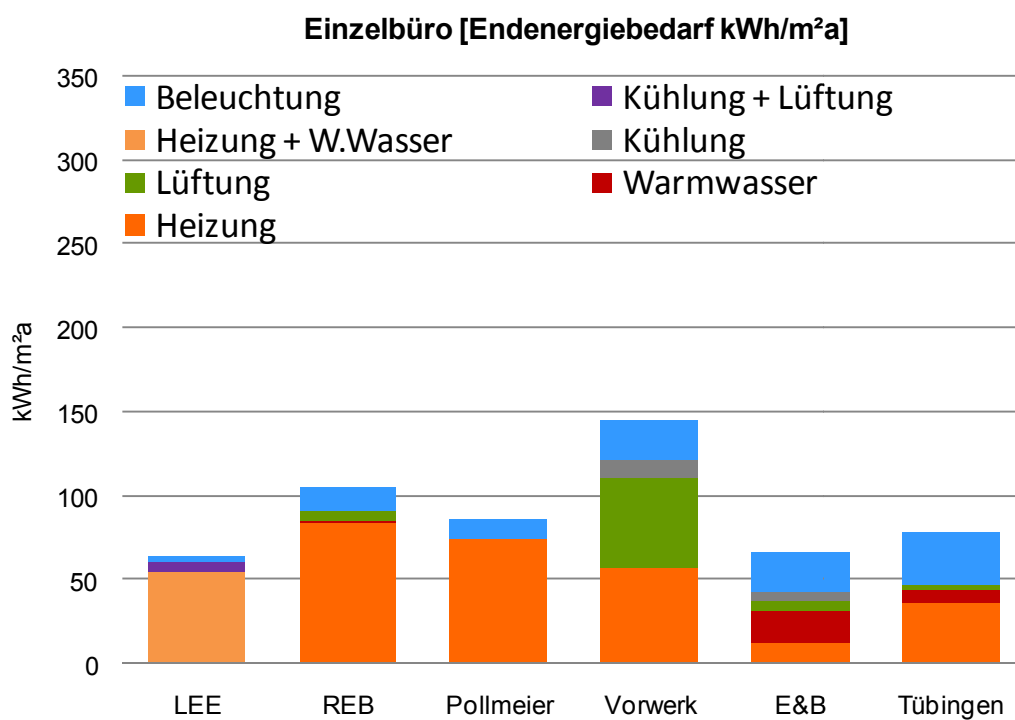


Abb. 20 Vergleich der Einzelbedarfe der untersuchten Projekte für Endenergie nach DIN V 18599 und den Kennwerten nach LEE³, bezogen auf die Normzone Einzelbüro, die in allen untersuchten Projekten vorkommt.

Im Vergleich zu den Referenzwerten ist bei der Untersuchung der Zone ‚Einzelbüro‘ das Projekt Vorwerk auffällig. Der verhältnismäßig niedrige Heizwärmebedarf dieser Zone ist der Tatsache geschuldet, dass sich die Zone Einzelbüro ausschließlich auf die Vorstandsetage bezieht, die über eine effiziente Heiztechnik verfügt. Trotzdem schneiden die Einzelbüros im Projekt Vorwerk im Vergleich zu den anderen Projekten auf Grund des hohen Energiebedarfs für Lüftung am schlechtesten ab. Bei Pollmeier gibt es in dieser Zone weder einen Energiebedarf für die Lüftung noch für die Kühlung, da die Zuluft über die Fassade bezogen wird und die Abluft zentral über die Zone WCs abgesaugt wird. Außerdem sind die Einzelbüros nach Norden orientiert, so dass der Heizwärmebedarf wegen des Fehlens solarer Gewinne vergleichsweise hoch ist. Dennoch bleibt Pollmeier im Bedarf unter dem der REB. Bei dem Projekt REB weisen die Einzelbüros wegen der nicht anrechenbaren Wärmerückgewinnung (sie befindet sich in einer anderen Zone) einen vergleichsweise hohen Heizwärmebedarf in den Einzelbüros auf. Der geringfügige Energiebedarf der Einzelbüros der REB für Warmwasser beruht auf der Aufnahme eines kleinen Laborraumes in diese Zone nach der Drei-Prozent-Regel gemäß DIN V 18599. Im Projekt E&B lässt sich der hohe Warmwasserbedarf mit den Duschräumen für das Personal der benachbarten Druckproduktion erklären.

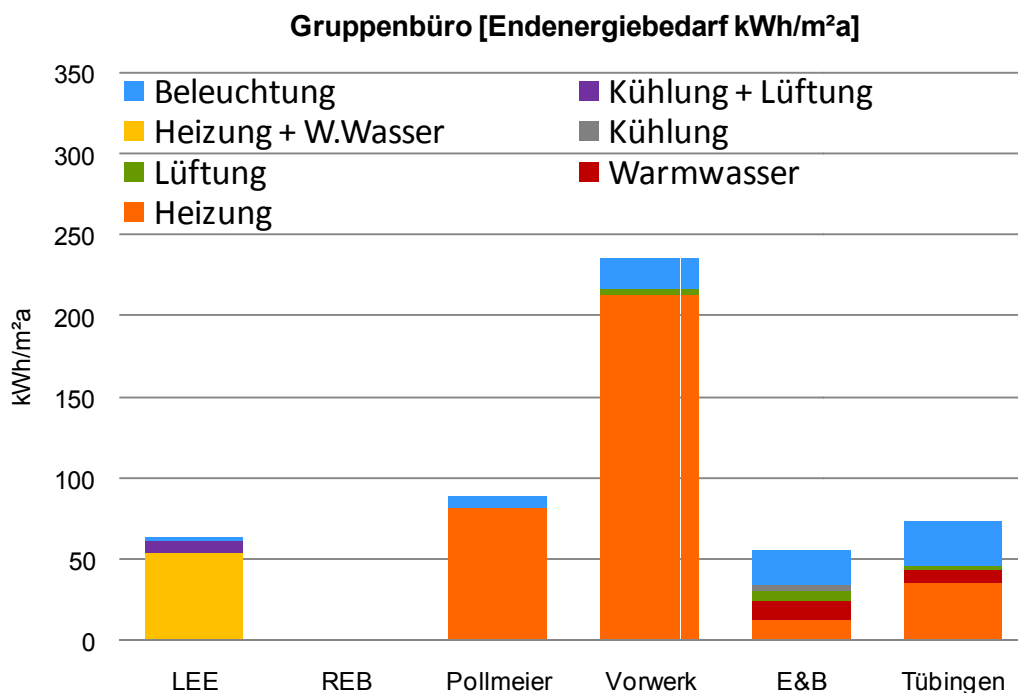


Abb. 21 Vergleich der Einzelbedarfe der untersuchten Projekte für Endenergie nach DIN V 18599 und den Kennwerten nach LEE, bezogen auf die Normzone Gruppenbüro.

Die Zone „Gruppenbüro“ ist lediglich beim Projekt REB nicht vorhanden. Der Endenergiebedarf von Vorwerk ist für Heizung sehr hoch, da die Fassade von Vorwerk als unsaniertes Altbau eine schlechte Dämmung aufweist. Bei dem Projekt Vorwerk gibt es sowohl im Altbau als auch in der jüngeren Erweiterung Gruppenbüros, in den einzelnen Gebäudeteilen liegen unterschiedliche Lüftungs- und Dämmstandards vor. In der Norm-Berechnung wurden sie nicht zusätzlich separiert. Der geringe Endenergiebedarf für die Lüftung erklärt sich bei Vorwerk daraus, dass in den Gruppenbüros des Altbaus keine Lüftungsanlage installiert ist.

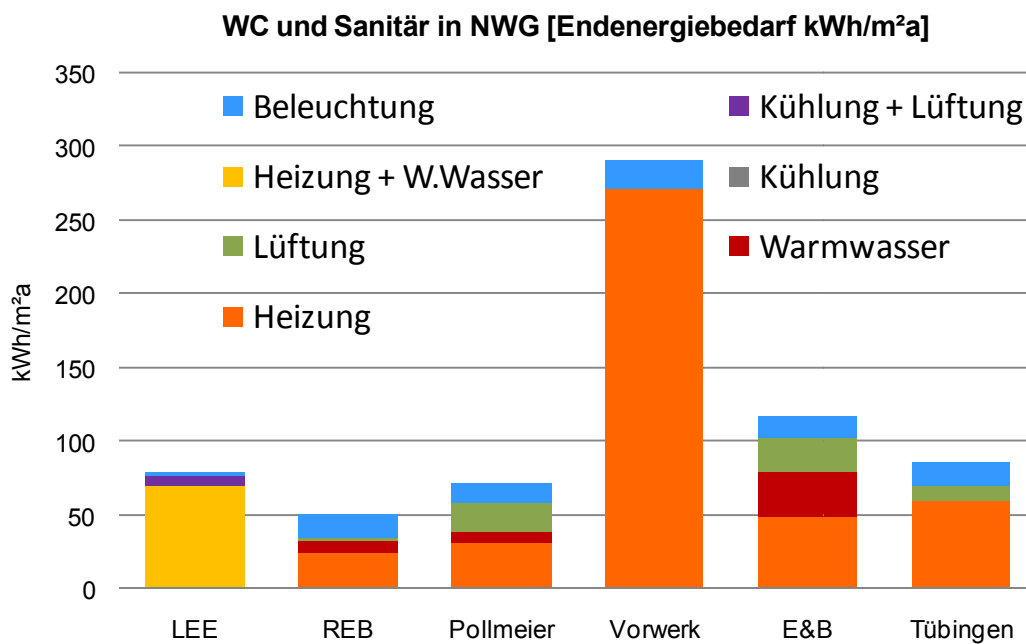


Abb. 22 Vergleich der Einzelbedarfe der untersuchten Projekte für Endenergie nach DINV 18599 und den Kennwerten nach LEE, bezogen auf die Normzone WC und Sanitär.

In den REB konnten Lüftungs- und Heizwärmebedarf durch die Einstellung einer Differenz zwischen dem Zu- und Abluftvolumenstrom der Lüftungsanlage so stark gesenkt werden, dass sie nun im Vergleich sehr gering sind. Auch bei Pollmeier wurde eine solche Differenz eingestellt. Dadurch dass hier die Abluft der jeweiligen Etage zentral abgesaugt wird, sind die Werte etwas höher als in den REB. Die WCs von Vorwerk haben einen enorm hohen Heizwärmebedarf, da diese Zone zum Teil im nicht sanierten Altbau mit Nordorientierung liegt und darüber hinaus über keine Lüftungsanlage verfügt, der gesamte Luftaustausch wird über die Fensterlüftung erwirkt.

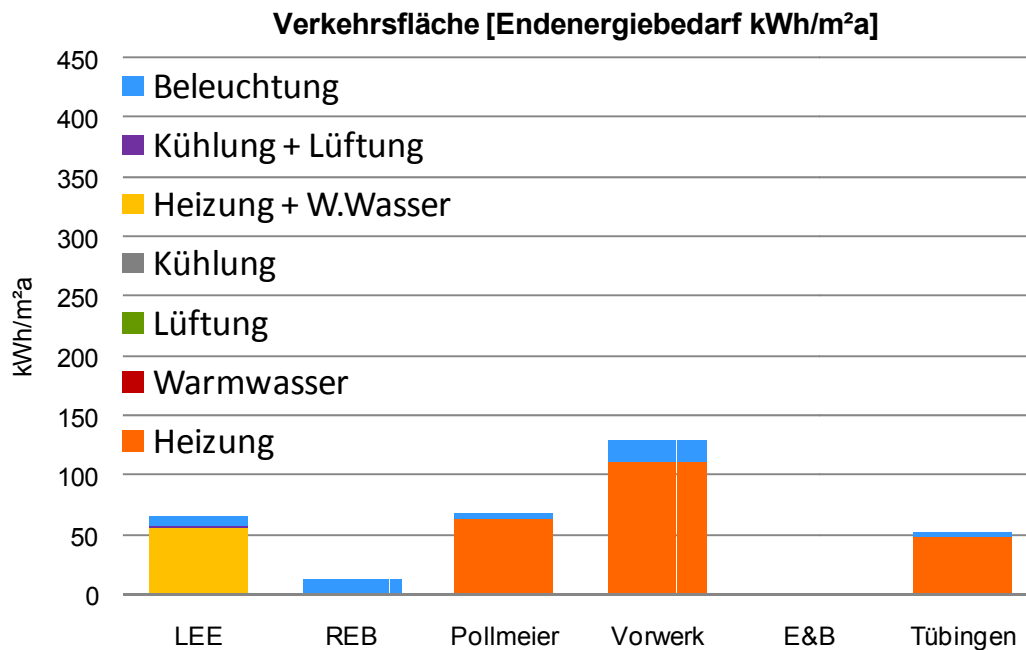


Abb. 23 Vergleich der Einzelbedarfe der untersuchten Projekte für Endenergie nach DINV 18599 und den Kennwerten nach LEE, bezogen auf die Normzone Verkehrsfläche.

Da die Zonen ‚Verkehrsfläche‘ bei Vorwerk teilweise im unsanierten Bereich des Altbaus liegen, haben sie im Vergleich, den höchsten Heizwärmebedarf. Der Flur der REB ist innenliegend und wird durch Überströmung aus den umliegenden Räumen beheizt. Der Heizwärmebedarf der Verkehrsflächen liegt bei Pollmeier höher als der anderer Zonen im Gebäude, da das Gebäude über ein Atrium mit einer Raumhöhe von 13 m verfügt, das zu den Verkehrsflächen gezählt wird. Im Projekt E&B beschränkt sich die Zone ‚Verkehrsfläche‘ auf einen kleinen innenliegenden Flur, der von umliegenden Zonen indirekt mitbeheizt wird.

Schlussfolgerungen

Die Projekte sind auf Grund ihrer jeweiligen spezifischen Nutzungsverteilungen nicht vollständig vergleichbar. Die Aufschlüsselung eines Modells bis auf Zonenebene liefert jedoch konkrete Hinweise zur energetischen Optimierung der Gebäude. Derzeit wird eine solch differenzierte Betrachtung nicht von allen Berechnungswerkzeugen unterstützt. Eine Gegenüberstellung der Flächen und Energiebedarfe wie in Abb. 18 dargestellt, dient hier als erster Schritt in der Analyse und zeigt die größten Potentiale hinsichtlich der Entwicklung von Zielwerten für das EnOB-Förderprogramm auf. Die anspruchsvollen Kennwerte des LEE bieten eine sehr gute Möglichkeit der Referenz und des Vergleichs.

4. Erfahrungen mit der EnEV 2007 und dem Nachweisverfahren nach DIN V 18599

Bei der Anwendung des Nachweisverfahrens auf die EnOB-Demoprojekte wurden innerhalb des Begleitforschungsteams folgende Erfahrungen mit der DIN V 18599 gesammelt:

Effiziente Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (Bsp. Bürosanierung im Passivhausstandard) weisen gewöhnlich einen Wärmebereitstellungsgrad $>75\%$ auf. Dagegen können Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung nach DIN V 18599-3 jedoch nur bis zu einer Rückwärmezahl $\leq 75\%$ berücksichtigt werden. Somit bleiben hocheffiziente Lüftungsanlagen mit WRG im Nachweisverfahren unberücksichtigt und demzufolge fallen die Endenergiebedarfswerte für die Heizung entsprechend höher aus.

Planungswerte für die Gesamtdruckdifferenz im Lüftungskanalnetz lagen bei der Erstellung der Nachweise nicht vor. Ebenso fehlten in der Regel Angaben zum Gesamtwirkungsgrad des Ventilators. Diese Werte haben jedoch einen erheblichen Einfluss auf den Endenergiebedarf der Lüftung. Richtwerte sind weder in der DIN-Norm noch im Berechnungswerkzeug EnEV+ zu finden. Werte für die Gesamtdruckdifferenz und den Gesamtwirkungsgrad des Ventilators mussten geschätzt werden.

Lüftungskonzepte mit Wärmerückgewinnung sind teilweise in dem Berechnungswerkzeug nicht abbildbar. Hat eine Zone beispielsweise eine reine Abluftanlage mit Zuluft über Fassadenlüftungselemente, lässt sich eine Wärmerückgewinnung für das Gesamtgebäude nicht darstellen. Die Wärmeübergabe von einer Zone in eine entfernte über Wärmetauscher ist nicht vorgesehen.

Betonkerntemperierung ist nicht problemfrei abbildbar. Für den Winterlastfall kann sie in nach DIN V 18599 Teil 5 über den Heizflächentyp ‚Flächenheizung‘ in die Berechnung integriert werden. Dabei kann zwischen Fussboden, Wand- oder Deckenheizung gewählt werden. Der Gesamtnutzungsgrad wird aus Teilnutzungsgraden berechnet und die Übergabeverluste werden daraus ermittelt. In Teil 7 der Norm werden die Nutzungsgrade der Raumkühlsysteme hingegen als feste Werte behandelt. Ein Raumkühlsystem mit $18/20^{\circ}\text{C}$ hat damit unabhängig von seiner Regelung und der eingesetzten Technik einen konstanten Übergabeverlust von 10%.

Liegt keine detaillierte Rohrnetzplanung für die Verteilungen der Heizung vor, können die Verluste des Warmwasserheizungs-Rohrnetzes vereinfacht nach Tabelle 15 (DINV 18599-5) bestimmt werden. In dieser Tabelle üben die Gebäudeabmessungen einen wesentlichen Einfluss auf die Berechnung der pauschalen Leitungslängen aus. Am Beispiel der Bürosanierung zum Passivhausstandard wurden die Verteilungen mit 398 m detailliert berechnet. Im Vergleich dazu sind die Standardwerte des Nachweisverfahrens mit 833 m etwa doppelt so hoch.

Darüber hinaus können sich durch standardisierte Wärmedurchgangszahlen von Verteilungen nach DIN V 18599 Abweichungen ergeben. Im Beispiel Bürosanierung Passivhaus wird für Steig- und Anbindeleitungen eine Wärmedurchgangszahl von $0,255 \text{ W/mK}$ angenommen. Eine detaillierte

Berechnung der Wärmedurchgangszahl fällt jedoch mit 0,211 W/mK niedriger aus. Durch den Mehraufwand einer detaillierten Rohrnetzrechnung kann im Beispiel der Bürosanierung auf Passivhausstandard der Endenergiebedarf um ca. 12% gesenkt werden!

D.h. der Detaillierungsgrad der Berechnung hat einen erheblichen Einfluss auf die Energiebilanz-Kennwerte und erschwert damit einen unmittelbaren Vergleich verschiedener Gebäude, wenn der Grad der Detaillierung nicht ausführlich beschrieben oder einheitlich für alle Gebäude angewendet wird. In der Regel sinkt der Endenergiebedarf mit zunehmendem Detaillierungsgrad.

Weitere Möglichkeiten der Detaillierung bieten z.B. der Wärmebrückenzuschlag, die Luftdichtheit der Gebäudehülle, die Wärmespeicherfähigkeit, der Heizungsbetrieb, die Volumenströme einer Lüftungsanlage, die Gesamtdruckdifferenz im Lüftungs kanalnetz, der Gesamtwirkungsgrad des Ventilators, die Kennwerte des Wärmeerzeugers oder die Zonierung u.v.a.

Schlussfolgerungen

Das Verfahren nach DIN V 18599 wurde für den Nachweis des Energiebedarfes unter definierten Randbedingungen (Klima, Nutzung) von Gebäuden entwickelt. Damit werden bestimmte standardisierte Fälle unter vereinfachten Bedingungen berechnet (z.B. Klimadaten als monatliche Mittelwerte). Das Verfahren nach DIN V 18599 dient nicht dem primären Ziel, das energetische Verhalten von Gebäuden möglichst realitätsnah abzubilden und ist daher nur bedingt für die Gebäudeplanung und die energetische Optimierung von Gebäuden einsetzbar. Obwohl die Randbedingungen (z.B. Nutzungsprofile) für den Bedarfs-Verbrauch-Abgleich je nach Anwendungsfall auch frei wählbar sind, bestehen verfahrensimmanente Beschränkungen, die für die energetische Optimierung von Gebäuden nicht unbedingt zielführend sind.

Die Minimierung des Nutzenergiebedarfs sollte der erste Schritt bei der energetischen Optimierung des Gebäudes sein. Eine bessere Architektur (Gebäudekubatur, Ausrichtung, Fassadengestaltung, Fensterflächenverhältnis) wird aber durch die Einführung eines Referenzgebäudes in der EnEV nicht entsprechend honoriert. Demgegenüber ist die Berechnung des Endenergiebedarfs mit einem ungerechtfertigt hohen Aufwand zur Beschaffung der Eingabedaten verbunden, wenn nicht mit Standardwerten gerechnet werden soll, was insgesamt zu einer Intransparenz des Verfahrens führt.

Obwohl die EnEV 2009 bereits ein vereinfachtes Verfahren (Ein-Zonenmodell) erlaubt, sollte das Verfahren nach DIN V 18599 zur Bewertung früher Entwürfe vereinfacht werden. Alternativ könnten validierte Simulationsverfahren zur Anwendung kommen. Es ist leicht einzusehen, dass ein Verfahren wie die 18599 – welches manuell praktisch nicht mehr durchführbar ist – durch eine vollständige Simulation mit höherer Genauigkeit und Sensitivität gegenüber Veränderungen der Eingabeparameter validiert werden kann. In der frühen Entwurfsphase müssen die Standardwerte der Eingabedaten durch vernünftige Vorgaben abgesichert sein. Im Zuge des Planungsfortschrittes wird man dann zunehmend Standardwerte durch individuelle Planungswerte ersetzen.

5. Quellen

Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden, EnEV 2007

DIN V 18599, Februar 2007

Berechnung Beispielgebäude nach DIN V 18599 (Pollmeier, REB, BOB)

Energiekennwerte Förderkonzept EnOB, EnBau:Monitor, Förderkennzeichen: BMWi 0335007C, Fraunhofer ISE, Freiburg 2007

Förderkonzept „Energieoptimiertes Bauen“ im Rahmen des 5. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung, „Innovation und neuer Energietechnologien“, BMWi, 15.12.2006

LEE - Leitfaden Elektrische Energie im Hochbau, IWU Darmstadt 2004

Gebäude-Energieberater, Gentner Verlag, Mai 2010