

## Teilenergiekennwerte von Nichtwohngebäuden (TEK) Querschnittsanalyse der Ergebnisse der Feldphase

Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im  
Forschungsschwerpunkt Energieoptimiertes Bauen (EnOB),  
Förderkennzeichen: 0327431J



Darmstadt, den 10.06.2014

## Impressum

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Projekt                   | <b>Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden – Methodische Grundlagen, empirische Erhebungen und systematische Analyse</b>   |
| Kurztitel                 | <b>TEK</b>   |
| Bericht                   | Querschnittsanalyse der Ergebnisse der Feldphase   |
| Verfasser                 | Michael Hörner, Behrooz Bagherian, Christoph Jedek   |
| Datum                     | 10. Juni 2014  |
| ISBN                      | 978-3-941140-37-0  |
| IWU-Bestellnummer         | 04/14  |
| Gefördert mit Mitteln von | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie<br>im Forschungsschwerpunkt Energieoptimiertes Bauen (ENOB)   |
| Projektteilnehmer         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Institut Wohnen und Umwelt – IWU (Projektleitung)</li> <li>• Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme ISE</li> <li>• Karlsruher Institut für Technologie KIT<br/>Fachgebiet Bauphysik &amp; Technischer Ausbau fbta</li> <li>• ARGE-Benchmark</li> <li>• Energie 2000 e.V.</li> <li>• Ingenieurbüro Patrick Jung GmbH</li> <li>• Stadt Frankfurt am Main, Energiemanagement</li> <li>• Techem Energy-Contracting GmbH</li> </ul> |
| Geschäftsadresse          | Institut Wohnen und Umwelt<br>Rheinstraße 65<br>64295 Darmstadt<br>Tel. +49 (0) 6151 / 2904 -0<br>Fax +49 (0) 6151 / 2904 -97  |
| Dokument                  | O:\Nichtwohngebäude\2008_Teilenergiekennwerte - PTJ\02_work\28_Auswertung<br>Gebäudeanalysen\285_Bericht_QSA\140603_IWU_TEK-QSA-Bericht_final.docx   |

# Inhalt

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b>Einführung .....</b>  | <b>1</b> |
| <b>2</b> | <b>Grundlagen der Querschnittsanalysen.....</b>  | <b>2</b> |
| <b>3</b> | <b>Auswertung der Gebäudeanalysen.....</b>   | <b>4</b> |
| 3.1      | Gebäude .....  | 4        |
| 3.1.1    | Allgemeine Daten .....   | 4        |
| 3.1.2    | Gebäudebezogene Energiekennwerte .....   | 5        |
| 3.1.3    | Gebäudebezogene Teilenergiekennwerte .....   | 7        |
| 3.1.4    | Gebäudebezogene Bauteilflächen.....  | 12       |
| 3.2      | Zonen.....   | 14       |
| 3.2.1    | Teilkennwerte auf Zonenebene .....   | 14       |
| 3.2.2    | Spezifische Bauteilflächen auf Zonenebene.....   | 20       |
| 3.2.3    | Zonenfläche .....  | 26       |
| 3.3      | Vergleich der Versionen TEK-5.5 und TEK-6.2.....   | 31       |
| 3.3.1    | Auswirkungen auf das Bedarfs-Verbrauchs-Verhältnis .....   | 31       |
| 3.3.2    | Auswirkungen auf die objektspezifischen Teilenergiekennwerte .....   | 33       |
| 3.4      | Basisvarianten mit und ohne Qualitätssicherung.....  | 36       |
| 3.5      | Vergleich von Bedarf und Verbrauch in TEK.....   | 37       |
| 3.5.1    | Auswertung der TEK-Gebäudeanalysen hinsichtlich des Verhältnisses von Bedarf und Verbrauch .....                     | 37       |
| 3.5.2    | Statistische Relevanz des Bedarfs-Verbrauchs-Verhältnisses im TEK-Projekt.....                                       | 42       |
| 3.6      | Abgleich von Bedarf und Verbrauch für Brennstoff / Fernwärme .....   | 47       |
| 3.6.1    | Einfluss der Gebäudeenergieeffizienz .....   | 47       |
| 3.6.2    | Analyse weiterer Einflussfaktoren auf das Verhältnis von Bedarf und Verbrauch von Brennstoffen/Fernwärme in TEK..... | 49       |
| 3.6.3    | Einfluss der unabhängigen Variablen auf den Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich mit dem TEK-Tool.....                        | 51       |
| 3.6.4    | Darstellung der Ergebnisse der multiplen Regression für Brennstoff / Fernwärme .....                                 | 53       |
| 3.6.5    | Korrekturfaktoren für den Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich bei Brennstoff / Fernwärme.....                                | 57       |
| 3.7      | Abgleich von Bedarf und Verbrauch bei elektrischer Energie.....  | 59       |
| 3.7.1    | Einfluss der Gebäudeenergieeffizienz .....   | 59       |
| 3.7.2    | Analyse weiterer Einflussfaktoren auf das Verhältnis von Bedarf und Verbrauch von elektrischer Energie.....          | 60       |
| 3.7.3    | Darstellung der Ergebnisse der multiplen Regression für elektrische Energie.....                                     | 60       |
| 3.7.4    | Korrekturfaktoren für den Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich bei elektrischer Energie .....                                 | 61       |
| 3.8      | Vergleich von berechneter und auf dem Typenschild angegebener Leistung .....   | 63       |
| 3.8.1    | Heizleistung .....   | 63       |
| 3.8.2    | Kühlleistung .....   | 66       |
| 3.9      | Verteilverluste .....  | 67       |
| 3.10     | Vergleich der Ergebnisse in den verschiedenen Berechnungseinstellungen .....   | 68       |
| 3.10.1   | Vergleich vereinfachter und objektspezifischer Bauteilkennwerte .....  | 68       |
| 3.10.2   | Vergleich vereinfachte und objektspezifische Bewertungsleistung Beleuchtung.....                                     | 73       |
| 3.11     | Referenz-Teilenergiekennwerte .....  | 75       |
| 3.11.1   | Eigenschaften der Referenz-Teilenergiekennwerte in TEK .....   | 75       |
| 3.11.2   | Anwendung von Referenz-Teilenergiekennwerten.....  | 76       |
| 3.11.3   | Entwicklung der Referenz-Teilenergiekennwerte bis zur Version TEK-6.2.....   | 79       |

|                 |  |            |
|-----------------|--|------------|
| 3.11.4          | Plausibilität der Referenz-Teilenergiekennwerte .....  | 80         |
| <b>4</b>        | <b>Kurzzeitmessungen .....</b>   | <b>92</b>  |
| 4.1             | Hochrechnungen .....   | 92         |
| 4.1.1           | Vergleich mit hochaufgelösten Langzeitmessungen für verschiedene Energiedienstleistungen .....           | 93         |
| 4.1.2           | Überprüfung der Saison-Indizes Heizung .....   | 93         |
| 4.2             | Luftförderung .....  | 94         |
| 4.2.1           | Analyseergebnisse der durchgeführten Typenschildmessungen .....  | 95         |
| 4.2.2           | Schlussfolgerungen zur Bildung eines Korrekturfaktors für die Typenschildleistung einer RLT-Anlage ..... | 99         |
| 4.3             | Aufzüge .....  | 100        |
| 4.3.1           | Messergebnisse .....   | 100        |
| 4.3.2           | Berechnungsansätze für den elektrischen Energiebedarf von Aufzügen .....                                 | 103        |
| 4.3.3           | Vergleich der Messungen mit den Berechnungen .....   | 103        |
| <b>5</b>        | <b>Lastganganalysen .....</b>  | <b>105</b> |
| 5.1             | Übersicht zur Datenlage .....  | 105        |
| 5.2             | Auswertung nach Gebäudekategorien .....  | 106        |
| 5.2.1           | Bürogebäude, höher technisiert .....   | 106        |
| 5.2.2           | Einfache Bürogebäude .....   | 110        |
| 5.2.3           | Handelsgebäude .....   | 113        |
| 5.2.4           | Hotels .....   | 114        |
| 5.2.5           | Schulen .....  | 118        |
| 5.3             | Vergleich der Gebäude-Kategorien .....   | 121        |
| <b>6</b>        | <b>TEK-Datenbank Modernisierungsmaßnahmen .....</b>  | <b>122</b> |
| 6.1             | Bewertung der Wirtschaftlichkeit in TEK .....  | 122        |
| 6.2             | Kostendatenbank .....  | 123        |
| 6.3             | Überblick Modernisierungsmaßnahmen .....   | 124        |
| <b>Anhang A</b> | <b>Literaturverzeichnis .....</b>  | <b>125</b> |
| <b>Anhang B</b> | <b>TEK-DB Parameterliste .....</b>   | <b>126</b> |
| <b>Anhang C</b> | <b>Weitere Auswertungen der Nutzungsflächen .....</b>  | <b>176</b> |
| <b>Anhang D</b> | <b>Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen .....</b>  | <b>188</b> |

# 1 Einführung

Im Projekt Teilenergiekennwerte von Nichtwohngebäuden – kurz TEK – wurde eine Methodik zur vereinfachten, energetischen Bilanzierung von Nichtwohngebäuden im Bestand erarbeitet. Das Projekt TEK wird im Forschungsschwerpunkt Energieoptimiertes Bauen (ENOB) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert. Den Ist-Verbrauch verstehen, Teilenergieverbräuche bewerten, Schwachstellen erkennen und Einsparpotenziale berechnen, das ist das Ziel von TEK.

TEK erstellt eine Gesamtenergiebilanz in Anlehnung an die DIN V 18599, wesentliche Vereinfachungen wurden jedoch implementiert, die die energetische Analyse von Bestandsgebäuden erheblich beschleunigen. Damit wird auch der Tatsache Rechnung getragen, dass in Bestandsgebäuden oft Unterlagen fehlen. Außerdem wurde der Bilanzraum der Berechnungen auf nutzungsspezifische Energiebedarfe erweitert, um einen Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich vornehmen zu können. Nur so kann das Einsparpotenzial von Optimierungsmaßnahmen plausibel bestimmt werden. Die Algorithmen wurden in der EXCEL-Arbeitshilfe *TEK-Tool* umgesetzt. Ein dazu passendes *Wirtschaftlichkeitstool, TEK-WiBe-2.5*, zur wirtschaftlichen Bewertung von Modernisierungsmaßnahmen auf der Basis der jährlichen Gesamtkosten wurde ebenfalls entwickelt.

Weitere Werkzeuge zur Bestandsanalyse und zur Auswertung eventuell im Gebäude vorhandener Informationen und Messdaten wurden erarbeitet. Ein Werkzeug zur *Analyse und Interpretation von Lastgangmessungen* gehört ebenso dazu wie ein Werkzeug zur *Hochrechnung von Kurzzeitmessungen* auf den Jahresenergieverbrauch einer Anlage.

Das Projekt TEK gliederte sich ursprünglich in drei Phasen, die teilweise zeitlich und inhaltlich ineinander griffen.

In **Phase 1** wurden die methodischen Grundlagen für eine praxisnahe - vereinfachte - energetische Bewertung von – komplexen – Nichtwohngebäuden gelegt. Die Methoden leiten sich aus den Berechnungsansätzen der DIN V 18599 ab. Angepasst an die schwierige Datenlage im Gebäudebestand wurden vereinfachte Abbildungsmöglichkeiten von Gebäudehülle und Anlagentechnik erarbeitet. Um einen Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich zu ermöglichen, wurde der Bilanzkreis auf nutzerspezifische elektrische Energiebedarfe erweitert.

In **Phase 2** wurden in Zusammenarbeit mit sieben weiteren Projektteilnehmern 75 Nichtwohngebäude mit dem TEK-Tool und den anderen im Projekt entwickelten Werkzeugen energetisch analysiert und dokumentiert.

In **Phase 3** wurden die mit dem TEK-Tool durchgeführten Gebäudeanalysen in die TEK-Datenbank – kurz *TEK-DB* – aufgenommen und mit dem Tool Querschnittsanalysen– kurz *QSA-Tool* –Auswertungen der relevantesten Einflussfaktoren auf den Energiebedarf der Gebäude durchgeführt. Je nach Fragestellung werden diese auf Gebäude-, Zonen- oder Anlagenebene ausgewiesen. Die Ergebnisse der Querschnittsuntersuchung werden vom IWU in diesem Bericht dokumentiert. Dabei wird auch auf die praktischen Erfahrungen während der Gebäudeanalysen eingegangen.

Das Projekt TEK wurde zwischenzeitlich um die **Phase 4 Anpassung an die Vornorm DIN V 18599: 2011-12** erweitert, die inzwischen in Bearbeitung ist. Sie dient der Fortentwicklung der TEK-Methodik und des TEK-Tools und greift die Neuerungen der Vornorm auf.

## 2 Grundlagen der Querschnittsanalysen

Für Gebäudeanalysen in der Feldphase des Projekts wurde das TEK-Tool in der Version 5.5 benutzt. Die aktuellsten Versionen dieser TEK-5.5-Gebäudeanalysen in Berechnungsart „Basis“, d.h. die Abbildung der Ist-Zustände der Gebäude, wurden der Querschnittsanalyse zugrunde gelegt. Dabei wurde unterschieden nach „abgenommen“, wenn die Routine der Qualitätssicherung erfolgreich durchlaufen wurde, und nach „nicht abgenommen“, wenn nicht auf häufig vorkommende Fehler oder Fehleingaben überprüft werden konnte.

Mit dem überarbeiteten Tool TEK-6.2\_DB-3.53\_Analysetool.xslm wurden die TEK-5.5-Tools aktualisiert und mit dem Transfermanager in die TEK-Datenbank DB-12.00-QSA-TEK.accdb übertragen. In der TEK-DB sind insgesamt 1.242 Datenfelder für alle Eingabe- und Ausgabeparameter des TEK-Tools vorhanden (siehe Anhang B). Ebenfalls dokumentiert werden die für die Gebäudeanalyse gewählten Methoden sowie die Referenz-Teilenergiekennwerte. Die Datenstruktur und das Konzept der TEK-DB sind in ([IWU 2013b]) beschrieben.

Die Daten wurden mit dem Querschnittsanalyse-Tool TEK-QSA-Tool-09.40.xslm ausgewertet.

Das TEK-Tool lässt unterschiedliche Berechnungseinstellungen zu: Nutzungsbezogene Einflüsse wie Nutzungszeiten, interne Wärmequellen und Raumsolltemperaturen können als Standardwerte nach DIN V 18599-100 angegeben oder objektspezifisch im Gebäude ermittelt werden. Gebäudehüllflächen können jeweils vereinfacht oder objektspezifisch detailliert berechnet, Bauteilkennwerte der thermischen Gebäudehülle vereinfacht nach Baualtersklassen oder ebenfalls objektspezifisch angegeben werden. Die installierte Leistung der Beleuchtungsanlagen kann jeweils durch vereinfachte Berechnung nach dem Tabellenverfahren der DIN V 18599-4:2007-02 oder objektspezifisch durch Zählen von Leuchtmitteln ermittelt werden.

Folgende Versionen mit unterschiedlichen Berechnungseinstellungen wurden generiert:

- Basis-obj: alle Berechnungseinstellungen auf „objektspezifisch“
- Basis-DIN-vereinf: Nutzungsparameter nach DIN V 18599-100, Angaben zur thermischen Gebäudehülle vereinfacht und die installierte Leistung der Beleuchtungsanlagen durch vereinfachte Berechnung ermittelt.
- Basis-DIN-obj: Nutzungsparameter nach DIN V 18599-100, alle anderen Berechnungseinstellungen objektspezifisch
- Basis-DIN-H-BT-vereinf: Nutzungsparameter nach DIN V 18599-100, Angaben zur thermischen Gebäudehülle vereinfacht und installierte Leistung der Beleuchtungsanlagen objektspezifisch ermittelt.
- Basis-obj-DIN-Temp: alle Berechnungseinstellungen auf „objektspezifisch“ mit Ausnahme der Raumtemperatur, die nach DIN V 18599-100 gesetzt wird
- Basis-obj-BT-vereinf: alle Berechnungseinstellungen auf „objektspezifisch“ mit Ausnahme der Bauteilkennwerte, die vereinfacht nach Baualtersklasse des Gebäudes gesetzt werden
- Basis-obj-Bel-vereinf: alle Berechnungseinstellungen auf „objektspezifisch“ mit Ausnahme der Beleuchtung, die vereinfacht nach dem Tabellenverfahren der DIN 18599-4 eingegeben wird
- Basis-DIN-obj-DIN: Nutzungsparameter nach DIN V 18599-100, Angaben zur thermischen Gebäudehülle objektspezifisch und Beleuchtung vereinfacht nach dem Tabellenverfahren der DIN V 18599-4 eingegeben.

**Tabelle 2-1 Beschreibung der Einstellungen der untersuchten TEK-Berechnungsvarianten**

| Beschreibung der jeweiligen Einstellungen           | TEK-Einstellungs-Variante |                  |                   |                            |                        |                  |
|---|---------------------------|------------------|-------------------|----------------------------|------------------------|------------------|
|   | Obj - Obj                 | DIN - Obj        | DIN - vereinfacht | DIN - H - BT - vereinfacht | Obj - BT - vereinfacht | Obj - DIN - Temp |
| • Nutzungszeiten für Zonen                          | objektspezifisch          | nach DIN 18599   | nach DIN 18599    | nach DIN 18599             | objektspezifisch       | objektspezifisch |
| • Interne Wärmequellen - Arbeitshilfen und Personen | objektspezifisch          | nach DIN 18599   | nach DIN 18599    | nach DIN 18599             | objektspezifisch       | objektspezifisch |
| • Raumsolltemperaturen                              | objektspezifisch          | nach DIN 18599   | nach DIN 18599    | nach DIN 18599             | objektspezifisch       | nach DIN 18599   |
| • Flächen der thermischen Gebäudehülle              | objektspezifisch          | objektspezifisch | vereinfacht       | vereinfacht                | objektspezifisch       | objektspezifisch |
| • Bauteilkennwerte der thermischen Gebäudehülle     | objektspezifisch          | objektspezifisch | vereinfacht       | vereinfacht                | vereinfacht            | objektspezifisch |
| • Berechnungsmodus der Beleuchtungsanlagen          | objektspezifisch          | objektspezifisch | nach DIN 18599    | objektspezifisch           | objektspezifisch       | objektspezifisch |

Quelle: IWU eigene Darstellung

### 3 Auswertung der Gebäudeanalysen

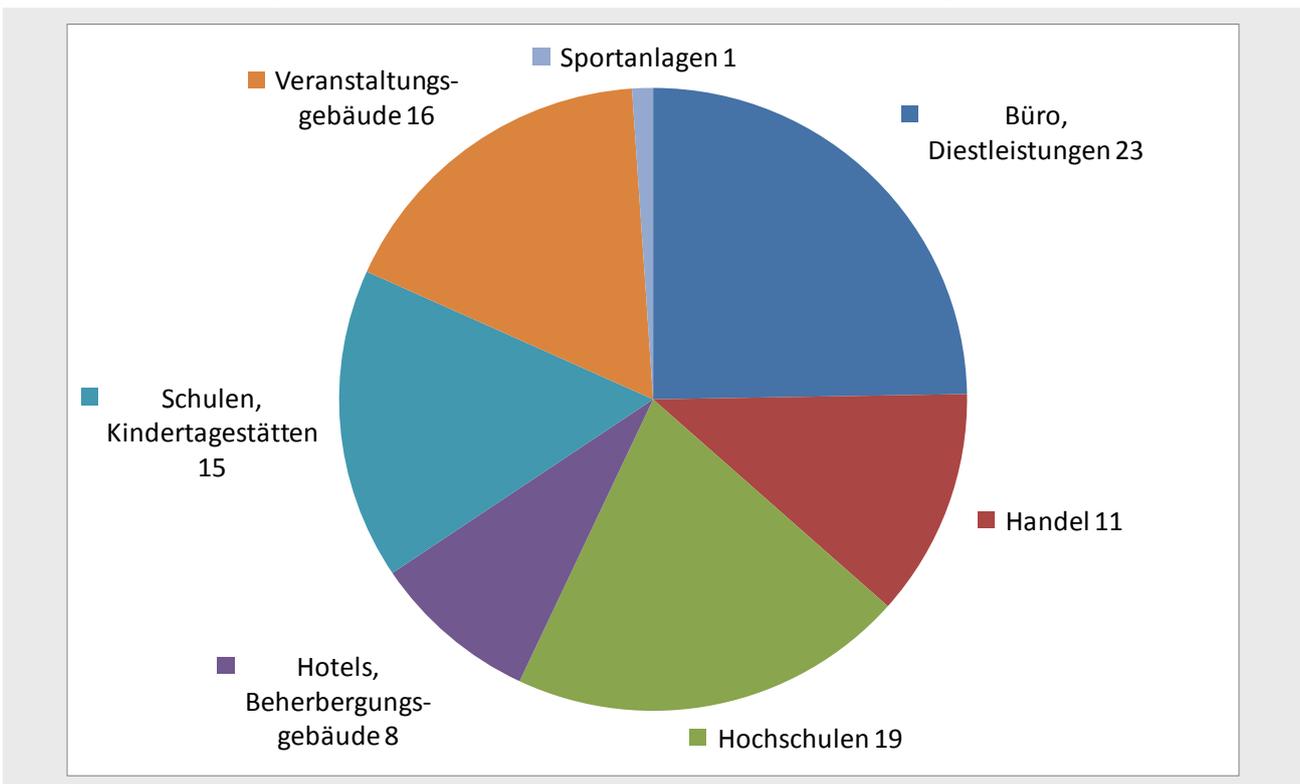
#### 3.1 Gebäude

##### 3.1.1 Allgemeine Daten

In der Datenbank der mit TEK analysierten Gebäude wurden für die Zwecke der Querschnittsanalysen 93 Gebäudedatensätze gesammelt. Davon wurden 75 Analysen im TEK-Projekt selbst erarbeitet, 9 Gebäudeanalysen von Verwaltungsgebäuden des Landes Hessen wurden im Rahmen des Projekts „Typologie-gestützte Analyseinstrumente“<sup>1</sup> und ebenfalls 9 im Projekt „CO<sub>2</sub>-neutrale Hochschulen“<sup>2</sup> erstellt. 82 Gebäude davon haben die Qualitätssicherung (siehe Kap. 3.4) erfolgreich durchlaufen und sind im Folgenden als „abgenommen“ bezeichnet.

Bei der Gebäudeauswahl im TEK-Projekt wurde darauf geachtet, dass Analysen in Gebäuden aus sechs Haupt-Gebäudekategorien durchgeführt werden: Büro/Verwaltung, Handel, Hochschulen, Hotels/Beherbergungsgebäude, Schulen/Kindertagesstätten und Veranstaltungsgebäude (siehe Bild 3-1).

**Bild 3-1** Verteilung der Gebäude in der TEK-Datenbank auf Gebäudekategorien



Quelle: IWU eigene Darstellung

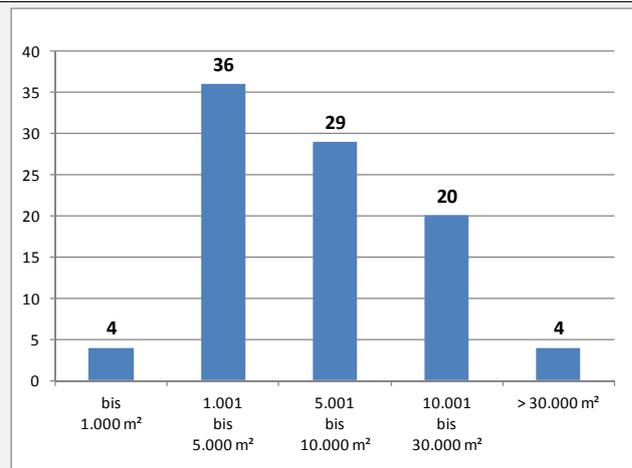
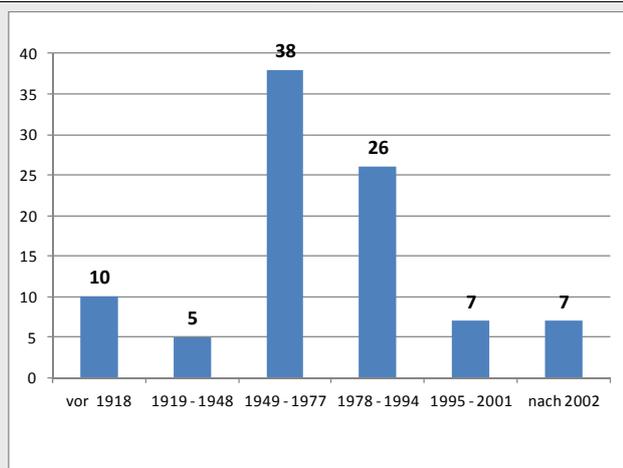
<sup>1</sup> Typologie-gestützte Analyseinstrumente für die energetische Bewertung bestehender Nichtwohngebäude, Forschungsprojekt mit Förderung des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV)  
<sup>2</sup> Bausteine für die CO<sub>2</sub>-Neutralität im Liegenschaftsbestand hessischer Hochschulen, Untersuchung im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wissenschaft und Kunst (HMWK)



Ziel war es auch, möglichst noch nicht modernisierte Bestandsgebäude mit einer Nettogrundfläche größer 1.000 m<sup>2</sup><sub>NGF</sub> zu untersuchen. Tabelle 3-1 zeigt die Baualters- und Flächenverteilung der Gebäude im TEK-Projekt.

**Tabelle 3-1 Verteilung der Baualtersklassen und der Nettogrundflächen der Gebäude in der TEK-Datenbank**

| Baualtersklasse    |           | Nettogrundfläche                     |           |
|--------------------|-----------|--------------------------------------|-----------|
| <b>vor 1918</b>    | 10        | <b>bis 1.000 m<sup>2</sup></b>       | 4         |
| <b>1919 - 1948</b> | 5         | <b>1.001 bis 5.000 m<sup>2</sup></b> | 36        |
| <b>1949 - 1977</b> | 38        | <b>5.001 bis 10.000</b>              | 29        |
| <b>1978 - 1994</b> | 26        | <b>10.001 bis 30.000</b>             | 20        |
| <b>1995 - 2001</b> | 7         | <b>&gt; 30.000 m<sup>2</sup></b>     | 4         |
| <b>Nach 2002</b>   | 7         |                                      |           |
| <b>Summe</b>       | <b>93</b> | <b>Summe</b>                         | <b>93</b> |



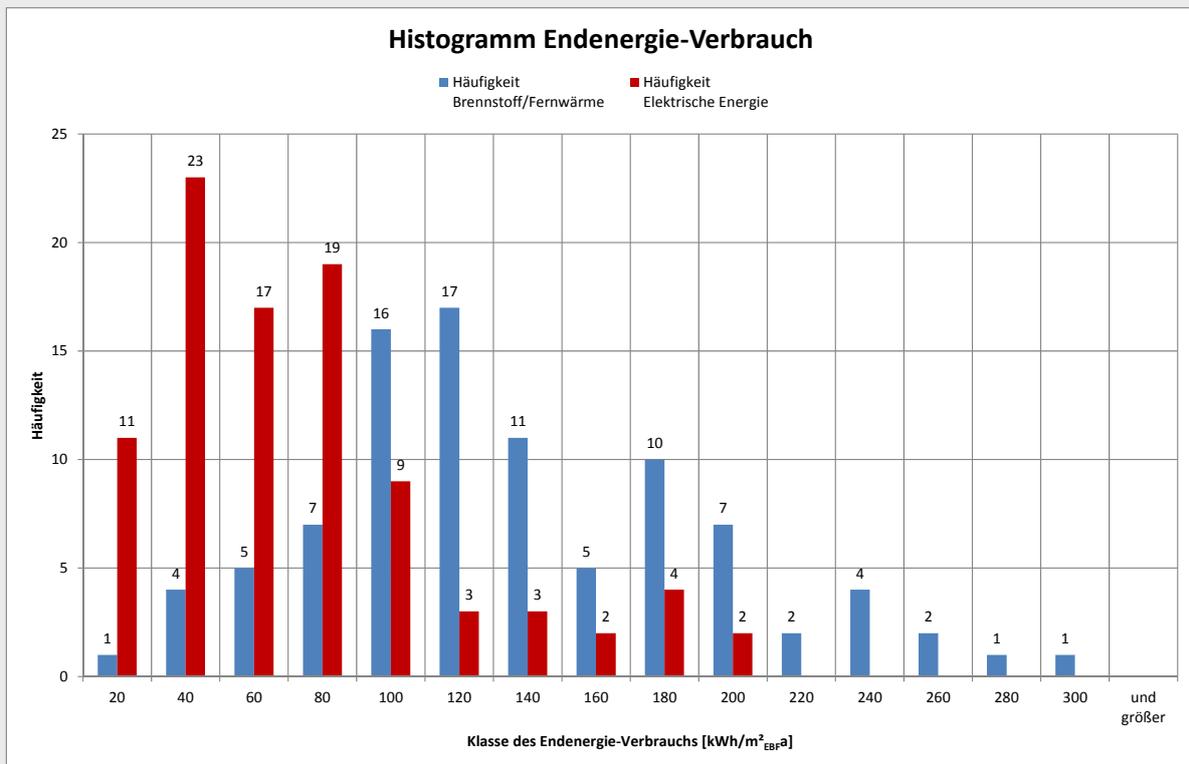
### 3.1.2 Gebäudebezogene Energiekennwerte

Die 93 Gebäude sind vorwiegend Bestandsgebäude, an denen noch keine größeren Sanierungen vorgenommen wurden. Das zeigt sich auch an der Verteilung der gemessenen Endenergie-Verbräuche im Histogramm in Bild 3-2. Während sich im Verbrauch auch Einflüsse der Nutzer und der Betriebsführung niederschlagen, kann man am gebäudebezogenen Energiebedarfskennwert, der mit Standard-Nutzungsrandbedingungen berechnet worden ist, eher die Gesamteffizienz von Gebäude und Anlagen ablesen (vgl. Bild 3-3).

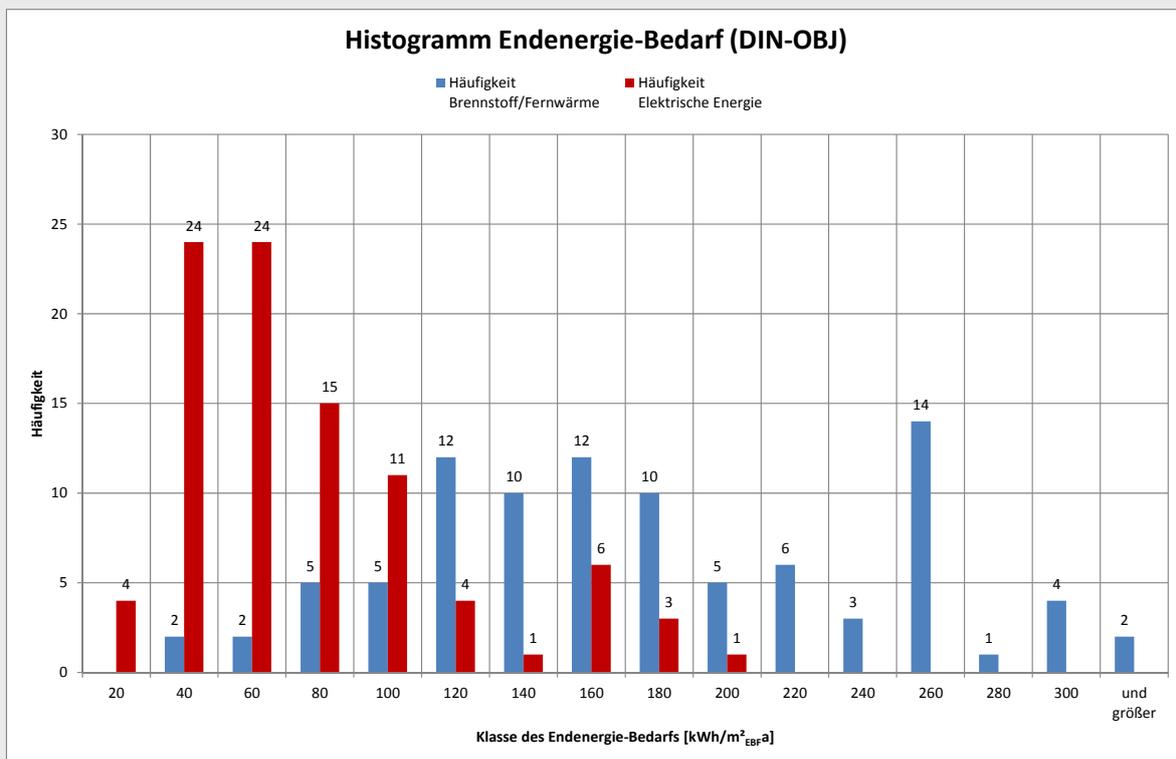
Während die Verteilungen von Verbrauch und Bedarf bei der elektrischen Energie recht gut übereinstimmen, zeigt sich bei Brennstoff / Fernwärme, dass die Bedarfswerte tendenziell deutlich höher liegen als die Verbrauchswerte. Zum Verhältnis von Bedarf und Verbrauch gibt es detaillierte Auswertungen in den Kapiteln 3.5, 3.6 und 3.7.

Darstellungen nach Gebäudekategorien getrennt sind nicht aufschlussreich, da die Anzahl pro Kategorie zu gering ist.

**Bild 3-2** Verteilung der gebäudebezogenen Endenergieverbräuche Brennstoff/Fernwärme und elektrische Energie für die Gebäude in der TEK-DB



**Bild 3-3** Verteilung der gebäudebezogenen Endenergiebedarfe Brennstoff/Fernwärme und elektrische Energie, berechnet mit Standard-Nutzungsrandbedingungen (DIN-Obj), für die Gebäude in der TEK-DB

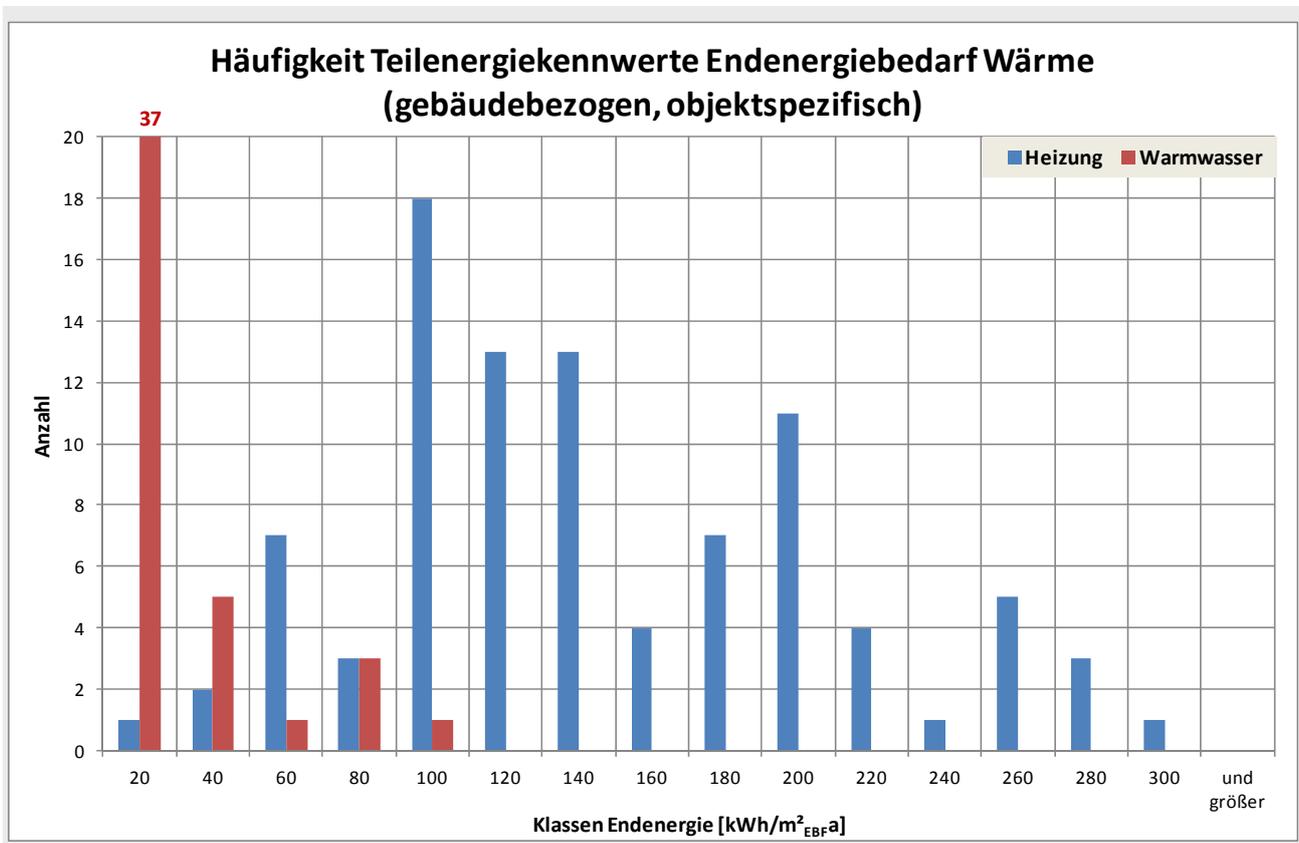


### 3.1.3 Gebäudebezogene Teilenergiekennwerte

Im TEK-Tool werden Teilenergiekennwerte für die Energiedienstleistungen Heizung, Warmwasser, Beleuchtung, Luftförderung, Klimakälte, Hilfsenergie Klimakälte, Arbeitshilfen, zentrale Einrichtungen und diverse Technik auf Zonenebene gebildet und auf Nutzungseinheiten und Gebäudeebene aggregiert. Für Querschnitts-Dienstleistungen wie z.B. Beleuchtung stehen also über alle Gebäudekategorien entsprechende Teilenergiekennwerte zur Verfügung. Diese sind ausnahmslos berechnete Bedarfswerte, gemessene Verbrauchswerte in diesen Detaillierungsgrad konnten im Projekt nicht ermittelt werden.

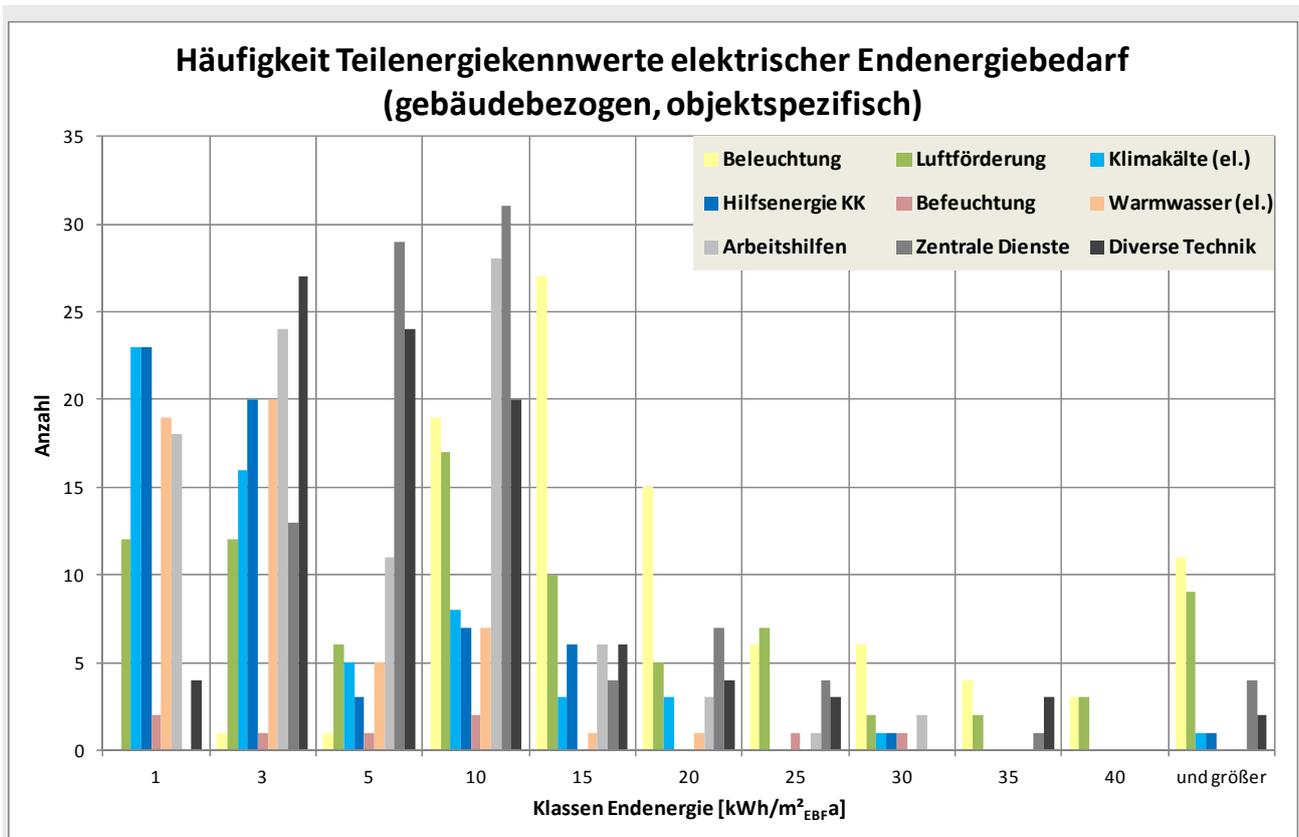
Der Endenergiebedarf Wärme wird bei den bestehenden Nichtwohngebäuden offensichtlich vom Bedarf für Heizwärme dominiert. Der in Tabelle 3-1 dargestellten Baualtersverteilung entsprechend, haben nur 13 Gebäude einen Endenergiebedarf für Heizwärme kleiner oder gleich 80 kWh/m<sup>2</sup><sub>EBFa</sub>. Der Warmwasserbedarf ist in den meisten Nutzungen von Nichtwohngebäuden sehr gering, oft wird das Trinkwarmwasser dezentral, elektrisch bereitete.

**Bild 3-4 Häufigkeitsverteilung gebäudebezogener Teilenergiekennwerte für Endenergiebedarf Wärme (Heizung und Trinkwarmwasser) in allen 93 Gebäuden**



Die gebäudebezogenen Teilenergiekennwerte für elektrische Endenergie zeigen bedeutsame Anteile für Beleuchtung sowie die nutzerspezifischen Dienstleistungen. Klimakälte scheint nur in Teilbereichen der Gebäude genutzt zu werden, weshalb die gebäudebezogenen Kennwerte niedrig ausfallen. Lüftung ist hinsichtlich des elektrischen Energiebedarfs nach der Beleuchtung das zweitwichtigste gebäudetechnische System.

**Bild 3-5 Häufigkeitsverteilung gebäudebezogener Teilenergiekennwerte für den elektrischen Endenergiebedarf in allen 93 Gebäuden**



Für 10 öffentliche Verwaltungsgebäude wurde im Rahmen des Forschungsprojekts Verbrauchsstrukturanalyse<sup>3</sup> eine weitergehende Analyse der gebäudebezogenen Teilenergiekennwerte vorgenommen, die auch den Einfluss von energetischen Modernisierungsmaßnahmen berücksichtigt. Drei Varianten der Modernisierung wurden betrachtet: Eine mit Betriebsoptimierung (B-Opt.) bezeichnete Variante, die von einer Modernisierung von ausschließlich offensichtliche, energetische Schwachstellen der Gebäudesubstanz und Gebäudeanlagentechnik berücksichtigt und nach der Modernisierung den Anforderungen der EnEV 2009 für diese Teilbereiche entspricht. Die zweite Variante – EnEV 2009 - beinhaltet eine umfassendere Gebäudemodernisierung entsprechend den Anforderungen der EnEV 2009, obgleich es jedoch nicht Ziel ist, das gesamte Gebäude mit allen thermischen Hüllflächen und technischen Anlagen zu erneuern. Vielmehr wird der Bestandszustand sowohl unter energetischen als auch wirtschaftlichen Aspekten betrachtet und eine unter beiden Aspekten plausible Modernisierung abgebildet. Bauteile und technische Anlagen, die vor 2002 erbaut, saniert oder installiert wurden, werden in dieser Variante modernisiert, während neuere Bauteile und Anlagentechnik im Bestand verbleiben. Sehr aufwändige Einzelmaßnahmen, wie die nachträgliche Dämmung einer Bodenplatte, werden im Rahmen dieser Modernisierungsempfehlung nicht behandelt. Die dritte Variante – EnEV 2009 – 50% - verfolgt das ambitionierte Ziel einer umfassenden Gebäudemodernisierung mit passivhaus-tauglichen Komponenten an allen Bauteilen, auch der Bodenplatte, sowie der Anlagentechnik.

Der Bedarf an Brennstoffen bzw. Fernwärme hier speziell in Büro- und Verwaltungsgebäuden – dies kann aber in unserer Klimazone sicher auch auf die meisten anderen Nichtwohngebäude verallgemeinert werden

<sup>3</sup> Entwicklung, Erprobung und Einführung einer differenzierten Verbrauchsstrukturanalyse für bestehende Nichtwohngebäude, Forschungsprojekt im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELTV) mit Mitteln aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) 2007 bis 2013 (RWB-EFRE-Programm)



- wird auch hier dominiert vom Anteil für die Heizung, der Anteil für die Bereitung von Trinkwarmwasser ist vernachlässigbar. Das gilt für den Ist-Zustand und alle Modernisierungsvarianten, wie Bild 3-6 zeigt. Der Warmwasserbedarf ist in Nichtwohngebäuden ohnehin gering und vielfach sind dezentrale, elektrische Systeme der Warmwasserbereitung im Einsatz. Sehr deutlich werden die drastischen Einsparpotenziale bei Heizwärme im Gebäudebestand, teilweise zeichnen sich Reduzierungen bis zu einem Faktor 10 ab.

Komplexer stellt sich das Bild beim elektrischen Energiebedarf dar. Dieser verteilt sich auf viele verschiedene Dienstleistungen, zum einen auf die gebäudetechnischen Systeme für Beleuchtung, Lüftung, Kühlung und Warmwasserbereitung und zum anderen auf die sehr stark von der Nutzung abhängigen Betriebseinrichtungen wie Arbeitshilfen, zentrale Anlagen wie große Küchen und diverse Technik wie Aufzüge oder sonstige Großgeräte. Die Einsparpotenziale im Bereich der elektrischen Energie sind begrenzt. Auch in der ambitioniertesten Variante gehen sie kaum über 30% bis 40% hinaus. Durch den Einsatz von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung in der Variante EnEV 2009 – 50% wird ein Teil der Einsparungen bei anderen Dienstleistungen wieder aufgebraucht.

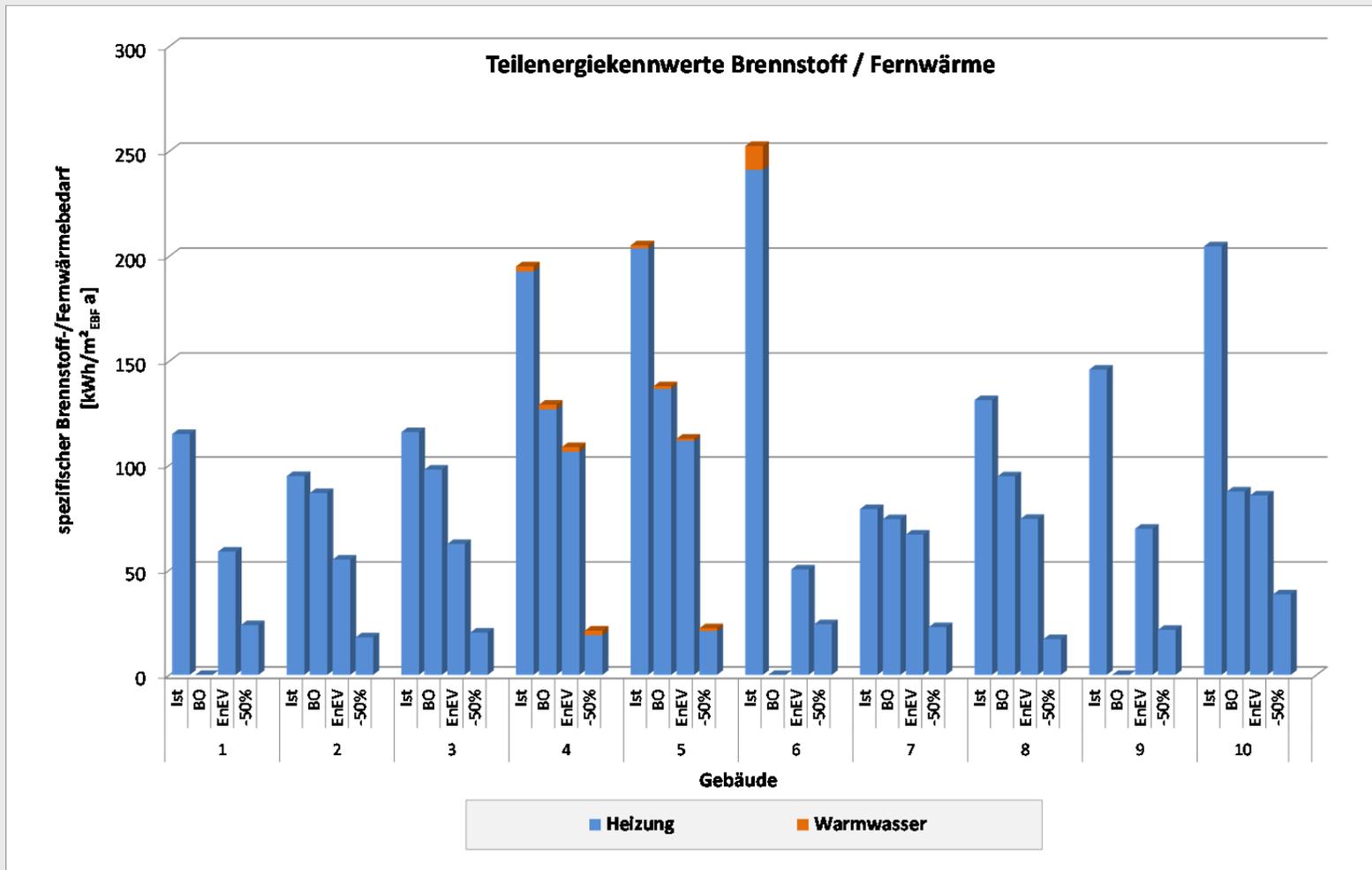
Das über die 10 Gebäude flächengewichtete Mittel des Anteil elektrischer Energie der nutzerspezifischen Systeme liegt im Ist-Zustand bei 48% und steigt in der Modernisierungsvariante EnEV 2009 – 50% auf 55% (vgl. Tabelle 3-2, linker Teil). Je höher der Effizienzstandard des Gebäudes umso höher ist der prozentuale Anteil des elektrischen Energiebedarfs für die nutzerspezifischen Betriebseinrichtungen. Offensichtlich lassen sich diese Verbraucher durch typische Modernisierungsmaßnahmen an Gebäude und technischen Anlagen nur weniger beeinflussen als die gebäudetechnischen Systeme; ihr prozentualer Anteil am elektrischen Energiebedarf steigt in dem Maße wie die gebäudetechnischen Anteile sinken.

Der Anteil der gebäudetechnischen Systeme am elektrischen Energiebedarf in den 10 betrachteten Verwaltungsgebäuden wird von der Beleuchtung dominiert, wie man am rechten Teil der Tabelle 3-2 erkennt. Mit zunehmendem Effizienzstandard wächst die Bedeutung der Lüftung, insbesondere im ambitionierten Standard EnEV 2009 – 50%, der eine mechanische Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung voraussetzt.

**Tabelle 3-2 Mittlerer, flächengewichteter Anteil gebäudetechnischer und nutzerspezifischer Systeme am elektrischen Energiebedarf in 10 öffentlichen Verwaltungsgebäuden**

|                 | Anteil gebäudetechnischer Systeme<br>am gesamten, elektrischen Energiebedarf | Anteil nutzerspezifischer Systeme | Anteil Beleuchtung                  | Anteil Luftförderung |
|-----------------|--|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
|                 |  |                                   | am gebäudetechnischen Energiebedarf |                      |
| <b>Ist</b>      | 52%  | 48%                               | 65%                                 | 8%                   |
| <b>B-Opt.</b>   | 50%  | 50%                               | 64%                                 | 11%                  |
| <b>EnEV</b>     | 50%  | 50%                               | 64%                                 | 10%                  |
| <b>EnEV-50%</b> | 45%  | 55%                               | 44%                                 | 23%                  |

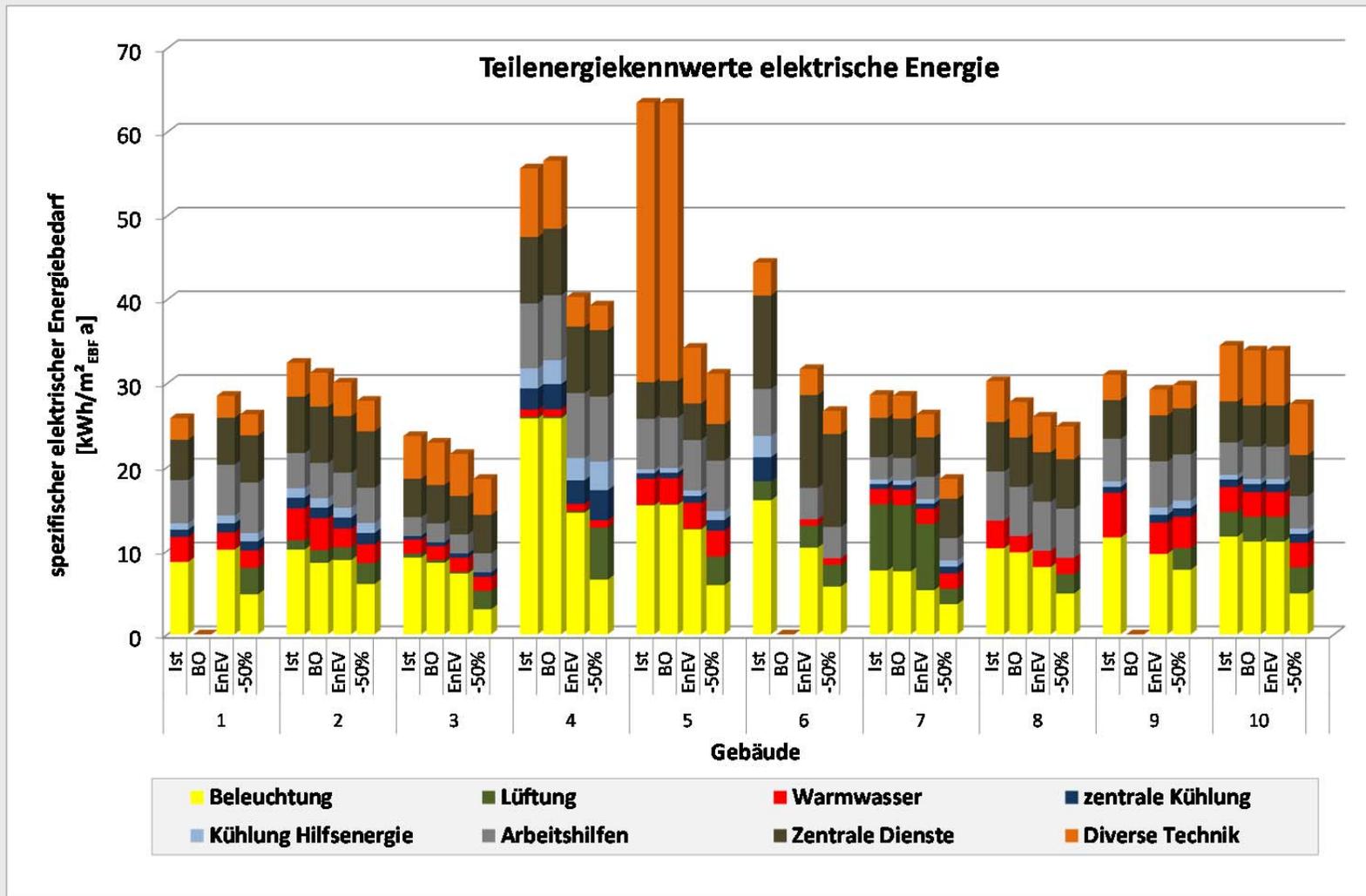
**Bild 3-6** Verteilung des Bedarfs an Brennstoff / Fernwärme auf die Dienstleistungen Heizung und Trinkwarmwasser in 10 öffentlichen Verwaltungsgebäuden für den Ist-Zustand (Ist) und die Modernisierungsvarianten Betriebsoptimierung(BO), EnEV 2009 (EnEV) und EnEV 2009 – 50% (-50%)



Quelle: IWU-eigene Daten [..\..\03\\_Gebäudeanalyse\311\\_VSA-Analysen\\_mit\\_TEK-6.2\3113\\_TEK-DB\20140507-173704\\_QSA\\_Teilenergiekennwerte-gebäudebezogen.xlsx](#) //TEK-Daten\_pr-var-name H+WW



**Bild 3-7** Verteilung des Bedarfs an elektrischer Energie auf verschiedene Dienstleistungen in 10 öffentlichen Verwaltungsgebäuden für den Ist-Zustand (Ist) und die Modernisierungsvarianten Betriebsoptimierung(BO), EnEV 2009 (EnEV) und EnEV 2009 – 50% (-50%)



Quelle: IWU-eigene Daten [.../03\\_Gebäudeanalyse/311\\_VSA-Analysen\\_mit\\_TEK-6.2/3113\\_TEK-DB/20140507-173704\\_QSA\\_Teilenergiekennwerte-gebäudebezogen.xlsx//TEK-Daten\\_pr-var-name ELT](file:///C:/Users/.../03_Gebäudeanalyse/311_VSA-Analysen_mit_TEK-6.2/3113_TEK-DB/20140507-173704_QSA_Teilenergiekennwerte-gebäudebezogen.xlsx//TEK-Daten_pr-var-name ELT)

### 3.1.4 Gebäudebezogene Bauteilflächen

Die Hüllflächenexposition einer Zone ist ein sehr wichtiger Parameter bei der Bestimmung des spezifischen Heizwärmebedarfs dieser Zone. Für die 93 Gebäude aus der TEK-DB wurden folgende, gebäudebezogene Parameter ausgewertet: Mittlerer Fensterflächenanteil an der Fassade, Verhältnis A/V, spezifische Kellerdeckenfläche und spezifische Dachfläche sowie die spezifische Außenwandfläche, die Fensterfläche nach Norden und die Fensterfläche nach Süden, Osten und Westen, jeweils in m<sup>2</sup> Bauteilfläche (Bruttobezug) pro m<sup>2</sup> Nettogeschossfläche. Sie werden zur Überprüfung der Annahmen, die den Berechnungen für die Referenz-TEKs zugrunde liegen, verwendet.

Die Ergebnisse<sup>4</sup>, nach Gebäude-Unterkategorien differenzierten, sind in Tabelle 3-3 dargestellt. Diesen Ergebnissen aus dem TEK-Tool liegt die Berechnungseinstellung „objektspezifisch“ für die Gebäudehülle zugrunde, d.h. die Hüllflächenanteile wurden detailliert aus Plänen oder vor Ort ausgemessen.

Für die horizontalen Hüllflächenbauteile besteht ein Einfluss auf die Kennzahl durch die Geschossigkeit des Gebäudes. Büro- und Hotelgebäude haben im Durchschnitt etwa doppelt so viele Geschosse als z.B. Handels- oder Schulgebäude. Dadurch sind die spezifischen Kellerdecken- und Dachflächen der letzteren etwa doppelt so groß wie die der ersteren. Bereinigt man um die Geschossanzahl, ergeben sich über alle Gebäudekategorien Werte von 1,18 [m<sup>2</sup><sub>Kellerdecke</sub>/m<sup>2</sup><sub>Geschoss</sub>] für den unteren Abschluss der beheizten Flächen und 1,21 [m<sup>2</sup><sub>Dach</sub>/m<sup>2</sup><sub>Geschoss</sub>] für den oberen Abschluss. Das ist plausibel, da die Bauteilfläche mit Bruttobezug, die Geschossfläche aber mit Nettobezug gemessen werden und Dachflächen durch den Anteil geneigter Dächer im Mittel größer sind als Grundflächen.

Handelsgebäude können trotz der geringen Geschossigkeit dennoch sehr kompakt sein, wie man am Beispiel der Kauf- und Warenhäuser sieht. Sie haben im Durchschnitt größere Geschosshöhen, brauchen nicht wie z.B. Büro- oder Schulgebäude einen hohen Tageslichtbezug im Innenraum und können damit größere Gebäudetiefen zulassen.

Die spezifischen Fensterflächen liegen bei den Handels- und Veranstaltungsgebäuden, der Nutzung entsprechend, recht niedrig. Auch die durchschnittlichen Anteile der Fensterflächen an der gesamten Fassade sind bei Handelsgebäuden mit 19% und bei Veranstaltungsgebäuden mit 22% deutlich niedriger als bei Büro- und Verwaltungsgebäuden mit 31% und bei Schulen und Kindertagesstätten mit 30%. Hochschulgebäude liegen mit 28% ebenso wie Hotels und Beherbergungsgebäude mit 25% dazwischen. Die Streubreiten über die jeweils gesamte Gebäudekategorie sind allerdings beträchtlich. In allen Gebäudekategorien sind die Anteile der nach Norden ausgerichteten Fenster deutlich geringer als die nach Süden, Osten oder Westen orientierten.

---

<sup>4</sup> Quelle: IWU-eigene Daten

(..\..\..\2008\_Teilenergiekennwerte - PTJ\02\_work\28\_Auswertung\_Gebäudeanalysen\282\_Gebäudeanalysen\Hüllflächenexposition\20140512-172051\_QSA\_Gebäudehülle.xlsx\obj-obj)



**Tabelle 3-3 Spezifische geometrische Parameter der Gebäudehülle aus der TEK-DB nach Gebäude-Unterkategorien differenziert**

| Gebäude-Unterkategorie                   | Anzahl    | Geschosse   | Mittlerer Fensterflächenanteil (NSOW) an der Fassade [%] |            | Verhältnis A/V [1/m] |             | spezifische Kellerdeckenfläche [m <sup>2</sup> <sub>BTF</sub> / m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ] |             | spezifische Dachfläche [m <sup>2</sup> <sub>BTF</sub> / m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ] |             | spezifische Wandfläche [m <sup>2</sup> <sub>BTF</sub> / m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ] |             | spezifische Fensterfläche N [m <sup>2</sup> <sub>BTF</sub> / m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ] |             | spezifische Fensterfläche SOW [m <sup>2</sup> <sub>BTF</sub> / m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> ] |             |
|--|-----------|-------------|--|------------|----------------------|-------------|---|-------------|---|-------------|---|-------------|--|-------------|--|-------------|
|  | n         | Mittel      | Mittel   | Stdabw.    | Mittel               | Stdabw.     | Mittel  | Stdabw.     | Mittel  | Stdabw.     | Mittel  | Stdabw.     | Mittel   | Stdabw.     | Mittel   | Stdabw.     |
| Ämter, Verwaltungsgebäude                | 5         |             | 35%  | 16%        | 0,34                 | 0,05        | 0,31  | 0,09        | 0,34  | 0,13        | 0,43  | 0,13        | 0,06   | 0,02        | 0,17   | 0,08        |
| Banken                                   | 1         |             | 29%  |            | 0,25                 |             | 0,23  |             | 0,23  |             | 0,39  |             | 0,04   |             | 0,11   |             |
| Bürogebäude (auch mit Publ.-verkehr)     | 12        |             | 33%  | 10%        | 0,30                 | 0,10        | 0,30  | 0,16        | 0,30  | 0,16        | 0,44  | 0,14        | 0,06   | 0,03        | 0,14   | 0,04        |
| Gerichtsgebäude                          | 3         |             | 23%  | 4%         | 0,35                 | 0,01        | 0,34  | 0,10        | 0,35  | 0,09        | 0,64  | 0,13        | 0,07   | 0,02        | 0,12   | 0,02        |
| Polizei; Feuerwehr; THW                  | 2         |             | 17%  | 1%         | 0,45                 | 0,01        | 0,35  | 0,07        | 0,37  | 0,04        | 0,83  | 0,04        | 0,03   | 0,01        | 0,14   | 0,01        |
| <b>Büro, Dienstleistungen</b>            | <b>23</b> | <b>5,17</b> | <b>31%</b>   | <b>11%</b> | <b>0,33</b>          | <b>0,09</b> | <b>0,31</b>   | <b>0,13</b> | <b>0,32</b>   | <b>0,13</b> | <b>0,49</b>   | <b>0,17</b> | <b>0,06</b>  | <b>0,03</b> | <b>0,15</b>  | <b>0,05</b> |
| Einkaufszentren                          | 6         |             | 19%  | 12%        | 0,30                 | 0,05        | 0,90  | 0,23        | 0,86  | 0,25        | 0,31  | 0,05        | 0,02   | 0,01        | 0,06   | 0,04        |
| Großhandel                               | 1         |             | 6%   |            | 0,27                 |             | 0,90  |             | 0,80  |             | 0,45  |             | 0,02   |             | 0,01   |             |
| Kauf- und Warenhäuser                    | 4         |             | 21%  | 14%        | 0,17                 | 0,01        | 0,24  | 0,04        | 0,24  | 0,04        | 0,23  | 0,07        | 0,01   | 0,01        | 0,05   | 0,03        |
| <b>Handel</b>                            | <b>11</b> | <b>2,37</b> | <b>19%</b>   | <b>12%</b> | <b>0,25</b>          | <b>0,07</b> | <b>0,66</b>   | <b>0,37</b> | <b>0,63</b>   | <b>0,35</b> | <b>0,29</b>   | <b>0,08</b> | <b>0,01</b>  | <b>0,01</b> | <b>0,05</b>  | <b>0,04</b> |
| Fachhochschulen                          | 1         |             | 44%  |            | 0,48                 |             | 0,61  |             | 0,60  |             | 0,43  |             | 0,15   |             | 0,18   |             |
| Hörsaalgebäude                           | 5         |             | 24%  | 14%        | 0,40                 | 0,14        | 0,81  | 0,43        | 0,84  | 0,39        | 0,72  | 0,30        | 0,03   | 0,04        | 0,18   | 0,09        |
| Institutsgebäude für Lehre und Forschung | 12        |             | 28%  | 9%         | 0,28                 | 0,07        | 0,29  | 0,12        | 0,32  | 0,14        | 0,46  | 0,11        | 0,04   | 0,04        | 0,13   | 0,05        |
| Versuchshallen mit Werkstatt             | 1         |             | 27%  |            | 0,34                 |             | 0,40  |             | 0,40  |             | 0,49  |             | 0,01   |             | 0,17   |             |
| <b>Hochschulen</b>                       | <b>19</b> | <b>3,44</b> | <b>28%</b>   | <b>11%</b> | <b>0,33</b>          | <b>0,11</b> | <b>0,45</b>   | <b>0,32</b> | <b>0,47</b>   | <b>0,32</b> | <b>0,53</b>   | <b>0,20</b> | <b>0,05</b>  | <b>0,04</b> | <b>0,15</b>  | <b>0,06</b> |
| Ferien- und Schullandheime               | 1         |             | 23%  |            | 0,35                 |             | 0,77  |             | 0,66  |             | 0,50  |             | 0,05   |             | 0,10   |             |
| Hotels                                   | 7         |             | 26%  | 9%         | 0,27                 | 0,06        | 0,22  | 0,13        | 0,23  | 0,12        | 0,44  | 0,12        | 0,03   | 0,02        | 0,12   | 0,07        |
| <b>Hotels, Beherbergungsgebäude</b>      | <b>8</b>  | <b>6,80</b> | <b>25%</b>   | <b>8%</b>  | <b>0,28</b>          | <b>0,06</b> | <b>0,29</b>   | <b>0,23</b> | <b>0,28</b>   | <b>0,19</b> | <b>0,45</b>   | <b>0,11</b> | <b>0,03</b>  | <b>0,02</b> | <b>0,12</b>  | <b>0,07</b> |
| Berufsschulen                            | 5         |             | 31%  | 7%         | 0,31                 | 0,06        | 0,32  | 0,06        | 0,34  | 0,04        | 0,55  | 0,21        | 0,05   | 0,03        | 0,18   | 0,06        |
| Grund-, Haupt-, Realschulen, Gymnasium   | 8         |             | 29%  | 5%         | 0,40                 | 0,13        | 0,58  | 0,25        | 0,58  | 0,24        | 0,54  | 0,20        | 0,04   | 0,01        | 0,17   | 0,06        |
| Kindertagesstätte                        | 2         |             | 29%  | 6%         | 0,61                 | 0,22        | 0,82  | 0,40        | 0,86  | 0,34        | 0,61  | 0,04        | 0,08   | 0,00        | 0,17   | 0,05        |
| Sporthallen                              | 1         |             | 20%  |            | 0,44                 |             | 0,90  |             | 0,76  |             | 1,04  |             | 0,18   |             | 0,08   |             |
| <b>Schulen, Kindertagesstätten</b>       | <b>15</b> | <b>2,62</b> | <b>30%</b>   | <b>5%</b>  | <b>0,40</b>          | <b>0,15</b> | <b>0,52</b>   | <b>0,27</b> | <b>0,54</b>   | <b>0,26</b> | <b>0,55</b>   | <b>0,18</b> | <b>0,05</b>  | <b>0,02</b> | <b>0,17</b>  | <b>0,05</b> |
| Büchereien                               | 3         |             | 29%  | 17%        | 0,24                 | 0,04        | 0,26  | 0,07        | 0,28  | 0,07        | 0,28  | 0,03        | 0,02   | 0,02        | 0,10   | 0,08        |
| Freizeitzentren, Gemeinde-, Bürgerhäuser | 3         |             | 18%  | 8%         | 0,39                 | 0,16        | 0,58  | 0,10        | 0,74  | 0,14        | 0,49  | 0,14        | 0,03   | 0,03        | 0,09   | 0,05        |
| Museen, Ausstellungsgebäude              | 8         |             | 22%  | 11%        | 0,30                 | 0,08        | 0,39  | 0,10        | 0,43  | 0,30        | 0,71  | 0,27        | 0,08   | 0,07        | 0,12   | 0,05        |
| Stadthallen / Saalbauten                 | 2         |             | 18%  | 8%         | 0,32                 | 0,06        | 0,55  | 0,05        | 0,54  | 0,14        | 0,65  | 0,05        | 0,04   | 0,02        | 0,12   | 0,07        |
| <b>Veranstaltungsgebäude</b>             | <b>16</b> | <b>3,3</b>  | <b>22%</b>   | <b>11%</b> | <b>0,31</b>          | <b>0,10</b> | <b>0,42</b>   | <b>0,14</b> | <b>0,48</b>   | <b>0,26</b> | <b>0,58</b>   | <b>0,26</b> | <b>0,05</b>  | <b>0,06</b> | <b>0,11</b>  | <b>0,05</b> |
| <b>Mittel über alle Gebäude</b>          | <b>93</b> | <b>3,87</b> | <b>26%</b>   | <b>10%</b> | <b>0,32</b>          | <b>0,12</b> | <b>0,44</b>   | <b>0,29</b> | <b>0,45</b>   | <b>0,29</b> | <b>0,50</b>   | <b>0,22</b> | <b>0,05</b>  | <b>0,04</b> | <b>0,13</b>  | <b>0,07</b> |

## 3.2 Zonen

Im TEK-Tool basiert die Energiebilanz eines Nichtwohngebäudes wie in der Vornorm DIN V 18599 auf der Zonenebene. Diejenigen Räume, die gleiche oder ähnliche Nutzung aufweisen, werden zu Zonen zusammengefasst. 41 Standardnutzungsprofile sind vordefiniert mit Richtwerten für Nutzungs- und Betriebszeiten, Anforderungen an die Beleuchtung, das Raumklima, die internen Wärmequellen etc. Diese sind auch im TEK-Tool abgebildet. Wichtige Nutzungsparameter, wie z.B. mittlere Raumtemperaturen oder Nutzungszeiten, können im TEK-Tool bei Bedarf objektspezifisch angepasst werden.

### 3.2.1 Teilkennwerte auf Zonenebene

Für die Nutzungsprofile Einzelbüro, Klassenraum, Hotelzimmer und Verkehrsfläche wurden die Häufigkeitsverteilungen der Teilkennwerte im Ist-Zustand (Ist-TEKs) für Heizung, Beleuchtung, Luftförderung, Klimatisierung sowie für Betriebseinrichtungen (Arbeitshilfen) bezüglich der vordefinierten fünf Energieaufwandsklassen (Ref-TEKs) ermittelt. Alle Kennwerte aus den 93 Gebäuden wurden für diese Auswertungen mit objektspezifischen Nutzungsparametern berechnet. Die Ergebnisse sind in Bild 3-8 bis Bild 3-11 dargestellt. Die Analyse dient zur Einschätzung, ob die Parameter zur Bestimmung der Referenz-TEKs in den fünf Energieaufwandsklassen für die Bewertung von Bestandsgebäuden plausibel gewählt sind und ob die Ist-TEKs damit plausibel bewertet werden können. Dabei ist zu beachten, dass die Referenz-TEKs mit Standardnutzungsparametern berechnet wurden.

Die TEKs sind zonenbezogen definiert, stellvertretend wurden die Nutzungsprofile Büro, Klassenraum, Hotelzimmer und Verkehrsfläche ausgewählt. Insgesamt wurden 151 Zonen mit der Nutzung Büro, darunter 70 Einzelbüros, 70 Gruppenbüros und 11 Großraumbüros, 50 Zonen mit der Nutzung Klassenraum, 13 Zonen mit der Nutzung Hotelzimmer und 118 Verkehrsflächen analysiert.

In Bild 3-8 sind die zonenbezogenen Ist-TEKs des spezifischen Endenergiebedarfs für Heizung und Warmwasser der Gebäude im Ist-Zustand für die Nutzungsprofile Büro, Klassenraum und Hotelzimmer aufgetragen. Für Heizung ergibt sich eine nachvollziehbare Verteilung und damit auch eine plausible Bewertung, wie man sie für – meist noch nicht modernisierte - Bestandsgebäude erwarten würde: Die meisten, zonenbezogenen Ist-TEKs für Heizung und Warmwasser liegen in den Energieaufwandsklassen „Mittel“ und „Hoch“. Die Ist-TEKs für Warmwasser zeigen dagegen ein ganz andere Verteilung: Überwiegend liegen die Kennwerte in der Energieaufwandsklasse „Sehr gering“. Vermutlich sind die Standardnutzungsparameter der Vornorm DIN V 18599 für den Warmwasserbedarf in Nichtwohngebäuden nicht realistisch und führen zu überhöhten Ref-TEKs. Die Kennwerte müssen überarbeitet werden.

In Bild 3-9 sind die zonenbezogenen Ist-TEKs des spezifischen Endenergiebedarfs für Beleuchtung und Luftförderung der Gebäude im Ist-Zustand aufgetragen. Bei der Beleuchtung zeigt sich ein differenziertes Bild. In den Bürozononen liegen die meisten Ist-TEKs in den Aufwandsklassen „Sehr gering“ und „Gering“. Möglicherweise ist dies eine Folge der Berechnung der installierten Beleuchtungsleistung nach dem Tabellenverfahren der DIN V 18599-4: 2007-02 in den Ref-TEKs, das nach allgemeiner Einschätzung zu unrealistisch hohen spezifischen Leistungen führt. Die objektspezifischen, durch Lampenzahlen ermittelten Ist-TEKs würden demgegenüber systematisch zu gut bewertet. Allerdings zeigen die anderen Zonen auch ganz andere Verteilungen der Beleuchtungskennwerte, Klassenräume mit einem Schwerpunkt in der Klasse „Hoch“ und Hotelzimmer mit uneinheitlicher Tendenz, die möglicherweise der sehr geringen Stichprobe geschuldet ist. Andererseits könnte es natürlich auch sein, dass in Bestandsgebäuden die Beleuchtungsanlagen insbesondere in den Bürozononen aus ergonomischen Gründen (Bildschirmarbeitsplätze) bereits erneuert wurden und deshalb mehrheitlich positiv bewertet werden.

Bei der Luftförderung liegen die Ist-TEKs für Bürozononen und Klassenräume häufig entweder in der Klasse „Sehr gering“ oder in der Klasse „Sehr hoch“. Möglicherweise bilden sich darin unterschiedliche Lüftungs- und Klimatisierungsstrategien in Bestandsgebäuden ab, zum einen einfache Lüftungsanlagen mit am hygienisch notwendigen Mindest-Luftwechsel orientierten Volumenstrom und zum anderen RLT-Anlagen mit



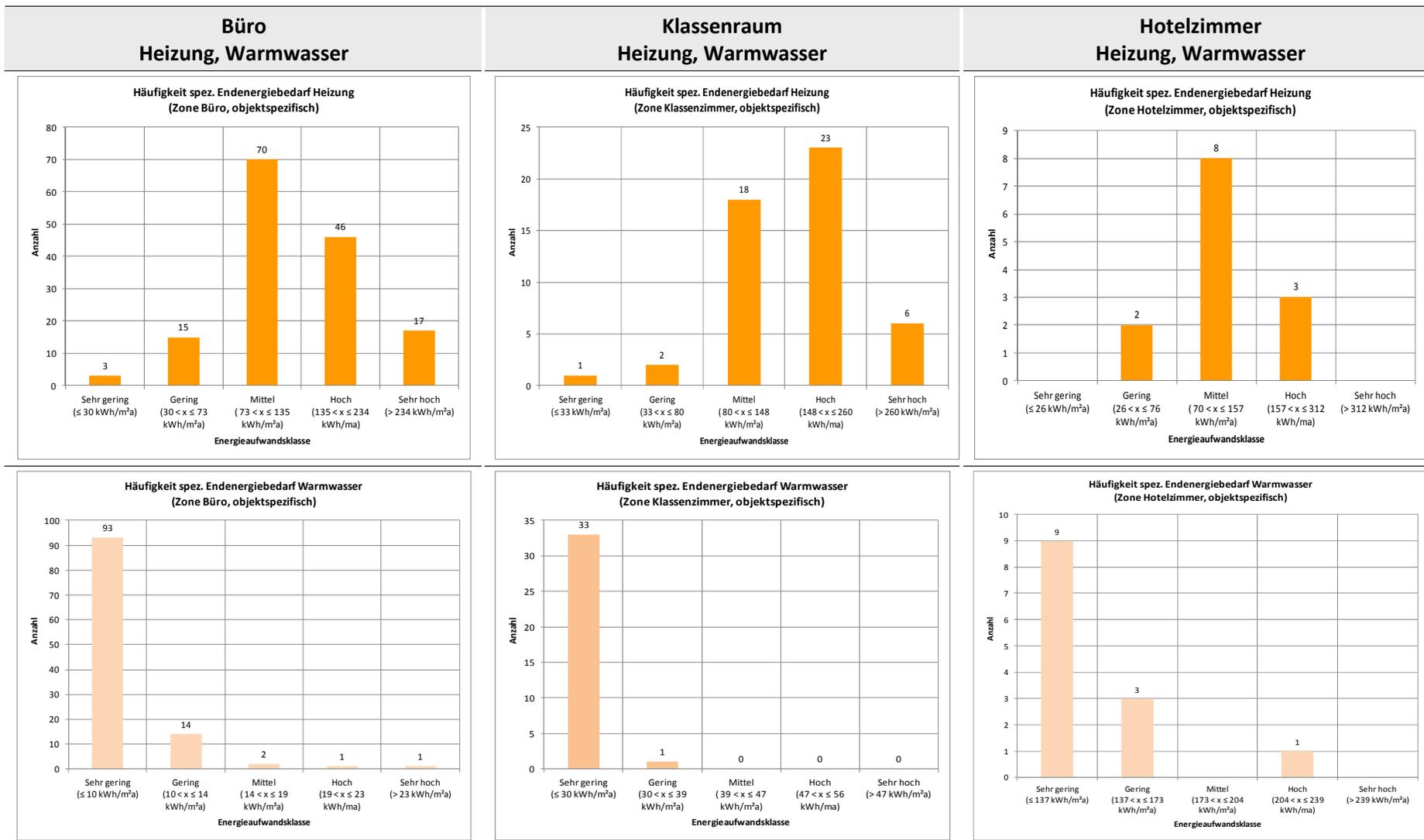
mehreren Luftbehandlungsfunktionen z.B. zur Kühlung, die dazu einen deutlich höheren Volumenstrom benötigen.

Die Betriebseinrichtungen, also Arbeitsgerät wie z.B. nutzungsspezifische EDV-Ausstattung, werden in Büro- und Klassenräumen überwiegend mit „Mittel“ bewertet, tendenziell auch mit „Gering“. Vermutlich spiegelt sich hier der kurze Lebenszyklus von EDV-Produkten wieder, die alle drei bis fünf Jahre erneuert werden.

Bei der Klimakälte sind die Fallzahlen für die Büro- und Klassenräume mit 36 einigermaßen aussagekräftig. Die meisten Ist-TEKs für diese Nutzungsart liegen in den Klassen „Sehr gering“, „Gering“ oder „Mittel“. Für die Nutzung Hotelzimmer dagegen ist eine Tendenz zu den höheren Aufwandsklassen zu erkennen, bei einer sehr kleinen Stichprobe. Möglicherweise spiegeln sich darin ja auch unterschiedliche Systeme der Klimatisierung wider, vorzugsweise Flächenkühlsysteme in Büro- und Klassenräumen und eher klassische Klimaanlage in Hotels. In Klassenräumen stellt Klimatisierung die absolute Ausnahme dar, nur zwei Zonen wiesen diese Dienstleistung auf.

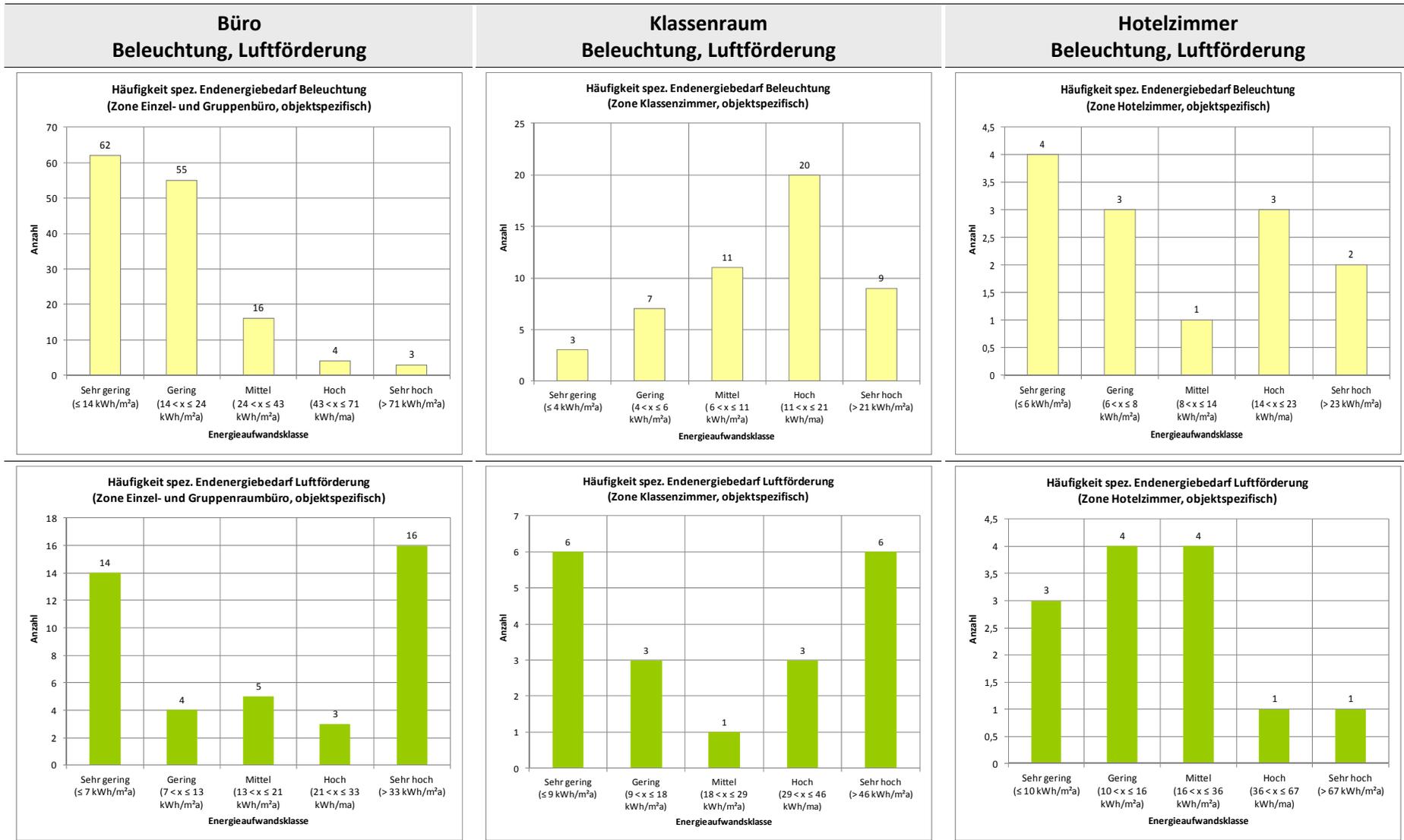
Insgesamt funktioniert die Bewertung der zonenbezogenen Ist-TEKs recht gut in dem Sinne, dass sie, über viele Gebäude betrachtet, Zonen-Teilenergiekennwerte der wichtigsten Energiedienstleistungen plausibel und nachvollziehbar den in TEK-6.2 definierten Energieaufwandsklassen zuordnet. Mit Ausnahme vielleicht des Endenergiebedarfs für Warmwasser, der offensichtlich überwiegend zu gut bewertet wird; zu dieser Energiedienstleistung sollten die Klassengrenzen neu definiert werden.

**Bild 3-8 Zonenbezogene Teilenergiekennwerte des spezifischen Endenergiebedarfs für Heizung und Warmwasser der Gebäude im Ist-Zustand (Ist-TEKs) aufgetragen als Häufigkeitsverteilung über die Energieaufwandsklassen (Ref-TEKs) für die Nutzungsprofile Büro, Klassenraum und Hotelzimmer**

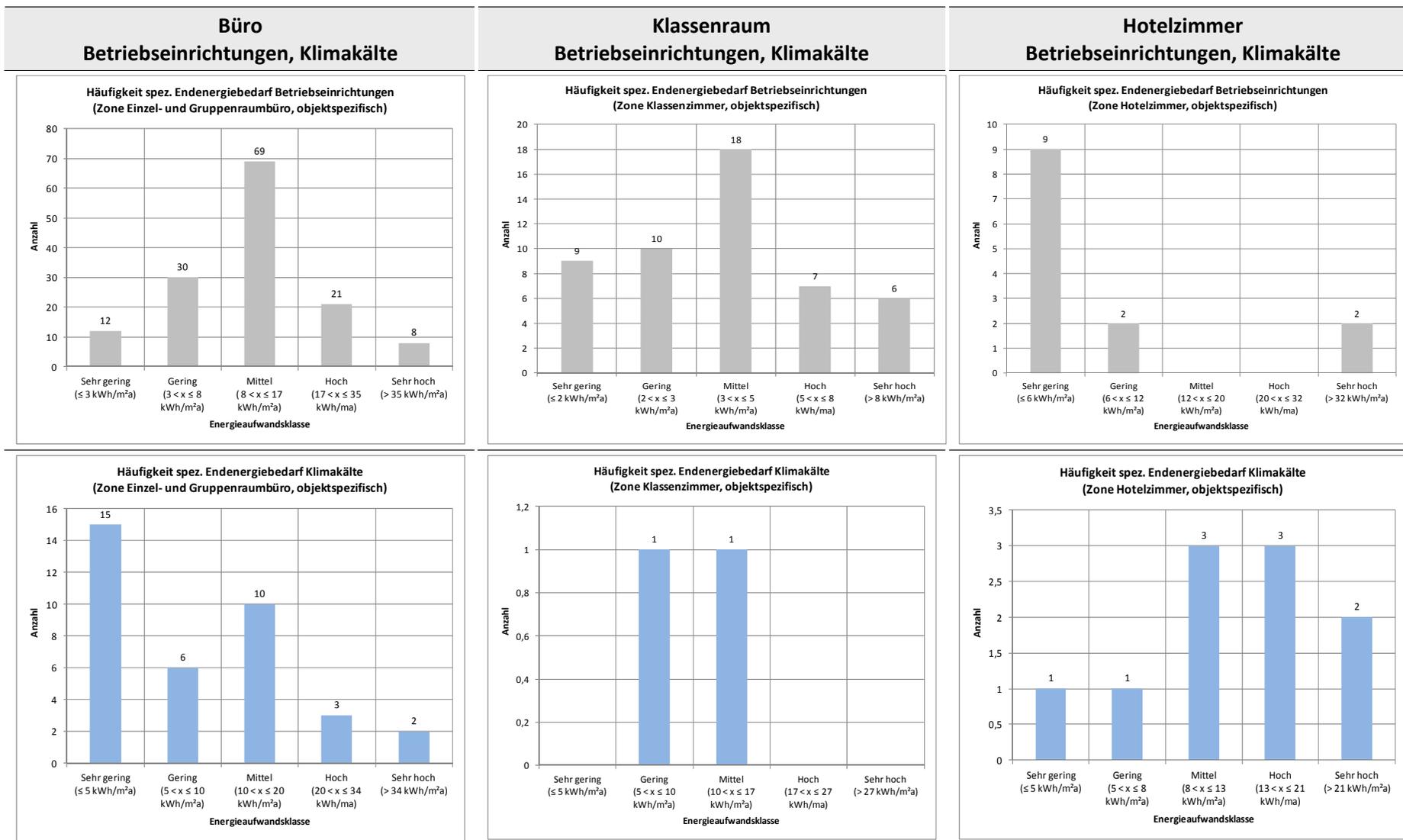




**Bild 3-9 Zonenbezogene Teilenergiekennwerte des spezifischen Endenergiebedarfs für Beleuchtung und Luftförderung der Gebäude im Ist-Zustand (Ist-TEKs) aufgetragen als Häufigkeitsverteilung über die Energieaufwandsklassen (Ref-TEKs) für die Nutzungsprofile Büro, Klassenraum und Hotelzimmer**

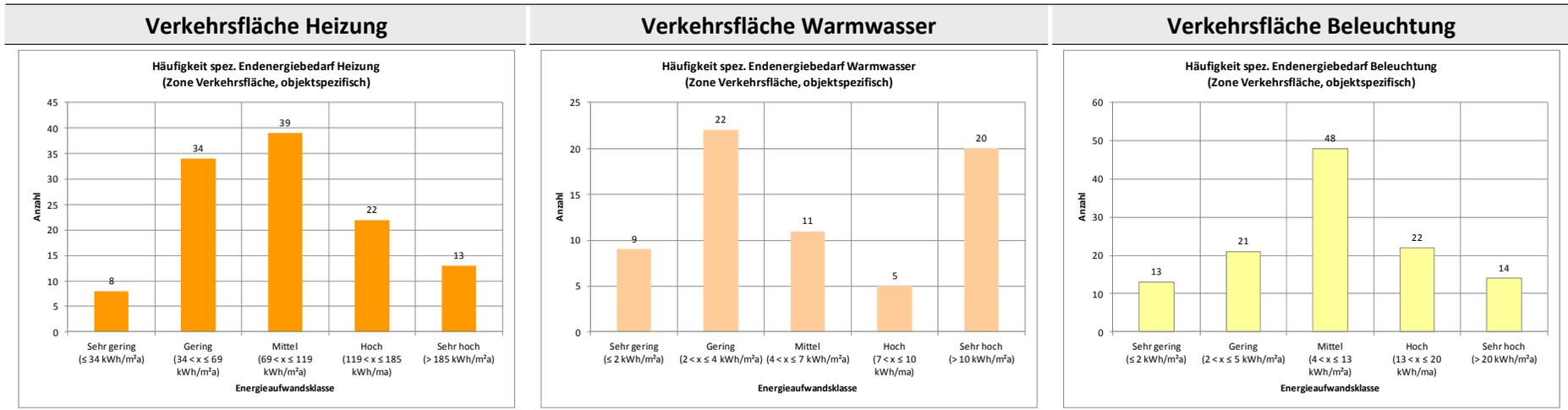


**Bild 3-10 Zonenbezogene Teilenergiekennwerte der Gebäude des spezifischen Endenergiebedarfs für Betriebseinrichtungen und Klimakälte im Ist-Zustand (Ist-TEKs) aufgetragen als Häufigkeitsverteilung über die Energieaufwandsklassen (Ref-TEKs) für die Nutzungsprofile Büro, Klassenraum und Hotelzimmer**





**Bild 3-11 Zonenbezogene Teilenergiekennwerte der Gebäude des spezifischen Endenergiebedarfs für Heizung, Warmwasser und Beleuchtung im Ist-Zustand (Ist-TEKs) aufgetragen als Häufigkeitsverteilung über die Energieaufwandsklassen (Ref-TEKs) für das Nutzungsprofil Verkehrsfläche**



### 3.2.2 Spezifische Bauteilflächen auf Zonenebene

In Bild 3-12 bis Bild 3-15 sind zonenbezogen für verschiedene Bauteile spezifische Hüllflächen angegeben: Spezifische Dachfläche, spezifische Kellerdeckenfläche und die spezifische Außenwandfläche, jeweils in  $\text{m}^2$  Bauteilfläche (Bruttobezug) pro  $\text{m}^2$  Zonenfläche (Nettobezug), sowie der Fensterflächenanteil an der Fassade in den Orientierungen Süden, Osten und Westen bzw. Norden, jeweils in  $\text{m}^2$  Fensterfläche pro  $\text{m}^2$  gesamte Fassadenfläche. Auch diese Ergebnisse stammen aus der TEK-DB und wurden mit dem TEK-Tool berechnet. Der einer Zone zugeordnete Anteil der jeweiligen Bauteilhüllfläche wird im TEK-Tool in der Regel automatisch aufgrund der Zonenfläche vereinfacht berechnet. Bei genauerer Kenntnis der Lage der Zone im Gebäude kann dieser Anteil als Option aber auch manuell zugewiesen werden. Deshalb sind in den Abbildungen jeweils beide Kennwerte – manuelle und automatisch generierte - angegeben. Nur die Angaben zum Fensterflächenanteil an der Fassade beruhen ausschließlich auf automatisch generierten Kennwerten, da es zu wenige Fälle gab, in denen sowohl die Fensterflächen als auch die Außenwandfläche einer Zone manuell ermittelt wurden.

Die Auswertungen der zonenbezogenen, spezifischen Bauteilflächen können nur eine grobe Orientierung geben, in welchen Bandbreiten diese Werte üblicherweise liegen. Für die realistische Einschätzung sind dabei die manuell ermittelten Werte maßgebend, leider ist deren Anzahl vergleichsweise gering. Die meisten manuell ermittelten Werte liegen für die horizontalen Hüllbauteile vor, also für die Kellerdecke und das Dach.

Typische Bandbreiten der spezifischen Bauteilflächen lassen sich auf Zonenebene nur schwer identifizieren, zu unterschiedlich sind die Lage im Gebäude und der Zuschnitt der betrachteten Zonen. Die Hüllflächenexposition muss vor Ort bzw. am individuellen Gebäude festgelegt werden. Auch in die Ref-TEKs gehen zonenbezogene Annahmen zu typischen Hüllflächenexpositionen ein wie in Tabelle 3-4, die sich aus den empirisch manuell ermittelten Klassen aber weder bestätigen noch widerlegen lassen. Soweit einigermaßen aussagekräftige Verteilungen manuell ermittelter Klassen vorliegen, liegen die Referenzannahmen an durchaus plausiblen, mittleren Positionen der Häufigkeitsverteilungen in der Nähe des / eines Modalwerts<sup>5</sup>.

In Bild 3-15 bei den Verkehrsflächen zeigt sich, dass die manuell ermittelten Werte für die horizontalen Hüllflächen von  $0,3 - 0,4 \text{ m}^2_{\text{BTF}}/\text{m}^2_{\text{Zone}}$  häufig von den automatisch ermittelten  $0,5 - 0,6 \text{ m}^2_{\text{BTF}}/\text{m}^2_{\text{Zone}}$  abweichen und auch anders verteilt sind. Bei Einzelbürozonon und Klassenräumen sind keine klaren Trends zu erkennen, eine gewisse Tendenz zu kleineren spezifischen Hüllflächen bei manueller Ermittlung gegenüber der automatischen deutet sich an. Für Hotelzimmer kann aufgrund der sehr kleinen Stichprobe keine Aussage getroffen werden. Bei den spezifischen Außenwandflächen der Zonen gibt es zu wenige, manuell ermittelte Werte, um Aussagen treffen zu können. Die vorhandenen Werte zeigen eine breite Streuung, typische Häufungen sind nicht erkennbar.

Die automatisiert ermittelten Fensterflächenanteile an der Fassade zeigen für Bürozonon Werte zwischen 20% und 40%, bei den Klassenräumen und - durch geringe Stichprobengröße nur eingeschränkt auswertbar - bei Hotelzimmern eher 30% bis 50% sowie bei Verkehrsflächen eine maximale Häufigkeit bei ca. 20%.

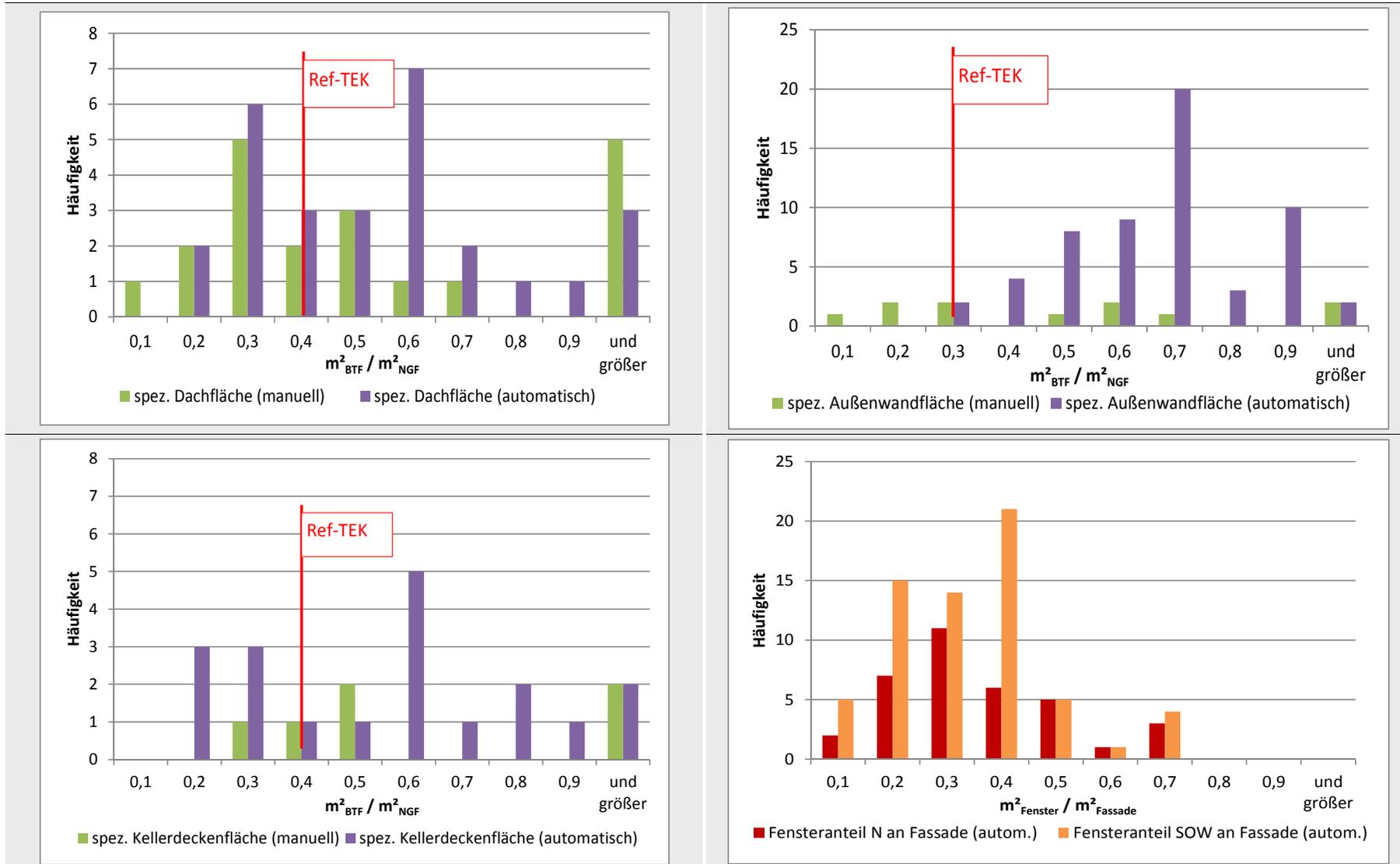
<sup>5</sup> Der Modus oder Modalwert ist bei einer empirischen Häufigkeitsverteilung der häufigste Wert. Je nach der Anzahl der Modi spricht man von einer unimodalen Verteilung (nur ein Maximum), einer bimodalen oder zweigipfligen (genau zwei Maxima) oder einer multimodalen oder mehrgipfligen Verteilung (mehr als zwei Maxima). (Quelle: Wikipedia)



**Tabelle 3-4 Spezifische Bauteilflächen in der Definition der Referenz-TEKs**

|                       | <b>Spez. Dachfläche</b> | <b>Spez. Kellerdeckenfläche</b> | <b>Spez. Außenwandfläche</b> | <b>Fensteranteil Nord</b> | <b>Fensteranteil S,O,W</b> |
|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------------|
|                       | $m^2_{BTF}/m^2_{NGF}$   | $m^2_{BTF}/m^2_{NGF}$           | $m^2_{BTF}/m^2_{NGF}$        | %                         | %                          |
| <b>Einzelbüro</b>     | 0,39                    | 0,39                            | 0,32                         | 25%                       | 63%                        |
| <b>Klassenraum</b>    | 0,38                    | 0,38                            | 0,32                         | 27%                       | 61%                        |
| <b>Hotelzimmer</b>    | 0,38                    | 0,38                            | 0,38                         | 25%                       | 40%                        |
| <b>Verkehrsfläche</b> | 0,38                    | 0,38                            | 0,5                          | 14%                       | 25%                        |

Bild 3-12 Spezifische Bauteilflächen aus der TEK-DB für 70 verschiedene Einzelbürozonen, automatisch bzw. manuell ermittelt

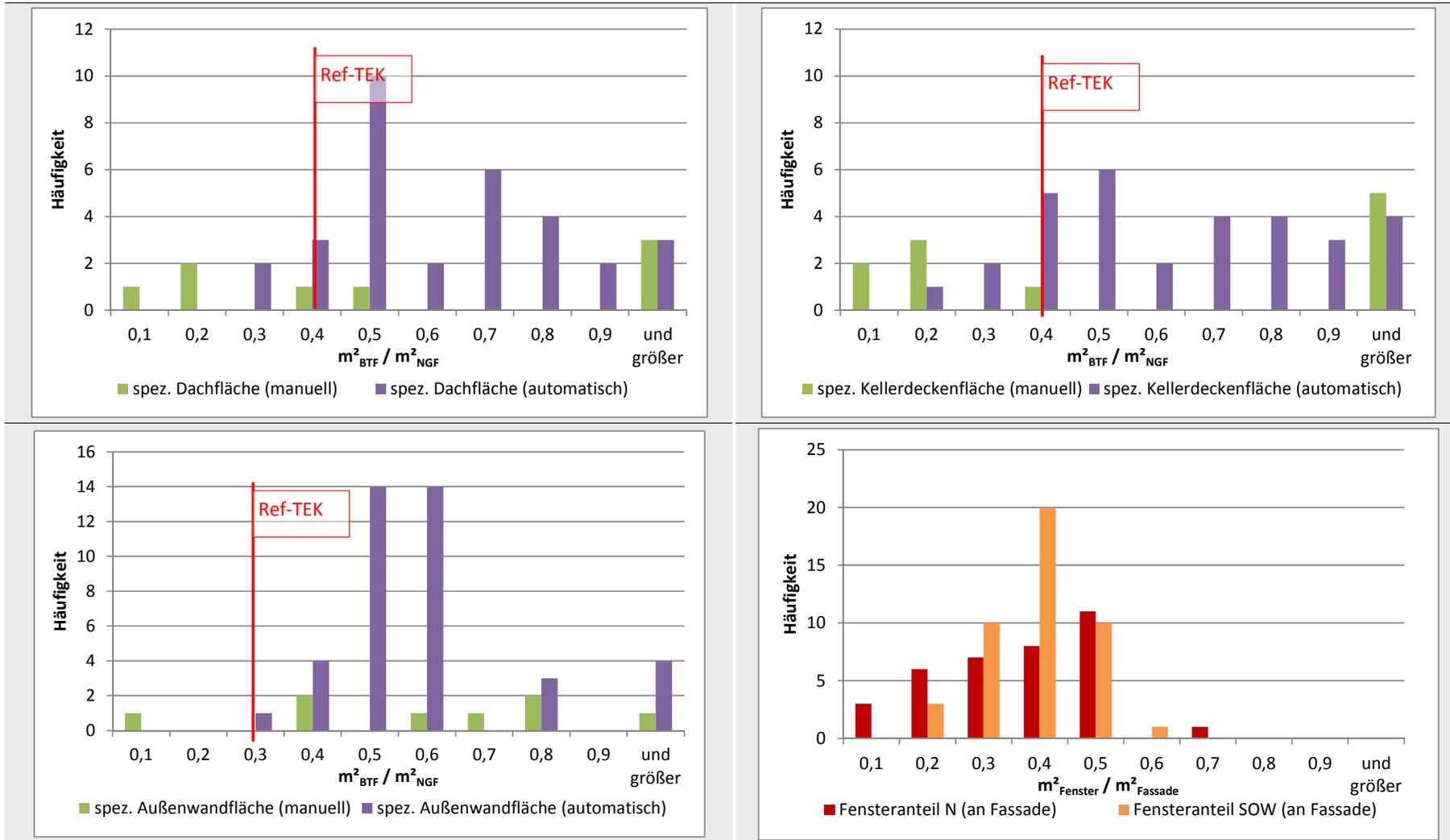


Quelle: IWU-eigene Daten

(..\..\..\2008 Teilenergiekennwerte - PTJ\02\_work\28 Auswertung Gebäudeanalysen\282 Gebäudeanalysen\Hüllflächenexposition\20140509-173011\_QSA\_Zonenhülle.xlsx) \\Basisobj Einzelbüro



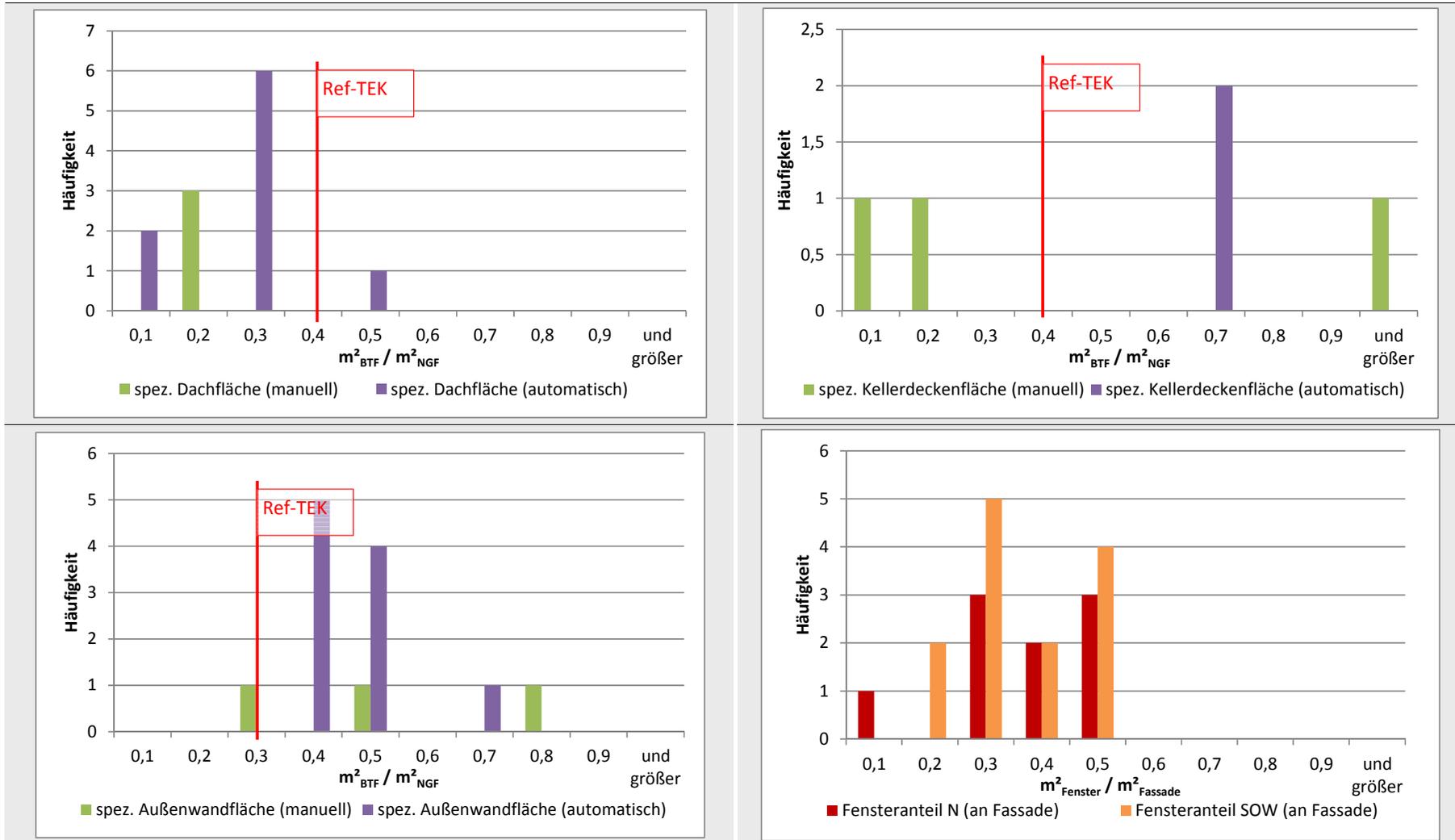
**Bild 3-13** Spezifische Bauteilflächen aus der TEK-DB für 50 verschiedene Klassenraumzonen, automatisch bzw. manuell ermittelt



Quelle: IWU-eigene Daten

(..\..\..\2008 Teilenergiekennwerte - PTJ\02\_work\28 Auswertung Gebäudeanalysen\282 Gebäudeanalysen\Hüllflächenexposition\20140509-173011\_QSA\_Zonenhülle.xlsx\\Basisobj Klassenzimmer

Bild 3-14 Spezifische Bauteilflächen aus der TEK-DB für 13 verschiedene Hotelzimmerzonen, automatisch bzw. manuell ermittelt

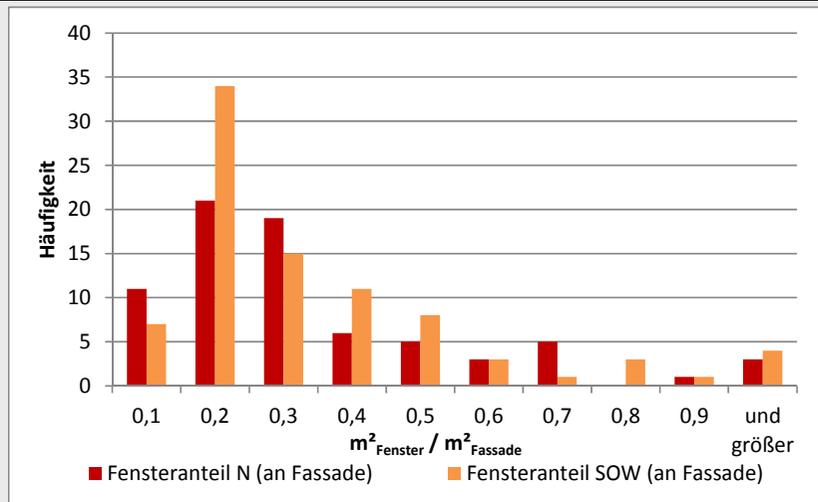
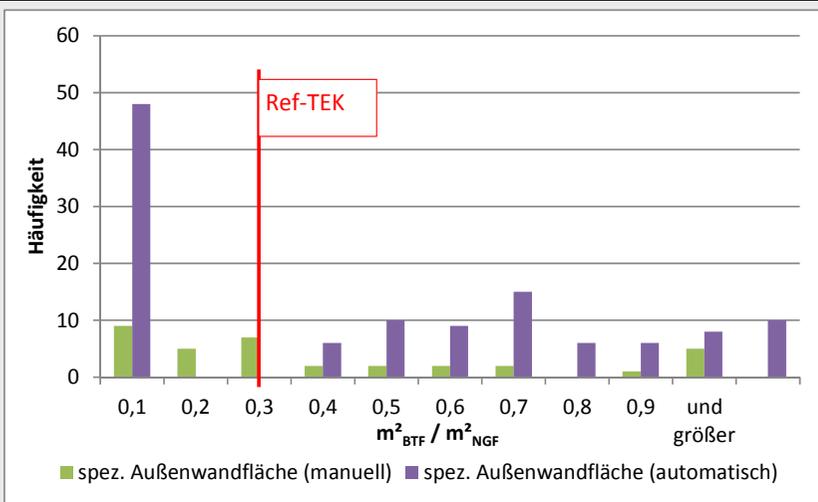
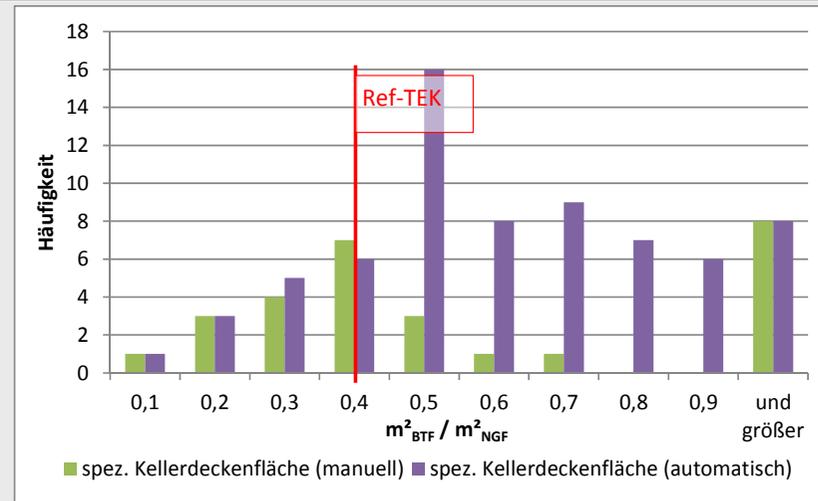
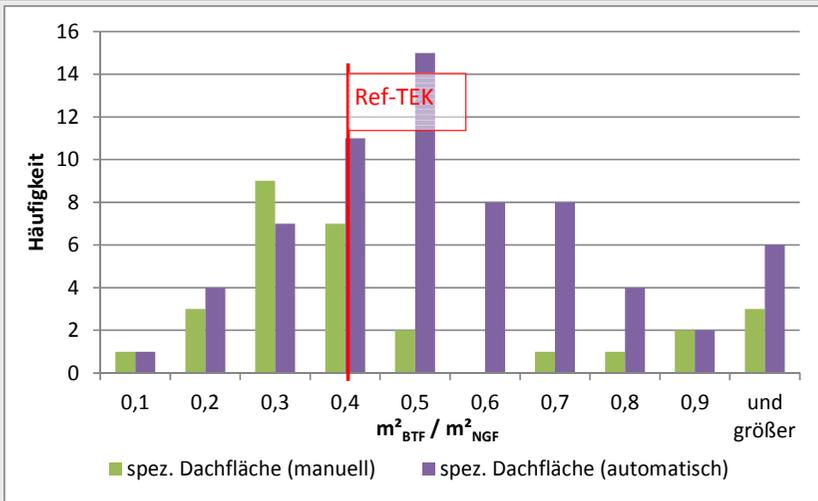


Quelle: IWU-eigene Daten

(..\..\..\2008 Teilenergiekennwerte - PTJ\02 work\28 Auswertung Gebäudeanalysen\282 Gebäudeanalysen\Hüllflächenexposition\20140509-173011\_QSA\_Zonenhülle.xlsx\\Basisobj Hotelzimmer



**Bild 3-15** Spezifische Bauteilflächen aus der TEK-DB für 118 verschiedene Verkehrsflächen, automatisch bzw. manuell ermittelt



Quelle: IWU-eigene Daten

(..\..\..\2008\_Teilenergiekennwerte - PTJ\02\_work\28\_Auswertung\_Gebäudeanalysen\282\_Gebäudeanalysen\Hüllflächenexposition\20140509-173011\_QSA\_Zonenhülle.xlsx \\Basis-obj Verkehrsfläche)

### 3.2.3 Zonenfläche

Je nach Gebäudekategorie ist die Struktur der abgebildeten Zonen unterschiedlich. Am Beispiel der Gebäudekategorie *Büro und Dienstleistungen*, die mit 23 untersuchten Gebäuden die größte Gebäudekategorie (Anteil 25 %) im TEK-Projekt darstellt, wird die Zonenstruktur analysiert.

Bild 3-16 veranschaulicht den prozentualen Anteil der untersuchten Gebäude, bei denen die entsprechende Nutzung nach DIN V 18599 in der Gebäudekategorie *Büro und Dienstleistungen* definiert wurde. Die Zuordnung der Räume zu der jeweiligen Nutzung lässt allerdings Interpretationsspielräume, z.B. aus Gründen der Vereinfachung durch die Zusammenlegung mehrerer kleiner Räume mit unterschiedlichen Nutzungen zu einer Zone. So weisen nach Bild 3-16 von 23 Gebäuden nur 91 % die Nutzungszone "WC, Sanitär" auf, weil Nebenräume wie Teeküchen und Putzräume oft mit den WC-Räumen als *sonstige Aufenthaltsräume* zusammengefasst werden.

**Bild 3-16** Prozentuale Häufigkeit der untersuchten Gebäude in der Kategorie "Büro und Dienstleistungen", bei denen die entsprechende Nutzung nach DIN V 18599 vorkommt

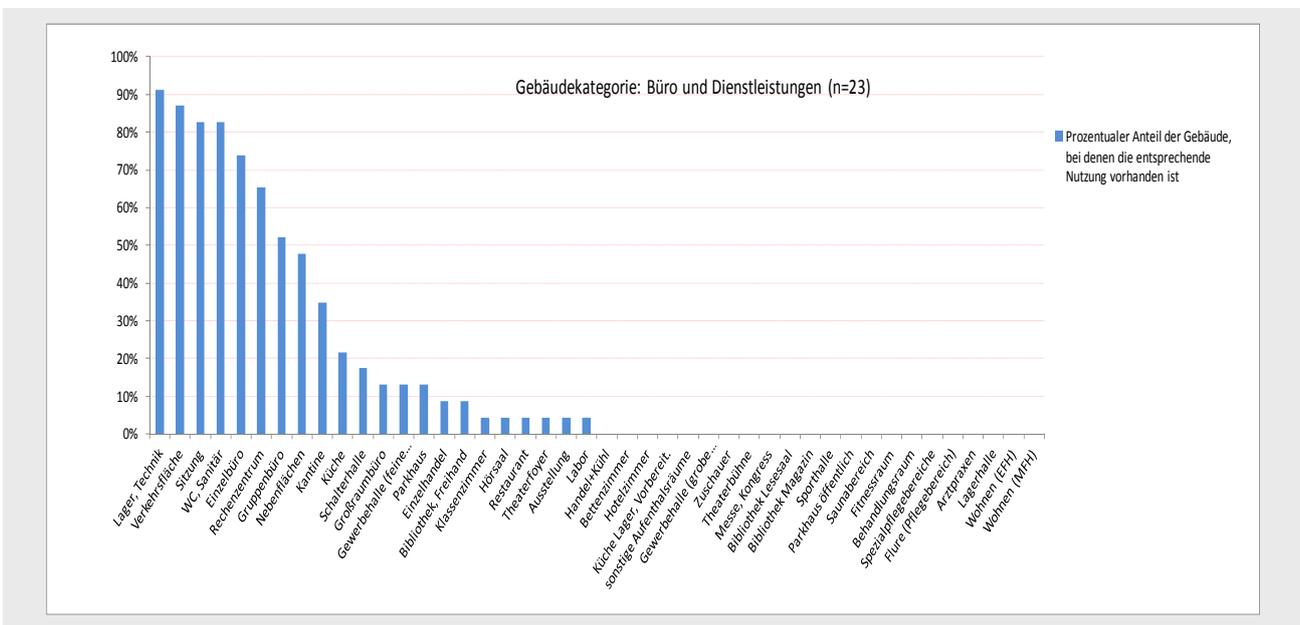
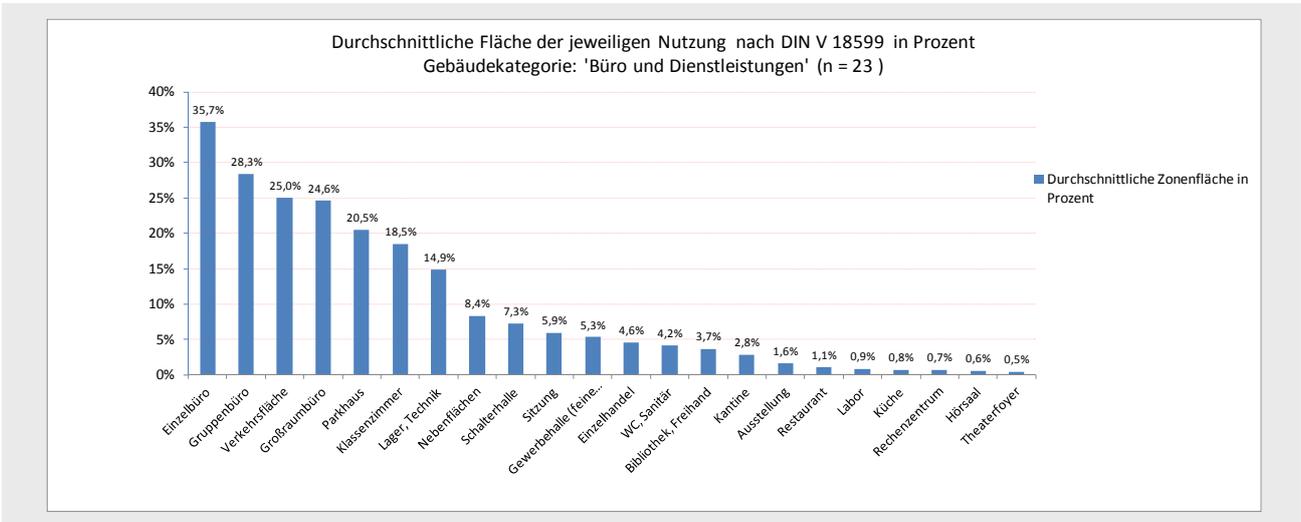


Bild 3-17 zeigt hingegen den prozentualen Durchschnittswert der Zonenfläche in der jeweiligen Standardnutzung (beispielsweise Einzelbüro) nach DIN V 18599 für die Gebäudekategorie *Büro und Dienstleistungen*. Die Anteile sind absteigend sortiert.

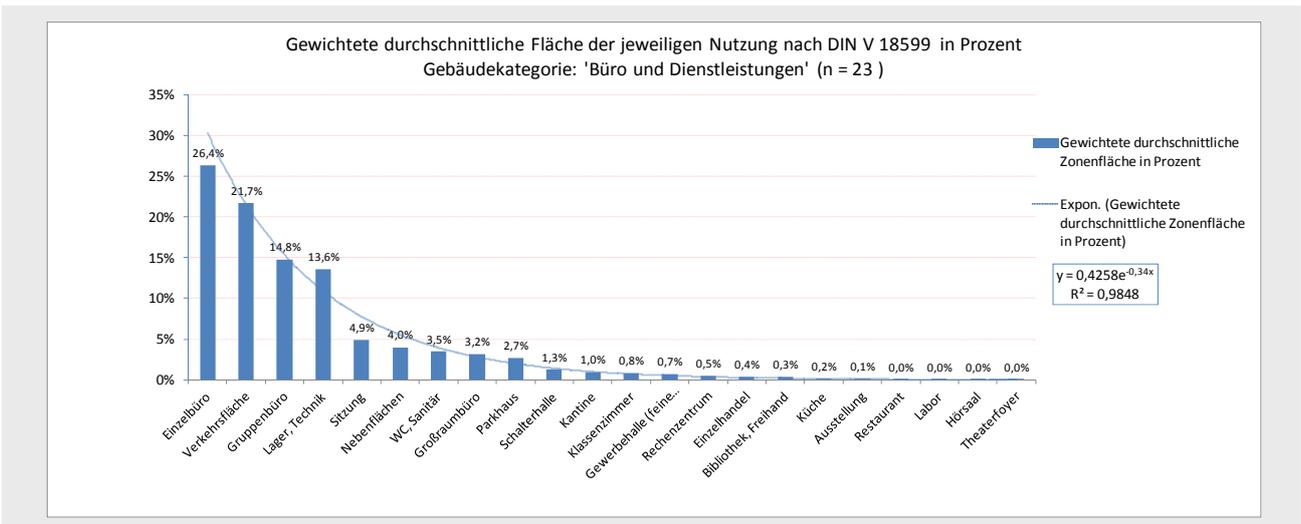
Gewichtet man die Anteile der Nutzungsflächen aus der Bild 3-17 mit dem Häufigkeitsanteil ihres Auftretens nach Bild 3-16, ergibt sich die gewichtete durchschnittliche Fläche der jeweiligen Nutzung (nach DIN V 18599) für die Gebäudekategorie "Büro und Dienstleistungen" in Bild 3-18. Es ist ersichtlich, dass die signifikanten Nutzungen in dieser Gebäudekategorie aus "Einzelbüro" mit einem Anteil von rund 26 %, gefolgt von "Verkehrsflächen" (ca. 22 %), "Gruppenbüro" (ca. 15 %), "Lager und Technik" (14 %), etc. bestehen.

Bild 3-19 demonstriert die kumulierte Darstellung der Nutzungsflächen. Daraus können die aufsummierten Nutzungsflächen leicht abgelesen werden. Beispielsweise betragen die durchschnittlichen Einzelbüro- und Verkehrsflächen ca. 50 %.

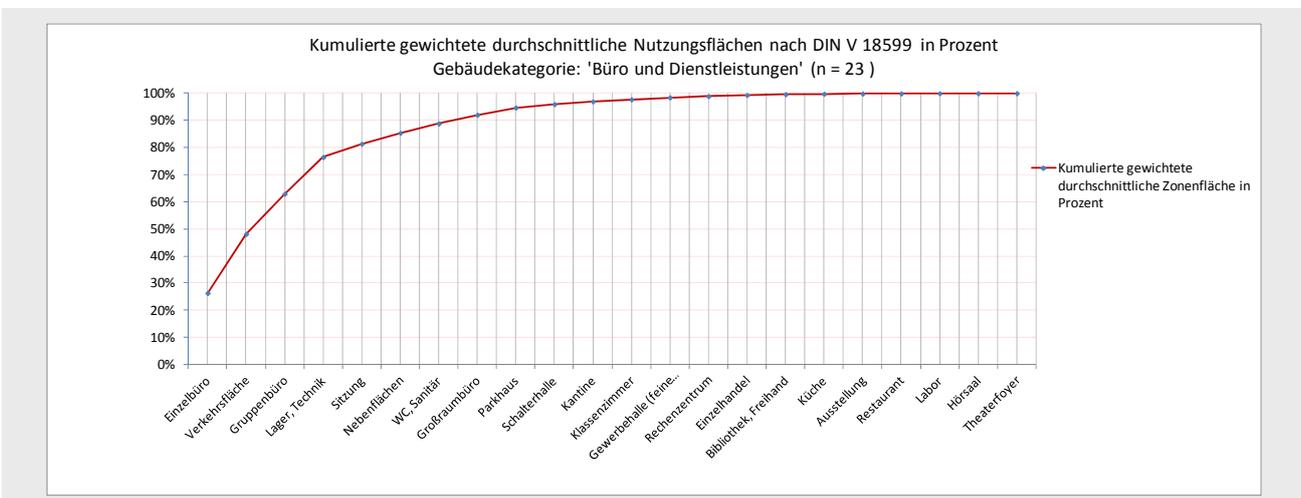
**Bild 3-17 Durchschnittliche Zonenfläche der jeweiligen Standardnutzung nach DIN V 18599 für die Gebäudekategorie "Büro und Dienstleistungen" in Prozent**



**Bild 3-18 Gewichtete durchschnittliche Zonenfläche der jeweiligen Nutzung nach DIN V 18599 für die Gebäudekategorie "Büro und Dienstleistungen" in Prozent**



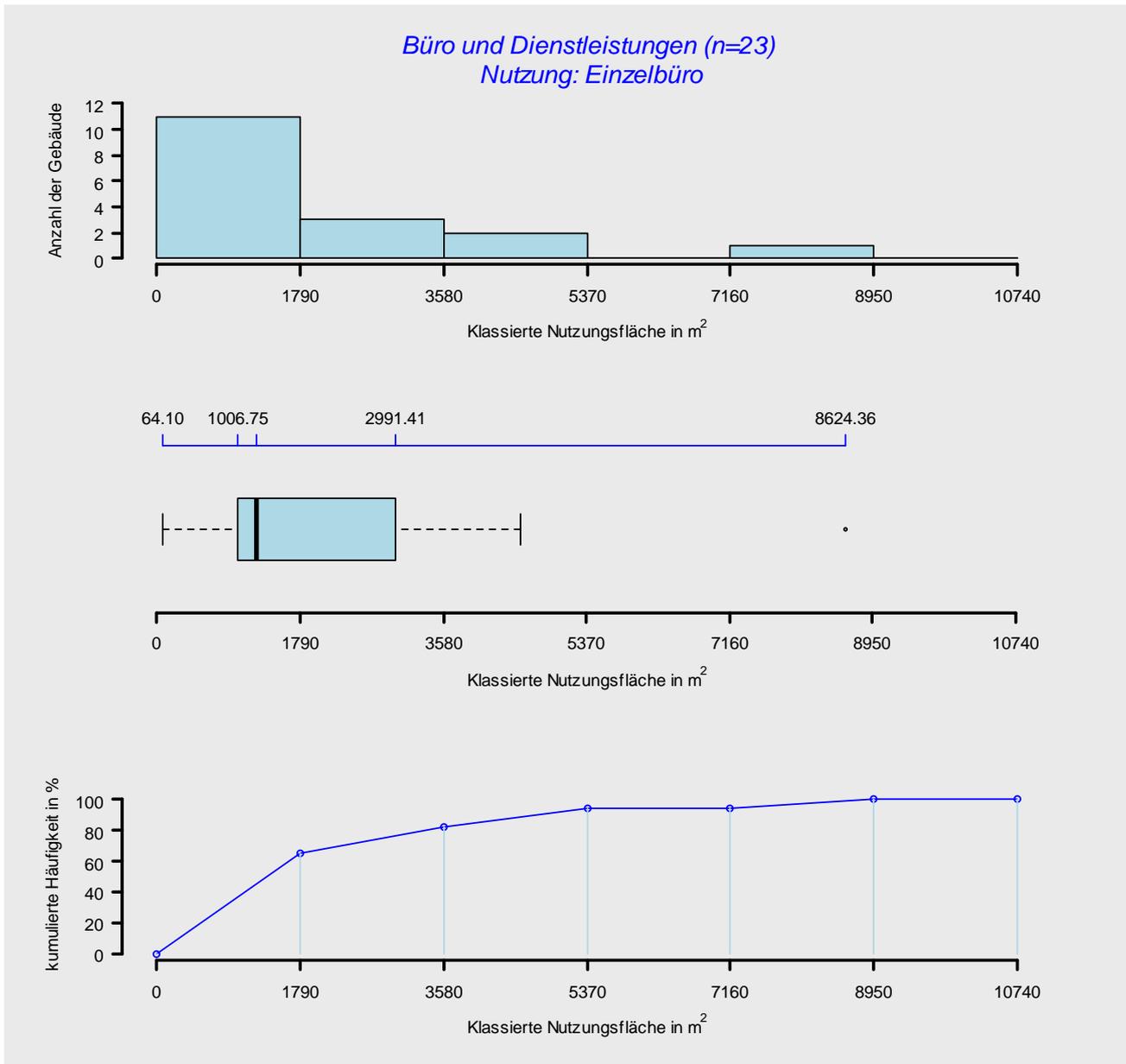
**Bild 3-19 Kumulierte durchschnittliche Nutzungsflächen nach DIN V 18599 für die Gebäudekategorie "Büro und Dienstleistungen" in Prozent**



Im Weiteren werden die erhobenen Flächen für die Nutzungsprofile "Einzelbüro" sowie "Verkehrsflächen" einzeln analysiert.

Bild 3-20 fasst einige Informationen über die Flächen des Nutzungsprofils "Einzelbüro" der 23 Büro- und Dienstleistungsgebäude zusammen. Die X-Achsen sind in allen drei Diagrammen gleich und repräsentieren die Zonenfläche in Quadratmetern. Um die ganze Bandbreite der Flächenangaben sinnvoll auswerten zu können, werden sie in sechs Klassen gleicher Breite unterteilt.

**Bild 3-20** Auswertung der Nutzungsflächen "Einzelbüro" von 23 Büro- und Dienstleistungsgebäuden. (Oben) absolute Häufigkeitsverteilung; (Mitte) Darstellung der Lage, Extremwerte sowie Streuung der Verteilung; (unten) kumulierte Häufigkeitsverteilung in Prozent.



Das Histogramm (vgl. oberes Diagramm in Bild 3-20) veranschaulicht, wie häufig die Nutzung "Einzelbüro" in den jeweiligen Klassen liegt. Demnach liegt die Zonenfläche "Einzelbüro" von 11 Gebäuden in der Klasse A  $\leq 1790$  m<sup>2</sup>. Wichtige Eigenschaften der Verteilung, wie Mittelwerte oder Ausreißer, sind aus einem Histogramm jedoch nicht ersichtlich. Daher werden im mittleren Diagramm (Kastendiagramm) die fünf wichtigen Maßzahlen (Minimum, unteres Quantil, Median, oberes Quantil sowie Maximum) für die Streuung und Lage der Verteilung der erfassten Zonenflächen dargestellt. Der dick gezeichnete Strich innerhalb des Kas-



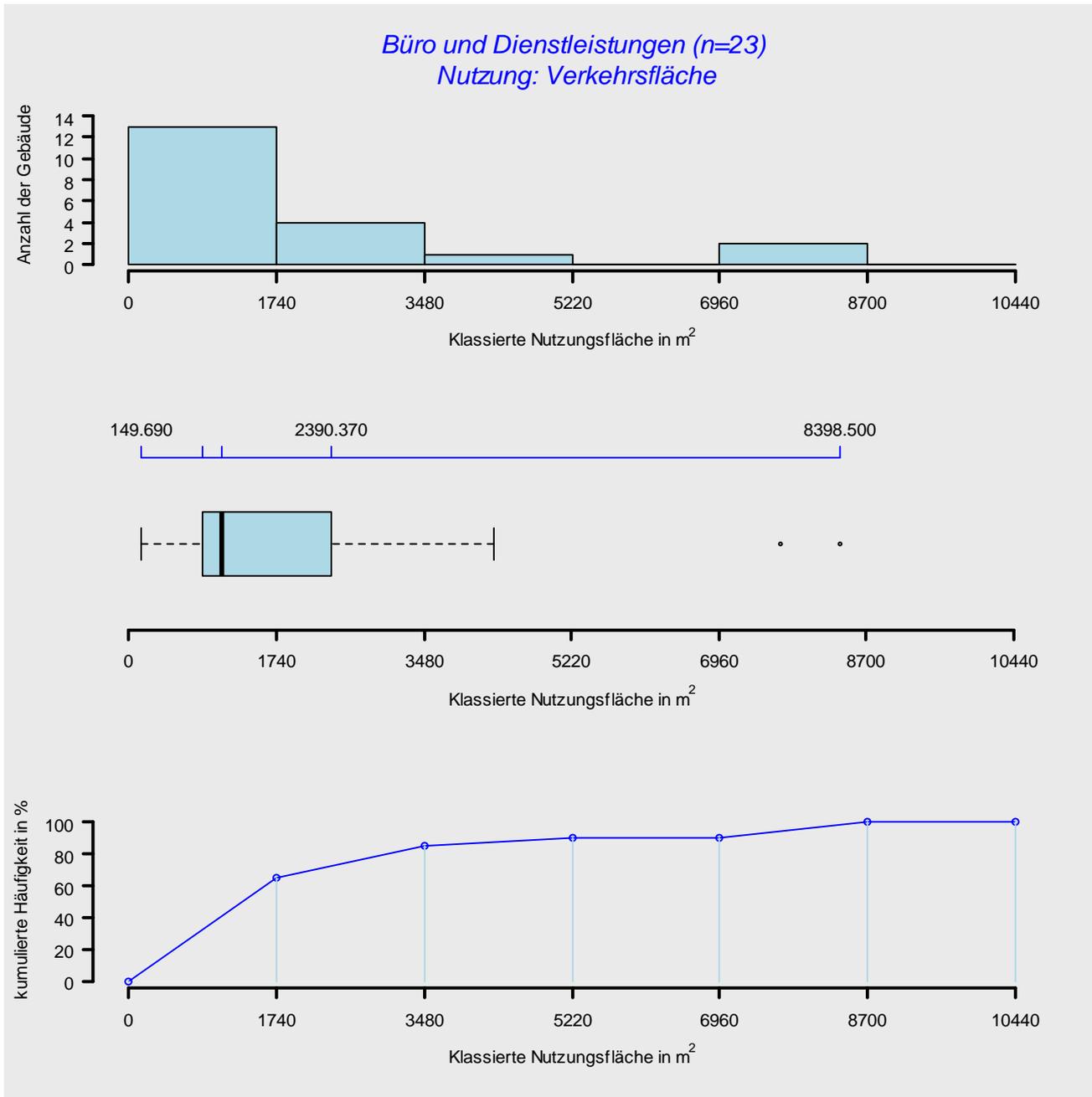
tens zeigt den Median<sup>6</sup> der Verteilung. Seine linke Lage im Kasten verdeutlicht die rechtschiefe Verteilung der Daten (Datenkonzentration auf der linken Seite). Der Kasten selbst ist durch das untere (25 %) und das obere (75 %) Quantil begrenzt. Die Länge des Kastens (Interquartilsabstand: Abstand vom unteren bis zum oberen Quantil) entspricht der Streuung der Daten, in der die mittleren 50 % der Daten liegen. Für "Einzelbüro" liegt die Streuung ungefähr zwischen 1000 bis 3000 m<sup>2</sup>. Die gestrichelten Linien veranschaulichen die Bandbreite der Daten außerhalb des Kastens bis zur Länge der Whisker (1,5-Fache des Interquartilsabstandes vom unteren bzw. oberen Quantil). Die Daten außerhalb der Whisker werden als Ausreißer durch Punkte gekennzeichnet. In Bild 3-20 ist die Lage des Ausreißers (8624,36 m<sup>2</sup>) auf der rechten Seite des Whiskers durch einen Punkt dargestellt. Er ist gleichzeitig das Maximum. Im unteren Bereich existiert in dem Fall kein Ausreißer. Des Weiteren ist das Minimum und Maximum der Daten auf der blauen Linie oberhalb des Kastens gekennzeichnet (Anfangs- bzw. Endwert der Linie). Das Liniendiagramm repräsentiert schließlich die prozentuale Summenhäufigkeit der Zonenflächen. Demnach sind ca. 80 % der Zonenflächen kleiner als 3580 m<sup>2</sup> (vgl. das untere Diagramm in der Bild 3-20). Die Auswertung weiterer Nutzungen kann aus dem Anhang C entnommen werden.

---

<sup>6</sup> Der Median oder Zentralwert ist ein Mittelwert für Verteilungen in der Statistik. Allgemein teilt ein Median einen Datensatz, eine Stichprobe oder eine Verteilung in zwei Hälften, so dass die Werte in der einen Hälfte kleiner als der Medianwert sind, in der anderen größer. (Quelle: Wikipedia)

Die Verteilung der Verkehrsflächen konzentriert sich zu 65 % im unteren Bereich (unterhalb der 1740 m<sup>2</sup>). Die Streuung liegt bei ca. 870 bis 2400 m<sup>2</sup>. Zudem gibt es zwei Ausreißer in den oberen Nutzungsflächen (zwischen ca. 6900 bis 8400 m<sup>2</sup>).

**Bild 3-21** Auswertung der Nutzung "Verkehrsfläche" von 23 Büro- und Dienstleistungsgebäuden. (Oben) absolute Häufigkeitsverteilung; (Mitte) Darstellung der Lage, Extremwerte sowie Streuung der Verteilung; (unten) kumulierte Häufigkeitsverteilung in Prozent.

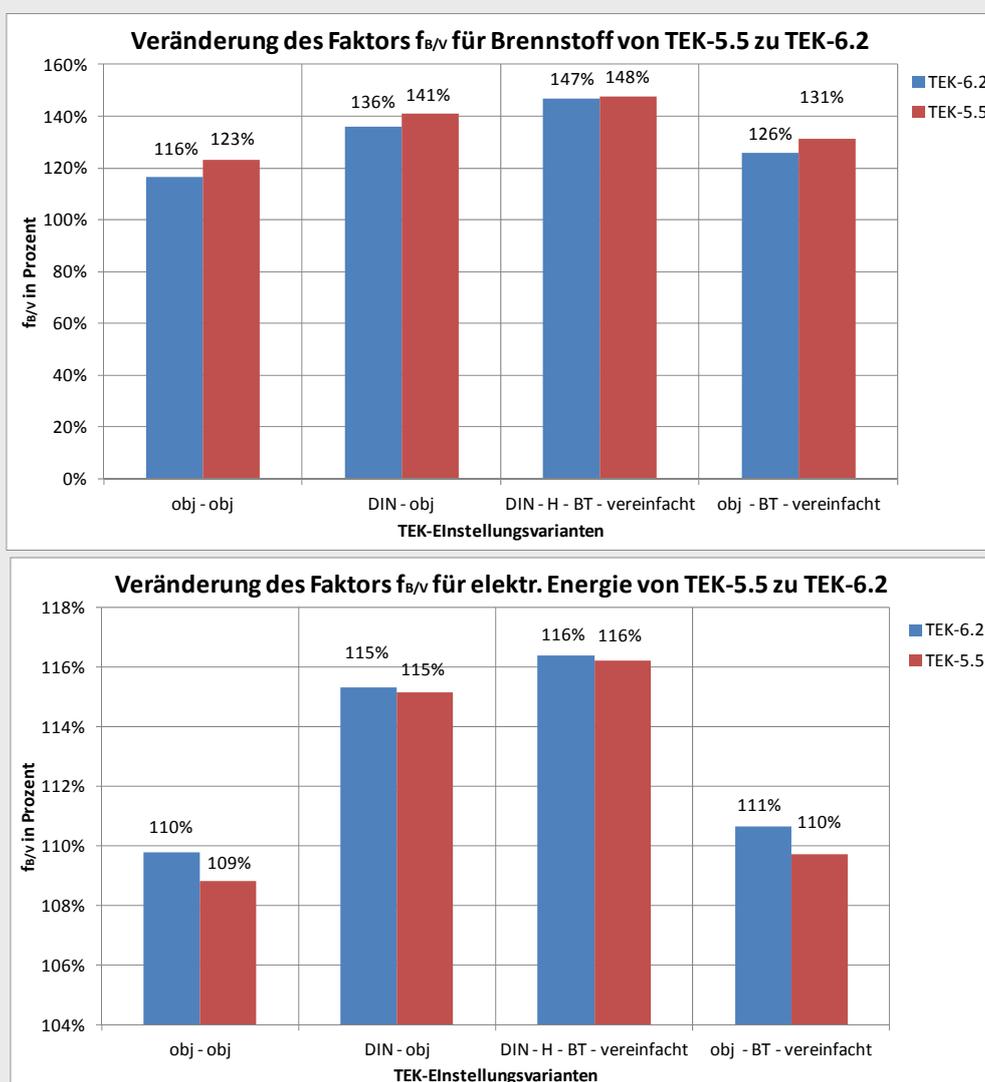


### 3.3 Vergleich der Versionen TEK-5.5 und TEK-6.2

#### 3.3.1 Auswirkungen auf das Bedarfs-Verbrauchs-Verhältnis

Die Phase 2, Gebäudeanalysen, des TEK-Projekts wurde mit der Version TEK-5.5 bearbeitet. Ein Ziel dieser Feldphase war es, das TEK-Tool auf Gebrauchstauglichkeit und eventuell vorhandene Berechnungsfehler hin zu prüfen. Die überarbeitete Version TEK-6.2\_DB-3.53 mit Datenbank und Auswertetool enthält daher einige Änderungen, z.B. in der Aufbereitung des Verbrauchs (z.B. Brennwertbezug) und der Behandlung der Umluftfunktion von Lüftungsanlagen. Weitere, im Verlauf der Gebäudeanalysen entdeckte Fehler innerhalb des TEK-Tools wurden dokumentiert und in der neuen Version TEK-6.2 korrigiert.

**Bild 3-22** Auswirkungen der Modifikationen in TEK-6.2 im Vergleich zur Version TEK-5.5 auf das Bedarfs-Verbrauchs-Verhältnis  $f_{B/V}$  im Mittelwert der Stichprobe (oben für Brennstoff, unten für elektrische Endenergie)



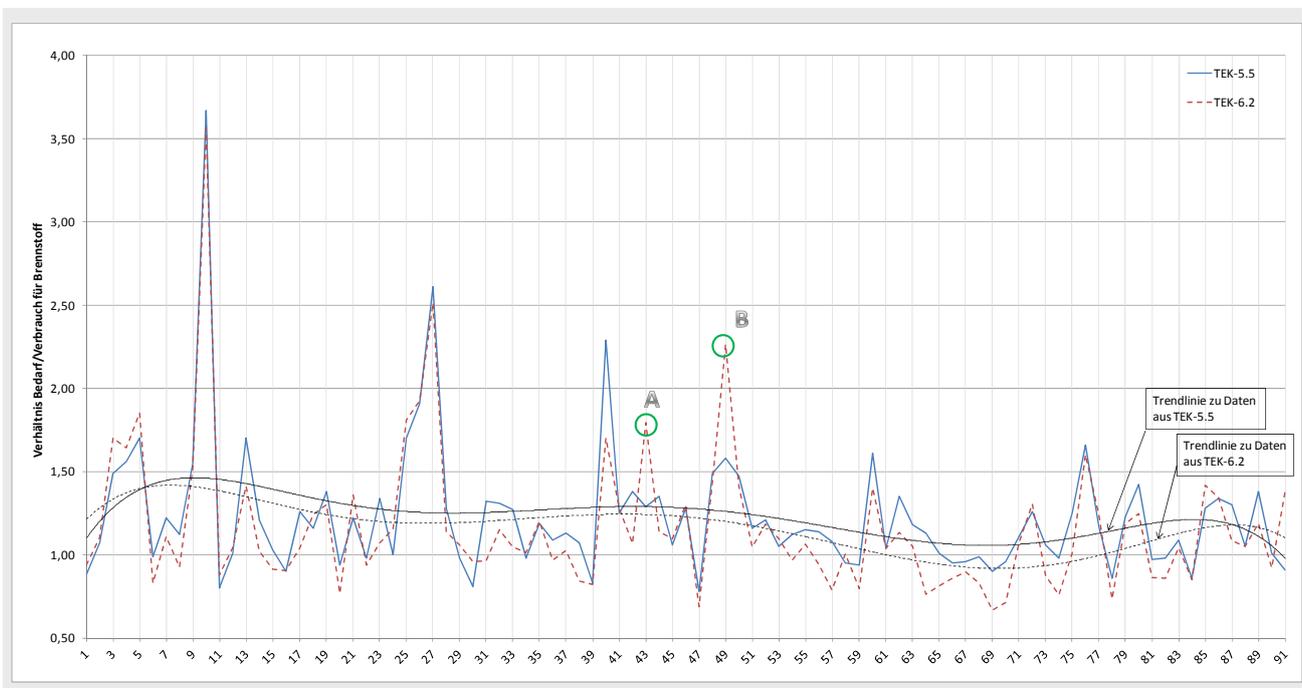
Quelle: IWU eigene Darstellung

Die Auswirkungen der Neuerungen in der TEK-Version 6.2 zeigen sich unter anderem am Bedarfs-Verbrauchs-Verhältnis  $f_{B/V}$ . Der Vergleich des berechneten Energiebedarfs des Gebäudes mit dem tatsächlichen Verbrauch stellt meist die einzige Möglichkeit einer Plausibilitätskontrolle für die realistische Abbildung des energetischen Zustands eines Bestandsgebäudes dar. Sämtliche Faktoren von der Bausubstanz über die technischen Anlagen bis hin zu Nutzung und Betrieb fließen hier ein. So zeigt sich in den Ergebnis-

sen der Gebäudebilanzierungen mittels TEK-6.2 gegenüber der mit TEK-5.5 in allen Berechnungseinstellungen eine Annäherung des Brennstoffbedarfs an den realen Verbrauch der Gebäude (vgl. Bild 3-22). Auf das Bedarfs-Verbrauchs-Verhältnis bei elektrischer Energie wirkt sich die weiterentwickelte Version TEK-6.2 nahezu gar nicht aus. Die durchschnittliche, mittlere Abweichung von ca. 1% ist vernachlässigbar und beeinflusst die ohne hin bereits realitätsnahe Bedarfsberechnung kaum. Beim Bedarf an Brennstoff zeigt sich im Mittel eine Reduzierung der bisherigen Überschätzung um ca. 5%, wodurch die energetische Bilanzierung mit dem TEK-Tool näher an den realen Verbrauch rückt. Dieser Effekt ist maßgeblich zwei Neuerungen zu verdanken. Zum einen dem veränderten Bezug des Endenergieverbrauchs für Brennstoff vom bisherigen Heizwert auf den jetzigen Brennwert, zum anderen durch die korrigierte Behandlung von RLT-Anlagen mit Umluftanteil.

Betrachtet man alle bilanzierten Nichtwohngebäude, so zeigt sich überwiegend eine Verbesserung von  $f_{B/V, fu}$ . Vereinzelt Verschlechterungen gegenüber den Werten der TEK-5.5-Bilanzierung, wie in Bild 3-23 zu sehen, sind vorwiegend Sonderfällen oder fehlerhaften Eingaben geschuldet. Zwei Beispiele sollen dies verdeutlichen.

**Bild 3-23 Vergleich von  $f_{B/V, fu}$  aus TEK-6.2 und TEK-5.5 in Bezug auf das Bedarfs-/Verbrauchs-Verhältnis für den Brennstoffbedarf in TEK-Einstellung „Obj-Obj“**



Quelle: IWU eigene Darstellung

Beim Beispiel A aus Bild 3-23 liegt die maßgeblich Ursache des erhöhten  $f_{B/V}$  für Brennstoff in der korrigierten Darstellung der raumlufttechnischen Anlagen. Hier besteht die Problematik darin, dass in TEK-5.5 die bestehenden Umluftanlagen lediglich über eine Wärmerückgewinnung dargestellt werden konnten, welche hinsichtlich des Wärmerückgewinnungsgrades nur in den Stufen 45%, 60% und 75% angegeben werden konnte. Im hier vorliegenden Fall wurde so eine tatsächlich vorhandene Lüftungsanlage mit einem Umluftanteil von 30% durch eine Anlage mit einer 60%igen Wärmerückgewinnung dargestellt. Beim Import in die überarbeitete Version TEK-6.2 wurde dieselbe Anlage nun entsprechend des realen Zustandes als Lüftungsanlage mit einem 30%igen Umluftanteil ohne jegliche Wärmerückgewinnung dargestellt und bilanziert. Diese Überschätzung des realen Zustands im alten TEK-5.5 führte in der Bilanzierung unter TEK-6.2 zu einer Erhöhung des Nutzenergiebedarfs der RLT für Wärme um rund 450 MWh/a, bzw. um über 200%. Bezogen auf den Vergleich des Endenergiebedarfs für Wärme mit dem realen Verbrauchswert ( $f_{B/V, fu}$ ) führte dies maßgeblich zu dem beobachteten Anstieg von knapp 50% auf eine 79%ige Überschätzung des tatsächlichen



Verbrauchs. Es ließ sich leider im Nachhinein nicht mehr nachvollziehen, welche Änderungen von Eingabeparametern zum Abgleich von Bedarf und Verbrauch in der ursprünglichen Berechnung vorgenommen wurden.

Das zweite Beispiel, in Bild 3-23 mit „B“ gekennzeichnet, zeigt nach dem Import in die neue Version TEK-6.2 ebenfalls einen deutlich höheren Energiebedarf für Wärme. Hier liegt die Ursache ebenfalls in der alten TEK Version, welche für das Zonenprofil „Sporthalle“, gemäß der DIN 18599-10, einen falschen Bezug im Rahmen der Bilanzierung setzte. Ein Vergleich der Daten aus der TEK-6.2-Berechnung mit dem korrigierten Bezug in der TEK-5.5-Bilanzierung ergab nun eine Senkung von  $f_{B/V, fu}$  um gut 30% gegenüber der so modifizierten alten TEK-Version. Diese Senkung erscheint aufgrund der durchgeführten Änderungen in TEK-6.2 durchaus plausibel. Genau wie das Beispiel A, ist auch diese Abweichung eher eine Ausnahme als die Regel für die Qualität der Bilanzierung mit der neuen Version TEK-6.2.

Generell wird die Qualität der Neuerung in TEK-6.2 besser durch die Trendlinien beider Datensätze in Bild 3-23 verdeutlicht. Anhand der beiden polynomischen Trendlinien ist deutlich eine Näherung an die 100%ige Übereinstimmung von errechnetem Bedarf und gemessenem Verbrauch zu sehen. Abgesehen von einzelnen Ausreißern, wie oben beschrieben, bewirken die Neuerungen demnach eine realistischere Abbildung der Bestandsgebäude. Einzelne Gebäudebilanzierungen können allerdings erheblich von einer 100%igen Übereinstimmung abweichen. Die ist meist unklaren Angaben zur tatsächlichen Nutzung geschuldet, manchmal auch den Vereinfachungen der energetischen Bilanzierung, der Komplexität und Inhomogenität von Gebäuden bzw. den lückenhaften Gebäudeinformationen zuzuschreiben. Weitere Analysen zur Qualitätsüberprüfung der TEK-Bilanzierungen mittels des Bedarfs-Verbrauchs-faktors sind in Kapitel 3.5.1 aufgeführt.

### 3.3.2 Auswirkungen auf die objektspezifischen Teilenergiekennwerte

Obgleich der Blick auf das Bedarfs-Verbrauchs-Verhältnis  $f_{B/V}$  für Brennstoff und elektrische Energie einen schnellen, ersten und auch ganzheitlichen Eindruck über die Verbesserungen des neuen TEK-6.2 erlaubt, so erscheint eine differenziertere Betrachtung der Auswirkungen ebenfalls sinnvoll. Veränderungen auf der Ebene der Teilenergiekennwerte können teils stark ausgeprägt sein, sich in der Summe jedoch durch wechselnde Vorzeichen ausgleichen und eine insgesamt eher geringe Veränderung vortäuschen. Ein detailliertes Verständnis der Ursachen der jeweiligen Veränderungen ist daher notwendig für eine Einschätzung der Veränderungen in der gesamten energetischen Bilanz unter TEK-6.2. Im Folgenden werden die Ist-Zustände von 10 Büro- und Verwaltungsgebäude aus dem erhobenen Datenbestand auf die Veränderungen von gebäudebezogenen Teilenergiekennwerten auf der Ebene des Endenergiebedarfs untersucht. Die Analyse der Differenzen zwischen den alten und den neuen Teilenergiekennwerte sind nachfolgend in Bild 3-24 aufgeführt.

**Bild 3-24 Vergleich der prozentualen Abweichungen der Teilenergiekennwerte (Endenergieebene) der Bilanzierung mit TEK-6.2 gegenüber TEK-5.5 für 10 Büro- und Verwaltungsgebäude**

|                    | Gebäude 1                   |             | Gebäude 2                   |             | Gebäude 3                   |             | Gebäude 4                   |             | Gebäude 5                   |             |
|--------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
|                    | Endenergie                  |             | Endenergie                  |             | Endenergie                  |             | Endenergie                  |             | Endenergie                  |             |
|                    | Brennstoff ***<br>Fernwärme | el. Energie |
| Heizung            | 1,0%                        | 0,0%        | 2,7%                        | 0,0%        | -7,8%                       | 0,0%        | -10,0%                      | 0,0%        | 10,2%                       | 0,0%        |
| Warmwasser         | 0,0%                        | 0,0%        | 0,0%                        | 0,0%        | 0,0%                        | 0,0%        | 0,0%                        | 0,0%        | 0,0%                        | 0,0%        |
| Beleuchtung        | -                           | -0,1%       | -                           | 0,0%        | -                           | 0,0%        | -                           | 0,0%        | -                           | 0,0%        |
| Luftförderung      | -                           | 0,0%        | -                           | 0,0%        | -                           | 0,0%        | -                           | 0,0%        | -                           | 0,0%        |
| Kälte              | 0,0%                        | -7,4%       | 0,0%                        | 0,0%        | 0,0%                        | 0,7%        | 0,0%                        | 0,5%        | 0,0%                        | 1,0%        |
| Hilfsenergie Kälte | -                           | 0,1%        | -                           | 0,0%        | -                           | 0,7%        | -                           | 0,5%        | -                           | 1,0%        |
| Dampf              | 0,0%                        | 0,0%        | 0,0%                        | 0,0%        | 0,0%                        | 0,0%        | 0,0%                        | 0,0%        | 0,0%                        | 0,0%        |
| Arbeitshilfen      | -                           | -39,6%      | -                           | -0,8%       | -                           | 19,6%       | -                           | -10,0%      | -                           | -0,1%       |
| Zentrale Dienste   | 0,0%                        | 14,4%       | 0,0%                        | 0,2%        | 0,0%                        | 0,1%        | 0,0%                        | 0,1%        | 0,0%                        | 0,1%        |
| Diverse Technik    | -                           | -4,7%       | -                           | 0,0%        | -                           | -3,6%       | -                           | -4,7%       | -                           | 0,0%        |
| gesamt             | 1,0%                        | -2,1%       | 2,7%                        | -0,1%       | -7,8%                       | 3,5%        | -10,0%                      | -1,8%       | 10,2%                       | 0,1%        |

|                    | Gebäude 6                   |             | Gebäude 7                   |             | Gebäude 8                   |             | Gebäude 9                   |             | Gebäude 10                  |             |
|--------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
|                    | Endenergie                  |             | Endenergie                  |             | Endenergie                  |             | Endenergie                  |             | Endenergie                  |             |
|                    | Brennstoff ***<br>Fernwärme | el. Energie |
| Heizung            | -14,9%                      | 0,0%        | 5,8%                        | 0,0%        | -3,9%                       | 0,0%        | -1,2%                       | 0,0%        | -9,0%                       | 0,0%        |
| Warmwasser         | 8,1%                        | 0,0%        | 0,0%                        | 0,0%        | 4,0%                        | 0,0%        | 1,5%                        | 0,0%        | 0,0%                        | 0,0%        |
| Beleuchtung        | -                           | 0,0%        | -                           | 0,0%        | -                           | 0,4%        | -                           | 0,0%        | -                           | 0,0%        |
| Luftförderung      | -                           | 0,0%        | -                           | 0,0%        | -                           | 0,0%        | -                           | 0,0%        | -                           | 0,0%        |
| Kälte              | 0,0%                        | 0,2%        | 0,0%                        | -2,0%       | 0,0%                        | 35,7%       | 0,0%                        | 19,3%       | 0,0%                        | 2,3%        |
| Hilfsenergie Kälte | -                           | 0,2%        | -                           | 19,6%       | -                           | 69,3%       | -                           | 19,3%       | -                           | 2,4%        |
| Dampf              | 0,0%                        | 0,0%        | 0,0%                        | 0,0%        | 0,0%                        | 0,0%        | 0,0%                        | 0,0%        | 0,0%                        | 0,0%        |
| Arbeitshilfen      | -                           | 8,0%        | -                           | -27,2%      | -                           | 12,1%       | -                           | -27,4%      | -                           | -3,0%       |
| Zentrale Dienste   | 0,0%                        | 7,6%        | 0,0%                        | 18,0%       | 0,0%                        | 34,4%       | 0,0%                        | 0,0%        | 0,0%                        | 0,1%        |
| Diverse Technik    | -                           | -19,6%      | -                           | -10,1%      | -                           | -0,4%       | -                           | -7,7%       | -                           | -4,6%       |
| gesamt             | -13,8%                      | 1,2%        | 5,8%                        | -2,2%       | -3,8%                       | 4,3%        | -1,2%                       | -3,1%       | -9,0%                       | -0,6%       |

Quelle: IWU eigene Darstellung

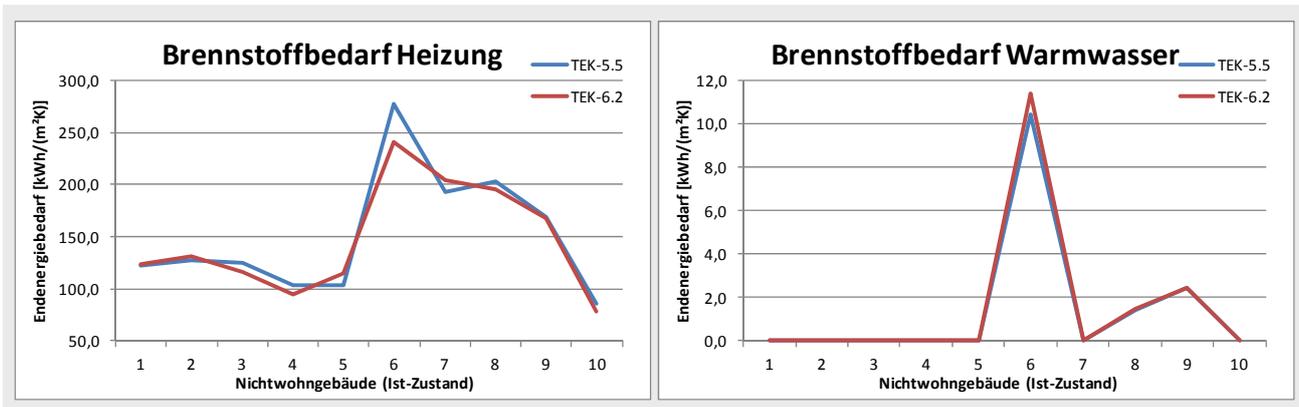
Wie aufgrund der unter Kapitel 3.3.1 bereits aufgeführten Änderungen zu erwarten war, gibt es im Bereich des Brennstoffbedarfs für Heizung Abweichungen gegenüber der alten Bilanz unter TEK-5.5. Die Abweichungen sind vorwiegend negativ, also eine Reduzierung des Heizenergiebedarfs, was den zahlreichen Modifizierungen, wie der Berücksichtigung von Umluftanteilen der Lüftungsanlagen, der veränderten Berechnung der Vollnutzungsstunden für Personen und Arbeitshilfen und der Behebung von Fehlern in der Version TEK-5.5 zuzuschreiben ist.

Auch von den Änderungen bei den elektrischen Verbrauchern im Gebäude wird der Heizenergiebedarf beeinflusst, da sich die internen Wärmegewinne verändern. Hier zeigen sich deutlich breiter gestreute Abweichungen von der alten Bilanz unter TEK-5.5. Insbesondere sind dabei die Arbeitshilfen und zentralen Dienste zu nennen. In sechs der zehn Gebäude sind Abweichungen von mehr als 10% erkennbar. Dieser Umstand ist jedoch ebenfalls der modifizierten Methodik geschuldet. So führen Änderungen an der Berechnung der Vollnutzungsstunden der Personen in den jeweiligen Zonen teils zu Erhöhungen, teils zu Minderungen des elektrischen Bedarfs. Ein zusätzlicher Aspekt besteht in der veränderten Zuordnung des elektrischen Energiebedarfs für Zonen mit der Nutzung „Küche“ und „Rechenzentrum“ gemäß DIN V 18599. In TEK-5.5 dem Gewerk Arbeitshilfen zugeordnet, wird der Energiebedarf dieser Zonen nun den zentralen Diensten zugewiesen. Dies führt gleichzeitig zu der beobachteten Erhöhung des elektrischen Energiebedarfes der zentralen Dienste, wie in Bild 3-24 zu sehen. Insbesondere die veränderte Berechnung der Vollnutzungsstunden der Personen hat wiederum Auswirkungen auf die Kühllasten in den jeweiligen Zonen. Steigen die Vollnutzungsstunden, ist meist auch direkt ein Anstieg des Energiebedarfs für Kälte erkennbar, was den höheren internen Wärmegewinnen, vor allem in den warmen Sommermonaten, zuzuschreiben ist.

Die prozentualen Abweichung aus Bild 3-24 sind allerdings im richtigen Kontext zu betrachten. Zwar erscheinen die einzelnen Abweichungen teilweise hoch, sie beeinflussen sich allerdings auch gegenseitig,

wodurch die Abweichung in Summe aller Teilenergiekennwerte nur sehr gering ausfällt. Auch absolut gesehen sind insbesondere bei den elektrischen Verbrauchern die Abweichungen der einzelnen Teilenergiekennwerte merklich geringer, wodurch auch der Abgleich von Bedarf und Verbrauch kaum beeinflusst wird. Bild 3-25 und Bild 3-26 zeigen die jeweiligen spezifischen Teilenergiekennwerte der zehn Gebäude unter der Bilanzierung mit TEK-5.5 und TEK-6.2.

**Bild 3-25** Vergleiche der Abweichungen der spezifischen Teilenergiekennwerte (Endenergieebene) der Bilanzierung mit TEK-6.2 gegenüber TEK-5.5 für den Brennstoffbedarf



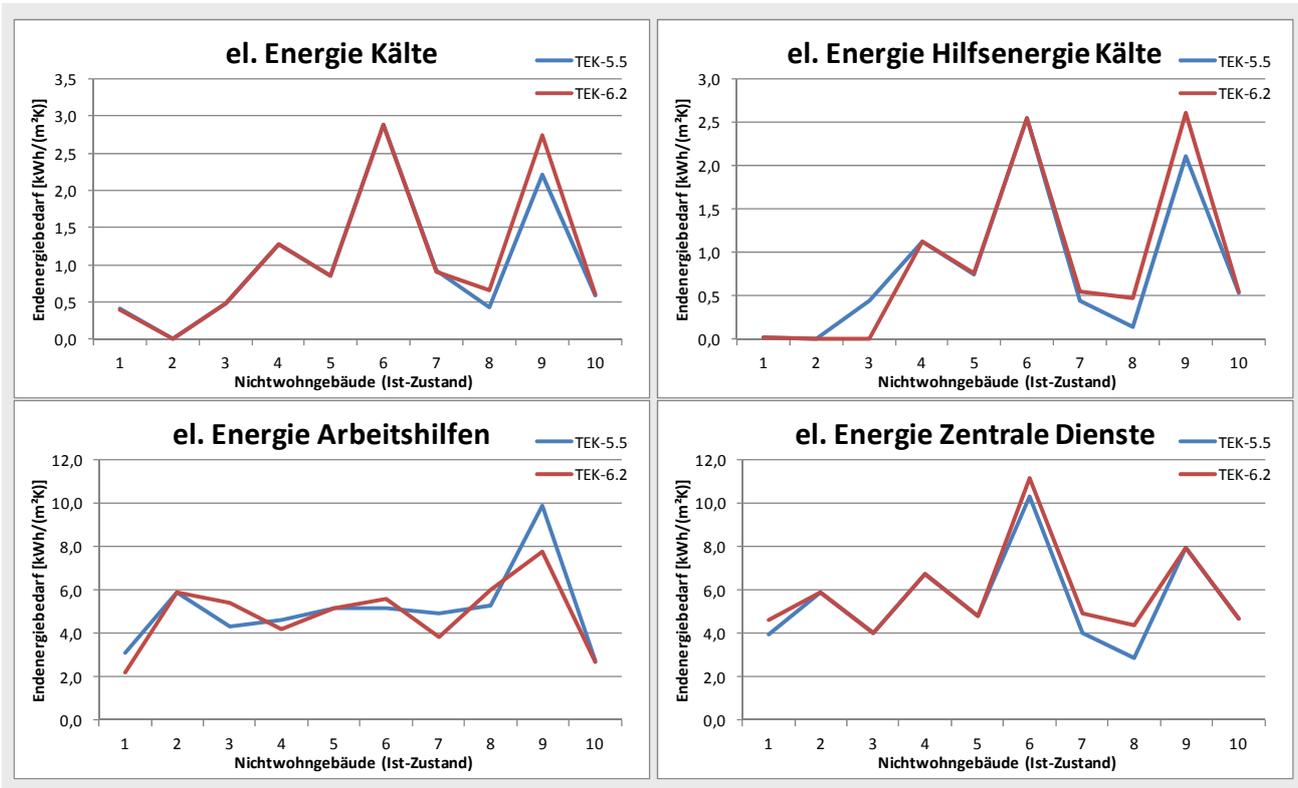
Quelle: IWU eigene Darstellung

Beim Brennstoffbedarf zeigt sich, dass die spezifischen Abweichungen meist in einem Bereich von weniger als  $\pm 10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  bewegen. Im speziellen überwiegt dabei die Reduzierung des Brennstoffbedarfs. Im Bereich der Warmwassererzeugung sind Abweichungen faktisch kaum vorhanden, was jedoch vorwiegend daran liegt, dass in den 10 untersuchten Gebäuden nur selten ein zentrales Warmwassernetz vorhanden ist. Bei den verbleibenden drei Gebäuden mit zentralem Warmwassernetz sind lediglich sehr geringe Veränderungen zu beobachten, welches in der Modifizierung der Erzeugeraufwandszahlen für Warmwasser begründet liegt.

Der Vergleich der spezifischen Teilenergiekennwerte der vier Gewerke des elektrischen Energiebedarfs, bei denen Veränderungen in der Berechnungsmethodik vorgenommen wurden, zeigt noch einmal das eher geringe Ausmaß der Abweichungen. So existieren zwar relative Abweichungen von bis zu 70%, die Teilenergiekennwerte verbleiben jedoch in einem engen Rahmen von maximal ca.  $2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , wie am Beispiel der elektrischen Endenergie für Arbeitshilfen zu sehen ist. Solch geringfügige Abweichungen sind durchaus durch die getätigten Modifikationen der Methodik zu erklären und verändern die Bilanz kaum.

Als Ergebnis dieser Untersuchung der Teilenergiekennwerte ist primär die Stabilität der neuen TEK-6.2-Version festzustellen.

**Bild 3-26** Vergleiche der Abweichungen der spezifischen Teilenergiekennwerte (Endenergieebene) der Bilanzierung mit TEK-6.2 gegenüber TEK-5.5 für den elektrischen Energiebedarf



Quelle: IWU eigene Darstellung

### 3.4 Basisvarianten mit und ohne Qualitätssicherung

Um die Verwendbarkeit der einzelnen Gebäudeanalysen in der Querschnittsauswertung sicherzustellen, wurde eine routinemäßige Qualitätssicherung durchgeführt. Diese beinhaltete die Prüfung der Vollständigkeit der Unterlagen, eine Detailprüfung des TEK-Tools in der Basisvariante sowie Plausibilitätsprüfungen der Ergebnisse der Lastgangmessungen, der Hochrechnung von Kurzzeitmessungen sowie der Wirtschaftlichkeitsberechnung für die verschiedenen Maßnahmenempfehlungen.

Aufgrund der zeitlichen Rahmenbedingung war es jedoch nicht möglich sämtliche Gebäudeanalysen vollständig einer gesicherten Qualitätsüberprüfung zu unterziehen. Die wenigen, betroffenen Gebäude wurden cursorisch überprüft und mit entsprechender Kennzeichnung in die Datenbank geladen. Im Verlauf der Auswertung und der Queranalysen wurde so beispielsweise eine fehlerhafte Bilanzierung des nicht qualitätsgesicherten EADS Gebäudes 88 in Taufkirchen entdeckt, sowie eine fehlerhaft eingegebene Beleuchtungsanlage im Objekt „Stadthalle Baunatal“, welche daraufhin aus den Analysen herausgenommen wurden, um die Ergebnisse nicht zu verfälschen.

Unstimmigkeiten bei mehreren Gebäuden traten auch bei der vereinfachten Eingabe der Beleuchtungsanlagen auf. Um die Ergebnisse der Querschnittsanalysen nicht zu verfälschen wurden die entsprechenden Gebäude bei der untersuchten TEK-Einstellung „DIN-vereinfacht“ nicht berücksichtigt. Dies hat jedoch die Folge, dass in dieser Einstellungsvariante mit nur 40 deutlich weniger Gebäude betrachtet werden, als bei den restlichen Einstellungsvarianten. Dieser Umstand ist bei den Analyseergebnissen zu berücksichtigen.

## 3.5 Vergleich von Bedarf und Verbrauch in TEK

### 3.5.1 Auswertung der TEK-Gebäudeanalysen hinsichtlich des Verhältnisses von Bedarf und Verbrauch

Einer der Kernausgabewerte des TEK-Tools für die Gebäudebilanzierung ist das Verhältnis des errechneten Bedarfs und des tatsächlich gemessenen Verbrauchs des Gebäudes. Dieser Faktor  $f_{B/V}$  wird sowohl für den benötigten Brennstoff, als auch die benötigte elektrische Energie gebildet und gibt einen ersten Anhaltspunkt, wie genau die energetische Gebäudebilanzierung mit dem TEK-Tool an dem realen Gebäude liegt. Eine 100%ige Übereinstimmung entspricht dabei dem Faktor 1,0.

Je näher der Bedarfs/Verbrauchs-Faktor, nachfolgend nur noch als  $f_{B/V}$  bezeichnet, an den 100% liegt, umso realistischer wird das jeweilige Nichtwohngebäude mit dem TEK-Tool bilanziert und desto aussagekräftiger sind auch die damit berechneten energetischen Einsparpotentiale möglicher Sanierungsmaßnahmen. Dies ist von Bedeutung, wenn ein mögliches Sanierungskonzept für ein Gebäude einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterzogen wird und energetische Einsparpotentiale den aufzuwendenden Sanierungskosten gegenübergestellt werden. Weicht  $f_{B/V}$  bereits in dem Ist-Zustand massiv von den Verbrauchsdaten des realen Gebäudes ab, so weichen aller Voraussicht nach auch bilanzierte Sanierungsmaßnahmen stark ab, was die Aussagekraft über Einsparpotentiale und Wirtschaftlichkeit mindert.

Eine wichtige Aufgabe bei der Gebäudebilanzierung war es dabei, alle Eingaben auch objektspezifisch, also so realitätsgetreu wie möglich, zu erheben. Dies bedeutete zwar erheblichen Aufwand bei der Gebäudeaufnahme, war allerdings unverzichtbar, um die tatsächliche Qualität der energetischen Gebäudebilanzierung mit dem TEK-Tool zu überprüfen. Als direkte Folge sollte das Augenmerk daher gerade nicht auf dem „Hinrechnen“ eines  $f_{B/V}$  von 100% liegen. Stellschrauben zum Justieren der energetischen Bilanz gibt es im TEK-Tool zwar mehrere, wie z.B. die Raumtemperatur oder Nutzungszeiten, Zielsetzung war es jedoch, diese Parameter hinreichend genau aufzunehmen und nach bestem Wissen und Gewissen in die Bilanz einfließen zu lassen.

Da das TEK-Tool die energetische Bilanzierung von Bestandsgebäuden auch erleichtern und nach Möglichkeit beschleunigen soll, gibt es verschiedene vereinfachte Berechnungsoptionen, z.B. bei der Erfassung der Hüllflächen oder der Bauteilkennwerte, aber Standard-Berechnungseinstellungen der Nutzungsparameter aus den Nutzungsprofilen der DIN V 18599, die alternativ bei schwieriger Datenlage genutzt werden können. In der Feldphase waren auch diese Eingabeoptionen auszufüllen.

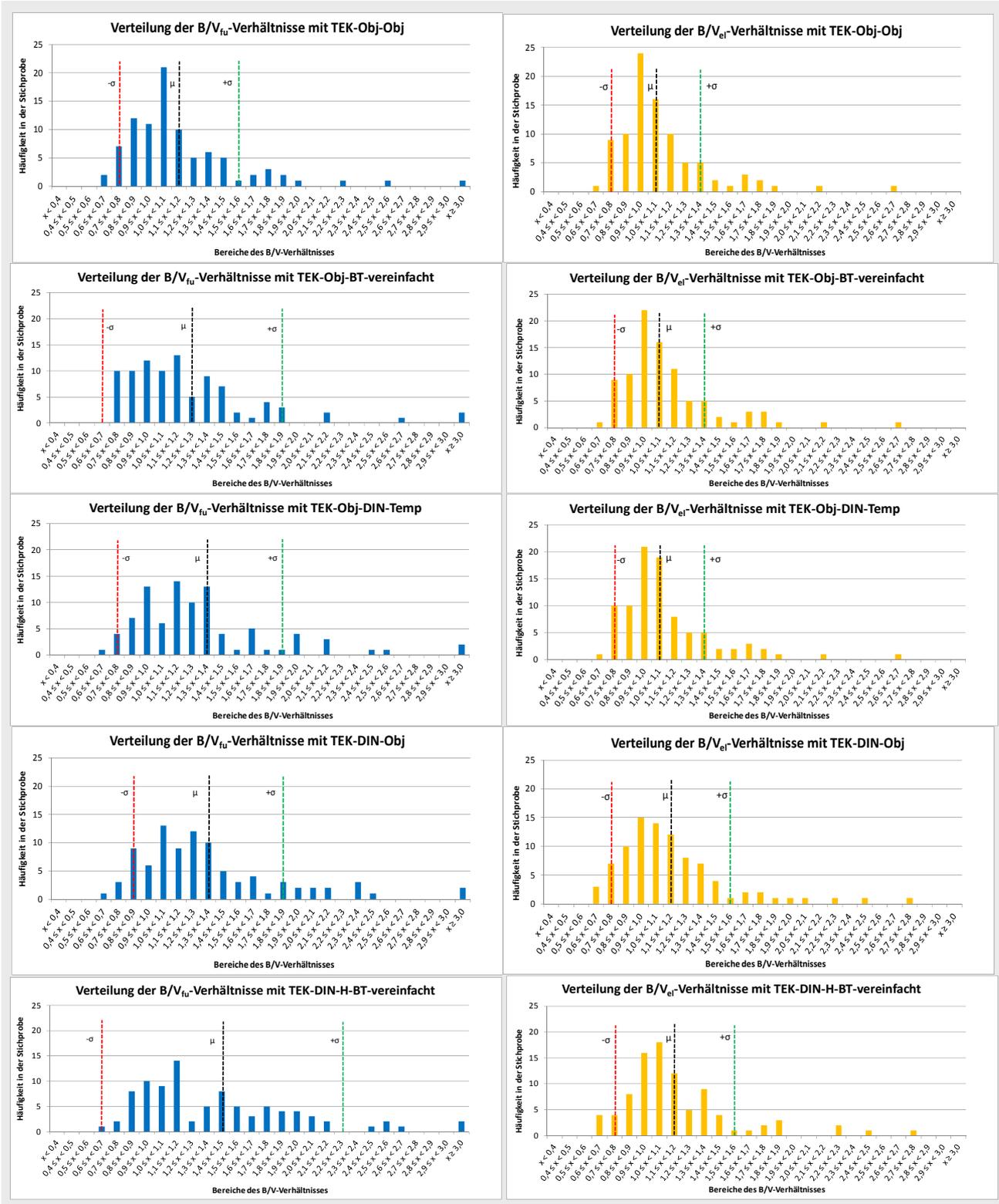
Die TEK-Datenbank enthält so einen Datenbestand über Nichtwohngebäude, der neben den Verbrauchsdaten sowohl objektspezifisch ermittelte, als auch mit den Vereinfachungen berechnete Bedarfswerte enthält. Im Rahmen dieser Analyse des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich wurden sechs unterschiedliche TEK-Berechnungseinstellungen der Basisversionen aller bilanzierten Nichtwohngebäude untersucht. Die jeweiligen Einstellungen sind in Tabelle 2-1 aufgeführt und beschrieben.

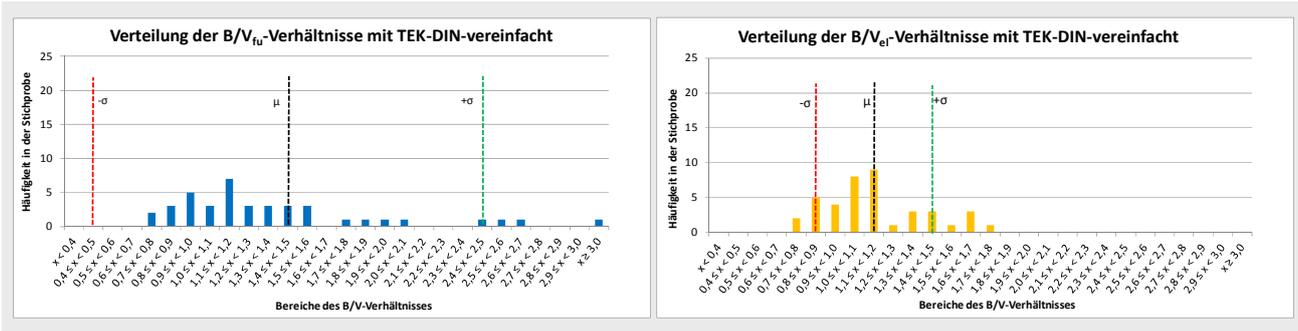
Die Variante „Obj-Obj“ stellt dabei die Gebäudebilanzierung mit der genauesten und aufwendigsten Datenaufnahme dar. Hier war viel Aufwand für eine präzise Datenerhebung nötig, um das jeweilige Gebäude so realistisch wie möglich in das TEK-Tool einfließen zu lassen. Im Gegensatz dazu repräsentiert die Variante „DIN-vereinfacht“ die gröbste und zeitsparendste Datenaufnahme. Hier werden lediglich wenige Daten des Gebäudes erhoben und der Rest in vereinfachten Berechnungen oder entsprechend der Angaben der DIN 18599 eingegeben und berechnet. Bei den übrigen Einstellvarianten wurden verschiedene Kombinationen aus objektspezifischen und vereinfachten Berechnungseinstellungen untersucht. Über diese Herangehensweise sollten Aussagen über Qualität und Einfluss der verschiedenen Berechnungseinstellungen und der Algorithmen des TEK-Tools gewonnen werden. Gemessen wurde die Qualität an der Abbildungsgenauigkeit des Bedarfs im Vergleich zum Verbrauch, also an Faktoren  $f_{B/V, fu}$  für Brennstoff/Fernwärme und  $f_{B/V, el}$  für elektrische Energie.

Bei den Analysen der 91 Gebäude wurde für den benötigten Brennstoff und die elektrische Energie sowohl der statistische Mittelwert  $\mu$ , als auch die Standardabweichung  $\sigma$  der Faktoren  $f_{B/V}$  bestimmt. Diese wurden

daraufhin in Histogrammen grafisch aufbereitet. Die Ergebnisse der Analyse sind nachfolgend in Bild 3-27 aufgeführt.

**Bild 3-27 Übersicht der Verteilung von  $f_{B/V_{fu}}$  für Brennstoff/Fernwärme und  $f_{B/V_{el}}$  für elektrische Energie für die untersuchten TEK-Einstellungs-Varianten (unkorrigierte Datenbasis)**



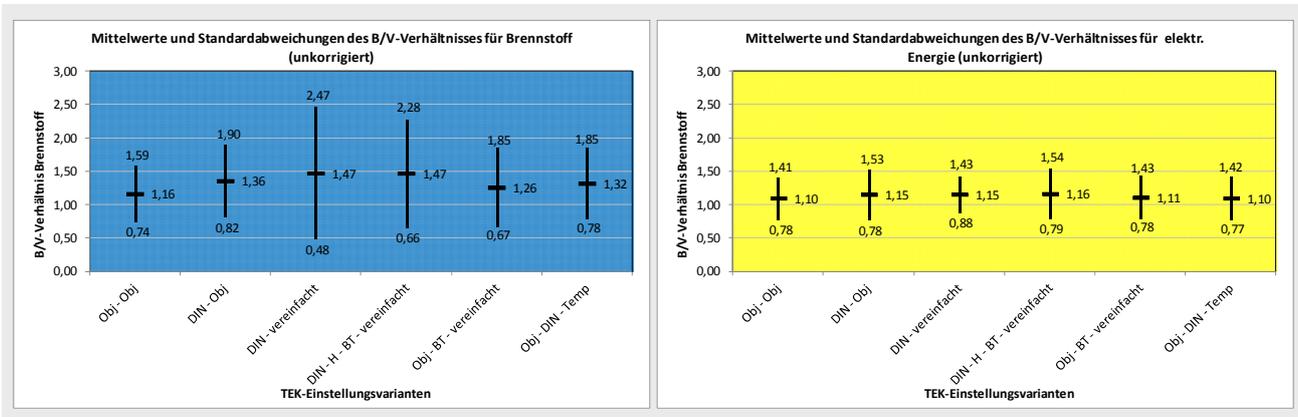


Quelle: IWU eigene Darstellung

Die Analyse der 91 Gebäude (40 Gebäude bei der TEK-Einstellung DIN-vereinfacht, wie bereits erwähnt) zeigt vor allem eine realitätsnahe Bilanz für den Bedarf an elektrischer Energie. So bewegt sich der Mittelwert von  $f_{B/V,el}$  bei allen TEK-Einstellungen in einem Bereich von 110% - 116%, also eine Überschätzung des Bedarfs gegenüber dem tatsächlichen Verbrauch von ca. 10% – 16%. Die relativ geringe Standardabweichung von 27% – 38% ist ebenfalls ein Indiz für die Nähe der Bilanz an dem realen Verbrauch.

Die Bilanzierung des Brennstoffbedarfs hingegen variiert deutlich in Abhängigkeit von der jeweiligen Einstellung im TEK-Tool. Wie zu erwarten entsteht die realitätsnaheste Bilanz bei einer detaillierten, objektspezifischen Eingabe des Gebäudes. Hier liegt der statistische Mittelwert von  $f_{B/V,fu}$  bei 116%, mit einer Standardabweichung von 42%. Auf der anderen Seite ergibt die stark vereinfachte Eingabe mit einem Mittelwert von 147% und einer Standardabweichung von 99% die schlechteste Bilanzierung der untersuchten TEK-Berechnungseinstellungen. Zusammengefasst ergibt sich für die beiden Faktoren  $f_{B/V,fu}$  und  $f_{B/V,el}$  nachfolgende Darstellung in Bild 3-28.

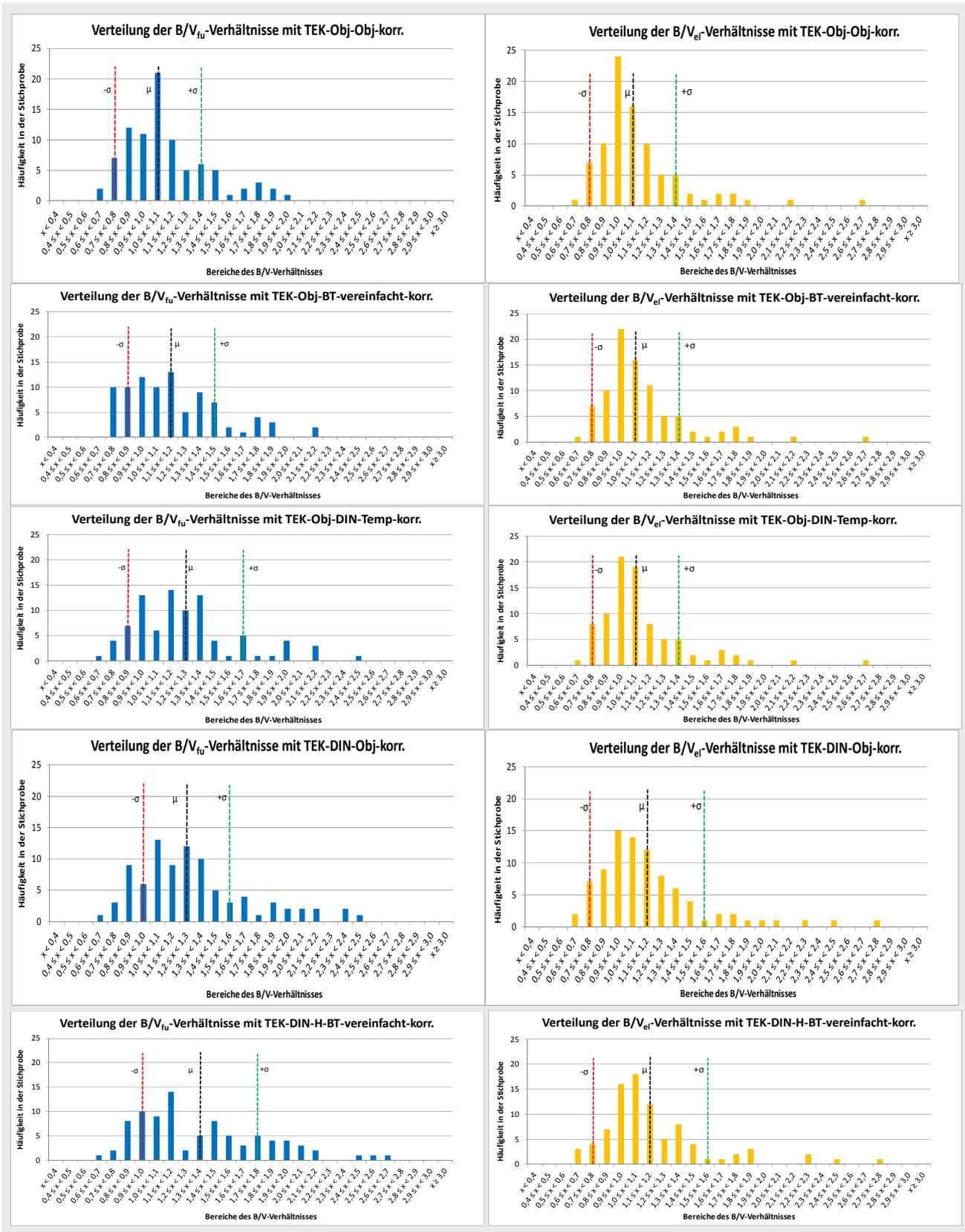
**Bild 3-28** Zusammengefasste Verteilung von  $f_{B/V,fu}$  und  $f_{B/V,el}$  für die untersuchten TEK-Einstellungsvarianten (unkorrigiert)

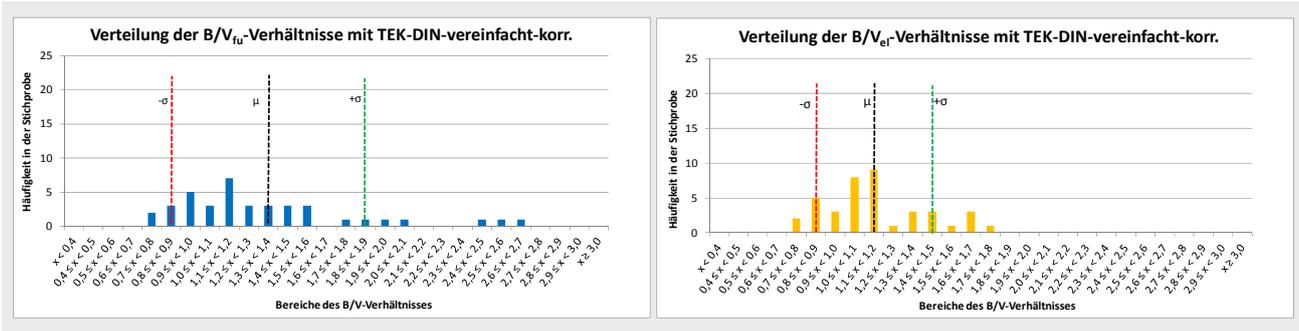


Quelle: IWU eigene Darstellung

Die bisherigen Ergebnisse basieren allerdings auf der gesamten und unkorrigierten Datenbasis aller aufgenommenen Nichtwohngebäude. Obgleich die Anstrengungen bei der Datenaufnahme, Eingabe in das TEK-Tool, sowie der Qualitätskontrolle groß waren, sind fehlerhafte bzw. nicht realitätsgetreue Eingaben nicht gänzlich auszuschließen. Nach den ersten Analysen aller Gebäudebilanzierungen erscheint eine Überschätzung des Brennstoffbedarfs wahrscheinlich, wie es bei energetischen Bilanzierungen mit stationären Verfahren oft der Fall ist. Jedoch ist bei einer Überschätzung der TEK-Bilanz um mehr als das Doppelte des tatsächlichen Brennstoffverbrauchs eher ein Fehler in den Eingabedaten, als in der Berechnung zu vermuten. Als Folge wurde die aufgenommene Datenbasis unter diesem Aspekt bereinigt. Dabei wurde die detaillierteste Berechnungsvariante „Obj-Obj“ untersucht und Gebäude mit einem  $f_{B/V,fu} \geq 200\%$  herausgenommen. Nach dieser Korrektur der Datenbasis verblieben noch 88 Nichtwohngebäude. Das Entfernen dieser drei Gebäude aus der betrachteten Datenbasis zeigte nun eine deutliche Veränderung der Bedarfs-/Verbrauchs-Verhältnisse, wie in Bild 3-29 gezeigt.

**Bild 3-29** Übersicht der Verteilung von  $f_{B/V, fu}$  für Brennstoff/Fernwärme und  $f_{B/V, el}$  für elektrische Energie für die untersuchten TEK-Einstellungs-Varianten (korrigierte Datenbasis)





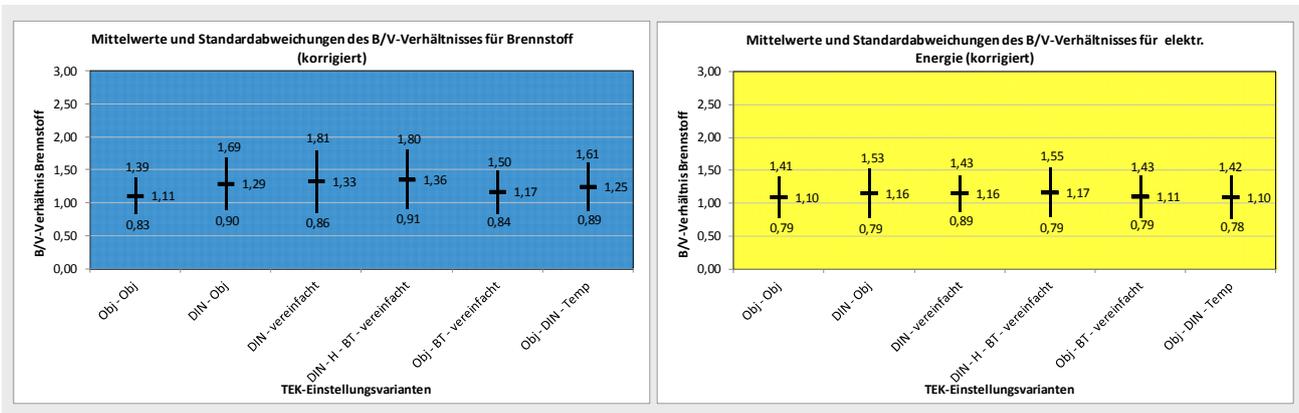
Quelle: IWU eigene Darstellung

Die Analyse der nun 88 Gebäude (bzw. 39 Gebäude bei der TEK-Einstellung DIN-vereinfacht, wie bereits erwähnt) zeigt wiederum eine realitätsnahe Bilanz für den Bedarf an elektrischer Energie. Die Korrektur hatte demnach kaum Einfluss auf den Bedarf an elektrischer Energie und die Veränderung von  $f_{B/V,el}$  beträgt weniger als 1% im statistischen Mittelwert. In der Berechnungseinstellung TEK-Obj.-Obj.-korr liegen immerhin 60 Gebäude oder 68% in einem Intervall von  $\pm 20\%$  um den Wert  $f_{B/V,el} = 1$ .

Betrachtet man allerdings den Brennstoffbedarf, so zeigt sich eine signifikante Verbesserung von  $f_{B/V,fu}$ . Auf der einen Seite sinkt der statistische Mittelwert um 5% – 9% auf eine Überschätzung von nun 111% – 136%, auf der anderen Seite reduziert sich die Standardabweichung deutlich auf 28% - 48%. Eine geringere Standardabweichung in Verbindung mit einer geringeren Überschätzung des Mittelwertes bedeutet wiederum ein stabileres und genaueres Ergebnis der Gebäudebilanzierung. Beim Brennstoff liegen in der Berechnungseinstellung TEK-Obj.-Obj.-korr 54 Gebäude oder 61% der Gebäude in einem Intervall von  $\pm 20\%$  um den Wert  $f_{B/V,fu} = 1$ .

Dies verdeutlicht sich, vergleicht man nachfolgendes Bild mit korrigierter Datenbasis mit Bild 3-28 mit unkorrigierter Datenbasis.

**Bild 3-30** Zusammengefasste Verteilung von  $f_{B/V,fu}$  und  $f_{B/V,el}$  für die untersuchten TEK-Einstellungsvarianten (korrigiert)



Quelle: IWU eigene Darstellung

Neben dem stabilen  $f_{B/V,el}$  zeigt nun auch der Blick auf  $f_{B/V,fu}$  eine geringere Schwankung des statistischen Mittelwertes bei allen TEK-Berechnungseinstellungen, sowie eine deutlich geringere Standardabweichung. Da sich  $f_{B/V,el}$  über die gesamte Analyse aller Gebäude und Einstellungsvarianten als recht stabil gezeigt hat, wird im folgenden  $f_{B/V,fu}$  noch einmal etwas genauer betrachtet.

Hier zeigt sich in Bild 3-30, dass sich die 6 verschiedenen TEK-Berechnungseinstellungen für  $f_{B/V,fu}$  in zwei Bereiche einordnen lassen. Der eine Bereich liegt bei einer Überschätzung von etwas mehr als 10%, der andere bei einer Überschätzung von ca. 30%. Dabei besitzen die Varianten die geringere Überschätzung, bei denen Zonennutzungszeiten, interne Wärmequellen und Raumsolltemperaturen objektspezifisch, also detailliert erhoben, eingegeben wurden. Wurden diese Parameter jedoch vereinfacht, entsprechend den

Angaben der DIN 18599 gewählt, zeigt sich eine deutliche Verschlechterung des Mittelwertes und der Standardabweichung.

Dies lässt vermuten, dass die zonenspezifischen Angaben der DIN 18599 zumindest in diesen 88 Gebäuden nicht die Realität wiedergeben. Betrachtet man als Beispiel die Einstellung „Obj-DIN-Temp“, so sind fast alle Einstellungen identisch mit denen der Variante „Obj-Obj“. Lediglich die Raumsolltemperatur wird entsprechend der Kennwerte der DIN 18599 gewählt. Diese Änderung bewirkt jedoch eine Verschlechterung des statistischen Mittelwertes von  $f_{B/V, fu}$  von 111% auf 125% und eine Vergrößerung der Standardabweichung von 28% auf 36%. Es ist also zu vermuten, dass die realen Raumsolltemperaturen von denen der DIN abweichen, was bei einer vereinfachten Gebäudebilanzierung zu bedenken sein sollte.

Der Einfluss der gewählten Einstellung für die Erfassung der Gebäudehüllflächen und derer Bauteilkennwerte auf der anderen Seite scheint eher von geringerer Bedeutung zu sein. Hier zeigt der Vergleich der Variante „Obj-Obj“ mit „Obj-BT-vereinfacht“, in der die Bauteilkennwerte vereinfacht entsprechend der Baualterklasse angenommen werden, lediglich eine geringe Verschlechterung von  $f_{B/V, fu}$  von 111% auf 117%, sowie eine ebenfalls geringe Vergrößerung der Standardabweichung von 28% auf 33%. Dieser Aspekt wird in 3.10.1 noch genauer untersucht. Ein weiterer Vergleich der Varianten „DIN-Obj“ und „DIN-H-BT-vereinfacht“, deren Unterscheidung ausschließlich in der Eingabeeinstellung der Gebäudehüllflächen und der Bauteilkennwerte liegt, zeigt ebenfalls nur eine geringe Verschlechterung des Mittelwertes von 129% auf 136%, mit einer Vergrößerung der Standardabweichung von 40% auf 44%.

An dieser Stelle ist allerdings darauf hinzuweisen, dass es für die Gebäudeanalysen zwar Teil der Aufgabenstellung war, die Hüllflächen und Bauteilkennwerte auch detailliert und möglichst realitätsnah zu bestimmen, es sich jedoch aufgrund der teils sehr mageren Gebäudedokumentation als schwierig herausstellte, genauere Informationen über Bauteilkennwerte zu erlangen. Ohne genauere Bauteiluntersuchungen, die im Projekt nicht geleistet werden konnten, war es so oft nicht möglich einen genauen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) für einzelne Bauteile zu bestimmen, woraufhin auch bei der objektspezifischen Eingabe auf die baualtersspezifischen Kennwerte zurückgegriffen wurde. Daher besteht in diesem Punkt auch weiterhin noch eine gewisse Unschärfe.

### 3.5.2 Statistische Relevanz des Bedarfs-Verbrauchs-Verhältnisses im TEK-Projekt

Neben der Analyse des Verhältnisses von berechnetem Bedarf und gemessenem Verbrauch  $f_{b/v}$  für die in der Feldphase des TEK-Projekts untersuchte Gebäudestichprobe ist allerdings noch ein weiterer Aspekt von zentralem Interesse. Diese Analyse von Bedarf und Verbrauch zeigt die Qualität der energetischen Gebäudebilanzierung von bestehenden Nichtwohngebäuden mittels der Teilenergiekennwertmethode (bzw. dem TEK-Tool). Von großem Interesse ist jedoch auch die Frage nach der generellen Qualität der Gebäudebilanzierung mit dem TEK-Tool. Also die Frage, wie exakt eine energetische Bilanz eines beliebigen, bestehenden Nichtwohngebäudes sein wird. Diese Aussage ist für den möglichen Entschluss zur Anwendung des TEK-Tools durchaus von Bedeutung.

Um diese Aussage zu erhalten, wurde im Zuge dieser Querschnittsanalysen auf statistische Werkzeuge zurückgegriffen, welche die repräsentative Bedeutung einer TEK-Bilanzierung für den gesamten Gebäudebestand hin überprüft. So wurde für die im TEK-Tool jeweils möglichen Berechnungseinstellungen zum einen ein Hypothesentest durchgeführt und zum anderen ein Konfidenzintervall bestimmt.

Der Hypothesentest dient dabei allerdings lediglich als bestärkende Aussage zu einer bestimmten Vermutung der Tendenz des Bedarf-Verbrauchs-Faktors. Ein tatsächlicher Nachweis der Richtigkeit der Vermutung ist mit statistischen Mitteln jedoch nicht möglich. Das Konfidenzintervall hingegen beschreibt den Bereich in dem sich der statistische Mittelwert von  $f_{b/v}$  mit einer gewählten Wahrscheinlichkeit bewegen wird. Dieses Intervall wird mit wachsender Datenbasis dementsprechend präziser. Die Grundlage dieser Untersuchungen stellt die aufgenommenen Datenbasis der 93 (bzw. 88 genutzten) Nichtwohngebäude dar, welche in diesem Zusammenhang als repräsentative Stichprobe der deutschen Gebäudegesamtheit anzusehen ist.

Der Hypothesentest teilt sich dabei in zwei Teile auf, die Nullhypothese und die Alternativhypothese. Die sogenannte Nullhypothese besagt, dass aufgrund der vereinfachenden Natur des TEK-Tools mit einer Über-



schätzung des berechneten Energiebedarfs gegenüber dem realen Verbrauch zu rechnen ist. Generell zeigt sich bei energetischen Bilanzierungen ein solches Verhalten, da stets Vereinfachungen der physikalischen Vorgänge vorgenommen werden müssen. Die Ausführungen im vorigen Kapitel zeigen diese Tendenz sehr klar für den Bereich der Endenergie Wärme und, etwas weniger deutlich, auch für elektrische Energie. Eine exakte Wiedergabe der Vorgänge des realen Gebäudes ist nur mit unverhältnismäßig hohem Analyseaufwand möglich. Daher lautet die Nullhypothese:

**3-1**  $H_0 : \mu \geq \mu_0 ; \mu_0 = 1$

Die Alternativhypothese stellt eine Aussage dar, die den bisherigen Wissensstand ergänzen soll. Die Nullhypothese stellt jedoch die Basis dar, von der entschieden wird, ob die Alternativhypothese akzeptiert werden kann oder nicht. Kann also die Nullhypothese nicht widerlegt werden, so kann die Alternativhypothese nicht korrekt sein und die Nullhypothese hat weiterhin Bestand. In diesem Fall lautet die Alternativhypothese entsprechend:

**3-2**  $H_1 : \mu < \mu_1 ; \mu_1 = 1$

Um zu entscheiden, ob die Nullhypothese beibehalten werden kann, oder die Alternativhypothese zu wählen ist, muss ein sogenanntes Signifikanzniveau gewählt werden. Das Signifikanzniveau ist vor Untersuchungsbeginn festzulegen. Diese Grenze stellt ein Werkzeug dar, um die aufgestellte Nullhypothese zu untersuchen. Mit dieser Entscheidungsstrategie kann zwar ein Fehler 1. Art nach Tabelle 3-5 nicht völlig ausgeschlossen, jedoch die maximale Wahrscheinlichkeit seines Auftretens quantifiziert werden. Man schlussfolgert demnach also nicht, dass die aufgestellte Nullhypothese korrekt ist, sondern man erhält lediglich eine Aussage darüber, ob die Hypothese verworfen werden muss, oder beibehalten werden kann. Eine endgültige Bestätigung der Wahrheit der Hypothese ist auf Stichprobenbasis nicht möglich.

**Tabelle 3-5 Fehlerarten bei statistischen Entscheidungen<sup>7</sup>**

|            |                  | Entscheidung  |               |
|------------|------------------|---------------|---------------|
|            |                  | für $H_0$     | gegen $H_0$   |
| Population | $H_0$ gilt       |               | Fehler 1. Art |
|            | $H_0$ gilt nicht | Fehler 2. Art |               |

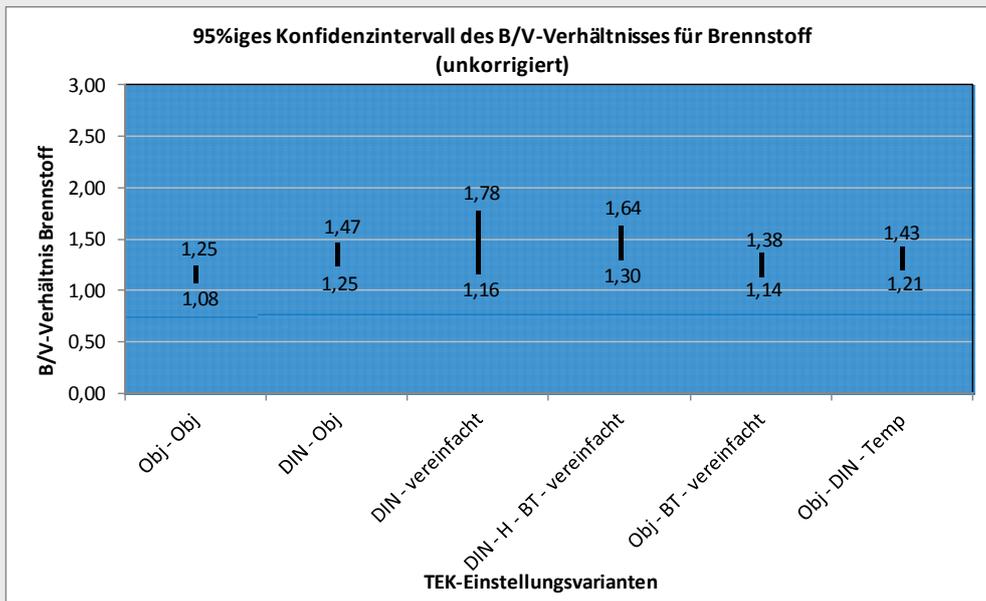
Eine Überprüfung des Hypothesentests für alle untersuchten TEK-Einstellungs-Varianten ergab dabei bei einem Signifikanzniveau von 95%, also einer 95% Wahrscheinlichkeit, dass eine tendenzielle Überschätzung von  $f_{B/V}$  nicht falsch ist. Mit diesem Wissen wurden nun Konfidenzintervalle der  $f_{B/V}$  für die einzelnen TEK-Einstellungs-Varianten gebildet, um eine erweiterte Aussage über die Qualität der TEK-Bilanzierung zu gewinnen.

Ein Konfidenzintervall bezeichnet einen Wertebereich um einen Stichprobenmittelwert, in diesem Fall der Mittelwert von  $f_{B/V}$ , wobei dieser Wertebereich mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit den wahren, jedoch unbekanntem Mittelwert in der zugrunde liegenden Gesamtheit überdeckt. Es wird durch das Konfidenzintervall folglich ein Bereich angegeben, in dem mit der gewählten Wahrscheinlichkeit der Mittelwert von  $f_{B/V}$  für die Bilanzierung aller deutschen Nichtwohngebäude liegen wird. Somit erlangt man eine statistische Aussage über die generelle Qualität der energetischen Gebäudebilanzierung mit dem TEK-Tool.

In der praktischen Anwendung auf die untersuchten TEK-Einstellungs-Varianten ergab die Analyse des Konfidenzintervalls, bei einer gewählten Wahrscheinlichkeit von 95%, die in Bild 3-31 und Bild 3-32 aufgeführten Wertebereiche für  $f_{B/V, fu}$  und  $f_{B/V, el}$ . Für Endenergie Wärme, also bei mit Brennstoffen und Fernwärme versorgten Gebäuden, ergibt sich ein Konfidenzintervall der Energiebilanz mit dem TEK-Tool von 1,08 bis 1,25 in der Berechnungseinstellung *obj-obj*, also eine moderate Überschätzung des Verbrauchs.

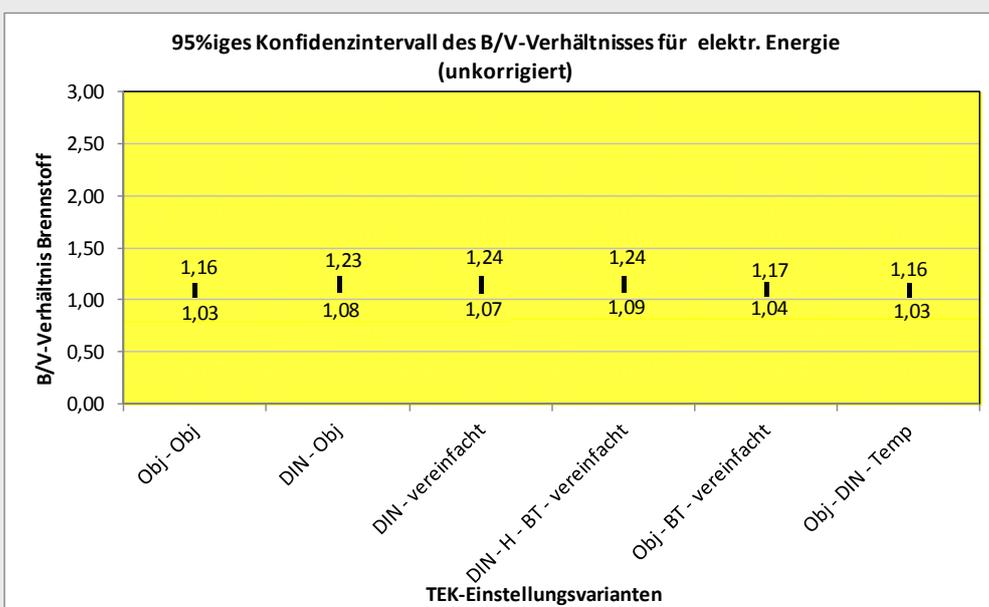
<sup>7</sup> in Anlehnung an Borst, J. & Schuster, C. (2010): Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler, 7. Auflage. Berlin, Springer Verlag, p.100

**Bild 3-31** Zusammengefasste Konfidenzintervalle von  $f_{B/V, fu}$  für die untersuchten TEK-Einstellungsvarianten (unkorrigierte Datenbasis)



Für elektrische Energie ist das Konfidenzintervall mit 1,03 bis 1,16 schmaler und liegt deutlich näher an der 1. Deutlich unschärfer ist erwartungsgemäß die Berechnungseinstellung DIN-vereinfacht mit Werten von 1,16 bis 1,78 für Endenergie Wärme. Bei elektrischer Energie ist der Einfluss der Berechnungseinstellungen geringer, mit Werten von 1,07 bis 1,24 spreizt sich das Intervall etwas und rückt etwas von der 1 weg, aber nicht so deutlich wie bei der Wärme.

**Bild 3-32** Zusammengefasste Konfidenzintervalle von  $f_{B/V, el}$  für die untersuchten TEK-Einstellungsvarianten (unkorrigierte Datenbasis)



Quelle: IWU eigene Darstellung

Für die um grobe Ausreißer korrigierte Datenbank ist in den Grafiken Bild 3-33 und Bild 3-34 ersichtlich, dass die Intervalle schrumpfen und näher an die 1 rücken. Insbesondere die objektspezifische Gebäudeein-

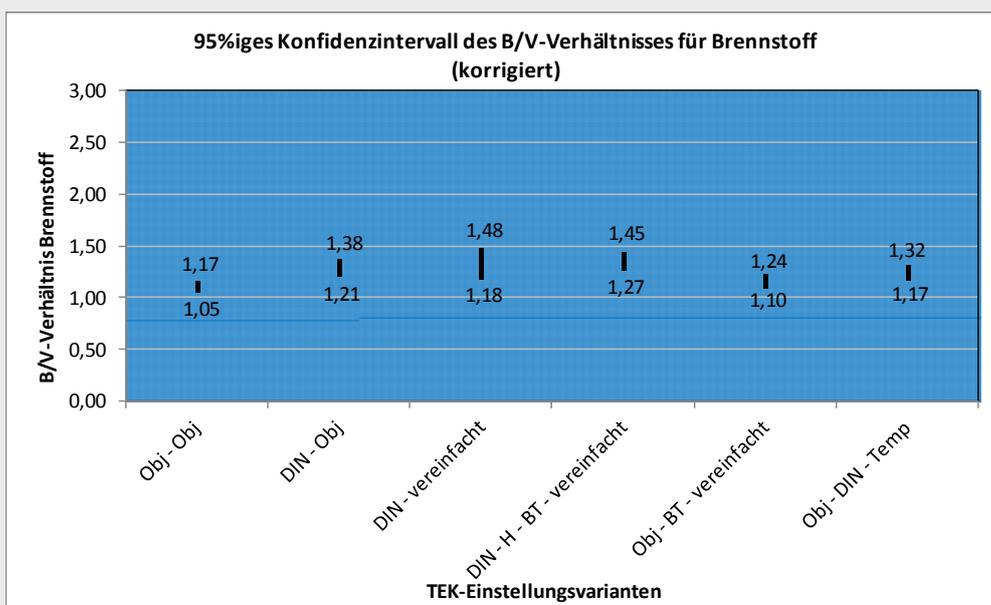


gabe des TEK-Tools scheint eine realitätsnahe energetische Bilanz mit Werten des Faktors  $f_{b/v}$  von 1,05 bis 1,17 für Endenergie Wärme, bzw. 1,03 bis 1,17% für elektrische Energie zu liefern.

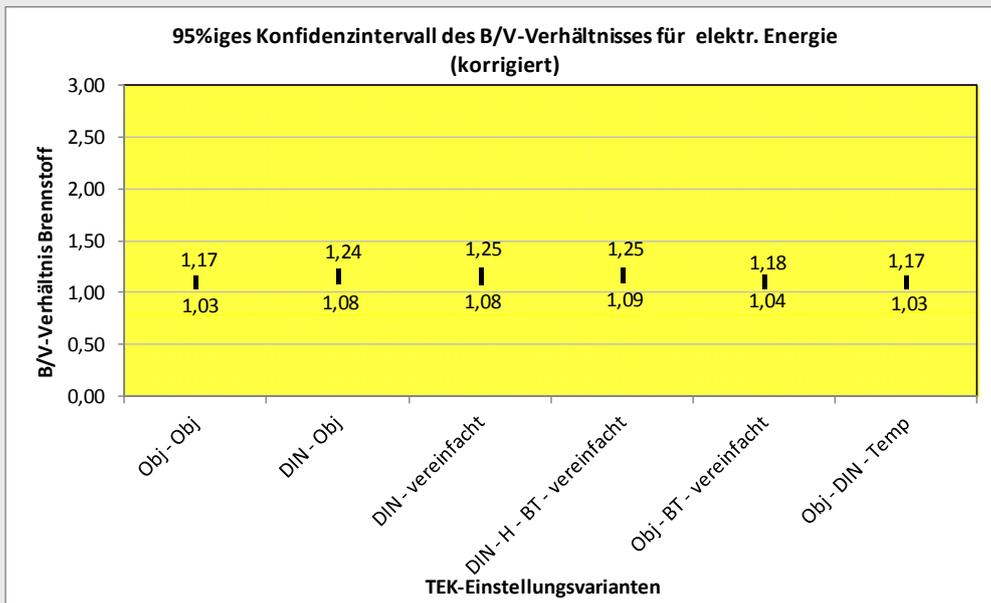
Eine präzisere Bilanzierung bei objektspezifischer Eingabe war zwar zu erwarten, die geringe Überschätzung im Mittelwert ist jedoch eine Bestätigung der Funktionalität des TEK-Tools. Wie in Kapitel 3.6 beschrieben, können solche eher systematischen Abweichungen der rechnerischen Ergebnisse von den Messwerten im statistischen Mittel über viele Gebäude durch Korrekturfaktoren ausgeglichen werden. Zu beachten ist, dass es sich hier um den statistischen Mittelwert handelt. Einzelbilanzierungen an konkreten Gebäuden können mehr oder weniger stark von diesem Abweichen.

Wie bereits erwähnt, stellt sich die Bilanzierung des Bedarfs an elektrischer Energie als sehr konstant über die verschiedenen Berechnungseinstellungen des TEK-Tools dar. Größere Schwankungen sind bei dem Brennstoffbedarf zu erkennen, was der Komplexität der physikalischen Zusammenhänge und Interaktionen der Wärmeströme im Gebäude, vor allem aber dem stärkeren Nutzereinfluss zuzuordnen ist. Es zeigt sich jedoch, dass insbesondere die objektspezifische Eingabe der nutzungsspezifischen Angaben, wie Nutzungszeiten der Zonen, interne Wärmequellen und Raumsolltemperaturen eine realitätsnähere Bilanzierung begünstigen.

**Bild 3-33** Zusammengefasste Konfidenzintervalle von  $f_{B/V, fu}$  für die untersuchten TEK-Einstellungsvarianten (korrigierte Datenbasis)



**Bild 3-34** Zusammengefasste Konfidenzintervalle von  $f_{B/V,el}$  für die untersuchten TEK-Einstellungsvarianten (korrigierte Datenbasis)



Quelle: IWU eigene Darstellung

## 3.6 Abgleich von Bedarf und Verbrauch für Brennstoff / Fernwärme

### 3.6.1 Einfluss der Gebäudeenergieeffizienz

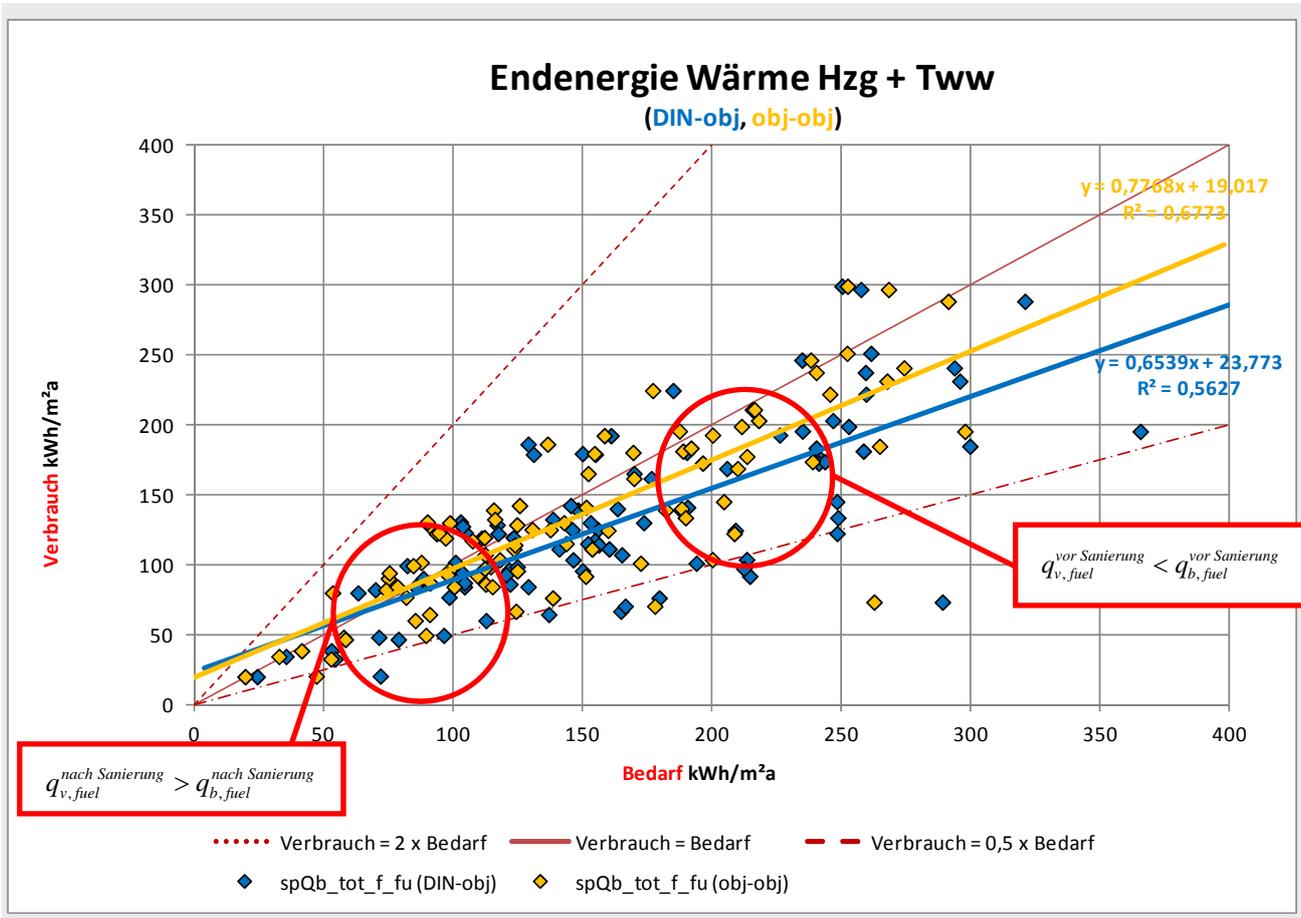
Gegenwärtig wird in der Öffentlichkeit ein Thema intensiv diskutiert, das in der Fachwelt schon lange bekannt ist: Der sogenannte Rebound-Effekt, neuerdings ergänzt durch den Prebound-Effekt bei der energetischen Modernisierung von Gebäuden, insbesondere bei Wohngebäuden. Kurz gesagt geht es um die Erkenntnis, dass die Ergebnisse der Berechnungen des Brennstoffbedarfs mit stationären Bilanzierungsverfahren insbesondere im Rahmen von Nachweisen mit standardisierten Nutzungsrandbedingungen in der Regel vom gemessenen Verbrauch deutlich abweichen. Dabei gibt es die Tendenz, dass bei älteren, noch nicht energetisch modernisierten Gebäuden der tatsächliche, gemessene Verbrauch niedriger ist als der berechnete Bedarf, d.h. das Verhältnis Bedarf zu Verbrauch  $f_{B/V} > 1$  ist. Bei modernen, bereits auf hohem Effizienzniveau errichteten oder bereits energetisch modernisierten Gebäuden beobachtet man eher das umgekehrte Ergebnis, d.h. dass der Verbrauch höher ist als der Bedarf oder  $f_{B/V} < 1$  ist. Daraus können sich zu hohe rechnerische Energieeinsparpotenziale bei einer Modernisierung ergeben.

Die TEK-DB wird deshalb auch daraufhin analysiert, ob dieser Effekt auch bei den Berechnungen des Energiebedarfs von Nichtwohngebäuden mit dem TEK-Tool beobachtet werden kann und welche Größen besonderen Einfluss haben? Das Phänomen wird in einer multiplen Regressionsanalyse untersucht, in der der spezifische Brennstoffverbrauch  $q_{v, fu}$  als die abhängige Variable und die wichtigsten Einflussgrößen als unabhängige Variablen betrachtet werden.

In diesem Zusammenhang wird auf die Erkenntnisse aus dem vorhergehenden Kap. 3.5.1 verwiesen, insbesondere auf den Einfluss z.B. der Raumtemperatur auf das Berechnungsergebnis bei objektspezifischer Eingabe im Vergleich zu den Standardannahmen nach DIN. Darüber hinaus gibt es für den Wohngebäudesektor umfangreiche Fachliteratur über die Faktoren, die Energiebilanzen beeinflussen, sowie über die Änderungen im Nutzerverhalten nach energetischen Modernisierungen.

In Bild 3-35 sind die gemessenen und bereinigten Verbräuche gegen die jeweils mit dem TEK-Tool berechneten Energiebedarfe für Endenergie Wärme aufgetragen. Der Energiebedarf - berechnet in der Einstellung DIN-obj (in blau dargestellt), also mit Standard-Nutzungsrandbedingungen hinsichtlich der Raumtemperaturen, der Personenbelegung und der Nutzungszeiten nach DIN sowie objektspezifischer Abbildung von Gebäudehülle und Anlagen - ist dabei das Maß für die Energieeffizienz der Gebäude und stellt die entscheidende unabhängige Variable im Sinne der statistischen Aussagen im Folgenden dar. Zum Vergleich sind die berechneten Energiebedarfe in der Berechnungseinstellung obj-obj (in orange dargestellt) angezeigt, also mit den in den Objekten erhobenen Nutzungsrandbedingungen. Der Verbrauch kann als die abhängige Variable betrachtet werden, die vom Effizienzstandard des Gebäudes – gemessen am spezifischen Bedarf – abhängt, aber eben nicht nur, auch das Nutzerverhalten und die Betriebsführung spielen eine Rolle. Dass der gemessene Verbrauch in linearem Zusammenhang zum Ergebnis einer stationären Bedarfsberechnung steht, wurde hier als Hypothese unterstellt.

**Bild 3-35** Darstellung des Verbrauchs über dem Bedarf der Gebäude aus der TEK-Datenbasis für Endenergie Wärme in der Berechnungseinstellung mit Standard-Nutzungsprofilen nach DIN V 18599 (DIN-obj) und objektspezifischen Nutzungsrandbedingungen (obj-obj)



Quelle: IWU-eigene Darstellung ([..\282\\_Gebäudeanalysen\Validierung\\_TEKs\20130822-165713\\_QSA\\_fBV-spezBedarf.xlsx\Rohtdaten obj-obj](#))

Die einfache lineare Regression des Verbrauchs auf den Bedarf in der Berechnungseinstellung TEK-DIN-obj (blaue Datenpunkte und Trendlinie in Bild 3-35) bestätigt die Erwartung eines positiven Zusammenhangs zwischen Bedarf und Verbrauch. Das Bestimmtheitsmaß liegt bei  $R^2 = 0,5627$ . Das bedeutet, dass 56% der Streuung durch die unabhängige Variable „Bedarf bei Standardnutzungsrandbedingungen“ erklärbar sind. Bei wenig energieeffizienten Gebäuden – also solche mit einem hohen Energiebedarf auf rechten Seite der x-Achse - übersteigt der berechnete Bedarf an Endenergie zur Bereitstellung von Heizwärme und Trinkwarmwasser den gemessenen Verbrauch deutlich:  $q_{v,fu} < q_{b,fu}$ . Bei den energieeffizienten Gebäuden – also solche mit einem niedrigen Energiebedarf auf der linken Seite der x-Achse - wird der Verbrauch dagegen tendenziell unterschätzt:  $q_{v,fu} > q_{b,fu}$ . Die lineare Trendlinie zeigt einen Offset des Verbrauchs bei verschwindendem Bedarf. Die Stichprobe lässt hier allerdings Interpretationsspielraum. Zumindest entspricht es der Erfahrung, dass Gebäude, die in einem standardisierten Nachweisverfahren einen sehr niedrigen rechnerischen Bedarf zeigen, im Mittel unter realen Betriebsbedingungen und bei realer Nutzung oft deutlich mehr Wärme und damit Brennstoff verbrauchen als erwartet.

Diese systematische Abweichung kann dazu führen, dass das rechnerisch ermittelte Einsparpotenzial  $\Delta q_{b,fu}$  bei einer energetischen Modernisierung das tatsächliche, aus Verbrauchsmessungen abgeleitete  $\Delta q_{v,fu}$  überschätzt:

**3-3** 
$$\Delta q_{b,fu} = q_{b,fu}^{vor Sanierung} - q_{b,fu}^{nach Sanierung} \gg \Delta q_{v,fu} = q_{v,fu}^{vor Sanierung} - q_{v,fu}^{nach Sanierung}$$



Dabei bezeichnet  $q_{b,fu}^{vor\ Sanierung}$  den spezifischen Endenergiebedarf Wärme vor und  $q_{b,fu}^{nach\ Sanierung}$  denjenigen nach der Modernisierung, für den Verbrauch respektive.

Durch die Berücksichtigung der tatsächlichen Nutzungsrandbedingungen in der Berechnungseinstellung TEK-obj-obj (orange Datenpunkte und Trendlinie in Bild 3-35) nähert sich der berechnete spezifische Energiebedarf dem Verbrauch an, die Trendlinie neigt sich mehr der Winkelhalbierenden zu, das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  steigt auf 67,7%.

### 3.6.2 Analyse weiterer Einflussfaktoren auf das Verhältnis von Bedarf und Verbrauch von Brennstoffen/Fernwärme in TEK

Offensichtlich greift der mit Standard-Nutzungsparametern berechnete Bedarf als einzige unabhängige Variable zur Erklärung der Abweichungen von Verbrauch und Bedarf für Brennstoff/Fernwärme zu kurz, denn die Punktwolke streut immer noch stark um die lineare Trendlinie. Abweichungen des Verbrauchs vom Bedarf werden hauptsächlich aufgrund von Nutzungsparametern erwartet, die von den in der Bedarfsberechnung angenommenen Standardwerten abweichen. Das sind z.B. die mittleren Raumtemperaturen, interne Wärmequellen und Nutzungszeiten aber auch der tatsächliche Luftwechsel in Bereichen mit Fensterlüftung. Deren Einfluss auf die Berechnung ist jeweils linear. Zusätzlich wird ein Einfluss der Gebäudekategorie vermutet, also ob es sich um ein Bürogebäude, ein Hotel oder z.B. ein Veranstaltungsgebäude handelt. Aber auch in den Berechnungen getroffene, idealisierte Annahmen zur Betriebsführung oder vereinfacht abgebildete physikalische Vorgänge des Wärmedurchgangs und anlagentechnischer Details könnten zu systematischen Abweichungen führen.

Zur genaueren Analyse der wichtigsten Einflussfaktoren wurde eine multiple lineare Regressionsanalyse durchgeführt. Der Logarithmus des spezifischen Brennstoff/Fernwärme-Verbrauchs  $q_{v,tot,f,fuel}$  wird als abhängige Variable mit Hilfe von folgenden unabhängigen Variablen geschätzt:

$$\begin{aligned}
 LOG_{10}(\hat{q}_{v,tot,f,fuel}) = & b_0 + b_1 \cdot Dummy(Hs,Vs) + b_2 \cdot Dummy(Hotel) + b_3 \cdot f_{WinVentArea} \\
 & + b_4 \cdot LOG_{10}(q_{B,tot,f,fuel}) + b_5 \cdot \Delta\vartheta_{Raum,Std-obj} + b_6 \cdot \Delta q_{intern,Std-obj} \\
 & + b_7 \cdot \Delta t_{Nutz,Std-obj}
 \end{aligned}$$

3-4

| Abhängige Variable               | Bezeichnung   |                |             |
|----------------------------------|---|----------------|-------------|
| $\hat{q}_{v,tot,f,fuel}$         | Schätzwert des spezifischen Brennstoff/Fernwärme-Verbrauchs   |                |             |
| Unabhängige Variablen            | Bezeichnung   | Koeffizienten* |             |
|                                  | Schnittpunkt  | b0             | 0,24050428  |
| Dummy (HS,VS)                    | Dummy-Variable für Gebäudekategorien Hochschule oder Veranstaltung  | b1             | -0,0817686  |
| Dummy (Hotel)                    | Dummy-Variable für Gebäudekategorie Hotel   | b2             | 0,05884029  |
| $f_{WinVentArea}$                | Anteil Fenster-belüfteter Fläche in %   | b3             | -0,0193141  |
| $LOG_{10}(q_{B,tot,f,fuel})$     | Logarithmierter Brennstoff/Fernwärme Bedarf, mit Standardnutzungsparametern berechnet in kWh/m <sup>2</sup> <sub>EBFa</sub> | b4             | 0,88194332  |
| $\Delta\vartheta_{Raum,Std-obj}$ | Differenz zwischen mittlerer Standard- und objektspezifisch ermittelter Raumtemperatur in °C                                | b5             | -0,04576358 |
| $\Delta q_{intern,Std-obj}$      | Differenz zwischen Standard und objektspezifisch ermittelten internen Wärmegewinnen   | b6             | 0,00109464  |
| $\Delta t_{Nutz,Std-obj}$        | Differenz zwischen Standard- und objektspezifisch ermittelter Nutzungszeit  | b7             | -4,5115E-05 |

\* Gemäß Regression13 in 20131203-101057\_QSA\_TEK-DB\_fBV-Abhängigkeiten\_DIN-obj.xlsx

Die 6 verschiedenen Gebäudekategorien werden über Dummy-Variablen abgebildet, also Variablen, die nur die Werte 0 oder 1 annehmen können. Nur für die Kategorien Hochschule/Veranstaltung und Hotel ergaben sich signifikante Unterschiede zur Referenz Büro/Schule/Handel.

Der Einfluss des tatsächlichen Luftwechsels bei Fensterlüftung ist ebenfalls ein wichtiger Parameter bei der Bedarfsberechnung. Gemeinhin wird beobachtet, dass die Annahme, bei Fensterlüftung würden die hygienisch notwendigen Mindestluftwechsel erreicht, zu einer deutlichen Überschätzung des tatsächlichen Luftwechsels und damit zu hohen Energiebedarfen führt. Da dieser Parameter nur schwer vor Ort ermittelt werden kann, wurde die Variable  $f_{WinVentArea}$ , der Anteil derjenigen Fläche an der beheizten Fläche, der nicht mechanisch belüftet ist, ausgewertet.

Der Analyse liegen 91 Beobachtungen, 7 unabhängige Variablen und damit 84 Freiheitsgrade zugrunde. Das adjustierte Bestimmtheitsmaß  $R^2_{adj} = 0,759$  zeigt, dass nahezu vier Fünftel der Streuung durch das Regressionsmodell erklärt werden können. Das ergänzt die Beobachtung aus Bild 3-35 um die quantifizierbare Erkenntnis, dass die Übereinstimmung von Bedarf und Verbrauch durch die objektspezifische Berücksichtigung von Nutzungsparametern verbessert wird. Die Bedeutung der einzelnen Parameter wird klarer.

**Bild 3-36** Parameter der Regressionsanalyse

| AUSGABE: ZUSAMMENFASSUNG          |                            |                           |                                   |                      |                   |                  |
|-----------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------------|------------------|
| <i>Regressions-Statistik</i>      |                            |                           |                                   |                      |                   |                  |
| Multipler Korrelationskoeffizient | 0,881839788                |                           |                                   |                      |                   |                  |
| Bestimmtheitsmaß                  | 0,777641412                |                           |                                   |                      |                   |                  |
| Adjustiertes Bestimmtheitsmaß     | 0,75911153                 |                           |                                   |                      |                   |                  |
| Standardfehler                    | 0,107915033                |                           |                                   |                      |                   |                  |
| Beobachtungen                     | 92                         |                           |                                   |                      |                   |                  |
| <i>ANOVA</i>                      |                            |                           |                                   |                      |                   |                  |
|                                   | <i>Freiheitsgrade (df)</i> | <i>Quadratsummen (SS)</i> | <i>Mittlere Quadratsumme (MS)</i> | <i>Prüfgröße (F)</i> | <i>F krit</i>     |                  |
| Regression                        | 7                          | 3,421122718               | 0,48873182                        | 41,9668834           | 7,7837E-25        |                  |
| Residue                           | 84                         | 0,978234963               | 0,01164565                        |                      |                   |                  |
| Gesamt                            | 91                         | 4,39935768                |                                   |                      |                   |                  |
|                                   | <i>Koeffizienten</i>       | <i>Standardfehler</i>     | <i>t-Statistik</i>                | <i>P-Wert</i>        | <i>Untere 95%</i> | <i>Obere 95%</i> |
| Schnittpunkt                      | 0,240504282                | 0,127352817               | 1,88848813                        | 0,06241205           | -0,01275076       | 0,49375932       |
| Dummy-HS-VS                       | -0,081768598               | 0,028969229               | <b>-2,82260183</b>                | 0,00594553           | -0,13937708       | -0,02416011      |
| Dummy-Hotel                       | 0,058840289                | 0,044881333               | 1,3110192                         | 0,19342401           | -0,03041116       | 0,14809174       |
| Anteil_WinVent_Area               | -0,019314104               | 0,041186803               | -0,46893913                       | 0,64032794           | -0,10121858       | 0,06259037       |
| LOG spQb_tot_f_fu                 | 0,881943321                | 0,062552353               | <b>14,0992829</b>                 | 7,4334E-24           | 0,75755111        | 1,00633553       |
| d-Temp-std-obj                    | -0,04576358                | 0,010504864               | <b>-4,35641835</b>                | 3,7161E-05           | -0,06665365       | -0,02487351      |
| delta-b-p-fac-std-obj             | 0,001094639                | 0,000382394               | <b>2,86259568</b>                 | 0,00530345           | 0,00033421        | 0,00185507       |
| delta_b_time_h_a_std-obj          | -4,51146E-05               | 1,65731E-05               | <b>-2,72215541</b>                | 0,00788472           | -7,8072E-05       | -1,2157E-05      |

Der F-Test im 95%-Signifikanzniveau zeigt, dass der durch die Regressionsfunktion postulierte Zusammenhang signifikant ist. Der t-Test (Signifikanzniveau 5%) bestätigt die Signifikanz der Variablen Dummy(Hs,Vs),  $\text{LOG}_{10}(q_{B,tot,f,fuel})$ ,  $\Delta\theta_{Raum,Std-obj}$ ,  $\Delta q_{intern,Std-obj}$  und  $\Delta t_{Nutz,Std-obj}$ . Der Schnittpunkt, die Variablen Dummy-Hotel und  $f_{WinVentArea}$  sind nicht signifikant. Dieses Ergebnis des t-Tests mag allerdings eher der geringen Zahl an Beobachtungen geschuldet sein bzw. auch der Korrelation mit der Variablen  $q_{B,tot,f,fuel}$ . Denn tatsächlich sollten die mit der Fensterlüftung verbundenen Lüftungswärmeverluste eine wichtige Rolle bei der Überschätzung des Bedarfs spielen (vgl. Kap. 3.6.3).



Die Regression auf den Logarithmus des spezifischen Verbrauchs als abhängige Variable ist der Tatsache geschuldet, dass im Regressionsmodell mit dem Verbrauch Heteroskedastizität vorliegt<sup>8</sup>. Durch die multiple lineare Regression des logarithmierten Verbrauchs auf die logarithmierte abhängige Variable Bedarf bei Standardnutzungsrandbedingungen ergibt sich eine Residuenverteilung, die im Goldfeld-Quandt-Test das Kriterium der Homoskedastizität erfüllt.

### 3.6.3 Einfluss der unabhängigen Variablen auf den Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich mit dem TEK-Tool

Neben dem rechnerischen Bedarf mit Standard-Nutzungsrandbedingungen  $q_{b,tot,f, fu}$  zeigt die multiple Regression noch andere unabhängige Variable mit signifikantem Einfluss: In Bild 3-37 bis Bild 3-40 sind jeweils die Abweichungen für die mittlere Raumtemperatur  $\Delta\vartheta_{Raum,Std-obj}$ , die mittleren internen Wärmequellen  $\Delta q_{intern,Std-obj}$  und mittlere Nutzungszeit  $\Delta t_{Nutz,Std-obj}$  sowie den Anteil Fenster-belüfteter Fläche als Maß für den Luftwechsel in Zonen mit Fensterlüftung der in der Feldphase objektspezifisch ermittelten Werte gegenüber den Werten der Standard-Nutzungsprofile angegeben. Bei  $\Delta t_{Nutz,Std-obj} = 0$  stimmt also die Standard-Nutzungszeit mit der im Objekt ermittelten überein. Die Werte unterscheiden nicht nach verschiedenen Gebäudekategorien, diese wird als Dummy-Variable in der Regression berücksichtigt.

**Bild 3-37 Abweichungen der objektspezifisch ermittelten Raumtemperatur von der Standard-Raumtemperatur**

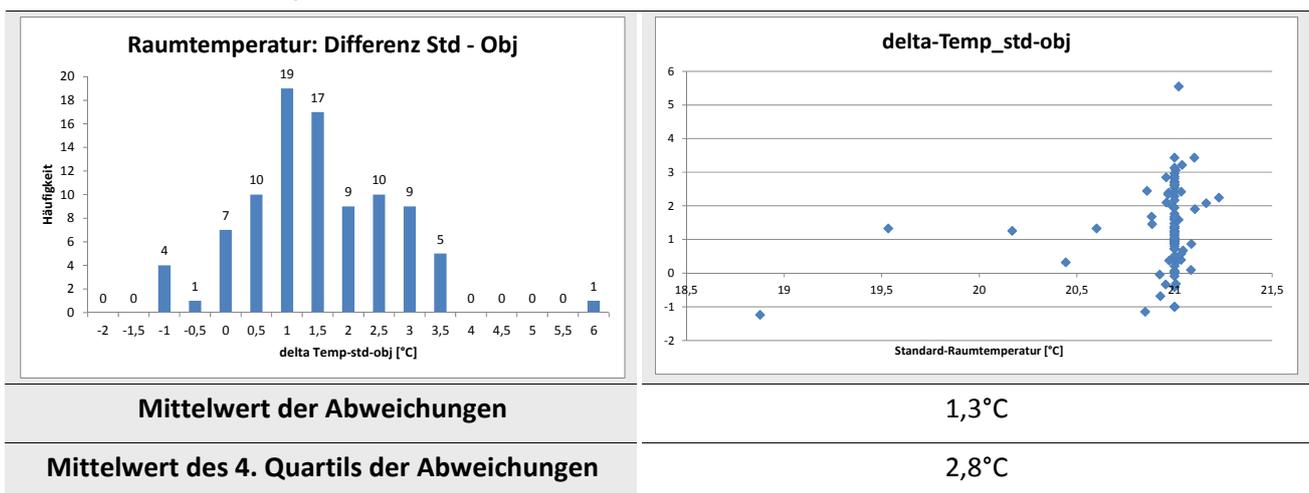
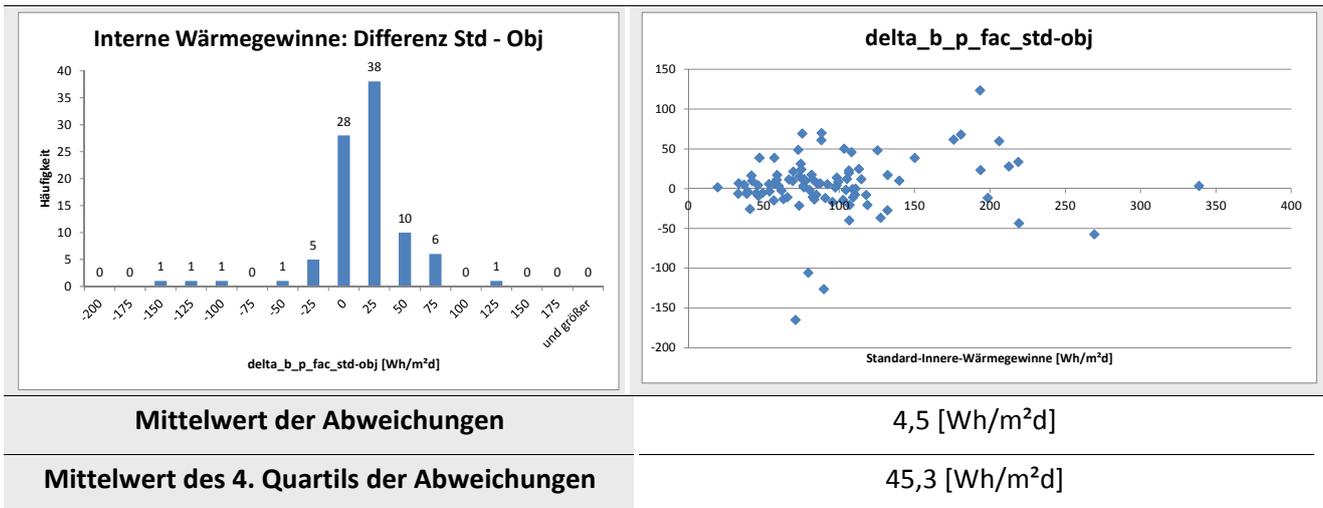


Bild 3-37 links zeigt, dass die objektspezifisch ermittelten, mittleren Raumtemperaturen in Nichtwohngebäuden häufig 1°C bis 1,5°C, manchmal bis zu 3,5°C unter den Standardangaben liegen. Meist werden für die in Nichtwohngebäuden vorkommenden Nutzungsprofile mittlere Standard-Raumtemperaturen von 21°C (Bild rechts) angenommen.

Die internen Wärmegewinne werden mit Standardannahmen in der Tendenz leicht überschätzt, wie Bild 3-38 zeigt. In den Bedarfsberechnungen würde das den überschätzten Raumtemperaturen etwas entgegenwirken. Für einzelne Gebäude gibt es Abweichungen auch nach unten.

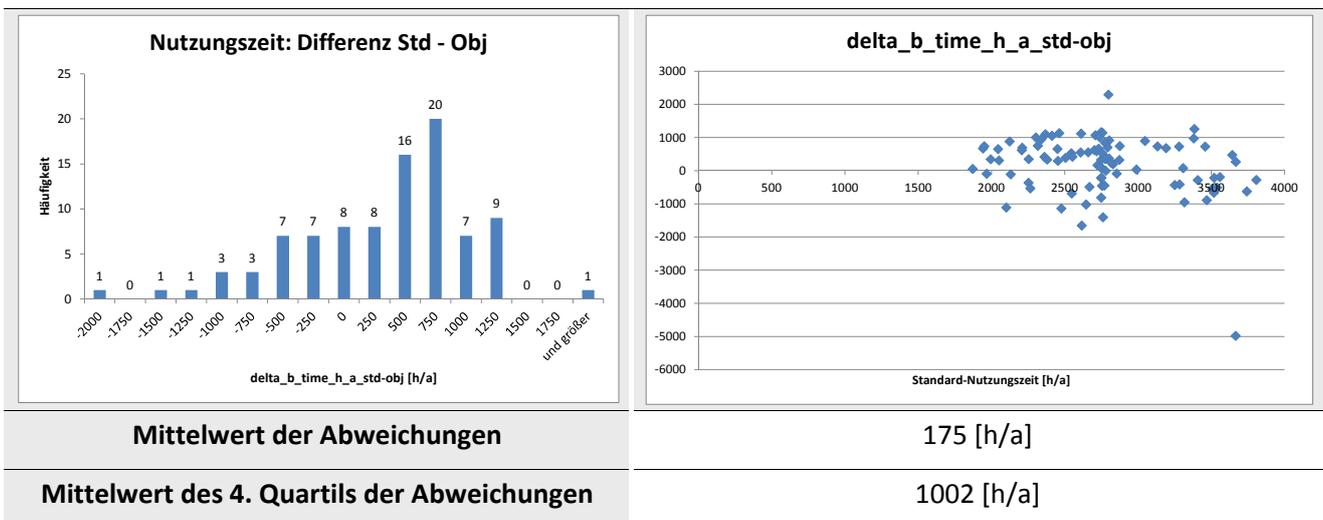
<sup>8</sup> Heteroskedastizität liegt nach ([BEPW 2006], Multivariate Analysemethoden - Eine anwendungsorientierte Einführung), S. 85 vor, wenn „die Streuung der Residuen in einer Reihe von Werten der geschätzten abhängigen Variablen nicht konstant ist. [...] die Störgröße darf [aber] nicht von den unabhängigen Variablen und von der Reihenfolge der Beobachtungen abhängig sein.“ Und S. 86: „Heteroskedastizität führt zu Ineffizienz in der Schätzung und verfälscht den Standardfehler des Regressionskoeffizienten. Damit wird auch die Schätzung des Konfidenzintervalls ungenau.“

**Bild 3-38 Abweichungen der objektspezifisch ermittelten internen Wärmegewinne vom Standard**



Die objektspezifischen Nutzungszeiten exakt zu ermitteln, ist in der Regel einfach. Sie können den rechnerisch ermittelten Energiebedarf deutlich beeinflussen, sowohl nach oben als auch nach unten. Die in Bild 3-39 dargestellten Differenzen wurden in den Gebäuden in der Feldphase erhoben, häufig wurden für die Objekte – teils erheblich - kürzere Nutzungszeiten ermittelt als im Standard angenommen. Nicht dokumentiert wurde allerdings, ob nur die eigentlichen Nutzungszeiten oder auch Randzeiten für Putzen etc. eingerechnet wurden.

**Bild 3-39 Abweichungen der objektspezifisch ermittelten Nutzungszeit von der Standard-Nutzungszeit**

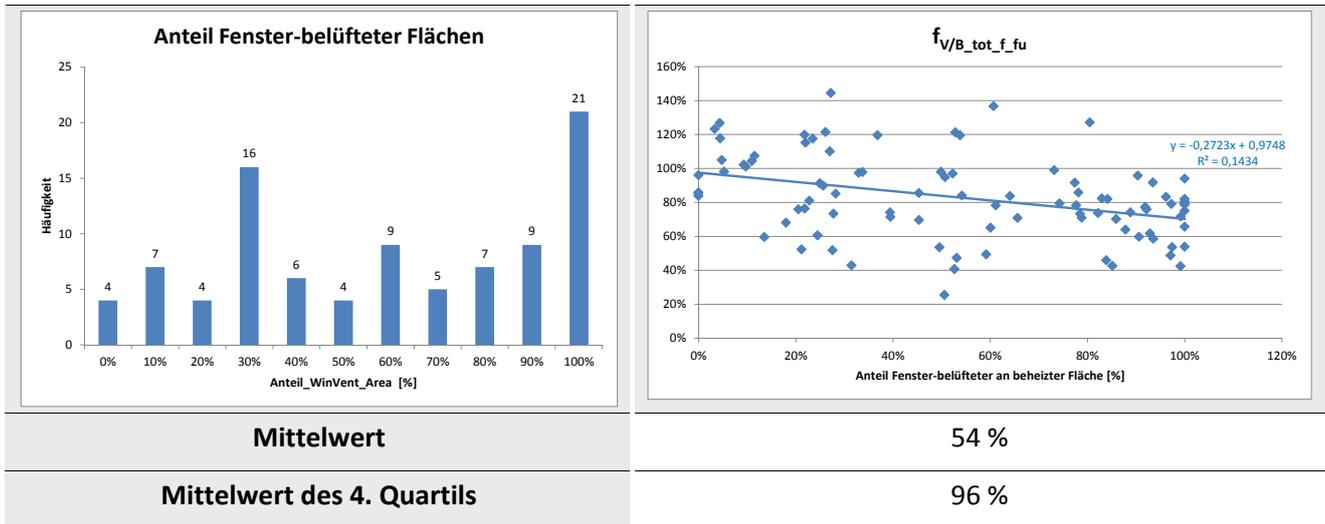


Die Lüftungswärmeverluste durch Fensterlüftung in TEK bzw. EnerCalc werden nach dem Verfahren der DIN V 18599-2:2007-02 berechnet. Dabei wird angenommen, dass der hygienisch notwendige Außenluftwechsel durch Fensterlüftung während der gesamten Nutzungszeit einer Zone sichergestellt wird mit einem Grundluftwechsel von  $0,1 \text{ h}^{-1}$ , der immer angesetzt wird. In der Praxis wird aber die Fensterlüftung oft nicht so genutzt, dass der hygienisch notwendige Luftwechsel erreicht wird. Die Fenster werden in aller Regel manuell geöffnet und bleiben je nach Nutzergewohnheit unterschiedlich lange offen. Diese Öffnungszeiten zusammen mit Wind- und Temperatureinflüssen führen zu unterschiedlichen Luftwechseln. In den Bedarfsberechnungen wird angenommen, dass Fensterlüftung zu den hygienisch notwendigen Mindestluftwechseln führt. Bei Datenerhebungen vor Ort entsteht aber oft der Eindruck, dass das nicht der Fall ist, sondern eher weniger gelüftet wird als eigentlich erforderlich, weil Zugserscheinungen und starke Auskühlung in

Fensterhöhe zu unbehaglichen Zuständen führen. Es ist auch zu vermuten, dass dies insbesondere in Räumen mit hoher Personenbelegungsdichte gilt, z.B. in Versammlungsstätten.

Da der tatsächliche, mittlere Luftwechsel bei Fensterlüftung nicht erfasst wird, wird als Maß für den Einfluss der Fensterlüftung der Anteil der über Fenster belüfteten Fläche an der beheizten Fläche als unabhängige Variable genutzt.

**Bild 3-40 Anteil Fenster-belüfteter Flächen an den beheizten Flächen und deren Einfluss auf den Faktor  $f_{V/B}$  (Verhältnis von Verbrauch zu Bedarf)**



Die in der Feldphase analysierten Gebäude zeigen unterschiedlichste Anteile von Fenster-belüfteten Flächen, von 0% etwa in einem Passivhaus bis zu 100% wenn keine Lüftungsanlage im Gebäude ist (vgl. Bild 3-40 links). Trägt man den Faktor Verbrauch zu Bedarf,  $f_{V/B,tot,f, fu}$ , über dem Anteil der Fenster-belüfteten Fläche  $f_{WinVentArea}$  auf, wie in Bild 3-40 rechts, dann zeigt die lineare Trendlinie eine Tendenz, die die oben geäußerte Vermutung stützt. Für ein Gebäude mit 0% Anteil Fenster-belüfteter Fläche, also einem komplett mechanisch belüfteten Gebäude, zeigt die Trendlinie einen Faktor  $f_{V/B,tot,f, fu} \approx 1$ , Bedarf und Verbrauch stimmen im Mittel über viele Gebäude überein. Bei 100% Anteil Fenster-belüfteter Fläche geht der Faktor auf etwa  $f_{V/B,tot,f, fu} \approx 0,7$  zurück, der Bedarf wird gegenüber dem Verbrauch deutlich überschätzt. Das stimmt mit dem Befund aus den vielen Gebäudebegehungen im TEK-Projekt und ähnlichen Untersuchungen in Wohngebäuden überein.

Allerdings ist die Streuung der Punktwolke erheblich, die lineare Trendlinie erklärt mit einem Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,14$  nur einen geringen Teil davon.

### 3.6.4 Darstellung der Ergebnisse der multiplen Regression für Brennstoff / Fernwärme

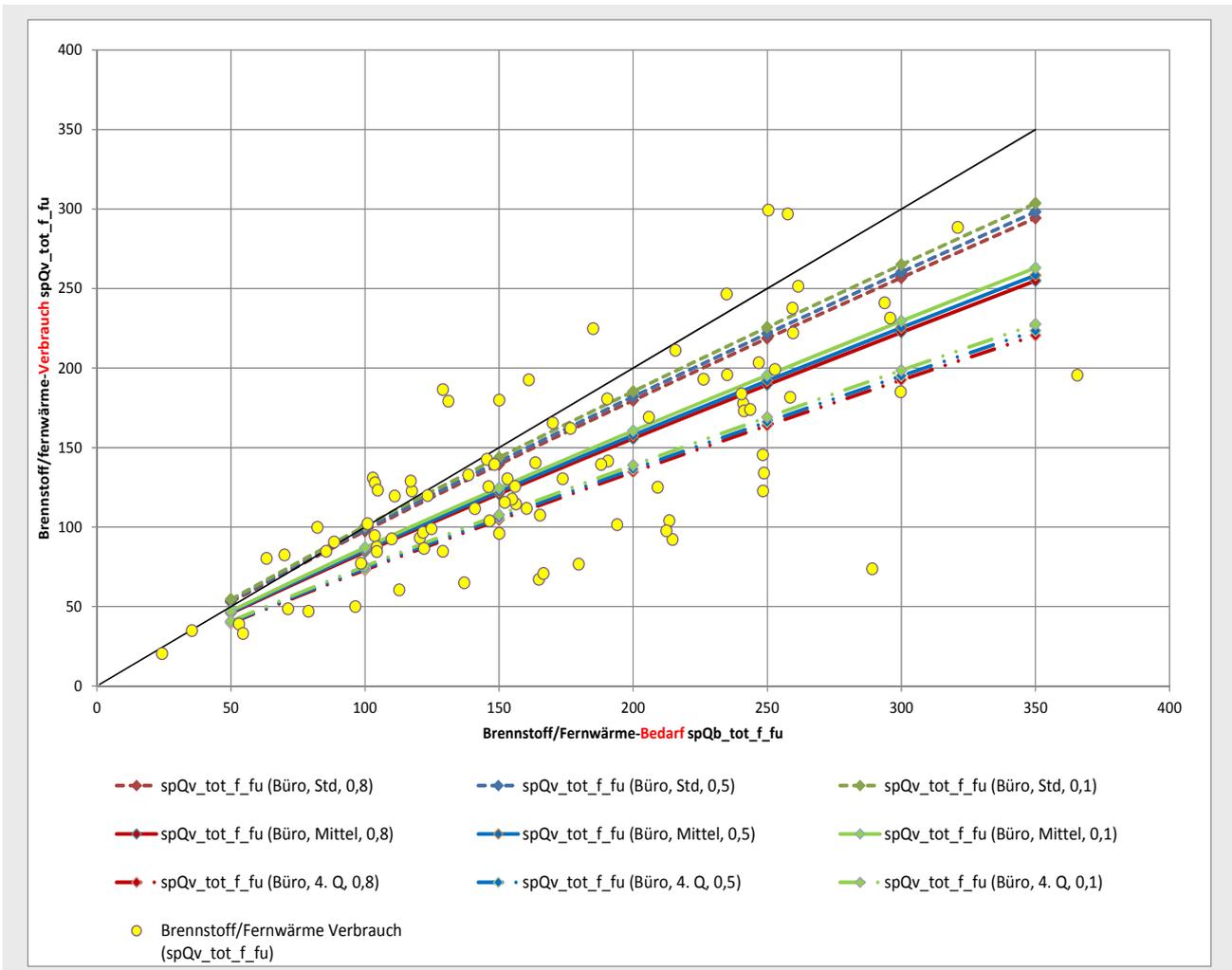
Die Regressionsgleichung  $H_1 : \mu < \mu_1 ; \mu_1 = 13-4$  erlaubt die Berechnung eines Schätzwertes für den Verbrauch von Brennstoff/Fernwärme aufgrund einer Bedarfsberechnung und der Spezifikation der weiteren unabhängigen Variablen. Für ein konkretes Gebäude werden dazu eine Bedarfsberechnung mit Standardnutzungsparametern durchgeführt und die Werte der unabhängigen Variablen für das Gebäude ermittelt. Das sind entweder die Dummy-Variablen für die Gebäudekategorie, die je nach Kategorie die Werte 0 oder 1 annehmen können, oder Werte, die die Abweichung wichtiger Nutzungsparameter von den Standardwerten angeben, bzw. der Anteil an Fenster-belüfteter Fläche.

In den folgenden Grafiken sind ausgewählte Ergebnisse solcher Schätzungen für Brennstoff/Fernwärme vor dem Hintergrund der tatsächlichen Verbrauchswerte dargestellt.

Bild 3-41 zeigt für die Kategorie Bürogebäude den Zusammenhang von Verbrauch und Bedarf aus den TEK-Berechnungen als gelbe Punktwolke. Die Schätzwerte des Verbrauchs, die sich aus der Regressionsgleichung

chungen 3-4 für verschiedene Parametrierungen ergeben, sind als grüne, blaue und rote Linien in Abhängigkeit der unabhängigen Variablen Energiebedarf dargestellt.

**Bild 3-41 Darstellung des Zusammenhangs von Verbrauch und Bedarf gemäß der Regressionsgleichung 3-4 für die Kategorie Bürogebäude und verschiedene Ausprägungen der Nutzungsrandbedingungen – Standard (Std), Mittelwert der Abweichung (Mittel), Mittelwert des 4. Quartils (4.Q) der Abweichung - und Anteile Fenster-belüfteter Flächen (80%, 50%, 10%)**



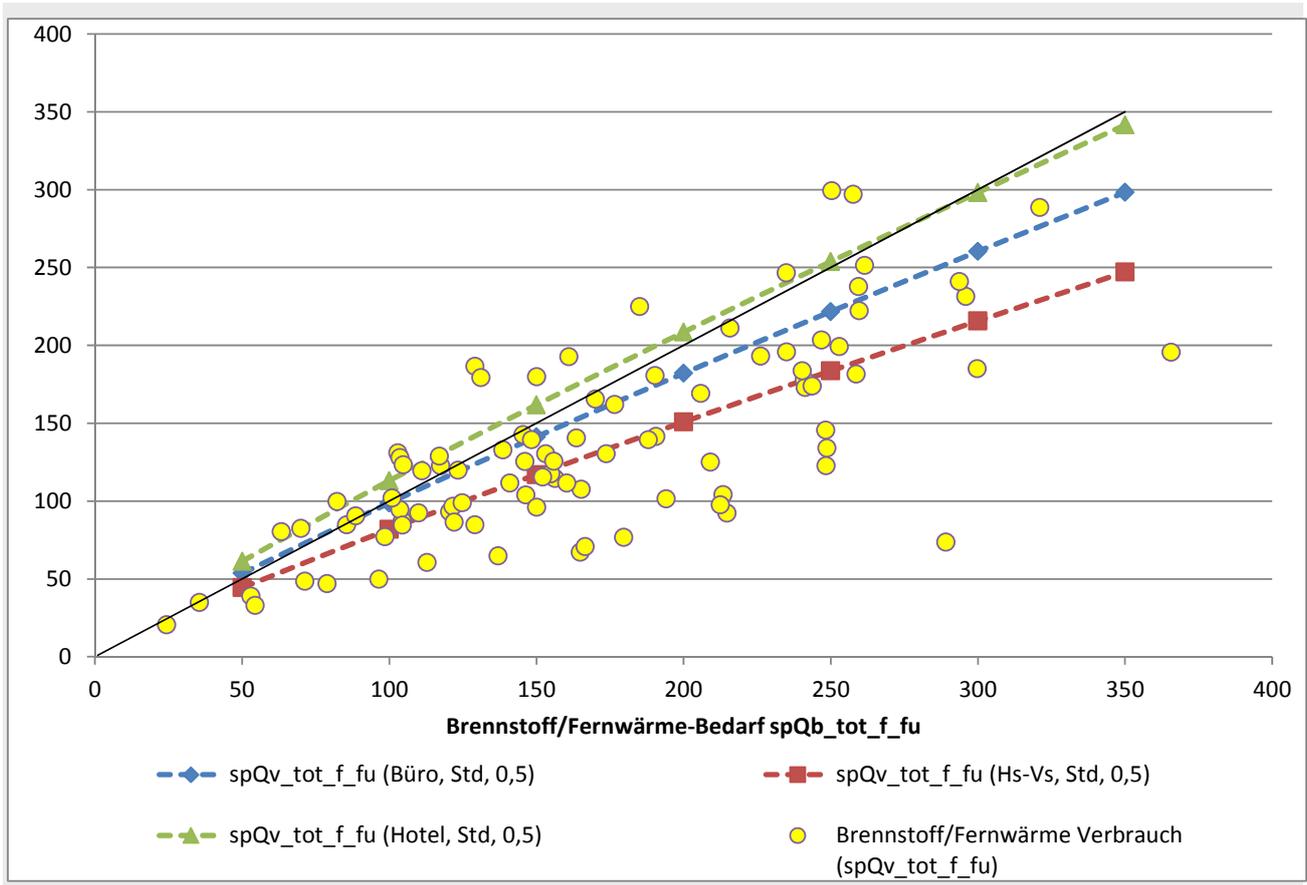
Die Variationen der Werte der Variablen, die den Verbrauchsschätzungen der Regression zugrunde liegen, angefangen von einer Bedarfsberechnung mit dem TEK-Tool mit Standardnutzungsparametern, über die Variation der Nutzungsparameter – ausgehend von Standardwerten nach DIN V 18599 (Std) über die Mittelwerte der festgestellten Abweichungen bei der objektspezifischen Ermittlung (Mittel) bis zum Mittelwert des vierten Quartils der Abweichungen (4.Q) – bei gleichzeitiger Variation des Anteils Fenster-belüfteter Fläche (von 0,8 über 0,5 bis 0,1) decken einen erheblichen Teil der Punktwolke ab. Ein großer Teil der Streuung der Punktwolke und der Abweichung der Trends von der Winkelhalbierenden kann also anhand der Nutzungsparameter erklärt werden. Dabei zeigt die Trendlinie „Std“ an, wo die Berechnungsergebnisse liegen müssten, wenn die Standard-Nutzungsparameter der tatsächlichen Nutzung entsprechen würden. Die Trendlinie rückt dann nahe an die Winkelhalbierende heran. Für vom Standard abweichende Nutzungsparameter können aus der Regressionsanalyse Korrekturfaktoren für den Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich über viele Gebäude, z.B. in einem Gebäudeportfolio, abgeleitet werden.

Offenbar haben auch die Gebäudekategorien einen deutlichen Einfluss auf das Verhältnis von Bedarf und Verbrauch, wie Bild 3-42 anhand der Schätzwerte des Verbrauchs für Standardnutzungsbedingungen und 50% Anteil Fenster-belüfteter Fläche zeigt. Vermutlich ist die Wahl der Standardnutzungsparameter unter-



schiedlich gut an die durchschnittlichen objektspezifischen Gegebenheiten angepasst. So wird für Hotels eine recht gute Übereinstimmung von Bedarf und Verbrauch mit Standardnutzungsparametern beobachtet, während Hochschul- und Veranstaltungsgebäude deutlich abweichen.

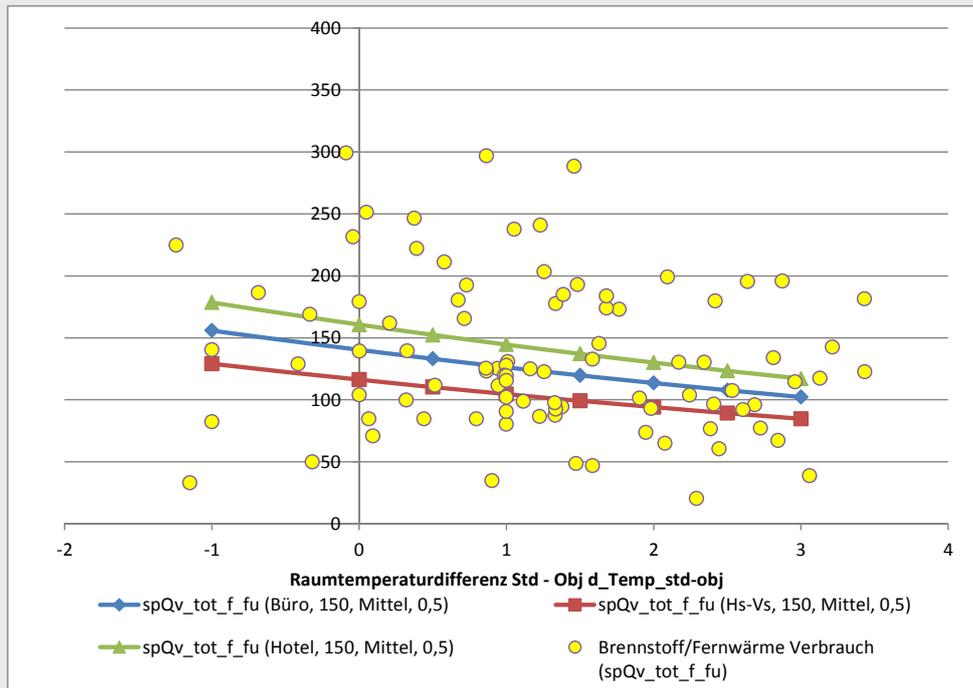
**Bild 3-42 Darstellung des Zusammenhangs von Verbrauch und Bedarf für Brennstoff/Fernwärme gemäß der Regressionsgleichung 3-4 für verschiedene Gebäudekategorien - Büro/Schule/Handel (Büro), Hotel, Hochschule/Veranstaltung (Hs-Vs) - mit Standardwerten der Nutzungsbedingungen und 50% Anteil Fenster-belüfteter Fläche**



Alle Trendlinien haben die Eigenschaft, dass ihre Steigung flacher als die Winkelhalbierende ist. Das bedeutet, dass bei steigendem Bedarf dessen Abweichung vom Verbrauch linear ansteigt. Bei ineffizienten Gebäuden überschätzt der Bedarf den Verbrauch in der Regel deutlich, während die Tendenz bei den effizienten Gebäuden eher eine Unterschätzung des Verbrauchs anzeigt. Allerdings ist die Anzahl der Beobachtungen mit Brennstoffenergiebedarfen um  $50 \text{ kWh/m}^2_{EBFA}$  zu gering, um in diesem Bereich der hocheffizienten Gebäude ein abschließendes Urteil fällen zu können.

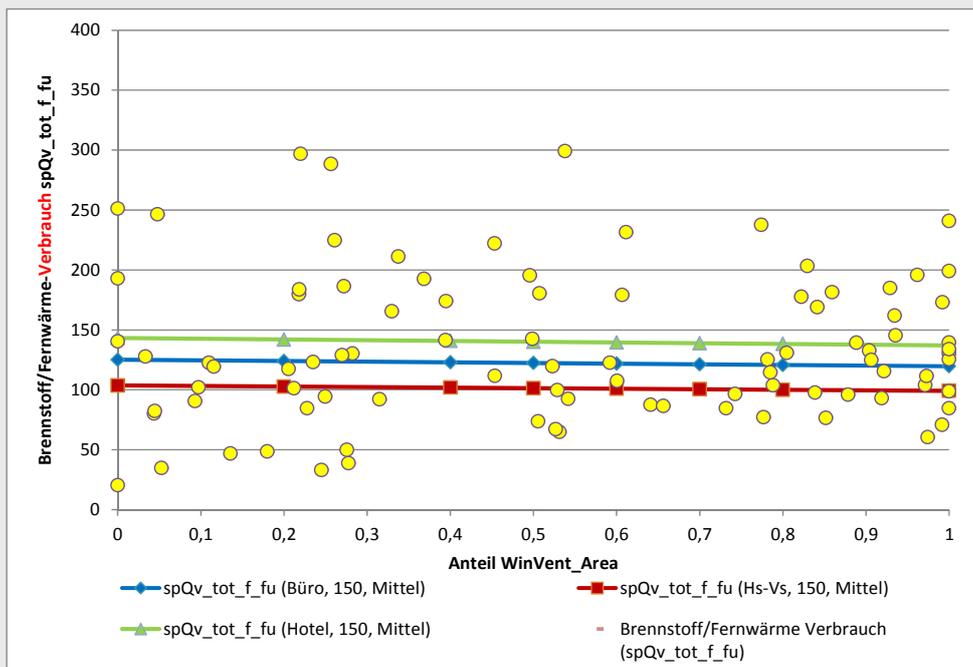
Die Abhängigkeit des Schätzwertes des Verbrauchs von der Raumtemperaturdifferenz zwischen Standard- und objektspezifischen Annahmen zeigen die grüne, blaue und rote Trendlinie in Bild 3-43 für die verschiedenen Gebäudekategorien. Im Hintergrund sind wieder die gemessenen Verbrauchswerte als gelbe Punktwolke dargestellt. Über die Bandbreite der beobachteten Abweichungen der tatsächlichen Raumtemperaturen vom Standard ist ein deutlicher Einfluss feststellbar. Häufig liegen die Raumtemperaturen der Standardnutzungsprofile höher als die tatsächlich beobachteten Werte. Die Gebäudekategorie spielt dabei zwar eine Rolle, aber nur was das Niveau der Trendlinie; angeht nicht aber hinsichtlich der Tendenz, die für alle Kategorien ähnlich verläuft.

**Bild 3-43** Einfluss der Raumtemperatur auf den Verbrauch (gelbe Punkte) und den Schätzwert des Verbrauchs (grüne, blaue und rote Linien)



Dagegen zeigt der Anteil der Fenster-belüfteten an der beheizten Fläche  $f_{WinVentArea}$  in der multiplen Regression nur einen sehr geringen Einfluss auf den Schätzwert des Verbrauchs, die Trendlinien in Bild 3-44 verlaufen nahezu waagrecht. Dabei spielt es sicher eine Rolle, dass die Variablen Brennstoffenergiebedarf  $q_{b,tot,f, fu}$  und der Anteil Fenster-belüfteter Fläche  $f_{WinVentArea}$  eine gewisse Korrelation haben mit einem Korrelationskoeffizienten  $KOR_e(q_{b,tot,f, fu}, f_{WinVentArea}) = 0,28$ .

**Bild 3-44** Einfluss des Anteils Fenster-belüfteter Flächen an der beheizten Fläche auf den Verbrauch (gelbe Punkte) und den Schätzwert des Verbrauchs (grüne, blaue und rote Linien)





### 3.6.5 Korrekturfaktoren für den Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich bei Brennstoff / Fernwärme

Die Berechnung des Endenergiebedarfs Wärme mit dem TEK-Tool und den Standard-Nutzungsparametern nach DIN V 18599 erlaubt eine schnelle Bewertung der energetischen Qualität eines Gebäudes. Es zeigt sich aber aus den Analysen der vorhergehenden Kapitel, dass die so berechneten Bedarfswerte systematisch von den gemessenen Verbrauchswerten abweichen. Ein wesentlicher Grund liegt vermutlich in den tatsächlichen Nutzungsbedingungen, die von den Standards abweichen und zwar nicht nur dergestalt, dass deren Werte einfach höher oder niedriger liegen als die Standardwerte, sondern dass die Abweichung auch abhängig ist vom energetischen Standard. Bei Wohngebäuden konnten Hinweise messtechnisch belegt werden, dass z.B. die mittleren Raumtemperaturen von der energetischen Qualität der Gebäude abhängig sind ([IWU 2003]). Intuitiv ist klar, dass mittlere Raumtemperaturen in Gebäuden mit schlechten Energiestandards und damit verbunden möglicherweise hohen Energiekosten tendenziell niedriger sein werden, als der Standard annimmt. Für andere Nutzungsparameter ist die Datenlage aber nach wie vor unzureichend und für Nichtwohngebäude gibt es gar keine belastbaren Untersuchungen. Dazu kommen Unsicherheiten bei der Einschätzung der energetischen Qualität von Bauteilen und technischen Anlagen. So haben sich Vorschriften zur Berechnung von Wärmedurchgangskoeffizienten über die Jahrzehnte durchaus geändert, so dass Angaben in alten bestandsunterlagen genau auf Gültigkeit geprüft werden müssten.

Es gibt also viele Unsicherheiten bei der Berechnung einzelner Bilanzanteile. Für TEK gilt deshalb die Grundregel, dass belastbare Berechnungsergebnisse eine Datenaufnahme vor Ort durch einen erfahrenen Energieberater voraussetzen, sowohl bei den Bauteilkennwerten, den Effizienzparametern der technischen Anlagen als auch bei den Nutzungsparametern. Dennoch bleiben, auch wenn alle Nutzungsparameter objektspezifisch gesetzt wurden, insbesondere bei vereinfachten, statischen Bilanzverfahren systematische Abweichungen zwischen Bedarf und Verbrauch.

Aus der Regressionsanalyse der Ergebnisse der Feldphase des TEK-Projekts können dazu Korrekturfunktionen abgeleitet werden, die die Einflüsse des Berechnungsverfahrens und der sieben unabhängigen Variablen berücksichtigen. Damit kann ausgehend von einer mit dem TEK-Tool durchgeführten Berechnung des Bedarfs  $q_{B,tot,f,fuel,Std}$  mit Standardnutzungsparametern und unter Berücksichtigung der Gebäudekategorie, der Abweichung wichtiger Nutzungsparameter vom Standard und des Anteils der Fenster-belüfteten Fläche ein Schätzwert für den Verbrauch bestimmt werden:

$$\hat{q}_{v,tot,f,fuel} = f_{V/B} \cdot q_{B,tot,f,fuel,Std}$$

3-5 mit der Korrekturfunktion

$$f_{V/B} \left( Dummy(Hs, Vs; Hotel), f_{WinVentArea}, \Delta \vartheta_{Raum,Std-obj}, \Delta q_{int ern,Std-obj}, \Delta t_{Nutz,Std-obj}, q_{B,tot,f,fuel} \right)$$

Die Korrekturfunktion ergibt sich aus den Gln. 3-4 und 3-5 als Potenzfunktion

3-6

$$\begin{aligned} f_{V/B} &= \frac{\hat{q}_{v,tot,f,fuel}}{q_{b,tot,f,fuel,Std}} = \frac{10^{\text{Log}_{10} \hat{q}_{v,tot,f,fuel}}}{q_{b,tot,f,fuel,Std}} \\ &= q_{b,tot,f,fuel,Std}^{b_4-1} \cdot 10^{b_0+b_1 Dummy(Hs, Vs)+b_2 Dummy(Hotel)+b_3 f_{WinVentArea}+b_5 \Delta \vartheta_{Raum,Std-obj}+b_6 \Delta q_{int ern,Std-obj}+b_7 \Delta t_{Nutz,Std-obj}} \\ &= q_{b,tot,f,fuel,Std}^{b_4-1} \cdot f_{kor.} = q_{b,tot,f,fuel,Std}^{-0,118} \cdot f_{kor.} \end{aligned}$$

mit

$b_n$  Regressionskoeffizienten aus Gl. 3.4

$f_{kor.}$  Faktor abhängig von Kategorie, Nutzung und Anteil Fenster – belüfteter Fläche

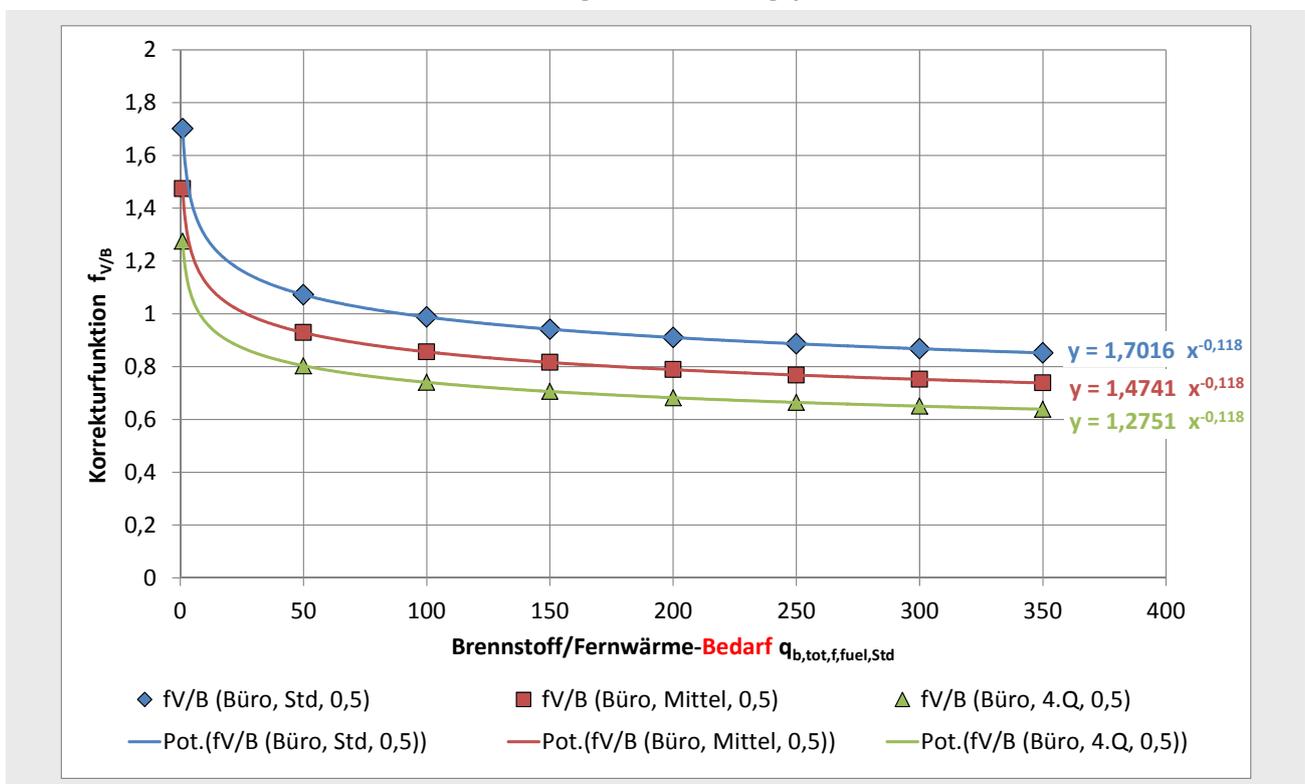
**Tabelle 3-6** Faktoren  $f_{kor.}$  der Korrekturfunktionen  $f_{V/B}$  für die drei signifikanten Gebäudekategorien und beispielhafte Werte der unabhängigen Variablen

| Anteil Fenster-belüfteter Fläche | Abweichung der Nutzung vom Standard (vgl. Kap. 3.6.3) | Büro, Schule, Handel | Hochschule, Versammlungsstätte | Hotel |
|----------------------------------|---|----------------------|--------------------------------|-------|
| 10%                              | Keine   | 1,732                | 1,435                          | 1,983 |
|                                  | Mittel  | 1,501                | 1,243                          | 1,718 |
|                                  | Mittel 4. Quartil                                     | 1,300                | 1,075                          | 1,486 |
| 50%                              | Keine   | 1,702                | 1,410                          | 1,948 |
|                                  | Mittel  | 1,474                | 1,221                          | 1,688 |
|                                  | Mittel 4. Quartil                                     | 1,275                | 1,056                          | 1,460 |
| 80%                              | Keine   | 1,679                | 1,391                          | 1,923 |
|                                  | Mittel  | 1,455                | 1,205                          | 1,666 |
|                                  | Mittel 4. Quartil                                     | 1,258                | 1,042                          | 1,441 |

Quelle eigene Daten

(..\282\_Gebäudeanalysen\Multiple-Regression-Bedarf-Verbrauch\20131203-101057\_QSA\_TEK-DB\_fBV-Abhängigkeiten\_obj-obj.xlsx\Anlage 13 (0,5) )

**Bild 3-45** Korrekturfunktion zur Schätzung des Verbrauchs aufgrund einer Berechnung des Bedarfs für die Gebäudekategorie Büro und Verwaltung, einem Anteil Fenster-belüfteter Fläche von 50% und unterschiedlichen Abweichungen der Nutzungsparameter vom Standard



Die unabhängigen Variablen können gemäß Kap. 3.6.2 fast 80% der Abweichungen des Verbrauchs vom Bedarf erklären. Das heißt aber, dass auch nach der Korrektur bei einzelnen Gebäuden immer noch Abweichungen, durchaus auch beträchtliche, auftreten können. Im Mittel über viele Gebäude z.B. in einem Immobilienportfolio werden die Aussagen zur energetischen Qualität und zu möglichen Einsparpotenzialen



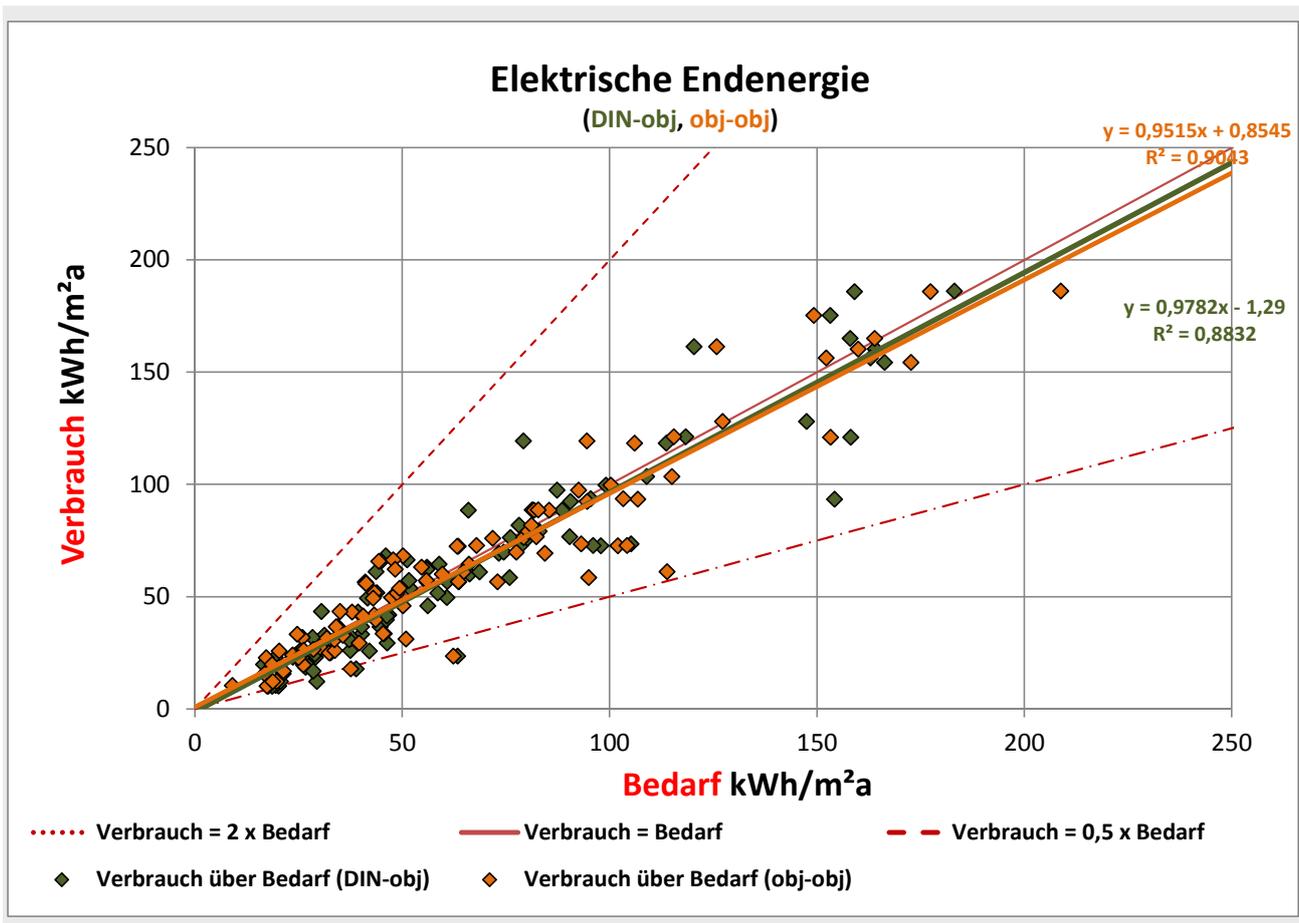
aber deutlich verlässlicher. Beispielhaft ist in Bild 3-45 der Verlauf der Korrekturfunktion  $f_{V/B}$ (Büro, Std/Mittel/4.Q, 0,5) für die Gebäudekategorie Büro, Nutzungsparameter wie Standard (Std), wie der Mittelwert der Abweichungen vom Standard im TEK-Feldtest (Mittel) und wie der Mittelwert des oberen Quartils der Abweichungen (4.Q) sowie einem Anteil Fenster-belüfteter Fläche von 50% über dem berechneten Bedarf mit Standardnutzungsparametern aufgetragen. Sehr deutlich werden die Unterschiede in der Höhe des Korrekturfaktors abhängig vom Bedarf.

### 3.7 Abgleich von Bedarf und Verbrauch bei elektrischer Energie

#### 3.7.1 Einfluss der Gebäudeenergieeffizienz

Anders als bei Brennstoff / Fernwärme stellt sich die Situation für die elektrische Energiebilanz dar. Hier legt die Auswertung der TEK-Feldphase in Bild 3-46 nahe, dass in der TEK-Methodik der spezifische Stromverbrauch  $q_{v,el}$  über eine homogene Geradengleichung mit dem spezifischen Bedarf  $q_{b,el}$  verknüpft ist, so  $q_{v,el} = a \cdot q_{b,el}$ .

**Bild 3-46** Darstellung des Verbrauchs über dem Bedarf der Gebäude aus der TEK-Datenbasis für elektrische Endenergie in der Berechnungseinstellung mit Standard-Nutzungsprofilen nach DIN V 18599 (DIN-obj) und objektspezifischen Nutzungsrandbedingungen (obj-obj)



Quelle: IWU-eigene Darstellung ([.\282\\_Gebäudeanalysen\Validierung\\_TEKs\20130822-165713\\_QSA\\_fBV-spezBedarf.xlsx\Rohtdaten obj-obj](#))

Die Streuung der Beobachtungswerte ist durch den mit Standard-Nutzungsparametern berechneten Bedarf an elektrischer Energie (DIN-obj, in grün dargestellt) nahezu vollständig erklärt, mit einer Steigung  $a = 0,9782$  nahe an 1 und einem guten Wert von  $R^2 = 0,883$ . Die Berechnung mit objektspezifischen Nutzungsparametern (obj-obj, in orange dargestellt) bringt nur eine geringe Verbesserung. Offensichtlich führt die

Erweiterung des Bilanzraums in TEK, die auch den nutzerspezifischen Bedarf an elektrischer Energie mit einbezieht, im Mittel über viele Gebäude zu einer guten Übereinstimmung von Bedarf und Verbrauch. Für ein konkretes, einzelnes Gebäude können die Abweichungen aber, wie beim Brennstoffverbrauch, dennoch sehr groß sein.

### 3.7.2 Analyse weiterer Einflussfaktoren auf das Verhältnis von Bedarf und Verbrauch von elektrischer Energie

Zur genaueren Analyse weiterer Einflussfaktoren wurde auch für den spezifischen Verbrauch elektrischer Energie  $q_{v,tot,f,el}$  als abhängiger Variable eine multiple lineare Regressionsanalyse durchgeführt mit Hilfe von folgenden unabhängigen Variablen:

$$3-7 \quad LOG_{10}(\hat{q}_{v,tot,f,el}) = b_0 + b_1 \cdot Dummy(Schule) + b_2 \cdot LOG_{10}(q_{B,tot,f,el}) + b_3 \cdot \Delta t_{Nutz,Std-obj}$$

| Unabhängige Variablen      | Bezeichnung   | Koeffizienten* |              |
|----------------------------|---|----------------|--------------|
|                            | Schnittpunkt  | b0             | 0            |
| Dummy (Schule)             | Dummy-Variable für Gebäudekategorien Schule   | b1             | -0,10046176  |
| $LOG_{10}(q_{B,tot,f,el})$ | Logarithmierter Bedarf elektrischer Energie, mit Standardnutzungsparametern berechnet in kWh/m <sup>2</sup> <sub>EBFa</sub> | b2             | 0,99059221   |
| $\Delta t_{Nutz,Std-obj}$  | Differenz zwischen Standard- und objektspezifisch ermittelter Nutzungszeit  | b3             | -5,9624 E-05 |

\* Gemäß Regression13 in 20131203-101057\_QSA\_TEK-DB\_fBV-ELT-Abhängigkeiten\_DIN-obj.xlsx

Der F-Test bestätigt die Signifikanz der Regressionsfunktion 3-7, der t-Test zeigt die drei angegebenen als die einzigen signifikanten Variablen an. Allerdings gilt auch hier wie bei der Schätzung zum Brennstoff / Fernwärme-Verbrauch, dass die Zahl der Beobachtungen mit 92 Gebäuden nicht sehr hoch ist und auch Korrelationen mit der Variablen  $q_{B,tot,f,el}$  nicht ausgeschlossen werden können.

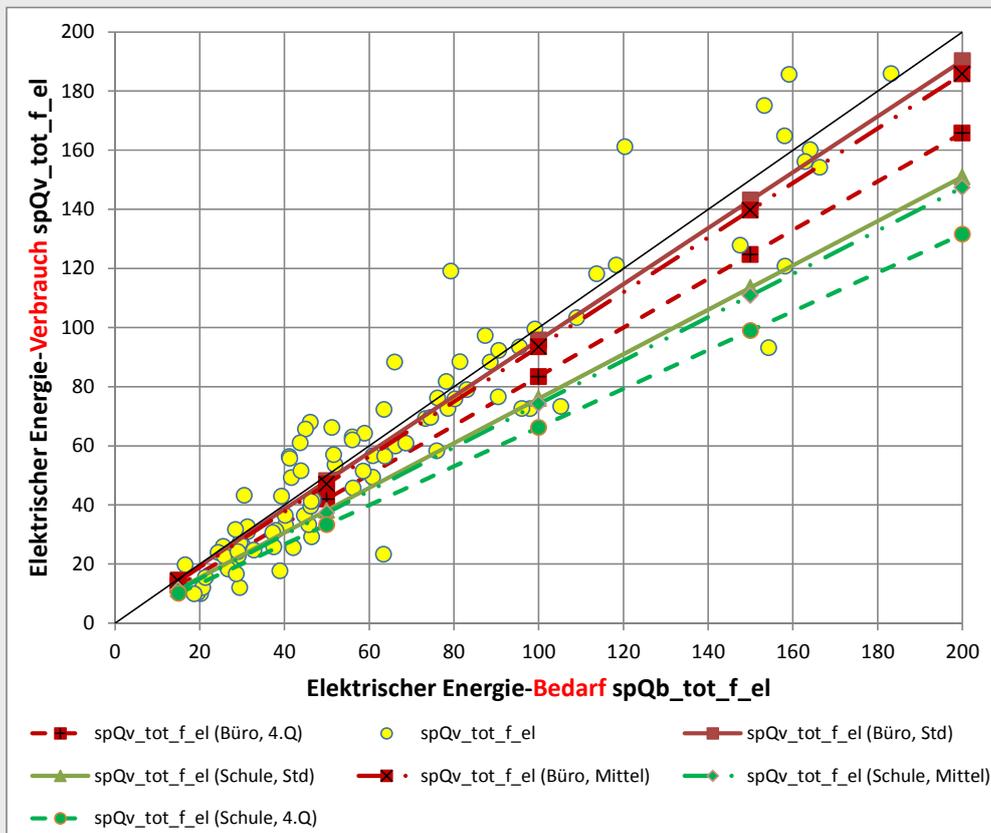
Auch hier ergibt sich erst durch Regression des logarithmierten Verbrauchs als unabhängiger Variable auf die logarithmierte abhängige Variable eine Residuenverteilung, die im Goldfeld-Quandt-Test das Kriterium der Homoskedastizität erfüllt.

### 3.7.3 Darstellung der Ergebnisse der multiplen Regression für elektrische Energie

Bild 3-47 stellt den Zusammenhang von Verbrauch und Bedarf elektrischer Energie aus den TEK-Berechnungen mit Standardnutzungen als gelbe Punktwolke dar. Die Schätzwerte des Verbrauchs, die sich aus der Regressionsgleichungen 3-7 für verschiedene Parametrierungen ergeben, sind als grüne und rote Linien in Abhängigkeit der unabhängigen Variablen Energiebedarf dargestellt.

Für die meisten Kategorien, zusammengefasst unter Bürogebäude / Sonstige (Büro), ergeben sich die besten Resultate in dem Sinne, dass der Bedarf den Verbrauch über alle Effizienzausprägungen sehr gut annähert, wenn die Standardnutzungsrandbedingungen gleich den tatsächlichen sind. Beim elektrischen Energieverbrauch spielt aber nur die Nutzungszeit eine signifikante Rolle. Bei Schulen weicht die Schätzung deutlich ab, vermutlich weil die Nutzungszeiten sehr stark mit der jeweiligen Schulform variieren. Der elektrische Energiebedarf der Schulen im TEK-Projekt liegt im Bereich von 20 bis 40 kWh/m<sup>2</sup>a und meist unterhalb der Winkelhalbierenden.

**Bild 3-47** Darstellung des Zusammenhangs von Verbrauch und Bedarf für elektrische Energie gemäß der Regressionsgleichung 3-7 für die Kategorien Bürogebäude / Sonstige (Büro) und Schule sowie verschiedene Ausprägungen der Nutzungszeiten – Standard (Std), Mittelwert der Abweichung (Mittel) und Mittelwert des 4. Quartils (4.Q) der Abweichung



### 3.7.4 Korrekturfaktoren für den Bedarfs-Verbrauchs-Abgleich bei elektrischer Energie

Bei der elektrischen Energie ist in der Regressionsgleichung die Abhängigkeit der Verbrauchsschätzung vom rechnerischen Bedarf bei Standardnutzungsparametern nicht so stark ausgeprägt wie bei Brennstoff/Fernwärme, der Koeffizient  $b_2$  liegt nahe am Wert 1 und der Achsenabschnitt  $b_0 = 0$ . Der Einfluss der Nutzungsparameter, mit Ausnahme der Nutzungszeit, ist deutlich geringer, bei den Gebäudekategorien zeigt lediglich der Typ Schulen signifikante Abweichungen.

$$\hat{q}_{v,tot,f,elt} = f_{V/B}^{elt} \cdot q_{B,tot,f,elt,Std}$$

3-8 mit der Korrekturfunktion

$$f_{V/B}^{elt} \left( Dummy(Schule), \Delta t_{Nutz,Std-obj}, q_{B,tot,f,elt,Std} \right)$$

$$\begin{aligned}
 f_{V/B}^{elt} &= \frac{\hat{q}_{v,tot,f,elt}}{q_{b,tot,f,elt,Std}} = \frac{10^{Log_{10}\hat{q}_{v,tot,f,elt}}}{q_{b,tot,f,elt,Std}} \\
 &= q_{b,tot,f,elt,Std}^{b_2-1} \cdot 10^{b_1 Dummy(Schule) + b_3 \Delta_{Nutz,Std-obj}} \\
 &= q_{b,tot,f,fiel,Std}^{b_2-1} \cdot f_{kor,elt} \underset{b_2=0,991}{=} q_{b,tot,f,elt,Std}^{-0,009} \cdot f_{kor,elt}
 \end{aligned}$$

3-9

mit

$b_n$  Regressionskoeffizienten aus Gl. 3.7

$f_{kor,elt}$  Faktor abhängig von Kategorie und Nutzung

Die Korrekturfunktion ergibt sich aus den Gln. 3-7 und 3-8 als Potenzfunktion, ihr Verlauf ist nahezu konstant (Exponent nahe 0).

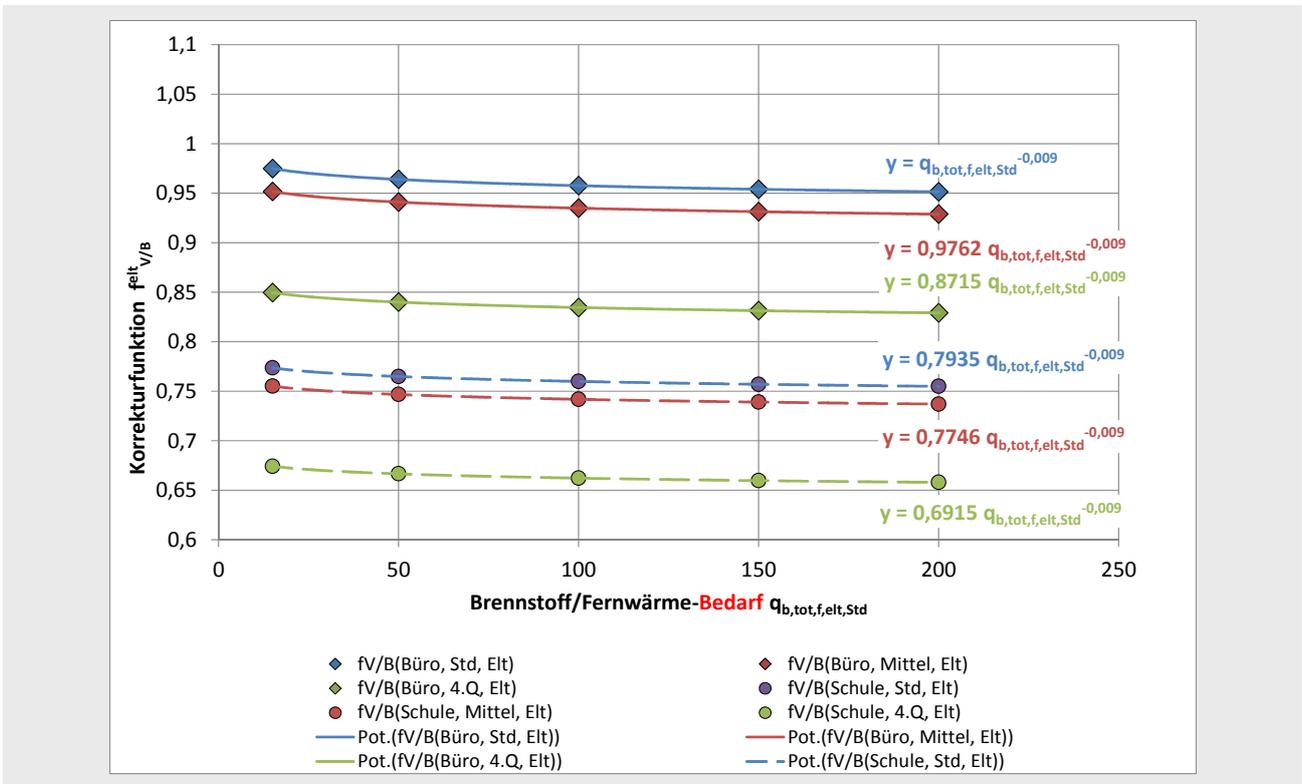
**Tabelle 3-7 Faktoren  $f_{kor,elt}$  der Korrekturfunktionen  $f_{V/B}^{elt}$  für die beiden signifikanten Gebäudekategorien und beispielhafte Werte der unabhängigen Variablen**

| Abweichung der Nutzung vom Standard (vgl. Kap. 3.6.3) | Büro, Hotel, Handel Hochschule, Versammlungsstätte | Schule |
|---|--|--------|
| Keine   | 1  | 0,7935 |
| Mittel  | 0,9762   | 0,7746 |
| Mittel 4. Quartil                                     | 0,8715   | 0,6915 |

Quelle eigene Daten

(..\282\_Gebäudeanalysen\Multiple-Regression-Bedarf-Verbrauch\20131203-101057\_QSA\_TEK-DB\_fBV-ELT-Abhängigkeiten\_DIN-obj.xlsx\Anlage 5-2)

**Bild 3-48** Korrekturfunktion zur Schätzung des elektrischen Energieverbrauchs aufgrund einer Berechnung des Bedarfs für die Gebäudekategorien Büro bzw. Schule und unterschiedlichen Abweichungen der Nutzungsparameter vom Standard



### 3.8 Vergleich von berechneter und auf dem Typenschild angegebener Leistung

#### 3.8.1 Heizleistung

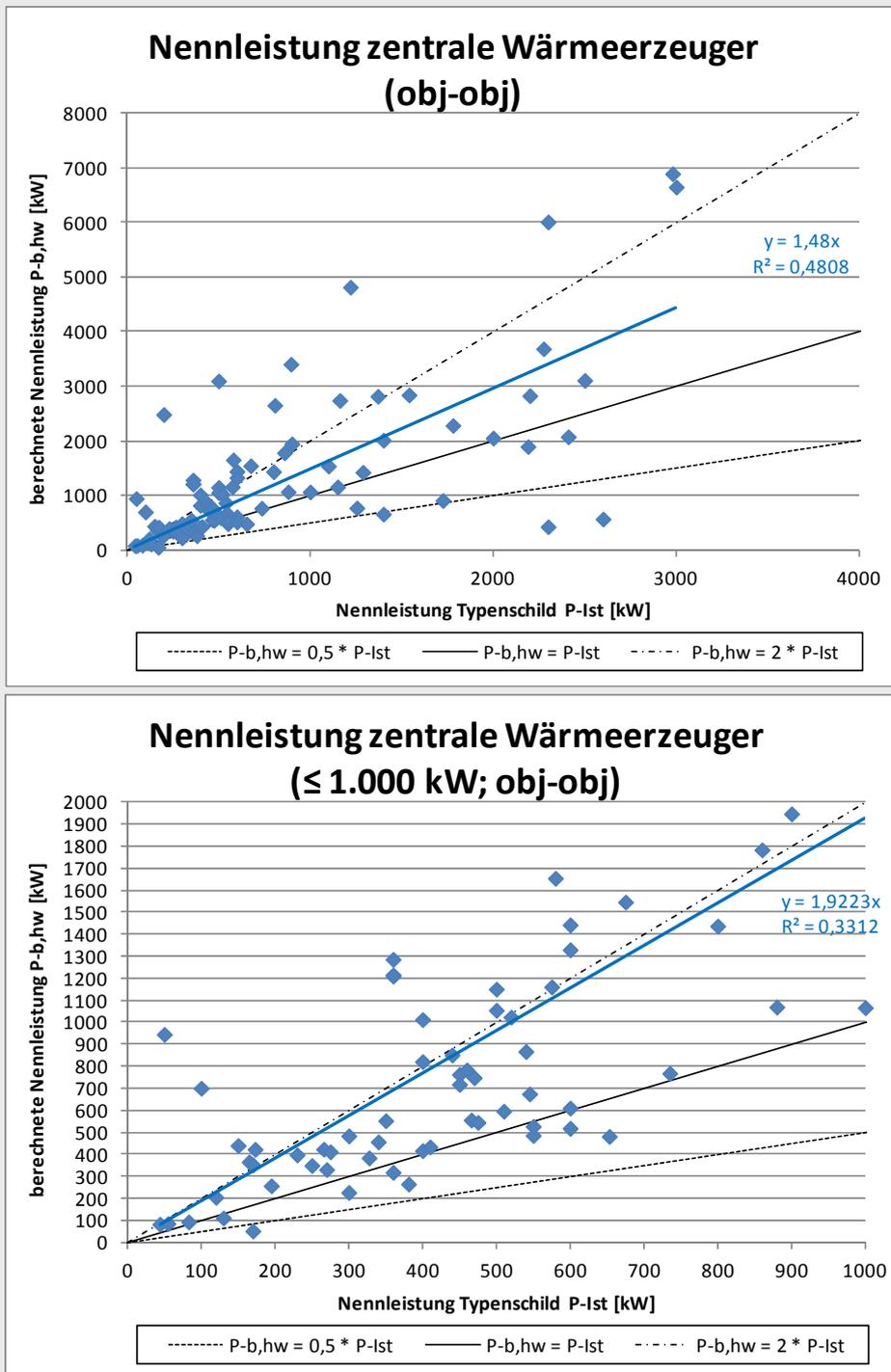
Die Nennwärmeleistung ist die im Dauerbetrieb erreichbare maximale Wärmeleistung eines Wärmeerzeugers. In DIN V 18599-5 wird die Nennleistung  $P_n$  benutzt, um die Verluste des Erzeugers und den Hilfsenergieaufwand zu berechnen. Generell gilt nach Kap. 5.4, dass bei bestehenden Gebäuden die Nennleistung der vorhandenen Wärmeerzeugeranlage eingesetzt werden soll, bei zu errichtenden Gebäuden der Planungswert. Sind diese nicht bekannt, werden die erforderlichen maximalen Heizleistungen aller angeschlossenen Verbraucher – Heizung, zentrale Trinkwarmwassererwärmung, RLT etc. - bestimmt. Die Nennleistung ergibt sich dann aus der Summe aller parallel angeforderten Leistungen bzw. aus der größten Leistung im Vorrangbetrieb unter Berücksichtigung eines Zuschlagfaktors  $f_z$ , der

$$f_z = \begin{cases} 1,5 & \text{für bestehende Anlagen} \\ 1,1 & \text{für zu errichtende Anlagen} \end{cases}$$

beträgt. Für Heizwärmeerzeugung alleine gilt  $P_n = \Phi_{h,max}$  mit der maximalen Gebäudeheizlast  $\Phi_{h,max}$ . In TEK wird die Nennleistung der zentralen Wärmeerzeugung für Heizung, RLT und Trinkwarmwasserbereitung  $P_{b,hw}$  aus der maximalen Heizleistung zentraler Wärmeerzeuger berechnet:

**3-10** 
$$P_{b,hw} = 1,3 \cdot \dot{Q}_{h,zen,g} = 1,3 \cdot \left( \dot{Q}_{h,Raum} + \dot{Q}_{h,RLT} \right),$$

**Bild 3-49** Installierte und in TEK berechnete Nennleistung zentrale Wärmeerzeuger in der Berechnungsart Obj-Obj

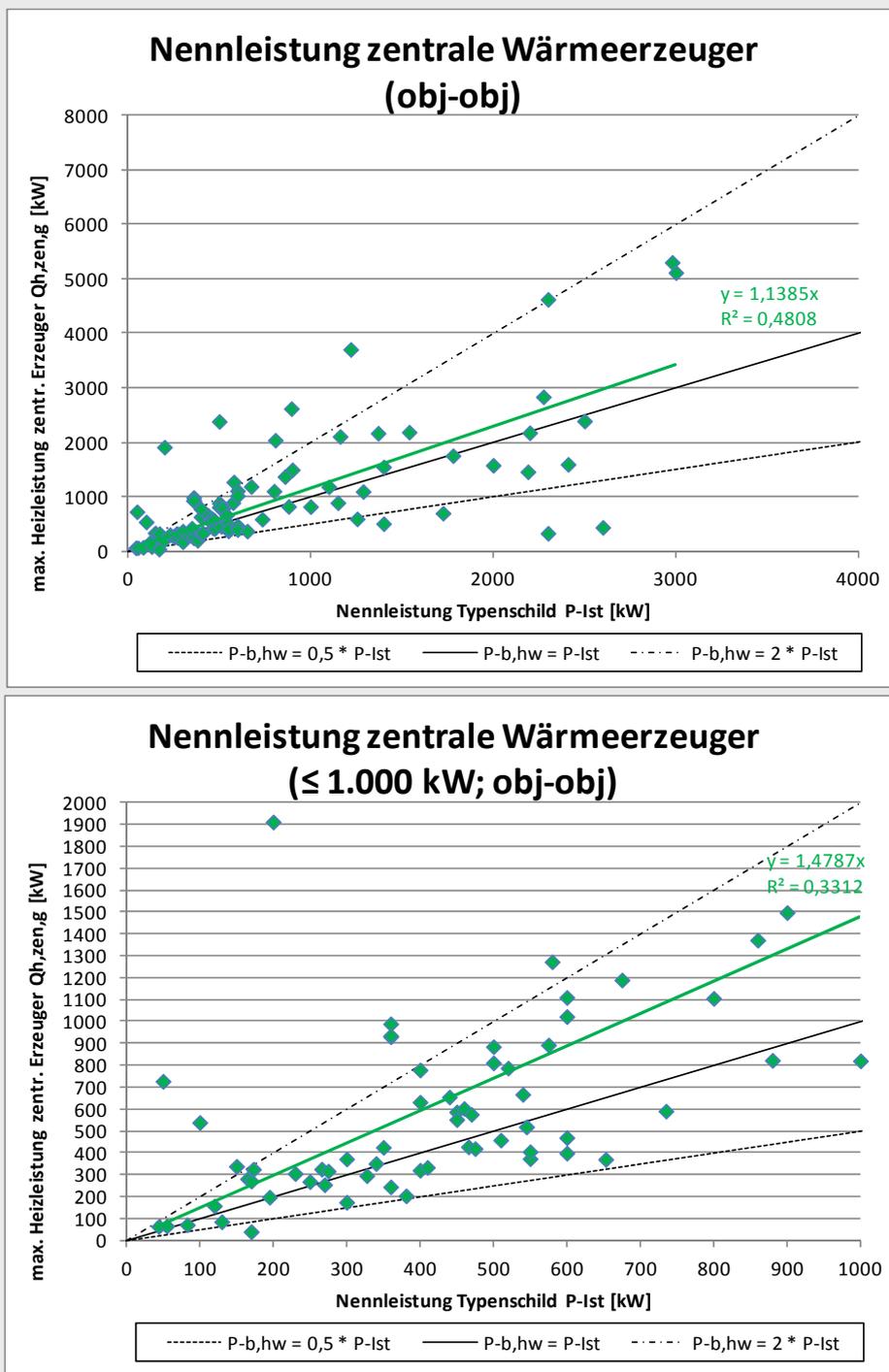


die sich aus der maximalen Raumheizlast nach DIN V 18599-2 und der maximalen Heizleistung RLT nach DIN V 18599-3 ergibt. Der Auslegungsfaktor 1,3 wird pauschal angesetzt, um z.B. zentrale Trinkwarmwasserbereitung und Sicherheitszuschläge zu berücksichtigen. Das Verfahren weicht damit deutlich von dem in DIN V 18599 ab. In TEK werden mit der Größe  $P_{b,hw}$  jedoch lediglich die Hilfsenergie des Wärmeerzeugers und der Überdimensionierungsfaktor bestimmt. Letzterer hat nur informativen Charakter und nimmt keinen Einfluss auf die Energiebilanz. Der Endenergiebedarf Wärmerezeugung wird aus der Erzeugernutzwärmeabga-



be über Anlagenaufwandszahlen berechnet, die für feste Randbedingungen, z.B. eine Belastung von 30%, bestimmt wurden.

**Bild 3-50** Installierte und berechnete Nennleistung für zentrale Wärmeerzeuger in der Berechnungsart Obj-Obj ohne Auslegungsfaktor 1,3



Man beobachtet im Mittel der 93 Anlagen eine deutliche Überschätzung der durch die Algorithmen im TEK-Tool berechneten Nennleistung der zentralen Wärmeerzeuger gegenüber den auf den Typenschildern angegebenen Werten (vgl. In TEK wird die Nennleistung der zentralen Wärmeerzeugung für Heizung, RLT und Trinkwarmwasserbereitung  $P_{b,hw}$  aus der maximalen Heizleistung zentraler Wärmeerzeuger berechnet:

3-10 
$$P_{b,hw} = 1,3 \cdot \dot{Q}_{h,zen,g} = 1,3 \cdot \left( \dot{Q}_{h,Raum} + \dot{Q}_{h,RLT} \right),$$

Bild 3-49). In TEK führt das zu einer Überschätzung des Hilfsenergiebedarfs.

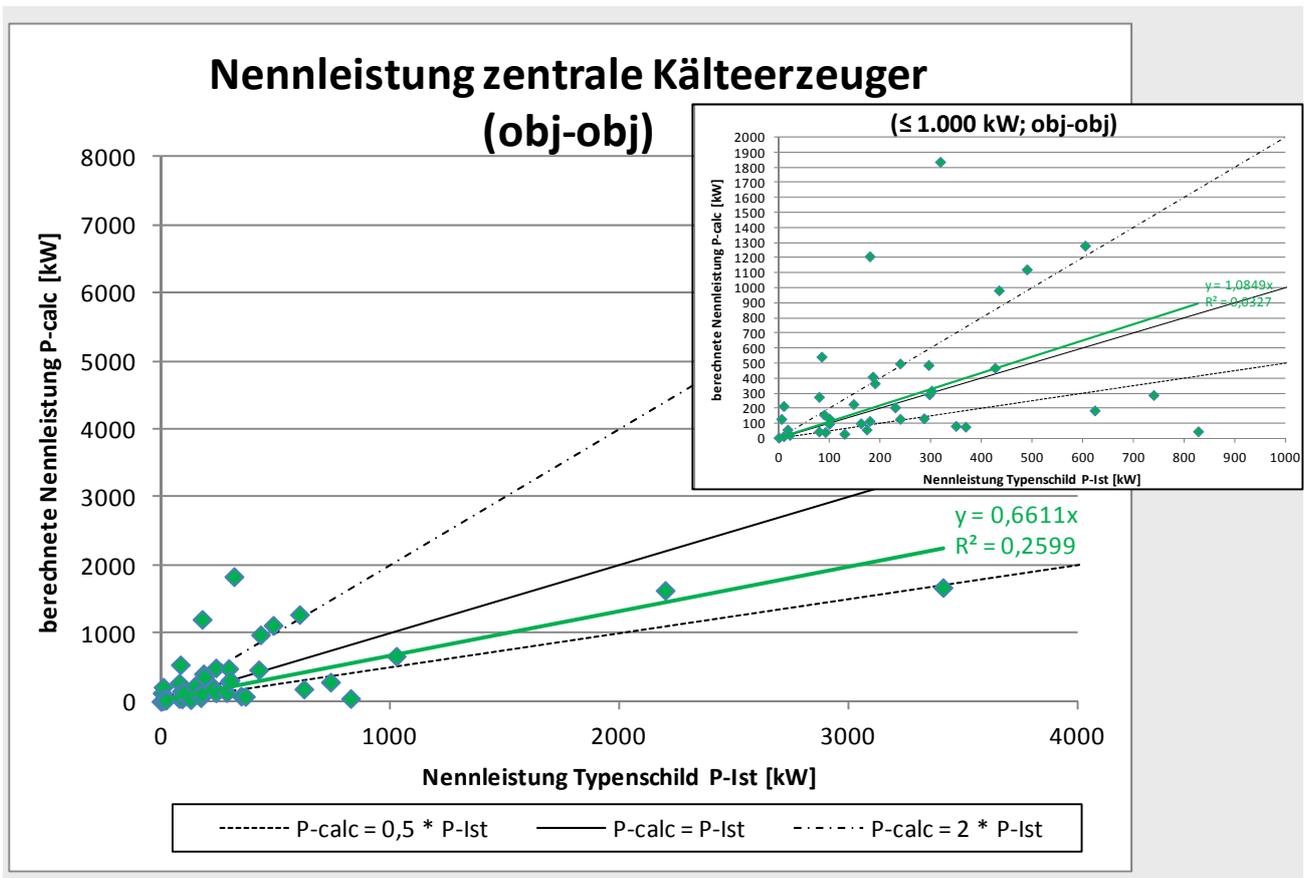
Es wird geprüft, ob in TEK besser die Nennleistung nach Typenschild verwendet werden sollte. Dieser Wert wird ohnehin erfasst und könnte den nachgelagerten Berechnungen zugrunde gelegt werden. Zur Plausibilitätskontrolle könnten der berechnete Wert ohne den Auslegungsfaktor und der daraus berechnete Überdimensionierungsfaktor weiterhin angezeigt werden.

Auch ohne den Auslegungsfaktor kommt zumindest für die Anlagen unter 1.000 kW Nennheizleistung eine beträchtliche Überschätzung gegenüber der Typenschildangabe zustande, wie Bild 3-50 zeigt. Einer der Gründe könnte sein, dass in der TEK-Datenbank ganz überwiegend ältere Gebäude analysiert werden. Die Vorschriften zur Bestimmung der maximalen Heizleistung in DIN V 18599-2 und -5 weichen vermutlich von den Auslegungsnormen ab, die zur Errichtungszeit der Gebäude üblichen waren.

### 3.8.2 Kühlleistung

Bei der Berechnung der installierten Kühlleistung stimmt die berechnete Nennleistung statistisch betrachtet zumindest für die Anlagen bis 1.000 kW recht gut mit den von den Typenschildern abgelesenen überein (vgl. Bild 3-51, Einschub), wobei die Streuung allerdings beträchtlich ist. Bei größeren Kälteerzeugern scheint die berechnete Nennleistung die tatsächliche laut Typenschild systematisch zu unterschätzen (Bild 3-51).

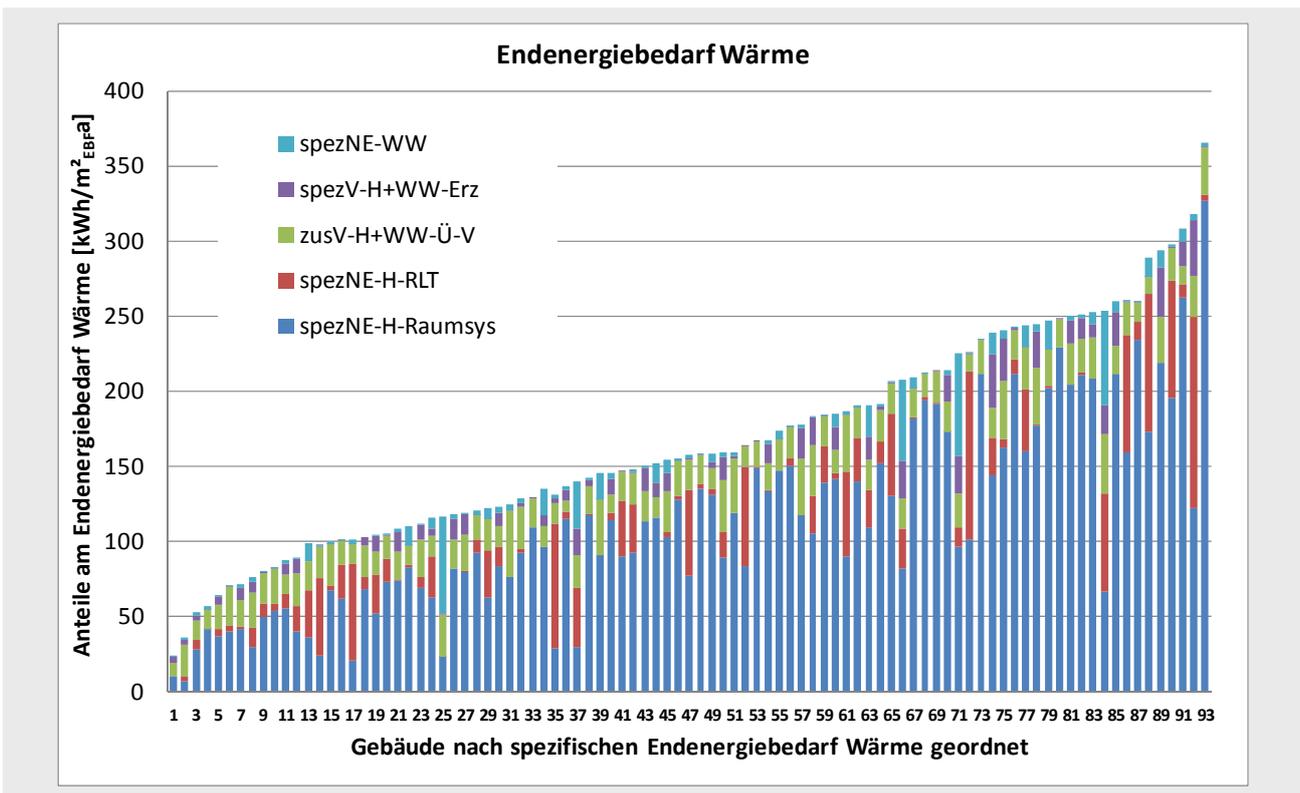
**Bild 3-51** Installierte und berechnete Nennleistung zentrale Kälteerzeuger in der Berechnungsart Obj-Obj



### 3.9 Verteilverluste

In Bild 3-52 sind die wichtigsten Komponenten der Berechnung des spezifischen Endenergiebedarfs Wärme für alle im TEK-Projekt mit der TEK-Methodik bearbeiteten Gebäude dargestellt. Dies sind der Nutzenergiebedarf des Raumsystems *spezNE-H-Raumsys* und der Luftaufbereitung in der RLT *spezNE-H-RLT*, nicht nutzbare Verluste der Verteilung und der Übergabe *zusV-H+WW-Ü-V*, Erzeugerverluste *spezV-H+WW-Erz* und der Aufwand für Trinkwarmwasserbereitung *spezNE-WW*.

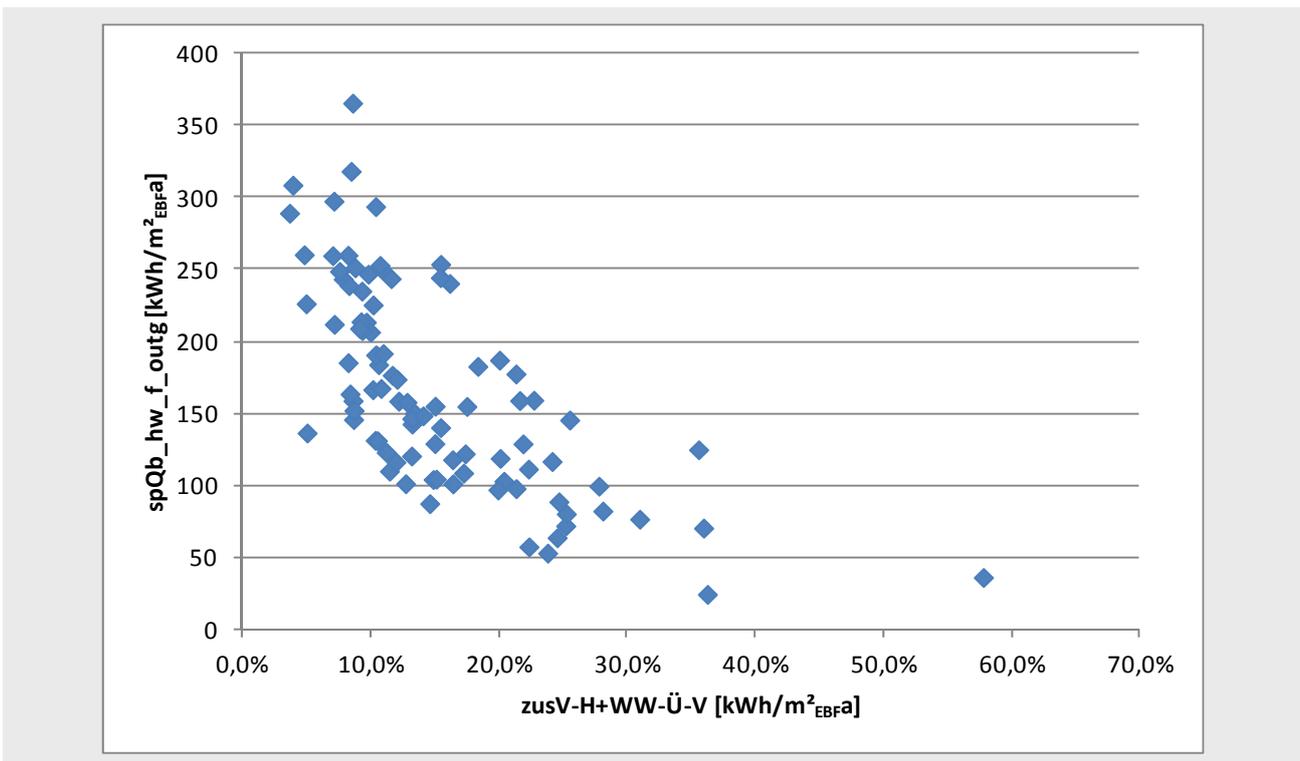
**Bild 3-52 Details der Berechnung des Endenergiebedarfs Wärme mit TEK**



Die Gebäudedatensätze sind nach dem Endenergiebedarf Wärme von links nach rechts aufsteigend sortiert. Auffällig ist, dass die Verteilverluste über alle Effizienzstandards hinweg recht konstant sind, sich also bei den Niedrigenergie- und Passivhäuser stärker auswirken. Das wird auch in Bild 3-53 deutlich, dort ist der Endenergiebedarf Wärme über den prozentualen Anteilen der Verteilverluste am Endenergiebedarf aufgetragen. Hohe prozentuale Verteilverluste zeichnen sich tendenziell bei den Gebäuden mit einem geringen Endenergiebedarf Wärme ab, das zeigen auch die praktischen Erfahrungen aus Messungen z.B. an Passivhäusern.

Diese Tatsache hat sicher auch damit zu tun, dass die Abbildungsgenauigkeit der TEK-Methodik an dieser Stelle durch die Vereinfachungen begrenzt ist. Rechnerisch könnten die Verteilverluste geringer sein, wenn entsprechende Einstellungen im TEK-Tool vorgenommen werden. Die Auswertungen zum Verhältnis von Verbrauch und Bedarf oben legen allerdings nahe, dass in der Realität der Betriebsführung gerade bei hocheffizienten Gebäuden noch deutlich höhere Verluste auftreten können, als die in der vereinfachten Berechnungsmethodik von TEK berechneten.

Bild 3-53 Endenergiebedarf Wärme über den Verteilverlusten aufgetragen



### 3.10 Vergleich der Ergebnisse in den verschiedenen Berechnungseinstellungen

#### 3.10.1 Vergleich vereinfachter und objektspezifischer Bauteilkennwerte

Die Option einer vereinfachten Zuweisung von Bauteileigenschaften, vor allem dem Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert), stellt insbesondere bei der energetischen Bewertung von Nichtwohngebäuden im Bestand eine alternative zur objektspezifischen Erhebung dar. Bei Bestandsbauten ist eine eindeutige Identifizierung von Bauteilaufbauten und den daraus resultierenden U-Werten meist schwierig bzw. aufwändig. Oftmals sind entsprechend Gebäudedokumentationen nicht mehr vorhanden. Um präzise Schlüsse über Bauteile treffen zu können, sind dann zerstörende und kostenintensive Prüfungen, wie beispielsweise Kernbohrungen, Ultraschalluntersuchungen oder Koloskopien von Nöten.

Das TEK-Tool bietet dem Anwender die Möglichkeit einer vereinfachten Zuweisung von Bauteileigenschaften, wenn diese nicht objektspezifisch erhoben werden können. Hierzu werden empirisch erhobene Daten aus der, vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) herausgegebenen „Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand (2009)“ genutzt, welche Stoffeigenschaften in Abhängigkeit von Bauteil, Konstruktion und Baualtersklasse aufzeigen.

Dieses Kapitel untersucht die Effekte einer vereinfachten Zuweisung der Bauteileigenschaften auf den berechneten Bedarf des Gebäudes. Dabei werden die nachstehend in Tabelle 3-8 aufgeführten TEK-Einstellungsvarianten miteinander verglichen. Diese unterscheiden sich lediglich in der Art der Zuweisung der Bauteileigenschaften.

Obgleich es Ziel war, die Gebäudeerhebungen in einer Berechnungsvariante so genau und objektspezifisch wie möglich zu gestalten, zeigen die Analysen der TEK-Berechnungen, dass es nicht bei allen Gebäuden und allen Bauteilen der thermischen Hüllfläche möglich war, die Bauteilkennwerte zu bestimmen. Auch in der objektspezifischen Berechnungsvariante tauchen teilweise die vereinfachten Werte aus der Bekanntmachung des BMVBS eingesetzt.

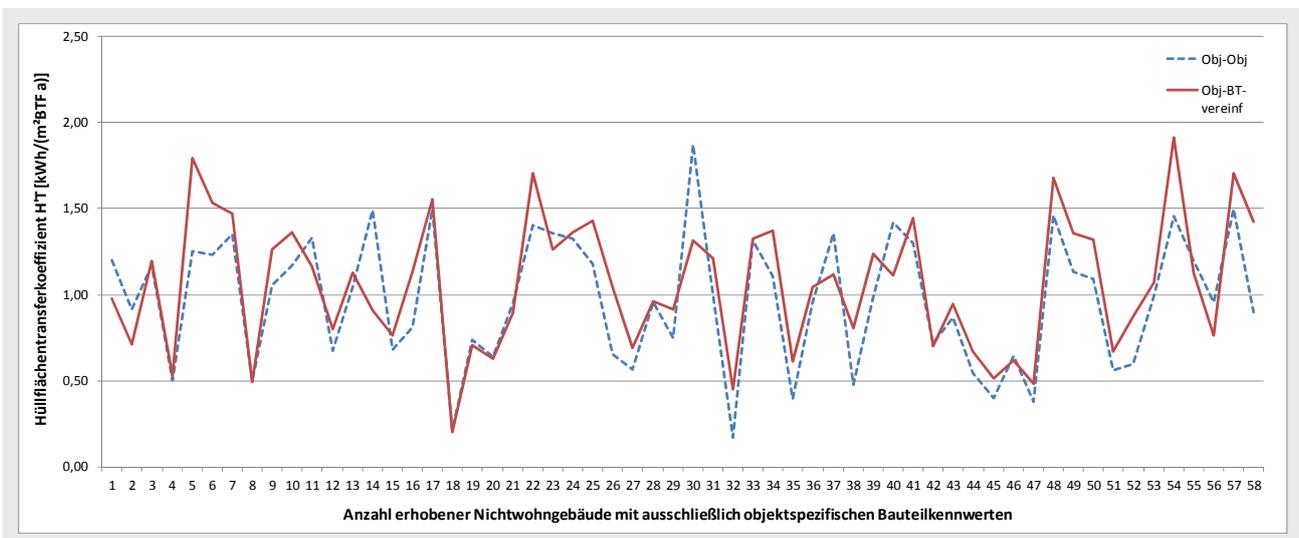
**Tabelle 3-8 Beschreibung der Einstellungen der untersuchten TEK-Einstellungsvarianten – Bauteilkennwerte der thermischen Gebäudehülle**

| Beschreibung der jeweiligen Einstellungen  | TEK-Einstellungs-Variante |                        |
|--|---------------------------|------------------------|
|  | Obj - Obj                 | Obj - BT - vereinfacht |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzungszeiten für Zonen</li> <li>• Interne Wärmequellen - Arbeitshilfen und Personen</li> <li>• Raumsolltemperaturen</li> <li>• Flächen der thermischen Gebäudehülle</li> <li>• Bauteilkennwerte der thermischen Gebäudehülle</li> <li>• Berechnungsmodus der Beleuchtungsanlagen</li> </ul> | objektspezifisch          | objektspezifisch       |
|  | objektspezifisch          | vereinfacht            |
|  | objektspezifisch          | objektspezifisch       |

Quelle: IWU eigene Darstellung

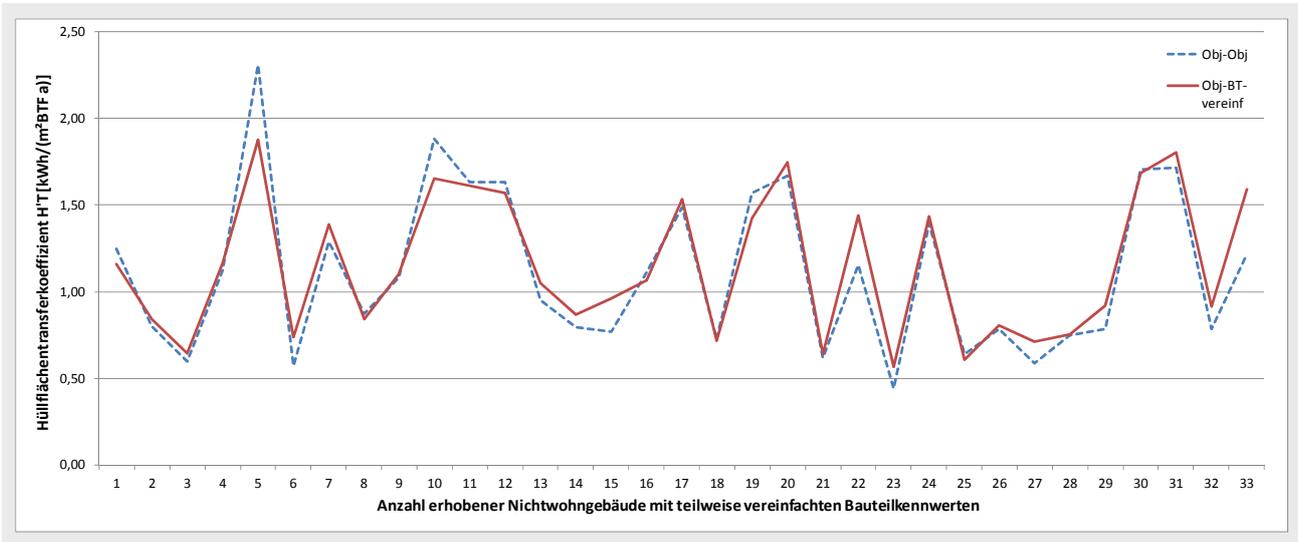
Daher gibt es bei den 91 Nichtwohngebäuden lediglich 58 Gebäude die ausschließlich mit objektspezifischen Bauteilkennwerten eingegeben wurden. Die übrigen 33 Nichtwohngebäude wurden zwar überwiegend mit objektspezifischen Bauteilkennwerten eingegeben, jedoch finden sich auch mehrfach Bauteilkennwerte aus der bereits erwähnten Bekanntmachung des BMVBS in der objektspezifischen Eingabe wieder. Aufgrund dieser Ausgangslage werden im Folgenden zunächst diese beiden Situationen getrennt untersucht und verglichen. Bild 3-54 zeigt die Effekte der beiden Einstellungsvarianten aus Tabelle 3-8 auf den Hüllflächentransferkoeffizient ( $H'_T$ ), welcher Auskunft über die energetische Qualität der gesamten thermischen Hüllfläche gibt. Deutliche Unterschiede in den mittleren U-Werten sind erkennbar.

**Bild 3-54 Vergleich des Hüllflächentransferkoeffizienten  $H'_T$  für die Nutzungseinstellungen „Objektspezifisch“ und „vereinfacht“ für 58 Gebäude mit einer Berechnungsvariante, in der alle Bauteilkennwerte objektspezifisch erhoben wurden.**



Die Unterschiede zwischen der objektspezifischen und der vereinfachten Eingabe der Bauteilkennwerte sind erwartungsgemäß bei den Nichtwohngebäuden mit teilweise vereinfachten Bauteilkennwerten geringer (vgl. Bild 3-55). Je nachdem wie viele Bauteile in der objektspezifischen Eingabe mit den vereinfachten Werten belegt wurden, fällt die Abweichung größer oder geringer aus.

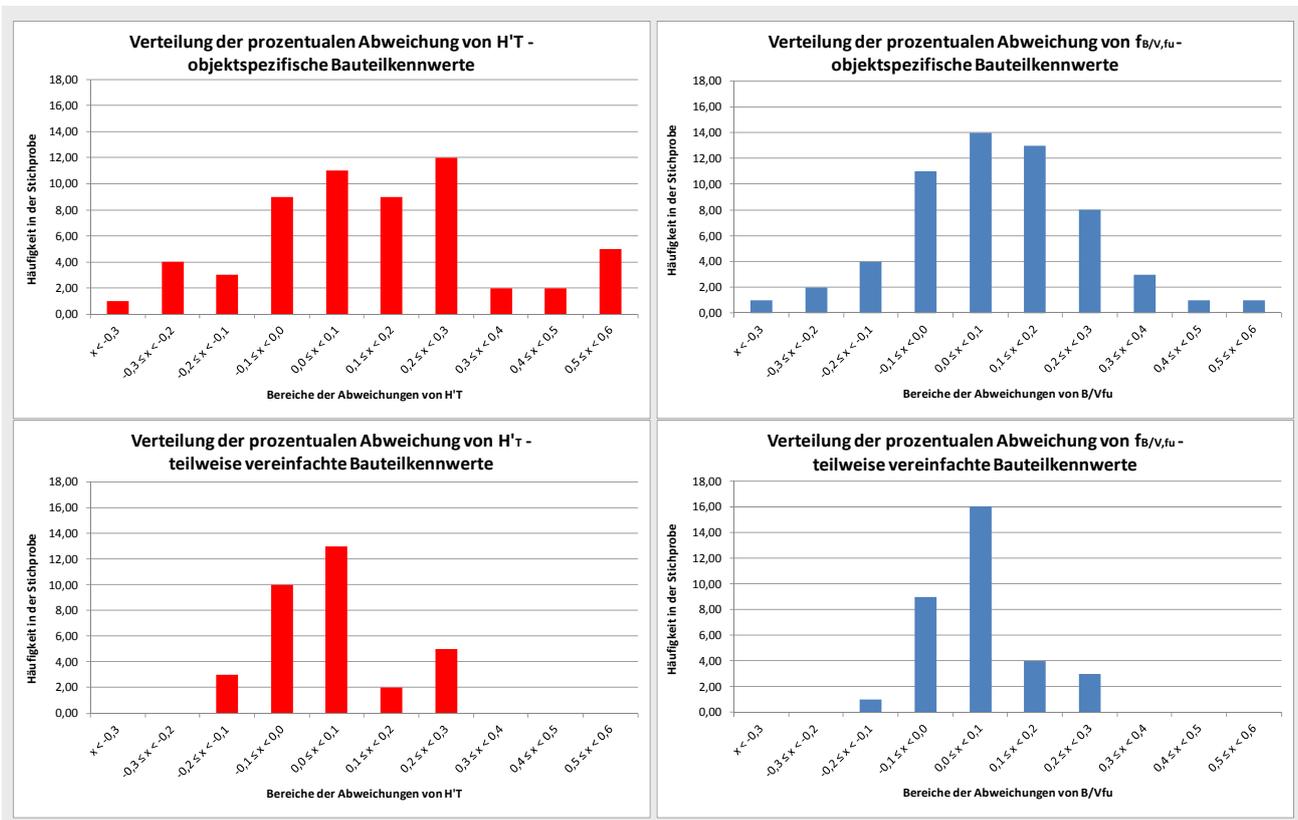
**Bild 3-55** Vergleich des Hüllflächentransferkoeffizienten  $H'_T$  für die Nutzungseinstellungen „Objektspezifisch“ und „vereinfacht“ für 3 Gebäude mit einer objektspezifischen Berechnungsvariante, in der die Bauteilkennwerte nur teilweise objektspezifisch erhoben werden konnten.



Quelle: IWU eigene Darstellung

Dies verdeutlicht sich auch, betrachtet man die in Bild 3-56 dargestellten Häufigkeitsverteilungen der beiden Gebäudemengen für die Abweichung des Hüllflächentransferkoeffizienten ( $H'_T$ ) und der daraus resultierenden Abweichung des Verhältnisses von Brennstoffverbrauch und Brennstoffbedarf ( $f_{B/V,fu}$ ). Dargestellt sind dabei die Abweichungen der Berechnung mit vereinfachten Bauteilkennwerten gegenüber den objektspezifischen.

**Bild 3-56** Häufigkeitsverteilung der prozentualen Abweichung von  $H'_T$  und  $f_{B/V,fu}$  für die Stichproben mit objektspezifischen und teilweise vereinfachten Bauteilkennwerten. Quelle: IWU eigene Darstellung





Trotz der unterschiedlichen Stichprobengröße lässt sich aus Bild 3-56 erkennen, dass die Abweichungen zwischen der Berechnung mit ausschließlich objektspezifischen und denen mit teilweise vereinfachten Bauteilkennwerten zwei unterschiedliche Ergebnisse erbringen.

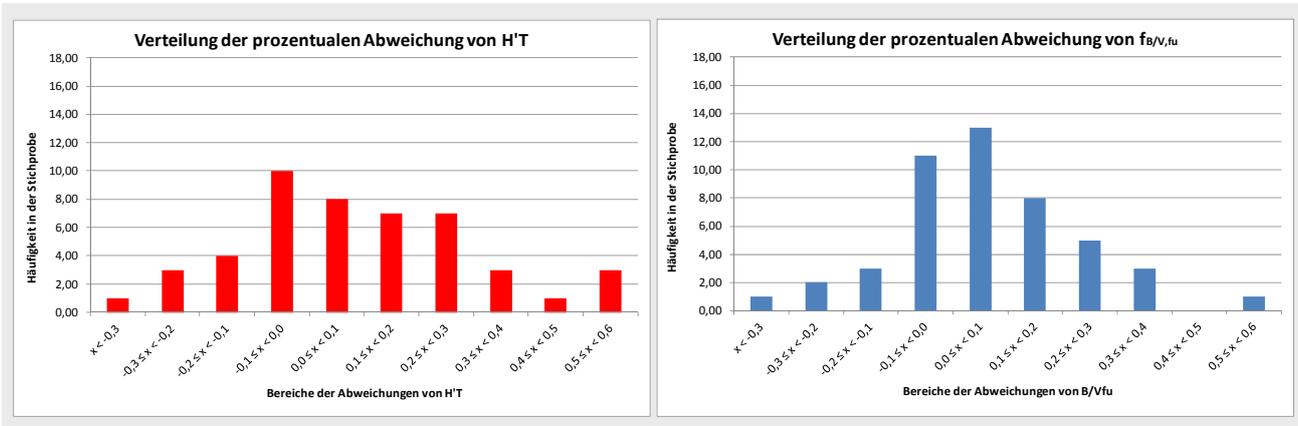
Betrachtet man zunächst die Veränderungen des Hüllflächentransferkoeffizienten  $H'_T$ , so zeigt sich bei dem Vergleich der beiden TEK-Einstellungsvarianten für Gebäude mit ausschließlich objektspezifisch eingegebenen Bauteilkennwerten eine breite Streuung. Zwar liegen die Abweichungen bei den Gebäuden überwiegend in einem Bereich von -10% bis +30%, gegenüber dem  $H'_T$  der TEK-Einstellung „Obj-Obj“, allerdings gibt es auch Abweichung, die deutlich darunter, respektive darüber liegen. Ein anderes Bild zeigt sich beim Vergleich der TEK-Einstellungsvarianten für Gebäude mit teilweise vereinfacht eingegebenen Bauteilkennwerten. Trotz der lediglich halb so großen Stichprobe ist ein Effekt deutlich erkennbar. Es sind keine der größeren Abweichungen mehr vorhanden, die Verteilung konzentriert sich eher in dem Bereich einer geringen Abweichung von -10% bis +10%. Dieser Effekt erklärt sich durch die teilweise identischen Bauteilkennwerte in beiden TEK-Berechnungen. Die Analyse zeigte, je mehr der thermischen Hüllfläche, aufgrund von fehlenden Informationen, bereits in der objektspezifischen Berechnung mit den vereinfachten Bauteilkennwerten der Bekanntmachung des BMVBS besetzt wurden, desto geringer waren auch die Abweichungen in der vereinfachten Berechnung.

Die Auswirkung eines veränderten Hüllflächentransferkoeffizienten auf den berechneten Brennstoffbedarf verhält sich erwartungsgemäß ähnlich, allerdings fallen die Abweichungen hier geringer aus. Dies liegt an dem Zusammenspiel der vielen Einflussparameter, die letztendlich den Heizenergiebedarf begründen. Nichts desto trotz stellt die energetische Qualität der thermischen Hüllfläche einen der maßgeblichen Parameter im Bezug auf die energetische Bilanz eines Gebäudes dar.

Wie in Bild 3-56 zu sehen, bewegt sich die Abweichung des errechneten Brennstoffbedarfs für die Gebäude mit rein objektspezifischen Bauteilkennwerten überwiegend im Bereich zwischen -10% und +30%. Die mittlere Abweichung beträgt bei dieser Gebäudeerhebung -10% für die negative und +17% für die positive Abweichung. Bei den Gebäuden mit teilweise vereinfachten Bauteilkennwerten fällt die Abweichung nochmals geringer aus, wie es nach der Betrachtung von  $H'_T$  auch zu vermuten war. Hier liegt die Abweichung maßgeblich bei ca. -10% bis +10%, wobei sich die Mittelwerte bei -5% für die negative und bei +7% für die positive Abweichung befinden. Allerdings ist hier noch einmal auf die deutlich geringere Stichprobengröße der Gebäude mit den teilweise vereinfachten Bauteilkennwerten hinzuweisen. Eine Verschiebung der Werte bei einer gleichgroßen Probe ist nicht auszuschließen.

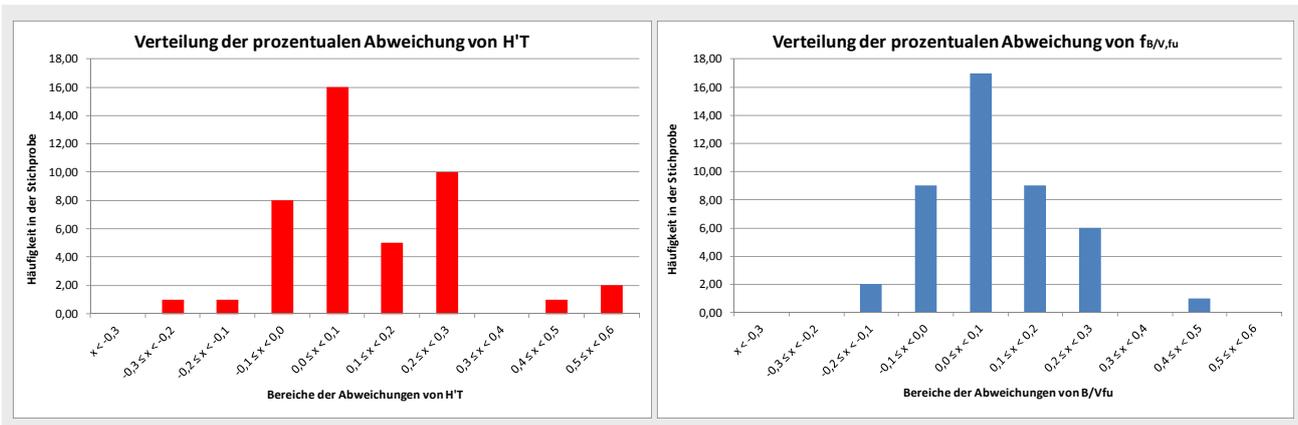
Dieses Verhalten besteht ebenfalls, wenn Teile der thermischen Hüllfläche manuell mit entsprechenden Flächen und Bauteilkennwerten den einzelnen Zonen zugewiesen werden. Diese manuell eingegebenen Daten zur thermischen Hüllfläche werden in TEK stets für die Bilanzierung verwendet, auch wenn die TEK-Berechnungsvariante von objektspezifisch auf vereinfacht geändert wird. Grund dafür ist die Annahme, dass in TEK manuell eingetragene Bauteile wohl begründet sind, sie wurden im Zuge der Bauwerksaufnahme eindeutig identifiziert und zugewiesen. Daher haben sie auch bei Wechsel der Berechnungsart weiterhin Bestand. Die Auswirkungen auf den Vergleich der beiden Berechnungsvarianten (mit objektspezifischen- und vereinfachten Bauteilkennwerten) zeigt sich in Bild 3-57 und Bild 3-58, wo zum einen alle Gebäude ohne jegliche manuelle Flächenzuweisung (insgesamt 47 Gebäude) und zum anderen alle Gebäude mit manuellen Flächenzuweisungen (insgesamt 44 Gebäude) untersucht und verglichen werden.

**Bild 3-57 Häufigkeitsverteilung der prozentualen Abweichung von  $H'_T$  und  $f_{B/V, fu}$  für die Stichprobe ohne manuell zugewiesene Bauteile der thermischen Hüllfläche**



Quelle: IWU eigene Darstellung

**Bild 3-58 Häufigkeitsverteilung der prozentualen Abweichung von  $H'_T$  und  $f_{B/V, fu}$  für die Stichprobe mit manuell zugewiesenen Bauteilen der thermischen Hüllfläche**



Quelle: IWU eigene Darstellung

Betrachtet man nun den ungünstigeren Fall, in dem möglichst wenige Daten über die thermische Hüllfläche bekannt sind, so erhält man eine qualitative Aussage über den möglichen Nutzen einer vereinfachten Zuweisung der Bauteilkennwerte. Wie bereits in 3.5.1 erläutert, sind die Abweichungen durch die vereinfacht zugewiesenen Bauteilkennwerte, angesichts der relativ geringfügigen Abweichung bei objektspezifischer Eingabe, nicht unbedeutend. Es zeigte sich, dass die objektspezifische Aufnahme eines Gebäudes definitiv die genaueren Ergebnisse beim errechneten Bedarf ergaben, was so auch zu erwarten war. Eine Kombination aus objektspezifischen und vereinfachten Bauteilkennwerten, als Ergänzung bei Unklarheiten in der Bestandsaufnahme, stellt jedoch eine nützliche Option dar. Die Analysen zeigten hier eine geringfügige Abweichung gegenüber einer gänzlich objektspezifischen Eingabe.

Der generelle Verzicht auf die objektspezifische Erhebung von Bauteilkennwerten ist nicht ratsam. Wie die Analysen gezeigt haben, ist dann durchaus auch mit größeren Abweichungen gegenüber der objektspezifischen Eingabe zu rechnen, auch wenn die Abweichungen gegenüber anderen Berechnungseinstellungen noch vergleichsweise gering ausfallen (siehe 3.5.1).

Ein Grund für die Abweichungen mit vereinfachten Bauteilkennwerten liegt unter anderem im Sanierungszustand des bestehenden Gebäudes. Oftmals ist nicht sichergestellt, ob sich das Gebäude noch im Erbauungszustand befindet, oder ob und inwiefern zwischenzeitlich Sanierungsmaßnahmen durchgeführt wurden. Ist dies der Fall, so treffen die Pauschalwerte des BMVBS nicht mehr zu. TEK bietet die Möglichkeit, nachträglich installierte Dämmung auch bei vereinfachter Berechnung zu berücksichtigen. Allerdings nur, wenn der Anwender dies im TEK-Tool auch einträgt.



Ein weiterer Grund liegt in der nicht ausreichenden Differenzierung der Kennwerte der Bekanntmachung des BMVBS. Die Bauteile in den jeweiligen Altersklassen sind lediglich nach der Konstruktionsart „massive Konstruktion“ oder „Holzkonstruktion“ unterschieden und die Baualtersklassen enden bereits ab 1995. Insbesondere modernere Bauweisen, wie das 2-schalige Mauerwerk, die Plattenbauweise oder auch ganz aktuell die Vorhangfassaden (z.B. Pfosten-Riegel-Fassaden) sind dort unberücksichtigt. Gebäude mit eben diesen Systemen kommen nun jedoch verstärkt in einen Sanierungszyklus.

Eine Erweiterung der Pauschalwerte aus der Bekanntmachung des BMVBS, wie sie z.B. in der Veröffentlichung „Typisierte Bauteilaufbauten – Präzisierung der Pauschalwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten aus der Bekanntmachung der Regeln der Datenaufnahme im Nichtwohngebäudebestand“ des Fraunhofer IRB-Verlages bereits existiert, stellt hier sicherlich eine Verbesserung dar. Insbesondere die komplexen Pfosten-Riegel-Systeme werden in Zukunft an Bedeutung bei den Bilanzierungen von Nichtwohngebäuden im Bestand zunehmen, da die zeitgenössische Architektur bei den Nichtwohngebäuden auf transparente und flexible Hüllflächen setzt.

### 3.10.2 Vergleich vereinfachte und objektspezifische Bewertungsleistung Beleuchtung

Die Beleuchtung verursacht einen maßgeblichen Anteil am Verbrauch elektrischer Energie (siehe auch Kap. 3.1.3). Die beiden im TEK-Tool implementierten Verfahren zur Berechnung der Bewertungsleistung der Beleuchtung - das vereinfachte an das Tabellenverfahren der DIN V 18599-4:2007-02 angelehnte und das objektspezifische, d.h. Aufnahme der Beleuchtungsleistung im Objekt – sollen deshalb hinsichtlich ihrer Ergebnisse verglichen werden. Für die genauere, objektspezifische Variante werden bei der Gebäudeaufnahme die Art, Leistung und Anzahl der Leuchten aufgenommen, während für die vereinfachte Berechnung nur die Leuchten- und Beleuchtungsart in den einzelnen Zonen erhoben werden müssen.

Da die vereinfachte Berechnungseingabe im TEK-Tool nicht bei allen aufgenommenen Gebäuden vollständig vorhanden ist, reduziert sich die Anzahl der hier betrachteten Gebäude von insgesamt 93 auf 39. Diese Einschränkung ist notwendig für die weitere Analyse, da bereits eine einzige falsche bzw. fehlende Angabe das Ergebnis in der entsprechenden Berechnungseinstellung verfälscht.

Um die Auswirkungen der vereinfachten und objektspezifischen Berechnungen der Beleuchtungsanlagen differenzieren zu können, ist es notwendig, dass die TEK-Einstellungs-Varianten sich ausschließlich in diesem Punkt unterscheiden. Hierzu wurde zum einen die Variante mit objektspezifischen Nutzungseinstellungen, zum anderen die Variante mit DIN-spezifischen Nutzungseinstellungen überprüft. Die Einstellungsparameter der insgesamt vier TEK-Einstellungen sind in nachstehender Tabelle 3-9 aufgeführt. Die Ergebnisse der beiden Vergleiche sind in Bild 3-59 grafisch dargestellt.

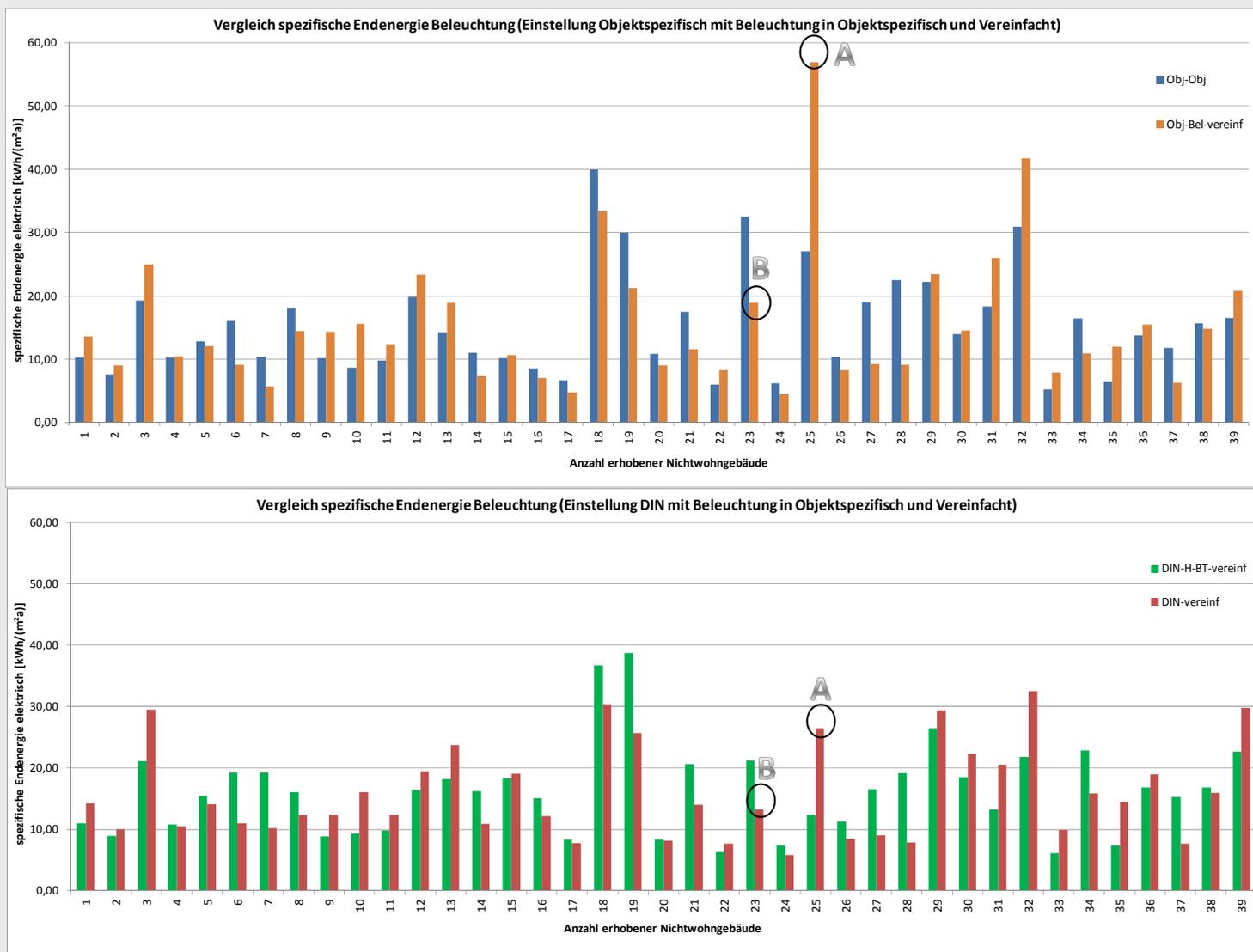
**Tabelle 3-9 Beschreibung der Einstellungen der untersuchten TEK-Einstellungsvarianten -Beleuchtung<sup>9</sup>**

| Beschreibung der jeweiligen Einstellungen           | TEK-Einstellungs-Variante |                         |                            |                   |
|---|---------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|
|   | Obj - Obj                 | Obj - Bel - vereinfacht | DIN - H - BT - vereinfacht | DIN - vereinfacht |
| • Nutzungszeiten für Zonen                          | objektspezifisch          | objektspezifisch        | nach DIN 18599             | nach DIN 18599    |
| • Interne Wärmequellen - Arbeitshilfen und Personen | objektspezifisch          | objektspezifisch        | nach DIN 18599             | nach DIN 18599    |
| • Raumsolltemperaturen                              | objektspezifisch          | objektspezifisch        | nach DIN 18599             | nach DIN 18599    |
| • Flächen der thermischen Gebäudehülle              | objektspezifisch          | objektspezifisch        | vereinfacht                | vereinfacht       |
| • Bauteilkennwerte der thermischen Gebäudehülle     | objektspezifisch          | objektspezifisch        | vereinfacht                | vereinfacht       |
| • Berechnungsmodus der Beleuchtungsanlagen          | objektspezifisch          | vereinfacht             | objektspezifisch           | vereinfacht       |

Quelle: IWU eigene Darstellung

<sup>9</sup> Zur Erläuterung der Abkürzungen für die Berechnungsvarianten siehe Kap. 2.

**Bild 3-59** Vergleich der spezifischen elektrischen Endenergie der Beleuchtung für die Berechnungseinstellungen mit objektspezifischen Nutzungsparametern „Obj-obj“ und „Obj-Bel-vereinfacht“ (oben) bzw. Standard-Nutzungsparametern „DIN –H-BT-vereinfacht“ und „DIN-vereinfacht“ (unten) gemäß Tabelle 3-9



Quelle: IWU eigene Darstellung



Bild 3-59 zeigt, dass die berechneten Endenergiebedarfe für Beleuchtung der Gebäude in der objektspezifischen und der vereinfachten Berechnungseinstellung für Beleuchtung von Gebäude zu Gebäude unterschiedlich stark voneinander abweichen. Dies hat unterschiedliche Ursachen, die an den markierten Beispielen „A“ und „B“ im Folgenden kurz erläutert werden.

In Beispiel A übersteigt das Ergebnis der vereinfachten Berechnung das der objektspezifischen Berechnung um 210%. Diese ausgeprägte Abweichung ist in der Art der Beleuchtung begründet. In diesem Gebäude sind in großem Ausmaß Glühlampen und Halogenglühlampen installiert. Während in der objektspezifischen Berechnung wie gehabt die Lampenleistung, Lampenanzahl und der entsprechende Faktor  $k_{BG}$  für die spezifische elektrische Bewertungsleistung herangezogen werden, ist die Ursache für die Abweichung bei der vereinfachten Berechnung im Faktor  $k_L$  der DIN 18599-4 zu finden. Hier werden für Glühlampen und Halogenglühlampen die sehr hohen Werte von 6 bzw. 5 angesetzt. Dies führt aufgrund der hohen Anzahl dieser Leuchten zu einer weit höheren spezifischen Bewertungsleistung und somit letztendlich auch zu einer deutlich größeren spezifischen Endenergie für die Beleuchtung. Diese Auswirkungen ließen sich auch in abgeschwächter Form bei anderen Gebäuden beobachten.

In Beispiel B hingegen unterschreitet die vereinfachte Berechnung der spezifischen Endenergie die objektspezifische Berechnung um ca. 40%. Ursache dafür ist eine der Vereinfachungen. Werden in der objektspezifischen Berechnung alle real verbauten Lampenarten in Anzahl und Leistung eingegeben, so kann man in der vereinfachten Berechnung lediglich eine Lampenart angeben. Gibt es nun keinen eindeutigen Schwerpunkt bei den verschiedenen Lampenarten, ist zwangsläufig eine Über- oder Unterschätzung die Folge, da nur eine Lampenart für die Berechnung herangezogen wird.

Die generellen Unterschiede im Niveau der beiden Grafiken ergeben sich aus den unterschiedlichen Nutzungszeiten der Zonen bei objektspezifischen und Standard-Nutzungsparametern. Als Folge sinkt oder steigt der spezifische elektrische Endenergiebedarf für die Beleuchtung. Die Abweichungen zwischen den Berechnungseinstellungen für die Beleuchtung sind tendenziell in beiden Berechnungseinstellungen für die Nutzungsparameter gleich.

Somit zeigt die Analyse der verschiedenen Berechnungsvarianten für die Beleuchtung, dass die Größe der Abweichung von den realen Befunden abhängt. Gibt es sehr unterschiedliche, aber homogen verteilte Beleuchtungsarten, ist die objektspezifische Berechnung wesentlich präziser als der vereinfachte Ansatz. Gleiches gilt bei Gebäuden mit einer großen Anzahl an veralteten Leuchtmitteln wie Glühlampen. Gibt es hingegen in einer Zone nur eine Lampenart, ergibt der vereinfachte Ansatz Werte, die nahe an der objektspezifischen Berechnung liegen, jedoch bei deutlich geringerem Arbeitsaufwand.

## 3.11 Referenz-Teilenergiekennwerte

### 3.11.1 Eigenschaften der Referenz-Teilenergiekennwerte in TEK

In einer energetischen Analyse mit der TEK-Methodik werden viele Teilenergiekennwerte eines Gebäudes, kurz Objekt-TEKs, gebildet, um den Energieaufwand für verschiedene Energiedienstleistungen in den unterschiedlichen Nutzungszonen transparent zu machen. Solche Angaben sind dann besonders nützlich, wenn eine Bewertungsskala angibt, ob ein Teilenergiekennwert in dieser konkreten Situation im Gebäude als hoch, mittel oder niedrig zu bewerten ist. Zur diesem Zweck werden in TEK sogenannte Referenz-Teilenergiekennwerte, kurz Referenz-TEKs, in fünf Energieaufwandsklassen angegeben.

Die Referenz-TEKs werden für definierte Sets von Randbedingungen für jedes Gewerk und jede Nutzungszone mit dem TEK-Tool der gleichen Version wie die Objekt-TEKs bestimmt. Ein Modellgebäude mit vorgegebener Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung sowie typischen Zonen-Geometrien ist die Grundlage. Es werden das Standardklima der DIN V 18599:2007-02 und die Standardnutzungsprofile nach DIN V 18599-100:2009 Teil 10 Tabelle 4 verwendet. Für jede Energieaufwandsklasse werden unterschiedliche Ausprägungen von Baukörper und Anlagentechnik angenommen. Die Randbedingungen der Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Gering“ entsprechen etwa dem heutigen Neubaustandard, also dem Referenzgebäude der EnEV 2009.

Eine Anpassung der Referenz-TEKs an das Untersuchungsobjekt wird vorgenommen, wenn sich die Energieträger oder das A/V-Verhältnis unterscheiden, abweichende Nutzungszeiten oder eine reine Abluftanlage vorliegen. Details zur Festlegung der Referenz-TEKs sind in der Beschreibung zur TEK-Methodik<sup>10</sup> enthalten. Die Referenz in TEK ist also anders definiert als das Referenzgebäude nach EnEV, das hinsichtlich Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung mit dem zu berechnenden Objekt übereinstimmt. In TEK wirkt sich dadurch eine energetische Optimierung der Kubatur oder der Ausrichtung positiv auf die Bewertung der Objekt-TEKs aus.

### 3.11.2 Anwendung von Referenz-Teilenergiekennwerten

#### Schwachstellenanalyse

In TEK werden Objekt-TEKs mit Referenz-TEKs zur schnellen Schwachstellenanalyse verglichen. Die Objekt-TEK werden für Zonen, Nutzungseinheiten und das ganze Gebäude gebildet und auf Endenergieebene mit Hilfe von Referenz-TEKs bewertet. Dies geschieht auf Zonenebene jeweils für den Endenergiekennwert, die spezifische Leistung und die Vollbetriebszeit, vgl. Bild 3-60.

**Bild 3-60 Schwachstellenanalyse mit Teilenergiekennwerten auf Zonenebene im TEK-Tool am Beispiel der Gewerke Heizung und Beleuchtung**

| 3.1 Heizung                 |                |              |                   |                            |           |       |        |                         |       |       |
|-----------------------------|----------------|--------------|-------------------|----------------------------|-----------|-------|--------|-------------------------|-------|-------|
| Nr. und Name                | Std.-nutzung   | Fläche<br>m² | Nutz.-<br>einheit | Ist-Wert Zone (Endenergie) |           |       |        | Vergleichswert - gering |       |       |
|                             |                |              |                   | TEK-Bew.ert.               | kWh/(m²a) | W/m²  | h/a    | kWh/(m²a)               | W/m²  | h/a   |
| 1) Einzelbüro Nord          | 01 Einzelbüro  | 463          | 1                 | Hoch                       | 258,3     | 110,0 | 2346,8 | 48,5                    | 99,7  | 487   |
| 2) Saal-Vorraum             | 04 Sitzung     | 39           | 2                 | Hoch                       | 272,1     | 453,6 | 600,0  | 82,1                    | 283,1 | 290   |
| 3) Einzelbüro Süd           | 01 Einzelbüro  | 561          | 1                 | Sehr hoch                  | 295,8     | 171,8 | 1721,5 | 48,5                    | 99,7  | 487   |
| 4) Verkehrsflächen          | 19 Verkehrsflä | 265          | 1                 | Gering                     | 50,1      | 28,2  | 1778,0 | 52,2                    | 23,5  | 2.223 |
| 5) Foyer                    | 19 Verkehrsflä | 87           | 1                 | Hoch                       | 197,2     | 95,2  | 2070,6 | 52,2                    | 23,5  | 2.223 |
| 6) WC, Sanitär              | 16 WC, Sanitär | 76           | 1                 | Hoch                       | 422,9     | 176,5 | 2395,9 | 119,2                   | 273,2 | 436   |
| 7) Lager / Technik / Archiv | 20 Lager, Tect | 558          | 4                 |                            |           |       |        |                         |       |       |
| 8) Saal                     | 04 Sitzung     | 169          | 2                 | Hoch                       | 253,6     | 435,2 | 582,7  | 82,1                    | 283,1 | 290   |
| 9) Serverraum               | 21 Rechenzen   | 5            | 3                 | Gering                     | 22,0      | 74,3  | 296,1  | 23,4                    | 53,5  | 437   |
| 10) Nebenflächen            | 18 Nebenfläch  | 15           | 1                 | Hoch                       | 211,3     | 83,7  | 2525,7 | 54,3                    | 25,9  | 2.098 |

| 3.2 Beleuchtung             |                |              |                             |                            |           |      |        |                         |      |       |
|-----------------------------|----------------|--------------|-----------------------------|----------------------------|-----------|------|--------|-------------------------|------|-------|
| Nr. und Name                | Std.-nutzung   | Fläche<br>m² | Nr. Beleuch-<br>tungsanlage | Ist-Wert Zone (Endenergie) |           |      |        | Vergleichswert - gering |      |       |
|                             |                |              |                             | TEK-Bew.ert.               | kWh/(m²a) | W/m² | h/a    | kWh/(m²a)               | W/m² | h/a   |
| 1) Einzelbüro Nord          | 01 Einzelbüro  | 463          | 1                           | Gering                     | 17,7      | 12,4 | 1428,4 | 20,0                    | 17,2 | 1.160 |
| 2) Saal-Vorraum             | 04 Sitzung     | 39           | 7                           | Sehr gering                | 0,3       | 5,8  | 59,4   | 1,8                     | 15,6 | 118   |
| 3) Einzelbüro Süd           | 01 Einzelbüro  | 561          | 1                           | Gering                     | 18,0      | 12,4 | 1457,0 | 20,0                    | 17,2 | 1.160 |
| 4) Verkehrsflächen          | 19 Verkehrsflä | 265          | 2                           | Hoch                       | 15,9      | 8,8  | 1800,0 | 2,4                     | 4,5  | 537   |
| 5) Foyer                    | 19 Verkehrsflä | 87           | 5                           | Mittel                     | 8,5       | 14,2 | 598,0  | 2,6                     | 4,5  | 575   |
| 6) WC, Sanitär              | 16 WC, Sanitär | 76           | 6                           | Mittel                     | 18,5      | 14,9 | 1246,4 | 3,5                     | 9,0  | 390   |
| 7) Lager / Technik / Archiv | 20 Lager, Tect | 558          | 3                           | Hoch                       | 3,6       | 6,1  | 593,6  | 1,3                     | 3,0  | 423   |
| 8) Saal                     | 04 Sitzung     | 169          | 4                           | Gering                     | 0,7       | 9,4  | 71,0   | 0,7                     | 15,6 | 43    |
| 9) Serverraum               | 21 Rechenzen   | 5            | 3                           | Sehr gering                | 19,9      | 6,1  | 3276,0 | 29,2                    | 14,6 | 1.996 |
| 10) Nebenflächen            | 18 Nebenfläch  | 15           | 3                           | Hoch                       | 1,9       | 6,1  | 308,2  | 1,1                     | 3,0  | 365   |

Zusätzlich werden als Vergleich die Werte der Energieaufwandsklasse „Gering“ angegeben. Sobald die Analyse des IST-Zustands fertig gestellt ist, liegt also auch unmittelbar die Bewertung und Kennzeichnung der Schwachstellen vor und damit Ansatzpunkte für die energetische Optimierung. Außerdem kann über den

<sup>10</sup> ([IWU 2013a], Teilenergiekennwerte von Nichtwohngebäuden (TEK) - Berechnungsgrundlagen des TEK-Tools (Version 6.2))



Vergleich mit der Klasse „Gering“ ein strategisches Einsparpotenziale abgeschätzt werden, das erreichbar erscheint, wenn das Gebäude umfassend energetisch auf einen Standard modernisiert würde, der den Referenzgebäude der EnEV 2009 entspräche.

Die Primärenergie-Kennwerte werden zusätzlich auf die Gebäudeebene aggregiert und bewertet.

### **Objektspezifische Benchmarks**

Eine weitere Anwendung von Teilenergiekennwerten stellen die sogenannten objektspezifischen Benchmarks dar. In der EnEV Luxembourg werden Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Mittel“ zur Bewertung von Energieverbrauchskennwerten genutzt. Verbrauchskennwerte werden nach den Regeln für Energieverbrauchsausweise bereinigt und aufbereitet. Zur Bildung des Referenz Kennwertes wird das betreffende Gebäude nach den wichtigsten Nutzungen zoniert, denen für alle vorhandenen Gewerke die betreffenden Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Mittel“ zugeordnet werden.

Der Vorteil dieses Vergleichsmaßstabs gegenüber den statistisch ermittelten Vergleichskennwerten nach EnEV 2007 ist, dass im konkreten Objekt vorhandene besondere Nutzungsstrukturen oder Anlagenausstattungen in der Bewertung berücksichtigt werden können. Der Stromverbrauchskennwert eines Bürogebäudes z.B. wird dann nicht nur deshalb schlecht bewertet, weil es mit Rechenzentrum, Küche und Kantine ausgestattet ist. Es wird an einem Vergleichsmaßstab gemessen, der solche Nutzungszonen mit einer durchschnittlichen Effizienz berücksichtigt. Dafür ist ein höherer Aufwand bei der Ersteinschätzung eines Gebäudes erforderlich. Um für ein konkretes Gebäude den objektspezifischen Benchmark zu ermitteln, sind die im Gebäude vorkommenden Nutzungszonen und Energiedienstleistungen zu ermitteln. Dafür ist allerdings keine Datenaufnahme vor Ort notwendig.

Die Erfahrung mit dem Instrument der objektspezifischen Benchmarks ist überwiegend positiv. Die Methodik wurde auch für die energetische Bewertung im DGNB-Nutzungsprofil Bestand Büro- und Verwaltungsgebäude, Version 2013, Kriterium BBV13-01 Treibhauspotenzial/Nutzungsphase übernommen.

### **Verbrauchsstrukturanalyse**

Im Forschungsprojekt Verbrauchsstrukturanalyse (VSA)<sup>11</sup> wird eine weitere Stufe der Vereinfachung bei der energetischen Bewertung von Nicht-Wohngebäuden konzipiert. Die Bewertung erfolgt dabei nicht mehr über eine Energiebilanzrechnung. Stattdessen werden die Eigenschaften der Gebäudehülle und der technischen Systeme – wo sinnvoll auch nach Nutzungszonen differenziert - mit tabellierten Teilenergiekennwerten hinsichtlich ihrer Energieeffizienz beschrieben. Bewertungshilfen (vgl. Bild 3-61), die am Gebäude oder den Anlagen feststellbare Qualitäten einer Energieaufwandsklasse zuordnen, unterstützen bei der Festlegung der zugehörigen Teilenergiekennwerte. So wird ein Energiebedarfskennwert des Gebäudes synthetisiert und am Energieverbrauchskennwert kalibriert. Setzt man alle Teilenergiekennwerte in dem synthetisierten Energiebedarfskennwert auf die Energieaufwandsklasse „Gering“, so lässt sich ein strategisches Einsparpotenzial für den Fall abschätzen, dass alle Teile der Gebäudehülle und die technischen Anlagen auf den Neubaustandard gemäß Referenzgebäude der EnEV 2009 modernisiert würden.

Nach ersten Erfahrungen gelingt eine energetische Bewertung eines Nichtwohngebäudes mit Abschätzung des strategischen Einsparpotenzials auf diese Weise in wenigen Stunden bei einer Begehung vor Ort.

---

<sup>11</sup> Entwicklung, Erprobung und Einführung einer differenzierten Verbrauchsstrukturanalyse für bestehende Nichtwohngebäude mit Förderung des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV) aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) 2009 bis 2014 (RWB-EFRE-Programm)

**Bild 3-61** Bewertungshilfe für die Klassifizierung einer Beleuchtungsanlage anhand der im Raum ablesbaren Eigenschaften

The form consists of seven rows, each with a property label on the left and a slider on the right. The sliders are marked with values and have a shaded area indicating the selected range.

- Präsenzmelder (Vorhandensein):** ja (left), nein (right). Shaded area is approximately 20% from the left.
- Steuerung:** dimmend ausschaltend (left), dimmend absenkend (middle), manuell (right). Shaded area is approximately 60% from the left.
- Lampenart:** Metallhalogendampf, EVG; (left); Leuchtstofflampe, stabförmig EVG; (middle-left); Leuchtstofflampe, stabförmig KVG (middle-right); Leuchtstofflampe, kompakt, externes VVG (right); Leuchtstofflampe, kompakt, integr. (far right). Shaded area is approximately 40% from the left.
- Beleuchtungsart:** direkt (left), direkt/indirekt (middle), indirekt (right). Shaded area is approximately 60% from the left.
- Raumgeometrie Tageslichtsituation:** Raumhöhe hoch, Fenster hoch, Sturz deckennah, Raumtiefe gering (left); Raumhöhe gering, Fenster niedrig, Sturz tief, Raumtiefe hoch (right). Shaded area is approximately 40% from the left.
- Horizontalverschattung:** keine (left), mittel (middle), hoch >40° (right). Shaded area is approximately 60% from the left.
- Überhangverschattung:** keine (left), mittel (middle), hoch >60° (right). Shaded area is approximately 60% from the left.

**Bild 3-62** Beschreibung der Effizienzstandards, die den fünf Energieaufwandsklassen von TEK-6.2\_DB-3.54 entsprechen

|          |             |   |
|----------|-------------|---|
| <b>A</b> | Sehr gering | Entspricht einem Gebäude, mit fortgeschrittenen Effizienztechniken (z.B. Passivhaus-Komponenten). |
| <b>B</b> | gering      | Entspricht einem Gebäude mit marktgängigen Effizienztechniken (Referenzgebäude EnEV 2009)         |
| <b>C</b> | mittel      | Entspricht etwa den Vergleichswerten des Energieverbrauchsausweises nach EnEV 2009 [BMVBS 2009b]  |
| <b>D</b> | hoch        | Entspricht etwa den Vergleichswerten des Energieverbrauchsausweises nach EnEV 2007 [BMVBS 2009b]  |
| <b>E</b> | Sehr hoch   | Entspricht nicht modernisierten Bestandsgebäuden mit offensichtlichen energetischen Defiziten     |

### Energieaufwandsklassen und Effizienzstandards

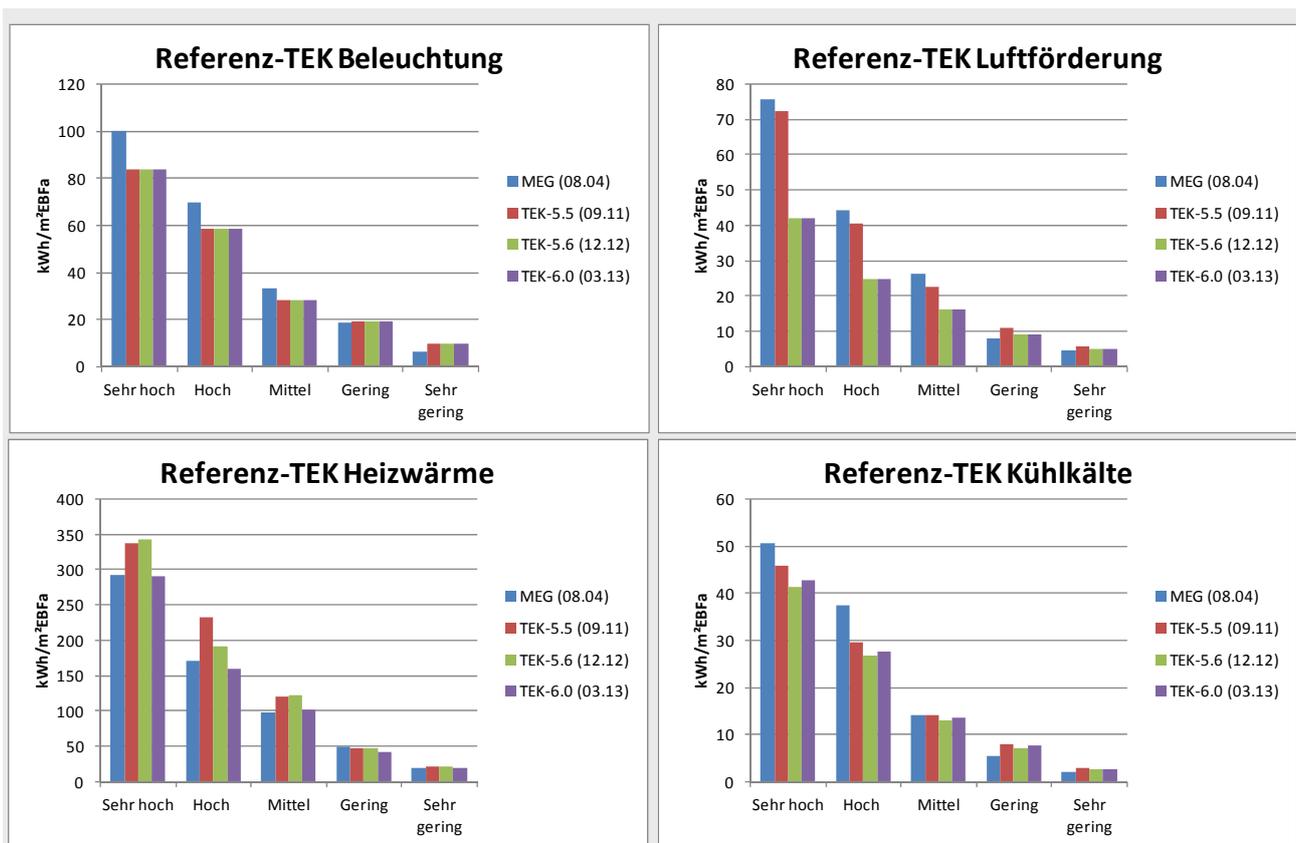
Einen Fixpunkt bei der Definition der Referenz-TEKs stellt die Energieaufwandsklasse „Gering“ dar, für die die Randbedingungen der Berechnung so gewählt wurden, dass sie etwa den Anforderungen des Referenzgebäudes der EnEV 2009 an einen Neubau entsprechen. Sie sind mit marktgängigen Techniken auch im Gebäudebestand erreichbar. Die Randbedingungen der Energieaufwandsklasse „Sehr gering“ orientieren sich an den besten am Markt verfügbaren Effizienztechniken für Gebäude, wie z.B. Passivhauskomponenten.

Die Randbedingungen der anderen Energieaufwandsklassen wurden aus Erfahrungen mit Gebäudetypologien und Energieanalysen bestehender Gebäude mehr oder weniger frei gewählt. In Bild 3-62 ist dargestellt und beschrieben, welchen Effizienzstandards die Energieaufwandsklassen in etwa entsprechen. Diese Einordnung wird durch die Ergebnisse der Plausibilitätsüberprüfung der Bewertungsskala in Kap. 3.11.4 bestätigt.

### 3.11.3 Entwicklung der Referenz-Teilenergiekennwerte bis zur Version TEK-6.2

Trotz Änderungen an den Randbedingungen zur Berechnung der Referenz-TEK, wie in Bild 3-63 zu sehen, bleiben die meisten Bewertungen von Objekt-TEK über die verschiedenen TEK-Versionen recht konstant. Das verwundert nicht, da ja beide mit denselben Algorithmen berechnet werden und die Energieaufwandsklassen eine gewisse Bandbreite haben.

**Bild 3-63** Entwicklung der Referenz-Teilenergiekennwerte in den verschiedenen Versionen des TEK-Tools und im Vorläuferprojekt MEG für das Nutzungsprofil Einzelbüro



Änderungen gab es insbesondere bei den Randbedingungen für die Referenz-TEK Luftförderung ab der Version TEK-5.6. Der Sprung ist in Bild 3-63 unter Referenz-TEK Luftförderung gut zu erkennen. Die Anwendung von Referenz-TEK der Klasse „Mittel“ für objektspezifische Benchmarks in der EnEV Luxemburg hatte gezeigt, dass die Annahmen zur Art der Volumenstromregelung, zu den Dimensionierungsfaktoren und Betriebszeiten für einige Nutzungsprofile zu hohe Referenzwerte lieferten. Weiterhin wurde bei der Berech-

nung der Specific Fan Power (SFP) einer RLT-Anlage folgende Änderung vorgenommen: Nach DIN EN 13779:2007-09 Anhang D.2. ist die gesamte elektrische Leistung der Zu- und Abluft-Ventilatoren auf den Abluftvolumenstrom der Anlage zu beziehen (nicht auf die Summe aus Zu- und Abluftvolumenstrom)!

Bei der Beleuchtung wurde die Anpassung der Referenz-TEKs nach Fensterflächenanteil herausgenommen, da dies eine Gebäudeeigenschaft ist. Wird der Tageslichtdeckungsgrad durch Optimierung der Fensterflächen verbessert, darf das Gewerk auch besser bewertet werden.

Die Anpassung der Referenz-TEKs Beleuchtung über die Nutzungszeit bleibt erhalten. Auch in den Gewerken Luftförderung, Kühlung, Hilfsenergie Kälte und Dampf ist eine Anpassung für Referenz-TEKs an die Nutzungszeit erforderlich. Der Anpassungsfaktor wird aus dem Verhältnis der tatsächlichen Nutzungszeit zu Standardnutzungszeit gebildet und über die Vollbetriebszeit implementiert.

Generell wurde die Anlagenbewertung überarbeitet. In der Anlagenbewertung bei mehreren Wärme- bzw. Kälteerzeugern konnten sich Vollbetriebszeiten größer als 8760 h/a ergeben. Das geänderte Verfahren liefert plausible Werte. Dazu wird die Endenergie den Erzeugern nach Deckungsanteil zugeordnet. Bei Heizungsanlagen wird eine Feuerungswärmeleistung aus der Nennleistung nach TEK ( $= 1,3 \cdot \text{Gebäude-Heizlast}$ ) mal mittlerer Erzeugeraufwandszahl, bei Kälteerzeugern eine elektrische Aufnahmeleistung aus der maximalen Kälteleistung der Erzeuger durch mittlerer EER gebildet und zu gleichen Teilen auf die einzelnen Erzeuger umgelegt. Die Vollbetriebszeit pro Erzeuger ergibt sich als Quotient aus Endenergiebedarf und anteiliger Leistung. Grundlasterzeuger erhalten dadurch eine entsprechend höhere Vollbetriebszeit als Spitzenlasterzeuger.

### 3.11.4 Plausibilität der Referenz-Teilenergiekennwerte

#### Grundlagen

Die schnelle und übersichtliche Schwachstellenanalyse mit Referenz-TEKs über alle Zonen und Gewerke ist ein wichtiges Element der TEK-Methode. Zwar erkennen erfahrene Energieberater viele energetische Schwachstellen vermutlich auch ohne den Vergleich von Teilenergiekennwerten, mit Teilenergiekennwerten wird jedoch auch eine schnelle, quantitative Einschätzung eines Einsparpotenzials möglich. Deshalb sollten die Referenz-TEKs so gesetzt sein, dass die Bewertung von Objekt-TEKs und Verbrauchskennwerten zu plausiblen Aussagen führt.

Von den Anwendern des TEK-Tools in der Feldphase wurden keine problematischen Bewertungen rückgemeldet. In wie weit die Schwachstellenbewertung genutzt wurde, um die Modernisierungsmaßnahmen zu identifizieren, wurde allerdings nicht detailliert erhoben. Aufgrund der Rückmeldungen aus der Anwendung der Referenz-TEKs der Klasse „Mittel“ für objektspezifische Benchmarks in der EnEV Luxembourg wurden, wie oben erwähnt, einige Anpassungen für die Referenz-TEKs abgeleitet.

Eine Validierung anhand der Vergleichswerte des Energieverbrauchsausweises der EnEV 2007 war in einer frühen Phase des TEK-Projekts bereits durchgeführt worden und hatte zu plausiblen Ergebnissen geführt. Da nach der Feldphase eine gründliche Überarbeitung des TEK-Tools mit Fehlerbereinigung vorgenommen worden war, wurde der Abgleich mit den Referenz-TEKs der Version TEK-6.2\_DB-3.54 nun wiederholt und die Plausibilität noch einmal überprüft. Da TEK für die energetische Bilanzierung von Bestandsgebäuden gemacht ist, wurden die überarbeiteten Referenz-TEKs anhand der Vergleichswerte für den Energieverbrauchsausweis in [BMVBS 2009a]<sup>12</sup> validiert. Es wurde der Frage nachgegangen, ob die Referenz-TEKs im

---

<sup>12</sup> Die Vergleichswerte für den Energieverbrauchsausweis sind im Bereich der Nichtwohngebäude nach den Gebäudekategorien des Bauwerkszuordnungskatalogs (BWZK) gegliedert. Sie stammen in einem ersten Schritt überwiegend aus einer Auswertung von Daten öffentlicher Gebäude. In [BMVBS 2009b] wurde die Datenbasis auf privat genutzte Gebäude erweitert. Energieverbrauchskennwerte können durch nutzungsbedingte Einflüsse bei sonst gleichen Randbedingungen stark variieren. Deshalb wurden die Vergleichswerte für die EnEV 2007 statistisch ermittelt. Sie stellen also Mittelwerte über viele, existierende Gebäude gleicher Kategorie aber höchst unterschiedlicher Baualter, Nutzungen und energetischer Qualitäten dar, die auch den Gebäudebetrieb widerspiegeln. Soweit bekannt, wurden die Roh-Daten der Gebäude Plausibilitätskontrollen unterzogen und um



Vergleich zu diesen Vergleichswerten zu einer sinnvollen und nachvollziehbaren Einordnung eines Gebäudes in eine Energieaufwandsklasse führen und ob die Bezeichnungen wie „Mittel“, „Hoch“ und „Sehr hoch“ plausibel sind?

Bei den Vergleichswerten für den Energieverbrauchsausweis nach EnEV handelt es sich um Mittelwerte über viele Gebäude unterschiedlichster Ausprägungen. Anders ausgedrückt sind dort virtuelle Gebäude verschiedener Kategorien mit Eigenschaften abgebildet, die über eine große Stichprobe realer Gebäude gemittelt sind. Die Vergleichswerte stellen den Energieverbrauch dieser virtuellen Gebäude dar und ergeben sich als der mittlere Energieverbrauch der Gebäude gleicher Gebäudekategorie in der Stichprobe. Um die Referenz-TEKs auf Plausibilität zu testen, wurden virtuelle Gebäude verschiedener Kategorien mit mittleren Flächenanteilen an Haupt- und Nebennutzflächen, Verkehrs- und Funktionsflächen wie in [BMVBS 2009a] definiert, denen für die jeweilige Kategorie ein typischer Mix von Nutzungsprofilen zugewiesen wurden. Die mittleren Flächenanteile der Nutzungszonen pro Gebäudekategorie konnten teilweise aus den Gebäuden der TEK-Feldphase abgeleitet werden (vgl. Kap. 3.2.3). Der Bedarf der virtuellen Gebäude an elektrischer Energie und Brennstoff / Fernwärme wurde mit den Referenz-TEKs für alle Nutzungszonen und die bei dieser Kategorie anzunehmenden Energiedienstleistungen in verschiedenen Energieaufwandsklassen synthetisiert.

Es werden also mittlere, gemessene Verbrauchswerte, die aus statistischen Erhebungen von tatsächlichen Gebäuden abgeleitet wurden, mit Bedarfswerten verglichen, die im TEK-Tool auf Basis der Referenz-TEKs berechnet wurden. Dazu ist eine Korrektur erforderlich, die den systematischen Abweichungen der Bedarfsberechnungen des TEK-Tools mit Standardnutzungsparametern gegenüber dem Verbrauch Rechnung trägt. Solche Korrekturfaktoren wurden in den Kap. 3.6.5 und 3.7.4 aus dem Vergleich von Verbrauch und Bedarf der in der TEK-Feldphase analysierten 93 Gebäude in der TEK-Datenbasis abgeleitet. Dabei wurden unterschiedliche Einflussgrößen in einer multiplen Regression berücksichtigt. Verbrauchskennwerte in [BMVBS 2009a] werden mit Heizwert-Bezug angegeben, Bedarfsberechnungen im TEK-Tool haben einen Brennwert-Bezug. Auch dieser Unterschied wird im Vergleich korrigiert. Großen Einfluss nehmen auch die Randbedingungen der Nutzungsprofile, die den virtuellen Testgebäuden in den verschiedenen Kategorien zugewiesen werden. So sind für die Nutzungsprofile auch typische Nutzungsstunden festgelegt, z.B. für die Nutzung „WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden“ 2750 h/a. Wird diese Nutzung aber in einem Schulgebäude modelliert, das als Ganzes nur 1400 h/a Nutzung hat, oder in einem Handelsgebäude mit 3600 h/a so muss die Nutzungszeit angepasst werden. Für die virtuellen Gebäude wurde eine Nettogrundfläche von 5.000 m<sup>2</sup> angenommen, so dass keine Korrektur der Ref-TEKs hinsichtlich Gebäudegröße vorgenommen werden musste.

### **Vergleich EnEV 2007 mit Referenz-Teilenergiekennwerten der Energieaufwandsklasse „Hoch“**

Ausgangspunkt stellen die Vergleichswerte für den Energieverbrauchsausweis nach EnEV 2007 dar, die auf den Brennwert umgerechnet wurden. Für den Plausibilitätstest wurden die Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Hoch“ herangezogen, die nach der Wahl der Randbedingungen für die Berechnungen einem weitgehend unsanierten Gebäudebestand entsprechen sollten, wie er vermutlich für die überwiegende Mehrheit der Gebäude in der Stichprobe für den Energieverbrauchsausweis 2007 zutrifft. Lediglich für die Arbeitshilfen, also hauptsächlich die Ausstattung mit EDV-Geräten, wurde eine Ausnahme gemacht und die Energieaufwandsklasse „Mittel“ gesetzt, da in diesem Bereich eine deutlich höhere Erneuerungsrate als bei Gebäuden und Anlagen anzunehmen ist. Ein beispielhaftes Ergebnis zeigt Bild 3-64 für ein Verwaltungsgebäude mit höherer technischer Ausstattung (BWZK 1320). Die gesamte Nettogrundfläche von 5.000 m<sup>2</sup> wurde als beheizt und beleuchtet, zentrale Warmwasserversorgung nur in den Hauptnutzflächen, mechanische Lüftung nur in Besprechungsräumen und Gruppen- und Großraumbüros, die im statistischen Durchschnitt der TEK-Gebäude vorkamen, angenommen. Mechanische Kühlung wurde nur im Serverraum, an

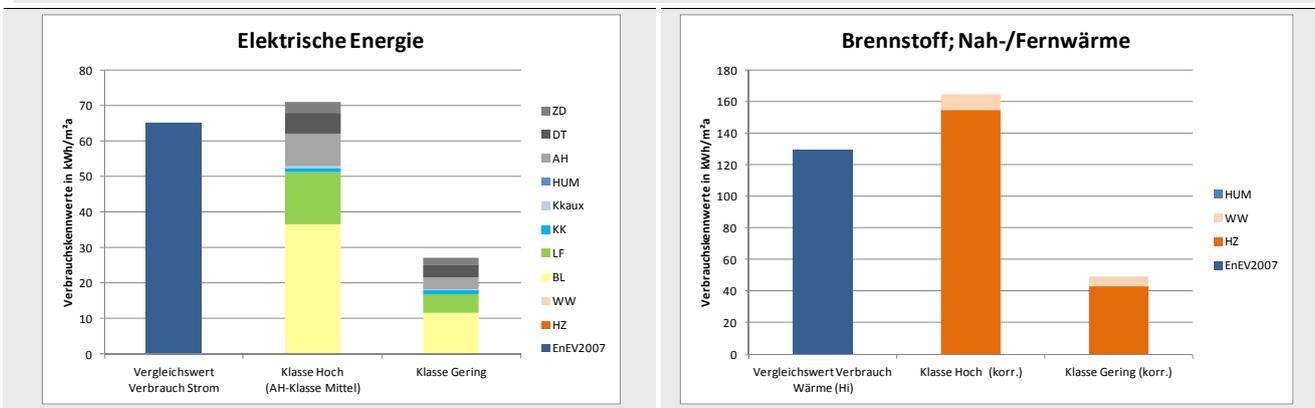
---

Ausreißer bereinigt. Die Vergleichswerte der EnEV 2009 sind später durch eine pauschale Verschärfung um durchschnittlich 30% aus den Werten der EnEV 2007 abgeleitet worden.

zentralen Diensten nur Schwachstromanlagen und bei diverser Technik nur Heizungspumpen und Aufzüge berücksichtigt.

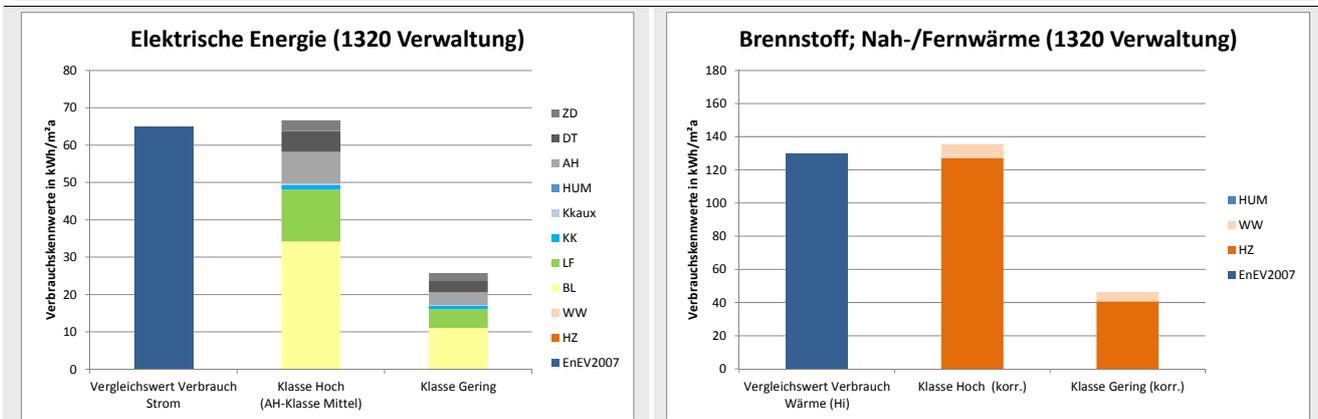
**Bild 3-64 Vergleichswerte des Energieverbrauchs ausweises 2007 und Referenz-TEKs der Energieaufwandklasse „Hoch“ ohne Bedarfs-Verbrauchs-Korrektur für Verwaltungsgebäude mit höherer technischer Ausstattung (BWZK 1320)**

| Angaben zum Gebäude                        |        |                   | Legende                  | Referenzwert TEK (Bedarf)            | Verh. Bedarf / Verbrauch         |
|--|--------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Testgebäude                                |        |                   | Eingabefeld              | [kWh/m <sup>2</sup> a]               |                                  |
| Validierung der Referenz-TEKs V 6.2        |        |                   | Ergebnisfeld             | Wärme (Hs) 183 Hoch                  | f <sub>B/V,Wärme</sub> 141%      |
| anhand der                                 |        |                   |                          | Strom 71 Hoch                        | f <sub>B/V,Strom</sub> 109%      |
| Vergleichswerte des Verbrauchsausweises    |        |                   | Vergleichsstandard       | 1 / f <sub>Hs/Hi</sub> 0,901         |                                  |
|  |        |                   | EnEV 2007                | fv/b, fu 1,0000 keine                |                                  |
|  |        |                   |                          | fv/b, el 1,0000                      |                                  |
| Gebäudekategorie der Liegenschaft          |        |                   | Vergleichswert Verbrauch | Referenzwert TEK (Bedarf korrigiert) | Verh. Bedarf (korr.) / Verbrauch |
| BWZK                                       | NGF    |                   | [kWh/m <sup>2</sup> a]   | [kWh/m <sup>2</sup> a]               |                                  |
| (RiLi BMWBS)                               | RiLi   | [m <sup>2</sup> ] | Wärme (Hi) 130           | Wärme (Hi) 165 Hoch                  | f <sub>B/V,Wärme</sub> 127%      |
| Verwaltungsgebäude_mit_höherer_techn_Ausst | 1320   | 5000              | Strom 65                 | Strom 71 Hoch                        | f <sub>B/V,Strom</sub> 109%      |
| Standard-Energieaufwandsklasse             | Klasse | Hoch              | Zuweisen                 |                                      |                                  |



**Bild 3-65 Wie Bild 3-64, jedoch mit Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturfaktoren nur aus den Bürogebäuden der TEK-DB**

| Angaben zum Gebäude                        |        |                   | Legende                  | Referenzwert TEK (Bedarf)            | Verh. Bedarf / Verbrauch         |
|--|--------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Testgebäude                                |        |                   | Eingabefeld              | [kWh/m <sup>2</sup> a]               |                                  |
| Validierung der Referenz-TEKs V 6.2        |        |                   | Ergebnisfeld             | Wärme (Hs) 183 Hoch                  | f <sub>B/V,Wärme</sub> 141%      |
| anhand der                                 |        |                   |                          | Strom 71 Hoch                        | f <sub>B/V,Strom</sub> 109%      |
| Vergleichswerte des Verbrauchsausweises    |        |                   | Vergleichsstandard       | 1 / f <sub>Hs/Hi</sub> 0,901         |                                  |
|  |        |                   | EnEV 2007                | fv/b, fu 0,8224 Büro, Dienstleis     |                                  |
|  |        |                   |                          | fv/b, el 0,9395                      |                                  |
| Gebäudekategorie der Liegenschaft          |        |                   | Vergleichswert Verbrauch | Referenzwert TEK (Bedarf korrigiert) | Verh. Bedarf (korr.) / Verbrauch |
| BWZK                                       | NGF    |                   | [kWh/m <sup>2</sup> a]   | [kWh/m <sup>2</sup> a]               |                                  |
| (RiLi BMWBS)                               | RiLi   | [m <sup>2</sup> ] | Wärme (Hi) 130           | Wärme (Hi) 136 Hoch                  | f <sub>B/V,Wärme</sub> 104%      |
| Verwaltungsgebäude_mit_höherer_techn_Ausst | 1320   | 5000              | Strom 65                 | Strom 67 Hoch                        | f <sub>B/V,Strom</sub> 103%      |
| Standard-Energieaufwandsklasse             | Klasse | Hoch              | Zuweisen                 |                                      |                                  |



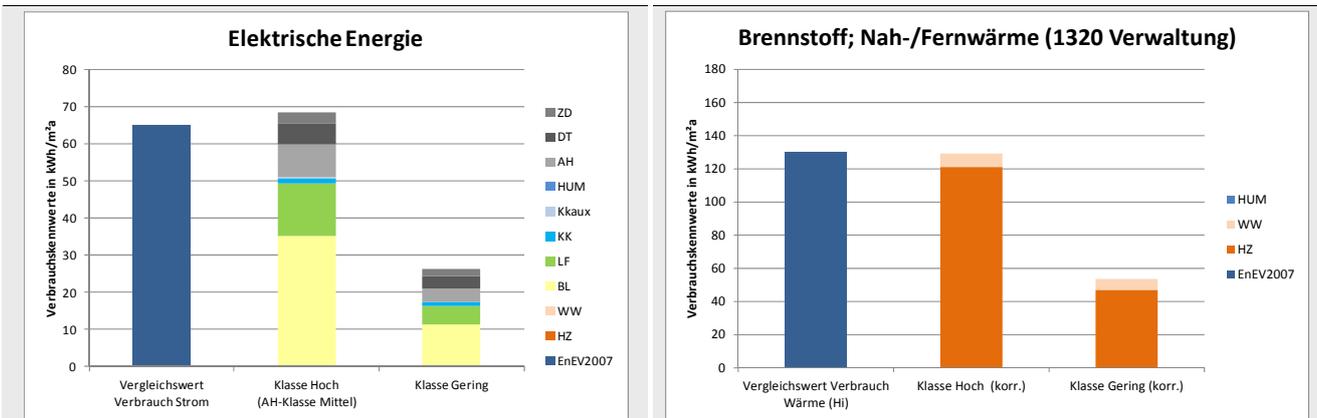


Eine Bedarfs-Verbrauchs-Korrektur wurde zunächst nicht vorgenommen (vgl. Bild 3-64). Das Ergebnis zeigt mit  $f_{b/v,Strom} = 1,09$  eine akzeptable Überschätzung der Vergleichswerte der EnEV 2007 durch den synthetisierten Bedarf aus Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Hoch“ bei der elektrischen Energie um 9%. Für die Endenergie Wärme weicht der Bedarf jedoch mit  $f_{b/v,Wärme} = 1,27$  deutlich um 27% vom Verbrauch nach oben ab.

Wird die Bedarfs-Verbrauchs-Korrektur angewendet, die nur aus den Gebäuden der Kategorie Büro und Verwaltung in der TEK-DB abgeleitet wurde, ergibt sich mit  $f_{b/v,Strom} = 1,03$  und  $f_{b/v,Wärme} = 1,04$  eine deutlich bessere Übereinstimmung der Werte (vgl. Bild 3-65). Die beste Übereinstimmung von synthetisiertem Bedarf mit Ref-TEKs und Vergleichswert dieser Kategorie aus dem Energieverbrauchsausweis 2007 ergibt sich mit Korrekturfaktoren, die in Bild 3-35 für alle 93 Gebäude in der TEK-Datenbank ermittelt wurde, (vgl. Bild 3-66) mit  $f_{b/v,Strom} = 1,05$  und  $f_{b/v,Wärme} = 0,99$ .

**Bild 3-66** Wie Bild 3-64, jedoch mit Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturfaktoren aus allen Gebäuden der TEK-DB

| Angaben zum Gebäude  |        |      | Legende                  | Referenzwert TEK (Bedarf)            |            |      | Verh. Bedarf / Verbrauch       |                 |      |
|--|--------|------|--------------------------|--------------------------------------|------------|------|--------------------------------|-----------------|------|
| Testgebäude  |        |      | Eingabefeld              | [kWh/m²a]                            |            |      |                                |                 |      |
| Validierung der Referenz-TEKs V 6.2 anhand der Vergleichswerte des Verbrauchsausweises |        |      | Ergebnisfeld             | Wärme (Hs)                           | 183        | Hoch | $f_{B/V,Wärme}$                | 141%            |      |
|  |        |      | Vergleichsstandard       | Strom                                | 71         | Hoch | $f_{B/V,Strom}$                | 109%            |      |
|  |        |      | EnEV                     | 1 / fHs/Hi                           | 0,901      |      |                                |                 |      |
|  |        |      |                          | fv/b,fu                              | 0,7838     | alle |                                |                 |      |
|  |        |      |                          | fv/b,el                              | 0,9642     |      |                                |                 |      |
| Gebäudekategorie der Liegenschaft BWZK NGF   |        |      | Vergleichswert Verbrauch | Referenzwert TEK (Bedarf korrigiert) |            |      | Verh. Bedarf (korr.) / Verbrau |                 |      |
| (RiLi BMVBS)   | RiLi   | [m²] | [kWh/m²a]                | [kWh/m²a]                            |            |      |                                |                 |      |
| Verwaltungsgebäude mit höherer techn. Ausst.   | 1320   | 5000 | Wärme (Hi)               | 130                                  | Wärme (Hi) | 129  | Hoch                           | $f_{B/V,Wärme}$ | 99%  |
|  |        |      | Strom                    | 65                                   | Strom      | 68   | Hoch                           | $f_{B/V,Strom}$ | 105% |
| Standard-Energieaufwandsklasse   | Klasse | Hoch | Zuweisen                 |                                      |            |      |                                |                 |      |



Die aus Teilenergiekennwerten der Energieaufwandsklasse „Hoch“ synthetisierten Gebäudekennwerte zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Vergleichswerten des Energieverbrauchsausweises nach EnEV 2007 für Bestandsgebäude der Kategorie „Verwaltungsgebäude mit höherer technischer Ausstattung, BWZK 1320“, insbesondere wenn eine Bedarfskorrektur vorgenommen wird. Diese Korrektur ist von besonderer Bedeutung bei der Endenergie Wärme. Die nach Gebäudekategorie differenzierten Korrekturfaktoren sind jedoch aufgrund der kleinen Stichproben möglicherweise nicht genügend aussagekräftig. Die aus den Ergebnissen aller Gebäude der TEK-Feldphase hergeleiteten Korrekturfaktoren liefern eine bessere Übereinstimmung von Verbrauchs- und Bedarfskennwerten.

Die Korrekturfaktoren sind abhängig vom Effizienzstandard des Gebäudes: Die Korrektur fällt bei wenig effizienten Gebäuden stärker aus als bei hoch effizienten. Dadurch wird auch das Einsparpotenzial geschmälert. Wird im Beispiel oben das virtuelle Bestandsgebäude der Energieaufwandsklasse „Hoch“ durch energetische Maßnahmen auf den Standard der Energieaufwandsklasse „Gering“ modernisiert, dann berechnet sich ein strategisches Einsparpotenzial ohne Bedarfs-Verbrauchs-Korrektur von 70% bei Endenergie Wärme und von 62% bei Strom. Mit Korrekturfaktoren aus den Gebäuden der Kategorie „Büro, Verwal-

“ sinkt das Einsparpotenzial bei Wärme auf 66%. Das ist immer noch ein gewaltiges Potenzial, aber zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit sollten die Erkenntnisse genutzt werden.

**Tabelle 3-10 Strategisches Einsparpotenzial ohne und mit Korrekturfaktoren für den Bedarf (Kategorie Büro, Verwaltung) ausgedrückt in spezifischen Energiekennwerten**

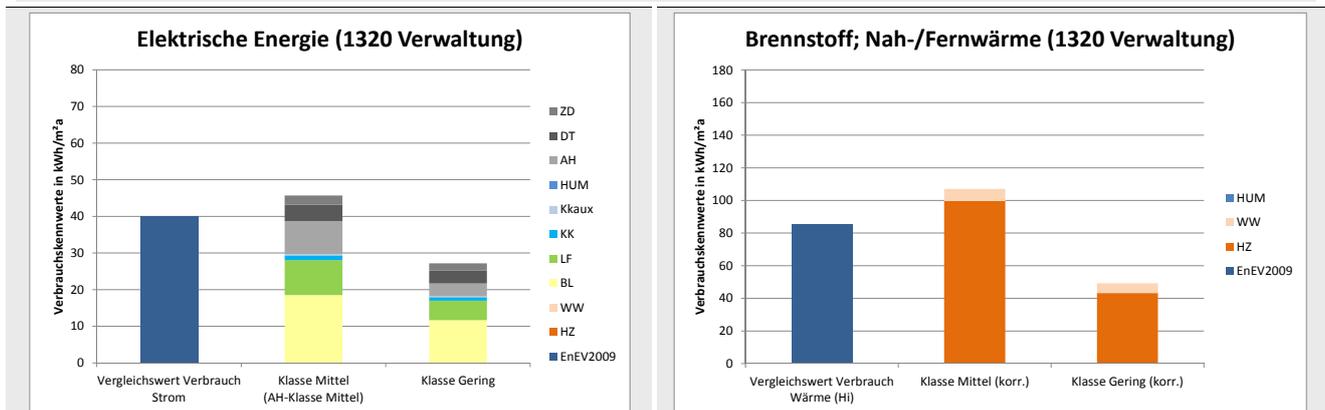
| strategisches Einsparpotenzial (unkorrigiert) |      |   |        |   |          |                      |     |
|---|------|---|--------|---|----------|----------------------|-----|
| Energieaufwandsklasse                         | Hoch |   | Gering |   | $\Delta$ |                      |     |
| Wärme (Hs)                                    | 165  | - | 49     | = | 116      | kWh/m <sup>2</sup> a | 70% |
| Strom   | 71   | - | 27     | = | 44       | kWh/m <sup>2</sup> a | 62% |
| strategisches Einsparpotenzial (korrigiert)   |      |   |        |   |          |                      |     |
| Energieaufwandsklasse                         | Hoch |   | Gering |   | $\Delta$ |                      |     |
| Wärme (Hs)                                    | 136  | - | 46     | = | 90       | kWh/m <sup>2</sup> a | 66% |
| Strom   | 67   | - | 26     | = | 41       | kWh/m <sup>2</sup> a | 61% |

**Vergleich EnEV 2009 mit Referenz-Teilenergiekennwerten der Energieaufwandsklasse „Mittel“**

Der Test wurde auch für die Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Mittel“ und die Vergleichswerte nach EnEV 2009 wiederholt. Es ergibt sich eine gute Übereinstimmung wie den Darstellungen in Bild 3-67, Bild 3-68 und Bild 3-69 zu entnehmen ist. Dabei ist die Übereinstimmung ebenfalls am besten, wenn die Korrekturfaktoren aus allen Gebäuden der TEK-DB angewendet werden (siehe Bild 3-69).

**Bild 3-67 Vergleichswerte des Energieverbrauchsausweises 2009 und Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Mittel“ ohne Bedarfs-Verbrauchs-Korrektur**

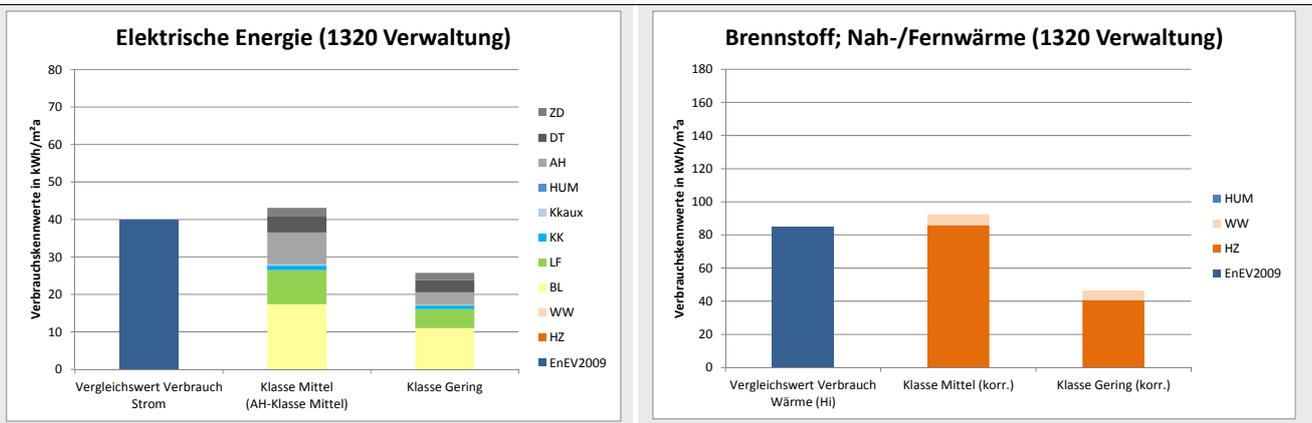
|  |        |          |                                      |  |                           |        |                                |                             |
|--|--------|----------|--------------------------------------|--|---------------------------|--------|--------------------------------|-----------------------------|
| Angaben zum Gebäude                          |        |          | Legende                              |  | Referenzwert TEK (Bedarf) |        | Verh. Bedarf / Verbrauch       |                             |
| Testgebäude                                  |        |          | Eingabefeld                          |  | [kWh/m <sup>2</sup> a]    |        |                                |                             |
| Validierung der Referenz-TEKs V 6.2          |        |          | Ergebnisfeld                         |  | Wärme (Hs)                | 119    | Mittel                         | f <sub>B/V,Wärme</sub> 140% |
| anhand der                                   |        |          | Vergleichsstandard                   |  | Strom                     | 46     | Mittel                         | f <sub>B/V,Strom</sub> 114% |
| Vergleichswerte des Verbrauchsausweises      |        |          | EnEV 2009                            |  | 1 / f <sub>Hs/Hi</sub>    | 0,901  |                                |                             |
| Gebäudekategorie der Liegenschaft            |        |          | Vergleichswert Verbrauch             |  | f <sub>v/b,fu</sub>       | 1,0000 | keine                          |                             |
| (RiLi BMVBS)                                 | BWZK   | NGF      | [kWh/m <sup>2</sup> a]               |  | f <sub>v/b,el</sub>       | 1,0000 |                                |                             |
| Verwaltungsgebäude mit höherer techn. Ausst. | 1320   | 5000     | Referenzwert TEK (Bedarf korrigiert) |  | [kWh/m <sup>2</sup> a]    |        | Verh. Bedarf (korr.) / Verbrau |                             |
| Standard-Energieaufwandsklasse               | Klasse | Mittel   | Wärme (Hi)                           |  | 85                        | Mittel | f <sub>B/V,Wärme</sub> 126%    |                             |
|  |        | Zuweisen | Strom                                |  | 40                        | Mittel | f <sub>B/V,Strom</sub> 114%    |                             |





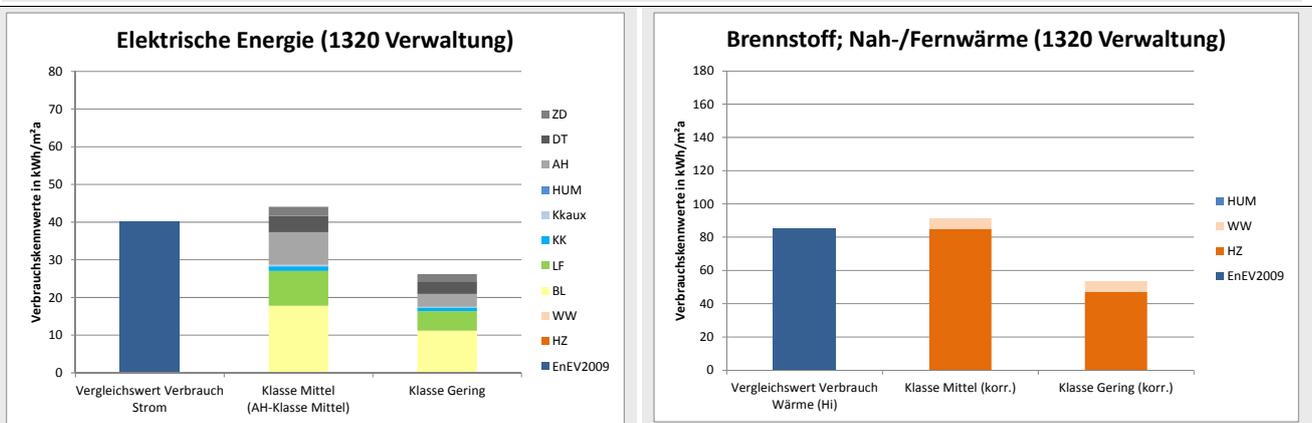
**Bild 3-68** Vergleichswerte des Energieverbrauchs aus dem Jahr 2009 und Referenz-TEKs der Energieaufwandklasse „Mittel“ mit Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturfaktoren nur aus den Bürogebäuden der TEK-DB

|   |  |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
| <b>Angaben zum Gebäude</b><br>Testgebäude<br>Validierung der Referenz-TEKs V 6.2<br>anhand der<br>Vergleichswerte des Verbrauchsausweises   |  | <b>Legende</b><br>Eingabefeld<br>Ergebnisfeld<br>Vergleichsstandard<br>EnEV 2009<br>Vergleichswert Verbrauch<br>[kWh/m²a]<br>Wärme (Hi) 85<br>Strom 40 | <b>Referenzwert TEK (Bedarf)</b><br>[kWh/m²a]<br>Wärme (Hs) 119 Mittel<br>Strom 46 Mittel<br>1 / Hs/Hi 0,901<br>fv/b, fu 0,8632 Büro, Dienstleis<br>fv/b, el 0,9432 | <b>Verh. Bedarf / Verbrauch</b><br>$f_{B/N,Wärme}$ 140%<br>$f_{B/N,Strom}$ 114%         |
| Gebäudekategorie der Liegenschaft: BWZK NGF<br>(RiLi BMWBS) RiLi [m²]<br>Verwaltungsgebäude mit höherer techn. Ausst 1320 5000<br>Standard-Energieaufwandsklasse Klasse Mittel Zurechen |  |  | <b>Referenzwert TEK (Bedarf korrigiert)</b><br>[kWh/m²a]<br>Wärme (Hi) 92 Mittel<br>Strom 43 Mittel   | <b>Verh. Bedarf (korr.) / Verbrauch</b><br>$f_{B/N,Wärme}$ 109%<br>$f_{B/N,Strom}$ 108% |



**Bild 3-69** Vergleichswerte des Energieverbrauchs aus dem Jahr 2009 und Referenz-TEKs der Energieaufwandklasse „Mittel“ mit Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturfaktoren aus allen Gebäuden der TEK-DB

|   |  |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
| <b>Angaben zum Gebäude</b><br>Testgebäude<br>Validierung der Referenz-TEKs V 6.2<br>anhand der<br>Vergleichswerte des Verbrauchsausweises   |  | <b>Legende</b><br>Eingabefeld<br>Ergebnisfeld<br>Vergleichsstandard<br>EnEV 2009<br>Vergleichswert Verbrauch<br>[kWh/m²a]<br>Wärme (Hi) 85<br>Strom 40 | <b>Referenzwert TEK (Bedarf)</b><br>[kWh/m²a]<br>Wärme (Hs) 119 Mittel<br>Strom 46 Mittel<br>1 / Hs/Hi 0,901<br>fv/b, fu 0,8540 alle<br>fv/b, el 0,9642 | <b>Verh. Bedarf / Verbrauch</b><br>$f_{B/N,Wärme}$ 140%<br>$f_{B/N,Strom}$ 114%         |
| Gebäudekategorie der Liegenschaft: BWZK NGF<br>(RiLi BMWBS) RiLi [m²]<br>Verwaltungsgebäude mit höherer techn. Ausst 1320 5000<br>Standard-Energieaufwandsklasse Klasse Mittel Zurechen |  |  | <b>Referenzwert TEK (Bedarf korrigiert)</b><br>[kWh/m²a]<br>Wärme (Hi) 91 Mittel<br>Strom 44 Mittel   | <b>Verh. Bedarf (korr.) / Verbrauch</b><br>$f_{B/N,Wärme}$ 108%<br>$f_{B/N,Strom}$ 110% |



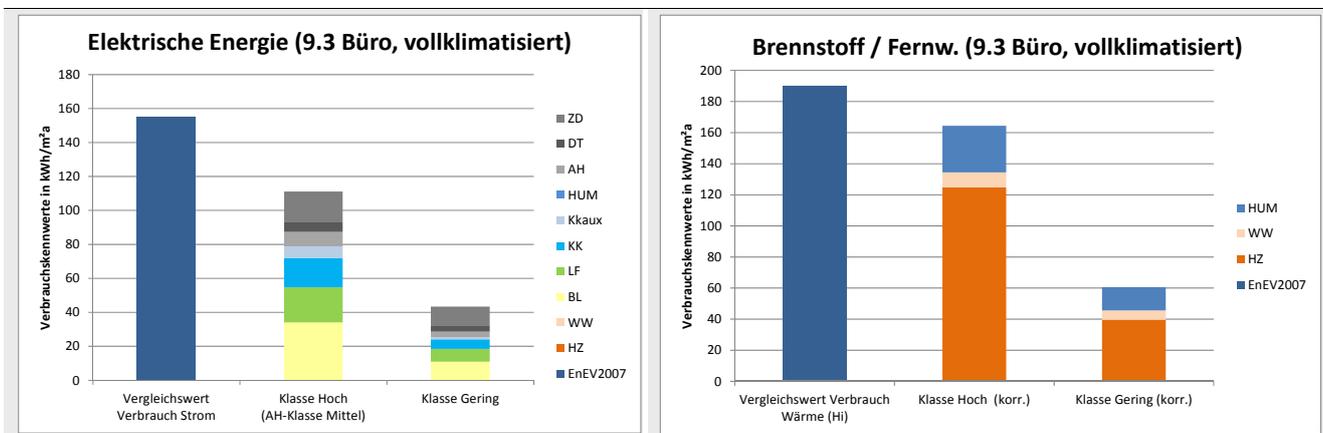
### Andere Gebäudekategorien

Auch für andere Gebäudekategorien wurden Plausibilitätstests vorgenommen.

#### Vollklimatisierte Bürogebäude

Die vollklimatisierten Bürogebäude (nach [BMVBS 2009a], Tabelle 2.2, lfd. Nr. 9.3) werden durch die Referenz-TEKs in ihrem Energiebedarf unterschätzt, bei Strom um etwa 30% bei Brennstoffen um etwa 15%. Das gilt sowohl bei der Energieaufwandsklasse „Hoch“ im Vergleich zu den Verbrauchsmittelwerten der EnEV 2007 (siehe Bild 3-69) als auch bei der Energieaufwandsklasse „Mittel“ im Vergleich zur EnEV 2009. Es wird vermutet, dass die Verbrauchskennwerte gerade der vollklimatisierten Gebäude im Durchschnitt des Bestands hohe Einsparpotenziale durch Optimierung des Anlagenbetriebs widerspiegeln. Die objektspezifischen Benchmarks würden dann ihrem eigentlichen Zweck durchaus gerecht, Einsparpotenziale zu signalisieren.

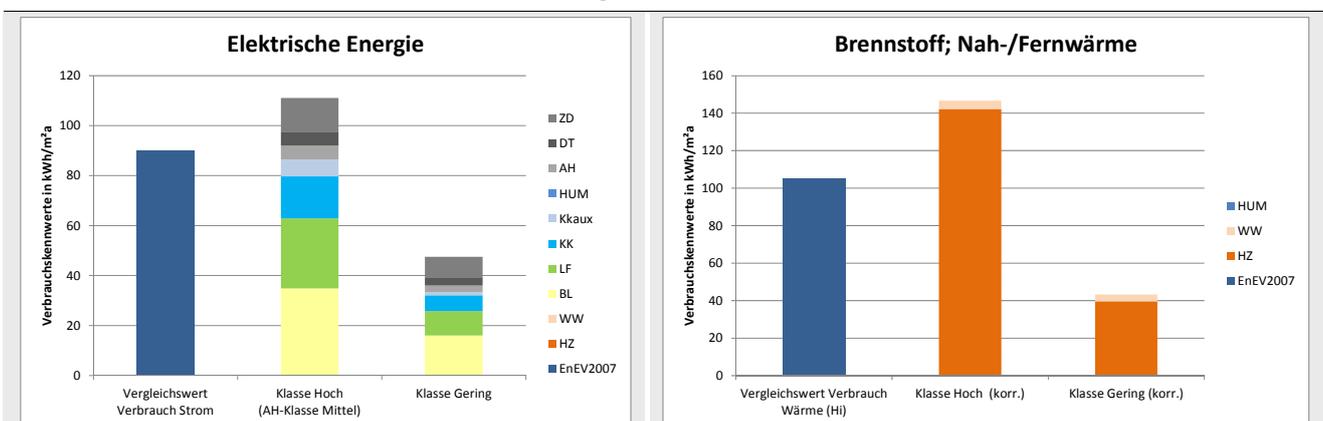
**Bild 3-70** Vergleichswerte des Energieverbrauchsausweises 2007 und Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Hoch“ für vollklimatisierte Bürogebäude mit Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturfaktoren nur aus den Bürogebäuden der TEK-DB



#### Handelsgebäude (food und non-food)

Handelsgebäude werden in [BMVBS 2009a], Tabelle 2.2 hinsichtlich Größe und der Tatsache differenziert, ob Lebensmittel verkauft werden oder nicht. Dabei fällt auf, dass sich der Verbrauchskennwert für elektrische Energie von Non-Food Handelsgebäuden über 300 m<sup>2</sup> mit 85 kWh/m<sup>2</sup>a deutlich von dem eines Food Handelsgebäudes mit 375 kWh/m<sup>2</sup>a (!) unterscheidet. Zu letzteren ist der Hinweis gegeben, dass auch eine Metzgerei mit Produktion berücksichtigt sei.

**Bild 3-71** Vergleichswerte des Energieverbrauchsausweises 2007 und Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Hoch“ für Handelsgebäude (Non-Food) mit Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturfaktoren nur aus Handelsgebäude (Non-food, über 300 m<sup>2</sup>) der TEK-DB

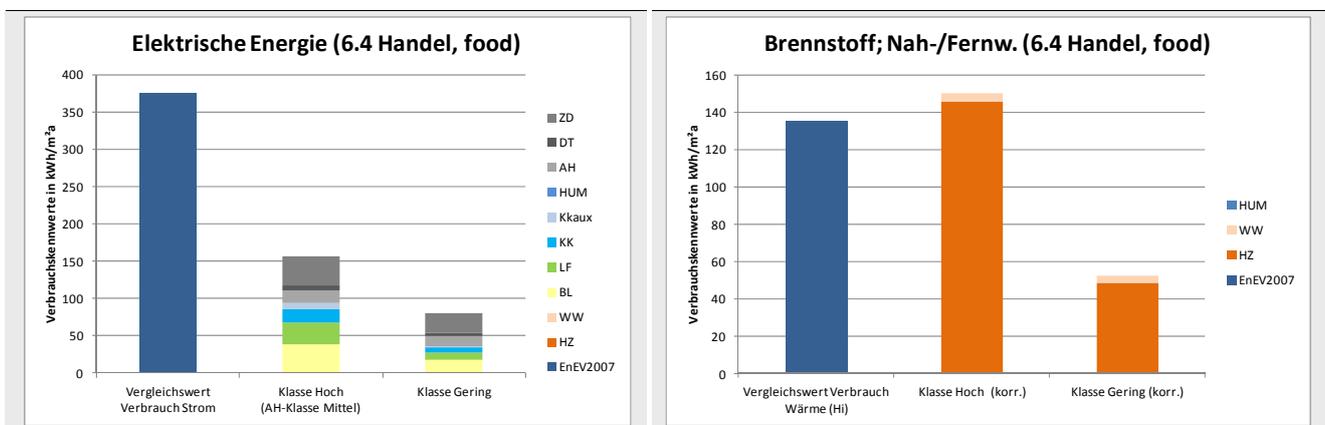




Für die Kategorie 6.2 Handel, Non-food über 300 m<sup>2</sup> zeigt der Vergleich mit den korrigierten Referenz-TEKs in Bild 3-71 23% Überschätzung bei elektrischer Energie und deutliche 40% Überschätzung bei Brennstoffen. Dabei wurde angenommen, dass die Räume weder gekühlt noch befeuchtet aber mechanisch belüftet werden.

In der Kategorie 6.4 Handel, Food über 300 m<sup>2</sup> zeigt sich in Bild 3-72 dagegen gute Übereinstimmung bei Brennstoffen aber eine große Abweichung bei elektrischer Energie. Vermutlich wurden die Nutzungen rund um die Zubereitung und Verkaufspräsentation von Lebensmitteln mit den zur Auswahl stehenden Nutzungsprofilen nicht adäquat abgedeckt. Man gelangt hier auch an die Grenzen des Vergleichs insofern, als nicht klar ist, welche Arten und Nutzungen von Handelsgebäuden genau in die Mittelwertbildung der Verbrauchskennwerte eingeflossen sind.

**Bild 3-72 Vergleichswerte des Energieverbrauchs ausweises 2007 und Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Hoch“ mit Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturfaktoren aus allen Gebäuden der TEK-DB für Handelsgebäude (Food, über 300 m<sup>2</sup>)**



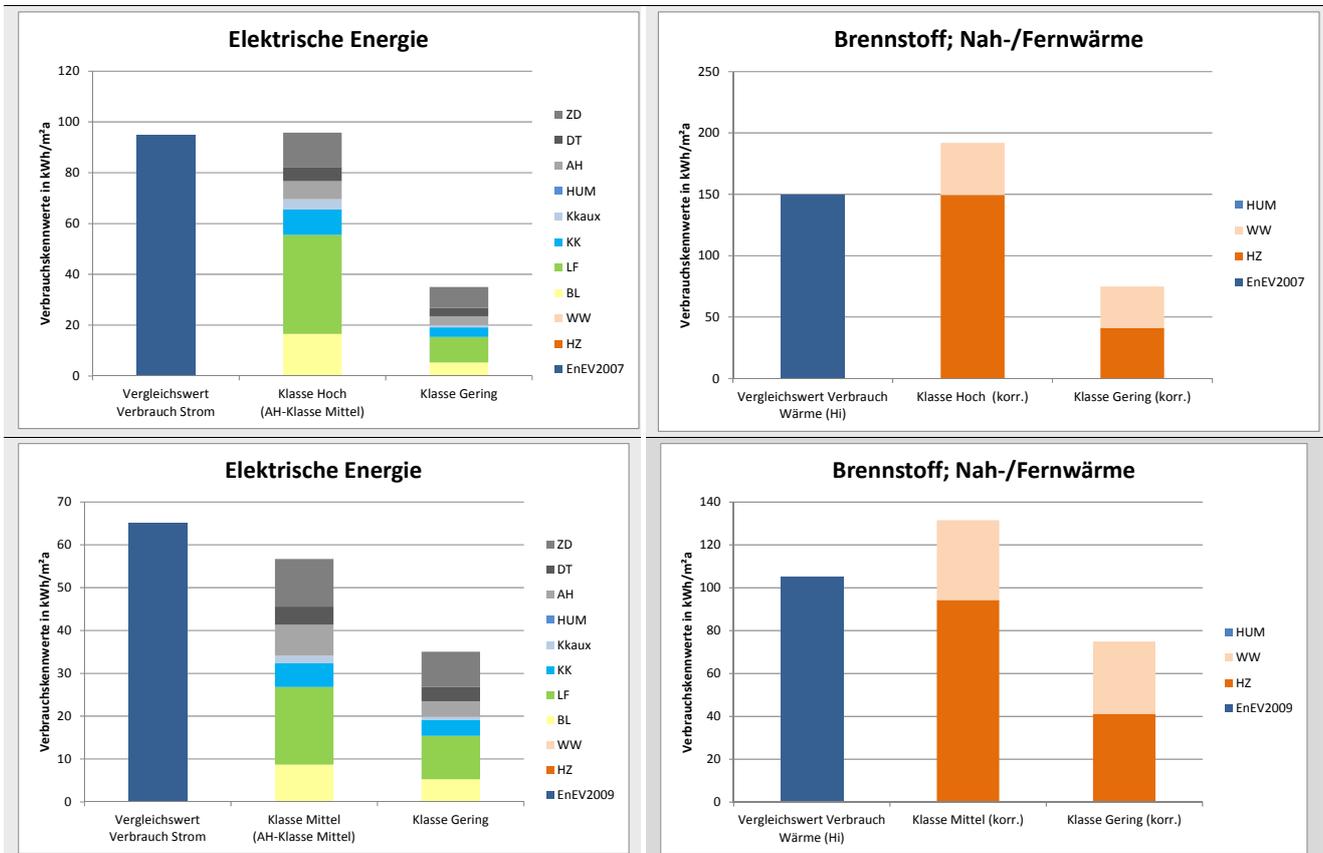
### Hotels

Für die Gebäudekategorie Hotels ergibt sich gute Übereinstimmung zwischen Verbrauchskennwerten sowohl der EnEV 2007 als auch der EnEV 2009 und einem mit Referenz-TEKs modellierten virtuellen Gebäude eher für 4-5 Sterne Hotels (vgl. Bild 3-72).

Offensichtlich sind die Parameter des Nutzungsprofils 11 Hotelzimmer auf den höheren Komfort ausgerichtet. Dies gilt auf jeden Fall für den elektrischen Energiebedarf. Beim Brennstoffbedarf ist zu vermuten, dass der Anteil für die Trinkwarmwasser-Bereitung recht hoch bemessen ist. Die Annahmen in den Standardnutzungsprofilen der DIN V 18599 stehen hier aber schon länger in der Kritik.

Da für Hotels keine Daten in [BMVBS 2009a] zu Flächenanteilen von HNF, NNF, FF und VF angegeben sind, wurden die sieben im TEK-Projekt analysierten Hotels bzgl. dieser Flächenverhältnisse sowie der Flächenanteile der typischen Hauptnutzungszonen ausgewertet (vgl. Tabelle 3-11 und Tabelle 3-12).

**Bild 3-73** Vergleichswerte des Energieverbrauchs ausweis 2007 bzw. 2009 und Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Hoch“ bzw. „Mittel“ für Hotelgebäude (4-5 Sterne) mit Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturfaktoren nur aus Hotelgebäuden der TEK-DB



**Tabelle 3-11** Anteile der verschiedenen Flächenkategorien an der Nettogrundfläche für Hotelgebäude (4-5 Sterne) aus der TEK-Datenbank

| Kategorie         | Hotels mit 4 oder 5 Sternen |            |            |           |            |
|-------------------|-----------------------------|------------|------------|-----------|------------|
|                   | NGF                         | HNF        | NNF        | FF        | VF         |
| Hotel 1           | 12795                       | 67%        | 28%        | 1%        | 4%         |
| Hotel 2           | 18033                       | 61%        | 29%        | 2%        | 7%         |
| Hotel 3           | 14016                       | 80%        | 4%         | 1%        | 14%        |
| Hotel 4           | 8760                        | 63%        | 16%        | 3%        | 18%        |
| Hotel 5           | 13371                       | 45%        | 19%        | 1%        | 35%        |
| Hotel 6           | 18393                       | 50%        | 39%        | 1%        | 10%        |
| <b>Mittelwert</b> | <b>14228</b>                | <b>60%</b> | <b>24%</b> | <b>2%</b> | <b>14%</b> |

**Tabelle 3-12 Anteile der typischen Nutzungszonen an der HNF und der NNF für Hotelgebäude (4-5 Sterne) aus der TEK-Datenbank**

|                   | HNF          | 04 Sitzung | 11 Hotel-<br>zimmer | 26 Messe,<br>Kongress | NNF         | 32 Park-<br>haus |
|-------------------|--------------|------------|---------------------|-----------------------|-------------|------------------|
|                   |              | % von HNF  | % von HNF           | % von HNF             |             | % von NNF        |
| Hotel 1           | <b>8612</b>  |            | 73%                 |                       | <b>3529</b> |                  |
| Hotel 2           | <b>11011</b> |            | 66%                 | 7%                    | <b>5220</b> | 39%              |
| Hotel 3           | <b>11226</b> | 13%        | 77%                 |                       | <b>588</b>  |                  |
| Hotel 4           | <b>5531</b>  | 25%        | 41%                 |                       | <b>1395</b> |                  |
| Hotel 5           | <b>6057</b>  |            | 70%                 | 7%                    | <b>2523</b> |                  |
| Hotel 6           | <b>9128</b>  |            | 79%                 | 5%                    | <b>7125</b> | 69%              |
| <b>Mittelwert</b> | <b>8594</b>  | <b>6%</b>  | <b>70%</b>          | <b>3%</b>             | <b>3397</b> | <b>34%</b>       |

### Allgemeinbildende Schulen

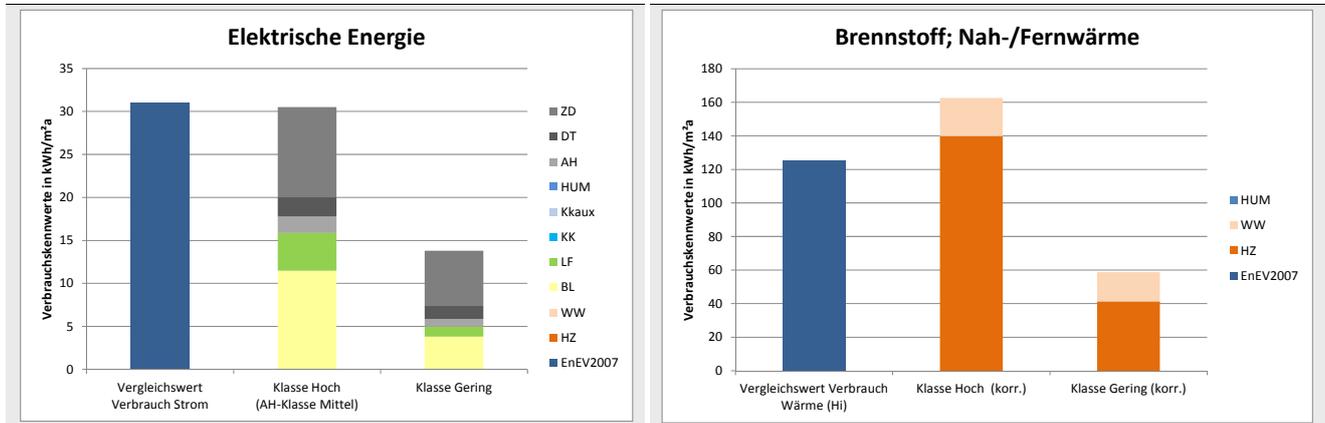
In der Gebäudekategorie 4100 Allgemeinbildende Schulen fällt zunächst der extrem niedrige Kennwert für den elektrischen Energieverbrauch von  $15 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFa}}$  in [BMVBS 2009a] auf. Der Wert wurde anhand der in der TEK-Datenbank enthaltenen zwölf Schulen überprüft. Mit Haupt-, Gesamt-, Berufsschulen und Gymnasien repräsentieren sie alle Schultypen, die unter allgemeinbildende Schulen zusammengefasst werden können. Der mittlere Verbrauchskennwert für elektrische Energie aus zwölf Schulen in der TEK-DB ist mit  $31 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFa}}$  mehr als doppelt so hoch wie der offizielle Vergleichswert. Beim Brennstoff stimmen der Verbrauchskennwert laut BMVBS von  $125 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFa}}$  und der Wert aus der TEK-DB mit  $119 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFa}}$  gut überein.

Außerdem liegt bei Schulen die Besonderheit in der Nutzung vor, dass sie meist auch über Sporthallen und zunehmend über Küchen und Mensen als besondere Nutzungszonen verfügen. Diese besonderen Nutzungen werden in [BMVBS 2009a] teilweise auch als eigene Gebäudekategorien ausgewiesen und dürfen in einem gewichteten Mittel zur Berechnung des Gesamtkennwertes herangezogen werden. Vermutlich ist aber bei der statistischen Auswertung der gemeldeten Verbrauchsdaten für die Kategorie Allgemeinbildende Schulen von einem Nutzungsmix auszugehen, da üblicherweise Zählerstrukturen zur getrennten Erfassung im Gebäudebestand fehlen. Für die Bedarfsberechnung mit Teilenergiekennwerten ergibt sich dadurch die Notwendigkeit, Nutzungszeiten von verschiedenen Nutzungsprofilen abzugleichen, die in DIN V 18599 unabhängig voneinander definiert sind. So weist das Nutzungsprofil Klassenzimmer jährliche Nutzungsstunden von 1.400 h/a auf, die alle zur Tagzeit gerechnet werden. Andere Nutzungsprofile, die zur Beschreibung der Nutzung in einem Schulgebäude aber angesetzt werden müssen, haben ganz andere Nutzungszeiten, eine Turnhalle gemäß Nutzungsprofil 33 etwa weist eine deutlich längere Nutzungszeit von 4.500 h/a auf. Auch die Flächenverteilung auf HNF, NNF, FF, VF ist im Mittel der Schulgebäude in der TEK-DB anders als in der Richtlinie des BMVBS.

Rechnet man ohne Berücksichtigung der oben genannten Besonderheiten, so liegt das berechnete Ergebnis für elektrische Energie bei ca. 235% des Verbrauchskennwerts! Für Brennstoffe ergibt sich mit 130% eine ganz vernünftige Annäherung. Berücksichtigt man die oben beschriebenen Anpassungen in der Bedarfsberechnung, dann nähert sich der berechnete Wert für elektrische Energie auf 133% an, der für Brennstoffe

auf 127% (vgl. Bild 3-74). Dabei wurden bei allen Berechnungen Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturen berücksichtigt, die nur aus den Schulgebäuden der TEK-DB abgeleitet wurden.

**Bild 3-74 Vergleichswerte des Energieverbrauchs ausweis 2007 und Referenz-TEKs der Energieaufwandklasse „Hoch“ für Allgemeinbildende Schulen mit Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturfaktoren nur aus Schulgebäuden der TEK-DB und den im Text beschriebenen Anpassungen der Bedarfsberechnung**



Institutsgebäude für Lehre und Forschung

Es wurden keine detaillierten Auswertungen, da die Gebäudekategorie 2200 Institutsgebäude für Lehre und Forschung eine so große Bandbreite möglicher Nutzungen umfasst, dass eine sinnvolle Modellierung in einem virtuellen Vergleichsgebäude zur Anwendung von Teilenergiekennwerten vermutlich nur wenig Aussagekraft hätte.

Ausstellungs- und Veranstaltungsgebäude

Auch für diese Gebäudekategorie wurden wegen der großen Bandbreite möglicher Nutzungen keine detaillierten Auswertungen vorgenommen.

**Fazit zur Plausibilität von Referenz-Teilenergiekennwerten**

Es zeigt sich, dass detaillierte Kenntnisse der systematischen Abweichungen der Bedarfskennwerte, die mit dem TEK-Tool berechnet wurden, und gemessenen Verbrauchskennwerten eine notwendige Voraussetzung sind, um bestehende Gebäude mit rechnerisch ermittelten Teilenergiekennwerten energetisch bewerten zu können. Das ist nicht weiter verwunderlich, sind doch die Gründe, warum statische Energiebilanzen von Gebäuden mit standardisierten Nutzungsrandbedingungen systematisch vom gemessenen Verbrauch abweichen, gut dokumentiert.

Mit der TEK-DB aus dem Projekt TEK liegt eine Datenbasis mit 93 Datensätzen von Nichtwohngebäude aus sechs verschiedenen Gebäudekategorien vor. Die berechneten Energiebedarfe und die gemessenen Verbräuche wurden detailliert ausgewertet (siehe Kap. 3.6 und 3.7). Aus den systematischen Abweichungen der Bedarfsberechnungen mit Standardnutzungsbedingungen von den gemessenen Verbräuchen wurden entsprechende Korrekturfaktoren als Funktion des Effizienzstandards abgeleitet.

Wendet man diese Korrekturfaktoren auf die Referenz-Teilenergiekennwerte an, dann lassen sich die statistisch ermittelten Verbrauchskennwerte, die in [BMVBS 2009a] als Vergleichswerte für Energieverbrauchs ausweise angegeben werden, anhand von virtuellen Gebäuden reproduzieren bzw. Abweichungen plausibel erklären. Einige Annahmen über die Nutzungsstruktur der Gebäude müssen dabei getroffen werden. Dabei zeigen Berechnungen mit Korrekturen, die nach den Gebäudekategorien differenziert abgeleiteten Faktoren nutzen, bessere Ergebnisse als ohne Korrekturen. Die statistische Grundlage ist allerdings noch nicht ausreichend, die Anzahl von Gebäude einer Kategorie in der TEK-DB ist noch zu gering..

Die Bewertungsskala der Referenz-TEKs ist aber durchaus kompatibel zur gängigen Bewertung von Energieverbrauchskennwerten im Energieverbrauchsausweis. Sie lässt sich plausibel von der Ebene der Nutzungs-



zonen auf ganze Gebäude aggregieren. Die fünf Energieaufwandsklassen können mit den in Bild 3-62 beschriebenen Effizienzstandards assoziiert werden.

Für die Schwachstellenanalyse von Gebäuden im TEK-Tool sind die Referenz-TEKs unmittelbar anwendbar. Sie wurden mit denselben Algorithmen des TEK-Tools berechnet wie die jeweils zu bewertenden Objekt-TEKs. Bei der Anwendung zur Bewertung von Energieverbräuchen bestehender Nichtwohngebäude mit objektspezifischen Benchmarks aus Teilenergiekennwerten müssen allerdings die oben genannten Korrekturen vorgenommen werden. Bei einer Verbrauchsstrukturanalyse (VSA) wird ebenfalls versucht, den gemessenen Verbrauch eines realen Gebäudes mit rechnerisch ermittelten Teilenergiekennwerten nachzuvollziehen und daraus ein strategisches Einsparpotenzial abzuleiten. Im Gegensatz zu dem hier vorgestellten Verfahren werden bei dieser Bewertung von Einzelgebäuden mit VSA die Klassen der Teilenergiekennwerte anhand von im Gebäude objektspezifisch erfassten Parametern angepasst.

Es zeigt sich auch, dass bei den Gebäudekategorien mit komplexerer Nutzung, wie z.B. vollklimatisierte Bürogebäude oder Handelsgebäude, auch größere Abweichungen auftreten können. Dies mag auch daran liegen, dass die vorgegebenen Nutzungsprofile der DIN V 18599, die auch in TEK genutzt werden, noch weiter differenziert werden sollten. Andererseits ist aus den statistisch ermittelten Verbrauchskennwerten die tatsächliche Nutzungsstruktur und die Qualität des Gebäudebetriebs nur noch schwer nachvollziehbar, so dass es zu Abweichungen durch eine unpassende Modellierung des virtuellen Vergleichsgebäudes kommen kann. Die Methode des Plausibilitätstests kommt hier an ihre Grenzen.

## 4 Kurzzeitmessungen

In jedem Gebäude war im Rahmen der Gebäudeanalyse eine Messaufgabe durchzuführen mit folgenden Zielen:

1. Anwenden und Überprüfen der Verfahren zur Hochrechnung von Kurzzeitmessungen,
2. Generieren von Informationen, die für die Abbildung der Gebäude in TEK notwendig sind,
3. Untermauern und Schärfen der Maßnahmenempfehlungen.

Die für das jeweilige Gebäude realisierte Messaufgabe konnte aus den in Bild 4-1 aufgeführten Messaufgaben gewählt werden<sup>13</sup>. Sollte eine Messaufgabe umgesetzt werden, die dort nicht aufgeführt ist, war dies mit dem IWU abzustimmen.

**Bild 4-1 Übersicht der im TEK-Projekt möglichen Kurzzeit-Messaufgaben**

| Ansatz                                   | Verfahren  | Anwendungsfall                                | Min. Messzeit   | Messgeräte                      | Bemerkung  |                   |
|--|--|---|---|---------------------------------|--|-------------------|
| <b>Hochrechnen von Kurzzeitmessungen</b> |  |   |   |                                 |  |                   |
| <b>Heizung</b>                           |  |   |   |                                 |  |                   |
| H1                                       | Hochrechnen von Monatswerten   | Saison-Index-Methode                          | Ergänzen unvollständiger Jahressätze                                    | Mind. 1 Monat                   | keine (Zählerablesung)   | keine Messaufgabe |
| H2                                       | Hochrechnen von Tageswerten  | Lineare Regression                            | Keine Zähler für Gebäude  | 14 Tage (28 Tage mit Solarstr.) | Außentemperatur; (Globalstrahlung;) Wärmemengensmessgerät oder vorhandener Wärmemengenzähler (z.B. Fernwärme) mit Messintervall $\leq$ 1 Tag | 2. Priorität      |
| <b>Warmwasser</b>                        |  |   |   |                                 |  |                   |
| WW1                                      | Hochrechnen von Tages- / Wochenwerten                                | Dreisatz                                      | Kein abgelesener Zähler für Warmwasser                                  | Mind. 14 Tage                   | vorhandener Wärmemengenzähler mit Messintervall $\leq$ 1 Tag oder Wärmemengensmessgerät  | 2. Priorität      |
| <b>Beleuchtung</b>                       |  |   |   |                                 |  |                   |
| B1                                       | Hochrechnen von Monatswerten (mit Witterungskorrektur)               |   | Kein Zähler für Beleuchtung   | Mind. 1. Monat                  | Leistungsmessgerät   | 1. Priorität      |
| <b>Luftförderung</b>                     |  |   |   |                                 |  |                   |
| L1                                       | Hochrechnen von Tages- / Wochenwerten                                | Dreisatz                                      | Betriebszeiten nicht bekannt  | Mind. 2 Woche                   | Leistungsmessgerät   | 1. Priorität      |
| <b>Kälte</b>                             |  |   |   |                                 |  |                   |
| K1                                       | Hochrechnen von Tageswerten  | Lineare Regression                            | Kein Zähler für Kälte   | Mind. 28 Tage                   | Solarstrahlung; Außentemperatur; Leistungsmessgerät  | 1. Priorität      |
| <b>Weitere Messaufgaben</b>              |  |   |   |                                 |  |                   |
| <b>Luftförderung</b>                     |  |   |   |                                 |  |                   |
| L2                                       | Verhältnis tatsächliche Leistungsaufnahme / Nennleistung Typenschild |   | Engabegröße TEK   | Mindestens fünf RLT-Anlagen     | Stromzange Handmessgerät   | 1. Priorität      |
| <b>Diverse Technik</b>                   |  |   |   |                                 |  |                   |
| DT1                                      | Energieverbrauch Aufzüge   | Dreisatz                                      | Überprüfen der Relevanz des Stromverbrauchs von Aufzügen                | Mindestens 2 Wochen             | Leistungsmessgerät   | 2. Priorität      |
| DT2                                      | Energieverbrauch Aufzüge   | VDI 4707-1:03.2009 Aufzüge – Energieeffizienz | Hintergrundinformation zur Erstellung eines Berechnungsansatzes für TEK |                                 | Leistungsmessgerät   | 2. Priorität      |

### 4.1 Hochrechnungen

Idealerweise werden zur Ermittlung objektspezifischer Teilenergiekennwerte hochaufgelöste Messungen der jeweiligen Größe durchgeführt, aus denen sich zum einen der Anteil des jeweiligen Kennwertes am Gesamtverbrauch ableiten lassen und die zum anderen als Grundlage für die Analyse der Abhängigkeiten dieser Größen von Randbedingungen wie Wetter oder Gebäudenutzung dienen können. In der Regel ist dies jedoch im Gebäudebestand sowohl aus technischen und zeitlichen als auch aus wirtschaftlichen Gründen nicht möglich. Deshalb wurden in TEK Methoden entwickelt, um die jeweiligen Teilenergiekennwerte für die fünf Energiedienstleistungen Heizwärme, Warmwasser, Beleuchtung, Luftförderung und Kälte auf Basis von Kurzzeitmessungen prognostizieren zu können. Die entwickelten Methoden auf Basis linearer Regression und eines Saison-Index-Verfahrens erreichen je nach Kennwert Genauigkeiten zwischen  $\pm 10\%$  und  $\pm 50\%$ . In der TEK-Feldphase wurden die Hochrechnungsverfahren auf Kurzzeitmessungen in 64 Gebäuden angewandt.

<sup>13</sup> Details zu den Messaufgaben sind im Dokument „Hinweise zur Gebäudeanalyse 1.1“ beschrieben.

#### 4.1.1 Vergleich mit hochaufgelösten Langzeitmessungen für verschiedene Energiedienstleistungen

In einigen Gebäuden konnten die Ergebnisse der Hochrechnungsverfahren mit Langzeitmessungen verglichen werden. Hierbei wurde auf Daten zurückgegriffen, die im Rahmen von öffentlich geförderten Demonstrationsvorhaben der Förderlinie Energieoptimiertes Bauen (EnOB) oder des Vorhabens Qualitätssicherung des energetischen Gebäudebetriebs (ModQS) erhoben wurden<sup>14</sup>. Zu einzelnen Teilenergiekennwerten, wie dem Energieaufwand für Luftförderung bei Anlagen mit variablem Volumenstrom gab es keine ausreichenden Messdaten, hier wurde durch Variationsrechnungen auf Grundlage detaillierter Gebäudesimulation die Genauigkeit der jeweiligen Ansätze zur Prognose ermittelt. In Tabelle 4-1 sind die wichtigsten Charakteristika der Gebäude zusammengefasst. Sie gibt einen Überblick über den Vergleich Langzeitmessung mit Hochrechnung Prognosetool für die jeweiligen Gebäude.

In der Regel konnte eine relativ gute Prognosegenauigkeit erreicht werden bei den weniger vom Nutzereinfluss abhängigen Teilenergiekennwerten Heizung und Luftförderung. Die relativ geringe Genauigkeit der Prognose Energiebedarf Warmwasser wird nachvollziehbarer, wenn man die Varianz des Wasserverbrauchs des Gebäudes MEW, dargestellt getrennt nach Werktagen sowie Sonn- und Feiertagen betrachtet. Die Varianz ist bei der Prognose des Warmwasserbedarfs relativ hoch, da hier sowohl die Anwesenheit (und Belegungsdichte) als auch das individuelle Nutzerverhalten eine zentrale Einflussgröße darstellt.

**Tabelle 4-1 Vergleich der Hochrechnungsergebnisse aus Kurzzeitmessungen mit Langzeitmessungen für ausgewählte Gebäude** Es ist eine ungünstige Quelle angegeben.

| Gebäudekennung                                  | EADS                        | SIC                   | MfW                   | Aula          | KG2                  |
|---|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|----------------------|
| Standort  | Ottobrunn                   | Freiburg              | Düsseldorf            | Freiburg      | Freiburg             |
| Baujahr   | 1976                        | 2003                  | 1953/1961             | 1959          | 1970                 |
| (Teil-) sanierung                               | 1996                        |                       | 1985                  | 1996          |                      |
| EBF   | 7.641 m <sup>2</sup>        | 13.830 m <sup>2</sup> | 30.570 m <sup>2</sup> |               | 4.035 m <sup>2</sup> |
| Nutzung   | Büro / physikalische Labore | Büro                  | Büro                  | Hörsaal       | Büro / Seminarräume  |
| Teilenergiekennwert                             | Heizwärme                   | Luftförderung         | Warmwasser            | Luftförderung | Beleuchtung          |
| Messung Verbrauch [kWh/m <sup>2</sup> /a]       | 99                          | 1,8                   | 3,0                   | 51            | 23                   |
| Berechnung Prognosetool [kWh/m <sup>2</sup> /a] | 95                          | 1,2                   | 2,51/2,02             | 46            | 26                   |
| Abweichung                                      | -5%                         | -35%                  | 17%/33%               | -10%          | 13%                  |

#### 4.1.2 Überprüfung der Saison-Indizes Heizung

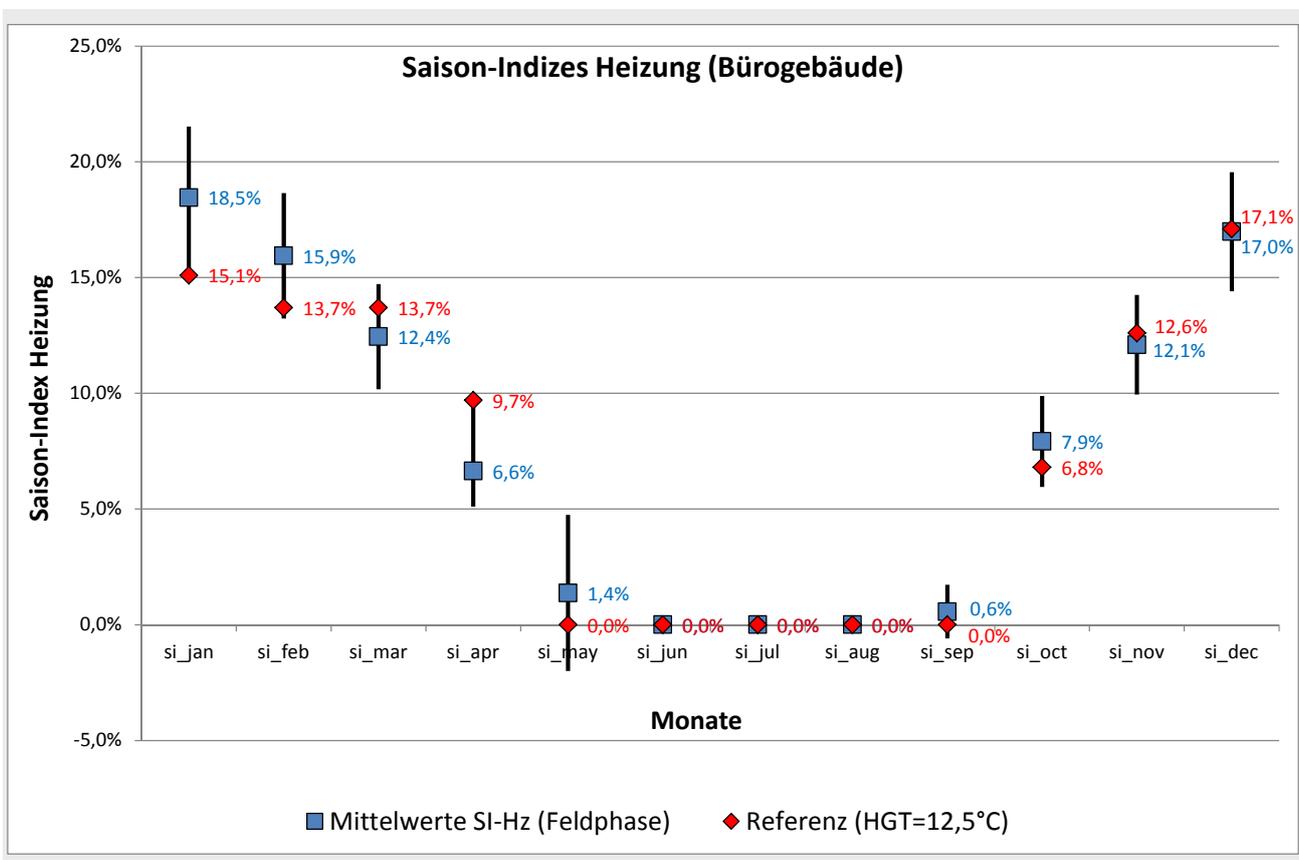
In der TEK-Feldphase waren für alle Gebäude auch die witterungsbereinigten Verbrauchswerte für Brennstoff/Fernwärme und elektrische Energie zu erfassen, nach Möglichkeit als Monatswerte über mehrere Jahre. Im TEK-Tool wurden daraus automatisch die objektspezifischen Saison-Indizes Heizung ermittelt und mit den Standardwerten des Leitfadens zur Hochrechnung von Kurzzeitmessungen verglichen.

In Bild 4-2 sind die Ergebnisse des Vergleichs für die 46 Verbrauchsangaben zu den 22 Bürogebäuden aus der TEK-Feldphase dargestellt. Pro Gebäude wurden in der Regel Verbrauchswerte für mehr als ein Jahr

<sup>14</sup> Ausgewählte Daten der FuE Fördervorhaben werden im Rahmen eines Langzeitmonitorings gesichert und wurden zur Validierung genutzt, siehe [www.enob.info](http://www.enob.info), <http://www.modqs.de/>

angegeben, nicht für alle Gebäude lagen jedoch Monatswerte vor. Aufgetragen sind die Mittelwerte und die Standardabweichungen der Saison-Indizes Heizung, die sich für die Bürogebäude aus den vorhandenen monatlichen Verbrauchsangaben witterungsbereinigter Brennstoff-/Fernwärmeverbräuche für Heizung ergaben. Die Werte aus der Feldphase folgen den Referenzwerten, die aus Standard-Klimadaten gewonnen wurden. Offensichtlich gibt es außer den Witterungsbedingungen aber noch andere Einflüsse auf den Heizenergieverbrauch in den Gebäuden, vermutlich insbesondere Nutzerverhalten und Betriebsführung, die eine Hochrechnung beeinflussen können. Im Einzelfall kann die Hochrechnung eines Jahresverbrauchs aus einer Kurzzeitmessung über einen Monat also einen erheblichen Fehler aufweisen. Hat man sonst keine Verbrauchsangaben, kann auf diese Art immerhin ein Anhaltspunkt für die Größenordnung des Verbrauchs gewonnen werden.

**Bild 4-2 Vergleich der Saison-Indizes Heizung der Bürogebäude aus der TEK-Feldphase mit den Referenzwerten für die Heizgrenztemperatur von 12,5°C. Die Objektwerte aus der Feldphase sind angegeben als Mittelwerte über alle vorliegenden Verbrauchsangaben mit Standardabweichung.**



## 4.2 Luftförderung

Die Messaufgabe L2 aus Bild 4-1 befasste sich mit der Untersuchung des Verhältnisses zwischen der auf dem Typenschild angegebenen Nennleistung einer RLT-Anlage und der tatsächlichen, gemessenen Wirkleistung. Für die Berechnung des elektrischen Energiebedarfs der Luftförderung in Nichtwohngebäuden muss die Leistungsaufnahme der vorhandenen Raumluftechnischen Anlagen bei den unterschiedlichen Volumenstromstufen im TEK-Tool angegeben werden. Ohne Messungen der einzelnen Anlagen vor Ort ist jedoch in der Regel lediglich die Nennleistung vom Typenschild der Anlage bekannt. Dabei stellt sich die Frage, ob diese maximale Leistung überhaupt im durchschnittlichen Betrieb in Anspruch genommen wird.

Eine ausführliche Untersuchung vieler unterschiedlicher RLT-Anlagen aus einem breiten Spektrum an Gebäudetypen lieferte Anhaltswerte über Anzahl sowie Ausmaß der Abweichungen. Ein Korrekturfaktor wur-



de hergeleitet, welcher in Zukunft, bei einer fehlenden Messung des Energieverbrauchs der Lüftungsanlagen, auf die Typenschild-Angaben angewendet werden kann, um eine realistische, mittlere Leistung für die Berechnung des Energiebedarfs anzusetzen.

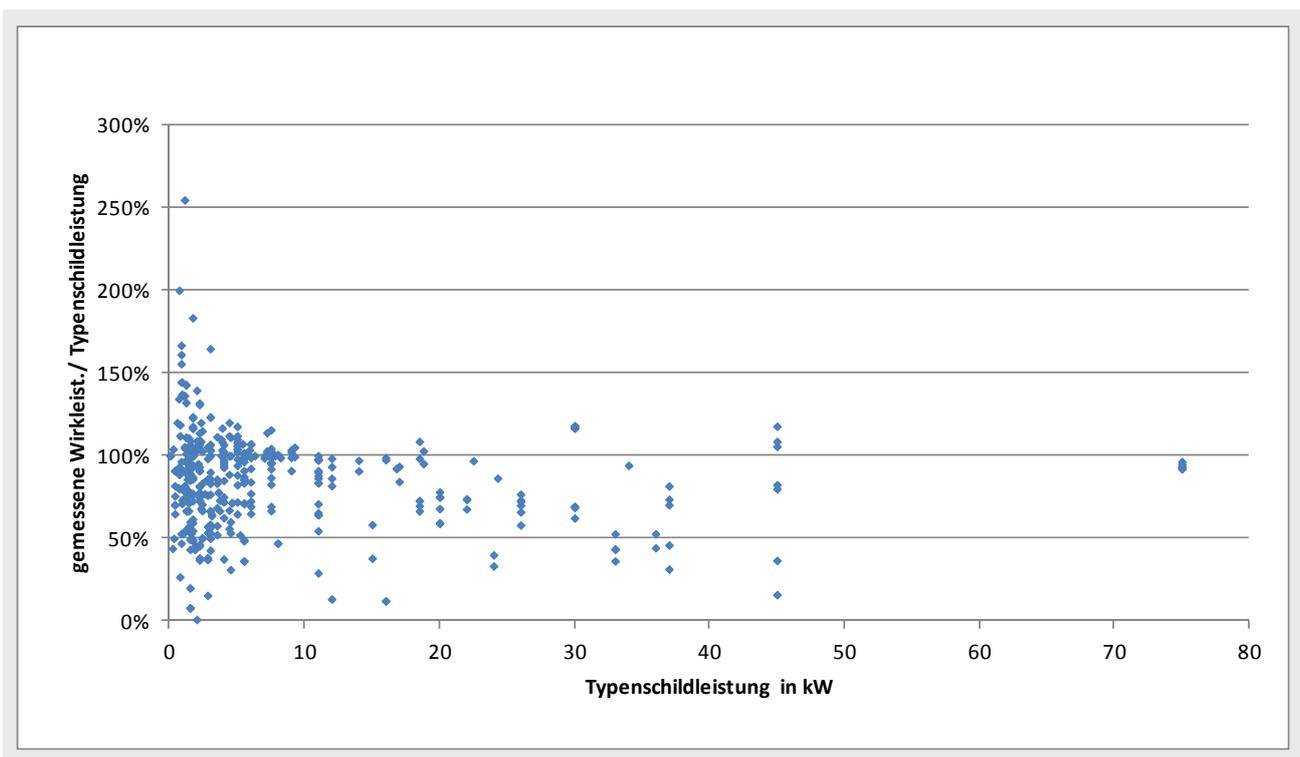
Im Rahmen der Gebäudeanalysen wurde für möglichst viele Ventilatoren das Verhältnis der gemessenen Leistungsaufnahme zur Nennleistung nach Typenschild (oder Unterlagen)  $P_{Ist/Nenn}^V$  ermittelt. Für die Auswertung dieser Messaufgabe wurden die Messergebnisse aus den drei Projekten herangezogen, aus denen auch Gebäudedatensätze in der TEK-DB gespeichert wurden (siehe Kap. 3.1.1). In 31 der 93 Gebäude konnten insgesamt 424 Messungen an 157 RLT-Anlagen durchgeführt werden.

#### 4.2.1 Analyseergebnisse der durchgeführten Typenschildmessungen

Die Analyse aller gemessenen Anlagen und aller gemessenen Leistungsstufen ergibt nachfolgendes **Fehler! Ungültiger Eigenverweis auf Textmarke..**

Die Werte von  $P_{Ist/Nenn}^V$  für die gesamte Bandbreite der RLT-Anlagen sind breit gestreut. Werte kleiner 100% sind deutlich häufiger als solche darüber. Der Durchschnittswert von  $P_{Ist/Nenn}^V$  für alle durchgeführten Messungen liegt bei etwa 85 % der Nennleistung laut Typenschild.

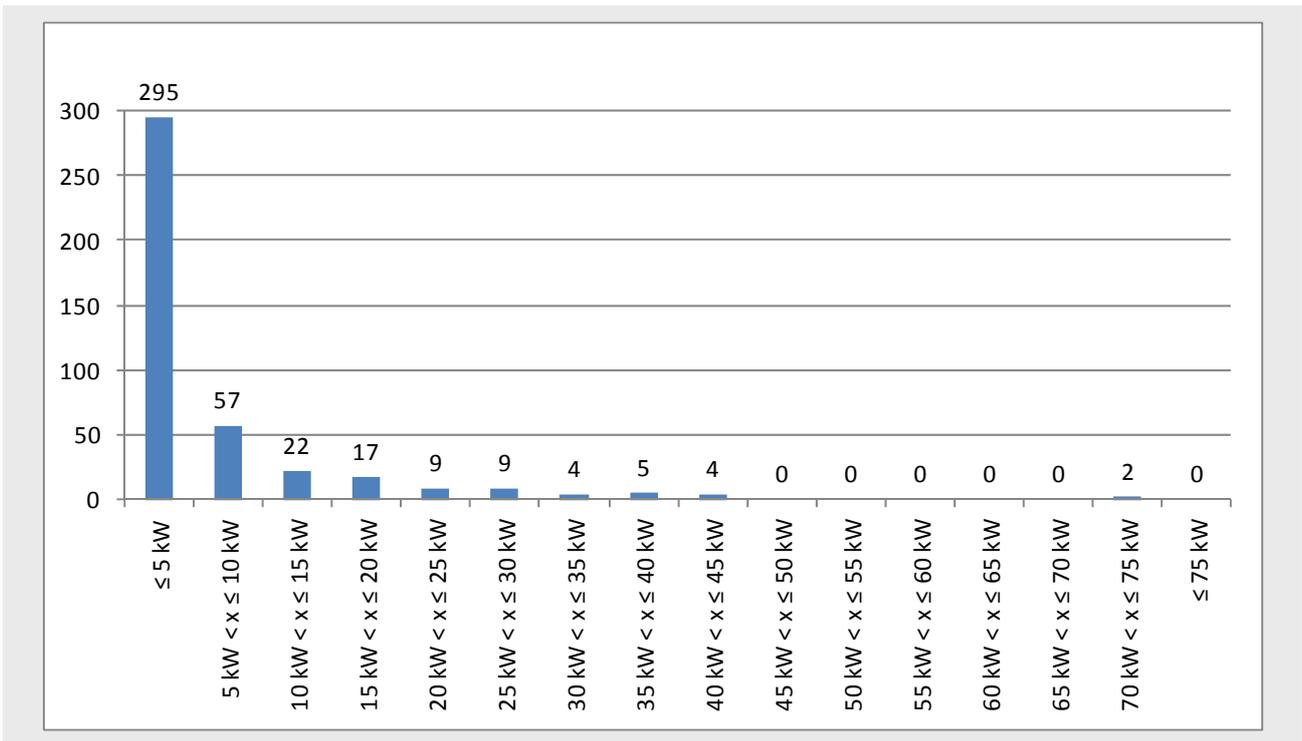
**Bild 4-3** Verhältnis gemessener Wirkleistung zur auf dem Typenschild angegebenen Nennleistung für sämtliche Leistungsstufen aller gemessenen Anlagen



Quelle: IWU eigene Darstellung

An dieser Stelle sei jedoch auf die inhomogene Verteilung der Messungen hingewiesen, wie nachstehend in Bild 4-4 aufgezeigt. Die geringen Anzahlen an untersuchten RLT-Anlagen mit einer Typenschildleistung von mehr als 10 kW können die Ergebnisse verzerren. So liegen beispielsweise fast alle Messungen von Anlagen mit mehr als 10 kW Nennleistung bei einem Verhältnis  $\leq 1$ . Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass weitere Anlagen dieser Typenschildleistungen über dem Verhältnis von 1 liegen und bei entsprechender Anzahl an Messungen ein vergleichbares Bild darstellen, wie es sich bei Anlagen bis 5 kW Nennleistung zeigt.

**Bild 4-4** Verteilung der durchgeführten Messungen, bezogen auf die angegebene Typenschildleistung



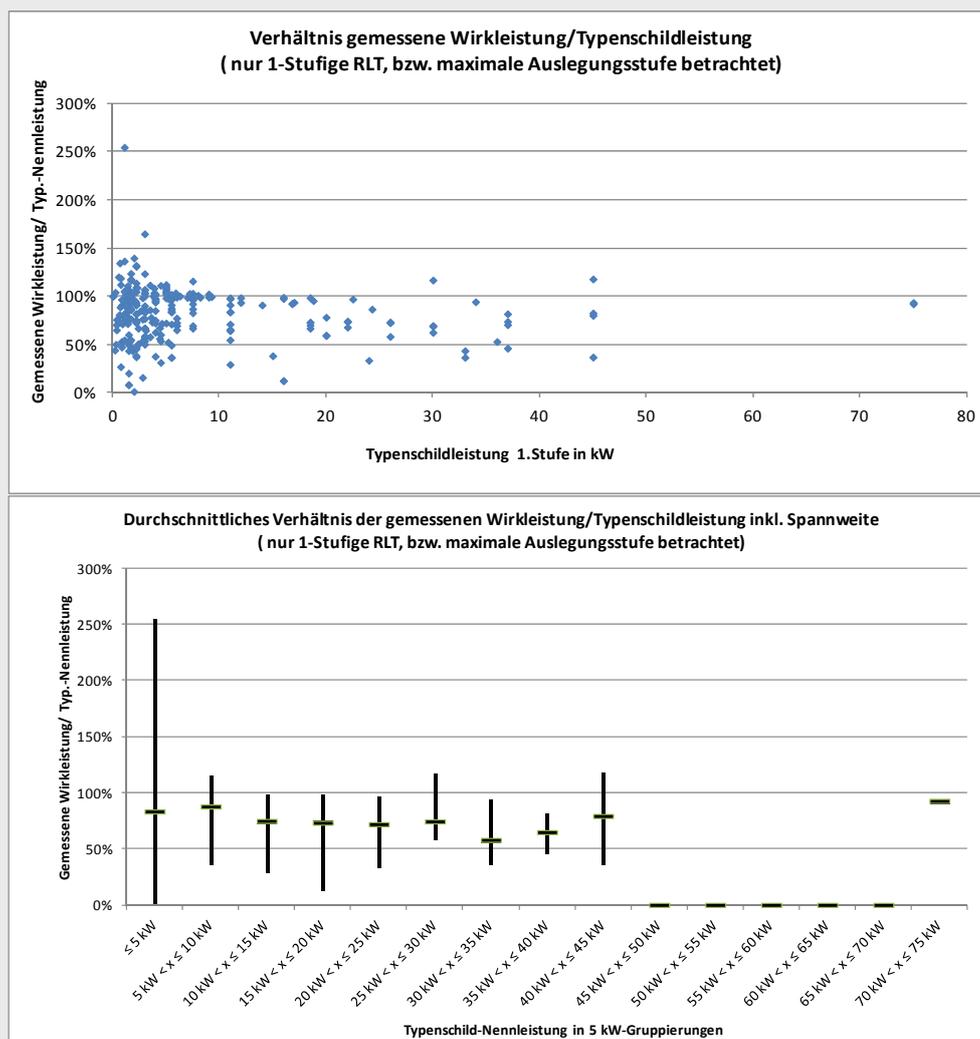
Quelle: IWU eigene Darstellung



1-stufige RLT-Anlagen bzw. die maximale Laststufe mehrstufiger Anlagen wurden auch getrennt von den Teillaststufen ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen Bild 4-5 und Bild 4-6. Das durchschnittliche Verhältnis  $P_{,Ist/Nenn}^V$  für die in höchster Stufe betriebenen Anlagen liegt mit 82% etwas höher als der Durchschnitt über alle Messfälle, während der Durchschnitt bei den Teillast-Betriebsstufen 91% betrug.

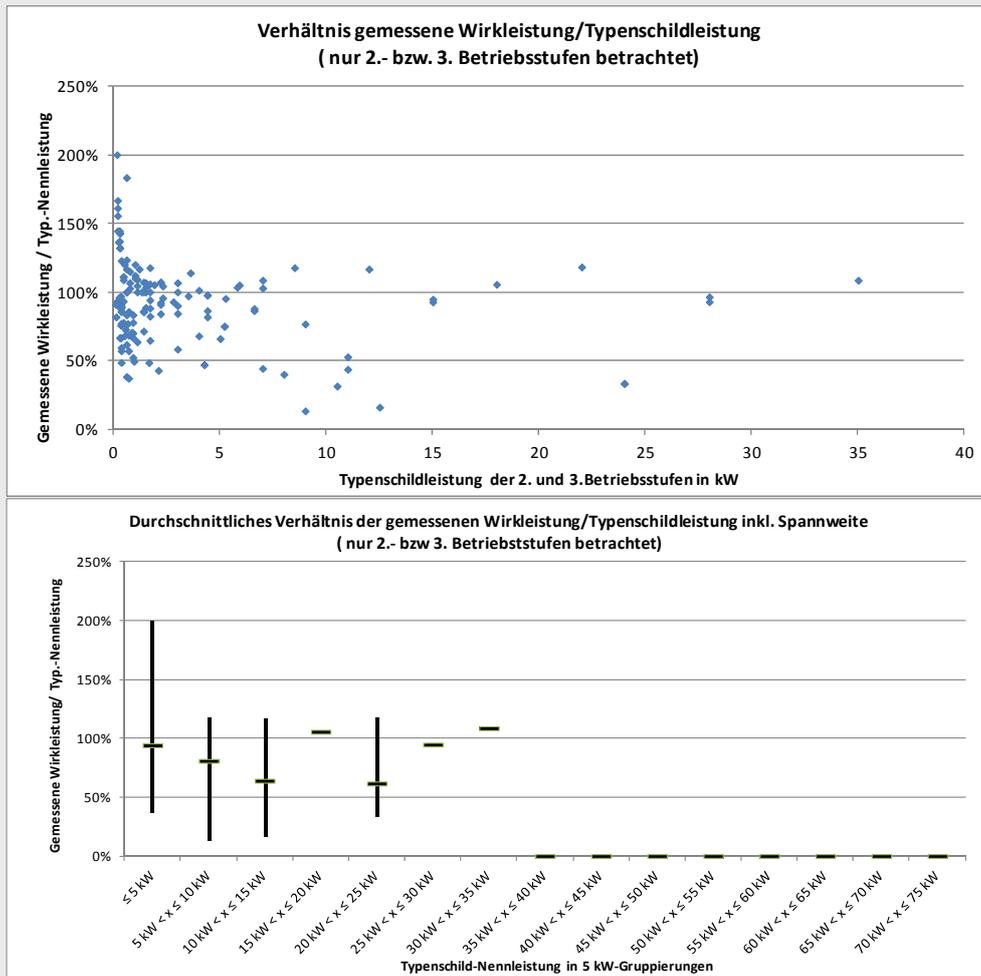
Aufgrund der hohen Anzahl an untersuchten RLT-Anlagen mit einer Typenschildleistung kleiner 5 kW wurden getrennt ausgewertet. Das Verhältnis lag durchschnittlich bei  $P_{,Ist/Nenn}^{V,<5kW} = 88\%$ .

**Bild 4-5** Verhältnis  $P_{,Ist/Nenn}^V$  bei einstufigen RLT-Anlagen bzw. der maximalen Laststufen bei mehrstufigen Anlagen



Quelle: IWU eigene Darstellung

**Bild 4-6** Verhältnis  $P_{,Ist/Nenn}^V$  von den Teillaststufen der RLT-Anlagen



Quelle: IWU eigene Darstellung

#### **4.2.2 Schlussfolgerungen zur Bildung eines Korrekturfaktors für die Typenschildleistung einer RLT-Anlage**

Angesichts der inhomogenen Verteilung der untersuchten RLT-Anlagen ist die Bildung eines allgemeinen Korrekturfaktors für die angegebene Typenschildleistung zum Erhalt einer realistischen Nennleistung für die energetische Bilanzierung innerhalb des TEK-Tools nur bedingt möglich.

Trotzdem stellen die insgesamt 424 durchgeführten Messungen der 31 verschiedenen Nichtwohngebäude eine Datenbasis dar, von der aus die Abschätzung eines solchen Korrekturfaktors nicht völlig unplausibel erscheint. Stellt der genaue Faktor zwar eine variable Größe dar, so ist er für die generelle Tendenz des Verhältnisses von tatsächlicher Wirkleistung zu angegebener Typenschildleistung eine realistische Annahme. Dies wurde innerhalb der Untersuchung aufgezeigt.

Als Ergebnis der Typenschildmessungen kann im Durchschnitt von einem Korrekturfaktor von 85 % auf die angegebene Typenschildleistung einer RLT-Anlage ausgegangen werden, sofern keine exakte Messung der Wirkleistung vorgenommen werden kann. Das ist ein statistisch ermittelter Durchschnittswert, der im Mittel über viele Gebäude gültig ist, im Einzelfall aber falsch sein kann.

Die Untersuchungen und die daraus resultierende Empfehlung der Anwendung eines Korrekturfaktors auf die Typenschild-Nennleistung beziehen sich allerdings lediglich auf, in älteren Bestandsgebäuden häufig eingebaute, ein- oder mehrstufige RLT-Anlagen. Modernere, stufenlos einstell- bzw. programmierbare raumluftechnische Anlagen stellen einen Sonderfall dar und fallen aus dieser Untersuchung und Empfehlung heraus. Hierzu sollten in Zukunft gesonderte Untersuchungen durchgeführt werden.

### 4.3 Aufzüge

Die Messaufgaben DT1 und DT2 zum Energieverbrauch von Aufzügen dienten zum einen der Überprüfung der Relevanz des Stromverbrauchs von Aufzügen für den Gesamtverbrauch elektrischer Energie in Nichtwohngebäuden und zum anderen zum Sammeln von Hintergrundinformationen zur Verbesserung des Algorithmus zur Berechnung des elektrischen Energiebedarfs von Aufzügen.

#### 4.3.1 Messergebnisse

Messungen des elektrischen Energieverbrauchs von Aufzügen konnten in drei Gebäuden aufgenommen werden:

- Verwaltungsgebäude:  
7.807 m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>, 2 Aufzüge
- Institutsgebäude:  
22.807 m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>, 6 Aufzüge
- Kollegiengebäude  
7.309 m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>, 2 Aufzüge

Dabei wurden Lastgänge der elektrischen Leistung der Aufzüge in 1- oder 5-Minuten-Intervallen über 2 bis 4 Wochen aufgezeichnet. Leider konnte die erbrachte Dienstleistung nicht erhoben werden. Dazu hätten Fahrtenzählungen oder zurück gelegte Wegstrecken bzw. mittlere Förderhöhen und Lasten erhoben werden müssen, was in der Praxis schwierig ist. Unter der Annahme, dass die zur Messung ausgewählten Wochen eine im Jahresdurchschnitt repräsentative Nutzung der Aufzüge darstellen, können diese Kurzzeitmessungen auf den Jahresverbrauch elektrischer Energie für Aufzüge in den jeweiligen Gebäuden hochgerechnet werden.

#### Verwaltungsgebäude

Das Verwaltungsgebäude verfügt über zwei Aufzüge, deren technische Daten wie folgt erhoben wurden:

**Bild 4-7 Technische Daten der Aufzüge im Finanzamt Bensheim**

| Aufzugsdaten                            |                  | Aufzug 1           | Aufzug 2      |                               |
|---|------------------|--------------------|---------------|-------------------------------|
| Hersteller                              |                  | Ziehl-Abegg        | Ziehl-Abegg   |                               |
| Baujahr                                 |                  | 1988               | 1988          |                               |
| Tragfähigkeit                           | m                | 1000               | 675           | kg                            |
| Geschwindigkeit                         | v <sub>L</sub>   | 1,0                | 1,0           | m/s                           |
| Anzahl Haltestellen                     |                  | 6                  | 6             | Stck.                         |
| Förderhöhe                              | h <sub>max</sub> | 17,5               | 17,5          | m                             |
| Elektrische Leistung des Antriebsmotors | P <sub>ps</sub>  | 11,5               | 8,5           | kW                            |
| Aufzugsart                              |                  | Seil. m. Ggw       | Seil. m. Ggw. |                               |
| Aufzugssteuerung                        |                  |                    |               |                               |
| Gebäudekategorie                        |                  | Verwaltungsgebäude |               |                               |
| Nettogrundfläche (NGF)                  | A <sub>NGF</sub> | 7807               |               | m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> |

Die beiden Aufzüge konnten nur an einem gemeinsamen Abgang in der Niederspannungshauptverteilung in 5-Minuten-Intervallen über einen Zeitraum von 15 Tagen gemessen werden. Diese Messung wurde über den durchschnittlichen Tagesverbrauch auf das Gebäude hochgerechnet. In Bild 4-8 sind die Messergebnisse dargestellt. Der durchschnittliche Tagesverbrauch betrug 16,5 kWh/d, davon nur 1,2 kWh/d im Stillstand. In der Hochrechnung auf das Jahr ergibt sich ein elektrischer Energieverbrauch für das Gewerk Aufzüge im Gebäude von 6.039 kWh/a bzw. ein spezifischer Verbrauch von 0,77 kWh/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a.



**Bild 4-8 Messergebnisse und Hochrechnung des Energieverbrauchs der Aufzüge im Verwaltungsgebäude**

| Hochrechnung der Messung              |                             | Aufzug 1+2 |                      |
|---------------------------------------|-----------------------------|------------|----------------------|
| Messdauer                             | $\tau$                      | 14,99      | [d]                  |
| Energieverbrauch Messdauer            | $W'_{L,mess}$               | 248        | kWh/Messd:           |
| Energieverbrauch pro Tag              | $W_{L,avg}$                 | 16,5       | kWh/d                |
| davon Stillstandsverbrauch pro Tag    | $W_{L,aux}$                 | 1,2        | kWh/d                |
| hochgerechneter Energieverbrauch      | $W'_L$                      | 6039       | kWh/a                |
| Energieverbrauch pro Gebäude und Jahr | $W_{elev} = \sum_i W_{L,i}$ | 6039       | kWh/a                |
| spezifischer Energieverbrauch Aufzüge | $w_{elev}$                  | 0,77       | kWh/m <sup>2</sup> a |

**Institutsgebäude**

Das Institutsgebäude verfügt über 6 Aufzüge, deren technische Daten wie folgt erhoben wurden:

**Bild 4-9 Technische Daten der Aufzüge im Institutsgebäude**

| Aufzugsdaten   |           | Aufzug 1                                 | Aufzug 2           | Aufzug 3     | Aufzug 4     | Aufzug 5     | Aufzug 6     |       |
|--|-----------|--|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| Hersteller   |           | MAN                                      | MAN                | MAN          | wie Aufzug 1 | wie Aufzug 2 | wie Aufzug 3 |       |
| Baujahr  |           | 1971                                     | 1971               | 1971         |              |              |              |       |
| Tragfähigkeit  |           | 450                                      | 450                | 1500         |              |              |              | kg    |
| Geschwindigkeit  | $v_L$     | 1,2                                      | 1,2                | 0,8          |              |              |              | m/s   |
| Anzahl Haltestellen  |           | 7  | 7                  | 7            |              |              |              | Stck. |
| Förderhöhe   | $h_{max}$ | 24,8                                     | 24,8               | 24,8         |              |              |              | m     |
| Elektrische Leistung des Antriebsmotors                            | $P_{ps}$  | 4,22                                     | 4,22               | 19           |              |              |              | kW    |
| Aufzugsart (Traktion, Hydraulik, m./o. Gegengewicht, Rekuperation) |           | Seil m. Ggw.                             | Seil m. Ggw.       | Seil m. Ggw. |              |              |              |       |
| Aufzugssteuerung (Einzel, Gruppe, Zielwahl)                        |           | Gruppen-Sar                              | Gruppen-Sammel-St. |              |              |              |              |       |
| Gebäudekategorie   |           | Institutsgebäude für Lehre und Forschung |                    |              |              |              |              |       |
| Nettogrundfläche (NGF)   | $A_{NGF}$ | 22877                                    |                    |              |              | $m^2_{NGF}$  |              |       |

Nur die Aufzüge 1 und 2 konnten gemessen werden, wie im Verwaltungsgebäude in 5-Minuten-Intervallen an einem gemeinsamen Abgang in der NSHV. Sie sind baugleich zu den Aufzügen 4 und 5. Die Aufzüge 3 und 6 sind Lastenaufzüge mit deutlich höherer Tragfähigkeit und einer laut Typenschild erheblich höheren elektrischen Leistungsaufnahme des Motors. Sie wurden in der Hochrechnung auf das Jahr mit dem doppelten Energieverbrauch angesetzt. Mit dieser Annahme ergibt sich ein elektrischer Energieverbrauch für das Gewerk Aufzüge im Gebäude von 22.877 kWh/a bzw. ein spezifischer Verbrauch von 1,00 kWh/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a.

**Bild 4-10 Messergebnisse und Hochrechnung des Energieverbrauchs der Aufzüge im Institutsgebäude**

| Hochrechnung der Messung              |                             | Aufzug 1+2 | Aufzug 3 | Aufzug 4+5 | Aufzug 6 |                      |
|---------------------------------------|-----------------------------|------------|----------|------------|----------|----------------------|
| Messdauer                             | $\tau$                      | 14,99      | 0556     |            |          | [d]                  |
| Energieverbrauch Messdauer            | $W'_{L,mess}$               | 156        |          |            |          | kWh/Messd:           |
| Energieverbrauch pro Tag              | $W_{L,avg}$                 | 10,4       |          |            |          | kWh/d                |
| davon Stillstandsverbrauch pro Tag    | $e_{L,aux}$                 | 1,2        |          |            |          | kWh/d                |
| hochgerechneter Energieverbrauch      | $W'_L$                      | 3799       | 7597     | 3799       | 7597     | kWh/a                |
| Energieverbrauch pro Gebäude und Jahr | $W_{elev} = \sum_i W_{L,i}$ | 22791      |          |            |          | kWh/a                |
| spezifischer Energieverbrauch Aufzüge | $w_{elev}$                  | 1,00       |          |            |          | kWh/m <sup>2</sup> a |

### Kollegiengebäude

Das Kollegiengebäude verfügt über 2 Aufzüge, deren technische Daten wie folgt erhoben wurden:

**Bild 4-11 Technische Daten der Aufzüge im Kollegiengebäude**

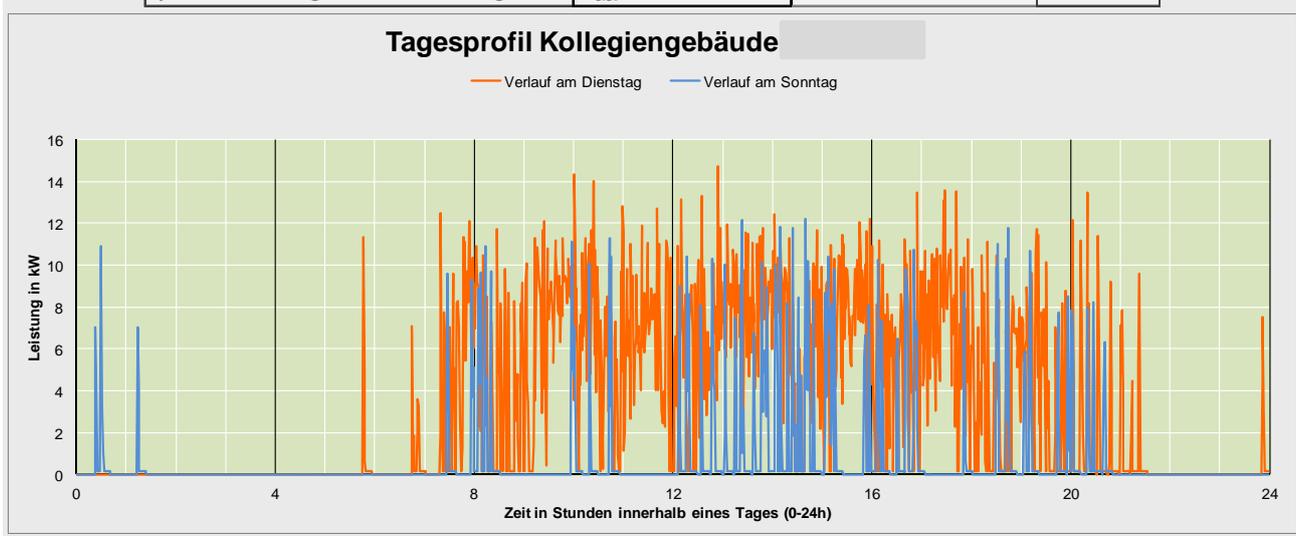
| Aufzugsdaten                            |           | Aufzug 1               | Aufzug 2               |             |
|---|-----------|------------------------|------------------------|-------------|
| Hersteller                              |           | Haushahn (Ziehl Abegg) | Haushahn (Ziehl Abegg) |             |
| Baujahr                                 |           | 1961                   | 1961                   |             |
| Tragfähigkeit                           | m         | 900                    | 900                    | kg          |
| Geschwindigkeit                         | $v_L$     | 1,0                    | 1,0                    | m/s         |
| Anzahl Haltestellen                     |           | 10                     | 10                     | Stck.       |
| Förderhöhe                              | $h_{max}$ | 31,5                   | 31,5                   | m           |
| Elektrische Leistung des Antriebsmotors | $P_{ps}$  | 15                     | 15                     | kW          |
| Aufzugsart                              |           | Seil. m. Ggw.          | Seil. m. Ggw.          |             |
| Aufzugssteuerung                        |           |                        |                        |             |
| Gebäudekategorie                        |           | Institutsgebäude       |                        |             |
| Nettogrundfläche (NGF)                  | $A_{NGF}$ | 7309                   |                        | $m^2_{NGF}$ |

Die Geschwindigkeit wurde zu 1,0 m/s angenommen, da sie auf dem Typenschild nicht angegeben war.

Die beiden Aufzüge konnten getrennt in 1-Minuten-Intervallen gemessen werden. Es ergibt sich ein elektrischer Energieverbrauch für das Gewerk Aufzüge im Gebäude von 41.141 kWh/a bzw. ein spezifischer Verbrauch von 5,63 kWh/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>a. In diesem Gebäude liegt der spezifische Energieverbrauch

**Bild 4-12 Messergebnisse und Hochrechnung des Energieverbrauchs der Aufzüge im Kollegiengebäude**

| Hochrechnung der Messung              |                             | Aufzug 1 | Aufzug 2 |                      |
|---------------------------------------|-----------------------------|----------|----------|----------------------|
| Messdauer                             | $\tau$                      | 35,9     | 26,1     | [d]                  |
| Energieverbrauch Messdauer            | $W'_{L,mess}$               | 1897,0   | 1562,6   | kWh/Messd.           |
| Energieverbrauch pro Tag              | $W_{L,avg}$                 | 52,9     | 59,8     | kWh/d                |
| davon Stillstandsverbrauch pro Tag    | $W_{L,aux}$                 |          |          | kWh/d                |
| hochgerechneter Energieverbrauch      | $W'_L$                      | 19309    | 21832    | kWh/a                |
| Energieverbrauch pro Gebäude und Jahr | $W_{elev} = \sum_i W_{L,i}$ | 41141    |          | kWh/a                |
| spezifischer Energieverbrauch Aufzüge | $W_{elev}$                  | 5,63     |          | kWh/m <sup>2</sup> a |



### 4.3.2 Berechnungsansätze für den elektrischen Energiebedarf von Aufzügen

Der Verbrauch elektrischer Energie von Aufzügen kann einen nicht zu vernachlässigenden Anteil am Gesamtverbrauch des Gebäudes ausmachen. Wenn Aufzüge im Gebäude vorhanden sind, wird deshalb im bisherigen Berechnungsansatz von TEK der Energiebedarf von Aufzügen mit einem pauschalen Wert von  $2 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFA}}$  in der Energiebilanz berücksichtigt. Das entspricht dem Wert aus VDI 3807-4:2008 ([VDI 3807], Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude, Blatt 4 Teilkennwerte elektrische Energie).

Anhand der drei Messungen wird versucht, einen besser auf das jeweilige Gebäude abgestimmten Algorithmus zu finden, der möglichst mit den Typenschildangaben am Aufzug und den ohnehin zu erhebenden Gebäudedaten auskommt. Dazu wurden drei Kurz-Berechnungsverfahren getestet.

In SIA 380/4:2006 ([SNV 2006]) ist ein Verfahren zur Berechnung angegeben, das für bestehende oder bereits dimensionierte Aufzüge angewendet werden kann. Es verwendet die installierte Leistung laut Typenschild oder falls vorhanden, die gemessene Aufnahmeleistung des Antriebsmotors. Der Ansatz ist

$$4-1 \quad W_{\text{elev}} = Z_{\text{tr}} W_{\text{elev,tr}} + W_{\text{elev,aux}} \quad [\text{kWh/a}]$$

$Z_{\text{tr}}$  Anzahl Aufzugsfahrten pro Jahr

$W_{\text{elev,tr}}$  elektr. Energiebedarf für eine Fahrt mit durchschn. Last über eine durchschn. Fahrhöhe

$W_{\text{elev,aux}}$  Hilfsenergiebedarf für z.B. Kabinenbeleuchtung, Steuerung etc.

Die Anzahl der Aufzugsfahrten pro Jahr wird sehr grob geschätzt.

Mit einem ähnlichen Ansatz wie in Gl. 4-1 rechnet das Näherungsverfahren für das frühe Planungsstadium der SIA 380/4:2006. Allerdings wird die Anzahl Fahrten nach Nutzungszonen grob differenziert berechnet (vgl. Darstellung in ([SAFE 2005])).

In DIN 4707-1:2009-03 ist ein Verfahren zur Bewertung der Energieeffizienz von Aufzügen dargestellt, das auch zur Berechnung des Jahresenergiebedarfs genutzt werden kann.

### 4.3.3 Vergleich der Messungen mit den Berechnungen

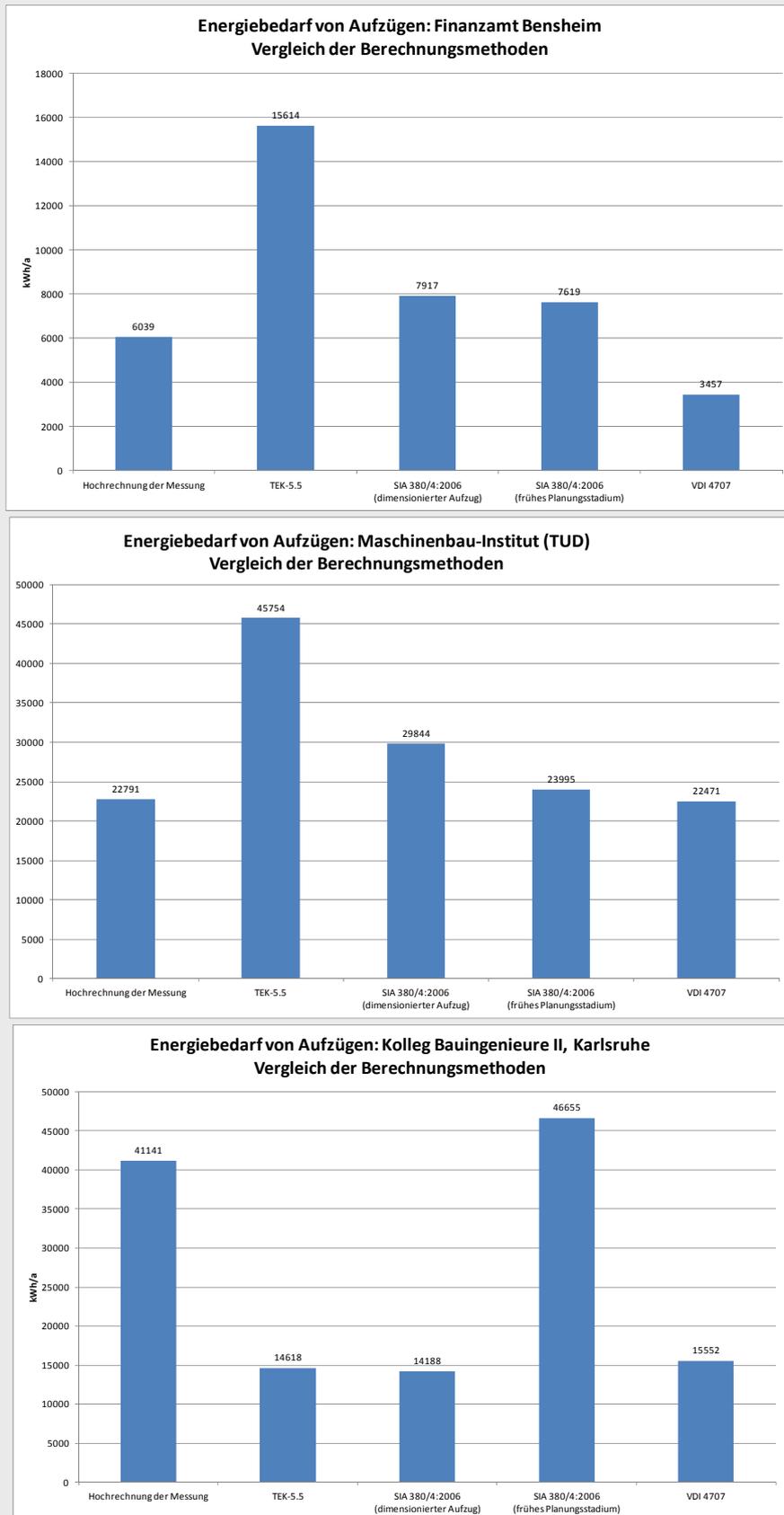
Die auf Jahresverbräuche elektrischer Energie von Aufzügen in Gebäuden hochgerechneten Messergebnisse der drei Beispielgebäude wurden mit den Ergebnissen der verschiedenen Kurz-Verfahren zur Berechnung des Jahresbedarfs elektrischer Energie verglichen.

Als größter Unsicherheitsfaktor stellt sich die tatsächliche Anzahl der ausgeführten Fahrten heraus, die in der Regel nicht bekannt ist. Sie hängt stark von der konkreten Nutzung des Gebäudes ab. Offensichtlich ist jedoch das mittlere Lastkollektiv, also die mittlere Verteilung der Lastzustände, aus Erfahrungswerten ganz gut bekannt, so dass der mittlere Lastfaktor für die verschiedenen Aufzugsarten mit bzw. ohne Gegengewicht bzw. Rekuperation recht plausibel bestimmt werden kann.

Größte Übereinstimmung der hochgerechneten Messwerte für die ganz unterschiedliche Auslastung der Aufzüge in den drei Beispielgebäuden zeigt gemäß Bild 4-13 das Näherungsverfahren nach SIA 380/4:2006. Offensichtlich ist die nach Nutzungsprofilen differenzierte Bestimmung der mittleren Anzahl von Fahrten pro Jahr und der durchschnittlichen Förderhöhe zusammen mit der rechnerischen Bestimmung des elektrischen Energiebedarfs pro Fahrt ein guter Ansatz.

Da die Berechnung in TEK ohnehin nach Nutzungszonen differenziert wird, kann diese Information auch zur Abschätzung der Anzahl von Fahrten genutzt werden.

**Bild 4-13 Vergleich der Berechnungsmethoden für die drei Gebäude**



## 5 Lastganganalysen

### 5.1 Übersicht zur Datenlage

Als Lastgang bezeichnet man den zeitlich hoch aufgelösten Verlauf der mittleren Leistungsaufnahme eines Energieverbrauchers. Der Verbraucher kann das gesamte Gebäude, eine einzelne Lüftungsanlage oder ein bestimmter Heizkreis sein. Die zeitliche Auflösung liegt in der Regel mindestens bei einer Stunde, für elektrische Energie häufig bei 15 Minuten. Der jeweilige angegebene Messwert für ein solches Zeitintervall stellt entweder die mittlere Leistung während dieser Zeit dar oder die durch den Zähler geflossene Energie. Die verbrauchte Energiemenge entspricht dem Produkt aus der mittleren Leistung und der Länge des Zeitintervalls. Zwischen mittlerer Leistung und Energiemenge kann nach der folgenden Formel umgerechnet werden

$$5-1 \quad \bar{P} = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{\overbrace{W(t_2)}^{\text{Zählerstand 2}} - \overbrace{W(t_1)}^{\text{Zählerstand 1}}}{t_2 - t_1}$$

$\bar{P}$  mittlere Leistung im Messintervall

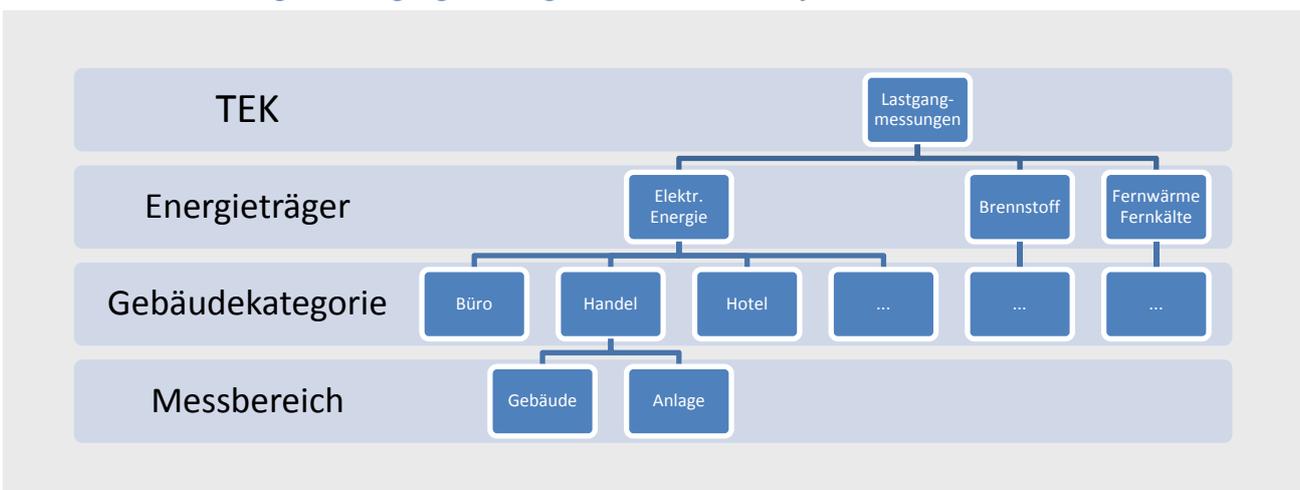
$W(t_n)$  Zählerstand n: Gezählte Energie bis zum Zeitpunkt  $t_n$

$t_n$  Messzeitpunkt n

Energieversorger stellen heutzutage oft Zählerinrichtungen bereit, die Lastgänge speichern können bzw. stellen Lastgangdaten auf Anfrage zur Verfügung. Üblicherweise hofft man bei einer energetischen Gebäudeanalyse, aus gemessenen Lastgängen Informationen über die tatsächlichen Nutzungszeiten von Gebäude und/oder Anlagen gewinnen zu können, idealerweise differenziert nach Wochentagen und Wochenenden. Auch die Lastspitzen einzelner Verbraucher lassen sich möglicherweise ablesen oder zumindest plausibel abschätzen. In günstigen Fällen können sogar Teilenergiekennwerte gebildet werden, um die Berechnungen im TEK-Tool zu überprüfen.

Die Projektteilnehmer hatten deshalb auch die Aufgabe, zu den Gebäuden vorliegende Lastgänge für Strom bzw. Brennstoff/Fernwärme mit dem TEK-Lastgangtool auszuwerten und zu interpretieren. Zunächst wurden die Lastgänge nach Energieträger, Gebäudekategorie und Messbereich, wie in Bild 5-1 schematisch dargestellt, kategorisiert.

**Bild 5-1 Sortierung der Lastgangmessungen aus dem TEK-Projekt**



Insgesamt wurden zu 84 Gebäuden aus dem TEK-Projekt und anderen Projekten 140 Lastgänge bereitgestellt. Davon waren 22 Lastgänge nicht auswertbar, da sie z.B. nur für nicht näher spezifizierte Unterzähler oder nur für Teile eines Jahres vorlagen. Manche enthielten unerklärlich hohe Zahlenwerte, Aussetzer und

sonstige offensichtlich aus Messfehlern resultierende Werte. **Fehler! Ungültiger Eigenverweis auf Textmarke.** zeigt, für welche Energieträger und Gebäudekategorien wie viele Lastgänge vorliegen. Insgesamt wurden auch 22 Lastgänge für einzelne Anlagen gemessen. Letztere wurden teilweise auch im Kap. 4 Kurzzeitmessungen ausgewertet, z.B. für Aufzüge.

**Bild 5-2 Überblick über die Lastgänge aus 84 TEK-Gebäudeanalysen nach Energieträgern und Gebäudekategorien differenziert**

| Gebäudekategorie       |               | Büro und Dienstleistung | Handel | Hotel | Schule / KiTa | Veranstaltung | Wissenschaft & Lehre | Summe |
|------------------------|---------------|-------------------------|--------|-------|---------------|---------------|----------------------|-------|
| Energieträger          |               |                         |        |       |               |               |                      |       |
| Brennstoff             | alle          | 1                       | 7      | 13    | 1             | 4             | 5                    |       |
|                        | unvollständig | 0                       | 2      | 0     | 0             | 1             | 2                    |       |
| elektrische Energie    | alle          | 13                      | 17     | 20    | 16            | 13            | 8                    |       |
|                        | unvollständig | 3                       | 0      | 1     | 3             | 3             | 3                    |       |
| Fernwärme              | alle          | 3                       | 0      | 0     | 0             | 0             | 0                    |       |
|                        | unvollständig | 0                       | 0      | 0     | 0             | 2             | 0                    |       |
| Kaltwasser             | alle          | 0                       | 0      | 0     | 0             | 0             | 0                    |       |
|                        | unvollständig | 0                       | 0      | 0     | 0             | 2             | 0                    |       |
| Summe gesamt           |               | 17                      | 26     | 34    | 20            | 25            | 18                   | 140   |
| Davon nicht verwertbar |               | 3                       | 2      | 1     | 3             | 8             | 5                    | 22    |

Die Auswertungen der Gebäude-Lastgänge in dieser Querschnittsanalyse konzentrieren sich beispielhaft auf einzelne Gebäudekategorien und gehen Fragen wie z.B. folgenden nach:

- Gibt es typische Merkmale in den Lastgängen für bestimmte Gebäudekategorien?
- Können Muster in der Verbrauchsstruktur für Abschätzungen oder Hochrechnungen bei anderen Gebäuden der gleichen Kategorie genutzt werden?
- Kann mit Lastgangdaten auf einfache Weise die Plausibilität von Teilen der Energiebedarfsberechnung überprüft werden?
- Was sind typische Verhältnisse für Stand-By-Verbrauch außerhalb der Nutzungszeiten zu Betriebsverbrauch während der Nutzungszeiten bei unterschiedlich genutzten bzw. technisch installierten Gebäuden?
- Wie können Lastgänge genutzt werden, um die Potenziale zum Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung abzuschätzen?

Dazu werden die gemessenen Lastgänge, neben der Darstellung in absoluten Werte, unter anderem auch auf die jeweiligen Maximalwerte normiert und mit dem TEK-Lastgangtool<sup>15</sup> charakteristische Lastgänge / Dauerlinien / Wochenprofile / Tagesprofile nach Gebäudekategorien getrennt analysiert.

Am Beispiel der Gebäudekategorien Büro, Handel, Hotel und Schulen werden einige dieser Fragen exemplarisch behandelt.

## 5.2 Auswertung nach Gebäudekategorien

### 5.2.1 Bürogebäude, höher technisiert

Für vier eher hoch-technisierte Bürogebäude wurden die vorliegenden Lastgangmessungen für Brennstoff/Fernwärme bzw. elektrische Energie ausgewertet. Die im Folgenden kurz beschriebenen, vier Bürogebäude wurden als höher technisiert eingestuft, da sie über größere zentrale Einrichtungen wie EDV-Zentralen, Küchen und Kantinen sowie größere Flächenanteile mit klimatisierten Büros und Sitzungsräumen verfügen.

<sup>15</sup> Das TEK-Lastgangtool wurde vom Projektteilnehmer KIT fbta entwickelt und in der Version 53 für die Querschnittsauswertungen genutzt.

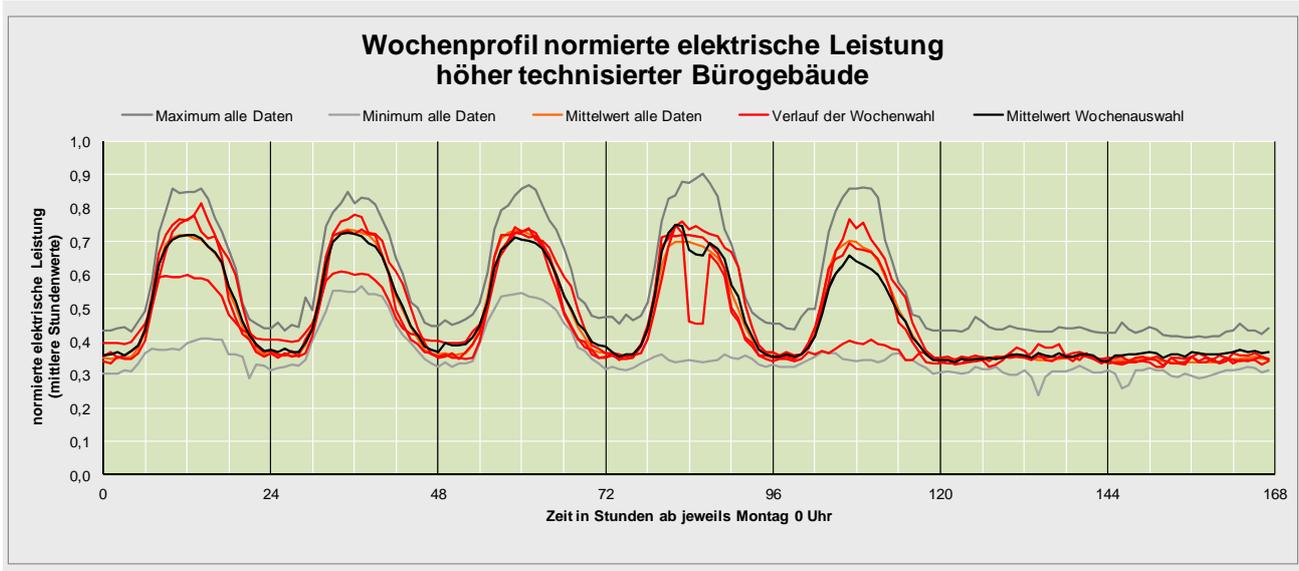


|  |   |
|--|---|
| <p><b>Bürogebäude 1</b> <sup>16</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung: Öffentliche Verwaltung, höher technisiert</li> <li>• Baujahr 1953 bis 1961 (abschnittsweise), 1985 teilweise Erneuerung von Fenstern und Fassade, 2004 Erneuerung Wärmeversorgung, 2000 bis 2006 Erneuerung Kälteversorgung</li> <li>• Energiebezugsfläche 30.570 m<sup>2</sup></li> <li>• Fernwärme aus KWK mit erneuerbarem Brennstoff</li> <li>• Klimatisierte Büro- und Sitzungsräume, Kantine, Küche, EDV-Zentrale (84 m<sup>2</sup>)</li> <li>• Teilenergiekennwerte: Brennstoff/Fernwärme 98 kWh/m<sup>2</sup>a, elektrische Energie 41 kWh/m<sup>2</sup>a</li> <li>• Primärenergetische Gebäude-Bewertung: Sehr gering (mit Brennstoff fossil: Gering).</li> <li>• Lastgang Wärme und Strom</li> </ul> | <p><b>Bürogebäude 3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung: Privat genutztes Bürogebäude, höher technisiert</li> <li>• Baujahr 1976, 1996 komplette Sanierung der Außenwand und der Fenster</li> <li>• Energiebezugsfläche 20.349 m<sup>2</sup></li> <li>• Fernwärme aus KWK mit fossilem Brennstoff</li> <li>• Teilweise klimatisierte Büro- und Sitzungsräume, EDV-Zentrale (300 m<sup>2</sup>), Küche, Kantine</li> <li>• Teilenergiekennwerte: Brennstoff/Fernwärme 111 kWh/m<sup>2</sup>a, elektrische Energie 48 kWh/m<sup>2</sup>a</li> <li>• Primärenergetische Gebäude-Bewertung: Gering.</li> <li>• Lastgang Wärme und Strom</li> </ul> |
| <p><b>Bürogebäude 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung: Privat genutztes Bürogebäude, höher technisiert</li> <li>• Baujahr 1976, 1996 komplette Sanierung der Außenwand und der Fenster</li> <li>• Energiebezugsfläche 7.641 m<sup>2</sup></li> <li>• Fernwärme aus KWK mit fossilem Brennstoff</li> <li>• Büro- und Sitzungsräume, EDV-Zentrale (300 m<sup>2</sup>)</li> <li>• Teilenergiekennwerte: Brennstoff/Fernwärme 115 kWh/m<sup>2</sup>a, elektrische Energie 101 kWh/m<sup>2</sup>a</li> <li>• Primärenergetische Gebäude-Bewertung: Hoch.</li> <li>• Lastgang Wärme und Strom</li> </ul>  | <p><b>Bürogebäude 4</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung: Privat genutztes Bürogebäude, höher technisiert</li> <li>• Baujahr 1975, 2008 technische Anlagen teilweise modernisiert</li> <li>• Energiebezugsfläche 10.453 m<sup>2</sup></li> <li>• Gas-Brennwertkessel</li> <li>• Teilweise klimatisierte Büro- und Sitzungsräume, Schalterhalle</li> <li>• Teilenergiekennwerte: Brennstoff 92 kWh/m<sup>2</sup>a, elektrische Energie 32 kWh/m<sup>2</sup>a</li> <li>• Primärenergetische Gebäude-Bewertung: Mittel.</li> <li>• Lastgang Strom</li> </ul>   |

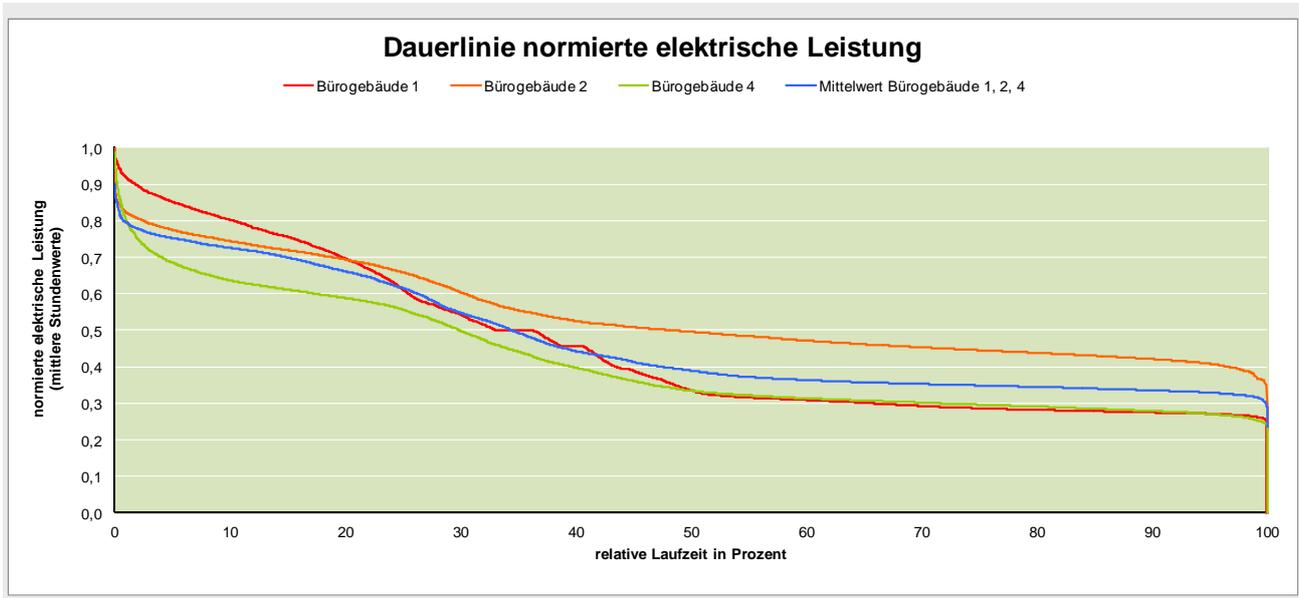
<sup>16</sup> Teilweise manuell modellierter Lastgang: Für die letzten drei Monate 10, 11 und 12 fehlten die Messwerte, sie wurden aus den ersten drei Monaten des Jahres durch zeitliche umgekehrte Sortierung manuell generiert.

Die Wochenprofile in Bild 5-3 zeigen über die Bürogebäude 1, 2 und 4 und die Kalenderwochen 5, 18, 31 und 44 gemittelte Stundenwerte der normierten elektrischen Leistung. Die Grundlast außerhalb der normalen Nutzungszeiten ist mit 30% bis 40% der maximalen Leistung sehr hoch. Offensichtlich werden in allen Gebäuden und unabhängig von den Jahreszeiten wesentliche Teile der Verbraucher rund um die Uhr betrieben. Die geordnete Jahresdauerlinie in Bild 5-4 projiziert diese Eigenschaften auf das ganze Jahr. Die bauchige Struktur im ersten Drittel und der konstante Verlauf im dritten Drittel kennzeichnen diese Verbrauchsstruktur.

**Bild 5-3** Gemittelte Wochenprofile der normierten, elektrischen Leistung für die Bürogebäude 1, 2 und 4



**Bild 5-4** Geordnete Jahresdauerlinie der normierten elektrischen Leistung für die Bürogebäude 1, 2 und 4

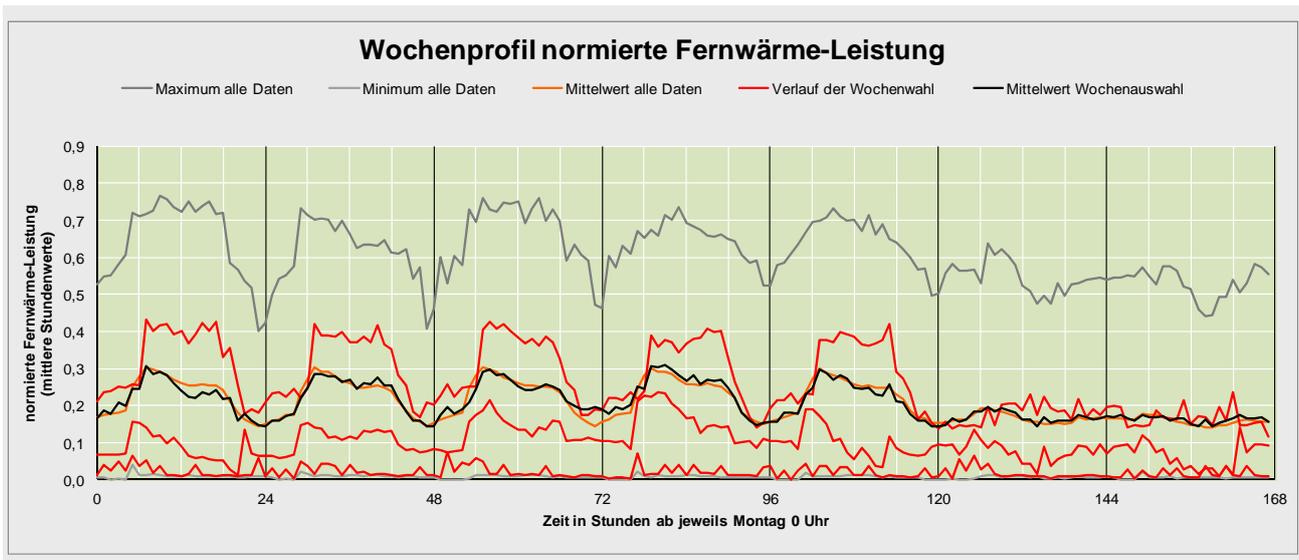




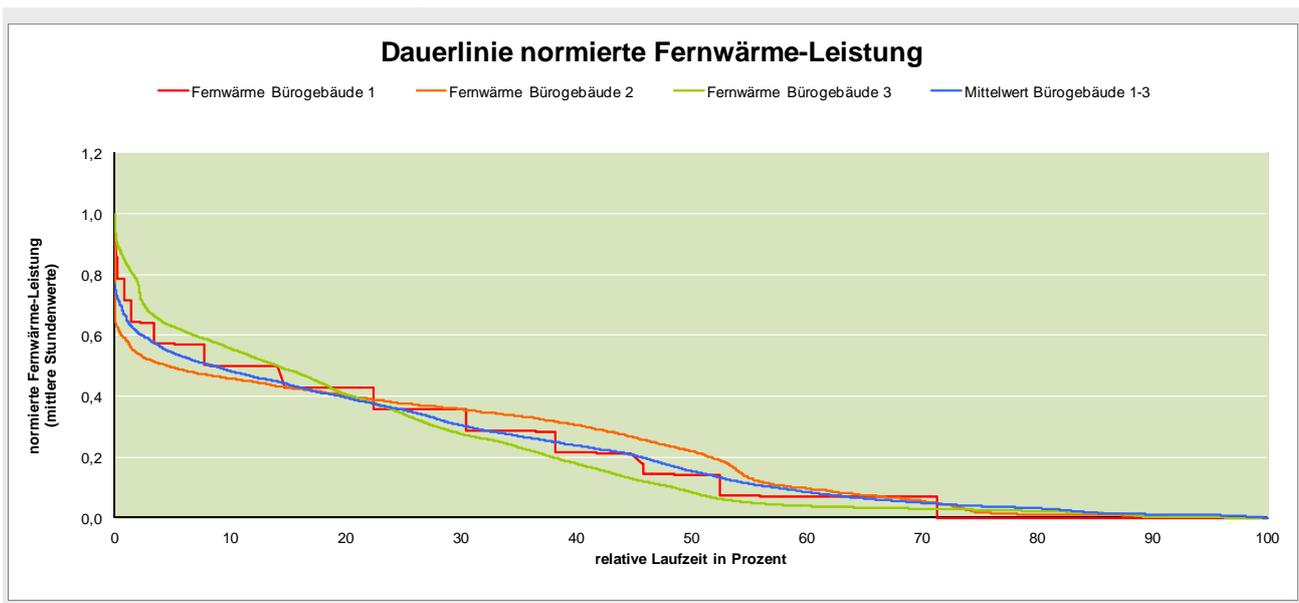
Erwartungsgemäß deutlich weniger ausgeprägt ist die Modulation des Tag-Nacht-Rhythmus beim Wochenprofil des Brennstoff- und Fernwärmeverbrauchs in Bild 5-5 am Beispiel derselben Kalenderwochen 5, 18, 31 und 44 wie beim Stromverbrauch oben. Trotz Nacht- und Wochenendabsenkung gehen die gemessenen Leistungen in der Heizzeit oft weniger stark zurück, wie man an der Maximumkurve sieht. Anders als beim Strom gibt es jedoch eine ausgeprägte jahreszeitliche Abhängigkeit der Wochenprofile. Die Kurve der Sommerwoche sowie die Kurve für das Minimum über alle Daten liegen nahe bei der Nulllinie.

Das führt auch dazu, dass die geordneten Jahresdauerlinien in Bild 5-6 bei etwa 6.000 Stunden gegen Null geht.

**Bild 5-5** Gemittelttes Wochenprofil der normierten Fernwärme-Leistung für die 3 Bürogebäude mit höherer Technisierung



**Bild 5-6** Geordnete Jahresdauerlinie der normierten Fernwärme-Leistung für die 3 Bürogebäude mit höherer Technisierung



## 5.2.2 Einfache Bürogebäude

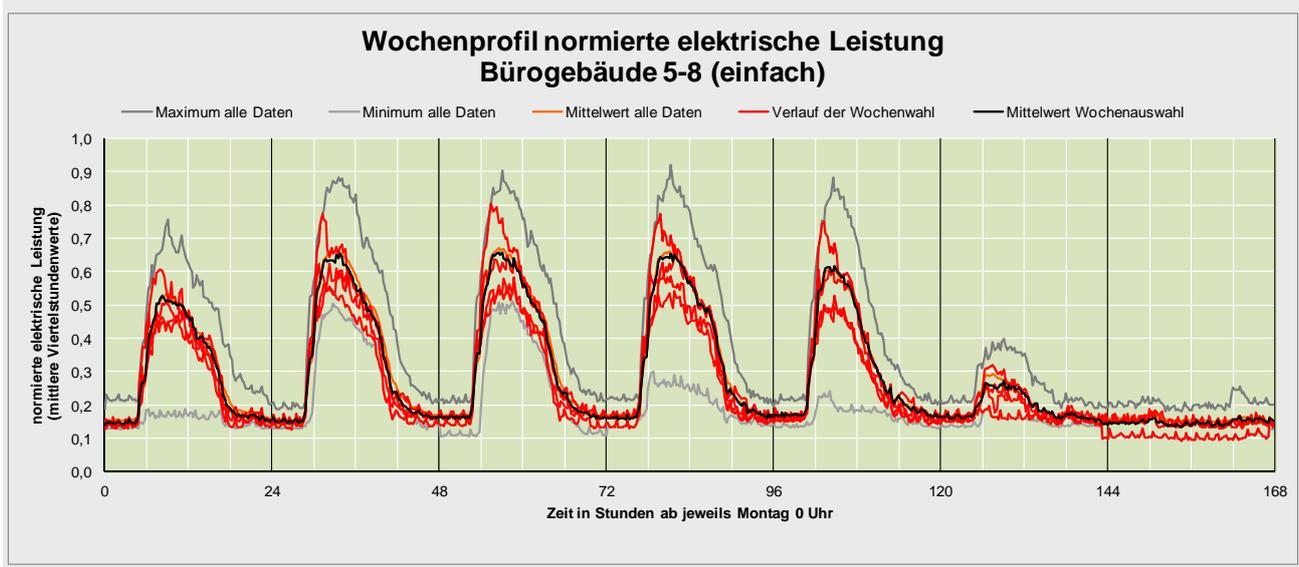
Die hier als „einfach“ bezeichneten Bürogebäude sind in der Regel typisch ausgestattete Verwaltungsgebäude ohne energieaufwändige Nutzungen wie größere EDV-Zentralen etc. Für diese Bürogebäude liegen nur Lastgänge für elektrische Energie vor, die auf Viertelstunden-Mittelwerten beruhen.

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Bürogebäude 5</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung: Finanzamt, Tiefgarage</li> <li>• Baujahr Altbau 1901 (Teilsanierung 1992: Außenwand, Fenster, oberste Geschossdecke, Beleuchtung) bzw. Neubau 1991</li> <li>• Energiebezugsfläche<br/>5.692 m<sup>2</sup> + 11.957 m<sup>2</sup> = 17.649 m<sup>2</sup></li> <li>• Lastgang Strom</li> </ul> | <p><b>Bürogebäude 8</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung: Finanzamt</li> <li>• Baujahr 1988</li> <li>• Energiebezugsfläche 7.807 m<sup>2</sup></li> <li>• Lastgang Strom</li> </ul>   |
| <p><b>Bürogebäude 6</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung: Privates Bürogebäude</li> <li>• Baujahr 1990</li> <li>• Energiebezugsfläche 3.865 m<sup>2</sup></li> <li>• Lastgang Strom</li> </ul>   | <p><b>Bürogebäude 9</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung: Polizeidirektion, 24-Stunden-Betrieb</li> <li>• Baujahr 1938 (teilweise Sanierung ca. 1990, Dach teilweise, Fenster komplett, Wärmeerzeuger, Beleuchtung teilweise)</li> <li>• Energiebezugsfläche 3.059 m<sup>2</sup></li> <li>• Lastgang Strom</li> </ul> |
| <p><b>Bürogebäude 7</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzung: Amtsgericht</li> <li>• Baujahr 1982</li> <li>• Energiebezugsfläche 4.185 m<sup>2</sup></li> <li>• Lastgang Strom</li> </ul>  |   |



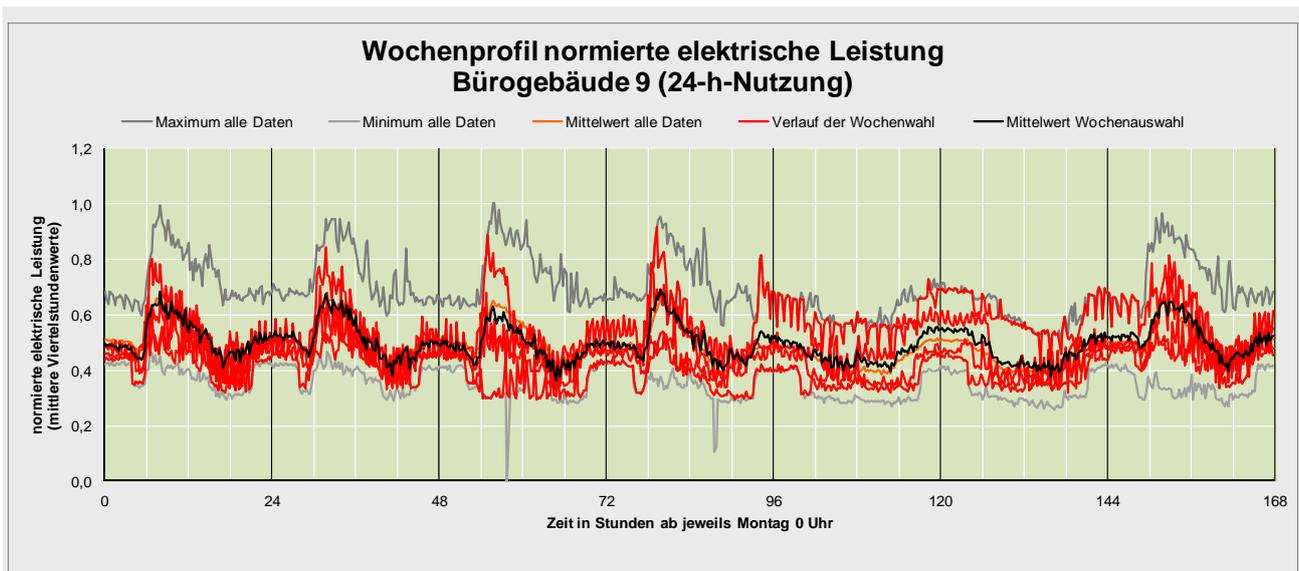
Die Wochenprofile in Bild 5-7 zeigen über die Bürogebäude 5 bis 8 und die Kalenderwochen 5, 18, 31 und 44 gemittelte Stundenwerte der normierten elektrischen Leistung. Die Grundlast außerhalb der normalen Nutzungszeiten liegt zwischen 10% und 20% der maximalen Leistung und damit deutlich niedriger als bei den höher technisierten Gebäuden. Offensichtlich unterscheiden sich die Gebäudetypen durch eine deutlich andere Verbraucherstruktur bei Geräten und Anlagen.

**Bild 5-7** Gemitteltetes Wochenprofil der normierten, elektrischen Leistung für die Bürogebäude 5 - 8



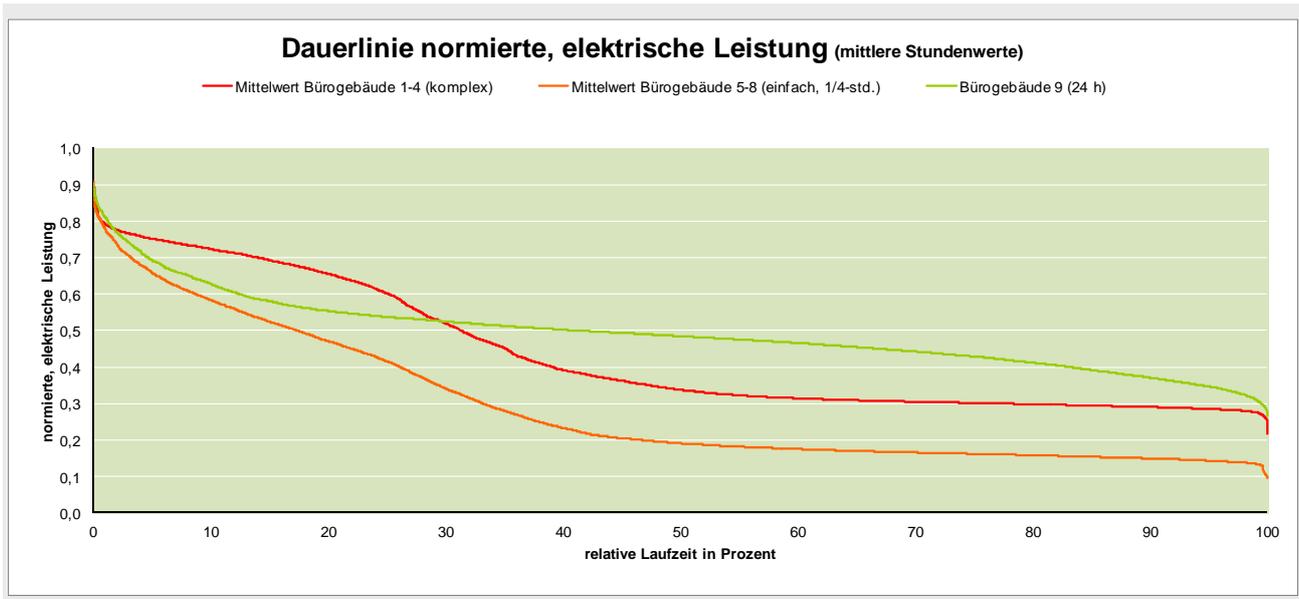
Das Bürogebäude 9 in Bild 5-8 ist durch überwiegend 24-stündige Nutzung gekennzeichnet. Die Grundlast liegt bei 35% bis 40% der Maximalleistung, die Modulation des Tagesprofils ist wenig ausgeprägt.

**Bild 5-8** Gemitteltetes Wochenprofil der normierten, elektrischen Leistung für Bürogebäude 9 mit überwiegend 24-stündiger Nutzung



In Bild 5-9 sind geordnete Jahresdauerlinien der normierten elektrischen Leistung für die verschiedenen Klassen von Bürogebäuden dargestellt. Erkennbar ist der Einfluss des Technisierungsgrads, die geordnete Jahresdauerlinie der eher höher technisierten Bürogebäude 1 – 4 ist bauchiger und verläuft deutlich oberhalb der Linie der eher einfach ausgestatteten Bürogebäude 5 - 8. Aber auch ungewöhnliche Nutzungszeiten hinterlassen eindeutige Spuren, z.B. bei 24-Stunden-Nutzung. Im Unterschied zum Technisierungsgrad ist der Einfluss der Nutzungszeit an einem langen Plateau hoher Leistungsanspruchnahme zu erkennen.

**Bild 5-9 Vergleich der Jahresdauerlinien der normierten, elektrischen Leistung verschiedener Kategorien von Bürogebäuden mit unterschiedlicher technischer Ausstattung und Nutzung als Mittelwert über jeweils mehrere Gebäude**

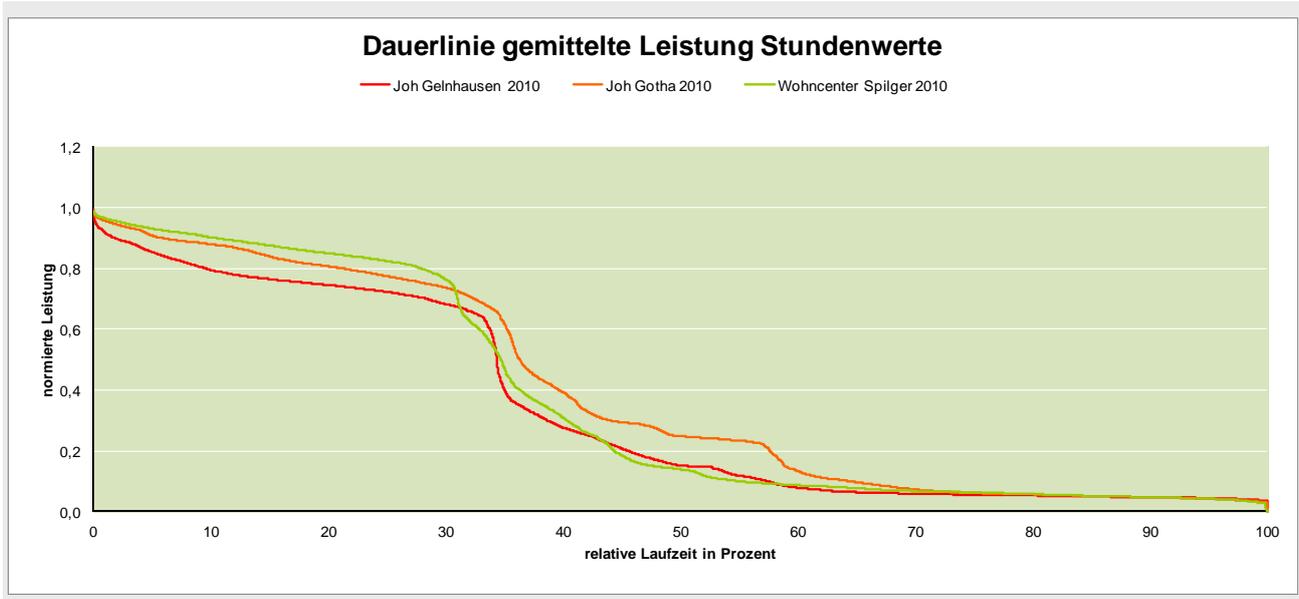


### 5.2.3 Handelsgebäude

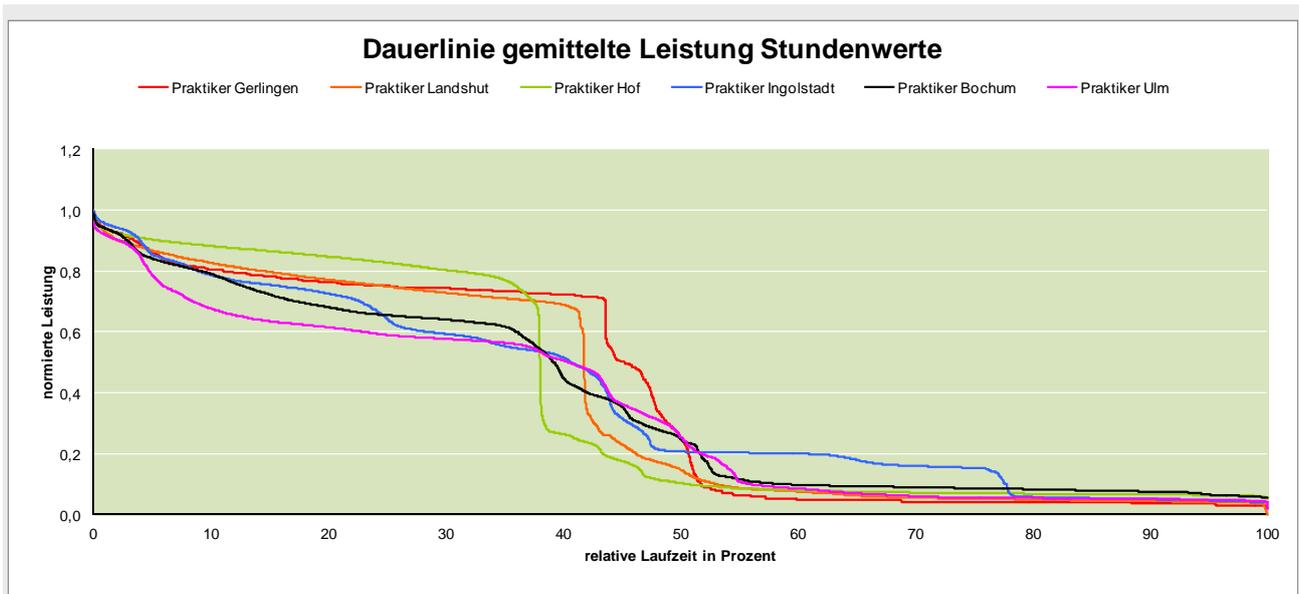
In der Gebäudekategorie Handelsgebäude konnten im TEK-Projekt 3 Kaufhäuser und 8 Baumärkte detaillierter untersucht werden. Nicht alle dazu vorliegenden Lastgänge waren jedoch auswertbar.

Deutlich erkennbar sind in Bild 5-10 die typischen Öffnungszeiten von etwa 3.100 h/a bei den Kaufhäusern und in Bild 5-11 etwa 3.500 h/a bei den Baumärkten. Unterschiedliche Anlagenbetriebsweisen sorgen offenbar dafür, dass in den Vor- und Nachbereitungszeiten zu den Öffnungszeiten unterschiedliche Verläufe der Dauerlinien zu beobachten sind. Gemeinsam ist den Handelsgebäuden, dass die in Anspruch genommene Leistung über lange Zeiten außerhalb der Nutzung auf ca. 10% oder weniger der Spitzenlast zurückgeht.

**Bild 5-10 Normierte Jahresdauerlinie der elektrischen Leistung aus 3 Kaufhäusern**



**Bild 5-11 Normierte Jahresdauerlinie der elektrischen Leistung aus 6 Baumärkten**



## 5.2.4 Hotels

Für 6 in TEK untersuchte Hotels liegen Lastgänge für Brennstoff / Fernwärme und/oder Strom vor.

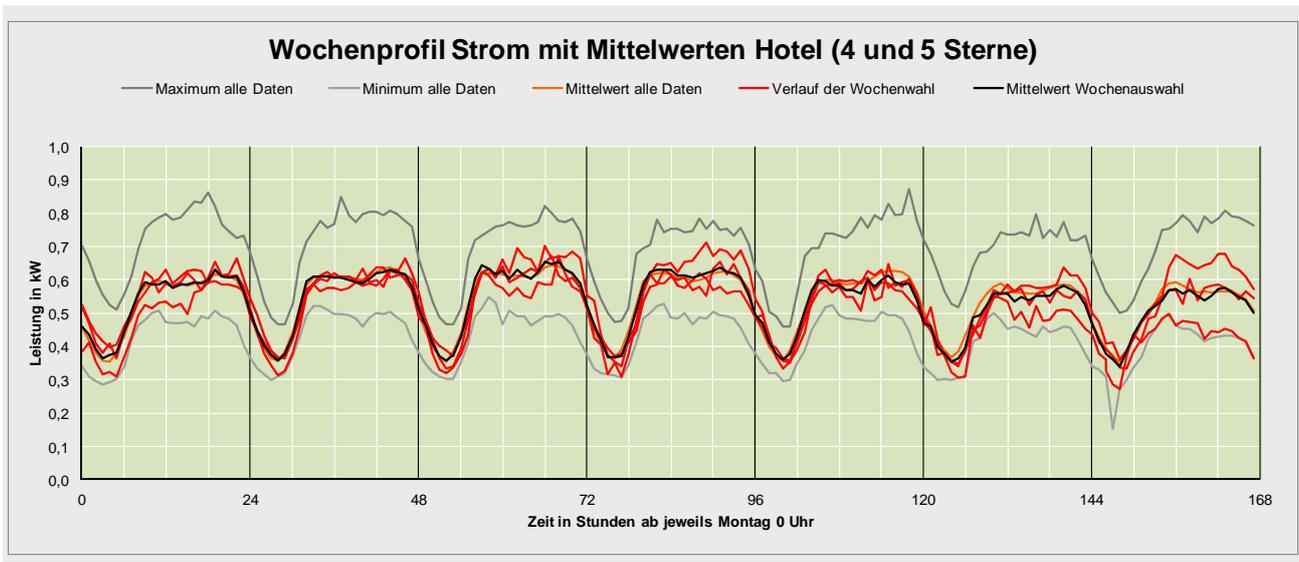
|   |  |
|---|--|
| <p><b>Hotel 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baujahr 1958, Totalsanierung 1993</li> <li>• Energiebezugsfläche 16.008 m<sup>2</sup></li> <li>• Gebäudekategorie<sup>17</sup> Hotels mit 4 und 5 Sternen</li> <li>• 297 Zimmer, 30 Suiten, großer Konferenzbereich mit 13 Konferenzräumen, Restaurant</li> <li>• BHKW, 16 Lüftungs- und Teilklimaanlagen</li> </ul> | <p><b>Hotel 4</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baujahr 1991</li> <li>• Energiebezugsfläche 13.463 m<sup>2</sup></li> <li>• Gebäudekategorie Hotels mit 4 und 5 Sternen</li> <li>• 169 Zimmer, 2 Konferenzräume, 6 Besprechungsräume, 2 Restaurants</li> <li>• Gas-Kessel, 10 Lüftungs- und Teilklimaanlagen, zentrale Kälteerzeugung (alt)</li> </ul>    |
| <p><b>Hotel 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baujahr 1973, Erweiterungen: Restaurant 1985, Konferenzräume 1991, Kongressbereich 2001</li> <li>• Energiebezugsfläche 14.016 m<sup>2</sup></li> <li>• Gebäudekategorie Hotels mit 4 und 5 Sternen</li> <li>• Gas-Kessel, Lüftungs- und Teilklimaanlagen</li> </ul>  | <p><b>Hotel 5</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baujahr 1974, noch keine Sanierung</li> <li>• Energiebezugsfläche 17.242 m<sup>2</sup></li> <li>• Gebäudekategorie Hotels mit 4 und 5 Sternen</li> <li>• Hochhaus, baulich verbunden mit leer stehendem Bürogebäude</li> <li>• Nahwärme, zentrale Abluft, Klimasplitgeräte in den Hotelzimmern</li> </ul> |
| <p><b>Hotel 3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baujahr 1981, noch keine Sanierung</li> <li>• Energiebezugsfläche 8.729 m<sup>2</sup></li> <li>• Gebäudekategorie Hotels mit 4 und 5 Sternen</li> <li>• Gas-Brennwertkessel (Baujahr 2000)</li> </ul>  | <p><b>Hotel 6</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baujahr 2009</li> <li>• Energiebezugsfläche 3.726 m<sup>2</sup></li> <li>• Gebäudekategorie Hotels mit 3 Sternen</li> <li>• Fernwärme, Abluftanlage, Ventilatorkonvektoren, zentrale Kälteerzeugung</li> </ul>  |

Ganz anders als Handelsgebäude zeigen die Wochenlastgänge der normierten elektrischen Leistung aus verschiedenen Jahreszeiten von Hotels in Bild 5-12 einen stetigen Verlauf auf hohem Verbrauchsniveau während der Hauptnutzungszeiten und ein gleichermaßen sehr hohes Verbrauchsniveau während der Nacht. Die Jahresdauerlinien in Bild 5-13 spiegeln die langen Nutzungszeiten ebenso wie die hohe technische Ausstattung wider.

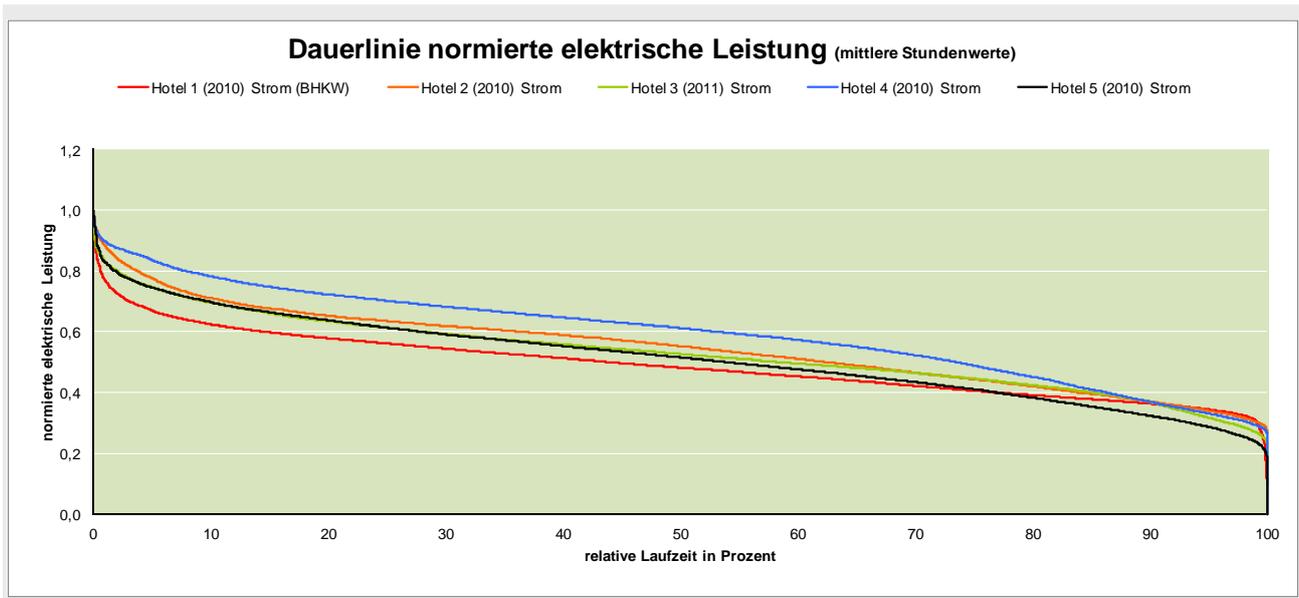
<sup>17</sup> Nach ([BMVBS 2009a]), Tabelle 2.2, Lfd. Nr. 1.4 bzw. 1.3



**Bild 5-12** Wochenprofile der normierten, elektrischen Leistung gemittelt über 5 Hotels für die Kalenderwochen 5, 18, 31 und 44

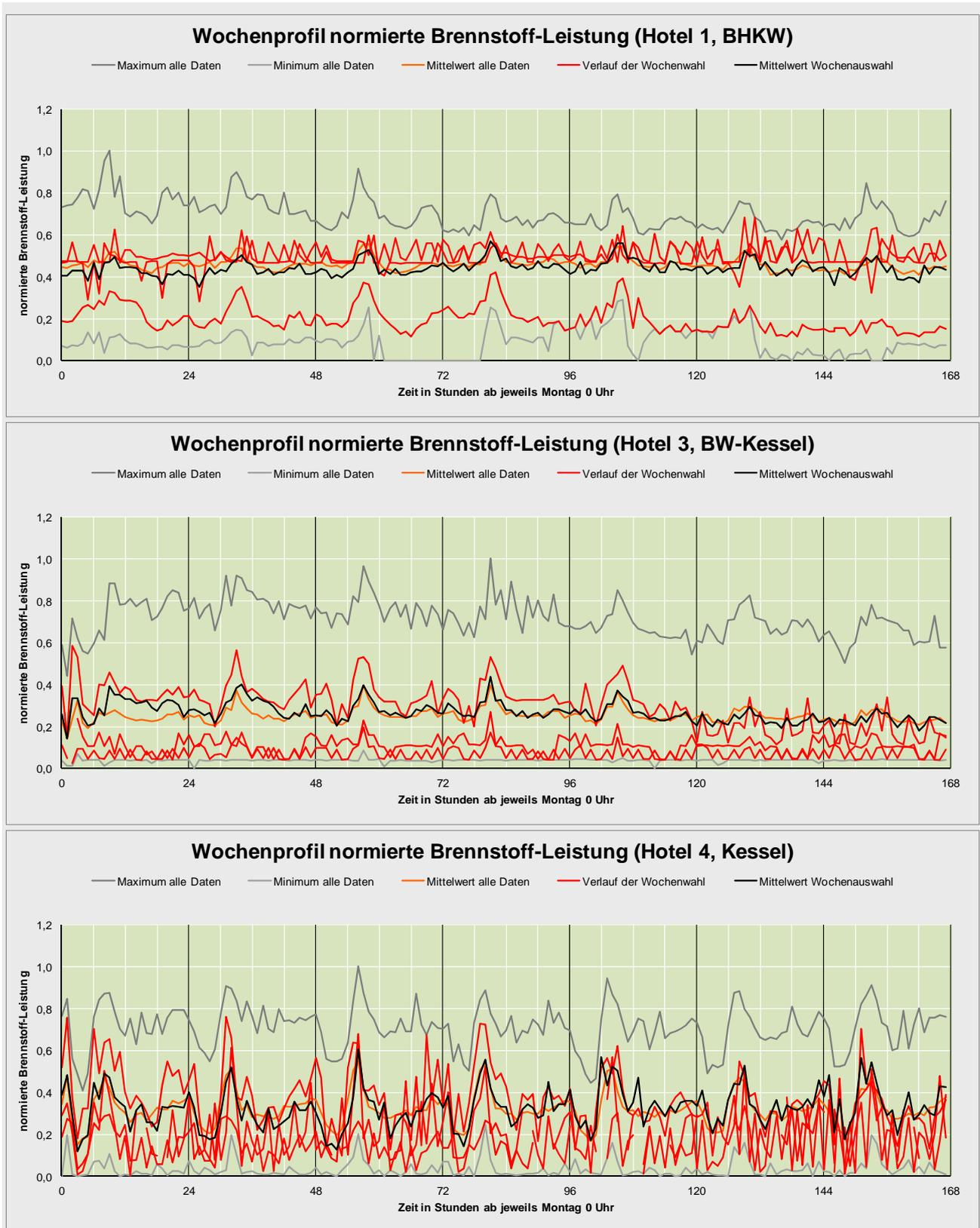


**Bild 5-13** Jahredauerlinie der normierten, elektrischen Leistung in verschiedenen Hotels



Beim Brennstoffverbrauch der Kalenderwochen 5, 18, 31 und 44 des Jahres 2011 und der korrespondierenden Jahredauerlinien erkennt man die Einflüsse der unterschiedlichen Wärmeerzeugungssysteme. Hotel 1 ist mit einem BHKW ausgestattet, Hotel 3 mit einem Gas-Brennwertkessel und Hotel 4 mit einem Gas-Niedertemperaturkessel.

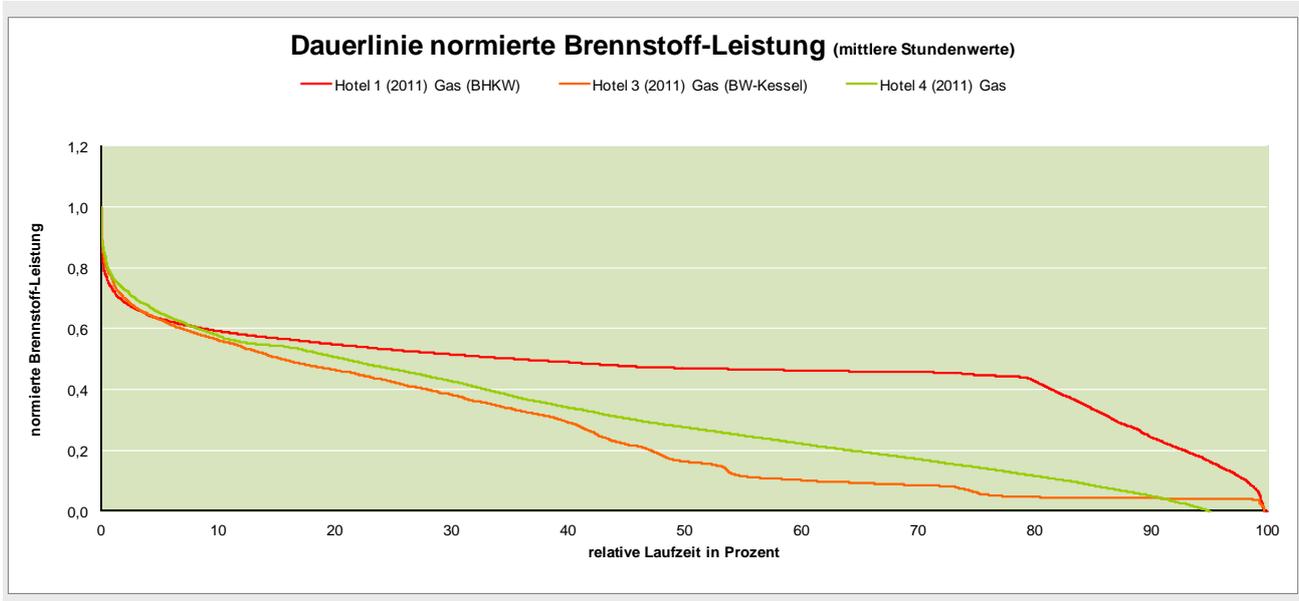
**Bild 5-14** Wochenprofile der normierten Brennstoffleistung für verschiedene Wärmeerzeuger in Hotels in den Kalenderwochen 5, 18, 31 und 44 des Jahres 2011





Deutlich erkennbar ist der hohe Brennstoffverbrauch im Hotel mit BHKW, der aber zum großen Teil auch der Stromerzeugung dient. In der normierten Darstellung wird auch der Brennwerteffekt in der Übergangszeit deutlich. Die Dauerlinie von Hotel 3 weicht über weite Zeiten im Jahr nach unten von der Linie des Hotels mit dem Niedertemperaturkessel ab. Das 1981 erbaute Gebäude wurde noch nicht energetisch modernisiert, scheidet also als Erklärung aus.

**Bild 5-15 Jahresdauerlinie der normierten Brennstoff-Leistung in verschiedenen Hotels im Jahr 2011**



## 5.2.5 Schulen

Für 8 Schulen wurden Lastgänge des elektrischen Energieverbrauchs ausgewertet.

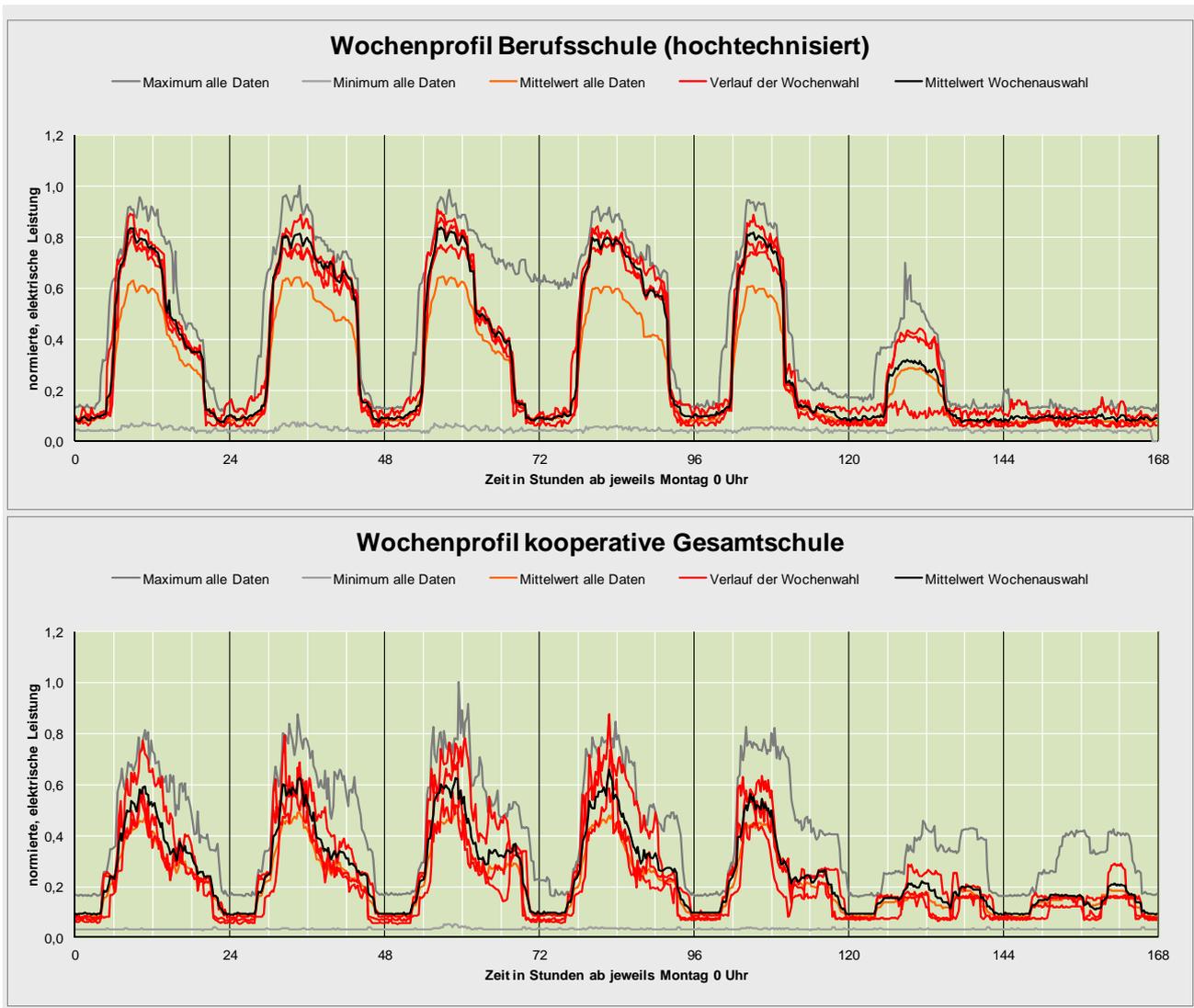
|   |  |
|---|--|
| <p><b>Schule 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäudekategorie (kaufmännische) Berufsschule</li> <li>• Altbau, Neubau, Sporthalle (Abendnutzung)</li> <li>• Baujahr: Altbau 1900, Neubau 1981, Sporthalle 1950, Heizungsanlage 2009 erneuert</li> <li>• Energiebezugsfläche 5.129 m<sup>2</sup></li> <li>• Erdgas-Brennwertkessel, Beleuchtungsanlagen veraltet</li> </ul>                                | <p><b>Schule 5</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäudekategorie Gesamtschule</li> <li>• Schulgebäude, 3-Feld-Sporthalle</li> <li>• Baujahr 1972 bzw. 1978, Modernisierung der Beleuchtungs- und Lüftungsanlagen sowie Ersatz der Elektroheizung durch die heutige Warmwasser-Zentralheizung 2003</li> <li>• Energiebezugsfläche 8.280 m<sup>2</sup></li> <li>• Stahlbetonskelettbau mit Mauerwerksausfachungen bzw. Betonfertigteilfassade und Flachdächern</li> <li>• Holzhackschnitzelkessel und Gas-Spitzenkessel</li> </ul> |
| <p><b>Schule 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäudekategorie (naturwissenschaftlich, technische) Berufsschule</li> <li>• Bauteil A Klassenräume, Bauteil B Fachklassenräume, Bauteil C Turnhalle und Technikum</li> <li>• Baujahr 1976 – 1981, keine Modernisierung</li> <li>• Energiebezugsfläche 11.500 m<sup>2</sup></li> <li>• Luftheizung mit zentraler RLT-Anlage und Brüstungsgeräten</li> </ul> | <p><b>Schule 6</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäudekategorie Gymnasium mit Mensa</li> <li>• Altbau, Neubau, Mensa</li> <li>• Baujahr 1900 (Wiederaufbau), 1981, 2007, Erneuerung der Heizungsanlage inkl. Verteilung und MSR sowie Beleuchtung Altbau 2009</li> <li>• Energiebezugsfläche 10.700 m<sup>2</sup></li> <li>• Gas-Brennwertkessel</li> </ul>   |
| <p><b>Schule 3</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäudekategorie Berufsschule Sozial- und Gesundheitswesen</li> <li>• Zwei Klassentrakte</li> <li>• Baujahr 1960, Erneuerung der Heizungsanlage 2005, (außerhalb der Bilanzierung und Messung: Sanierung der Gebäudehülle auf Neubaustandard 2011)</li> <li>• Energiebezugsfläche 7.683 m<sup>2</sup></li> <li>• Erdgas-Zentralheizung</li> </ul>           | <p><b>Schule 7</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäudekategorie Sonderschule</li> <li>• Schulgebäude, Gymnastikhalle, Bewegungsbad (nicht in der Energiebilanz)</li> <li>• Baujahr 1975, zwei Anbauten in 2000 und 2005</li> <li>• Energiebezugsfläche 3.688 m<sup>2</sup></li> <li>• Außenwände und Dächer modernisiert, technische Anlage im Originalzustand</li> </ul>   |
| <p><b>Schule 4</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäudekategorie Kooperative Gesamtschule</li> <li>• Mehrere Gebäude für Grund- und Förderstufe, Haupt- und Realschule, Gymnasium, Bibliothek, 3-Feld-Sporthalle</li> <li>• Baujahr 1950, Erneuerung Ölkessel 2003, Gesamtanierung 2007</li> <li>• Energiebezugsfläche 8.441 m<sup>2</sup></li> <li>• Öl-Zentralheizung</li> </ul>                          | <p><b>Schule 8</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäudekategorie Grundschule und Kita mit 2-Feld-Sporthalle</li> <li>• Schulgebäude, Sporthalle</li> <li>• Baujahr 2003</li> <li>• Energiebezugsfläche 7.785 m<sup>2</sup></li> <li>• Passivhaus-Standard, Holzpellet-Kessel</li> </ul>  |

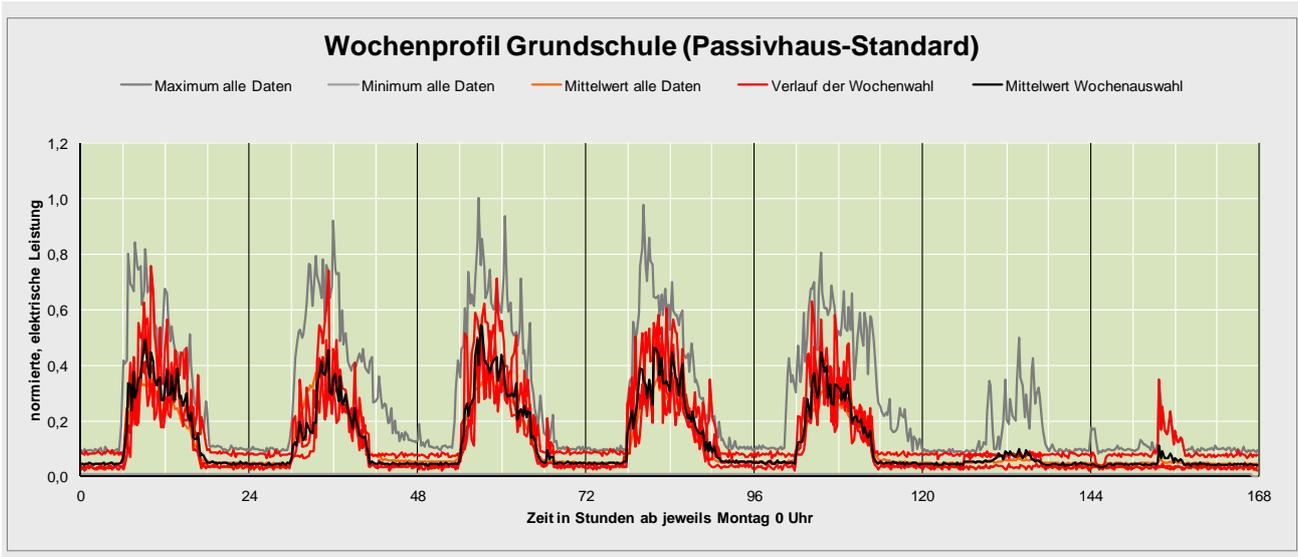


Für diese Gebäudekategorie sind in Bild 5-16 verschiedene Schulformen zum Vergleich dargestellt:

- Schule 2: Neben der Nutzung als naturwissenschaftlich technische Berufsschule mit Sporthalle ist vermutlich das Konzept der technischen Gebäudeausrüstung mit Luftheizung, zentraler Luftaufbereitung und dezentraler Kühlung über Brüstungsgeräte für den Stromverbrauch von Bedeutung.
- Schule 4: Als kooperative Gesamtschule mit allen Schulformen und Sporthalle werden die Gebäude bis in den Nachmittag und Abend hinein genutzt.
- Schule 8: Die Grundschule mit Sporthalle im Passivhaus-Standard hat eine kürzere Nutzungszeit mit einigen Peaks am Wochenende, die vermutlich von der Nutzung der Sporthalle herrühren. Trotz flächendeckender, mechanischer Belüftung ist der Stromverbrauch vergleichsweise niedrig.

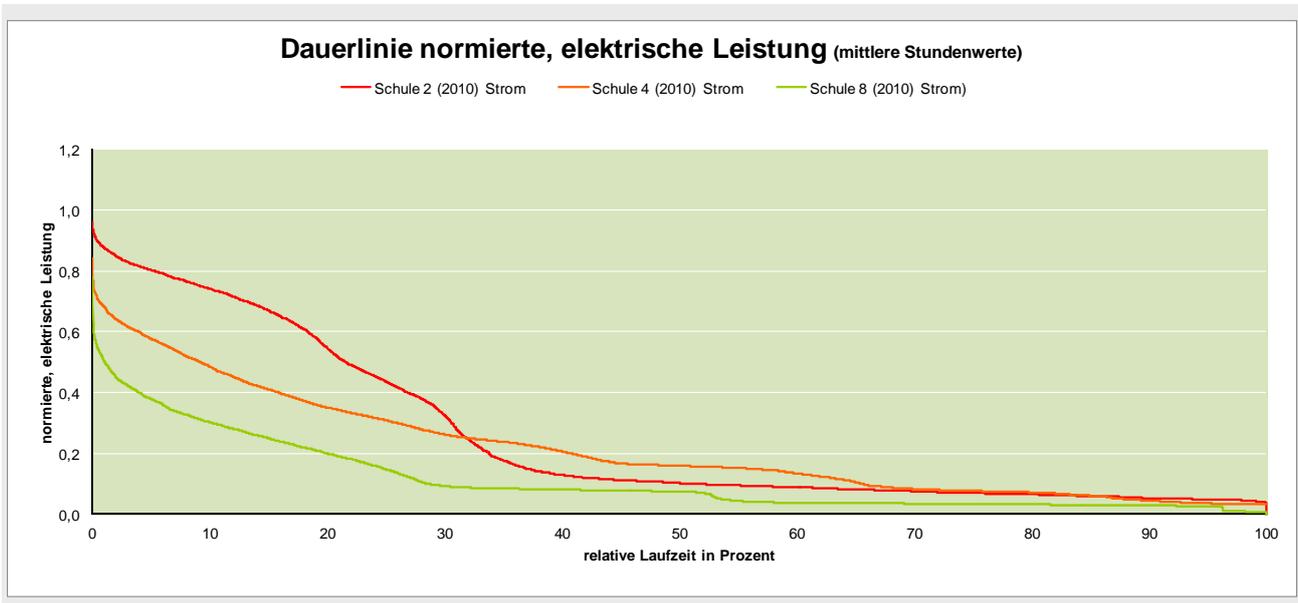
**Bild 5-16** Wochenprofile für eine hochtechnisierte Berufsschule (Schule 2), eine kooperative Gesamtschule (Schule 4) und eine Grundschule im Passivhausstandard (Schule 8)





In Schule 2 ist neben der Nutzung als technische Berufsschule sicher auch das haustechnische Konzept mitverantwortlich ist für den ausgeprägten „Bauch“ auf der linken Seite der Jahresdauerlinie in Bild 5-17. In Schule 8 fällt der flache Verlauf der Jahresdauerlinie auf. Geringere Nutzungszeiten als Grundschule sind sicher ein Grund dafür, aber vermutlich auch die effizienten Anlagen der Beleuchtung und der technischen Gebäudeausrüstung, die mit dem Passivhaus-Standard einhergehen.

**Bild 5-17 Vergleich der Jahresdauerlinien der normierten, elektrischen Leistung für verschiedene Schultypen**

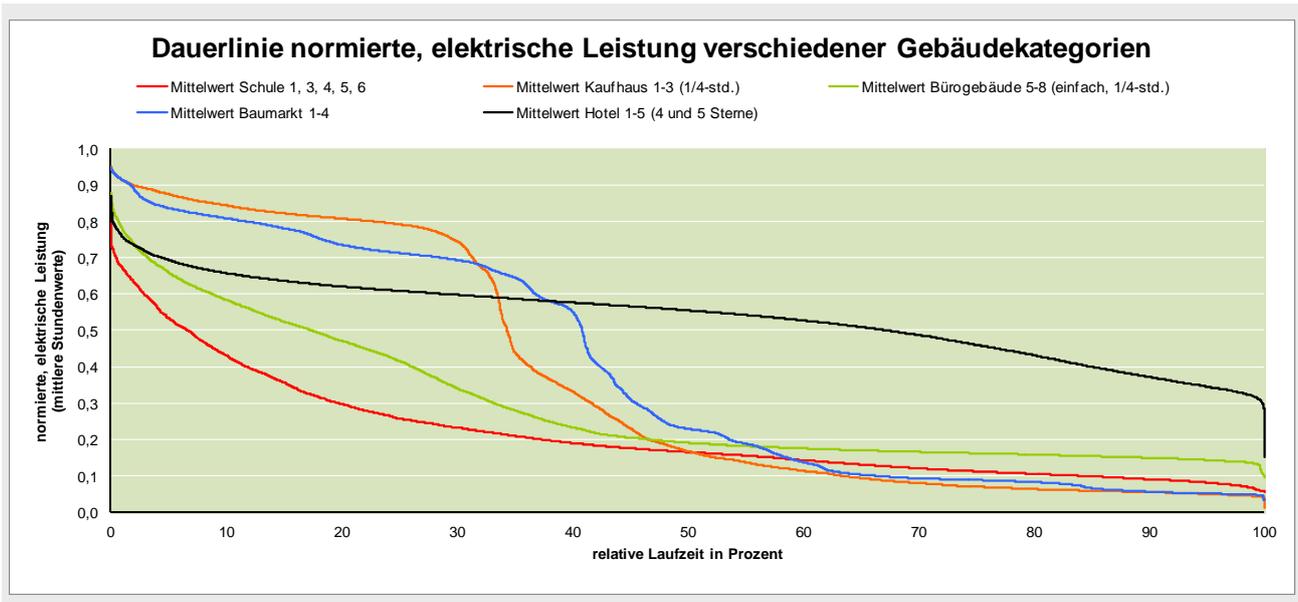




### 5.3 Vergleich der Gebäude-Kategorien

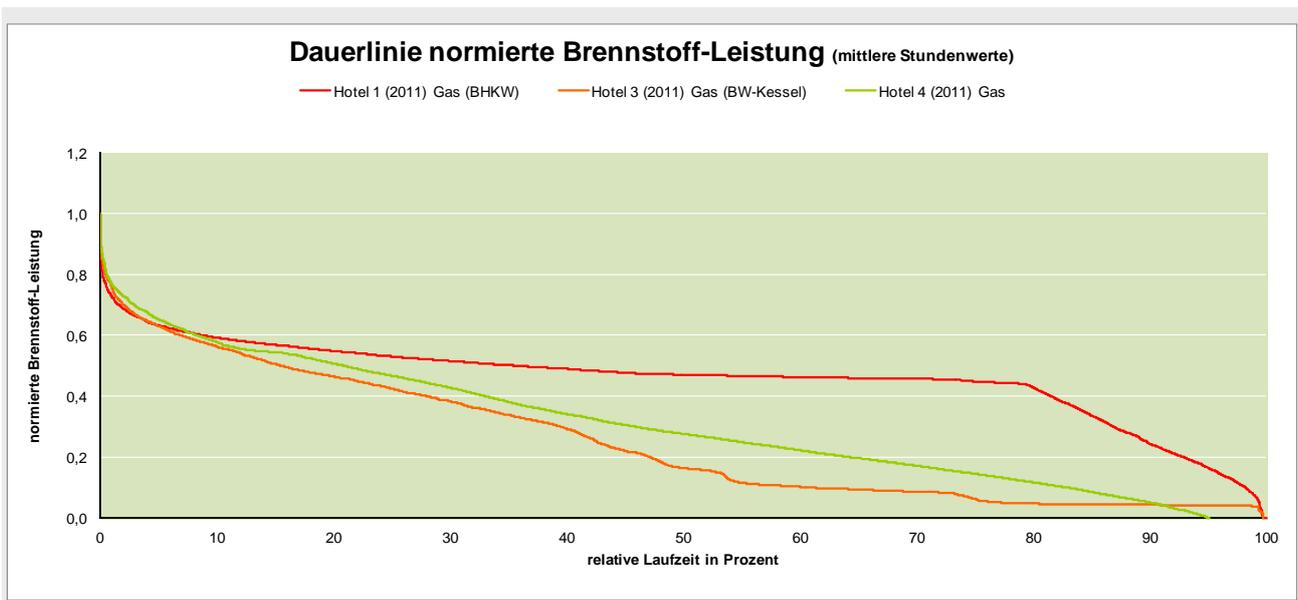
Charakteristika von Lastgängen der normierten elektrischen Leistung für unterschiedliche Gebäudekategorien zeigt Bild 5-18, jeweils als Mittelwerte über mehrere, gleichartig genutzte Gebäude. Im Unterschied zu Bürogebäuden erkennt man Handelsgebäude an den längeren Nutzungszeiten und niedrigen Standby-Verbräuchen. Schulen dagegen sind im Mittel deutlich niedriger technisiert als Bürogebäude und haben auch geringere Nutzungszeiten.

**Bild 5-18 Geordnete Jahresdauerlinien der normierten elektrischen Leistung für unterschiedliche Gebäudekategorien als Mittelwerte über mehrere, gleichartig genutzte Gebäude**



Beim Brennstoffverbrauch ist neben der Nutzung auch die Art der Wärmeerzeugung im Hotel mit BHKW, der aber zu großen Teil auch der Stromerzeugung dient. In der normierten Darstellung wird auch der Brennwerteffekt in der Übergangszeit deutlich. Die Dauerlinie von Hotel 3 weicht über weite Zeiten im Jahr nach unten von der Linie des Hotels mit dem Niedertemperaturkessel ab.

**Bild 5-19 Jahresdauerlinie der normierten Brennstoff-Leistung in verschiedenen Hotels im Jahr 2011**



## 6 TEK-Datenbank Modernisierungsmaßnahmen

### 6.1 Bewertung der Wirtschaftlichkeit in TEK

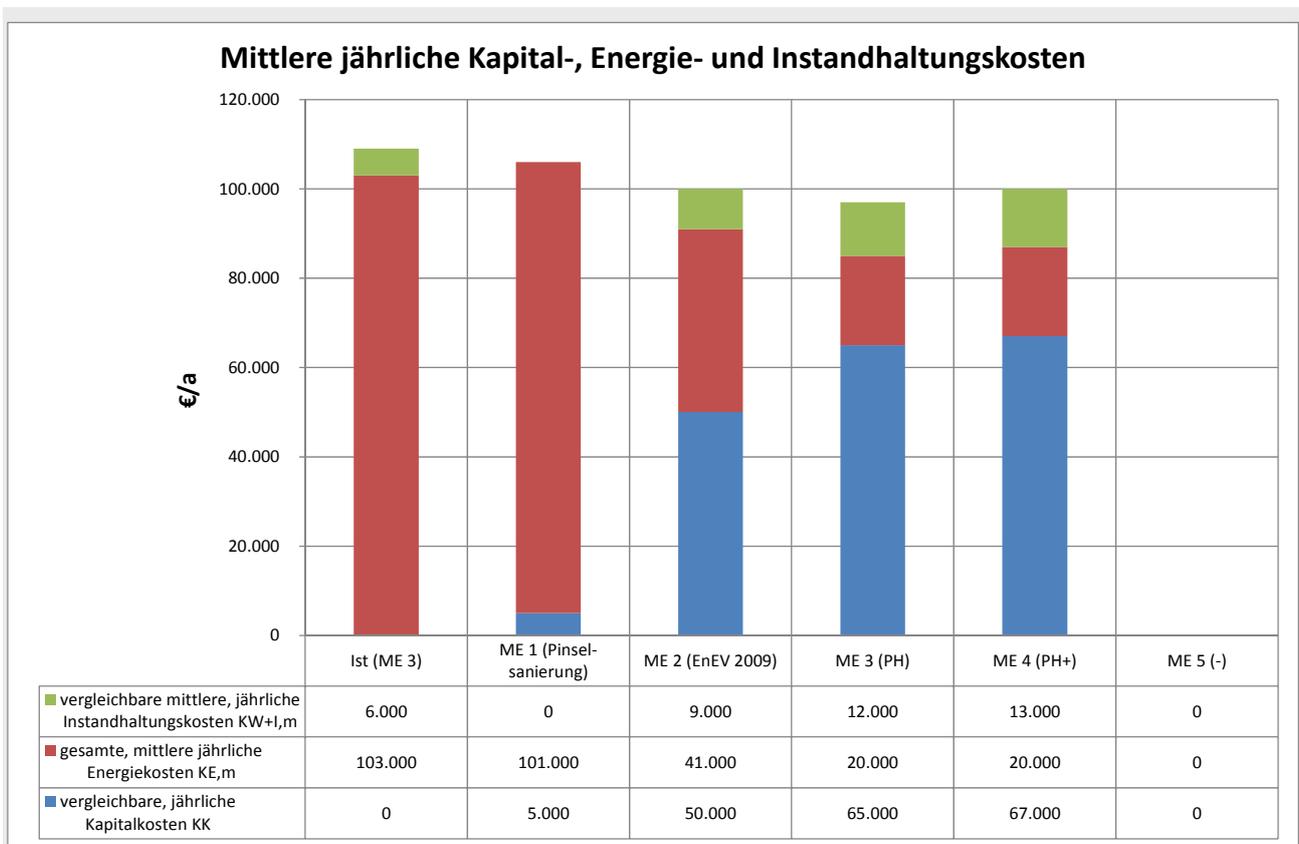
Das TEK-Wirtschaftlichkeitstool, Version 2.5, mit einer speziell aufbereiteten, lokalen Kostendatenbank wird als ein weiteres Ergebnis des TEK-Projekts bereitgestellt.

Aus der TEK-Schwachstellenanalyse des Ist-Zustands eines Gebäudes, vgl. Bild 3-60, ergibt sich die Möglichkeit, das Einsparpotenzial aus dem Vergleich mit Referenz-Teilenergiekennwerten z.B. der Energieaufwandsklasse „Gering“ abzuschätzen. Das so ermittelte Potenzial nennen wir strategisches Einsparpotenzial.

Es stellt sich dann die Frage: Ist das strategische Einsparpotenzial technisch umsetzbar? Welche objektspezifischen Modernisierungsmaßnahmen müssen umgesetzt werden, um das Gebäude in die Energieaufwandsklasse "Gering" oder gar "Sehr gering" zu bringen? Das technische Einsparpotenzial wird durch konkrete Vorschläge von objektspezifischen Modernisierungsmaßnahmen mit typischen good bzw. best practice Lösungen überprüft. Objektspezifische Maßnahmen werden aus der Kenntnis des Gebäudes, seiner Bauteile und Anlagen als Ergebnis der Ist-Analyse vorgeschlagen und im TEK-Tool abgebildet. Daraus ergibt sich das Energieeinsparpotenzial.

Und es stellt sich die zweite Frage: Ist das strategische Einsparpotenzial wirtschaftlich darstellbar? Dazu werden die objektspezifischen Modernisierungsmaßnahmen in bis zu 5 Varianten, Modernisierungsempfehlungen genannt, kombiniert. Diese sollen gewisse Zielvorstellungen abbilden, z.B. den Standard EnEV 2009 Neubau oder den Passivhausstandard zu erreichen oder auch nur die wichtigsten baulichen Mängel zu beseitigen und technische Optimierungen des Betriebs umzusetzen.

**Bild 6-1** Ergebnisdarstellung eines Variantenvergleichs mit dem TEK-Wirtschaftlichkeitstool TEK-WiBe-2.5 auf der Basis von mittleren jährlichen Gesamtkosten



Im TEK-Wirtschaftlichkeitstool werden mittlere, jährliche Gesamtkosten aus Kapital-, Instandhaltungs- und Energiekosten über einen Betrachtungszeitraum in Anlehnung an ([IWU 1999]) berechnet. Die Energiekosten der Varianten ergeben sich aus dem Energiebedarf, der im TEK-Tool berechnet wird. Energiepreistei-



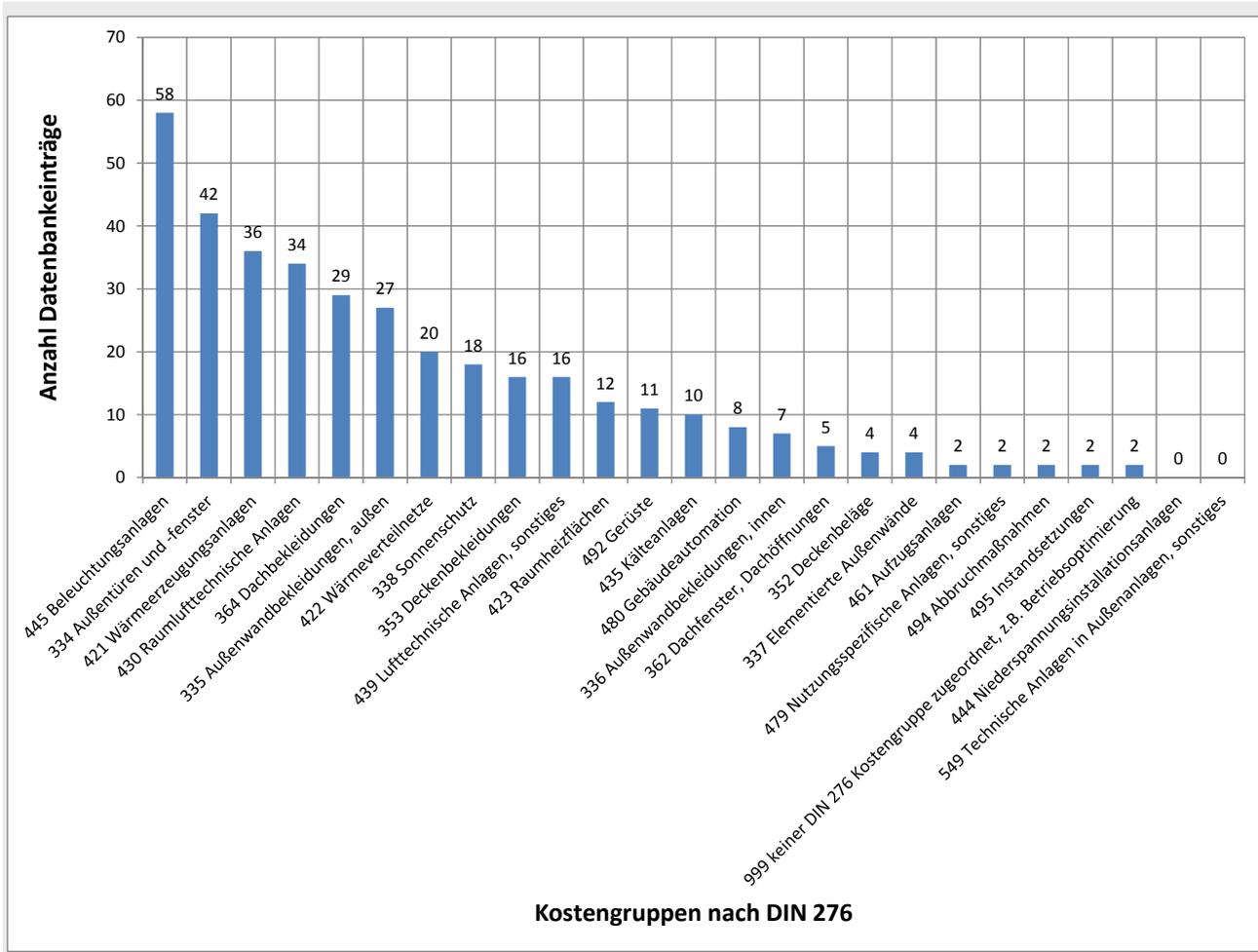
gerungen werden durch Mittelwertfaktoren abgebildet. Die Investitionskosten werden anhand von Kostenkennwerten berechnet, die in der TEK-Kosten-Datenbank verwaltet werden können. Die jährlichen Kapitalkosten ergeben sich als die Annuität dieser Investition, für die eine Betrachtungszeit und ein Kalkulationszinssatz zu wählen sind. Instandhaltungskosten werden in den Modernisierungsempfehlungen aus den Investitionen für die Einzelmaßnahmen abgeleitet. Die Prozentsätze pro Jahr entsprechen denen aus dem Leitfaden Nachhaltiges Bauen des BMVBS<sup>18</sup>. Preissteigerungen der Instandhaltungskosten werden über Mittelwertfaktoren berücksichtigt

## 6.2 Kostendatenbank

Das Tool TEK-WiBe-2.5 ist mit der TEK-KostenDB verknüpft, in der Standardmaßnahmen mit Kostenkennwerten und zugehörigen technischen Qualitäten abgelegt werden können. Bild 6-2 zeigt eine Übersicht über die Anzahl der im TEK-Projekt und anderen Projekten des IWU zur Anwendung des TEK-Tools erfassten Maßnahmen, nach Kostengruppen (KG) der DIN 276 sortiert.

Mit insgesamt 58 Standardmaßnahmen wurden in der KG 445 Beleuchtungsanlagen die meisten Einträge erfasst, gefolgt von KG 334 Außentüren und –fenster mit 42, KG 421 Wärmeerzeugungsanlagen und KG 430 Raumluftechnische Anlagen.

**Bild 6-2 Anzahl Datenbankeinträge in die TEK-Kosten-DB in der Feldphase, nach Häufigkeit geordnet**

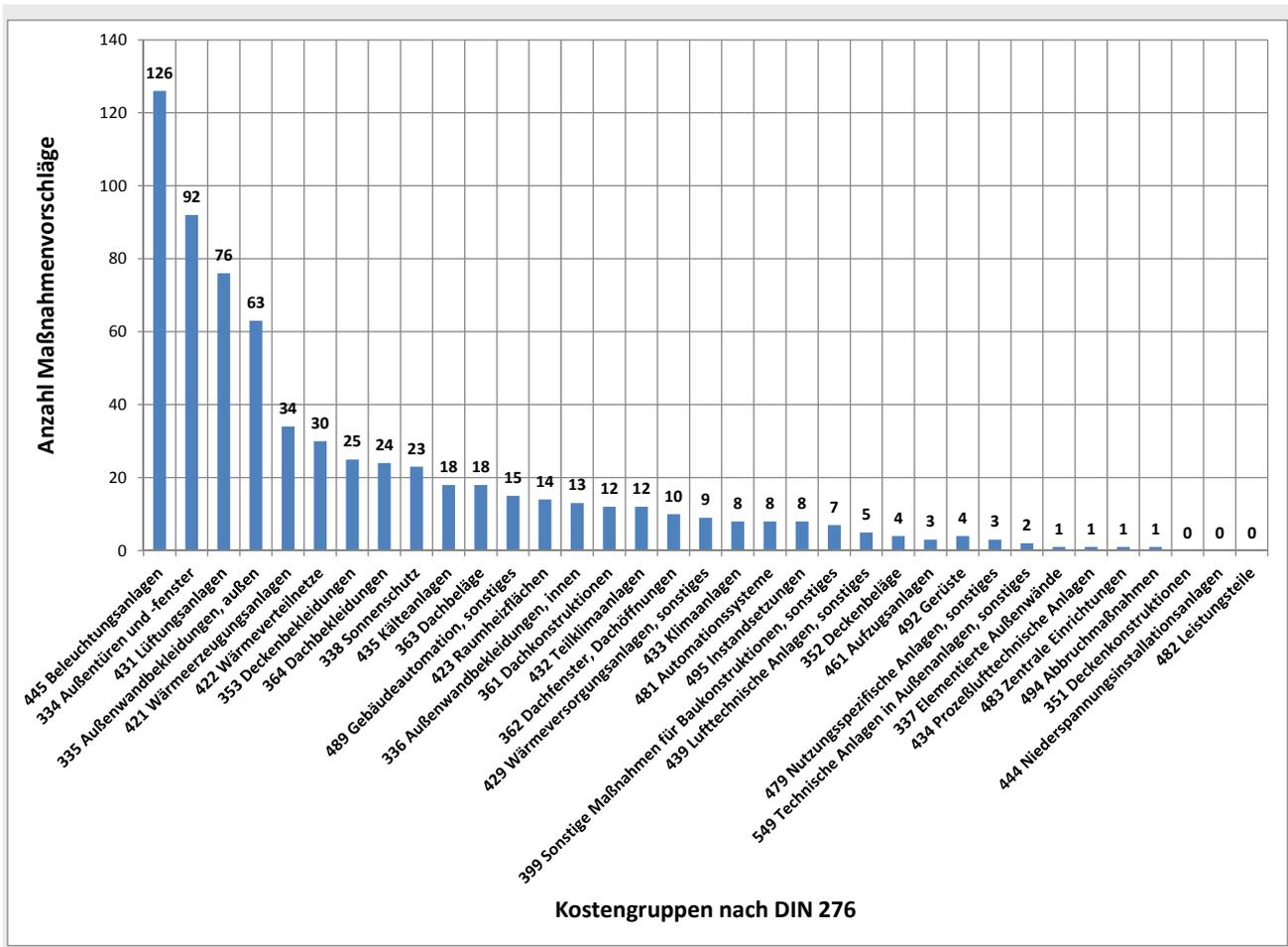


<sup>18</sup> DGNB Steckbrief 16 "Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus" mit Verweisen auf AMEV und VDI 2067

### 6.3 Überblick Modernisierungsmaßnahmen

Entsprechend der Anzahl der erfassten Standardmaßnahmen in der TEK-KostenDB verteilen sich auch die in den 92 Gebäuden vorgeschlagenen Modernisierungsmaßnahmen: Maßnahmen an den Beleuchtungsanlagen wurden 126 mal, an Außentüren und –fenstern 92 mal und 76 mal wurden Modernisierungen von raumluftechnischen Anlagen vorgeschlagen. Dämmmaßnahmen an der Gebäudehülle wurden 63 mal berücksichtigt. Danach folgt ein Sprung in der Häufigkeitsverteilung, was bei den anderen Dämmmaßnahmen an der Gebäudehülle nicht so sehr erstaunt als bei den Wärmeerzeugungsanlagen.

**Bild 6-3 Überblick über die in der TEK-Feldphase an 75 Gebäuden vorgeschlagenen Maßnahmen, nach Häufigkeit der Nennung sortiert**



Eine Auswertung der durch die vorgeschlagenen Maßnahmenpakete erzielbaren Einsparpotenziale sowie der Vergleich mit dem auf Kennwertebasis abschätzbaeren strategischen Einsparpotenzial muss späteren Auswertungen vorbehalten bleiben.

## Anhang A Literaturverzeichnis

- [BMVBS 2009a], Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und Vergleichskennwerte im Nichtwohngebäudebestand. *Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung*, s.l.: Berlin 2009.
- [BMVBS 2009b], Benchmarks für die Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden. *Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung*, s.l.: BBSR-Online-Publikation Nr. 09/2009, Berlin 2009.
- [IWU 1999], Heizenergie im Hochbau - Leitfaden für energiebewußte Gebäudeplanung (LEG). *Institut Wohnen und Umwelt*. s.l.:Darmstadt, 1999.
- [IWU 2003], Der Einfluss des Gebäudestandards und des Nutzerverhaltens auf die Heizkosten - Konsequenz für die verbrauchsabhängige Abrechnung. *Institut Wohnen und Umwelt*, s.l.: Darmstadt, Juli 2003.
- [IWU 2013a], Teilenergiekennwerte von Nichtwohngebäuden (TEK) - Berechnungsgrundlagen des TEK-Tools (Version 6.2). *Institut Wohnen und Umwelt*, s.l.: Darmstadt 2013.
- [IWU 2013b], Konzept der TEK-Datenbank. *Institut Wohnen und Umwelt*, s.l.: Darmstadt 2013.
- [SAFE 2005], Elektrizitätsverbrauch und Einspar-Potenzial bei Aufzügen. *Schweizerische Agentur für Energieeffizienz, Jürg Nipkow*, Bundesamt für Energie: Zürich 2005.
- [SNV 2006], SIA 380/4:2006 Elektrische Energie im Hochbau. *Schweizerische Normenvereinigung (SNV)*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA): Zürich 2006.
- [VDI 3807], Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude, Blatt 4 Teilkennwerte elektrische Energie. *Verein Deutscher Ingenieure (VDI)*, Beuth Verlag: Berlin 2008.

## Anhang B TEK-DB Parameterliste

Die im TEK-Tool verwendeten Gebäudeparameter werden hauptsächlich in Benutzereingabeparameter (mit dem Identifikationsmerkmal: "in") und die vom Tool generierten Ausgabeparameter unterteilt. Bei den generierten Ausgabeparametern wird zwischen absoluten (Identifikationsmerkmal: "res") und spezifischen (Identifikationsmerkmal: "res\_spe") Gebäudeparametern sowie Zwischenergebnissen (Identifikationsmerkmal: "in\_cl") unterschieden.

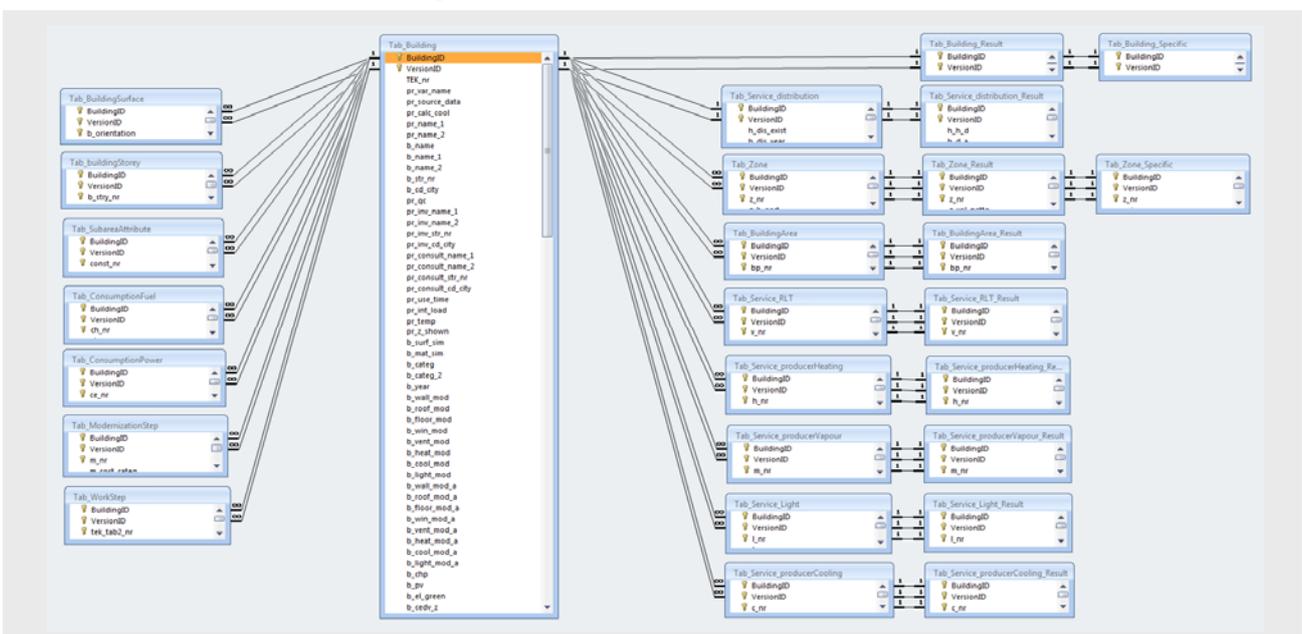
Zusätzlich werden 25 ("info") Parameter automatisch vom TEK-Tool u. a. zur Identifikation von Zonen (Zonennummer), und Anlagentechnik (Beleuchtungs-, Wärmeerzeugernummer, etc.) generiert. Sie werden auch als Referenzfelder zur Verknüpfung der Tabellen verwendet. Des Weiteren sind 21 Standardparameter ("in\_std") definiert, die bei Bedarf manuell geändert werden können.

Zudem ist eine weitere Tabelle mit dem Namen "Tab\_sysTable" definiert, die zur Organisation der Datenbanktabellen sowie für die Suchfunktion der Gebäudeparameter innerhalb der Datenbank herangezogen wird. Zwei weitere wichtige Parameter ("BuildingID" und "VersionID") werden programmiertechnisch in jeder Tabelle der Datenbank hinzugefügt, um die referenzielle Integrität (Konsistenz der Daten) der TEK-Datenbank zu gewährleisten. Somit sind insgesamt 1233 Parameter im TEK-Tool implementiert.

Die Datenbanktabellen werden mit den zwei genannten und weiteren acht "info"-Parametern (Referenzparameter) in Form von Primär- und Fremdschlüssel untereinander referenziert. Ein Primärschlüssel setzt sich aus einer oder mehreren Spalten (überwiegend numerisch aufsteigende ganze Zahlen) einer Tabelle zusammen, die zur Eindeutigkeit eines Datensatzes dient. Der Fremdschlüssel einer Tabelle ist hingegen der referenzierte Primärschlüssel einer anderen Tabelle. Auf diese Weise kann die Zugehörigkeit der Objektdaten (Daten eines Gebäudes) in den unterschiedlichen Tabellen eindeutig identifiziert werden.

Alle Tabellen in der TEK-Datenbank stehen entweder in 1:1-Beziehung, d. h. für jeden Primärschlüssel existiert genau ein Fremdschlüssel in der referenzierten Tabelle, oder in 1:n-Beziehung (für jeden Primärschlüssel existiert mehr als ein Fremdschlüssel in der referenzierten Tabelle). So entsteht beispielsweise für das Gebäude X in Tabelle "Tab\_Building" mit dem Primärschlüssel "BuildingID=1" und "VersionID=1" eine 1:n-Beziehung mit der Tabelle "Tab\_Zone" durch die Fremdschlüssel "BuildingID=1", "VersionID=1" und "z\_nr"=1 bis "z\_nr"=5. D. h., für das Gebäude X liegen 5 Zonen in der Tabelle "Tab\_Zone" vor. Abbildung 3-2 stellt den Überblick der Tabellenstruktur sowie die Tabellenbeziehungen innerhalb der TEK-Datenbank schematisch dar.

**Bild 6-4 Struktur und Beziehungen der Datenbanktabellen in der zentralen TEK-Datenbank**





Die oben beschriebene Vorgehensweise zum Referenzieren der Datenbanktabellen geschieht programmier-technisch bei jeder Import- und Exportfunktion der Gebäudedaten in bzw. aus dem TEK-Tool automatisch. Die Identifikation der Daten eines Gebäudes in der Datenbank erfolgt aus der Sicht des Anwenders nur durch Eingabe einer Gebäudebezeichnung sowie die Vergabe einer Bezeichnung für die Variantenberechnung innerhalb des TEK-Tools. Die detaillierte Beschreibung der Import- und Exportfunktionen der Gebäudedaten in und aus dem TEK-Tool aus der Sicht des Anwenders kann aus dem Nutzerhandbuch des TEK-Tools entnommen werden.

| Bezeichnung des Parameters | Beschreibung des Parameters                                       | Einheit          | Parametertyp | Parameterkategorie im QSA-Tool     | Bezeichnung der Tabelle in der DB |
|----------------------------|---|------------------|--------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| b_air_tight                | Luftdichtheit   | -                | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_attic_cond               | Dachtyp   | -                | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_blind_control            | Sonnenschutz - Steuerung  | -                | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_categ                    | Gebäudekategorie  | -                | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_categ_2                  | Unterkategorie  | -                | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_cd_city                  | Stadt, in der sich das Gebäude befindet                           | -                | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_cedv_nr                  | Zentrale EDV (ZD) - Anzahl  | -                | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_cedv_power               | Zentrale EDV (ZD) - mittl. Leist. pro Einheit**                   | kW/Servereinheit | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_cedv_z                   | Zentrale EDV (ZD) - Zonennummer Serverraum                        | -                | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_chiller_sim              | Handel (ZD) - Berechnungsmodus                                    | -                | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_chiller_type_1           | Handel - Kälteerzeugung 1   | -                | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_chiller_type_2           | Handel - Kälteerzeugung 2   | -                | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_chiller_type_3           | Handel - Kälteerzeugung 3   | -                | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_chiller_type_4           | Handel - Kälteerzeugung 4   | -                | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_chiller_type_5           | Handel - Kälteerzeugung 5   | -                | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_chiller_type_sim         | Handel - Kälteerzeugung (vereinfacht)                             | -                | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_chp                      | BHKW  | -                | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_con_d_a1                 | Betriebstage des 1. sonstigen el. Großverbrauchers pro Jahr (DT)  | d/a              | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_con_d_a10                | Betriebstage des 10. sonstigen el. Großverbrauchers pro Jahr (DT) | d/a              | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_con_d_a2                 | Betriebstage des 2. sonstigen el. Großverbrauchers pro Jahr (DT)  | d/a              | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_con_d_a3                 | Betriebstage des 3. sonstigen el. Großverbrauchers pro Jahr (DT)  | d/a              | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_con_d_a4                 | Betriebstage des 4. sonstigen el. Großverbrauchers pro Jahr (DT)  | d/a              | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_con_d_a5                 | Betriebstage des 5. sonstigen el. Großverbrauchers pro Jahr (DT)  | d/a              | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_con_d_a6                 | Betriebstage des 6. sonstigen el. Großverbrauchers pro Jahr (DT)  | d/a              | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_con_d_a7                 | Betriebstage des 7. sonstigen el. Großverbrauchers pro Jahr (DT)  | d/a              | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_con_d_a8                 | Betriebstage des 8. sonstigen el. Großverbrauchers pro Jahr (DT)  | d/a              | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |
| b_con_d_a9                 | Betriebstage des 9. sonstigen el. Großverbrauchers pro Jahr (DT)  | d/a              | in           | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building                      |



|               |  |     |    |                                    |              |
|---------------|--|-----|----|------------------------------------|--------------|
| b_con_h_d1    | Betriebsstunden des 1. sonstige el. Großverbrauchers pro Tag (DT)  | h/d | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_h_d10   | Betriebsstunden des 10. sonstige el. Großverbrauchers pro Tag (DT) | h/d | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_h_d2    | Betriebsstunden des 2. sonstige el. Großverbrauchers pro Tag (DT)  | h/d | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_h_d3    | Betriebsstunden des 3. sonstige el. Großverbrauchers pro Tag (DT)  | h/d | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_h_d4    | Betriebsstunden des 4. sonstige el. Großverbrauchers pro Tag (DT)  | h/d | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_h_d5    | Betriebsstunden des 5. sonstige el. Großverbrauchers pro Tag (DT)  | h/d | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_h_d6    | Betriebsstunden des 6. sonstige el. Großverbrauchers pro Tag (DT)  | h/d | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_h_d7    | Betriebsstunden des 7. sonstige el. Großverbrauchers pro Tag (DT)  | h/d | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_h_d8    | Betriebsstunden des 8. sonstige el. Großverbrauchers pro Tag (DT)  | h/d | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_h_d9    | Betriebsstunden des 9. sonstige el. Großverbrauchers pro Tag (DT)  | h/d | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_name_1  | Bezeichnung des 1. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)             | -   | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_name_10 | Bezeichnung des 10. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)            | -   | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_name_2  | Bezeichnung des 2. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)             | -   | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_name_3  | Bezeichnung des 3. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)             | -   | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_name_4  | Bezeichnung des 4. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)             | -   | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_name_5  | Bezeichnung des 5. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)             | -   | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_name_6  | Bezeichnung des 6. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)             | -   | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_name_7  | Bezeichnung des 7. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)             | -   | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_name_8  | Bezeichnung des 8. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)             | -   | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_name_9  | Bezeichnung des 9. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)             | -   | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_power1  | Nennleistung des 1. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)            | kW  | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_power10 | Nennleistung des 10. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)           | kW  | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_power2  | Nennleistung des 2. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)            | kW  | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_power3  | Nennleistung des 3. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)            | kW  | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_power4  | Nennleistung des 4. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)            | kW  | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_power5  | Nennleistung des 5. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)            | kW  | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_power6  | Nennleistung des 6. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)            | kW  | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_power7  | Nennleistung des 7. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)            | kW  | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_con_power8  | Nennleistung des 8. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)            | kW  | in | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |

|                   |  |                |        |                                    |              |
|-------------------|--|----------------|--------|------------------------------------|--------------|
| b_con_power9      | Nennleistung des 9. sonstigen el. Großverbrauchers (DT)                | kW             | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_cool_mod        | Kälteerzeuger _ Modernisiert   | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_cool_mod_a      | Kälteerzeuger _ im Jahr  | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_depth           | größte gestreckte Breite des Gebäudes (Verteilverluste Heizung und WW) | m              | in_std | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_el_green        | Anteil grüner Strom (Prozent)  | -              | in_std | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_eltplant        | Sonstige (ZD) - Art der elektrischen Energieversorgung                 | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_elv_sim         | Aufzüge (DT) - Berechnungsmodus  | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_elv_yes         | Aufzüge (DT)   | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_floor_fabric    | Kellerdecke/-fußboden - Material                                       | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_floor_ins       | Kellerdecke/-fußboden - stoffdicke (WLG 040)                           | cm             | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_floor_ins_part  | Kellerdecke/-fußboden - Anteil gedämmt                                 | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_floor_mod       | Kellerdecke _ Modernisiert   | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_floor_mod_a     | Kellerdecke _ im Jahr  | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_frig_area_1     | Handel - Präsentationsfläche 1   | m <sup>2</sup> | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_frig_area_2     | Handel - Präsentationsfläche 2   | m <sup>2</sup> | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_frig_area_3     | Handel - Präsentationsfläche 3   | m <sup>2</sup> | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_frig_type_1     | Handel - Art der Kühlmöbel 1   | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_frig_type_2     | Handel - Art der Kühlmöbel 2   | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_frig_type_3     | Handel - Art der Kühlmöbel 3   | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_frigroom_type_1 | Handel - Art des Kühlraums 1   | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_frigroom_type_2 | Handel - Art des Kühlraums 2   | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_frigroom_vol_1  | Handel - Raumvolumen 1   | m <sup>3</sup> | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_frigroom_vol_2  | Handel - Raumvolumen 2   | m <sup>3</sup> | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_glare_control   | Blendschutz - Steuerung  | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_heat_mod        | Wärmeerzeuger _ Modernisiert   | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_heat_mod_a      | Wärmeerzeuger _ im Jahr  | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_kit_energ       | Küche - kochen (aufwärmen) mit   | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_kit_nr          | Küche - Essen pro Woche  | Anzahl/w       | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_kit_type        | Küche - Art des gastronomischen Betriebs                               | -              | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |



|                 |  |                |      |                                    |              |
|-----------------|--|----------------|------|------------------------------------|--------------|
| b_kit_w_a       | Küche - Wochen pro Jahr  | w/a            | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_kit_z         | Küche - Zonennummer Küche  | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_kitchenette   | Sonstige (ZD) - Geräteausstattung Mitarbeiterküchen                    | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_light_mod     | Beleuchtungsanlagen _ Modernisiert                                     | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_light_mod_a   | Beleuchtungsanlagen _ im Jahr  | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_lowsys_nr     | Sonstige (ZD) - Anzahl zentraler Schwachstromanlagen                   | Stück          | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_mat_sim       | Bauteilkennwerte der thermischen Gebäudehülle                          | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_name          | Zusammengesetzte Gebäudebezeichnung (aus Gebäudename und - Zusatzname) | -              | info | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_name_1        | Gebäudename  | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_name_2        | Gebäudezusatzname  | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_pv            | Fotovoltaik  | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_roof_fabric   | Dach / oberste Geschossdecke - Material                                | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_roof_ins      | Dach / oberste Geschossdecke - stoffdicke (WLG 040)                    | cm             | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_roof_ins_part | Dach / oberste Geschossdecke - Anteil gedämmt                          | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_roof_mod      | Dach / oberste Geschossdecke _ Modernisiert                            | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_roof_mod_a    | Dach / oberste Geschossdecke _ im Jahr                                 | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_storey_nr_cel | Anzahl beheizte Kellergeschosse (im Erdreich)                          | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_storey_nr_unh | Anzahl unbeheizten Geschosse (z.B. Keller, Tiefgaragen)                | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_str_nr        | Straße und Hausnummer des Gebäudes                                     | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_surf_sim      | Flächen der thermischen Gebäudehülle                                   | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_th_bridge     | Wärmebrücken   | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_th_mass       | Bauschwere   | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_vent_mod      | RLT-Anlagen _ Modernisiert   | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_vent_mod_a    | RLT-Anlagen _ im Jahr  | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_video_area    | Sonstige (ZD) - per Videoanlage überwachte Fläche                      | m <sup>2</sup> | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_wall_fabric   | Außenwand - Material   | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_wall_ins      | Außenwand - stoffdicke (WLG 040)                                       | cm             | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_wall_ins_part | Außenwand - Anteil gedämmt   | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_wall_mod      | Außenwand _ Modernisiert   | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |

|                    |   |    |        |                                    |              |
|--------------------|---|----|--------|------------------------------------|--------------|
| b_wall_mod_a       | Außenwand _ im Jahr   | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_win_mod          | Fenster _ Modernisiert  | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_win_mod_a        | Fenster _ im Jahr   | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_year             | Baujahr des Gebäudes  | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| b_zd_sim           | Sonstige (ZD) - Berechnungsmodus                                  | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| bm_build_nr_1      | Nummer nach Tabelle 2.1 bzw. Tabelle 2.2 (siehe unten) _ 1        | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| bm_build_nr_2      | Nummer nach Tabelle 2.1 bzw. Tabelle 2.2 (siehe unten) _ 2        | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| bm_build_nr_3      | Nummer nach Tabelle 2.1 bzw. Tabelle 2.2 (siehe unten) _ 3        | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| bm_build_part_1    | Flächenanteil an gesamter beheizter NGF _ 1                       | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| bm_build_part_2    | Flächenanteil an gesamter beheizter NGF _ 2                       | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| bm_build_part_3    | Flächenanteil an gesamter beheizter NGF _ 3                       | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| ch_fuel_1          | Energieträger 1   | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| ch_fuel_2          | Energieträger 2   | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| ch_fuel_3          | Energieträger 3   | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| ch_fuel_perc_1     | Anteil des Energieträgers 1                                       | %  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| ch_fuel_perc_2     | Anteil des Energieträgers 2                                       | %  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| ch_fuel_perc_3     | Anteil des Energieträgers 3                                       | %  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| ch_temp_limit      | Wahl der Heizgrenze   | °C | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| ch_ww_part         | Abzug "nicht Hz": z.B. WW   | %  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| DB_Import_Date     | Zeitpunkt des Imports des Projektdatensatzes in die TEK-Datenbank | -  | info   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_building |
| pr_calc_cool       | Kopplung zwischen Kälteerzeugern und Zonen bzw. RLT-Anlagen       | -  | in_std | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| pr_consult_cd_city | Stadt der Energieberatungsstelle                                  | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| pr_consult_name_1  | Energieberatungsstelle  | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| pr_consult_name_2  | Energieberater  | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| pr_consult_str_nr  | Straße und Hausnummer der Energieberatungsstelle                  | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| pr_int_load        | Interne Wärmequellen - Arbeitshilfen und Personen                 | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| pr_inv_cd_city     | Stadt des Eigentümers   | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| pr_inv_name_1      | Eigentümer 1  | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| pr_inv_name_2      | Eigentümer 2  | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |
| pr_inv_str_nr      | Straße und Hausnummer des Eigentümers                             | -  | in     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building |



|                   |  |                |      |                                    |                     |
|-------------------|--|----------------|------|------------------------------------|---------------------|
| pr_name_1         | Projektbeschreibung 1  | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building        |
| pr_name_2         | Projektbeschreibung 2  | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building        |
| pr_qc             | IWU Qualitätssicherung   | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building        |
| pr_source_data    | Kennung Projektbearbeiter  | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building        |
| pr_temp           | Raumsolltemperatur   | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building        |
| pr_use_time       | Nutzungszeiten für Zonen   | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building        |
| pr_var_name       | Name Berechnungsvariante   | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building        |
| pr_z_shown        | Auswahl der anzuzeigenden Zonenanzahl  | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building        |
| TEK_nr            | TEK-Tool_ Version:   | -              | info | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building        |
| tek_others_1_name | Sonstiges 1_ Beschreibung  | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building        |
| tek_others_2_name | Sonstiges 2_ Beschreibung  | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building        |
| tek_others_3_name | Sonstiges 3_ Beschreibung  | -              | in   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building        |
| A_c_zen           | über zentrale Kälteerzeuger versorgte Fläche                                 | m <sup>2</sup> | res  | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| A_h_zen           | von zentralen Wärmeerzeugern beheizte Fläche                                 | m <sup>2</sup> | res  | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| A_w_zen           | von zentralen Wärmeerz. mit WW versorgte Fläche                              | m <sup>2</sup> | res  | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Ab_cac_dcen       | vers. Fläche dezentrale Kälteerzeuger Kompaktklimagerät (Fenster, Wand)      | m <sup>2</sup> | res  | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Ab_dh_dcen        | vers. Fläche dezentrale Wärmeerzeuger Elektrische Direktheizung              | m <sup>2</sup> | res  | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Ab_ms_dcen        | vers. Fläche dezentrale Wärmeerzeuger Elektrischer Kleinspeicher             | m <sup>2</sup> | res  | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Ab_mssoo_dcen     | vers. Fläche dezentrale Kälteerzeuger Multi-Split-System- ein/aus            | m <sup>2</sup> | res  | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Ab_msssr_dcen     | vers. Fläche dezentrale Kälteerzeuger Multi-Split-System- stetig geregelt    | m <sup>2</sup> | res  | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Ab_sh_dcen        | vers. Fläche dezentrale Wärmeerzeuger Elektrische Speicherheizung            | m <sup>2</sup> | res  | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Ab_ssoo_dcen      | vers. Fläche dezentrale Kälteerzeuger Split-System- ein/aus                  | m <sup>2</sup> | res  | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Ab_sssr_dcen      | vers. Fläche dezentrale Kälteerzeuger Split-System- stetig geregelt          | m <sup>2</sup> | res  | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Ab_twh_dcen       | vers. Fläche dezentrale Wärmeerzeuger Elektrischer Durchlauferhitzer         | m <sup>2</sup> | res  | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Ab_VRF_dcen       | vers. Fläche dezentrale Kälteerzeuger VRF-System variabler Kühlmas- senstrom | m <sup>2</sup> | res  | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_AV              | A/V-Verhältnis   | m-1            | res  | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_bgf             | beheizte BGF des Gebäudes  | m <sup>2</sup> | res  | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |

|                 |  |                                    |       |                                    |                     |
|-----------------|--|------------------------------------|-------|------------------------------------|---------------------|
| b_cool_temp     | gemittelte Raumtemperatur Kühlfall             | °C                                 | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_E_m_light     | mittlerer Wartungswert der Beleuchtungsstärke  | Lux                                | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_ebz           | Energiebezugsfläche                            | m <sup>2</sup>                     | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_floor_fx      | fx-Wert Kellerdecke                            | -                                  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_floor_u       | U-Wert Kellerdecke                             | W/(m <sup>2</sup> K)               | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_frame_u       | U-Wert Fensterrahmen                           | W/(m <sup>2</sup> K)               | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_glas_g_hor    | Verglasung (hor) - g-Wert                      | -                                  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_glas_g_n      | Verglasung (Nord) - g-Wert                     | -                                  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_glas_g_sow    | Verglasung (S-O-W) - g-Wert                    | -                                  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_glas_gtot_hor | Verglasung (hor) - g_tot-Wert                  | -                                  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_glas_gtot_n   | Verglasung (Nord) - g_tot-Wert                 | -                                  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_glas_gtot_sow | Verglasung (S-O-W) - g_tot -Wert               | -                                  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_h_r           | mittlere Geschosshöhe in [m]                   | m                                  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_heat_temp     | gemittelte Raumtemperatur Heizfall             | °C                                 | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_n_50          | Luftdichtheit                                  | 1/h                                | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_ngf           | beheizte NGF des ges. Gebäudes                 | m <sup>2</sup>                     | in_cl | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_roof_fx       | fx-Wert Dach                                   | -                                  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_roof_u        | U-Wert Dach                                    | W/(m <sup>2</sup> K)               | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_th_bridge_du  | Wärmebrückenzuschlag                           | W/(m <sup>2</sup> K)               | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_time_h_a      | jährlicher Nutzungsstunden                     | h/a                                | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_V_A           | gemittelter hygienischer Außenluftvolumenstrom | m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> h) | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_wall_fx       | fx-Wert Außenwand                              | -                                  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_wall_u        | U-Wert Außenwand                               | W/(m <sup>2</sup> K)               | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_win_part_ges  | Fensterant. (oberirdisch)                      | %                                  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_win_u_hor     | Fenster (hor) - U-Wert                         | W/(m <sup>2</sup> K)               | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_win_u_n       | Fenster (Nord) - U-Wert                        | W/(m <sup>2</sup> K)               | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_win_u_sow     | Fenster (S-O-W) - U-Wert                       | W/(m <sup>2</sup> K)               | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| b_year_cl       | Baualtersklasse                                | -                                  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| bm_build_type_1 | Gewählte Gebäudekategorie der EnEV _ 1         | -                                  | in_cl | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| bm_build_type_2 | Gewählte Gebäudekategorie der EnEV _ 2         | -                                  | in_cl | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |



|                 |   |       |       |                                    |                     |
|-----------------|---|-------|-------|------------------------------------|---------------------|
| bm_build_type_3 | Gewählte Gebäudekategorie der EnEV _ 3              | -     | in_cl | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| bv_el           | Faktor Bedarf/Verbrauch - el. Energie               | -     | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| bv_fu           | Faktor Bedarf/Verbrauch - Brennstoff                | -     | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| c_nr_g          | Anzahl zentrale Kälteerzeuger                       | Stück | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| ce_index        | el. Energie-Verbrauchsindex                         | %     | in_cl | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| ce_tot          | el. Energie-Endenergie-Verbrauch                    | MWh/a | in_cl | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| ch_fuel_fac_1   | Faktor Brenn/Heiz-Wert 1                            | -     | in_cl | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| ch_fuel_fac_2   | Faktor Brenn/Heiz-Wert 2                            | -     | in_cl | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| ch_fuel_fac_3   | Faktor Brenn/Heiz-Wert 3                            | -     | in_cl | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| ch_fuel_fac_av  | mittlerer Faktor Brenn/Heiz-Wert                    | -     | in_cl | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| ch_index        | Brennstoff-Verbrauchsindex                          | %     | in_cl | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| ch_tot          | Brennstoff-Endenergie-Verbrauch                     | MWh/a | in_cl | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| ch_tot_sup      | Brennstoff-Endenergie-Verbrauch (brennwertbezogen)  | MWh/a | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| CO2_auxc        | CO2-Emissionen Hilfsenergie Kälte                   | kg/a  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| CO2_c           | CO2-Emissionen Kälte                                | kg/a  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| CO2_dt          | CO2-Emissionen Diverse Technik                      | kg/a  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| CO2_fac         | CO2-Emissionen Arbeitshilfen                        | kg/a  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| CO2_h           | CO2-Emissionen Heizung                              | kg/a  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| CO2_l           | CO2-Emissionen Beleuchtung                          | kg/a  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| CO2_m           | CO2-Emissionen Dampf                                | kg/a  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| CO2_tot         | CO2-Emissionen gesamtes Gebäude                     | kg/a  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| CO2_v           | CO2-Emissionen Luftförderung                        | kg/a  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| CO2_w           | CO2-Emissionen Warmwasser                           | kg/a  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| CO2_zd          | CO2-Emissionen Zentrale Dienste                     | kg/a  | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Eb_l            | Beleuchtungsstärke der Beleuchtungsanlagen          | Lux   | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| f_c_dim         | Dimensionsierungsfaktor Kälteerzeuger               | -     | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| f_h_dim         | Dimensionsierungsfaktor Wärmeerzeuger               | -     | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| fb_c            | Jahreskälteleistungszahl                            | -     | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| fb_c_el         | Endenergie davon elektrische Energie Kälteerzeugung | %     | res   | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |



|                            |  |                |     |                                    |                     |
|----------------------------|--|----------------|-----|------------------------------------|---------------------|
| fb_cac_dcen                | Erzeugeraufwandszahl dezentrale Kälteerzeuger Kompaktklimagerät (Fenster, Wand)    | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| fb_dh_dcen                 | Erzeugeraufwandszahl dezentrale Wärmeerzeuger Elektrische Direktheizung            | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| fb_hw                      | Erzeugeraufwandszahl Wärmezeugung Heizung und Warmwasser                           | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| fb_hw_el                   | Endenergie davon elektrische Energie Wärmezeugung Heizung und Warmwasser           | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| fb_ms_dcen                 | Erzeugeraufwandszahl dezentrale Wärmeerzeuger Elektrischer Kleinspeicher           | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| fb_mssoo_dcen              | Erzeugeraufwandszahl dezentrale Kälteerzeuger Multi-Split-Systemein/aus            | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| fb_msssr_dcen              | Erzeugeraufwandszahl dezentrale Kälteerzeuger Multi-Split-Systemstetig geregelt    | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| fb_sh_dcen                 | Erzeugeraufwandszahl dezentrale Wärmeerzeuger Elektrische Speicherheizung          | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| fb_ssoo_dcen               | Erzeugeraufwandszahl dezentrale Kälteerzeuger Split-Systemein/aus                  | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| fb_sssr_dcen               | Erzeugeraufwandszahl dezentrale Kälteerzeuger Split-Systemstetig geregelt          | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| fb_twh_dcen                | Erzeugeraufwandszahl dezentrale Wärmeerzeuger Elektrischer Durchlauferhitzer       | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| fb_v_in                    | Dimensionierungsfaktor Zuluftventilation   | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| fb_v_out                   | Dimensionierungsfaktor Abluftventilation   | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| fb_VRF_dcen                | Erzeugeraufwandszahl dezentrale Kälteerzeuger VRF-System variabler Kühlmassenstrom | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| floor_a                    | Kellerdeckenfläche   | m <sup>2</sup> | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| floor_det                  | Kellerdeckenfläche   | m <sup>2</sup> | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| frame_psi                  | Randverbund Fensterrahmen  | W/(mK)         | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| h_nr_g                     | Anzahl zentrale Wärmeerzeuger  | Stück          | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| nr_mean_heated_sto<br>reys | über Gebäude gemittelte beheizte Geschoszahl                                       | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Pb_c_max                   | maximale thermische Kälteleistung  | kW             | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Pb_cac_dcen                | Leistung dezentrale Kälteerzeuger Kompaktklimagerät (Fenster, Wand)                | kW             | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Pb_dh_dcen                 | Leistung dezentrale Wärmeerzeuger Elektrische Direktheizung                        | kW             | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |



|               |  |       |     |                                    |                     |
|---------------|--|-------|-----|------------------------------------|---------------------|
| Pb_hw         | Nennleistung (Soll: Heiz. Berechnet * 1,3) Wärmeerzeugung Heizung und Warmwasser | kW    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Pb_l          | installierte Leistung Beleuchtung  | kW    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Pb_ms_dcen    | Leistung dezentrale Wärmeerzeuger Elektrischer Kleinspeicher                     | kW    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Pb_mssoo_dcen | Leistung dezentrale Kälteerzeuger Multi-Split-System- ein/aus                    | kW    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Pb_msssr_dcen | Leistung dezentrale Kälteerzeuger Multi-Split-System- stetig geregelt            | kW    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Pb_sh_dcen    | Leistung dezentrale Wärmeerzeuger Elektrische Speicherheizung                    | kW    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Pb_ssoo_dcen  | Leistung dezentrale Kälteerzeuger Split-System- ein/aus                          | kW    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Pb_sssr_dcen  | Leistung dezentrale Kälteerzeuger Split-System- stetig geregelt                  | kW    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Pb_twh_dcen   | Leistung dezentrale Wärmeerzeuger Elektrischer Durchlauferhitzer                 | kW    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Pb_v_in       | installierte Leistung Zuluftventilation  | kW    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Pb_v_out      | installierte Leistung Abluftventilation  | kW    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Pb_VRF_dcen   | Leistung dezentrale Kälteerzeuger VRF-System variabler Kühlmassenstrom           | kW    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_c_zen_g     | max. Kälteleistung zentraler Kälteerzeuger                                       | kW    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_c_zen_ist   | maximale Kälteleistung (Ist)   | kW    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_cedv_f      | Endenergie zentrael EDV gesamt   | kWh/a | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_cedv_p      | Primärenergie zentrale EDV gesamt  | kWh/a | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_cond_f      | Endenergie Zentr. Großverbraucher Gesamt   | kWh/a | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_cond_p      | Primärenergie Zentr. Großverbraucher Gesamt                                      | kWh/a | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_dt_f_el     | Endenergie DT gesamt - elektrisch  | kWh/a | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_dt_p        | Primärenergie DT gesamt  | kWh/a | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_dz_p        | Primärenergie ZD gesamt  | kWh/a | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_eltplant_f  | Endenergiebedarf Verluste (ZD)   | kWh/a | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_elv_f       | Endenergie Aufzüge   | kWh/a | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_elv_p       | Primärenergie Aufzüge  | kWh/a | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_frig_f      | Endenergiebedarf Kühlgeräte gesamt   | kWh/a | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_frig_p      | Primärenergie Kühlgeräte gesamt  | kWh/a | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_h_dez_g     | maximale Heizleistung dezentraler Wärmeerzeuger                                  | kW    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_h_zen_g     | maximale Heizleistung zentraler Wärmeerzeuger                                    | kW    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |

|                   |   |                |     |                                    |                     |
|-------------------|---|----------------|-----|------------------------------------|---------------------|
| Q_h_zen_ist       | maximale Heizleistung (Heizung, Ist)  | kW             | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_kit_f_el        | Endenergiebedarf Küche (ZD) - elektrische Energie                           | kWh/a          | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_kit_f_gas       | Endenergiebedarf Küche (ZD) - Gas   | kWh/a          | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_kit_p           | Primärenergie Küche (ZD)  | kWh/a          | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_kitchenette_f   | Endenergiebedarf Mitarbeiterküchen  | kWh/a          | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_lowsys_f        | Endenergiebedarf zentrale Schwachstromanlagen                               | kWh/a          | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_oth_f           | Endenergieverbrauch Sonstiges   | kWh/a          | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_oth_p           | Primärenergie Sonstiges   | kWh/a          | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_video_f         | Endenergiebedarf Videoanlage  | kWh/a          | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_zd_f_el         | Endenergie ZD gesamt - elektrisch   | kWh/a          | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Q_zd_f_gas        | Endenergie ZD gesamt - Gas  | kWh/a          | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Qb_tot_f_el       | Endenergie-Bedarf Strom - gesamt  | MWh/a          | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| Qb_tot_f_fu       | Endenergie-Bedarf Wärme - gesamt  | MWh/a          | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| roof_a            | Dachfläche  | m <sup>2</sup> | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| roof_det          | Dachfläche  | m <sup>2</sup> | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tb_l              | Vollbetriebszeit Beleuchtung  | h/a            | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tb_v_in           | Vollbetriebszeit Zuluftventilation  | h/a            | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tb_v_out          | Vollbetriebszeit Abluftventilation  | h/a            | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_additional_h  | Weitere Untersuchungen _ Aufwand in h                                       | h              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_additional_rf | Weitere Untersuchungen _ Rationalisierungsfaktor                            | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_coldat_h      | Beschaffen und auswerten existierender Unterlagen _ Aufwand in h            | h              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_coldat_rf     | Beschaffen und auswerten existierender Unterlagen _ Rationalisierungsfaktor | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_cons_h        | Verbrauchsanalysen _ Aufwand in h   | h              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_cons_rf       | Verbrauchsanalysen _ Rationalisierungsfaktor                                | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_data_h        | Datenbeschaffung _ Aufwand in h   | h              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_data_rf       | Datenbeschaffung _ Rationalisierungsfaktor                                  | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_indsurf_h     | Objektspezifische Hüllfläche bestimmen _ Aufwand in h                       | h              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_indsurf_rf    | Objektspezifische Hüllfläche bestimmen _ Rationalisierungsfaktor            | -              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_input_h       | Softwareeingabe _ Aufwand in h  | h              | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |



|                 |   |      |     |                                    |                     |
|-----------------|---|------|-----|------------------------------------|---------------------|
| tek_input_rf    | Softwareeingabe _ Rationalisie-rungsfaktor                | -    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_onsite_h    | Vor-Ort-Termin _ Aufwand in h                             | h    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_onsite_rf   | Vor-Ort-Termin _ Rationalisie-rungsfaktor                 | -    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_others_1_h  | Sonstiges 1 _ Aufwand in h                                | h    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_others_1_rf | Sonstiges 1 _ Rationalisie-rungsfaktor                    | -    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_others_2_h  | Sonstiges 2 _ Aufwand in h                                | h    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_others_2_rf | Sonstiges 2 _ Rationalisie-rungsfaktor                    | -    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_others_3_h  | Sonstiges 3 _ Aufwand in h                                | h    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_others_3_rf | Sonstiges 3 _ Rationalisie-rungsfaktor                    | -    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_others_h    | Sonstiges _ Aufwand in h                                  | h    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_others_rf   | Sonstiges _ Rationalisie-rungsfaktor                      | -    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_plausi_h    | Modernisierungsempfehlungen _ Aufwand in h                | h    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_plausi_rf   | Modernisierungsempfehlungen _ Rationalisie-rungsfaktor    | -    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_profile_h   | Lastganganalysen _ Aufwand in h                           | h    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_profile_rf  | Lastganganalysen _ Rationalisie-rungsfaktor               | -    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_progn_h     | Kurzzeitmessungen _ Aufwand in h                          | h    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_progn_rf    | Kurzzeitmessungen _ Rationalisie-rungsfaktor              | -    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_report_h    | Dokumentation und Präsentation _ Aufwand in h             | h    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_report_rf   | Dokumentation und Präsentation _ Rationalisie-rungsfaktor | -    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_test_h      | Plausibilitätsprüfung _ Aufwand in h                      | h    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_test_rf     | Plausibilitätsprüfung _ Rationalisie-rungsfaktor          | -    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_tool_h      | Gebäudeanalyse mit TEK-Tool _ Aufwand in h                | h    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_tool_rf     | Gebäudeanalyse mit TEK-Tool _ Rationalisie-rungsfaktor    | -    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_total_h     | Gesamt _ Aufwand in h                                     | h    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_total_rf    | Gesamt _ Rationalisie-rungsfaktor                         | -    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_zone_h      | Zonierung, Zonenflächen _ Aufwand in h                    | h    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| tek_zone_rf     | Zonierung, Zonenflächen _ Rationalisie-rungsfaktor        | -    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| v_nr_exist      | Anzahl RLT-Anlagen  | -    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| v_tot_vol_in    | Nennvolumenstrom Zuluftventilation                        | m³/h | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |

|                     |   |                   |     |                                    |                     |
|---------------------|---|-------------------|-----|------------------------------------|---------------------|
| v_tot_vol_out       | Nennvolumenstrom Abluftventilation            | m <sup>3</sup> /h | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| wall_a_total        | Außenwandfläche gesamt                        | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| wall_cellar_a       | Außenwandfläche im Erdreich                   | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| wall_det_north      | Außenwandfläche_Außenluft                     | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| wall_det_wall_earth | Außenwandfläche_Erdreich od. unbeheizt        | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| win_a_east          | Fensterfläche Ost                             | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| win_a_hori          | Fensterfläche Horizontal                      | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| win_a_north         | Fensterfläche Nord                            | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| win_a_south         | Fensterfläche Süd                             | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| win_a_west          | Fensterfläche West                            | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| win_det_east        | Fensterfläche Ost                             | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| win_det_hor         | Fensterfläche Horizontal                      | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| win_det_north       | Fensterfläche Nord                            | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| win_det_south       | Fensterfläche Süd                             | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| win_det_west        | Fensterfläche West                            | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| z_area_c            | gekühlte Fläche                               | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| z_area_ges          | gesamte zonierte Fläche                       | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| z_area_h            | Beheizte zonierte Fläche                      | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| z_area_hum          | Befeuchtete Fläche                            | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| z_area_v            | mechanisch belüftete Fläche                   | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| z_area_w            | mit Warmwasser versorgte Fläche               | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| z_floor_area        | Kellerdeckenfläche                            | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| z_nr_exist          | Anzahl Zonen                                  | -                 | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| z_roof_area         | Dachfläche                                    | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| z_surf_auto         | Zonenzuweisung der Hüllfläche (0=man; 1=auto) | -                 | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| z_ug_auto           | Zonenzuweisung der Stoffwerte (0=man; 1=auto) | -                 | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| z_wall              | Außenwandfläche gesamt                        | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| z_wall_east         | Außenwandfläche Ost                           | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| z_wall_north        | Außenwandfläche Nord                          | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |
| z_wall_south        | Außenwandfläche Süd                           | m <sup>2</sup>    | res | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result |



|                  |  |                                       |         |                                    |                       |
|------------------|--|---------------------------------------|---------|------------------------------------|-----------------------|
| z_wall_west      | Außenwandfläche West   | m <sup>2</sup>                        | res     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result   |
| z_win_east       | Fensterfläche Ost  | m <sup>2</sup>                        | res     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result   |
| z_win_hor        | Fensterfläche Horizontal   | m <sup>2</sup>                        | res     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result   |
| z_win_north      | Fensterfläche Nord   | m <sup>2</sup>                        | res     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result   |
| z_win_south      | Fensterfläche Süd  | m <sup>2</sup>                        | res     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result   |
| z_win_west       | Fensterfläche West   | m <sup>2</sup>                        | res     | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Result   |
| b_ht             | Hüllfächentransferkoeffizient  | W/(m <sup>2</sup> BTFK)               | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| b_hv             | en. Qualität Lüftung H'V   | W/(m <sup>3</sup> /h K)               | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| b_p_fac          | mittlere Wärmequellen Personen - Arbeitshilfen (bezogen auf beheizte NGF)                                | Wh/(m <sup>2</sup> d)                 | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| bm_e             | el. Energie-Vergleichswert - EnEV 2009   | kWh/(m <sup>2</sup> NGF a)            | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| bm_h             | Brennstoff-Vergleichswert - EnEV 2009  | kWh/(m <sup>2</sup> NGF a)            | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| ce_tot_sp        | el. Energie-Kennwert-Endenergie-Verbrauch  | kWh/(m <sup>2</sup> NGF a)            | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| ch_tot_sp        | Brennstoff-Kennwert-Endenergie-Verbrauch   | kWh/(m <sup>2</sup> NGF a)            | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| ch_tot_sup_sp    | Brennstoff-Kennwert-Endenergie-Verbrauch (brennwertbezogen)  | kWh/(m <sup>2</sup> NGF a)            | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| E_RLT_tot        | Gesamt-Teilkennwert für die Außenluftaufbereitungssysteme (bezogen auf die gesamten Zuluftvolumenströme) | kWh/(m <sup>3</sup> /h a)             | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spAb_floor_btf   | spezifische BTF Kellerdecke (bezogen auf beheizte NGF)   | m <sup>2</sup> BTF/m <sup>2</sup> NGF | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spAb_roof_btf    | spezifische BTF Dach (bezogen auf beheizte NGF)  | m <sup>2</sup> BTF/m <sup>2</sup> NGF | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spAb_tot_btf     | spezifische BTF gesamtes Gebäude (bezogen auf beheizte NGF)  | m <sup>2</sup> BTF/m <sup>2</sup> NGF | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spAb_wall_btf    | spezifische BTF Außenwand (bezogen auf beheizte NGF)   | m <sup>2</sup> BTF/m <sup>2</sup> NGF | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spAb_win_btf_hor | spezifische BTF Fenster horizontal (bezogen auf beheizte NGF)  | m <sup>2</sup> BTF/m <sup>2</sup> NGF | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spAb_win_btf_n   | spezifische BTF Fenster N (bezogen auf beheizte NGF)   | m <sup>2</sup> BTF/m <sup>2</sup> NGF | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spAb_win_btf_sow | spezifische BTF Fenster O,S,W (bezogen auf beheizte NGF)   | m <sup>2</sup> BTF/m <sup>2</sup> NGF | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spCO2_c          | spezifische CO2-Emission - Kälte (bezogen auf beheizte NGF)  | kg/(m <sup>2</sup> a)                 | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spCO2_c_aux      | spezifische CO2-Emission - Hilfsenergie Kälte (bezogen auf beheizte NGF)                                 | kg/(m <sup>2</sup> a)                 | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spCO2_cs         | spezifische CO2-Emission - Zentrale Dienste (bezogen auf beheizte  | kg/(m <sup>2</sup> a)                 | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |

|                   | NGF)   |                           |         |                                    |                       |
|-------------------|--|---------------------------|---------|------------------------------------|-----------------------|
| spCO2_dt          | spezifische CO2-Emission - Diverse Technik (bezogen auf beheizte NGF)                  | kg/(m <sup>2</sup> a)     | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spCO2_fac         | spezifische CO2-Emission - Arbeitshilfen (bezogen auf beheizte NGF)                    | kg/(m <sup>2</sup> a)     | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spCO2_h           | spezifische CO2-Emission - Heizung (bezogen auf beheizte NGF)                          | kg/(m <sup>2</sup> a)     | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spCO2_l           | spezifische CO2-Emission - Beleuchtung (bezogen auf beheizte NGF)                      | kg/(m <sup>2</sup> a)     | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spCO2_mStar       | spezifische CO2-Emission - Dampf (bezogen auf beheizte NGF)                            | kg/(m <sup>2</sup> a)     | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spCO2_tot         | spezifische CO2-Emission - gesamt (bezogen auf beheizte NGF)                           | kg/(m <sup>2</sup> a)     | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spCO2_v           | spezifische CO2-Emission - Luftförderung (bezogen auf beheizte NGF)                    | kg/(m <sup>2</sup> a)     | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spCO2_w           | spezifische CO2-Emission - Warmwasser (bezogen auf beheizte NGF)                       | kg/(m <sup>2</sup> a)     | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spPb_c_Rsys       | max. Kühllast Raumsystem (bezogen auf beheizte NGF)                                    | W/(m <sup>2</sup> NGF)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spPb_cStar_RLT    | max. Kühllast RLT-Anlage (bezogen auf beheizte NGF)                                    | W/(m <sup>2</sup> NGF)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spPb_h_Rsys       | max. Heizlast Raumsystem (bezogen auf beheizte NGF)                                    | W/(m <sup>2</sup> NGF)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spPb_hStar_RLT    | max. Heizlast RLT-Anlage (bezogen auf beheizte NGF)                                    | W/(m <sup>2</sup> NGF)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spPb_l            | mittlere Bewertungsleistung Beleuchtung (bezogen auf beheizte NGF)                     | W/m <sup>2</sup>          | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spPb_RLT          | spezifische Leistungsaufnahmen RLT-Anlagen (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche) | kW/(m <sup>3</sup> /s)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spPb_tot_c        | max. Kühllast SUMME (bezogen auf beheizte NGF)   | W/(m <sup>2</sup> NGF)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spPb_tot_h        | max. Heizlast SUMME (bezogen auf beheizte NGF)   | W/(m <sup>2</sup> NGF)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spPb_v_in         | spezifische Ventilatorleistung Zuluventilation (bezogen auf beheizte NGF)              | kW/(m <sup>3</sup> s)     | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spPb_v_out        | spezifische Ventilatorleistung Abluftventilation (bezogen auf beheizte NGF)            | kW/(m <sup>3</sup> s)     | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQ_frig_h        | Spez. Wärmeeintrag Kühlgeräte gesamt   | Wh/d m <sup>2</sup> NGF   | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_aux_p_tot  | Primärenergie Hilfsenergie Kälte gesamt (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)    | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_b          | spezifische Nutzenergie Zonen/RLT - Kälte (bezogen auf beheizte NGF)                   | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_b_aux      | spezifische Nutzenergie Zonen/RLT - Hilfsenergie Kälte (bezogen auf beheizte NGF)      | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_b_comb_tot | Nutzenergiebedarf Kälte (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                    | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_b_Rsys     | Nutzenergiebedarf Kälte Raumsystem (bezogen auf beheizte NGF)                          | kWh/(m <sup>2</sup> NGFa) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |



|                       |   |                        |         |                                    |                       |
|-----------------------|---|------------------------|---------|------------------------------------|-----------------------|
| spQb_c_ce_d_tot       | Erzeugernutzkälteabgabe (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                     | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_d              | zusätzliche Verluste Übergabe, Verteilung Kälteerzeugung (bezogen auf beheizte NGF)     | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_f_aux_d_tot    | davon End-Hilfsenergie Kälteverteilung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)      | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_f_aux_sv_tot   | davon Endenergiebedarf Sekundärventilatoren (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche) | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_f_aux_tot      | Endenergie Hilfsenergie Kälte gesamt (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)        | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_f_cen          | Endenergie Zentrale Kälteerzeuger (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)           | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_f_el           | spezifische Endenergie el. Energie - Kälte (bezogen auf beheizte NGF)                   | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_f_el_aux       | spezifische Endenergie el. Energie - Hilfsenergie Kälte (bezogen auf beheizte NGF)      | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_f_fu           | spezifische Endenergie Brennstoff - Kälte (bezogen auf beheizte NGF)                    | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_f_fu_aux       | spezifische Endenergie Brennstoff - Hilfsenergie Kälte (bezogen auf beheizte NGF)       | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_f_outg         | spezifische Endenergie Kälteerzeugung (bezogen auf beheizte NGF)                        | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_f_outg_aux     | spezifische Endenergie Hilfsenergie Kälte (bezogen auf beheizte NGF)                    | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_f_R_elektr_tot | davon Endenergiebedarf Rückkühlung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)          | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_f_Raum_dez_tot | davon Endenergie dezentrale Kälteerzeuger (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)   | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_f_RLT_el_tot   | davon Strom zur Kälteerzeugung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)              | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_f_RLT_tot      | davon Endenergie RLT-Kälte (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                  | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_f_tot          | Endenergiebedarf Kälteerzeugung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)             | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_outg           | spezifische Nutzenergie Erzeuger - Kälte (bezogen auf beheizte NGF)                     | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_outg_aux       | spezifische Nutzenergie Erzeuger - Hilfsenergie Kälte (bezogen auf beheizte NGF)        | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_p              | spezifische Primärenergie - Kälte (bezogen auf beheizte NGF)                            | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_p_aux          | spezifische Primärenergie - Hilfsenergie Kälte (bezogen auf beheizte NGF)               | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_p_outg         | spezifische Primärenergie Kälteerzeugung (bezogen auf beheizte                          | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |

|                     | NGF)   |                           |         |                                    |                       |
|---------------------|--|---------------------------|---------|------------------------------------|-----------------------|
| spQb_c_p_Raum_tot   | davon Primärenergie dezentrale Kälteerzeuger (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)             | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_p_RLT_el_tot | davon Primärenergie RLT-Kälte (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                            | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_p_RLT_tot    | Nutzenergiebedarf Übergabe, Verteilung, Speicherung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)      | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_c_p_tot        | Primärenergiebedarf Kälteerzeugung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                       | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_cs_b           | spezifische Nutzenergie Zonen/RLT - Zentrale Dienste (bezogen auf beheizte NGF)                      | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_cs_f_el        | spezifische Endenergie el. Energie - Zentrale Dienste (bezogen auf beheizte NGF)                     | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_cs_f_fu        | spezifische Endenergie Brennstoff - Zentrale Dienste (bezogen auf beheizte NGF)                      | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_cs_outg        | spezifische Nutzenergie Erzeuger - Zentrale Dienste (bezogen auf beheizte NGF)                       | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_cs_p           | spezifische Primärenergie - Zentrale Dienste (bezogen auf beheizte NGF)                              | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_cStar_b_RLT    | Nutzenergiebedarf Kälte RLT-Anlage (bezogen auf beheizte NGF)  | kWh/(m <sup>2</sup> NGFa) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_cStar_b_tot    | davon RLT-Nutzenergiebedarf Kälte (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                        | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_dt_b           | spezifische Nutzenergie Zonen/RLT - Diverse Technik (bezogen auf beheizte NGF)                       | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_dt_f_el        | spezifische Endenergie el. Energie - Diverse Technik (bezogen auf beheizte NGF)                      | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_dt_f_fu        | spezifische Endenergie Brennstoff - Diverse Technik (bezogen auf beheizte NGF)                       | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_dt_outg        | spezifische Nutzenergie Erzeuger - Diverse Technik (bezogen auf beheizte NGF)                        | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_dt_p           | spezifische Primärenergie - Diverse Technik (bezogen auf beheizte NGF)                               | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_f_cac_dcen     | Endenergie_dezentrales Kompaktklimagerät (Fenster, Wand) (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche) | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_f_dh_dcen      | Endenergie_dezentrale Elektrische Direktheizung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)          | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_f_ms_dcen      | Endenergie_dezentraler Elektrischer Kleinspeicher (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)        | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |



|                   |   |              |         |                                    |                       |
|-------------------|---|--------------|---------|------------------------------------|-----------------------|
| spQb_f_mssoo_dcen | Endenergie_dezentrales Multi-Split-System- ein/aus (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)          | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_f_msssr_dcen | Endenergie_dezentrales Multi-Split-System- stetig geregelt (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)  | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_f_sh_dcen    | Endenergie_dezentrale Elektrische Speicherheizung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)           | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_f_ssoo_dcen  | Endenergie_dezentrales Split-System- ein/aus (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_f_sssr_dcen  | Endenergie_dezentrales Split-System- stetig geregelt (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)        | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_f_twh_dcen   | Endenergie_dezentraler Elektrischer Durchlauferhitzer (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)       | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_f_VRF_dcen   | Endenergie_dezentrales VRF-System variabler Kühlmassenstrom (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche) | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_fac_b        | spezifische Nutzenergie Zonen/RLT - Arbeitshilfen (bezogen auf beheizte NGF)                            | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_fac_f_el     | spezifische Endenergie el. Energie - Arbeitshilfen (bezogen auf beheizte NGF)                           | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_fac_f_fu     | spezifische Endenergie Brennstoff - Arbeitshilfen (bezogen auf beheizte NGF)                            | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_fac_f_tot    | Endenergiebedarf Arbeitshilfen (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                              | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_fac_outg     | spezifische Nutzenergie Erzeuger - Arbeitshilfen (bezogen auf beheizte NGF)                             | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_fac_p        | spezifische Primärenergie - Arbeitshilfen (bezogen auf beheizte NGF)                                    | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_fac_p_tot    | Primärenergiebedarf Arbeitshilfen (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                           | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_h_b          | spezifische Nutzenergie Zonen/RLT - Heizung (bezogen auf beheizte NGF)                                  | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_h_b_comb_tot | Nutzenergiebedarf Heizung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                                   | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_h_b_Rsys     | Nutzenergiebedarf Heizung Raumsystem (bezogen auf beheizte NGF)   | kWh/(m²NGFa) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_h_b_tot      | davon Nutzwärmebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)    | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_h_ce_tot     | Verluste Übergabe + Speicherung Heizung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                     | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_h_f_cen      | Endenergie Zentrale Wärmeerzeuger (bezogen auf jeweils konditio-  | kWh/(m²a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |

|                  |   |                           |         |                                    |                       |
|------------------|---|---------------------------|---------|------------------------------------|-----------------------|
|                  | nierte Fläche)  |                           |         |                                    |                       |
| spQb_h_f_dez_tot | davon Endenergie Heizung dezentrale Erzeuger (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)    | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_h_f_el      | spezifische Endenergie el. Energie - Heizung (bezogen auf beheizte NGF)                     | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_h_f_el_tot  | davon Endenergiebedarf Strom für Heizung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)        | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_h_f_fu      | spezifische Endenergie Brennstoff - Heizung (bezogen auf beheizte NGF)                      | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_h_f_tot     | Endenergiebedarf Heizung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                        | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_h_outg      | spezifische Nutzenergie Erzeuger - Heizung (bezogen auf beheizte NGF)                       | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_h_outg_tot  | Erzeugernutzwärme Heizung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                       | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_h_p         | spezifische Primärenergie - Heizung (bezogen auf beheizte NGF)                              | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_h_p_dez_tot | davon Primärenergie Heizung dezentrale Erzeuger (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche) | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_h_p_tot     | Primärenergiebedarf Heizung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                     | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_hStar_b_RLT | Nutzenergiebedarf Heizung RLT-Anlage (bezogen auf beheizte NGF)                             | kWh/(m <sup>2</sup> NGFa) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_hStar_b_tot | davon RLT-Nutzenergiebedarf Wärme (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)               | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_hw_b_tot    | spezifischer Nutzenergiebedarf Wärmeerzeugung (h+ww) (bezogen auf beheizte NGF)             | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_hw_d        | zusätzliche Verluste Übergabe, Verteilung Wärmeerzeugung (h+ww) (bezogen auf beheizte NGF)  | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_hw_f_outg   | spezifische Endenergie Wärmeerzeugung (h+ww) (bezogen auf beheizte NGF)                     | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_hw_outg     | Erzeugernutzwärmeabgabe Wärmeerzeugung (h+ww) (bezogen auf beheizte NGF)                    | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_hw_p_outg   | spezifische Primärenergie Wärmeerzeugung (h+ww) (bezogen auf beheizte NGF)                  | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_l_b         | spezifische Nutzenergie Zonen/RLT - Beleuchtung (bezogen auf beheizte NGF)                  | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_l_b_tot     | Endenergie Beleuchtungsstrom (Monatsverfahren) (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)  | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |



|                     |  |                           |         |                                    |                       |
|---------------------|--|---------------------------|---------|------------------------------------|-----------------------|
| spQb_l_el           | elektrische Bewertungsleistung - Beleuchtungsanlagen (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche) | W/m <sup>2</sup>          | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_l_el_lux       | elektrische Bewertungsleistung - Beleuchtungsanlagen (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche) | W/(m <sup>2</sup> 100lux) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_l_f_el         | spezifische Endenergie el. Energie - Beleuchtung (bezogen auf beheizte NGF)                      | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_l_f_fu         | spezifische Endenergie Brennstoff - Beleuchtung (bezogen auf beheizte NGF)                       | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_l_h_d_tot      | Wärmeverluste Heizungsverteilung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                     | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_l_outg         | spezifische Nutzenergie Erzeuger - Beleuchtung (bezogen auf beheizte NGF)                        | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_l_p            | spezifische Primärenergie - Beleuchtung (bezogen auf beheizte NGF)                               | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_l_p_tot        | Primärenergie Beleuchtungsstrom (Monatsverfahren) (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)    | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_mStar_b        | spezifische Nutzenergie Zonen/RLT - Dampf (bezogen auf beheizte NGF)                             | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_mStar_b_RLT    | Nutzenergiebedarf Dampf RLT-Anlage (bezogen auf beheizte NGF)                                    | kWh/(m <sup>2</sup> NGFa) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_mStar_b_tot    | RLT-Nutzenergiebedarf Dampf (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                          | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_mStar_f_el     | spezifische Endenergie el. Energie - Dampf (bezogen auf beheizte NGF)                            | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_mStar_f_el_tot | Endenergiebedarf Strom für Dampferzeugung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)            | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_mstar_f_fu     | spezifische Endenergie Brennstoff - Dampf (bezogen auf beheizte NGF)                             | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_mStar_f_outg   | spezifische Endenergie Dampferzeugung (bezogen auf beheizte NGF)                                 | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_mStar_f_tot    | Endenergiebedarf Dampferzeugung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                      | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_mStar_outg     | spezifische Nutzenergie Erzeuger - Dampf (bezogen auf beheizte NGF)                              | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_mStar_p        | spezifische Primärenergie - Dampf (bezogen auf beheizte NGF)                                     | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_mStar_p_outg   | spezifische Primärenergie Dampferzeugung (bezogen auf beheizte NGF)                              | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_mStar_p_tot    | Primärenergiebedarf Dampferzeugung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                   | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |

|               |  |                        |         |                                    |                       |
|---------------|--|------------------------|---------|------------------------------------|-----------------------|
| spQb_tot_b    | spezifische Nutzenergie Zonen/RLT - gesamt (bezogen auf beheizte NGF)                  | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_tot_f_el | spezifische Endenergie el. Energie - gesamt (bezogen auf beheizte NGF)                 | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_tot_f_fu | spezifische Endenergie Brennstoff - gesamt (bezogen auf beheizte NGF)                  | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_tot_outg | spezifische Nutzenergie Erzeuger - gesamt (bezogen auf beheizte NGF)                   | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_tot_p    | spezifische Primärenergie - gesamt (bezogen auf beheizte NGF)                          | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_v_b      | spezifische Nutzenergie Zonen/RLT - Luftförderung (bezogen auf beheizte NGF)           | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_v_f      | Endenergie RLT-Anlagen (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                     | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_v_f_el   | spezifische Endenergie el. Energie - Luftförderung (bezogen auf beheizte NGF)          | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_v_f_fu   | spezifische Endenergie Brennstoff - Luftförderung (bezogen auf beheizte NGF)           | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_v_f_in   | spezifischer Endenergiebedarf Zuluftventilation (bezogen auf beheizte NGF)             | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_v_f_out  | spezifischer Endenergiebedarf Abluftventilation (bezogen auf beheizte NGF)             | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_v_f_tot  | elektrischer Energiebedarf Luftförderung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)   | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_v_outg   | spezifische Nutzenergie Erzeuger - Luftförderung (bezogen auf beheizte NGF)            | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_v_p      | spezifische Primärenergie - Luftförderung (bezogen auf beheizte NGF)                   | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_v_p_in   | spezifischer Primärenergiebedarf Zuluftventilation (bezogen auf beheizte NGF)          | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_v_p_out  | spezifischer Primärenergiebedarf Abluftventilation (bezogen auf beheizte NGF)          | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_v_p_tot  | Primärenergiebedarf Luftförderung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)          | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_w_b      | spezifische Nutzenergie Zonen/RLT - Warmwasser (bezogen auf beheizte NGF)              | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_w_b_tot  | Nutzenergiebedarf Warmwasser (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)               | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |
| spQb_w_ce_tot | Verluste Übergabe + Speicherung Warmwasser (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche) | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific |



|                  |   |           |         |                                    |                         |
|------------------|---|-----------|---------|------------------------------------|-------------------------|
| spQb_w_d_tot     | Wärmeverluste WW-Verteilung (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                     | kWh/(m²a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific   |
| spQb_w_f_dez_tot | davon Endenergie Wwasser dezentrale Erzeuger (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)    | kWh/(m²a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific   |
| spQb_w_f_el      | spezifische Endenergie el. Energie - Warmwasser (bezogen auf beheizte NGF)                  | kWh/(m²a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific   |
| spQb_w_f_el_tot  | Endenergiebedarf Strom für Warmwasser (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)           | kWh/(m²a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific   |
| spQb_w_f_fu      | spezifische Endenergie Brennstoff - Warmwasser (bezogen auf beheizte NGF)                   | kWh/(m²a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific   |
| spQb_w_f_tot     | Endenergiebedarf Warmwasser (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                     | kWh/(m²a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific   |
| spQb_w_outg      | spezifische Nutzenergie Erzeuger - Warmwasser (bezogen auf beheizte NGF)                    | kWh/(m²a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific   |
| spQb_w_outg_tot  | Erzeugernutzwärme Warmwasser (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                    | kWh/(m²a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific   |
| spQb_w_p         | spezifische Primärenergie - Warmwasser (bezogen auf beheizte NGF)                           | kWh/(m²a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific   |
| spQb_w_p_dez_tot | davon Primärenergie Wwasser dezentrale Erzeuger (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche) | kWh/(m²a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific   |
| spQb_w_p_tot     | Primärenergiebedarf Warmwasser (bezogen auf jeweils konditionierte Fläche)                  | kWh/(m²a) | res_spe | Projekt- und gebäudebezogene Daten | Tab_Building_Specific   |
| bp_name          | Bezeichnung der Nutzungseinheit   | -         | in      | Nutzungseinheit bezogene Daten     | Tab_BuildingArea        |
| bp_nr            | Nummer der Nutzungseinheit  | -         | info    | Nutzungseinheit bezogene Daten     | Tab_BuildingArea        |
| bp_time_begin    | Beginn tägliche Nutzungszeit  | -         | in      | Nutzungseinheit bezogene Daten     | Tab_BuildingArea        |
| bp_time_d_w      | Nutzungstage pro Woche [d/w]  | d/w       | in      | Nutzungseinheit bezogene Daten     | Tab_BuildingArea        |
| bp_time_end      | Ende tägliche Nutzungszeit  | -         | in      | Nutzungseinheit bezogene Daten     | Tab_BuildingArea        |
| bp_time_w_a      | Nutzungswochen pro Jahr [w/a]   | w/a       | in      | Nutzungseinheit bezogene Daten     | Tab_BuildingArea        |
| bp_ww_base       | Quantifizierung Bezugsgröße   | -         | in      | Nutzungseinheit bezogene Daten     | Tab_BuildingArea        |
| bp_ww_distr      | Ausdehnung d. Warmwassernetzes je NE  | -         | in      | Nutzungseinheit bezogene Daten     | Tab_BuildingArea        |
| bp_ww_gen        | Warmwassererzeuger  | -         | in      | Nutzungseinheit bezogene Daten     | Tab_BuildingArea        |
| bp_ww_refer      | Wahl Bezugsgröße  | -         | in      | Nutzungseinheit bezogene Daten     | Tab_BuildingArea        |
| bp_ww_use        | Nutzung nach DIN V 18599-100:2009-10  | -         | in      | Nutzungseinheit bezogene Daten     | Tab_BuildingArea        |
| bp_area          | Gesamtfläche [m²]   | m²        | res     | Nutzungseinheit bezogene Daten     | Tab_BuildingArea_Result |
| bp_nr            | Nummer der Nutzungseinheit  | -         | info    | Nutzungseinheit bezogene Daten     | Tab_BuildingArea_Result |

|                   |  |                             |         |                                |                         |
|-------------------|--|-----------------------------|---------|--------------------------------|-------------------------|
| bp_q_w_d          | Nutzenergie Warmwasser   | kWh/a                       | res     | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| bp_sq_w_d         | spezifische Nutzenergie Warmwasser*  | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res     | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| bp_time_d_a       | jährliche Nutzungstage   | d/a                         | res     | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| bp_time_h_d       | Nutzungszeit pro Tag [h/d]   | h/d                         | res     | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| bp_ww_base_unit   | Einheit Quantifizierung Bezugsgröße  | -                           | in_cl   | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| bp_ww_specif      | spezifischer Bedarf  | -                           | in_cl   | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| bp_ww_specif_unit | Einheit spezifischer Bedarf  | -                           | in_cl   | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_c_b_Apr     | spezifischer Nutzkältebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Apr  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_c_b_Aug     | spezifischer Nutzkältebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Aug  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_c_b_Dez     | spezifischer Nutzkältebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Dez  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_c_b_Feb     | spezifischer Nutzkältebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Feb  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_c_b_Jan     | spezifischer Nutzkältebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Jan  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_c_b_Jul     | spezifischer Nutzkältebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Jul  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_c_b_Jun     | spezifischer Nutzkältebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Jun  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_c_b_Mai     | spezifischer Nutzkältebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Mai  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_c_b_Mrz     | spezifischer Nutzkältebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Mrz  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_c_b_Nov     | spezifischer Nutzkältebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Nov  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_c_b_Okt     | spezifischer Nutzkältebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Okt  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_c_b_Sep     | spezifischer Nutzkältebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Sep  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_c_b_year    | spezifischer Nutzkältebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Jahr | kWh/(m <sup>2</sup> _c a)   | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_c_f         | spezifischer Endenergiebedarf Kälte  | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_fac_f       | spezifischer Endenergiebedarf Arbeitshilfen                                | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten | Tab_BuildingArea_Result |



|                |  |             |         |   |                         |
|----------------|--|-------------|---------|---|-------------------------|
| spQbp_h_b_Apr  | spezifischer Nutzwärmebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Apr  | kWh/(m²Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_h_b_Aug  | spezifischer Nutzwärmebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Aug  | kWh/(m²Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_h_b_Dez  | spezifischer Nutzwärmebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Dez  | kWh/(m²Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_h_b_Feb  | spezifischer Nutzwärmebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Feb  | kWh/(m²Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_h_b_Jan  | spezifischer Nutzwärmebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Jan  | kWh/(m²Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_h_b_Jul  | spezifischer Nutzwärmebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Jul  | kWh/(m²Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_h_b_Jun  | spezifischer Nutzwärmebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Jun  | kWh/(m²Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_h_b_Mai  | spezifischer Nutzwärmebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Mai  | kWh/(m²Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_h_b_Mrz  | spezifischer Nutzwärmebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Mrz  | kWh/(m²Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_h_b_Nov  | spezifischer Nutzwärmebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Nov  | kWh/(m²Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_h_b_Okt  | spezifischer Nutzwärmebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Okt  | kWh/(m²Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_h_b_Sep  | spezifischer Nutzwärmebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Sep  | kWh/(m²Mon) | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_h_b_year | spezifischer Nutzwärmebedarf innerhalb und außerhalb der Nutzungszeit_Jahr | kWh/(m²a)   | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_h_f      | spezifischer Endenergiebedarf Heizung                                      | kWh/(m²a)   | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_l_f      | spezifischer Endenergiebedarf Beleuchtung                                  | kWh/(m²a)   | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_mStar_f  | spezifischer Endenergiebedarf Dampf  | kWh/(m²a)   | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_v_f      | spezifischer Endenergiebedarf Luftförderung                                | kWh/(m²a)   | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| spQbp_w_f      | spezifischer Endenergiebedarf Warmwasser                                   | kWh/(m²a)   | res_spe | Nutzungseinheit bezogene Daten          | Tab_BuildingArea_Result |
| b_storey_nr    | Anzahl beheizter Vollgeschosse (oberirdisch, ohne Dachgeschoss)            | -           | in      | Geschossabhängige Daten                 | Tab_buildingStorey      |
| b_storey_part  | auf Prozent der Gebäudegrundfläche [%]                                     | %           | in      | Geschossabhängige Daten                 | Tab_buildingStorey      |
| b_stry_nr      | Spaltennummer, wenn Eintrag vorhanden                                      | -           | info    | Geschossabhängige Daten                 | Tab_buildingStorey      |
| b_blind_type   | Sonnenschutz - Typ   | -           | in      | Himmelsrichtungsabhängige Fassadenwerte | Tab_BuildingSurface     |

|                 |   |                            |         |   |                      |
|-----------------|---|----------------------------|---------|---|----------------------|
| b_frame_type    | Rahmen  | -                          | in      | Himmelsrichtungsabhängige Fassadenwerte | Tab_BuildingSurface  |
| b_gl_type       | Verglasung  | -                          | in      | Himmelsrichtungsabhängige Fassadenwerte | Tab_BuildingSurface  |
| b_l_fas         | Abwicklung der Außenfassade [m]                       | m                          | in      | Himmelsrichtungsabhängige Fassadenwerte | Tab_BuildingSurface  |
| b_orientation   | Haupthimmelsrichtung                                  | -                          | info    | Himmelsrichtungsabhängige Fassadenwerte | Tab_BuildingSurface  |
| b_shade_hor     | Fassade Horizontverschattung                          | %                          | in      | Himmelsrichtungsabhängige Fassadenwerte | Tab_BuildingSurface  |
| b_shade_over    | Fassade Überhangverschattung                          | %                          | in      | Himmelsrichtungsabhängige Fassadenwerte | Tab_BuildingSurface  |
| b_shade_side    | Verschattung Seitenfins                               | %                          | in_std  | Himmelsrichtungsabhängige Fassadenwerte | Tab_BuildingSurface  |
| b_win_doufas    | Glasdoppelfassade                                     | -                          | in      | Himmelsrichtungsabhängige Fassadenwerte | Tab_BuildingSurface  |
| b_win_part      | Fensterflächenanteil (Außenmaß) [%]                   | -                          | in      | Himmelsrichtungsabhängige Fassadenwerte | Tab_BuildingSurface  |
| b_win_year      | Einbau ab 1995  | -                          | in      | Himmelsrichtungsabhängige Fassadenwerte | Tab_BuildingSurface  |
| ch_apr          | Brennstoff _ April                                    | MWh/mon                    | in      | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ch_aug          | Brennstoff _ August                                   | MWh/mon                    | in      | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ch_bm_incl      | Brennstoff _ Beim Benchmarking berücksichtigen 1 = ja | -                          | in      | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ch_dec          | Brennstoff _ Dezember                                 | MWh/mon                    | in      | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ch_feb          | Brennstoff _ Februar                                  | MWh/mon                    | in      | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ch_jan          | Brennstoff _ Januar                                   | MWh/mon                    | in      | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ch_jul          | Brennstoff _ Juli                                     | MWh/mon                    | in      | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ch_jun          | Brennstoff _ Juni                                     | MWh/mon                    | in      | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ch_mar          | Brennstoff _ März                                     | MWh/mon                    | in      | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ch_may          | Brennstoff _ Mai                                      | MWh/mon                    | in      | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ch_nov          | Brennstoff _ November                                 | MWh/mon                    | in      | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ch_nr           | Spaltennummer, wenn Verbrauchsdaten vorhanden         | -                          | info    | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ch_oct          | Brennstoff _ Oktober                                  | MWh/mon                    | in      | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ch_sep          | Brennstoff _ September                                | MWh/mon                    | in      | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ch_tot_year     | Brennstoff _ Jahressumme                              | MWh/a                      | res     | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ch_tot_year_man | Brennstoff _ Manuelle Eingabe Jahreswerte             | MWh/a                      | in      | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ch_tot_year_sp  | Brennstoff _ Kennwert                                 | kWh/(m <sup>2</sup> NGF a) | res_spe | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ch_year         | Brennstoff _ Jahreszahl                               | -                          | in      | Verbrauchsdaten (Wärme)                 | Tab_ConsumptionFuel  |
| ce_apr          | el-Energie _ April                                    | kWh/mon                    | in      | Verbrauchsdaten (Strom)                 | Tab_ConsumptionPower |



|                 |   |                               |         |                             |                          |
|-----------------|---|-------------------------------|---------|-----------------------------|--------------------------|
| ce_aug          | el-Energie _ August                                   | kWh/mon                       | in      | Verbrauchsdaten (Strom)     | Tab_ConsumptionPower     |
| ce_bm_incl      | el-Energie _ Beim Benchmarking berücksichtigen 1 = ja | -                             | in      | Verbrauchsdaten (Strom)     | Tab_ConsumptionPower     |
| ce_dec          | el-Energie _ Dezember                                 | kWh/mon                       | in      | Verbrauchsdaten (Strom)     | Tab_ConsumptionPower     |
| ce_feb          | el-Energie _ Februar                                  | kWh/mon                       | in      | Verbrauchsdaten (Strom)     | Tab_ConsumptionPower     |
| ce_jan          | el-Energie _ Januar                                   | kWh/mon                       | in      | Verbrauchsdaten (Strom)     | Tab_ConsumptionPower     |
| ce_jul          | el-Energie _ Juli                                     | kWh/mon                       | in      | Verbrauchsdaten (Strom)     | Tab_ConsumptionPower     |
| ce_jun          | el-Energie _ Juni                                     | kWh/mon                       | in      | Verbrauchsdaten (Strom)     | Tab_ConsumptionPower     |
| ce_mar          | el-Energie _ März                                     | kWh/mon                       | in      | Verbrauchsdaten (Strom)     | Tab_ConsumptionPower     |
| ce_may          | el-Energie _ Mai                                      | kWh/mon                       | in      | Verbrauchsdaten (Strom)     | Tab_ConsumptionPower     |
| ce_nov          | el-Energie _ November                                 | kWh/mon                       | in      | Verbrauchsdaten (Strom)     | Tab_ConsumptionPower     |
| ce_nr           | Spaltennummer, wenn Verbrauchsdaten vorhanden         | -                             | info    | Verbrauchsdaten (Strom)     | Tab_ConsumptionPower     |
| ce_oct          | el-Energie _ Oktober                                  | kWh/mon                       | in      | Verbrauchsdaten (Strom)     | Tab_ConsumptionPower     |
| ce_sep          | el-Energie _ September                                | kWh/mon                       | in      | Verbrauchsdaten (Strom)     | Tab_ConsumptionPower     |
| ce_tot_year     | el-Energie _ Jahressumme                              | kWh/a                         | res     | Verbrauchsdaten (Strom)     | Tab_ConsumptionPower     |
| ce_tot_year_man | el-Energie _ Manuelle Eingabe Jahreswerte             | kWh/a                         | in      | Verbrauchsdaten (Strom)     | Tab_ConsumptionPower     |
| ce_tot_year_sp  | el-Energie _ Kennwert                                 | kWh/(m <sup>2</sup> NGF<br>a) | res_spe | Verbrauchsdaten (Strom)     | Tab_ConsumptionPower     |
| ce_year         | el-Energie _ Jahreszahl                               | -                             | in      | Verbrauchsdaten (Strom)     | Tab_ConsumptionPower     |
| m_comment       | Bemerkungen   | -                             | in      | Modernisierungsempfehlungen | Tab_ModernizationStep    |
| m_cost_categ    | Kostengruppe DIN 276                                  | -                             | in      | Modernisierungsempfehlungen | Tab_ModernizationStep    |
| m_descript      | Maßnahmenbeschreibung                                 | -                             | in      | Modernisierungsempfehlungen | Tab_ModernizationStep    |
| m_importance    | Wichtigkeit   | -                             | in      | Modernisierungsempfehlungen | Tab_ModernizationStep    |
| m_nr            | lfd. Nr., wenn Eintrag vorhanden                      | -                             | info    | Modernisierungsempfehlungen | Tab_ModernizationStep    |
| h_boiler_vol    | Wasserinhalt Wärmeerzeuger                            | -                             | in_std  | Wärmeverteilung             | Tab_Service_distribution |
| h_dis_ctrl      | Pumpenlaufzeit bedarfsgeregelt                        | -                             | in      | Wärmeverteilung             | Tab_Service_distribution |
| h_dis_exist     | Zentrale Verteilung vorhanden                         | -                             | in      | Wärmeverteilung             | Tab_Service_distribution |
| h_dis_hor       | Lage horizontale Verteilung ab Erzeuger               | -                             | in      | Wärmeverteilung             | Tab_Service_distribution |
| h_dis_stub      | Lage Steigleitungen                                   | -                             | in_std  | Wärmeverteilung             | Tab_Service_distribution |
| h_dis_year      | Baualter Verteilung (Dämmstandard)                    | -                             | in      | Wärmeverteilung             | Tab_Service_distribution |
| h_night         | Heizungsbetrieb Nachts                                | -                             | in      | Wärmeverteilung             | Tab_Service_distribution |

|                  |   |                       |         |                 |                                 |
|------------------|---|-----------------------|---------|-----------------|---------------------------------|
| h_pipe_type      | Ein- oder Zweirohrnetz  | -                     | in_std  | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution        |
| h_power_max      | maximale spezifische Heizlast   | W/m <sup>2</sup>      | in_std  | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution        |
| h_pump_ctrl      | Pumpenleistung geregelt   | -                     | in      | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution        |
| h_pump_dim       | Pumpe auf Bedarf ausgelegt  | -                     | in_std  | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution        |
| h_weekend        | Heizungsbetrieb Wochenende  | -                     | in      | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution        |
| ww_circ          | Warmwasserzirkulation vorhanden   | -                     | in_std  | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution        |
| ww_dis_ctrl      | Pumpenlaufzeit bedarfsgeregelt  | -                     | in      | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution        |
| ww_dis_exist     | Zentrale Verteilung vorhanden   | -                     | in      | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution        |
| ww_dis_hor       | Lage horizontale Verteilung ab Erzeuger   | -                     | in      | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution        |
| ww_dis_stub      | Anordnung Steigleitungen  | -                     | in_std  | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution        |
| ww_dis_year      | Baualter Verteilung (Dämmstandard)  | -                     | in      | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution        |
| ww_pump_dim      | Pumpe auf Bedarf ausgelegt  | -                     | in_std  | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution        |
| h_d_a            | mittlere Nutzungstage Heizung pro Jahr  | d/a                   | res     | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| h_dis_heat       | Wärmeverluste Heizungsverteilung  | kWh(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| h_dis_heat_zone  | Wärmeeintrag Heizungsverteilung in Zonen  | kWh(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| h_h_d            | mittlere Nutzungsstunden Heizung pro Tag  | h/d                   | res     | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| h_pump_el        | elektrischer Aufwand für Betrieb Heizungsumwälzpumpe (reduziert auf von zentralen W.-erz. versorgte Fläche) | kWh(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| ww_d_a           | mittlere Nutzungstage WW pro Jahr   | d/a                   | res     | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| ww_dis_heat      | Wärmeverluste WW-verteilung   | kWh(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| ww_dis_heat_zone | Wärmeeintrag WW-verteilung in Zonen   | kWh(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| ww_h_d           | mittlere Nutzungsstunden WW pro Tag   | h/d                   | res     | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| ww_pump_el       | elektrischer Aufwand Zirkulationspumpe (reduziert auf mit zentralen W.-erz. Versorgte Fläche)               | kWh(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| ww_redfak        | mittlerer Reduktionsfaktor Warmwassernetz   | -                     | res     | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_h_zone_Apr | Wärmeeintrag Heizungsverteilung in Zonen - Apr  | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_h_zone_Aug | Wärmeeintrag Heizungsverteilung in Zonen - Aug  | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_h_zone_Dez | Wärmeeintrag Heizungsverteilung in Zonen - Dez  | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_h_zone_Feb | Wärmeeintrag Heizungsverteilung in Zonen - Feb  | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_h_zone_Jan | Wärmeeintrag Heizungsverteilung in Zonen - Jan  | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |



|                   |  |                       |         |                 |                                 |
|-------------------|--|-----------------------|---------|-----------------|---------------------------------|
| z_dis_h_zone_Jul  | Wärmeeintrag Heizungsverteilung in Zonen - Jul                                     | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_h_zone_Jun  | Wärmeeintrag Heizungsverteilung in Zonen - Jun                                     | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_h_zone_Mai  | Wärmeeintrag Heizungsverteilung in Zonen - Mai                                     | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_h_zone_Mrz  | Wärmeeintrag Heizungsverteilung in Zonen - Mrz                                     | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_h_zone_Nov  | Wärmeeintrag Heizungsverteilung in Zonen - Nov                                     | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_h_zone_Okt  | Wärmeeintrag Heizungsverteilung in Zonen - Okt                                     | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_h_zone_Sep  | Wärmeeintrag Heizungsverteilung in Zonen - Sep                                     | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_ww_zone_Apr | Wärmeeintrag Warmwasserverteilung in Zonen - Apr                                   | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_ww_zone_Aug | Wärmeeintrag Warmwasserverteilung in Zonen - Aug                                   | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_ww_zone_Dez | Wärmeeintrag Warmwasserverteilung in Zonen - Dez                                   | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_ww_zone_Feb | Wärmeeintrag Warmwasserverteilung in Zonen - Feb                                   | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_ww_zone_Jan | Wärmeeintrag Warmwasserverteilung in Zonen - Jan                                   | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_ww_zone_Jul | Wärmeeintrag Warmwasserverteilung in Zonen - Jul                                   | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_ww_zone_Jun | Wärmeeintrag Warmwasserverteilung in Zonen - Jun                                   | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_ww_zone_Mai | Wärmeeintrag Warmwasserverteilung in Zonen - Mai                                   | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_ww_zone_Mrz | Wärmeeintrag Warmwasserverteilung in Zonen - Mrz                                   | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_ww_zone_Nov | Wärmeeintrag Warmwasserverteilung in Zonen - Nov                                   | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_ww_zone_Okt | Wärmeeintrag Warmwasserverteilung in Zonen - Okt                                   | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| z_dis_ww_zone_Sep | Wärmeeintrag Warmwasserverteilung in Zonen - Sep                                   | Wh/(m <sup>2</sup> d) | res_spe | Wärmeverteilung | Tab_Service_distribution_Result |
| l_control         | Steuerung (überwiegendes System)   | -                     | in      | Beleuchtung     | Tab_Service_Light               |
| l_ilum_mess       | gemessene Beleuchtungsstärke   | Lux                   | in      | Beleuchtung     | Tab_Service_Light               |
| l_lamp            | Lampenart  | -                     | in      | Beleuchtung     | Tab_Service_Light               |
| l_lamp_1          | Lampen manuell 1 - Lampenart (überwiegendes System an erster Stelle wegen Ausgabe) | -                     | in      | Beleuchtung     | Tab_Service_Light               |
| l_lamp_2          | Lampen manuell 2 - Lampenart (überwiegendes System an erster Stelle wegen Ausgabe) | -                     | in      | Beleuchtung     | Tab_Service_Light               |
| l_lamp_3          | Lampen manuell 3 - Lampenart (überwiegendes System an erster Stelle wegen Ausgabe) | -                     | in      | Beleuchtung     | Tab_Service_Light               |
| l_lamp_4          | Lampen manuell 4 - Lampenart (überwiegendes System an erster Stelle wegen Ausgabe) | -                     | in      | Beleuchtung     | Tab_Service_Light               |
| l_measure         | Berechnungsmodus   | -                     | in      | Beleuchtung     | Tab_Service_Light               |



|             |  |                           |         |                |                             |
|-------------|--|---------------------------|---------|----------------|-----------------------------|
| l_name      | Bezeichnung Beleuchtungsanlage               | -                         | in      | Beleuchtung    | Tab_Service_Light           |
| l_nr        | Nummer Beleuchtungsanlage                    | -                         | info    | Beleuchtung    | Tab_Service_Light           |
| l_nr_1      | Lampen manuell 1 - Anzahl                    | -                         | in      | Beleuchtung    | Tab_Service_Light           |
| l_nr_2      | Lampen manuell 2 - Anzahl                    | -                         | in      | Beleuchtung    | Tab_Service_Light           |
| l_nr_3      | Lampen manuell 3 - Anzahl                    | -                         | in      | Beleuchtung    | Tab_Service_Light           |
| l_nr_4      | Lampen manuell 4 - Anzahl                    | -                         | in      | Beleuchtung    | Tab_Service_Light           |
| l_power_1   | Lampen manuell 1 - Leistung [W]              | W                         | in      | Beleuchtung    | Tab_Service_Light           |
| l_power_2   | Lampen manuell 2 - Leistung [W]              | W                         | in      | Beleuchtung    | Tab_Service_Light           |
| l_power_3   | Lampen manuell 3 - Leistung [W]              | W                         | in      | Beleuchtung    | Tab_Service_Light           |
| l_power_4   | Lampen manuell 4 - Leistung [W]              | W                         | in      | Beleuchtung    | Tab_Service_Light           |
| l_pres_sens | Präsenz-melder                               | -                         | in      | Beleuchtung    | Tab_Service_Light           |
| l_surf_part | Größe der analysierten Teilfläche            | m <sup>2</sup>            | in      | Beleuchtung    | Tab_Service_Light           |
| l_text      | Bemerkungen (Text)                           | -                         | in      | Beleuchtung    | Tab_Service_Light           |
| l_type      | Beleuchtungsart                              | -                         | in      | Beleuchtung    | Tab_Service_Light           |
| as_l_u      | Bewertung                                    | -                         | res     | Beleuchtung    | Tab_Service_Light_Result    |
| l_A_g       | belichtete Fläche                            | m <sup>2</sup>            | res     | Beleuchtung    | Tab_Service_Light_Result    |
| l_A_TL_g    | davon Tageslichtbereich                      | m <sup>2</sup>            | res     | Beleuchtung    | Tab_Service_Light_Result    |
| l_E_m_g     | Wartungswert der Beleuchtungsstärke          | Lux                       | res_spe | Beleuchtung    | Tab_Service_Light_Result    |
| l_F_Prae_g  | Teilbetriebsfaktor Präsenz                   | -                         | res     | Beleuchtung    | Tab_Service_Light_Result    |
| l_F_TL_g    | Teilbetriebsfaktor Tageslicht                | -                         | res     | Beleuchtung    | Tab_Service_Light_Result    |
| l_nr        | Nummer Beleuchtungsanlage                    | -                         | info    | Beleuchtung    | Tab_Service_Light_Result    |
| l_p_100_g   | spezifische Bewertungsleistung je 100 Lux    | W/(m <sup>2</sup> 100Lux) | res_spe | Beleuchtung    | Tab_Service_Light_Result    |
| l_p_g       | spezifische Bewertungsleistung               | W/m <sup>2</sup>          | res     | Beleuchtung    | Tab_Service_Light_Result    |
| l_p_j       | manuelle spezifische Bewertungsleistung      | W/m <sup>2</sup>          | res_spe | Beleuchtung    | Tab_Service_Light_Result    |
| pt_l_u      | Vergleichskennwert gering - Leistung         | W/m <sup>2</sup>          | res_spe | Beleuchtung    | Tab_Service_Light_Result    |
| Q_l_f_g     | Endenergiebedarf Beleuchtung                 | kWh/a                     | res     | Beleuchtung    | Tab_Service_Light_Result    |
| qt_l        | Vergleichskennwert gering - Bedarf           | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res_spe | Beleuchtung    | Tab_Service_Light_Result    |
| tt_l_u      | Vergleichskennwert gering - Vollbetriebszeit | h/a                       | res     | Beleuchtung    | Tab_Service_Light_Result    |
| tv_h        | Vollbetriebszeit                             | kWh/(m <sup>2</sup> a)    | res     | Beleuchtung    | Tab_Service_Light_Result    |
| c_chil_type | Verdichterart / Teillastregelung Kälteanlage | -                         | in      | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |



|              |   |       |        |                |                             |
|--------------|---|-------|--------|----------------|-----------------------------|
| c_dis_eff    | Stromverbrauch der Pumpen der Kälteanlage   | -     | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_fluid      | Kältemittel                                 | -     | in_std | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_hour_1     | Verdichterstufe 1 (Betriebsstunde)          | h     | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_hour_2     | Verdichterstufe 2 (Betriebsstunde)          | h     | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_hour_3     | Verdichterstufe 3 (Betriebsstunde)          | h     | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_hour_4     | Verdichterstufe 4 (Betriebsstunde)          | h     | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_hour_5     | Verdichterstufe 5 (Betriebsstunde)          | h     | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_measure    | Bewertung des Kälteerzeugers über Messwerte | -     | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_name       | Bezeichnung Kälteanlage                     | -     | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_nr         | Nummer Kälteanlage                          | -     | info   | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_part       | Deckungsanteil Kälteanlage                  | -     | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_period_1   | Verdichterstufe 1 (Periode)                 | Stück | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_period_2   | Verdichterstufe 2 (Periode)                 | Stück | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_period_3   | Verdichterstufe 3 (Periode)                 | Stück | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_period_4   | Verdichterstufe 4 (Periode)                 | Stück | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_period_5   | Verdichterstufe 5 (Periode)                 | Stück | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_power      | max. Kälteleistung                          | -     | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_power_1    | Verdichterstufe 1 (Leistung)                | kW    | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_power_2    | Verdichterstufe 2 (Leistung)                | kW    | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_power_3    | Verdichterstufe 3 (Leistung)                | kW    | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_power_4    | Verdichterstufe 4 (Leistung)                | kW    | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_power_5    | Verdichterstufe 5 (Leistung)                | kW    | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_reco       | Rückkühlwerk (bei wassergekühlt)            | -     | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_reco_fan   | Ventilator Rückkühlwert                     | -     | in_std | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_reco_silen | Rückkühler - Zusatzschalldämpfer            | -     | in_std | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_temp_out   | Kaltwasseraustrittstemperatur Kältemaschine | °C    | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_text       | Bemerkungen Kälteanlage (Text)              | -     | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_type       | Wärmeabfuhr Kältemaschine (Kondensator)     | -     | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |
| c_use_type   | Jahresprofil der Kältelast                  | -     | in     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling |

|                |   |                        |         |                |                                    |
|----------------|---|------------------------|---------|----------------|------------------------------------|
| c_water_in     | Kaltwasseraustritt Kältemaschine                            | -                      | in      | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling        |
| c_year         | Baujahr Kälteanlage   | -                      | in      | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling        |
| as_c_u         | Bewertung Kälteerzeugung                                    | -                      | res     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |
| c_nr           | Nummer Kälteanlage  | -                      | info    | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |
| EER_g          | mittlere Nennkälteleistungszahl Raum+RLT                    | -                      | res     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |
| ep_c           | Primärenergieaufwandszahl (Raum+RLT; zentral)               | -                      | res     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |
| f_c_el         | Flag für Strom Kälteerzeugung                               | -                      | res     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |
| f_c_part       | Deckungsanteil Kälteerzeuger                                | -                      | res     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |
| p_c_f          | spezifische Kälteerzeugerleistung                           | W/m <sup>2</sup>       | res_spe | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |
| PLV_AV_g       | mittlerer Teillastfaktor Raum+RLT                           | -                      | res     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |
| pt_c_u         | Vergleichskennwert Kälteerzeugung gering - Leistung         | W/m <sup>2</sup>       | res_spe | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |
| Q_c_f_g        | Endenergie Kälteerzeugung (Raum+RLT)                        | kWh/a                  | res     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |
| Q_C_f_Raum_zen | Endenergie Kälteerzeugung Raumkühlung                       | kWh/a                  | res     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |
| Q_C_f_RLT      | Endenergie Kälteerzeugung RLT-Kühlung                       | kWh/a                  | res     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |
| Q_C_p_Raum_zen | Primärenergie Kälteerzeugung Raumkühlung                    | kWh/a                  | res     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |
| Q_C_p_RLT      | Primärenergie Kälteerzeugung RLT-Kühlung                    | kWh/a                  | res     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |
| qt_c           | Vergleichskennwert Kälteerzeugung gering - Energiebedarf    | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |
| SEER_g         | Jahreskälteleistungszahl                                    | -                      | res     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |
| tt_c_u         | Vergleichskennwert Kälteerzeugung gering - Vollbetriebszeit | h/a                    | res     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |
| tv_c           | Vollbetriebszeit Kälteerzeuger                              | h/a                    | res     | Kälteerzeugung | Tab_Service_producerCooling_Result |



|          |  |                  |         |                |  |
|----------|--|------------------|---------|----------------|--|
| h_fuel   | Energieträgerart                                   | -                | in      | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating            |
| h_name   | Bezeichnung  | -                | in      | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating            |
| h_nr     | Nummer Wärmeerzeuger                               | -                | info    | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating            |
| h_part   | Deckungsanteil                                     | -                | in      | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating            |
| h_power  | Nennwärmeleistung                                  | kW               | in      | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating            |
| h_solar  | Thermische Solaranlage                             | -                | in      | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating            |
| h_text   | Bemerkungen (Text)                                 | -                | in      | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating            |
| h_type   | Erzeugerart  | -                | in      | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating            |
| h_year   | Baujahr  | -                | in      | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating            |
| as_h_u   | Bewertung Wärmeerzeuger                            | -                | res     | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Re<br>sult |
| f_h_f    | Erzeugeraufwandszahl Heizung                       | -                | res     | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Re<br>sult |
| f_h_part | Deckungsanteil Wärmeerzeuger                       | -                | res     | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Re<br>sult |
| f_p      | Primärenergiefaktor Wärmeerzeuger                  | -                | res     | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Re<br>sult |
| f_w_f    | Erzeugeraufwandszahl Warmwasser                    | -                | res     | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Re<br>sult |
| f_w_p    | Primärenergieaufwandszahl Warmwasser               | -                | res     | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Re<br>sult |
| h_nr     | Nummer Wärmeerzeuger                               | -                | info    | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Re<br>sult |
| p_h_f    | Heizleistung Raum+RLT                              | W/m <sup>2</sup> | res_spe | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Re<br>sult |
| pt_h_u   | Vergleichskennwert Wärmeerzeuger gering - Leistung | W/m <sup>2</sup> | res_spe | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Re<br>sult |
| Q_h_f    | Endenergiebedarf Heizung zentrale Erzeuger         | kWh/a            | res     | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Re<br>sult |
| Q_h_outg | Erzeugernutzwärmeabgabe Heizung (zentral)          | kWh/a            | res     | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Re<br>sult |
| Q_h_p    | Primärenergiebedarf Heizung zentrale Erzeuger      | kWh/a            | res     | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Re<br>sult |
| Q_h_w_f  | Endenergiebedarf Heizung und Warmwasser            | kWh/a            | res     | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Re<br>sult |

|          |  |                        |         |                |                                    |
|----------|--|------------------------|---------|----------------|------------------------------------|
| Q_w_f    | Endenergiebedarf Warmwasser zentrale Erzeuger              | kWh/a                  | res     | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Result |
| Q_w_p    | Primärenergiebedarf Warmwasser zentrale Erzeuger           | kWh/a                  | res     | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Result |
| qt_h     | Vergleichskennwert Wärmeerzeuger gering - Energiebedarf    | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Result |
| tt_h_u   | Vergleichskennwert Wärmeerzeuger gering - Vollbetriebszeit | h/a                    | res     | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Result |
| tv_h     | Vollbetriebszeit Wärmeerzeugung                            | h/a                    | res     | Wärmeerzeugung | Tab_Service_producerHeating_Result |
| m_fuel   | Energieträgerart Dampferzeuger                             | -                      | in      | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour         |
| m_name   | Bezeichnung Dampferzeuger                                  | -                      | in      | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour         |
| m_nr     | Nummer Dampferzeuger                                       | -                      | info    | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour         |
| m_power  | Nennleistung Dampferzeuger (thermisch)                     | kW                     | in      | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour         |
| m_type   | Typ Dampfbefeuchter  | -                      | in      | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour         |
| m_year   | Baujahr Dampferzeuger                                      | -                      | in      | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour         |
| as_m_u   | Bewertung Dampferzeugung                                   | -                      | res     | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour_Result  |
| ep_m     | Primärenergieaufwandszahl Dampferzeuger                    | -                      | res     | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour_Result  |
| f_m_f    | Endenergiefaktor Dampferzeuger                             | -                      | res     | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour_Result  |
| f_m_part | Deckungsanteil Dampferzeuger                               | -                      | res     | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour_Result  |
| m_nr     | Nummer Dampferzeuger                                       | -                      | info    | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour_Result  |
| p_m_f    | spezifische Dampferzeugerleistung                          | W/m <sup>2</sup>       | res_spe | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour_Result  |
| pt_m_u   | Vergleichskennwert Dampferzeugung gering - Leistung        | W/m <sup>2</sup>       | res_spe | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour_Result  |
| Q_m_f    | Endenergiebedarf Dampferzeugung                            | kWh/a                  | res     | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour_Result  |
| Q_m_p    | Primärenergiebedarf Dampferzeugung                         | kWh/a                  | res     | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour_Result  |
| qt_m     | Vergleichskennwert Dampferzeugung gering - Energiebedarf   | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour_Result  |



|                |  |     |        |                |                                       |
|----------------|--|-----|--------|----------------|---------------------------------------|
| tt_m_u         | Vergleichskennwert Dampferzeugung gering - Vollbetriebszeit  | h/a | res    | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour_Re<br>sult |
| tv_m           | Vollbetriebszeit Dampferzeugung                              | h/a | res    | Dampferzeugung | Tab_Service_producerVapour_Re<br>sult |
| v_circ_perc    | Umluftanteil [%]   | -   | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_control      | Volumenstromregelung   | -   | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_control_text | Bemerkungen Lüftungsanlage (Text)                            | 0   | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_cool_nr      | Nr. Kälteerzeuger RLT  | -   | in_std | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_cool_temp    | Vor-Rücklauf Kühlregister                                    | -   | in_std | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_f_p          | Druckverhältniszahl  | -   | in_std | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_hrc_eff      | Rückgewinnungsgrad Lüftungsanlage                            | -   | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_hrc_type     | WRG - Typ  | -   | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_hum_condi    | Feuchteanforderung Lüftungsanlage                            | -   | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_hum_type     | Befeuchtertyp Lüftungsanlage                                 | -   | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_in_condi     | Heiz - / Kühlregister  | -   | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_name         | Bezeichnung RLT-Anlage                                       | -   | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_nr           | Nummer Lüftungsanlage  | -   | info   | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_part_d_w_1   | 1. Stufe Lüftungsanlage (Auslegung) - Tage pro Woche         | d/w | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_part_d_w_2   | 2. Stufe Lüftungsanlage - Tage pro Woche                     | d/w | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_part_d_w_3   | 3. Stufe Lüftungsanlage (Min) - Tage pro Woche               | d/w | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_part_h_d_1   | 1. Stufe Lüftungsanlage (Auslegung) - Stunden pro Tag        | h/d | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_part_h_d_2   | 2. Stufe Lüftungsanlage - Stunden pro Tag                    | h/d | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_part_h_d_3   | 3. Stufe Lüftungsanlage (Min) - Stunden pro Tag              | h/d | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_part_vol_2   | 2. Stufe Lüftungsanlage - Prozent vom Nennvolumenstrom       | %   | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_part_vol_3   | 3. Stufe Lüftungsanlage (Min) - Prozent vom Nennvolumenstrom | %   | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_part_w_a_1   | 1. Stufe Lüftungsanlage (Auslegung) - Wochen pro Jahr        | w/a | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_part_w_a_2   | 2. Stufe Lüftungsanlage - Wochen pro Jahr                    | w/a | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_part_w_a_3   | 3. Stufe Lüftungsanlage (Min) - Wochen pro Jahr              | w/a | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_power_in     | elektrische Nennleistung [kW] - Zuluft                       | kW  | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |
| v_power_out    | elektrische Nennleistung [kW] - Abluft                       | kW  | in     | Luftförderung  | Tab_Service_RLT                       |

|              |   |              |         |               |                        |
|--------------|---|--------------|---------|---------------|------------------------|
| v_temp_sum   | Max. Zulufttemp. Kühlfall   | °C           | in      | Luftförderung | Tab_Service_RLT        |
| v_temp_win   | Min. Zulufttemp. Heizfall   | °C           | in      | Luftförderung | Tab_Service_RLT        |
| v_vol_in     | Nennvolumenstrom [m³/h] - Zuluft                                  | m³/h         | in      | Luftförderung | Tab_Service_RLT        |
| v_vol_out    | Nennvolumenstrom [m³/h] - Abluft                                  | m³/h         | in      | Luftförderung | Tab_Service_RLT        |
| v_year       | Baujahr Lüftungsanlage  | m³/h         | in      | Luftförderung | Tab_Service_RLT        |
| as_v_f       | Endenergiebewertung Lüftungsanlage                                | -            | res     | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| E_RLT        | Gesamt-Teilkenwert für die Außenluftaufbereitungssysteme          | kWh/(m³/h a) | res_spe | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| f_V          | Dimensionierungsfaktor Lüftungsanlage (Ist/hgy.Mindest)           | -            | res     | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| P_SFP        | spezifische Leistungsaufnahme (Zu+ Abluft)                        | kW/(m³/s)    | res_spe | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| P_SFP_Abl    | spezifische Leistungsaufnahme Abluftventilator                    | kW/(m³/s)    | res_spe | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| P_SFP_Zul    | spezifische Leistungsaufnahme Zuluftventilator                    | kW/(m³/s)    | res_spe | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| p_v_f        | spezifische Ventilatorleistung                                    | W/m²         | res_spe | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| pt_v_u       | Vergleichskennwert Lüftungsanlage gering - Leistung               | W/m²         | res_spe | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| Q_C          | Nutzenergiebedarf Kälte   | kWh/a        | res     | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| Q_H          | Nutzenergiebedarf Wärme   | kWh/a        | res     | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| Q_St         | Nutzenergiebedarf Dampf   | kWh/a        | res     | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| Q_V_E        | elektrischer Energiebedarf Luftförderung (Zu+Abluft)              | kWh/a        | res     | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| Q_V_E_in     | elektrischer Energiebedarf Luftförderung (Zuluft)                 | kWh/a        | res     | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| Q_V_E_out    | elektrischer Energiebedarf Luftförderung (Abluft)                 | kWh/a        | res     | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| Q_V_P        | Primärenergiebedarf Luftförderung (Zu+Abluft)                     | kWh/a        | res     | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| Q_V_P_in     | Primärenergiebedarf Luftförderung (Zuluft)                        | kWh/a        | res     | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| Q_V_P_out    | Primärenergiebedarf Luftförderung (Abluft)                        | kWh/a        | res     | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| qt_v         | Vergleichskennwert Lüftungsanlage gering - Energiebedarf          | kWh/(m²a)    | res_spe | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| RLT_area     | belüftete Fläche  | m²           | res     | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| spQ_V_E      | spezifischer elektrischer Energiebedarf Luftförderung (Zu+Abluft) | kWh/(m²a)    | res     | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| tt_v_u       | Vergleichskennwert Lüftungsanlage gering - Vollbetriebszeit       | h/a          | res     | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| tv_v         | Vollbetriebszeit Lüftungsanlage                                   | h/a          | res     | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| V_A          | hygienischer Außenluftvolumenstrom                                | m³/h         | res     | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| v_nr         | Nummer Lüftungsanlage   | -            | info    | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |
| v_part_d_a_1 | 1. Stufe Lüftungsanlage (Auslegung) - Tage pro Jahr               | d/a          | in_cl   | Luftförderung | Tab_Service_RLT_Result |



|                 |  |                      |        |   |                        |
|-----------------|--|----------------------|--------|---|------------------------|
| v_part_d_a_2    | 2. Stufe Lüftungsanlage - Tage pro Jahr        | d/a                  | in_cl  | Luftförderung                                 | Tab_Service_RLT_Result |
| v_part_d_a_3    | 3. Stufe Lüftungsanlage (Min) - Tage pro Jahr  | d/a                  | in_cl  | Luftförderung                                 | Tab_Service_RLT_Result |
| b_const_area    | Fläche   | m <sup>2</sup>       | in     | Hüllfläche bezogene Geometrie und Stoffwerten | Tab_SubareaAttribute   |
| b_const_fx      | fx-Wert (Heizung)                              | -                    | in     | Hüllfläche bezogene Geometrie und Stoffwerten | Tab_SubareaAttribute   |
| b_const_g       | g_senkrecht                                    | -                    | in     | Hüllfläche bezogene Geometrie und Stoffwerten | Tab_SubareaAttribute   |
| b_const_g_tot   | g_total  | -                    | in     | Hüllfläche bezogene Geometrie und Stoffwerten | Tab_SubareaAttribute   |
| b_const_note    | Bezeichnung                                    | -                    | in     | Hüllfläche bezogene Geometrie und Stoffwerten | Tab_SubareaAttribute   |
| b_const_type    | Bauteilkategorie                               | -                    | in     | Hüllfläche bezogene Geometrie und Stoffwerten | Tab_SubareaAttribute   |
| b_const_u       | U-Wert   | W/(m <sup>2</sup> K) | in     | Hüllfläche bezogene Geometrie und Stoffwerten | Tab_SubareaAttribute   |
| const_nr        | Ldf_Nr., wenn Eintrag vorhanden                | -                    | info   | Hüllfläche bezogene Geometrie und Stoffwerten | Tab_SubareaAttribute   |
| tek_h           | Aufwand in h                                   | h                    | in     | Projektierungszeitaufwand                     | Tab_WorkStep           |
| tek_name        | Beschreibung                                   | -                    | in     | Projektierungszeitaufwand                     | Tab_WorkStep           |
| tek_rf          | Rationalisierungsfaktor                        | -                    | in     | Projektierungszeitaufwand                     | Tab_WorkStep           |
| tek_serial_nr   | Lfd. Nr. Tab. 1                                | -                    | in     | Projektierungszeitaufwand                     | Tab_WorkStep           |
| tek_tab2_nr     | lfd. Nr. der Tabelle 2, wenn Eintrag vorhanden | -                    | info   | Projektierungszeitaufwand                     | Tab_WorkStep           |
| z_area          | Zonen-fäche                                    | m <sup>2</sup>       | in     | Zonenbezogene Daten                           | Tab_Zone               |
| z_b_part        | Nummer Nutzungs-einheit                        | -                    | in     | Zonenbezogene Daten                           | Tab_Zone               |
| z_cool_nr       | Kälteerzeuger_Raum                             | -                    | in_std | Zonenbezogene Daten                           | Tab_Zone               |
| z_cool_sys      | Raumkühl-system                                | -                    | in     | Zonenbezogene Daten                           | Tab_Zone               |
| z_cool_temp     | mittlere Raum-temp. im Kühlfall                | °C                   | in     | Zonenbezogene Daten                           | Tab_Zone               |
| z_east_g_man    | g_senk Ost (manuelle Eingabe)                  | -                    | in     | Zonenbezogene Daten                           | Tab_Zone               |
| z_east_gtot_man | g_tot Ost (manuelle Eingabe)                   | -                    | in     | Zonenbezogene Daten                           | Tab_Zone               |
| z_east_u_man    | U-Wert Ost (manuelle Eingabe)                  | W/(m <sup>2</sup> K) | in     | Zonenbezogene Daten                           | Tab_Zone               |
| z_eq_class      | spez. Leistung Arbeits-hilfen                  | -                    | in_std | Zonenbezogene Daten                           | Tab_Zone               |
| z_floor_a_man   | Kellerdecke / -fußboden (manuelle Eingabe)     | m <sup>2</sup>       | in     | Zonenbezogene Daten                           | Tab_Zone               |
| z_floor_auto    | Kellerdecke / -fußboden (automatische Vergabe) | -                    | in     | Zonenbezogene Daten                           | Tab_Zone               |
| z_floor_fx_man  | Kellerdecke/ - f(x) - Wert (manuelle Eingabe)  | W/(m <sup>2</sup> K) | in     | Zonenbezogene Daten                           | Tab_Zone               |
| z_floor_u_man   | Kellerdecke/ - U - Wert (manuelle Eingabe)     | W/(m <sup>2</sup> K) | in     | Zonenbezogene Daten                           | Tab_Zone               |
| z_heat_nr       | Wärme-erzeuger                                 | -                    | in_std | Zonenbezogene Daten                           | Tab_Zone               |



|                  |   |         |      |                     |          |
|------------------|---|---------|------|---------------------|----------|
| z_heat_sys       | Raumheiz-system                                     | -       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_heat_temp      | mittlere Raum-temp. im Heizfall                     | °C      | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_height         | Lichte Raum-höhe                                    | m       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_hor_g_man      | g_senk Horizontal (manuelle Eingabe)                | -       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_hor_gtot_man   | g_tot Horizontal (manuelle Eingabe)                 | -       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_hor_u_man      | U-Wert Horizontal (manuelle Eingabe)                | W/(m²K) | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_light_nr       | Beleuch-tungsanlage                                 | -       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_name           | Zonenname   | -       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_north_g_man    | g_senk Nord (manuelle Eingabe)                      | -       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_north_gtot_man | g_tot Nord (manuelle Eingabe)                       | -       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_north_u_man    | U-Wert Nord (manuelle Eingabe)                      | W/(m²K) | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_nr             | Zonennummer, wenn Zone vorhanden                    | -       | info | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_per_dens       | max. Personen- belegungs- dichte                    | m²/pers | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_roof_a_man     | Dach / oberste Geschossdecke (manuelle Eingabe)     | m²      | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_roof_auto      | Dach / oberste Geschossdecke (automatische Vergabe) | -       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_roof_fx_man    | Dach / oberste - f(x) - Wert (manuelle Eingabe)     | W/(m²K) | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_roof_u_man     | Dach / oberste - U - Wert (manuelle Eingabe)        | W/(m²K) | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_south_g_man    | g_senk Süd (manuelle Eingabe)                       | -       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_south_gtot_man | g_tot Süd (manuelle Eingabe)                        | -       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_south_u_man    | U-Wert Süd (manuelle Eingabe)                       | W/(m²K) | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_th_cover       | innerhalb thermischer Geb.-hülle                    | -       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_use_type       | Standardnutzung                                     | -       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_vent_nr        | Nr. RLT-Anlage                                      | -       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_vent_type      | Lüftungsart   | -       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_wall_a_man     | Außenwand (manuelle Eingabe)                        | m²      | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_wall_auto      | Außenwand (automatische Vergabe)                    | -       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_wall_fx_man    | Außenwand - f(x) - Wert (manuelle Eingabe)          | W/(m²K) | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_wall_u_man     | Außenwand - U - Wert (manuelle Eingabe)             | W/(m²K) | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_west_g_man     | g_senk West (manuelle Eingabe)                      | -       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |
| z_west_gtot_man  | g_tot West (manuelle Eingabe)                       | -       | in   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone |



|                   |  |         |       |                     |                 |
|-------------------|--|---------|-------|---------------------|-----------------|
| z_west_u_man      | U-Wert West (manuelle Eingabe)                 | W/(m²K) | in    | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone        |
| z_win_east_a_man  | Fenster - Ost (manuelle Eingabe)               | m²      | in    | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone        |
| z_win_east_auto   | Fenster - Ost (automatische Vergabe)           | -       | in    | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone        |
| z_win_height      | mittlere Fenster-höhe                          | m       | in    | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone        |
| z_win_hor_a_man   | Fenster - horizontal (manuelle Eingabe)        | m²      | in    | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone        |
| z_win_hor_auto    | Fenster - horizontal (automatische Vergabe)    | -       | in    | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone        |
| z_win_north_a_man | Fenster - Nord (manuelle Eingabe)              | m²      | in    | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone        |
| z_win_north_auto  | Fenster - Nord (automatische Vergabe)          | -       | in    | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone        |
| z_win_south_a_man | Fenster - Süd (manuelle Eingabe)               | m²      | in    | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone        |
| z_win_south_auto  | Fenster - Süd (automatische Vergabe)           | -       | in    | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone        |
| z_win_top         | mittlere Sturzhöhe der Fenster                 | m       | in    | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone        |
| z_win_west_a_man  | Fenster - West (manuelle Eingabe)              | m²      | in    | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone        |
| z_win_west_auto   | Fenster - West (automatische Vergabe)          | -       | in    | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone        |
| as_c_z            | Bewertung Kälte                                | -       | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| as_fac_z          | Bewertung Arbeitshilfen                        | -       | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| as_h_z            | Bewertung Heizung                              | -       | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| as_l_z            | Bewertung Beleuchtung                          | -       | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| as_mstar_z        | Bewertung Dampferzeugung                       | -       | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| as_v_z            | Bewertung Luftförderung                        | -       | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| as_w_z            | Bewertung Warmwasser                           | -       | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| b_floor_fx        | fx-Wert Kellerdecke                            | -       | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| b_roof_fx         | fx-Wert Dach                                   | -       | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| b_wall_fx         | fx-Wert Außenwand                              | -       | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| CO2_C             | CO2-Emissionen Kälteerzeuger gesamt (Raum+RLT) | kg/a    | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| CO2_h             | CO2-Emissionen Heizung                         | kg/a    | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| CO2_m             | CO2-Emissionen Dampferzeugung                  | kg/a    | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| CO2_w             | CO2-Emissionen Warmwasser                      | kg/a    | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| E_m_light         | Wartungswert der Beleuchtungsstärke            | [lx]    | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| f_ET_c_z          | Energieträgerfaktor Kälte (Raum+RLT) je Zone   | -       | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |

|                |  |        |       |                     |                 |
|----------------|--|--------|-------|---------------------|-----------------|
| f_ET_h_z       | ET-Bewertungsfaktor je Zone                            | -      | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| f_ET_w_z       | ET-Bewertungsfaktor je Zone                            | -      | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| frame_psi      | Randverbund Fensterrahmen                              | W/(mK) | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| H_v_inf        | Lüftungswärmetransferkoeffizient Infiltration          | W/K    | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| H_v_win        | Lüftungswärmetransferkoeffizient Fensterlüftung        | W/K    | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| I_F_Prae       | Teilbetriebsfaktor Präsenzmelder                       | -      | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| I_F_TL         | Teilbetriebsfaktor Tageslichtversorgung                | -      | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_aux_f      | Endenergie Hilfsenergie Kälte gesamt                   | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_aux_p      | Primärenergie Hilfsenergie Kälte gesamt                | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_b          | Nutzkältebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende     | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_b_nutz     | Nutzkältebedarf an Nutzungstagen                       | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_b_RLT      | RLT-Nutzenergiebedarf Kälte                            | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_ce_aux_f   | Endenergiebedarf Sekundärventilatoren                  | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_ce_aux_p   | Primärenergiebedarf Sekundärventilatoren               | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_ce_d       | Raum-Kälte: Verluste Übergabe, Verteilung, Speicherung | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_ce_d_RLT   | RLT-Kälte: Verluste Übergabe, Verteilung, Speicherung  | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_f_R_elektr | Endenergiebedarf Rückkühlung                           | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_f_Raum     | Endenergie Kälteerzeugung Raumkühlung - geamt          | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_f_Raum_dez | Endenergie Kälteerzeugung Raumkühlung - dezentral      | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_f_Raum_el  | Endenergie Kälteerzeugung Raumkühlung - zentr - Strom  | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_f_RLT      | Endenergie Kälteerzeugung RLT-Kühlung - gesamt         | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_f_RLT_el   | Endenergie Kälteerzeugung RLT-Kühlung - Strom          | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_max        | Maximale Raumkühllast (aus Teil 2)                     | kW     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_outg       | Erzeugernutzkälteabgabe Raumkühlung                    | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_outg_RLT   | Erzeugernutzkälteabgabe RLT-System                     | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_p_R_elektr | Primärenergiebedarf Rückkühlung                        | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_p_Raum     | Primärenergie Kälteerzeugung Raumkühlung - gesamt      | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_p_Raum_dez | Primärenergie Kälteerzeugung Raumkühlung - dezentral   | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_c_p_RLT      | Primärenergie Kälteerzeugung RLT-Kühlung               | kWh/a  | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_C_RLT        | Maximale Kühlleistung - RLT                            | kW     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |



|            |  |       |     |                     |                 |
|------------|--|-------|-----|---------------------|-----------------|
| Q_fac_f    | Endenergiebedarf Arbeitshilfen                     | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_fac_p    | Primärenergiebedarf Arbeitshilfen                  | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_h_b      | Nutzwärmebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende | KWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_h_b_nutz | Nutzwärmebedarf an Nutzungstagen                   | KWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_h_b_RLT  | RLT-Nutzenergiebedarf Wärme                        | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_h_ce     | Verluste Übergabe + Speicherung Heizung            | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_h_f      | Endenergiebedarf Heizung                           | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_h_f_dez  | Endenergie Heizung dezentrale Erzeuger             | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_h_f_el   | Endenergiebedarf Strom für Heizung                 | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_h_outg   | Erzeugernutzwärme Heizung                          | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_h_p      | Primärenergiebedarf Heizung                        | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_h_p_dez  | Primärenergie Heizung dezentrale Erzeuger          | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_h_Raum   | Maximale Raumheizlast (aus Teil 2)                 | kW    | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_h_RLT    | Maximale Heizleistung - RLT                        | kW    | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_l_b      | Endenergie Beleuchtungsstrom (Monatsverfahren)     | KWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_l_h_d    | Wärmeverluste Heizungsverteilung                   | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_l_p      | Primärenergie Beleuchtungsstrom (Monatsverfahren)  | KWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_m_b_RLT  | RLT-Nutzenergiebedarf Dampf                        | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_m_f      | Endenergiebedarf Dampferzeugung                    | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_m_f_str  | Endenergiebedarf Strom für Dampferzeugung          | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_m_p      | Primärenergiebedarf Dampferzeugung                 | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_St_RLT   | Maximale Dampfleistung - RLT                       | kW    | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_v_f      | elektrischer Energiebedarf Luftförderung           | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_v_p      | Primärenergiebedarf Luftförderung                  | KWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_w_b      | Nutzenergiebedarf Warmwasser                       | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_w_ce     | Verluste Übergabe + Speicherung Warmwasser         | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_w_d      | Wärmeverluste WW-verteilung                        | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_w_f      | Endenergiebedarf Warmwasser                        | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_w_f_dez  | Endenergie Wwasser dezentrale Erzeuger             | kWh/a | res | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |

|                 |   |         |       |                     |                 |
|-----------------|---|---------|-------|---------------------|-----------------|
| Q_w_f_el        | Endenergiebedarf Strom für Warmwasser                   | kWh/a   | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_w_outg        | Erzeugernutzwärme Warmwasser                            | kWh/a   | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_w_p           | Primärenergiebedarf Warmwasser                          | kWh/a   | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_w_p_dez       | Primärenergie Wwasser dezentrale Erzeuger               | kWh/a   | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_z_aux_f       | End-Hilfsenergie Kälteverteilung                        | kWh/a   | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| Q_z_aux_p       | Primär-Hilfsenergie Kälteverteilung                     | kWh/a   | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| t_c_i_nutz      | Auslastung des Kältesystems an Nutzungstagen            | h/a     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| t_h_i_nutz      | Auslastung des Heizsystems an Nutzungstagen             | h/a     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| t_h_i_we        | Auslastung des Heizsystems am Wochenende                | h/a     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| t_v_op_d_mean   | Betriebszeit der RLT-Anlage - Tage pro Jahr             | d/a     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| t_v_op_h_mean   | Betriebszeit der RLT-Anlage - Stunden pro Tag           | h/d     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| tt_c_z          | Vollbetriebszeit Kälte Vergl. Gering                    | h/a     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| tt_h_z          | Vollbetriebszeit Heizung Vergl. Gering                  | h/a     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| tt_l_z          | Vollbetriebszeit Beleuchtung Vergl. Gering              | h/a     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| tt_mstar_z      | Vollbetriebszeit Dampferzeugung Vergl. Gering           | h/a     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| tt_v_z          | Vollbetriebszeit Luftförderung Vergl. Gering            | h/a     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| tt_w_z          | Vollbetriebszeit Warmwasser Vergl. Gering               | h/a     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| tv_c            | Vollbetriebszeit Kälte                                  | h/a     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| tv_h            | Vollbetriebszeit Heizung                                | h/a     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| tv_l            | Vollbetriebszeit Beleuchtung                            | h/a     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| tv_mStar        | Vollbetriebszeit Dampferzeugung                         | h/a     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| tv_v            | Vollbetriebszeit Luftförderung                          | h/a     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| tv_w            | Vollbetriebszeit Warmwasser                             | h/a     | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| v_condi_type    | Luftbehandlungsfunktionen                               | -       | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_blind_control | Sonnenschutz - Steuerung                                | -       | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_east_g        | Verglasung - Ost - g-Wert                               | -       | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_east_gtot     | Verglasung - Ost - g-Wert tot.                          | -       | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_east_tau_d65  | Verglasung -Ost - spektralspezifische Lichttransmission | -       | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_east_tau_e    | Verglasung -Ost - Lichttransmission der Verglasung      | -       | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_east_u        | Fenster - Ost - U-Wert                                  | W/(m²K) | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |



|                    |  |                      |       |                     |                 |
|--------------------|--|----------------------|-------|---------------------|-----------------|
| z_floor_area       | Kellerdeckenfläche   | m <sup>2</sup>       | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_floor_u          | Kellerdecke/ fußboden - U-Wert   | W/(m <sup>2</sup> K) | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_frame_u          | U-Wert Fensterrahmen - mean  | W/(m <sup>2</sup> K) | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_glare_control    | Blendschutz - Steuerung  | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_hor_g            | Verglasung -Horizontal - g-Wert  | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_hor_gtot         | Verglasung -Horizontal - g-Wert tot.   | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_hor_tau_d65      | Verglasung -Horizontal - spektralspezifische Lichttransmission               | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_hor_tau_e        | Verglasung -Horizontal - Lichttransmission der Verglasung                    | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_hor_u            | Fenster -Horizontal - U-Wert   | W/(m <sup>2</sup> K) | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_in_condi         | Heiz - / Kühlregister  | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_inair_type       | Zonenverbindung zur Außenluft  | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_n_50             | Luftdichtheit  | 1/h                  | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_north_g          | Verglasung - Nord - g-Wert   | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_north_gtot       | Verglasung - Nord - g-Wert tot.  | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_north_tau_d65    | Verglasung -Nord - spektralspezifische Lichttransmission                     | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_north_tau_e      | Verglasung -Nord - Lichttransmission der Verglasung                          | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_north_u          | Fenster - Nord - U-Wert  | W/(m <sup>2</sup> K) | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_nr               | Zonennummer, wenn Zone vorhanden   | -                    | info  | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_p_zuab           | Zonenanteil an Nennleistung (zu+Abluft) (gewichtet mit hyg. Außenluftbedarf) | kW                   | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_roof_area        | Dachfläche   | m <sup>2</sup>       | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_roof_u           | Dach/Obester-geschossdecke - U-Wert  | W/(m <sup>2</sup> K) | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_shade_hor_east   | Fassade Horizontverschattung _ east  | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_shade_hor_hori   | Fassade Horizontverschattung _ hori  | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_shade_hor_north  | Fassade Horizontverschattung _ north   | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_shade_hor_south  | Fassade Horizontverschattung _ south   | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_shade_hor_west   | Fassade Horizontverschattung _ west  | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_shade_over_east  | Fassade Überhangverschattung _ east  | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_shade_over_hori  | Fassade Überhangverschattung _ hori  | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_shade_over_north | Fassade Überhangverschattung _ north   | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |



|                    |  |                      |       |                     |                 |
|--------------------|--|----------------------|-------|---------------------|-----------------|
| z_shade_over_south | Fassade Überhangverschattung_south                       | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_shade_over_west  | Fassade Überhangverschattung_west                        | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_shade_side_east  | Verschattung Seitenfins_east                             | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_shade_side_hori  | Verschattung Seitenfins_hori                             | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_shade_side_north | Verschattung Seitenfins_north                            | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_shade_side_south | Verschattung Seitenfins_south                            | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_shade_side_west  | Verschattung Seitenfins_west                             | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_south_g          | Verglasung -Süd - g-Wert                                 | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_south_gtot       | Verglasung -Süd - g-Wert tot.                            | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_south_tau_d65    | Verglasung -Süd - spektralspezifische Lichttransmission  | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_south_tau_e      | Verglasung -Süd - Lichttransmission der Verglasung       | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_south_u          | Fenster -Süd - U-Wert                                    | W/(m <sup>2</sup> K) | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_th_bridge_du     | Wärmebrückenzuschlag                                     | W/(m <sup>2</sup> K) | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_th_mass          | Bauschwere   | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_time_d_a         | jährliche Nutzungstage                                   | d/a                  | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_time_day_h_a     | jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit                    | [h/a]                | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_time_h_d         | Nutzungszeit pro Tag [h/d]                               | h/d                  | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_time_heating     | tägliche Betriebsstunden Heizung                         | [h/d]                | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_time_night_h_a   | jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit                  | [h/a]                | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_use_time         | Nutzungszeiten für Zonen                                 | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_vol_netto        | beheiztes Nettovolumen der Zone                          | m <sup>3</sup>       | res   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_wall             | Außenwandfläche gesamt                                   | m <sup>2</sup>       | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_wall_east        | Außenwandfläche Ost                                      | m <sup>2</sup>       | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_wall_north       | Außenwandfläche Nord                                     | m <sup>2</sup>       | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_wall_south       | Außenwandfläche Süd                                      | m <sup>2</sup>       | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_wall_u           | Außenwand - U-Wert                                       | W/(m <sup>2</sup> K) | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_wall_west        | Außenwandfläche West                                     | m <sup>2</sup>       | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_west_g           | Verglasung - West - g-Wert                               | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_west_gtot        | Verglasung - West - g-Wert tot.                          | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |
| z_west_tau_d65     | Verglasung -West - spektralspezifische Lichttransmission | -                    | in_cl | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result |



|                    |   |                |         |                     |                   |
|--------------------|---|----------------|---------|---------------------|-------------------|
| z_west_tau_e       | Verglasung -West - Lichttransmission der Verglasung                 | -              | in_cl   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result   |
| z_west_u           | Fenster - West - U-Wert   | W/(m²K)        | in_cl   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result   |
| z_win_doufas_east  | Glasdoppelfassade Ost   | -              | in_cl   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result   |
| z_win_doufas_north | Glasdoppelfassade Nord  | -              | in_cl   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result   |
| z_win_doufas_south | Glasdoppelfassade Süd   | -              | in_cl   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result   |
| z_win_doufas_west  | Glasdoppelfassade West  | -              | in_cl   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result   |
| z_win_east         | Fensterfläche Ost   | m²             | in_cl   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result   |
| z_win_hor          | Fensterfläche Horizontal  | m²             | in_cl   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result   |
| z_win_north        | Fensterfläche Nord  | m²             | in_cl   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result   |
| z_win_south        | Fensterfläche Süd   | m²             | in_cl   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result   |
| z_win_west         | Fensterfläche West  | m²             | in_cl   | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Result   |
| l_p                | spezifische el. Bewertungsleistung                                  | W/m²           | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| q_i_fac            | Wärmeeintrag durch Arbeitshilfen (standard)                         | Wh/(m²d)       | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| q_i_p              | Wärmeeintrag durch Personen   | Wh/(m²d)       | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spPz_c_comp        | spezifische Leistung Kälte Vergl. Gering                            | W/m²           | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spPz_h_comp        | spezifische Leistung Heizung Vergl. Gering                          | W/m²           | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spPz_i_comp        | spezifische Leistung Beleuchtung Vergl. Gering                      | W/m²           | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spPz_mstar_comp    | spezifische Leistung Dampferzeugung Vergl Gering                    | W/m²           | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spPz_v_comp        | spezifische Leistung Luftförderung Vergl. Gering                    | W/m²           | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spPz_w_comp        | spezifische Leistung Warmwasser Vergl. Gering                       | W/m²           | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c             | spezifische Leistung Kälte  | W/m²           | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_aux_p       | Primärenergie Hilfsenergie Kälte gesamt                             | kWh/(m²a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_b           | Nutzkältebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende                  | kWh/(m²a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_b_Apr       | spezifischer Nutzkältebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Apr | kWh/(m²_c Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_b_Aug       | spezifischer Nutzkältebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Aug | kWh/(m²_c Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_b_comb      | Nutzenergiebedarf Kälte   | kWh/(m²a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_b_Dez       | spezifischer Nutzkältebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Dez | kWh/(m²_c Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_b_Feb       | spezifischer Nutzkältebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Feb | kWh/(m²_c Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |

|                   | de_Feb   | Mon)                        |         |                     |                   |
|-------------------|--|-----------------------------|---------|---------------------|-------------------|
| spQz_c_b_Jan      | spezifischer Nutzkältebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Jan  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_b_Jul      | spezifischer Nutzkältebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Jul  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_b_Jun      | spezifischer Nutzkältebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Jun  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_b_Mai      | spezifischer Nutzkältebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Mai  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_b_Mrz      | spezifischer Nutzkältebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Mrz  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_b_Nov      | spezifischer Nutzkältebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Nov  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_b_Okt      | spezifischer Nutzkältebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Okt  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_b_Sep      | spezifischer Nutzkältebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Sep  | kWh/(m <sup>2</sup> _c Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_b_year     | spezifischer Nutzkältebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Jahr | kWh/(m <sup>2</sup> _c a)   | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_ce_d       | Erzeugernutzkälteabgabe  | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_f          | Endenergiebedarf Kälterzeugung                                       | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_f_aux      | Endenergie Hilfsenergie Kälte gesamt                                 | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_f_aux_d    | End-Hilfsenergie Kälteverteilung                                     | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_f_aux_sv   | Endenergiebedarf Sekundärventilatoren                                | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_f_comp     | Endenergie Kälte Vergl. Gering                                       | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_f_R_elektr | Endenergiebedarf Rückkühlung   | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_f_Raum_dez | Endenergie dezentrale Kälteerzeuger                                  | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_f_RLT      | Endenergie RLT-Kälte   | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_f_RLT_el   | Strom zur Kälteerzeugung   | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_p          | Primärenergiebedarf Kälteerzeugung                                   | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_p_Raum     | Primärenergie dezentrale Kälteerzeuger                               | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_p_RLT      | Nutzenergiebedarf Übergabe, Verteilung, Speicherung                  | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_c_p_RLT_el   | Primärenergie RLT-Kälte  | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_cStar_b      | RLT-Nutzenergiebedarf Kälte  | kWh/(m <sup>2</sup> a)      | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |



|                 |  |                          |         |                     |                   |
|-----------------|--|--------------------------|---------|---------------------|-------------------|
| spQz_fac_f      | Endenergiebedarf Arbeitshilfen                                       | kWh/(m <sup>2</sup> a)   | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_fac_f_comp | Endenergie Arbeitshilfen Vergl. Gering                               | kWh/(m <sup>2</sup> a)   | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_fac_p      | Primärenergiebedarf Arbeitshilfen                                    | kWh/(m <sup>2</sup> a)   | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h          | spezifische Leistung Heizung   | W/m <sup>2</sup>         | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_b        | Nutzwärmebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende                   | kWh/(m <sup>2</sup> a)   | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_b_Apr    | spezifischer Nutzwärmebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Apr  | kWh/(m <sup>2</sup> Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_b_Aug    | spezifischer Nutzwärmebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Aug  | kWh/(m <sup>2</sup> Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_b_comb   | Nutzenergiebedarf Heizung  | kWh/(m <sup>2</sup> a)   | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_b_Dez    | spezifischer Nutzwärmebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Dez  | kWh/(m <sup>2</sup> Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_b_Feb    | spezifischer Nutzwärmebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Feb  | kWh/(m <sup>2</sup> Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_b_Jan    | spezifischer Nutzwärmebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Jan  | kWh/(m <sup>2</sup> Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_b_Jul    | spezifischer Nutzwärmebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Jul  | kWh/(m <sup>2</sup> Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_b_Jun    | spezifischer Nutzwärmebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Jun  | kWh/(m <sup>2</sup> Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_b_Mai    | spezifischer Nutzwärmebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Mai  | kWh/(m <sup>2</sup> Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_b_Mrz    | spezifischer Nutzwärmebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Mrz  | kWh/(m <sup>2</sup> Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_b_Nov    | spezifischer Nutzwärmebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Nov  | kWh/(m <sup>2</sup> Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_b_Okt    | spezifischer Nutzwärmebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Okt  | kWh/(m <sup>2</sup> Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_b_Sep    | spezifischer Nutzwärmebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Sep  | kWh/(m <sup>2</sup> Mon) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_b_year   | spezifischer Nutzwärmebedarf an Nutzungstagen und am Wochenende_Jahr | kWh/(m <sup>2</sup> a)   | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_ce       | Verluste Übergabe + Speicherung Heizung                              | kWh/(m <sup>2</sup> a)   | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_f        | Endenergiebedarf Heizung   | kWh/(m <sup>2</sup> a)   | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_f_comp   | Endenergiebedarf Heizung Vergl. Gering                               | kWh/(m <sup>2</sup> a)   | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |

|                   |   |                        |         |                     |                   |
|-------------------|---|------------------------|---------|---------------------|-------------------|
| spQz_h_f_dez      | Endenergie Heizung dezentrale Erzeuger            | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_f_el       | Endenergiebedarf Strom für Heizung                | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_outg       | Erzeugernutzwärme Heizung                         | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_p          | Primärenergiebedarf Heizung                       | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_h_p_dez      | Primärenergie Heizung dezentrale Erzeuger         | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_hStar_b      | RLT-Nutzenergiebedarf Wärme                       | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_i_f_comp     | Endenergie Beleuchtung Vergl. Gering              | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_l            | spezifische Leistung Beleuchtung                  | W/m <sup>2</sup>       | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_l_b          | Endenergie Beleuchtungsstrom (Monatsverfahren)    | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_l_h_d        | Wärmeverluste Heizungsverteilung                  | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_l_p          | Primärenergie Beleuchtungsstrom (Monatsverfahren) | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_mStar        | spezifische Leistung Dampferzeugung               | W/m <sup>2</sup>       | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_mStar_b      | RLT-Nutzenergiebedarf Dampf                       | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_mStar_f      | Endenergiebedarf Dampferzeugung                   | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_mstar_f_comp | Endenergie Dampferzeugung Vergl. Gering           | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_mStar_f_el   | Endenergiebedarf Strom für Dampferzeugung         | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_mStar_p      | Primärenergiebedarf Dampferzeugung                | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_v            | spezifische Leistung Luftförderung                | W/m <sup>2</sup>       | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_v_f          | elektrischer Energiebedarf Luftförderung          | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_v_f_comp     | Endenergie Luftförderung Vergl. Gering            | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_v_p          | Primärenergiebedarf Luftförderung                 | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_w            | spezifische Leistung Warmwasser                   | W/m <sup>2</sup>       | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_w_b          | Nutzenergiebedarf Warmwasser                      | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_w_ce         | Verluste Übergabe + Speicherung Warmwasser        | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_w_d          | Wärmeverluste WW-verteilung                       | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_w_f          | Endenergiebedarf Warmwasser                       | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_w_f_comp     | Endenergiebedarf Warmwasser Vergl. Gering         | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_w_f_dez      | Endenergie Warmwasser dezentrale Erzeuger         | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_w_f_el       | Endenergiebedarf Strom für Warmwasser             | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_w_outg       | Erzeugernutzwärme Warmwasser                      | kWh/(m <sup>2</sup> a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |



|              |  |           |         |                     |                   |
|--------------|--|-----------|---------|---------------------|-------------------|
| spQz_w_p     | Primärenergiebedarf Warmwasser               | kWh/(m²a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| spQz_w_p_dez | Primärenergie Warmwasser dezentrale Erzeuger | kWh/(m²a) | res_spe | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |
| z_nr         | Zonennummer, wenn Zone vorhanden             | -         | info    | Zonenbezogene Daten | Tab_Zone_Specific |

## Anhang C Weitere Auswertungen der Nutzungsflächen

Im Kapitel 3.2.3 wurden in der Gebäudekategorie "Büro- und Dienstleistungen" die Flächen der Nutzungen "Einzelbüro" und "Verkehrsfläche" analysiert. Die Ergebnisse der einigen weiteren erhobenen Nutzungsflächen wird je Nutzung (nach DIN V 18599) in diesem Anhang zusammengefasst und grafisch dargestellt.

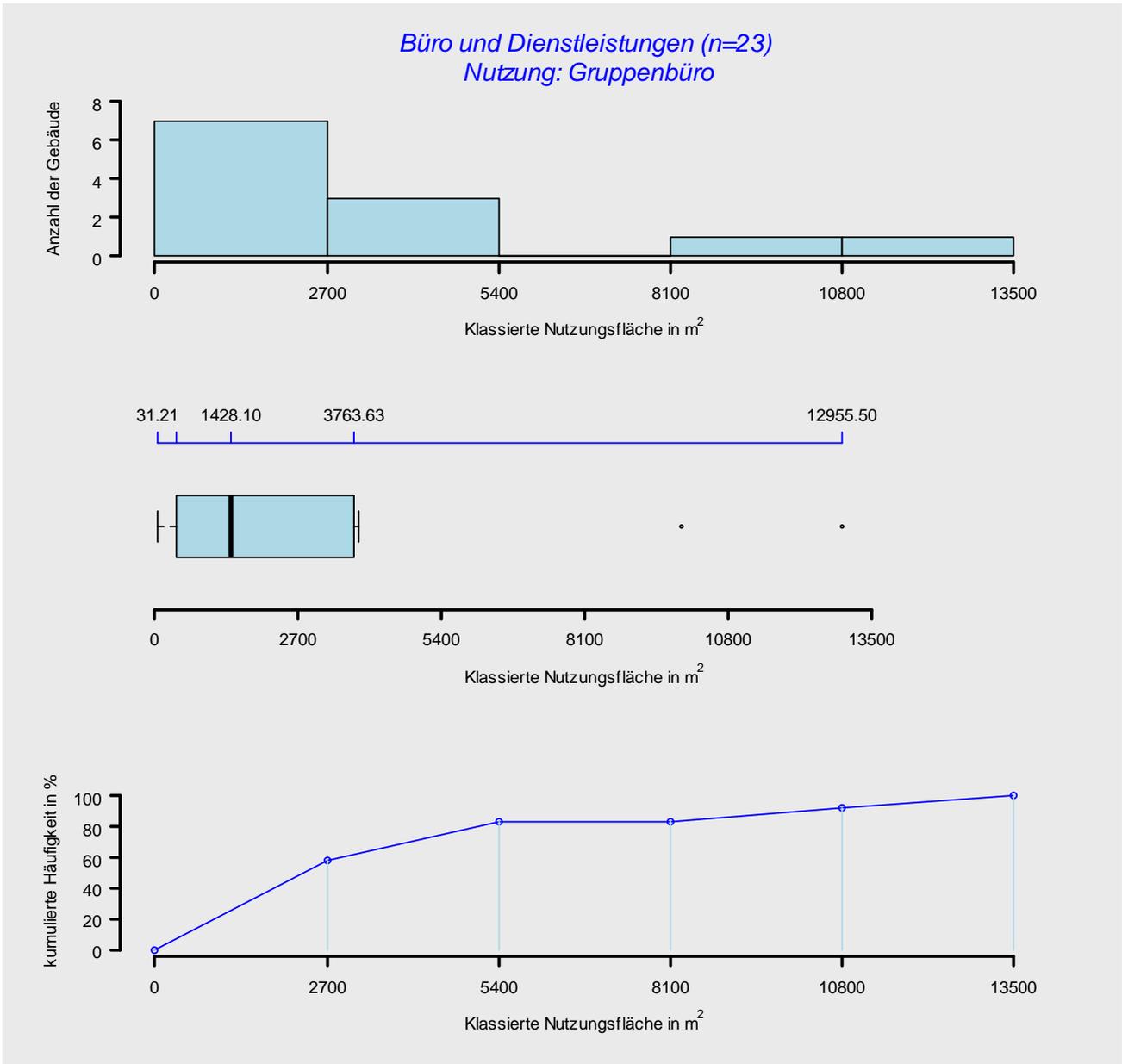
Die Grafiken veranschaulichen die wichtigen Informationen in einer kompakten Darstellung. Sie sind wie folgt zu interpretieren:

- Auf den X-Achsen ist die Nutzungsfläche im Quadratmeter eingetragen. Sie sind in sechs Klassen kategorisiert, um die Vielzahl vorkommender Flächenangaben sinnvoll analysieren zu können. Die Klassenaufteilung geschieht aufgrund der Bandbreite der Nutzungsfläche (A) sowie der Anzahl der untersuchten Gebäude in den jeweiligen Gebäudekategorien.
- Das Histogramm (vgl. oberes Diagramm in den Abbildungen) veranschaulicht die Häufigkeit der Nutzungsflächen in jeweiligen Klassen.
- Um die Lage der Daten, wie Extremwerte, sinnvoll darstellen zu können, werden im mittleren Diagramm (Kastendiagramm) die fünf wichtigen Maßzahlen (Minimum, unteres Quantil, Median, oberes Quantil sowie Maximum) für die Streuung und Lage der Verteilung der erhobenen Nutzungsflächen visualisiert. Der dick gezeichnete Strich innerhalb des Kastens zeigt den Median der Verteilung. Seine Lage im Kasten illustriert die Schiefe der Verteilung. Beispielsweise der Median ist auf der linken Seite des Kastens. Dies deutet auf eine rechtschiefe Verteilung (Datenkonzentration auf der linken Seite). Der Kasten selbst ist durch das untere (25 %) und das obere (75 %) Quantil begrenzt. Die Länge des Kastens (Interquartilsabstand: Abstand vom unteren bis zum oberen Quantil) entspricht der Streuung der Daten, in der die mittleren 50 % der Daten liegen. Die gestrichelten Linien veranschaulichen die Bandbreite der Daten außerhalb des Kastens bis zur Länge der Whisker (1,5-Fache des Interquartilsabstandes vom unteren bzw. oberen Quantil). Die Daten außerhalb der Whisker werden als Ausreißer durch Punkte quantifiziert. Des Weiteren ist das Minimum und Maximum der Daten auf der blauen Linie oberhalb des Kastens gekennzeichnet (Anfangs- bzw. Endwert der Linie).
- Das Liniendiagramm (vgl. unteres Diagramm in den Abbildungen) repräsentiert schließlich die prozentuale Summenhäufigkeit der Nutzungsflächen, aus dem die Anteile mehrerer Nutzungen leicht abgelesen werden können.

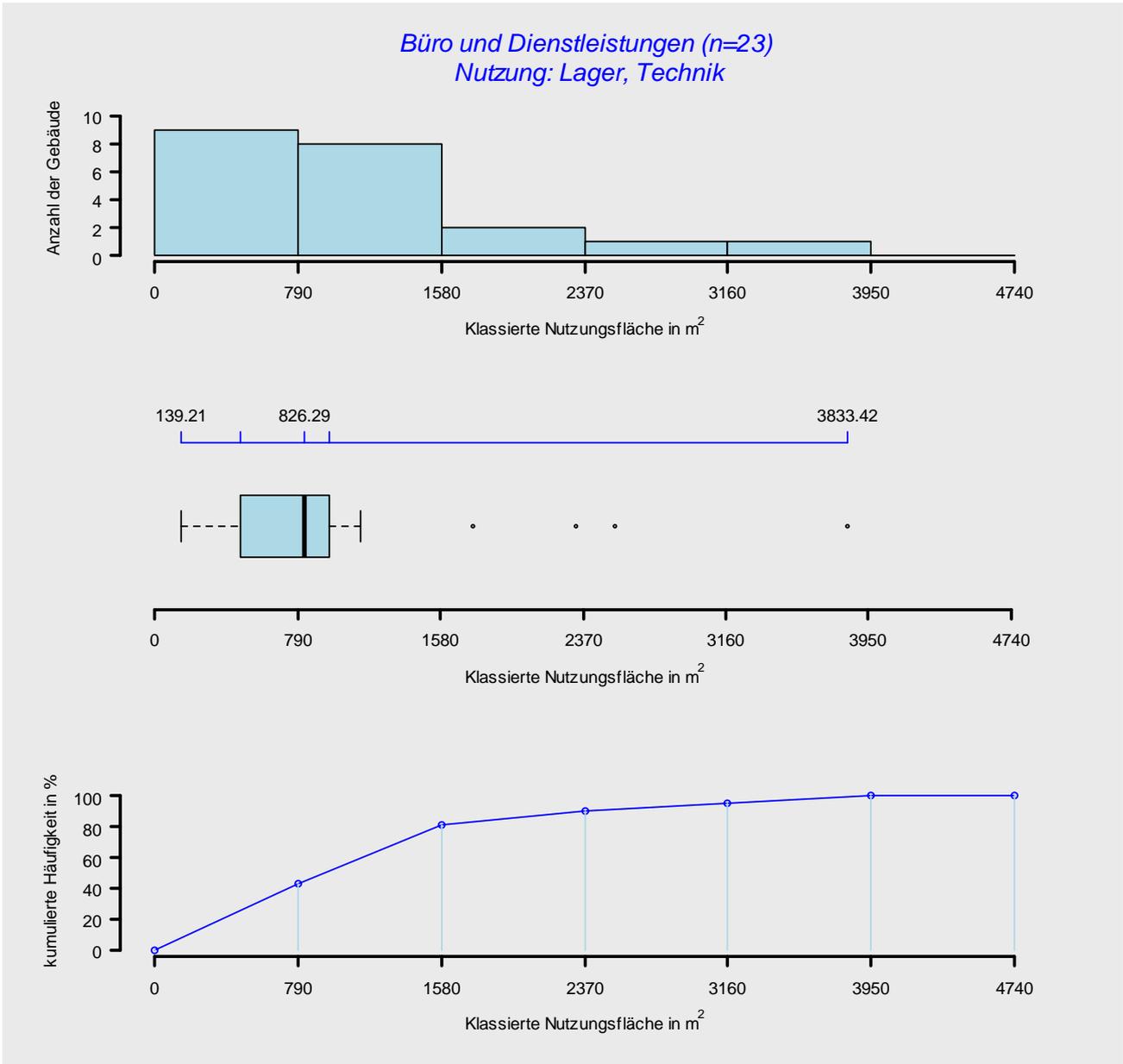


**Gebäudekategorie: "Büro- und Dienstleistungen"**

**Bild C-1** Auswertung der Nutzung "Gruppenbüro" von 23 Büro- und Dienstleistungsgebäuden. (Oben) absolute Häufigkeitsverteilung; (Mitte) Darstellung der Lage, Extremwerte sowie Streuung der Verteilung; (unten) kumulierte Häufigkeitsverteilung in Prozent

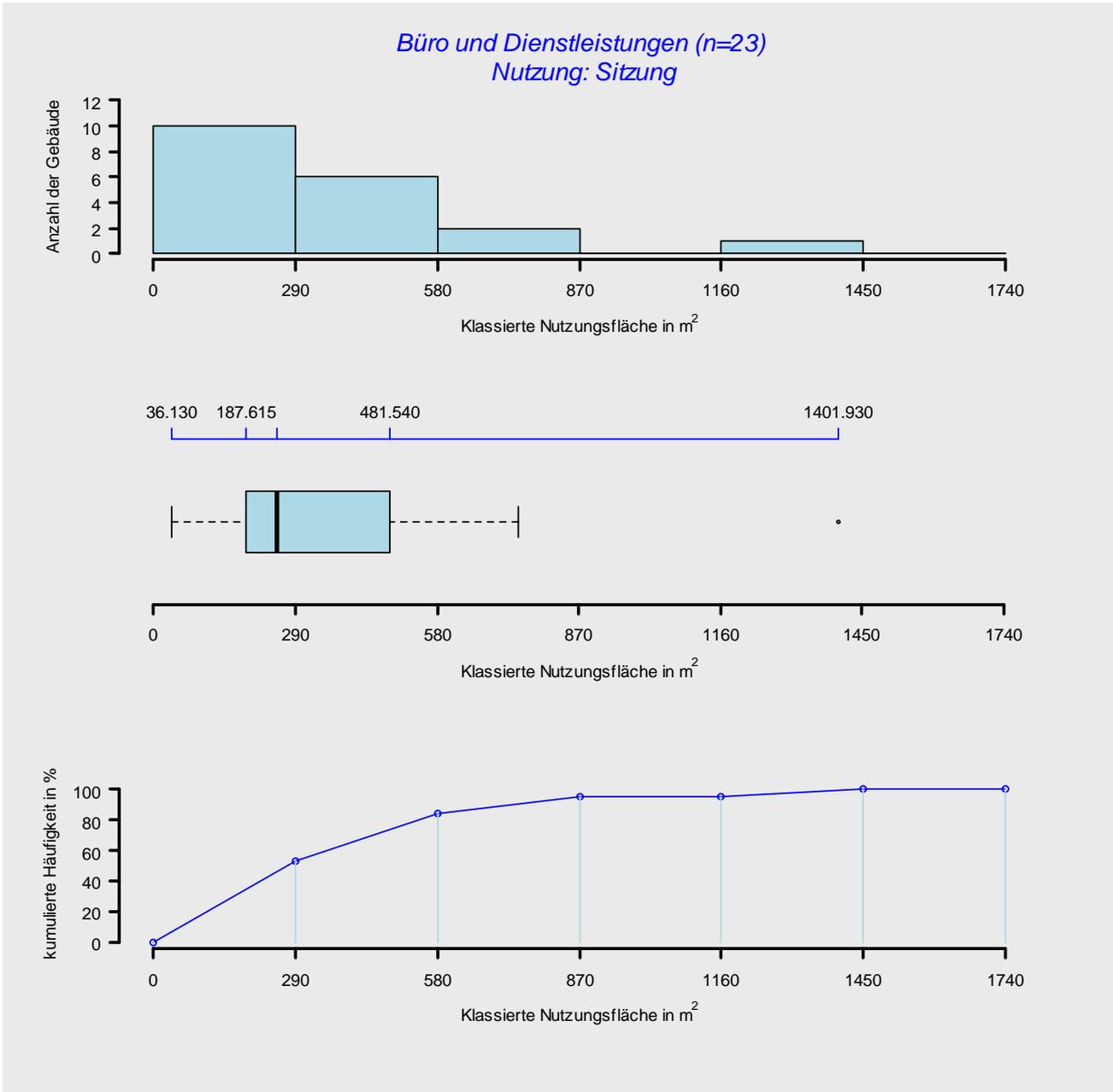


**Bild C-2** Auswertung der Nutzung "Lager, Technik" von 23 Büro- und Dienstleistungsgebäuden. (Oben) absolute Häufigkeitsverteilung; (Mitte) Darstellung der Lage, Extremwerte sowie Streuung der Verteilung; (unten) kumulierte Häufigkeitsverteilung in Prozent

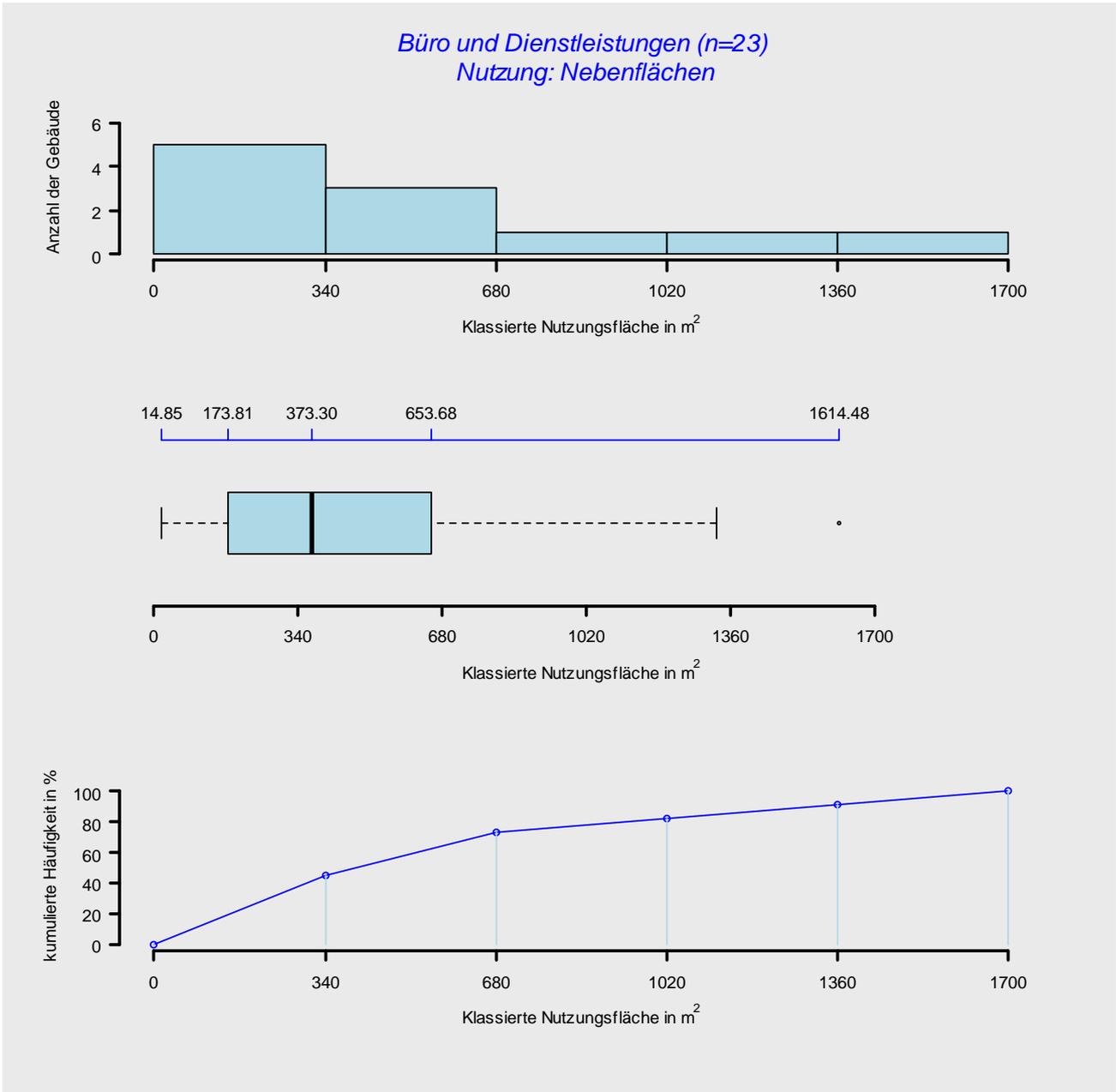




**Bild C-3** Auswertung der Nutzung "Sitzung" von 23 Büro- und Dienstleistungsgebäuden. (Oben) absolute Häufigkeitsverteilung; (Mitte) Darstellung der Lage, Extremwerte sowie Streuung der Verteilung; (unten) kumulierte Häufigkeitsverteilung in Prozent

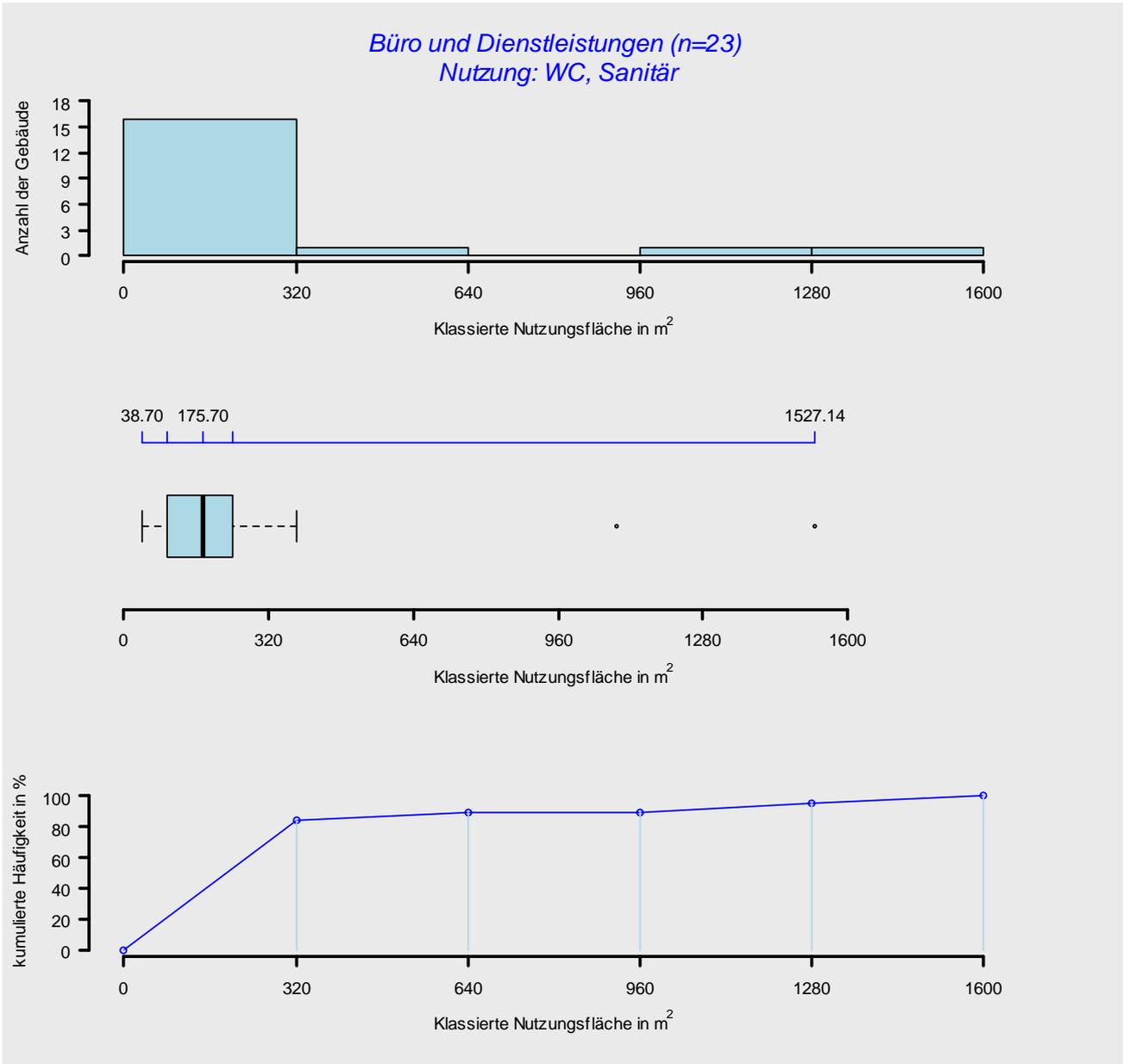


**Bild C-4** Auswertung der Nutzung "Nebenflächen" von 23 Büro- und Dienstleistungsgebäuden. (Oben) absolute Häufigkeitsverteilung; (Mitte) Darstellung der Lage, Extremwerte sowie Streuung der Verteilung; (unten) kumulierte Häufigkeitsverteilung in Prozent

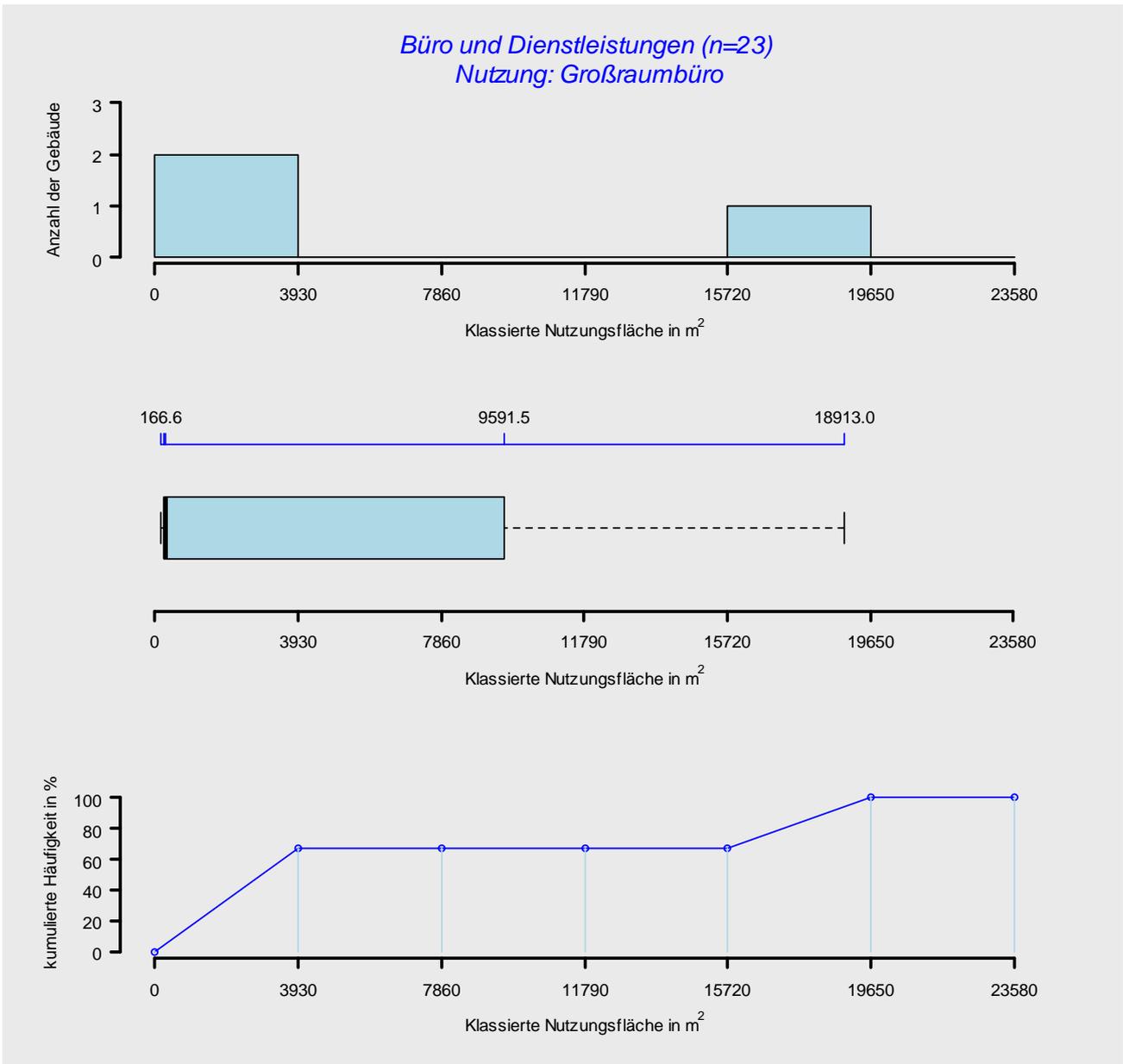




**Bild C-5** Auswertung der Nutzung "WC, Sanitär" von 23 Büro- und Dienstleistungsgebäuden. (Oben) absolute Häufigkeitsverteilung; (Mitte) Darstellung der Lage, Extremwerte sowie Streuung der Verteilung; (unten) kumulierte Häufigkeitsverteilung in Prozent

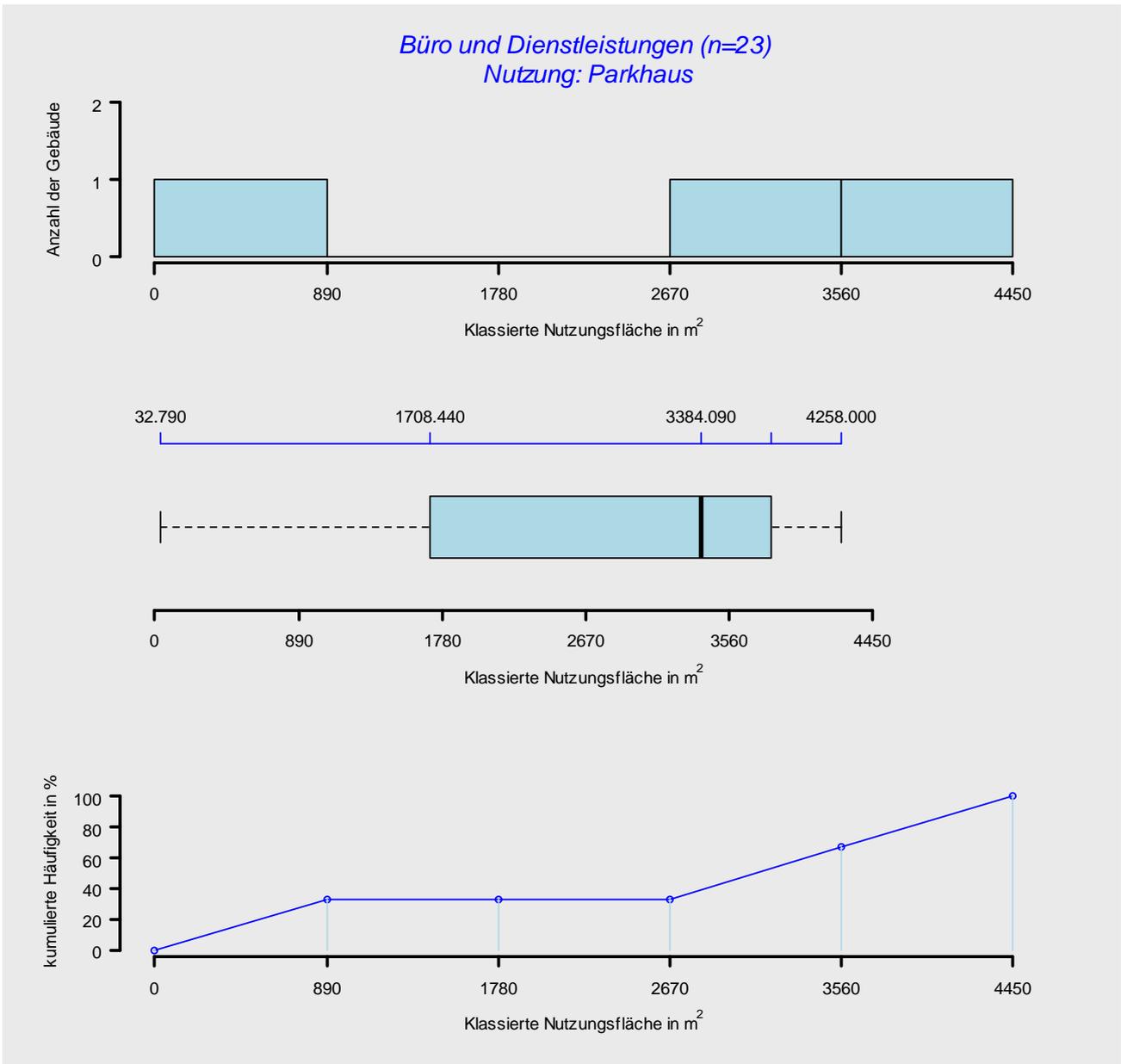


**Bild C-6** Auswertung der Nutzung "Großraumbüro" von 23 Büro- und Dienstleistungsgebäuden. (Oben) absolute Häufigkeitsverteilung; (Mitte) Darstellung der Lage, Extremwerte sowie Streuung der Verteilung; (unten) kumulierte Häufigkeitsverteilung in Prozent

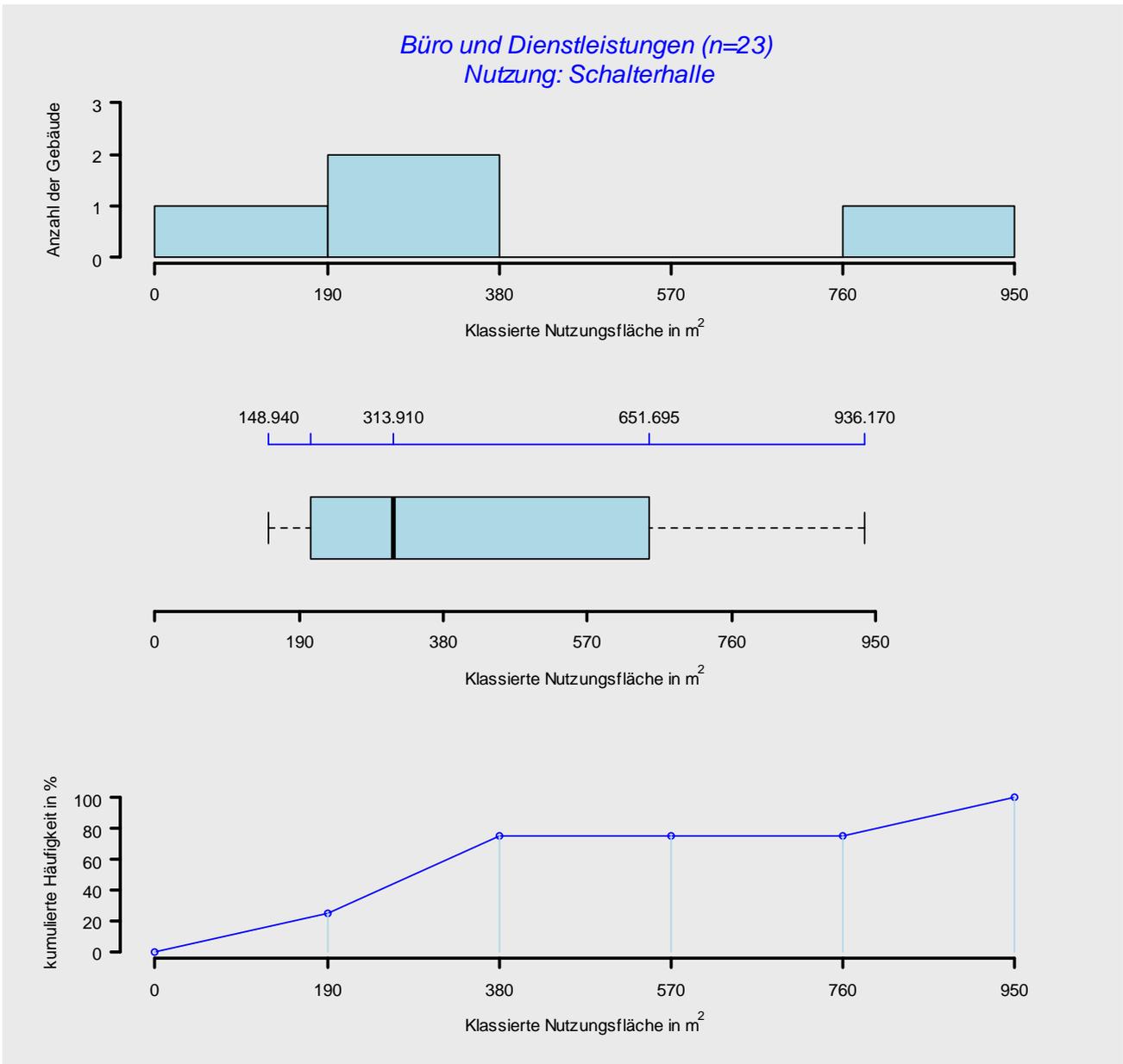




**Bild C-7** Auswertung der Nutzung "Parkhaus" von 23 Büro- und Dienstleistungsgebäuden. (Oben) absolute Häufigkeitsverteilung; (Mitte) Darstellung der Lage, Extremwerte sowie Streuung der Verteilung; (unten) kumulierte Häufigkeitsverteilung in Prozent

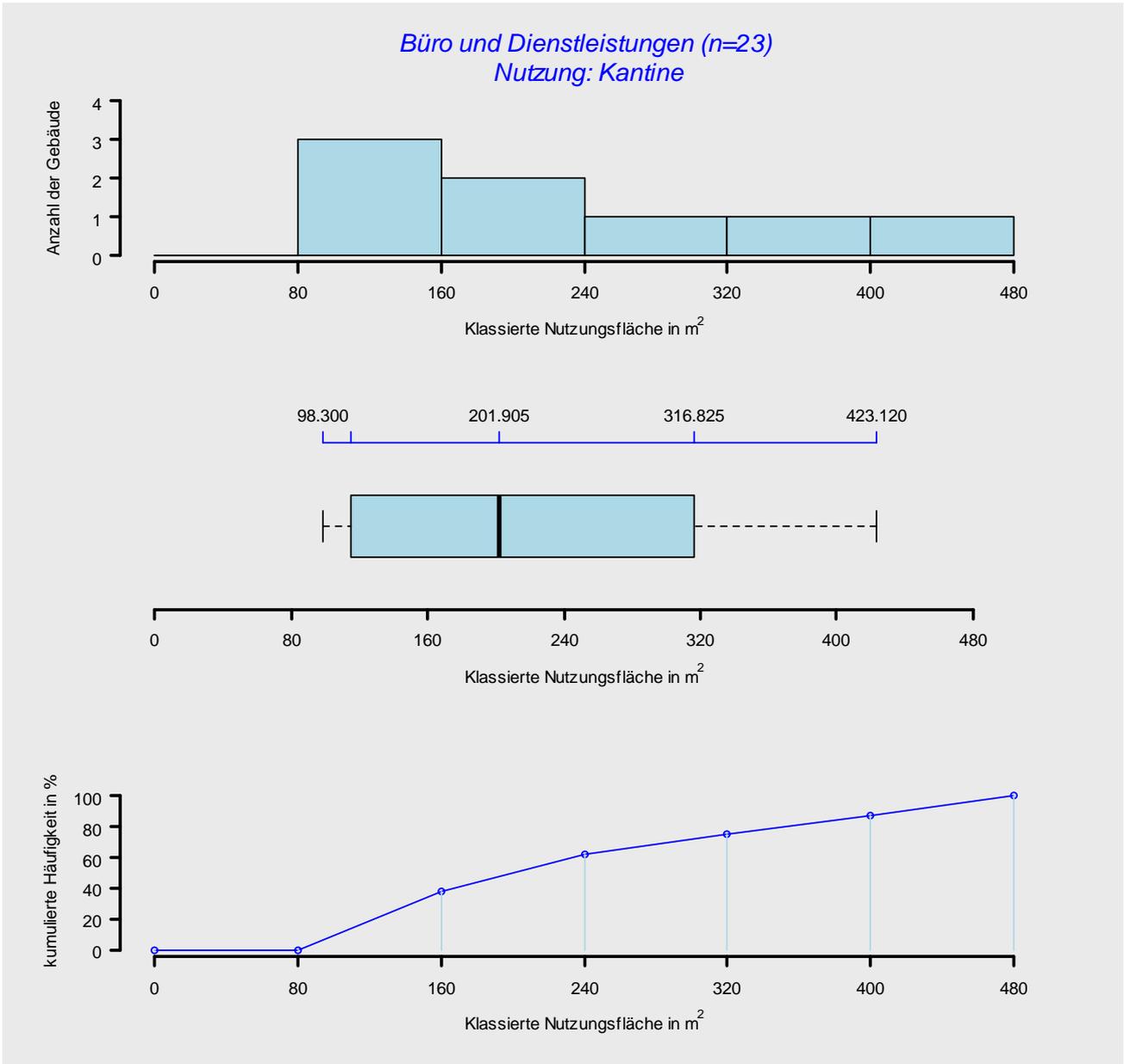


**Bild C-8** Auswertung der Nutzung "Schalterhalle" von 23 Büro- und Dienstleistungsgebäuden. (Oben) absolute Häufigkeitsverteilung; (Mitte) Darstellung der Lage, Extremwerte sowie Streuung der Verteilung; (unten) kumulierte Häufigkeitsverteilung in Prozent

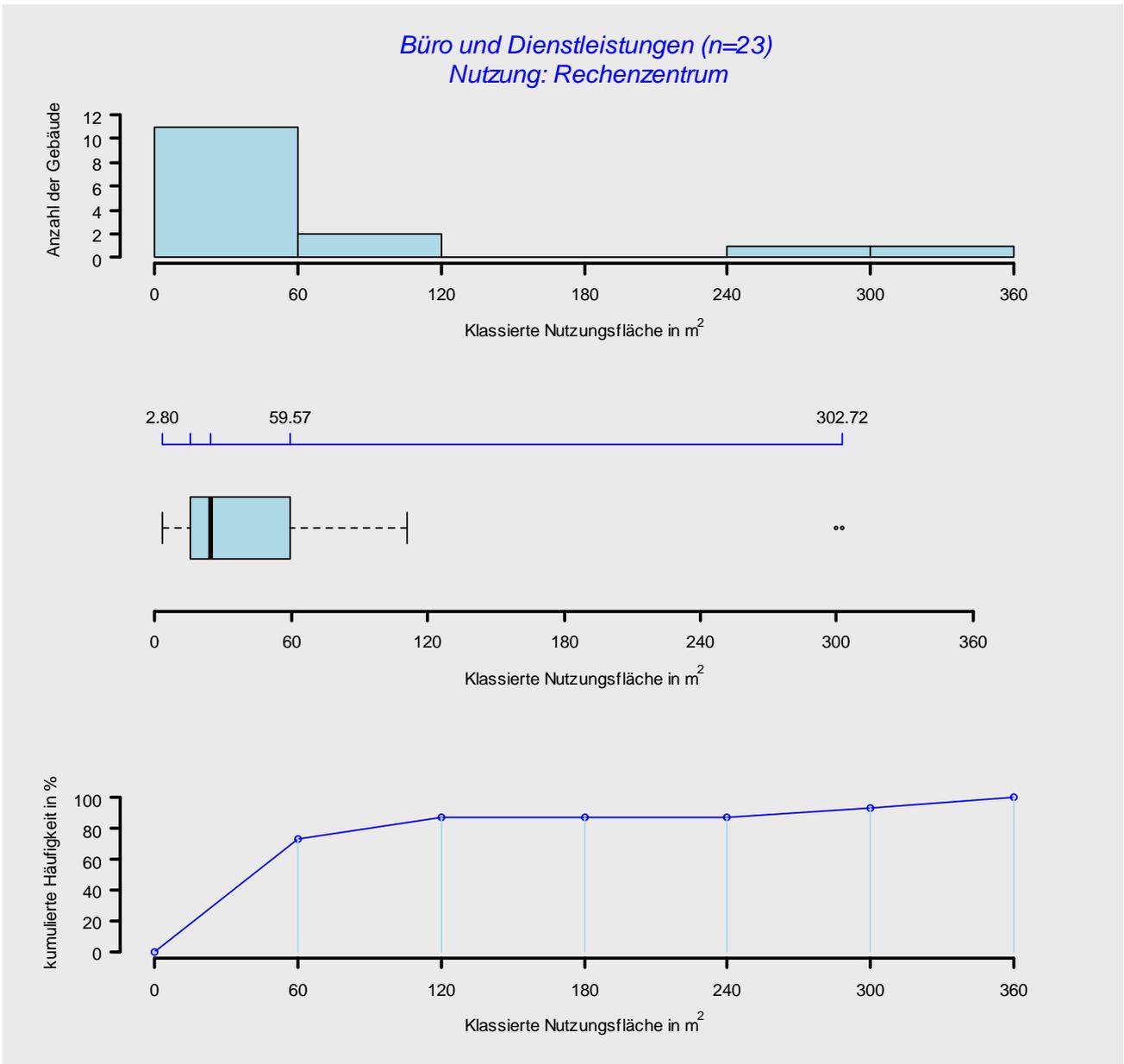




**Bild C-9** Auswertung der Nutzung "Schalterhalle" von 23 Büro- und Dienstleistungsgebäuden. (Oben) absolute Häufigkeitsverteilung; (Mitte) Darstellung der Lage, Extremwerte sowie Streuung der Verteilung; (unten) kumulierte Häufigkeitsverteilung in Prozent

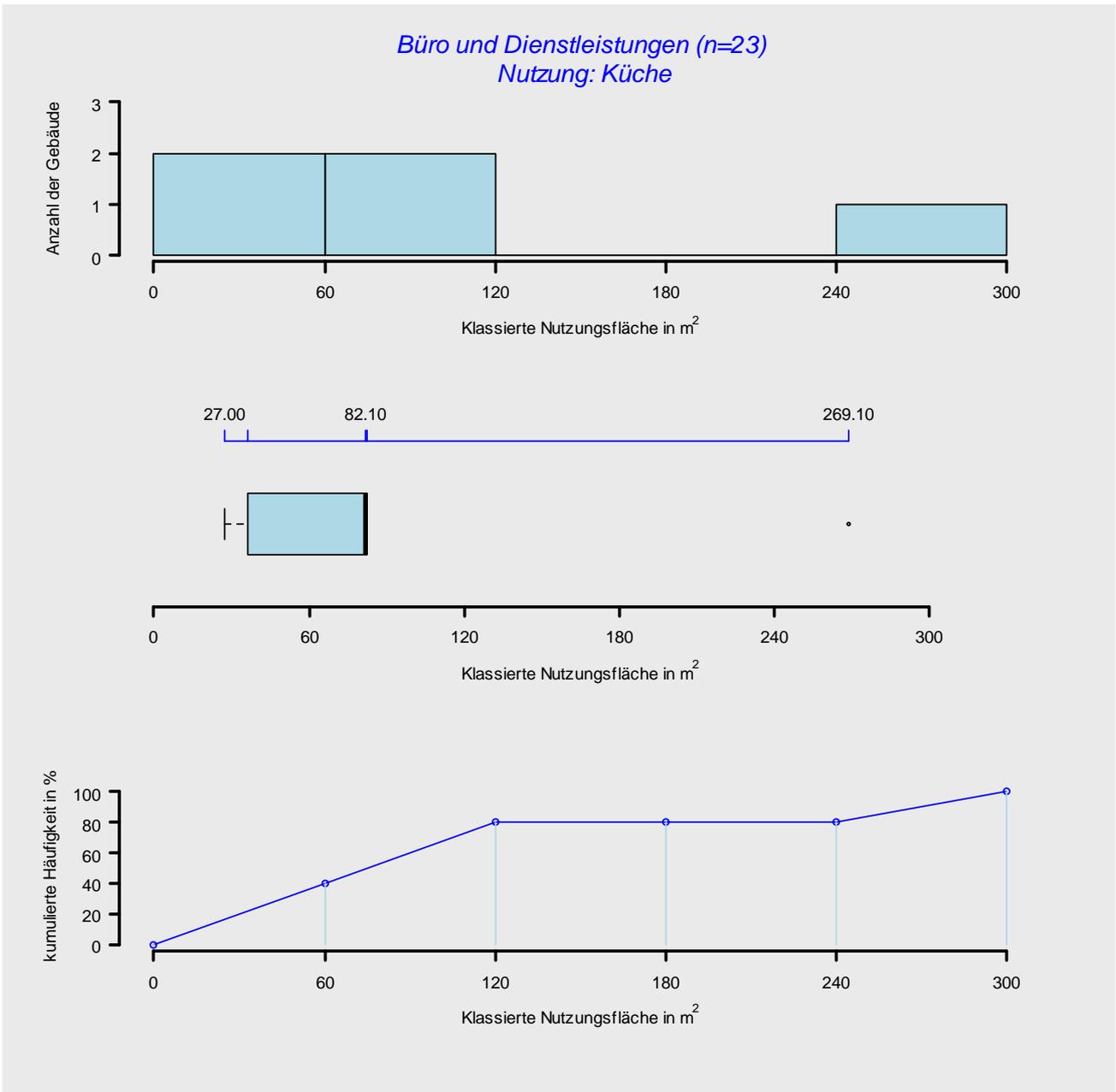


**Bild C-10** Auswertung der Nutzung "Rechenzentrum" von 23 Büro- und Dienstleistungsgebäuden. (Oben) absolute Häufigkeitsverteilung; (Mitte) Darstellung der Lage, Extremwerte sowie Streuung der Verteilung; (unten) kumulierte Häufigkeitsverteilung in Prozent





**Bild C-11** Auswertung der Nutzung "Küche" von 23 Büro- und Dienstleistungsgebäuden. (Oben) absolute Häufigkeitsverteilung; (Mitte) Darstellung der Lage, Extremwerte sowie Streuung der Verteilung; (unten) kumulierte Häufigkeitsverteilung in Prozent



## Anhang D Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

### Abbildungsverzeichnis

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Bild 3-1  | Verteilung der Gebäude in der TEK-Datenbank auf Gebäudekategorien   | 4  |
| Bild 3-2  | Verteilung der gebäudebezogenen Endenergieverbräuche Brennstoff/Fernwärme und elektrische Energie für die Gebäude in der TEK-DB   | 6  |
| Bild 3-3  | Verteilung der gebäudebezogenen Endenergiebedarfe Brennstoff/Fernwärme und elektrische Energie, berechnet mit Standard-Nutzungsrandbedingungen (DIN-Obj), für die Gebäude in der TEK-DB   | 6  |
| Bild 3-4  | Häufigkeitsverteilung gebäudebezogener Teilenergiekennwerte für Endenergiebedarf Wärme (Heizung und Trinkwarmwasser) in allen 93 Gebäuden   | 7  |
| Bild 3-5  | Häufigkeitsverteilung gebäudebezogener Teilenergiekennwerte für den elektrischen Endenergiebedarf in allen 93 Gebäuden  | 8  |
| Bild 3-6  | Verteilung des Bedarfs an Brennstoff / Fernwärme auf die Dienstleistungen Heizung und Trinkwarmwasser in 10 öffentlichen Verwaltungsgebäuden für den Ist-Zustand (Ist) und die Modernisierungsvarianten Betriebsoptimierung(BO), EnEV 2009 (EnEV) und EnEV 2009 – 50% (-50%)                    | 10 |
| Bild 3-7  | Verteilung des Bedarfs an elektrischer Energie auf verschiedene Dienstleistungen in 10 öffentlichen Verwaltungsgebäuden für den Ist-Zustand (Ist) und die Modernisierungsvarianten Betriebsoptimierung(BO), EnEV 2009 (EnEV) und EnEV 2009 – 50% (-50%)   | 11 |
| Bild 3-8  | Zonenbezogene Teilenergiekennwerte des spezifischen Endenergiebedarfs für Heizung und Warmwasser der Gebäude im Ist-Zustand (Ist-TEKs) aufgetragen als Häufigkeitsverteilung über die Energieaufwandsklassen (Ref-TEKs) für die Nutzungsprofile Büro, Klassenraum und Hotelzimmer               | 16 |
| Bild 3-9  | Zonenbezogene Teilenergiekennwerte des spezifischen Endenergiebedarfs für Beleuchtung und Luftförderung der Gebäude im Ist-Zustand (Ist-TEKs) aufgetragen als Häufigkeitsverteilung über die Energieaufwandsklassen (Ref-TEKs) für die Nutzungsprofile Büro, Klassenraum und Hotelzimmer        | 17 |
| Bild 3-10 | Zonenbezogene Teilenergiekennwerte der Gebäude des spezifischen Endenergiebedarfs für Betriebseinrichtungen und Klimakälte im Ist-Zustand (Ist-TEKs) aufgetragen als Häufigkeitsverteilung über die Energieaufwandsklassen (Ref-TEKs) für die Nutzungsprofile Büro, Klassenraum und Hotelzimmer | 18 |
| Bild 3-11 | Zonenbezogene Teilenergiekennwerte der Gebäude des spezifischen Endenergiebedarfs für Heizung, Warmwasser und Beleuchtung im Ist-Zustand (Ist-TEKs) aufgetragen als Häufigkeitsverteilung über die Energieaufwandsklassen (Ref-TEKs) für das Nutzungsprofil Verkehrsfläche                      | 19 |
| Bild 3-12 | Spezifische Bauteilflächen aus der TEK-DB für 70 verschiedene Einzelbürozone, automatisch bzw. manuell ermittelt  | 22 |
| Bild 3-13 | Spezifische Bauteilflächen aus der TEK-DB für 50 verschiedene Klassenraumzone, automatisch bzw. manuell ermittelt   | 23 |
| Bild 3-14 | Spezifische Bauteilflächen aus der TEK-DB für 13 verschiedene Hotelzimmerzone, automatisch bzw. manuell ermittelt   | 24 |
| Bild 3-15 | Spezifische Bauteilflächen aus der TEK-DB für 118 verschiedene Verkehrsflächen, automatisch bzw. manuell ermittelt  | 25 |
| Bild 3-16 | Prozentuale Häufigkeit der untersuchten Gebäude in der Kategorie "Büro und Dienstleistungen", bei denen die entsprechende Nutzung nach DIN V 18599 vorkommt   | 26 |



|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Bild 3-17 | Durchschnittliche Zonenfläche der jeweiligen Standardnutzung nach DIN V 18599 für die Gebäudekategorie "Büro und Dienstleitungen" in Prozent   | 27 |
| Bild 3-18 | Gewichtete durchschnittliche Zonenfläche der jeweiligen Nutzung nach DIN V 18599 für die Gebäudekategorie "Büro und Dienstleitungen" in Prozent  | 27 |
| Bild 3-19 | Kumulierte durchschnittliche Nutzungsflächen nach DIN V 18599 für die Gebäudekategorie "Büro und Dienstleitungen" in Prozent   | 27 |
| Bild 3-20 | Auswertung der Nutzungsflächen "Einzelbüro" von 23 Büro- und Dienstleistungsgebäuden. (Oben) absolute Häufigkeitsverteilung; (Mitte) Darstellung der Lage, Extremwerte sowie Streuung der Verteilung; (unten) kumulierte Häufigkeitsverteilung in Prozent. | 28 |
| Bild 3-21 | Auswertung der Nutzung "Verkehrsfläche" von 23 Büro- und Dienstleistungsgebäuden. (Oben) absolute Häufigkeitsverteilung; (Mitte) Darstellung der Lage, Extremwerte sowie Streuung der Verteilung; (unten) kumulierte Häufigkeitsverteilung in Prozent.     | 30 |
| Bild 3-22 | Auswirkungen der Modifikationen in TEK-6.2 im Vergleich zur Version TEK-5.5 auf das Bedarfs-/Verbrauchs-Verhältnis $f_{B/V}$ im Mittelwert der Stichprobe (oben für Brennstoff, unten für elektrische Endenergie)  | 31 |
| Bild 3-23 | Vergleich von $f_{B/V, fu}$ aus TEK-6.2 und TEK-5.5 in Bezug auf das Bedarfs-/Verbrauchs-Verhältnis für den Brennstoffbedarf in TEK-Einstellung „Obj-Obj“  | 32 |
| Bild 3-24 | Vergleich der prozentualen Abweichungen der Teilenergiekennwerte (Endenergieebene) der Bilanzierung mit TEK-6.2 gegenüber TEK-5.5 für 10 Büro- und Verwaltungsgebäude  | 34 |
| Bild 3-25 | Vergleiche der Abweichungen der spezifischen Teilenergiekennwerte (Endenergieebene) der Bilanzierung mit TEK-6.2 gegenüber TEK-5.5 für den Brennstoffbedarf  | 35 |
| Bild 3-26 | Vergleiche der Abweichungen der spezifischen Teilenergiekennwerte (Endenergieebene) der Bilanzierung mit TEK-6.2 gegenüber TEK-5.5 für den elektrischen Energiebedarf  | 36 |
| Bild 3-27 | Übersicht der Verteilung von $f_{B/V, fu}$ für Brennstoff/Fernwärme und $f_{B/V, el}$ für elektrische Energie für die untersuchten TEK-Einstellungs-Varianten (unkorrigierte Datenbasis)   | 38 |
| Bild 3-28 | Zusammengefasste Verteilung von $f_{B/V, fu}$ und $f_{B/V, el}$ für die untersuchten TEK-Einstellungs-Varianten (unkorrigiert)   | 39 |
| Bild 3-29 | Übersicht der Verteilung von $f_{B/V, fu}$ für Brennstoff/Fernwärme und $f_{B/V, el}$ für elektrische Energie für die untersuchten TEK-Einstellungs-Varianten (korrigierte Datenbasis)   | 40 |
| Bild 3-30 | Zusammengefasste Verteilung von $f_{B/V, fu}$ und $f_{B/V, el}$ für die untersuchten TEK-Einstellungs-Varianten (korrigiert)   | 41 |
| Bild 3-31 | Zusammengefasste Konfidenzintervalle von $f_{B/V, fu}$ für die untersuchten TEK-Einstellungs-Varianten (unkorrigierte Datenbasis)  | 44 |
| Bild 3-32 | Zusammengefasste Konfidenzintervalle von $f_{B/V, el}$ für die untersuchten TEK-Einstellungs-Varianten (unkorrigierte Datenbasis)  | 44 |
| Bild 3-33 | Zusammengefasste Konfidenzintervalle von $f_{B/V, fu}$ für die untersuchten TEK-Einstellungs-Varianten (korrigierte Datenbasis)  | 45 |
| Bild 3-34 | Zusammengefasste Konfidenzintervalle von $f_{B/V, el}$ für die untersuchten TEK-Einstellungs-Varianten (korrigierte Datenbasis)  | 46 |
| Bild 3-35 | Darstellung des Verbrauchs über dem Bedarf der Gebäude aus der TEK-Datenbasis für Endenergie Wärme in der Berechnungseinstellung mit Standard-Nutzungsprofilen nach DIN V 18599 (DIN-obj) und objektspezifischen Nutzungsrandbedingungen (obj-obj)         | 48 |
| Bild 3-36 | Parameter der Regressionsanalyse   | 50 |
| Bild 3-37 | Abweichungen der objektspezifisch ermittelten Raumtemperatur von der Standard-Raumtemperatur   | 51 |
| Bild 3-38 | Abweichungen der objektspezifisch ermittelten internen Wärmegewinne vom Standard   | 52 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Bild 3-39 | Abweichungen der objektspezifisch ermittelten Nutzungszeit von der Standard-Nutzungszeit   | 52 |
| Bild 3-40 | Anteil Fenster-belüfteter Flächen an den beheizten Flächen und deren Einfluss auf den Faktor $f_{V/B}$ (Verhältnis von Verbrauch zu Bedarf)  | 53 |
| Bild 3-41 | Darstellung des Zusammenhangs von Verbrauch und Bedarf gemäß der Regressionsgleichung 3-4 für die Kategorie Bürogebäude und verschiedene Ausprägungen der Nutzungsrandbedingungen – Standard (Std), Mittelwert der Abweichung (Mittel), Mittelwert des 4. Quartils (4.Q) der Abweichung - und Anteile Fenster-belüfteter Flächen (80%, 50%, 10%) | 54 |
| Bild 3-42 | Darstellung des Zusammenhangs von Verbrauch und Bedarf für Brennstoff/Fernwärme gemäß der Regressionsgleichung 3-4 für verschiedene Gebäudekategorien - Büro/Schule/Handel (Büro), Hotel, Hochschule/Veranstaltung (Hs-Vs) - mit Standardwerten der Nutzungsbedingungen und 50% Anteil Fenster-belüfteter Fläche                                 | 55 |
| Bild 3-43 | Einfluss der Raumtemperatur auf den Verbrauch (gelbe Punkte) und den Schätzwert des Verbrauchs (grüne, blaue und rote Linien)  | 56 |
| Bild 3-44 | Einfluss des Anteils Fenster-belüfteter Flächen an der beheizten Fläche auf den Verbrauch (gelbe Punkte) und den Schätzwert des Verbrauchs (grüne, blaue und rote Linien)  | 56 |
| Bild 3-45 | Korrekturfunktion zur Schätzung des Verbrauchs aufgrund einer Berechnung des Bedarfs für die Gebäudekategorie Büro und Verwaltung, einem Anteil Fenster-belüfteter Fläche von 50% und unterschiedlichen Abweichungen der Nutzungsparameter vom Standard  | 58 |
| Bild 3-46 | Darstellung des Verbrauchs über dem Bedarf der Gebäude aus der TEK-Datenbasis für elektrische Endenergie in der Berechnungseinstellung mit Standard-Nutzungsprofilen nach DIN V 18599 (DIN-obj) und objektspezifischen Nutzungsrandbedingungen (obj-obj)   | 59 |
| Bild 3-47 | Darstellung des Zusammenhangs von Verbrauch und Bedarf für elektrische Energie gemäß der Regressionsgleichung 3-7 für die Kategorien Bürogebäude / Sonstige (Büro) und Schule sowie verschiedene Ausprägungen der Nutzungszeiten – Standard (Std), Mittelwert der Abweichung (Mittel) und Mittelwert des 4. Quartils (4.Q) der Abweichung        | 61 |
| Bild 3-48 | Korrekturfunktion zur Schätzung des elektrischen Energieverbrauchs aufgrund einer Berechnung des Bedarfs für die Gebäudekategorien Büro bzw. Schule und unterschiedlichen Abweichungen der Nutzungsparameter vom Standard  | 63 |
| Bild 3-49 | Installierte und in TEK berechnete Nennleistung zentrale Wärmeerzeuger in der Berechnungsart Obj-Obj   | 64 |
| Bild 3-50 | Installierte und berechnete Nennleistung für zentrale Wärmeerzeuger in der Berechnungsart Obj-Obj ohne Auslegungsfaktor 1,3  | 65 |
| Bild 3-51 | Installierte und berechnete Nennleistung zentrale Kälteerzeuger in der Berechnungsart Obj-Obj  | 66 |
| Bild 3-52 | Details der Berechnung des Endenergiebedarfs Wärme mit TEK   | 67 |
| Bild 3-53 | Endenergiebedarf Wärme über den Verteilverlusten aufgetragen   | 68 |
| Bild 3-54 | Vergleich des Hüllflächentransferkoeffizienten $H'_T$ für die Nutzungseinstellungen „Objektspezifisch“ und „vereinfacht“ für 58 Gebäude mit einer Berechnungsvariante, in der alle Bauteilkennwerte objektspezifisch erhoben wurden.   | 69 |
| Bild 3-55 | Vergleich des Hüllflächentransferkoeffizienten $H'_T$ für die Nutzungseinstellungen „Objektspezifisch“ und „vereinfacht“ für 3 Gebäude mit einer objektspezifischen Berechnungsvariante, in der die Bauteilkennwerte nur teilweise objektspezifisch erhoben werden konnten.  | 70 |



|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Bild 3-56 | Häufigkeitsverteilung der prozentualen Abweichung von $H'_T$ und $f_{B/V, fu}$ für die Stichproben mit objektspezifischen und teilweise vereinfachten Bauteilkennwerten.<br>Quelle: IWU eigene Darstellung  | 70 |
| Bild 3-57 | Häufigkeitsverteilung der prozentualen Abweichung von $H'_T$ und $f_{B/V, fu}$ für die Stichprobe ohne manuell zugewiesene Bauteile der thermischen Hüllfläche  | 72 |
| Bild 3-58 | Häufigkeitsverteilung der prozentualen Abweichung von $H'_T$ und $f_{B/V, fu}$ für die Stichprobe mit manuell zugewiesenen Bauteilen der thermischen Hüllfläche   | 72 |
| Bild 3-59 | Vergleich der spezifischen elektrischen Endenergie der Beleuchtung für die Berechnungseinstellungen mit objektspezifischen Nutzungsparametern „Obj-obj“ und „Obj-Bel-vereinfacht“ (oben) bzw. Standard-Nutzungsparametern „DIN –H-BT-vereinfacht“ und „DIN-vereinfacht“ (unten) gemäß Tabelle 3-9 | 74 |
| Bild 3-60 | Schwachstellenanalyse mit Teilenergiekennwerten auf Zonenebene im TEK-Tool am Beispiel der Gewerke Heizung und Beleuchtung  | 76 |
| Bild 3-61 | Bewertungshilfe für die Klassifizierung einer Beleuchtungsanlage anhand der im Raum ablesbaren Eigenschaften  | 78 |
| Bild 3-62 | Beschreibung der Effizienzstandards, die den fünf Energieaufwandsklassen von TEK-6.2_DB-3.54 entsprechen  | 78 |
| Bild 3-63 | Entwicklung der Referenz-Teilenergiekennwerte in den verschiedenen Versionen des TEK-Tools und im Vorläuferprojekt MEG für das Nutzungsprofil Einzelbüro  | 79 |
| Bild 3-64 | Vergleichswerte des Energieverbrauchsausweises 2007 und Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Hoch“ ohne Bedarfs-Verbrauchs-Korrektur für Verwaltungsgebäude mit höherer technischer Ausstattung (BWZK 1320)   | 82 |
| Bild 3-65 | Wie Bild 3-64, jedoch mit Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturfaktoren nur aus den Bürogebäuden der TEK-DB  | 82 |
| Bild 3-66 | Wie Bild 3-64, jedoch mit Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturfaktoren aus allen Gebäuden der TEK-DB  | 83 |
| Bild 3-67 | Vergleichswerte des Energieverbrauchsausweises 2009 und Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Mittel“ ohne Bedarfs-Verbrauchs-Korrektur  | 84 |
| Bild 3-68 | Vergleichswerte des Energieverbrauchsausweises 2009 und Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Mittel“ mit Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturfaktoren nur aus den Bürogebäuden der TEK-DB   | 85 |
| Bild 3-69 | Vergleichswerte des Energieverbrauchsausweises 2009 und Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Mittel“ mit Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturfaktoren aus allen Gebäuden der TEK-DB   | 85 |
| Bild 3-70 | Vergleichswerte des Energieverbrauchsausweises 2007 und Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Hoch“ für vollklimatisierte Bürogebäude mit Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturfaktoren nur aus den Bürogebäuden der TEK-DB   | 86 |
| Bild 3-71 | Vergleichswerte des Energieverbrauchsausweises 2007 und Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Hoch“ für Handelsgebäude (Non-Food) mit Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturfaktoren nur aus Handelsgebäude (Non-food, über 300 m <sup>2</sup> ) der TEK-DB  | 86 |
| Bild 3-72 | Vergleichswerte des Energieverbrauchsausweises 2007 und Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Hoch“ mit Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturfaktoren aus allen Gebäuden der TEK-DB für Handelsgebäude (Food, über 300 m <sup>2</sup> )   | 87 |
| Bild 3-73 | Vergleichswerte des Energieverbrauchsausweises 2007 bzw. 2009 und Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Hoch“ bzw. „Mittel“ für Hotelgebäude (4-5 Sterne) mit Bedarfs-Verbrauchs-Korrekturfaktoren nur aus Hotelgebäuden der TEK-DB  | 88 |
| Bild 3-74 | Vergleichswerte des Energieverbrauchsausweises 2007 und Referenz-TEKs der Energieaufwandsklasse „Hoch“ für Allgemeinbildende Schulen mit Bedarfs-Verbrauchs-  |    |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
|           | Korrekturfaktoren nur aus Schulgebäuden der TEK-DB und den im Text beschriebenen Anpassungen der Bedarfsberechnung  | 90  |
| Bild 4-1  | Übersicht der im TEK-Projekt möglichen Kurzzeit-Messaufgaben  | 92  |
| Bild 4-2  | Vergleich der Saison-Indizes Heizung der Bürogebäude aus der TEK-Feldphase mit den Referenzwerten für die Heizgrenztemperatur von 12,5°C. Die Objektwerte aus der Feldphase sind angegeben als Mittelwerte über alle vorliegenden Verbrauchsangaben mit Standardabweichung. | 94  |
| Bild 4-3  | Verhältnis gemessener Wirkleistung zur auf dem Typenschild angegebenen Nennleistung für sämtliche Leistungsstufen aller gemessenen Anlagen  | 95  |
| Bild 4-4  | Verteilung der durchgeführten Messungen, bezogen auf die angegebene Typenschildleistung   | 96  |
| Bild 4-5  | Verhältnis $P_{,Ist/Nenn}^V$ bei einstufigen RLT-Anlagen bzw. der maximalen Laststufen bei mehrstufigen Anlagen   | 97  |
| Bild 4-6  | Verhältnis $P_{,Ist/Nenn}^V$ von den Teillaststufen der RLT-Anlagen   | 98  |
| Bild 4-7  | Technische Daten der Aufzüge im Finanzamt Bensheim  | 100 |
| Bild 4-8  | Messergebnisse und Hochrechnung des Energieverbrauchs der Aufzüge im Verwaltungsgebäude   | 101 |
| Bild 4-9  | Technische Daten der Aufzüge im Institutsgebäude  | 101 |
| Bild 4-10 | Messergebnisse und Hochrechnung des Energieverbrauchs der Aufzüge im Institutsgebäude   | 101 |
| Bild 4-11 | Technische Daten der Aufzüge im Kollegengebäude   | 102 |
| Bild 4-12 | Messergebnisse und Hochrechnung des Energieverbrauchs der Aufzüge im Kollegengebäude  | 102 |
| Bild 4-13 | Vergleich der Berechnungsmethoden für die drei Gebäude  | 104 |
| Bild 5-1  | Sortierung der Lastgangmessungen aus dem TEK-Projekt  | 105 |
| Bild 5-2  | Überblick über die Lastgänge aus 84 TEK-Gebäudeanalysen nach Energieträgern und Gebäudekategorien differenziert   | 106 |
| Bild 5-3  | Gemittelte Wochenprofile der normierten, elektrischen Leistung für die Bürogebäude 1, 2 und 4   | 108 |
| Bild 5-4  | Geordnete Jahresdauerlinie der normierten elektrischen Leistung für die Bürogebäude 1, 2 und 4  | 108 |
| Bild 5-5  | Gemittelttes Wochenprofil der normierten Fernwärme-Leistung für die 3 Bürogebäude mit höherer Technisierung   | 109 |
| Bild 5-6  | Geordnete Jahresdauerlinie der normierten Fernwärme-Leistung für die 3 Bürogebäude mit höherer Technisierung  | 109 |
| Bild 5-7  | Gemittelttes Wochenprofil der normierten, elektrischen Leistung für die Bürogebäude 5 - 8   | 111 |
| Bild 5-8  | Gemittelttes Wochenprofil der normierten, elektrischen Leistung für Bürogebäude 9 mit überwiegend 24-stündiger Nutzung  | 111 |
| Bild 5-9  | Vergleich der Jahresdauerlinien der normierten, elektrischen Leistung verschiedener Kategorien von Bürogebäuden mit unterschiedlicher technischer Ausstattung und Nutzung als Mittelwert über jeweils mehrere Gebäude   | 112 |
| Bild 5-10 | Normierte Jahresdauerlinie der elektrischen Leistung aus 3 Kaufhäusern  | 113 |
| Bild 5-11 | Normierte Jahresdauerlinie der elektrischen Leistung aus 6 Baumärkten   | 113 |
| Bild 5-12 | Wochenprofile der normierten, elektrischen Leistung gemittelt über 5 Hotels für die Kalenderwochen 5, 18, 31 und 44   | 115 |
| Bild 5-13 | Jahresdauerlinie der normierten, elektrischen Leistung in verschiedenen Hotels  | 115 |



|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| Bild 5-14 | Wochenprofile der normierten Brennstoffleistung für verschiedene Wärmeerzeuger in Hotels in den Kalenderwochen 5, 18, 31 und 44 des Jahres 2011                    | 116 |
| Bild 5-15 | Jahresdauerlinie der normierten Brennstoff-Leistung in verschiedenen Hotels im Jahr 2011   | 117 |
| Bild 5-16 | Wochenprofile für eine hochtechnisierte Berufsschule (Schule 2), eine kooperative Gesamtschule (Schule 4) und eine Grundschule im Passivhausstandard (Schule 8)    | 119 |
| Bild 5-17 | Vergleich der Jahresdauerlinien der normierten, elektrischen Leistung für verschiedene Schultypen  | 120 |
| Bild 5-18 | Geordnete Jahresdauerlinien der normierten elektrischen Leistung für unterschiedliche Gebäudekategorien als Mittelwerte über mehrere, gleichartig genutzte Gebäude | 121 |
| Bild 5-19 | Jahresdauerlinie der normierten Brennstoff-Leistung in verschiedenen Hotels im Jahr 2011   | 121 |
| Bild 6-1  | Ergebnisdarstellung eines Variantenvergleichs mit dem TEK-Wirtschaftlichkeitstool TEK-WiBe-2.5 auf der Basis von mittleren jährlichen Gesamtkosten                 | 122 |
| Bild 6-2  | Anzahl Datenbankeinträge in die TEK-Kosten-DB in der Feldphase, nach Häufigkeit geordnet   | 123 |
| Bild 6-3  | Überblick über die in der TEK-Feldphase an 75 Gebäuden vorgeschlagenen Maßnahmen, nach Häufigkeit der Nennung sortiert   | 124 |
| Bild 6-4  | Struktur und Beziehungen der Datenbanktabellen in der zentralen TEK-Datenbank  | 126 |

## Tabellenverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Tabelle 2-1 Beschreibung der Einstellungen der untersuchten TEK-Berechnungsvarianten   | 3  |
| Tabelle 3-1 Verteilung der Baualtersklassen und der Nettogrundflächen der Gebäude in der TEK-Datenbank   | 5  |
| Tabelle 3-2 Mittlerer, flächengewichteter Anteil gebäudetechnischer und nutzerspezifischer Systeme am elektrischen Energiebedarf in 10 öffentlichen Verwaltungsgebäuden      | 9  |
| Tabelle 3-3 Spezifische geometrische Parameter der Gebäudehülle aus der TEK-DB nach Gebäude-Unterkategorien differenziert  | 13 |
| Tabelle 3-4 Spezifische Bauteilflächen in der Definition der Referenz-TEKs   | 21 |
| Tabelle 3-5 Fehlerarten bei statistischen Entscheidungen   | 43 |
| Tabelle 3-6 Faktoren $f_{kor}$ der Korrekturfunktionen $f_{V/B}$ für die drei signifikanten Gebäudekategorien und beispielhafte Werte der unabhängigen Variablen             | 58 |
| Tabelle 3-7 Faktoren $f_{kor,elt}$ der Korrekturfunktionen $f_{V/B}^{elt}$ für die beiden signifikanten Gebäudekategorien und beispielhafte Werte der unabhängigen Variablen | 62 |
| Tabelle 3-8 Beschreibung der Einstellungen der untersuchten TEK-Einstellungsvarianten – Bauteilkennwerte der thermischen Gebäudehülle  | 69 |
| Tabelle 3-9 Beschreibung der Einstellungen der untersuchten TEK-Einstellungsvarianten - Beleuchtung  | 73 |
| Tabelle 3-10 Strategisches Einsparpotenzial ohne und mit Korrekturfaktoren für den Bedarf (Kategorie Büro, Verwaltung) ausgedrückt in spezifischen Energiekennwerten         | 84 |
| Tabelle 3-11 Anteile der verschiedenen Flächenkategorien an der Nettogrundfläche für Hotelgebäude (4-5 Sterne) aus der TEK-Datenbank   | 88 |
| Tabelle 3-12 Anteile der typischen Nutzungszonen an der HNF und der NNF für Hotelgebäude (4-5 Sterne) aus der TEK-Datenbank  | 89 |
| Tabelle 4-1 Vergleich der Hochrechnungsergebnisse aus Kurzzeitmessungen mit Langzeitmessungen für ausgewählte Gebäude Es ist eine ungültige Quelle angegeben.                | 93 |