

Energetische Analyse von Nichtwohngebäuden im Bestand



BA Patrick Burggraf,
Hochschule Offenburg, (Foto);
Prof.-Dr.-Ing. Evgenia Sikorski,
Hochschule Offenburg;
Dr.-Ing. Doreen Kalz,
Fraunhofer Institut für Solare
Energiesysteme ISE, Freiburg

Gebäude sind mit 35% am Endenergieverbrauch in Deutschland entsprechend 2.940 PJ beteiligt. Das entspricht einem Ausstoß von 342 Mio. t CO₂ für Raumheizung, Klimakälte und Beleuchtung¹. Die Reduzierung dieses Anteils ist ein wesentlicher Baustein zur Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung und einer nachhaltigen Energieversorgung. Innerhalb der Europäischen Union treiben vor allem drei Richtlinien die gemeinsamen Ziele voran: die Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD), die Richtlinie zur umweltgerechten Gestaltung energiebezogener Produkte (Ecodesign; ErP) und die Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (RES)². In Deutschland ist die EPBD durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) umgesetzt. Sie definiert einen gesamtheitlichen Ansatz für Gebäude und legt Anforderungen an

deren Primärenergiebedarf fest. Am 1. Oktober 2009 trat die jüngste Novelle der nationalen „Energieeinsparverordnung“ (EnEV) – erstmals aufgelegt im Jahr 2002 – in Kraft: Mit der EnEV 2009 haben sich die primärenergetischen Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden deutlich verschärft.

Speziell im Gebäudebestand weist das Land Baden-Württemberg – wie fast alle europäischen Regionen – erhebliches Energiesparpotential auf. Durch den Beschluss der Energieeinsparverordnung wurde ein gesetzlicher Grundstein zur sukzessiven Verbesserung des energetischen Zustandes landeseigener Gebäude gelegt. Die landeseigenen Gebäude von Baden-Württemberg, dazu gehören beispielsweise Schulen und Verwaltungsgebäude, umfassen eine Nettogrundfläche von ca. 11,5 Mio m² (Stand 2008)³. Die Aufteilung

dieser Gebäude nach dem Gebäudealter (Abbildung 1) zeigt dabei ein erhebliches energetisches Einsparpotential im Vergleich zum heutigen Standard. Ca. 78% der bestehenden Landesgebäude wurden bereits vor der Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung erbaut. Rund 40% des Endenergieverbrauches und etwa 30% der gesamten CO₂-Emission des Landes Baden-Württemberg fallen allein auf die Beheizung und die Warmwasserbereitung für den landeseigenen Gebäudebestand ab. Eine Untersuchung des Landes Baden-Württemberg führte zu dem Ergebnis, dass von den 11,5 Mio m² Nettogrundfläche ca. 9,5 Mio m² ein durchschnittliches Einsparpotential durch Sanierungsmaßnahmen von 40 bis 50% aufweisen⁴. Dementsprechend formuliert die Landesregierung das Ziel, den Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasserbereitung

im Land von 103 TWh im Jahr 2007 auf 77 TWh im Jahr 2020 zu senken⁵.

Um ein Gebäude effektiv sanieren zu können, ist eine ausführliche Analyse der energetischen Schwachstellen notwendig. Bei Nichtwohngebäuden, beispielsweise bei Verwaltungs- oder Bürogebäuden, existieren große wirtschaftliche Einsparpotenziale. Neben dem Heizenergieverbrauch liegen sie insbesondere beim elektrischen Energieverbrauch für Beleuchtung, Lüftung, Klimatisierung und Arbeitshilfen. Eine korrekte Bewertung des energetischen Zustandes und die Berechnung einzelner Verlustanteile sowie einzelner Energiekennwerte sind aber aufgrund komplexer Energieflüsse mit hohem Aufwand verbunden. Vor diesem Hintergrund werden im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technology geförderten Forschungsprojekts „Teilenergiekennwerte von Nicht-Wohngebäuden“ (Förderkennzeichen 0327431J

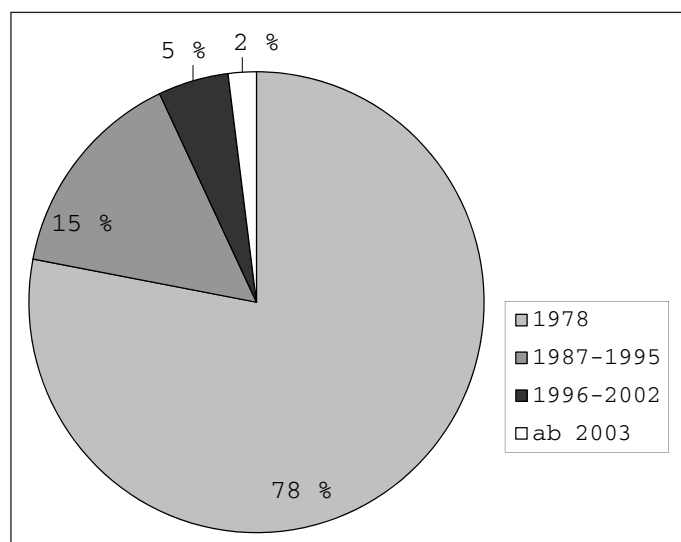


Abbildung 1: Aufteilung des Gebäudebestandes landeseigener Gebäude von Baden-Württemberg nach deren Baualterklasse (Stand 2008). Quelle: Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg-Energiekonzept 2020 des Landes Baden-Württemberg, 2009, Stuttgart.

¹ Wietschel et. al (2010): Energietechnologien 2050 – Schwerpunkte für Forschung und Entwicklung. ISL-Schriftenreihe „Innovationspotenziale“. Fraunhofer Verlag, Stuttgart.

² BDH Studie Effiziente Systeme und erneuerbare Energien: Technologie- und Energieforum.

³ Finanzministerium Baden-Württemberg. Konzept zur energetischen Sanierung und zum Einsatz erneuerbarer Energien bei landeseigenen Liegenschaften, 2008.

⁴ Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg – Energiekonzept 2020 des Landes Baden-Württemberg, 2009, Stuttgart.

⁵ Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg- Energiekonzept 2020 des Landes Baden-Württemberg, 2009, Stuttgart.

⁶ Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) Darmstadt. Webseite: tektool.iwu.de.

Teilenergiekennwerte)⁶ Werkzeuge für die energetische Analyse von bestehenden Nichtwohngebäuden entwickelt. Das Projekt zielt darauf ab, eine Analyse der energetischen Schwachstellen eines Gebäudes durchzuführen und daraus resultierend erste Modernisierungsempfehlungen zu treffen.

Vom Institut für Wohnen und Umwelt in Darmstadt (IWU) wurde unter Mitwirkung des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) ein Tool „TEK-Tool“ (von TeilEnergieKennwerte) entwickelt, um Bestandsgebäude ohne die zeitintensive Eingabe detaillierter Gebäudeparameter auf der Grundlage der DIN V 18599 energetisch zu bewerten.

Im TEK-Tool werden den Energiekennwerten der einzelnen Gewerke also Heizung und Warmwasser, Kälte, Beleuchtung, Luftförderung, Dampf und Hilfsenergien Vergleichswerte aus der EnEV 2009 gegenübergestellt, um das Gebäude mit dem heutigen Standard vergleichen zu können. Darauf aufbauend können anschließend, Sanierungsvorschläge gemacht werden. Voraussetzung für die Bewertung im TEK-Tool sind Verbrauchsmesswerte für

Strom und Wärme, die entweder aus der Verbrauchserfassung oder über eine Kurzzeitmessung mit anschließender Hochrechnung gewonnen werden. Für die Hochrechnung von Jahreswerten aus Kurzzeitmessungen wurden am Fraunhofer ISE im Rahmen des Projektes Methoden entwickelt.

Das TEK-Tool wird zurzeit an 75 Gebäuden auf ihre Praxistauglichkeit getestet und entsprechend validiert. Eines der untersuchten Gebäude ist das aus den 70er-Jahren stammende Kollegiengebäude II (KG II) der Pädagogischen Hochschule Freiburg, ein Verwaltungs- und Lehrgebäude des Landes Baden-Württemberg (Abbildung 2). Die Verwaltungsinstitution des KG2, Vermögen und Bau Baden-Württemberg Amt Freiburg, plant für dieses Gebäude eine umfassende energetische Sanierung und unterstützte die Untersuchung mit Informationen und Verbrauchsdaten des Gebäudes.

Das KG II wurde im Jahr 1970 und somit vor der Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung erbaut. Neben der Hauptnutzung als Verwaltungsgebäude befinden sich im Gebäude Unterrichts- und Seminarräume, die für den

Lehrbetrieb genutzt werden. Die Besonderheit des KG II liegt darin, dass es eine Art Funktionsbau ist, den es in dieser Art mehrfach in Baden-Württemberg gibt. Das Gebäude besitzt eine Nettogrundfläche von 4.000 m², die sich auf 4 Geschosse aufteilt. Die Gebäudebeheizung erfolgt über das hochschuleigene Nahwärmenetz mit direkter Einspeisung in die Heizgruppen des KG II. Die Wärmeübergabe erfolgt mittels Heizkörpern, die über ein Zweirohrnetz mit Heizungswasser versorgt werden. Das Verteilnetz wurde seit Erbauung des KG II nicht erneuert und entspricht somit dem Standard von 1970. Vor- und Rücklauf der Fernwärmeleitung am Hausanschluss sind mit einem Wärmemengenzähler ausgerüstet; die monatliche Verbrauchserfassung erfolgt mittels der Gebäudeleittechnik. Eine Warmwasserversorgung sowie eine aktive Lüftung und Kühlung sind im KG II nicht installiert.

Die Gebäudehülle ist nach dem Prinzip der „Bandfassade“ aufgebaut. Diese besteht abwechseln aus einem Band massiver Betonplatten mit darunterliegender Dämmung (WLG 050, 6 cm) und einem Fensterband. Die Fassade weist auffällig große Undichtigkeiten auf, die innerhalb

des Gebäudes teilweise zu Zugserscheinungen und somit Komforteinbußen führen.

Die energetische Bewertung des Gebäudes mit Hilfe des TEK-Tools umfasst folgende Schritte:

- 1) Grafisches Benchmarking der Verbrauchswerte der Wärmeträger wie Gas und Fern-/Nahwärme und Benchmarking der Verbrauchswerte elektrischer Energie mit Vergleichswerten aus der EnEV 2009.
- 2) Vergleich der gemessenen Verbrauchswerte und berechneter Bedarfswerte durch Bildung eines Vergleichsfaktors.
- 3) Berechnung der Energiekennwerte der einzelnen Gewerke wie Dampf, Kälte, Lüftung, Heizung, Warmwasser Beleuchtung, Arbeitshilfen und Hilfsenergien auf der Grundlage der DIN V 18599.
- 4) Grafische Teilenergiekennwertbewertung der einzelnen Gewerke mit Vergleichswerten aus der EnEV 2009.

Benchmarking der Verbrauchswerte

Für das Benchmarking werden die Jahresmittelwerte der Verbrauchswerte aus mindestens drei Jahren für Wärme und Strom den Vergleichswerten



Abbildung 2: Kollegiengebäude KG II der Pädagogischen Hochschule Freiburg. Quelle: Fraunhofer ISE.

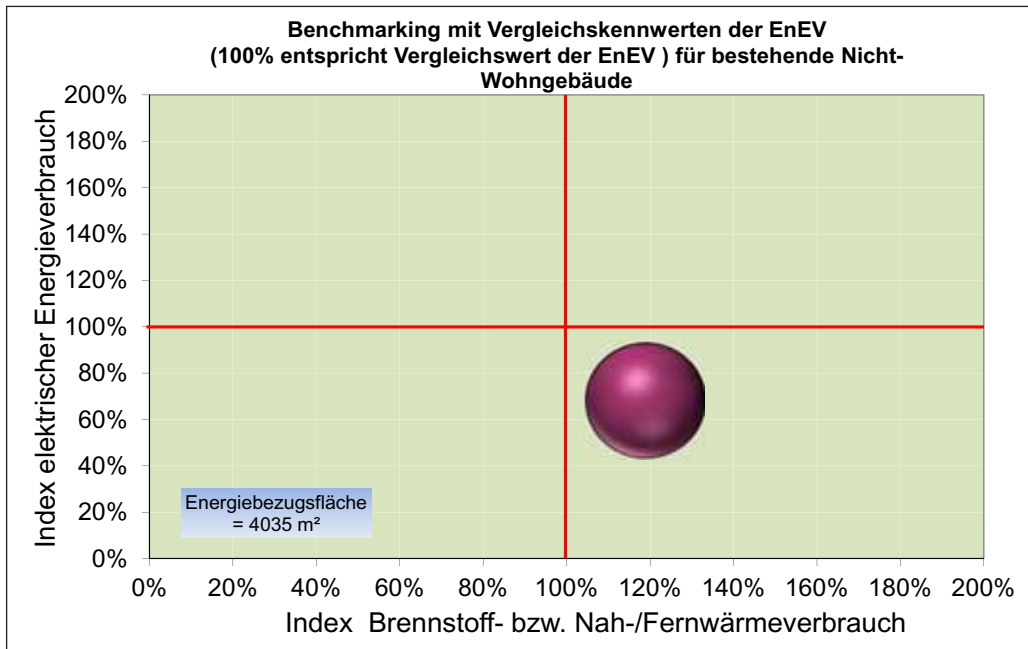


Abbildung 3: Benchmarking des gemessenen Energieverbrauches durch den Vergleich mit den Referenzwerten aus der EnEV2009 im TEK-Tool.



Abbildung 4: Teilenergiekennwertbewertung der einzelnen Gewerke im KG II.

ten der vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung veröffentlichten

Bekanntmachung „Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand“⁷ gegenübergestellt. Dafür wird die gesamte Grundfläche des Gebäudes in dessen unterschiedliche Nutzungskategorien aufgeteilt, d.h. für das untersuchte KG II-Gebäude

gehören 68% zur Kategorie „Verwaltungsgebäude mit normaler technischer Ausstattung“ und 32% zur Kategorie „Hörsaalgebäude“.

Aus der entsprechenden Aufteilung wird ein für das gesamte Gebäude charakteristischer Kennwert bzw. Index des Heizwärme- und Strom-

verbrauches gebildet, der mit erfassten Verbrauchsdaten aus dem Betriebsjahr 2010 verglichen wird (Abbildung 3). Der Ist-Wert des untersuchten Gebäudes ist dabei als Prozentwert der im TEK-Tool hinterlegten Referenzwerte aus der EnEV 2009 angegeben, d.h. ein Wert von 100% entspricht dem Referenzwert aus der EnEV 2009, der den heutigen durchschnittlichen Standard aufzeigt.

Das Benchmarking der Verbrauchswerte des KG II zeigt, dass der Wärmeverbrauch bei einem Index von ca. 120% und somit um 20% über dem Vergleichswert für diese Bauwerkskategorie liegt. Daraus folgt ein anzunehmendes, energetisches Einsparpotential für die Wärmeversorgung. Die Höhe des Einsparpotentials liegt hier laut Rechnung bei 20% im Vergleich zu heutigem Standard, was eigentlich eher als gering gilt. Beim Vergleich der Stromverbrauchswerte für Beleuchtung und Bürogeräte mit Referenzwerten konnte beim KG II nur auf Kurzzeitmessungen über einen Zeitraum von zwei Monaten zurückgegriffen werden. Während dieser Messperiode wurde für das Gebäude ein Stromverbrauch von 13.270 kWh gemessen. Aus der Verbrauchsmessung wurde auf Basis von im TEK-Tool hinterlegten Algorithmen Jahresverbrauchswerte für Strom hochgerechnet (Abbildung 3). Aus dieser Hochrechnung resultiert ein für das KG II berechneter Jahresstromverbrauch von 92.737 kWh. Das Benchmarking zeigt bei diesem Verbrauchswert eine leichte Unterschreitung des Stromverbrauches im Vergleich zu heutigem Standard. Die Ursachen dafür liegen in der geringen technischen Ausstattung im Bereich der Gebäudetechnik, d.h. es gibt keine Lüftungsanlage und keine Gebäudekühlung.

⁷ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleich im Nichtwohngebäudebestand. Berlin 2009.

Vergleich Verbrauchs- und Bedarfswerte

Im nächsten Schritt der Gebäudeanalyse wird im TEK-Tool eine Energiebilanzrechnung in Anlehnung an die DIN V 18599 durchgeführt. Im TEK-Tool selbst stehen dazu für jedes Gewerk separate Berechnungsblätter zur Verfügung, in denen die einzelnen Verbraucher wie beispielsweise die Wärmeabgabesysteme, Lüftungsanlagen oder die Beleuchtungseinrichtung eingegeben und analysiert werden können. Die Eingabe von Gebäudedaten, die zur energetischen Bewertung und Analyse notwendig ist, wurde stark vereinfacht und mit Standardwerten hinterlegt. Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung werden unter Nutzung von im Gebäude ablesbaren technischen Daten abgebildet. Diese Vorgehensweise reduziert deutlich den Aufwand für Erfassung und Abbildung von Gebäuden und haustechnischen Anlagen. Selbst komplexe Gebäude können so schnell und effizient abgebildet werden. Als Ergebnis der Berechnung im TEK-Tool stehen Gesamtverbrauchskennwerte der einzelnen Gewerke zur Verfügung. Der berechnete Jahresheizwärmebedarf des Gebäudes KG II beträgt 415.605 kWh bzw. 103 kWh/(m²a) und weicht damit lediglich 2% von den gemessenen Verbrauchswerten ab.

Zusätzlich wurde das Bestandsgebäude KG II ebenfalls mit dem etablierten Programm „Passivhausprojektierungspaket 2007“ (PHPP 2007⁹) analysiert. Der berechnete Jahresheizwärmebedarf beträgt nach PHPP2007 410.613 kWh/a bzw. 101 kWh/

(m²a); das entspricht damit einer Abweichung von 6% zum gemessenen Verbrauchswert.

Bestimmung von Energiekennwerten

Auf der Grundlage der Energiebilanzrechnung wird mit dem TEK-Tool die Aufteilung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs sowie der CO₂-Emission für die unterschiedlichen Gewerke dargestellt. Von der auf dem PH Campus gelegenen Fern- bzw. Nahwärmeübergabestation müssen zusätzlich die Wärmemengen zum Ausgleich der Verteilverluste bereitgestellt werden. Diese Verteilverluste werden mittels Angabe des Leitungsnetzes (Länge, Dämmung) berechnet. Auf diese Weise können für die einzelnen Gewerke deren Energiekennwerte berechnet und auf den Gesamtprimärenergiebedarf des Gebäudes aufgeteilt werden.

Bewertung der Teilenergiekennwerte

Durch die Bewertung der einzelnen Gewerke mit Vergleichswerten kann nun entsprechend eine Schwachstellenanalyse durchgeführt werden. Der Beitrag der einzelnen Gewerke zum Gesamtprimärenergiebedarf des Gebäudes wird grafisch dargestellt (Abbildung 4), wobei die Größe der Blase sowie die vertikale Position den Anteil der Primärenergie darstellen. Bei der Teilenergiekennwertbewertung werden die Energiebedarfswerte der Gewerke auf Zonenebene mit typischen tabellierten Teilenergiekennwerten verglichen⁸. Für den Heizfall wird insbesondere der Einfluss der Gebäudehülle für eine Bedarfsreduktion deutlich. Der berechnete mittlere U-Wert der Gebäudehülle beträgt ca. 2.2 W/(m²K). Der Lüftungswärmeverlust aufgrund von Undichtigkeit beträgt im Bestandsgebäude rund 20 kWh/(m²a). Weiterhin gibt die Analyse der Teilenergie-

kennwerte einen Hinweis auf relativ hohe Wärmeverluste über das Heizungsverteilsystem (16 kWh/(m²a)).

Zusammenfassung

Das Tool „Teilenergiekennwerte“ dient aufgrund seines einfachen Aufbaus und der hinterlegten Standardwerte einer ersten energetischen Analyse von Bestandsgebäuden. Der Vergleich von Verbrauchswerten und Referenzwerten ermöglicht eine schnelle und übersichtliche Analyse von Schwachstellen und gibt erste Hinweise auf Sanierungsmaßnahmen.

Vorteilhaft ist insbesondere der deutlich reduzierte Arbeitsaufwand für die Eingabe der Gebäudedaten. Aufgrund der im TEK-Tool umfangreich hinterlegten Standard- und Referenzwerte ist die zeitaufwendige Beschaffung und Aufbereitung von Gebäudedaten wesentlich geringer. Auch komplexe Gebäude- und Verbrauchsstrukturen können somit schnell abgebildet und analysiert werden. ◀

⁸ Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) Darmstadt. Webseite: tektool.iwu.de.

⁹ PHPP Passivhaus Projektierungspaket vom Passivhaus Institut Darmstadt PHPP Passivhaus Projektierungspaket.