

C

Bauphysikalische Nachweisverfahren

C 1 Bilanzierungsverfahren nach DIN V 18599

Hans Erhorn, Kati Jagnow

Dipl.-Ing. Hans Erhorn
Fraunhofer Institut für Bauphysik
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

1975 Diplom Versorgungstechnik TFH Berlin. 1975–1979 freiberufliche Mitarbeit in beratendem Ingenieurbüro. 1977–1980 Lehrauftrag TFH Berlin. 1980 Diplom Umwelttechnik TU Berlin. 1979–1984 wiss. Assistent im Fachgebiet Bauphysik der Universität Essen. Seit 1984 Leiter der Abteilung Wärmetechnik im Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart, Holzkirchen und Kassel. Seit 1992 Lehrauftrag Universität Stuttgart. Seit 1998 Operating Agent in Forschungsvorhaben der Internationalen Energie Agentur (IEA). Seit 1999 Koordinator der Begleitforschung im nationalen BMWi-Forschungsförderprogramm „EnSan – Energetische Sanierung der Bausubstanz“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Seit 2003 Obmann des NABau/NHRS/FNL-Gemeinschaftsausschusses „Energetische Bewertung von Gebäuden (DIN 18599)“ und nationaler Delegierter in der CEN EPBD-Coordinationgroup. Seit 2004 Koordinator des integrierten EU-Projekts „BRITA in PuBs EPBD Concerted Action project“, nationaler Berater im EU-EPBD Artikel 14 Committee und nationaler Repräsentant in diversen EU-Projekten zur Umsetzung der EU-EPBD Richtlinie.



Dr.-Ing. Kati Jagnow
Wilhelm-Raabe-Str. 9, 38855 Wernigerode

1997–2001 Studium der Technischen Gebäudeausrüstung an der Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel, 2001–2004 Promotion an der Universität Dortmund, Fakultät Bauwesen zum Thema Qualitätssicherung der Heizungsanlagentechnik. Seit 1999 Mitglied des VDI – derzeit im Arbeitskreis VDI 3807 Verbrauchskennwerte für Gebäude, seit 2000 Mitarbeit an den Normen zur EnEV und EU-Gebäuderichtlinie (DIN V 4701-10 sowie derzeit DIN V 18599). 2001–2003 wissenschaftliche Mitarbeit am Trainings- und Weiterbildungszentrum Wolfenbüttel e. V. an der Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel. Seit 2004 selbständig – Schwerpunkte: Begleitung von Feldprojekten zur Energiebilanzierung und Qualitätssicherung; Erstellung von Energiegutachten und Optimierungskonzepten; Qualifizierung von Energieberatern in verschiedenen Einrichtungen.



Bauphysik-Kalender 2007

Herausgegeben von Nabil A. Fouad

Copyright © 2007 Ernst & Sohn, Berlin

ISBN: 978-3-433-01868-2

Inhalt

- 1 Einführung** 239
- 2 Energetische Bilanzierung** 239
 - 2.1 Der Bilanzraum 239
 - 2.2 Struktur des Gebäudemodells 240
 - 2.3 Der integrale Ansatz 241
 - 2.4 Die Bilanzierungsschritte 244
 - 2.5 Bilanz der Nutzenergie 245
 - 2.5.1 Nutzenergie für Beleuchtung 245
 - 2.5.2 Nutzenergie für Trinkwarmwasser 246
 - 2.5.3 Nutzenergie für Heizwärme und Kühlbedarf einer Zone 246
 - 2.5.4 Aufteilung des Nutzwärme/-kältebedarfs auf mehrere Versorgungssysteme 247
 - 2.5.5 Nutzenergie der Luftaufbereitung und Wohnungslüftung 247
 - 2.5.6 Nutzenergiebedarf für die Konditionierung eines Gebäudes 248
 - 2.6 Endenergiebewertung 248
 - 2.6.1 Bilanzierung der Verluste für Übergabe, Verteilung und Speicherung 248
 - 2.6.2 Endenergie der thermischen Energien und Verluste der Erzeugung 251
 - 2.6.3 Endenergie für Beleuchtung 252
 - 2.6.4 Endenergie der Hilfsenergien 252
 - 2.6.5 Endenergie je nach Energieträger 253
 - 2.7 Primärenergiebewertung 254
- 3 Beispielhafte Anwendung** 254
 - 3.1 Konditionierung im Beispielgebäude 255
 - 3.1.1 Lüftung 255
 - 3.1.2 Raumheizung 256
 - 3.1.3 Raumkühlung 256
 - 3.1.4 Beleuchtung 256
 - 3.2 Zonierung 256
 - 3.2.1 Kriterien bei der Zonierung 257
 - 3.2.2 Zonierung des Beispielgebäudes 257
 - 3.2.3 Praktikables Zusammenfassen 257
 - 3.2.4 Bildung von Beleuchtungsbereichen 259
 - 3.3 Beispielrechnung 260
 - 3.3.1 Ungeregelte Einträge durch Systemverluste 260
 - 3.3.2 Berechnung der zweiten Zone „Großraumbüro“ 261
 - 3.3.3 Gesamtergebnis 265
 - 3.4 Variationen im Beispielgebäude 266
 - 3.4.1 Abbildung der Sanitärräume in einer separaten Zone 267
 - 3.4.2 Fensterlüftung anstelle vollständiger Belüftung über RLT-Anlage 267
 - 3.4.3 VVS-Anlage im Großraumbüro 267
 - 3.4.4 Nur-Luft-Anlage (KVS) im Großraumbüro mit vollständiger Deckung des Kühlbedarfs der Gebäudezone 269
 - 3.4.5 Vernachlässigung der Entspeicherung am Wochenende 269
 - 3.5 Ergebnisbewertung 270
 - 3.6 Fehlerabschätzung 272
- 4 Die Umsetzung der Methode in die Praxis** 273
 - 4.1 Politische Vorgaben 273
 - 4.2 Deutsche Umsetzung der EU-EPBD 273
 - 4.3 Die deutsche Bewertungsmethode 274
 - 4.4 DIN V 18599 – ein ganzheitlicher Ansatz 275
 - 4.5 DIN V 18599 im internationalen Vergleich 279
- 5 Zusammenfassung** 280
- Danksagung** 281

1 Einführung

Gebäude stellen für umweltspezifische Anforderungen eine besondere Herausforderung dar, da es sich bei ihnen um langlebige Produkte handelt, die sowohl für ihre Erstellung als auch während ihrer Lebensdauer Energie benötigen. Europaweit hat sich hierbei in besonderem Maße die Reduzierung des Kühlenergiebedarfs von Nichtwohngebäuden als eine signifikante Größe herauskristallisiert. Mit der Ende 2002 erlassenen EU-Richtlinie „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ ergibt sich ab dem Jahr 2006 europaweit die Anforderung, nicht nur Wohngebäude sondern auch Nichtwohngebäude, nicht nur die Raumheizung sondern auch die Kühlsysteme, die Lüftungssysteme und die Beleuchtungssysteme sowie die Gebäudekonstruktion in eine ganzheitliche Bewertung der energetischen Effizienz von Gebäuden einzubeziehen. Die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden soll, gemäß der EU-Richtlinie, nach einer Methode berechnet werden, die regional differenziert werden kann und bei der zusätzlich zur Wärmedämmung auch andere Faktoren einbeziehbar sind wie beispielsweise Heizungssysteme und Klimaanlage, Nutzung erneuerbarer Energieträger und unterschiedliche Konstruktionsarten des Gebäudes. Für die Entwicklung der Methodik wurde im DIN ein 40-köpfiger Gemeinschaftsausschuss der Fachbereiche Bauwesen (NABau), Heiz- und Raumlufttechnik (NHRS), sowie Lichttechnik (FNL) gegründet, mit dem eine kooperative und gewerkeübergreifende Diskussionsplattform bereit stand. Ergänzend konnten im parallel laufenden, vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderten Projekt SANIREV II Grundlagenarbeiten bereitgestellt werden. So konnte für die nationale Umsetzung der EU-Richtlinie in Deutschland ein gemeinsames, durchgängiges normatives Verfahren für die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden entwickelt und in der DIN V 18599 veröffentlicht werden. Die entwickelten Algorithmen erlauben die Beurteilung aller Energiemengen, die zur bestimmungsgemäßen Heizung, Warmwasserbereitung, raumluftechnischen Konditionierung und Beleuchtung von Gebäuden notwendig sind. Dabei werden auch die gegenseitige Beeinflussung von Energieströmen und die daraus resultierenden planerischen Konsequenzen berücksichtigt. Die Methodik ist geeignet, den langfristigen Energiebedarf für Gebäude oder auch Gebäudeteile mit raumluftechnischen Anlagen zu ermitteln und die Einsatzmöglichkeiten erneuerbarer Energien

für Gebäude abzuschätzen. Die dokumentierten Algorithmen sind anwendbar für die energetische Bilanzierung von:

- Wohn- und Nichtwohnbauten,
- Neubauten und Bestandsbauten.

2 Energetische Bilanzierung

Die energetische Bilanzierung eines Gebäudes mit seiner Anlagentechnik kann je nach Aufgabenstellung (z.B. öffentlich-rechtlicher Nachweis, Energieberatung usw.) einen unterschiedlichen Umfang haben. So kann bei der Energieberatung die Bilanz des Energiebedarfs auf bestimmte Bereiche (z.B. Heizung, Be- und Entlüftung, Klimatisierung, Trinkwarmwasserbereitung, Beleuchtung usw.) begrenzt werden. Für den öffentlich-rechtlichen Nachweis des Energiebedarfs ist der Bilanzumfang fest vorgegeben und umfasst für Nicht-Wohngebäude alle für die Konditionierung notwendigen Bau- und Energiesysteme. Bei Wohngebäuden wird häufig die Bilanzierung auf die Systeme zur Beheizung, Belüftung und zur Warmwasserbereitung begrenzt.

2.1 Der Bilanzraum

Die Energiebilanz eines konditionierten Gebäudes sollte eine gemeinschaftliche Bewertung des Baukörpers, der Nutzung und der Anlagentechnik unter Berücksichtigung der gegenseitigen Wechselwirkungen umfassen, das bedeutet die Energieaufwendungen für

- Heizung,
- Lüftung,
- Klimatisierung (einschließlich Kühlung und Befeuchtung)
- Trinkwarmwasserversorgung,
- Beleuchtung

von Gebäuden einschließlich der Stromaufwendungen (Hilfsenergien), die unmittelbar für die Energieversorgung erforderlich sind.

Bild 1 zeigt den Umfang der in die Bilanzierungsmethode integrierten Systeme aus Gebäude- und Anlagentechnik. Sowohl passive Systeme (Sonnenschutz, Gebäudemasse) als auch alle technischen Servicesysteme sind enthalten.

Hierbei ist darauf zu achten, dass die Kennwerte, die den einzelnen Bilanzierungsschritten zugrunde zu legen sind, auch konsistent sind. So hat ein Sonnenschutz seine beste Effizienz, wenn er zur

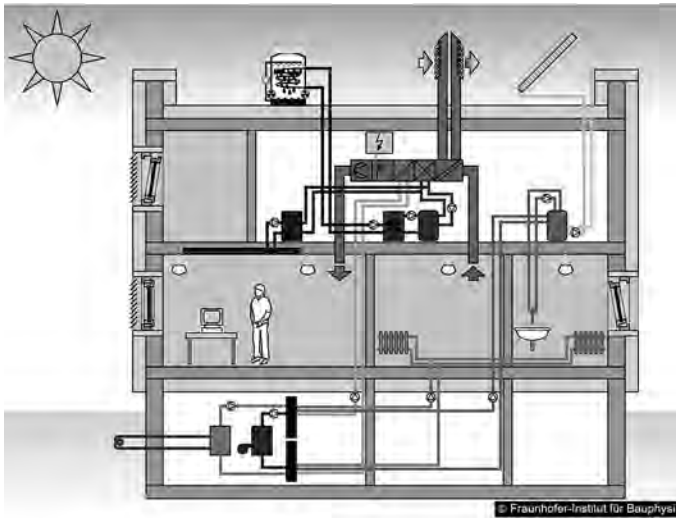


Bild 1. Übersicht der Gebäude- und Anlagensysteme, die in die Bilanzierungsmethode integriert werden

Heizungsunterstützung gar nicht eingesetzt wird, zur Kühlungsunterstützung vollkommen geschlossen ist und zur Beleuchtungsunterstützung ausreichend Tageslicht in den Raum transmittieren lässt. Daher muss darauf geachtet werden, dass für alle Berechnungsvorgänge die gleichen Kennwerte für den Sonnenschutz verwendet werden, um die konkurrierenden Effekte richtig bewerten zu können.

Entscheidend bei der Methode ist auch, dass alle Strategien gleichartig gewichtet werden. So wird die Auswirkung einer Kühldecke auf die Energiebilanz einer Zone in gleicher Weise bewertet werden wie die einer Nachtlüftung. Erst so ist sichergestellt, dass Maßnahmen aus verschiedenen Gewerken vergleichend gegenübergestellt werden können.

2.2 Struktur des Gebäudemodells

Für die Berechnung des Energiebedarfs kann es ggf. erforderlich sein, das Gebäude in Zonen zu unterteilen. Der Energiebedarf des Gebäudes ergibt sich aus der Summe des Energiebedarfs aller Gebäudezonen. Eine Zone umfasst die Räume bzw. den Grundflächenanteil eines Gebäudes, die/der durch einheitliche Nutzungsrandbedingungen (Temperatur, Lüftung, Beleuchtung) gekennzeichnet sind bzw. ist. Sie weist mindestens eine Art der Konditionierung (Heizung, Kühlung, Be- und Entlüftung, Befeuchtung, Beleuchtung und Trinkwarmwasserversorgung) auf. Für jede konditionierte Zone muss, sofern sie beheizt und/

oder gekühlt wird, der Nutzenergiebedarf für Heizung und Kühlung getrennt bestimmt werden. Bei hohem Luftwechsel zwischen verschiedenen Räumen oder Raumgruppen des Gebäudes sind diese grundsätzlich in einer Gebäudezone zusammenzufassen und eine gemeinsame Bilanz des Nutzwärme/-kältebedarfs zu erstellen.

Neben der nutzungsspezifischen Zonierung ist auch noch eine anlagenspezifische Zuordnung vorzunehmen. Dies erfolgt in Form von Versorgungsbereichen. Ein Versorgungsbereich (Heizung, Warmwasser, Lüftung, Kühlung, Beleuchtung usw.) umfasst die Gebäudeteile, die von der gleichen Technik versorgt werden. Ein Versorgungsbereich kann sich über mehrere Zonen erstrecken; eine Zone kann auch mehrere Versorgungsbereiche umfassen. Die Zonen und die in den Berechnungen der einzelnen Technischen Gewerke verwendeten Versorgungsbereiche können voneinander abweichen. Für die Zuordnung der einzelnen gewerkespezifischen Bilanzanteile zu den Zonen gelten dann folgende Regeln:

- Umfasst ein Versorgungsbereich mehr als eine Zone, oder verläuft die Grenzlinie einer Zone durch einen Versorgungsbereich, so ist der Energiebedarf, bzw. die Energieabgabe (Verluste) auf die einzelnen Zonen aufzuteilen.
- Wird eine Zone in mehrere Versorgungsbereiche untergliedert, so ergibt sich der Energiebedarf der Zone als Summe des Energiebedarfs der innerhalb der Zone befindlichen Teilnettoflächen aller Versorgungsbereiche.

2.3 Der integrale Ansatz

Von besonderer Wichtigkeit bei der Bilanzierung der Energieströme in Gebäuden ist die Bewertung der sich gegenseitig beeinflussenden Anteile, wie die Auswirkung von Anlagenverlusten, künstlicher Beleuchtung, Heizung und Klimatisierung auf die Ausnutzung der internen und solaren Gewinne. Auch die Beleuchtung mit Tageslicht muss hier in die Bewertung miteinbezogen werden. Während in der bisherigen deutschen Berechnungsprozedur zur Ermittlung des Heizenergiebedarfs gemäß DIN V 4108-6 in Verbindung mit DIN V 4710-10 diese gegenseitige Beeinflussung nicht berücksichtigt wird – d. h. unterschiedlich große Anlagenverluste beeinflussen nicht den Heizwärmebedarf, sondern werden lediglich bei der Effizienzermittlung der Anlagentechnik berücksichtigt – muss bei einer Erweiterung der Bilanzierungsmethode um die Anteile Beleuchtung und Kühlung eine Korrektur hin zu einem physikalisch korrekteren Modell erfolgen. Indem die Wärmeabgabe der Anlagentechnik als Teil der internen Wärmequellen Berücksichtigung findet, lassen sich die Auswirkungen unterschiedlicher Anlagenausführungen auf den Wärmebedarf und besonders auf den Kühlbedarf eines Raumes realitätsnäher beschreiben. Diese als holistische Berechnungsansatz gekennzeichnete

Methode konnte auch als neuer, genauerer Ansatz in die europäische Normung eingeführt werden und stellt darüber hinaus die Grundlage der künftigen deutschen Bewertungsmethode nach DIN V 18599 dar.

In Bild 2 sind die grundsätzlich unterschiedlichen Bewertungsmethoden wie im relevanten CEN-Dokument prEN 15203 dargestellt. Ausgehend von den Wärmeverlusten der Gebäudehülle und den anfallenden Gewinnen in der zu konditionierenden Zone ergeben sich die erforderlichen Systemanforderungen an das Raumkonditionierungssystem. Dieses System wiederum weist Verluste auf dem Weg zwischen der Erzeugung und dem zu konditionierenden Raum auf. Diese Verluste erhöhen, so sie in den zu konditionierenden Räumen anfallen, die Gewinne der Raumbilanz und damit die Anforderungen an die Raumkonditionierungssysteme. Im Bild 2 ist zum einen im linken Pfad dargestellt, wie diese Systemverluste bisher in Verrechnung gebracht wurden. Die rückgewinnbaren Systemverluste werden pauschal mit den Gesamtverlusten verrechnet, unabhängig von den Möglichkeiten der Nutzbarmachung dieser Verluste in der konditionierten Zone. So wird bei der pauschalen Methode davon ausgegangen, dass in einem Passivhaus genau so viel Wärmeverluste ungedämmter Heizleistungen für Heizzwecke genutzt werden können wie in

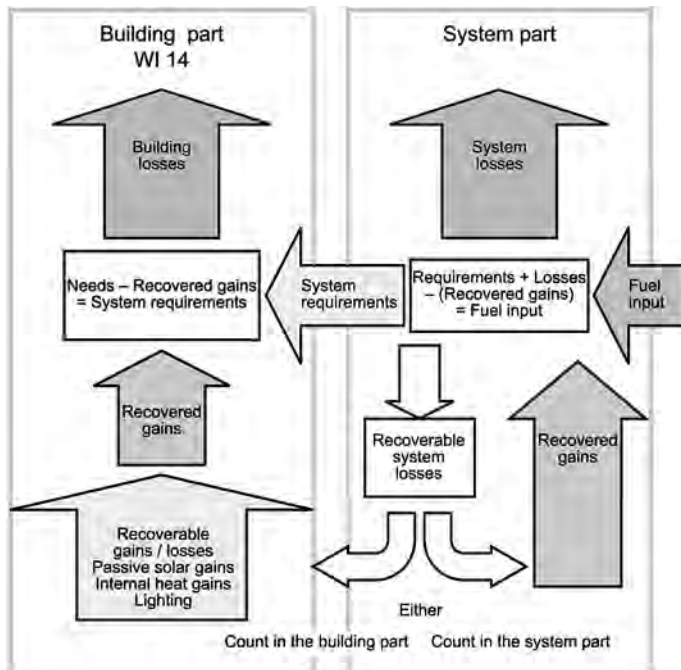


Bild 2. Alternative Möglichkeiten der Verrechnung auftretender Systemverluste bei der Bilanzierung zur Ermittlung des End- und Primärenergiebedarfs, wie in prEN 15203 dokumentiert

Bilanzraum Gebäude (Heizung, Lüftung, Warmwasser, Beleuchtung, Geräte)

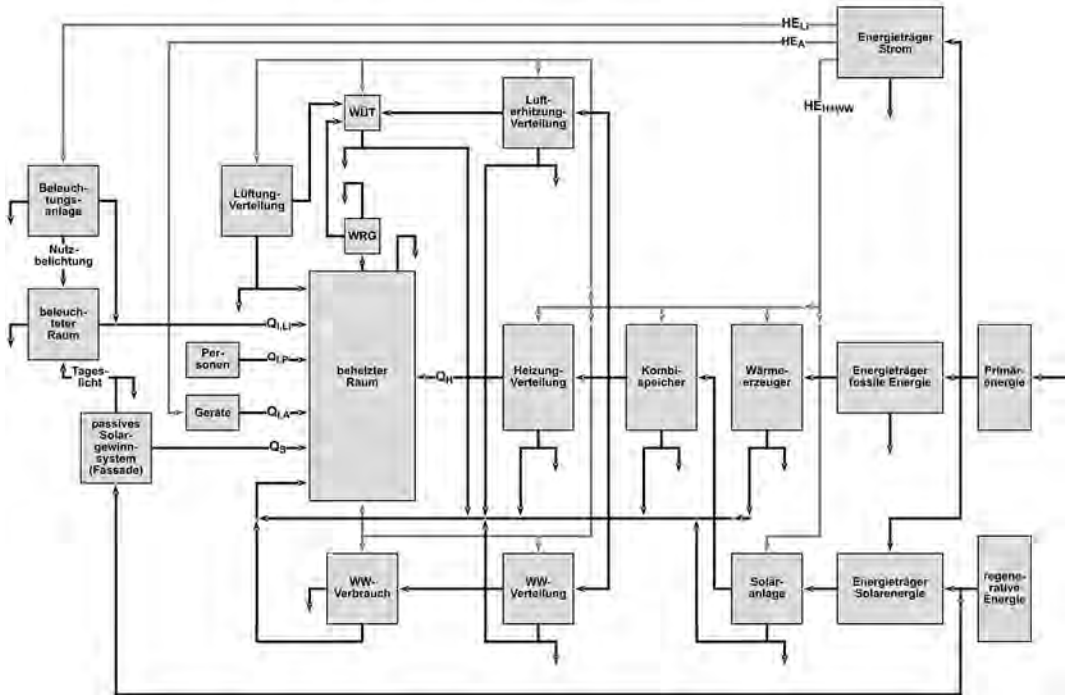


Bild 5. Darstellung der Energiebilanzräume und deren gegenseitige Beeinflussungen für den Gesamt-Bilanzierungsraum Gebäude

sowie die Stillstandsverluste des Speichers, die sich wiederum in einen rückgewinnbaren und einen nicht rückgewinnbaren Anteil aufspalten lassen. Sowohl die abgeforderten Wärmeabgaben wie auch die rückgewinnbaren Stillstandsverluste können als Gewinne in einer anderen Zone in Anrechnung gebracht werden. Als Gewinnterm beim thermischen Speicher können z. B. die Erträge aus einer Solaranlage Berücksichtigung finden. Aus der Differenz der Verluste und Gewinne ergibt sich der System-Energiebedarf, der in diesen Bilanzraum einzutragen ist. Darüber hinaus muss der systembedingte Hilfsenergiebedarf bestimmt werden, der zum Betrieb dieses Bilanzierungsraumes erforderlich ist.

Im Bild 4 sind die einzelnen Bilanzanteile beispielhaft für einen beheizten Raum aufgeführt. Aus dem Bild erkennt man, dass sich die beschriebene Systematik auch durchgängig auf Gebäudesysteme anwenden lässt. So werden auch hier die Verluste, z. B. aus der Lüftung, aufgeteilt in nicht rückgewinnbare Anteile (natürliche Lüf-

tung) und rückgewinnbare (mechanische Lüftung), die wiederum als Eingang für den Bilanzraum Lüftungssystem Berücksichtigung finden. Alle Bilanzräume lassen sich aufgrund ihrer eindeutigen Definition zu einem Gesamtsystem zusammenschließen, wie in Bild 5 exemplarisch dargestellt. Die vier Bilanzräume Heizung, Lüftung, Warmwasser und Beleuchtung sind an den beheizten Raum gekoppelt, die Wärmeabgaben aus den Systemtechnikabschnitten werden ggf. als interne Wärmeabgaben in der Raumbilanz berücksichtigt. Die solaren Raumeinträge werden bei der Berechnung der passiven Gewinne in gleicher Größe berücksichtigt wie bei der Bewertung des Tageslichtanteils bei der Beleuchtung. Die Verlinkung der einzelnen Bilanzräume erfordert allerdings eine iterative Bewertungsprozedur. Die aus der Anlagentechnik anfallenden internen Wärmeabgaben beeinflussen den Heizwärmebedarf des Raumes und der Heizwärmebedarf wiederum beeinflusst die Wärmeverluste der Heizanlage. Analoges gilt für eine energetisch

optimierte Sonnenschutzsteuerung, bei der die Tageslichtausbeute in Konkurrenz zur thermischen Raumbelastung steht. Nach einem festzulegenden Abbruchkriterium kann die Anzahl der erforderlichen Iterationen definiert werden. Alle Berechnungswege führen zur Bestimmung von Endenergieanteilen, die je nach Energieträger primärenergetisch gewichtet werden.

2.4 Die Bilanzierungsschritte

Die erforderlichen Bilanzierungsschritte unter Berücksichtigung des integralen Ansatzes ergeben sich in folgender Reihenfolge:

- Feststellen der Nutzungsrandbedingungen und ggf. Zonierung des Gebäudes nach Nutzungsarten, Bauphysik, Anlagentechnik einschließlich Beleuchtung.
- Zusammenstellung der notwendigen Eingangsdaten für die Bilanzierung der Gebäudezonen (Flächen, bauphysikalische Kennwerte, anlagentechnische Kennwerte, auch Zulufttemperatur und Luftwechsel für geplante Lüftungssysteme).
- Ermittlung des Nutzenergiebedarfs und Endenergiebedarfs für die Beleuchtung sowie Festlegung der hieraus resultierenden Wärmequellen für die Zone.
- Ermittlung der Wärmequellen/-senken durch mechanische Lüftungssysteme in der Zone.
- Bestimmung der Wärmequellen/-senken aus Personen, Geräten und Prozessen (ohne Anlagentechnik) in der Zone.
- Erste (überschlägige) Bilanzierung des Nutzwärme/-kältebedarfs der Zone (getrennt für Nutzungstage und Nichtnutzungstage) unter Berücksichtigung der zuvor ermittelten Wärmequellen/-senken.
- Aufteilung der (überschlägig) bilanzierten Nutzenergie auf die Versorgungssysteme (RLT-System, Wohnungslüftung, Heiz- und Kühlsystem) nach DIN V 18599-5 und DIN V 18599-7 der Zone.
- Ermittlung der auftretenden Wärmequellen durch die Heizung in der Zone (Verteilung, Speicherung, ggf. Erzeugung in der Zone) anhand des überschlägigen Nutzwärmebedarfs der Zone.
- Ermittlung der auftretenden Wärmequellen/-senken durch die Kühlung in der Zone (Verteilung, Speicherung, ggf. Erzeugung in der Zone) anhand des überschlägigen Nutzkältebedarfs der Zone.
- Ermittlung der auftretenden Wärmequellen durch die Trinkwarmwasserbereitung in der Zone (Verteilung, Speicherung, ggf. Erzeugung in der Zone) anhand des Trinkwarmwasserbedarfs der Zone.
- Bilanzierung des Nutzwärme/-kältebedarfs der Zone (getrennt für Nutzungstage und Nichtnutzungstage) unter zusätzlicher Berücksichtigung der zuvor ermittelten, in der Zone anfallenden Wärmequellen/-senken aus Heizung, Kühlung und Trinkwarmwasserbereitung. Die Iteration mit den Schritten 7 bis 11 sind solange zu wiederholen, bis zwei aufeinanderfolgende Ergebnisse für den Nutzwärmebedarf und den Nutzkältebedarf sich jeweils um nicht mehr als eine festzulegende Differenz voneinander unterscheiden. Zur Sicherstellung einer möglichst guten Genauigkeit sollte die Ergebnisdifferenz 1 % nicht überschreiten.
- Ermittlung des Nutzenergiebedarfs für die Luftaufbereitung und ggf. Saldierung des Nutzkühlbedarfs der Zonen (VVS-Anlagen) inklusive der erforderlichen Hilfsenergie für die Luftförderung.
- Endgültige Aufteilung der bilanzierten Nutzenergie auf die Versorgungssysteme (RLT-System, Wohnungslüftung, Heiz- und Kühlsystem).
- Ermittlung der Verluste der Übergabe, Verteilung und Speicherung sowie der erforderlichen Hilfsenergien für die Heizung (Nutzwärmeabgabe des Erzeugers).
- Ermittlung der Verluste für Übergabe und Verteilung für die luftführenden Systeme.
- Ermittlung der Verluste der Übergabe, Verteilung und Speicherung sowie der erforderlichen Hilfsenergien für die Wärmeversorgung der RLT-Anlagen (Nutzwärmeabgabe des Erzeugers).
- Ermittlung der Verluste der Übergabe, Verteilung und Speicherung sowie der erforderlichen Hilfsenergien für die Kälteversorgung (Nutzkälteabgabe des Erzeugers).
- Ermittlung der Verluste der Übergabe, Verteilung und Speicherung sowie der erforderlichen Hilfsenergien für die Trinkwarmwasserbereitung (Nutzwärmeabgabe des Erzeugers).

- Aufteilung der notwendigen Nutzwärmeabgabe aller Erzeuger auf die unterschiedlichen Erzeugungssysteme.
- Aufteilung der notwendigen Nutzkälteabgabe aller Erzeuger auf die unterschiedlichen Erzeugungssysteme.
- Ermittlung der Verluste bei der Erzeugung von Kälte inklusive der energetischen Aufwendungen für die Rückkühlsysteme sowie der erforderlichen Hilfsenergien.
- Ermittlung der Verluste bei der Erzeugung und Bereitstellung von Dampf für die Luftaufbereitung sowie der erforderlichen Hilfsenergien.
- Ermittlung der Verluste bei der Erzeugung von Wärme in Heiz- und Trinkwasserwärmeerzeugern, Wohnungslüftungsanlagen, BHKWs u. Ä. und ggf. aus der Abwärme der Kältemaschinen sowie der erforderlichen Hilfsenergien.
- Zusammenstellung aller ermittelten Hilfsenergien (z. B. Aufwand für Lufttransport, Pumpen, Regelung, etc.).
- Zusammenstellung der erforderlichen Endenergien für die Heizung, Kühlung, Lüftung, Warmwasserbereitung und Beleuchtung inklusive der erforderlichen Hilfsenergien und Zuordnung zu den unterschiedlich verwendeten Energieträgern.
- Primärenergetische Bewertung der energieträgerbezogenen Endenergieaufwendungen.

2.5 Bilanz der Nutzenergie

Zur Beschreibung des nutzungsspezifischen Gebäudeenergiebedarfs sind also für alle Technischen Gewerke die Nutzenergien zu bestimmen, die unmittelbar aus den Nutzungsprofilen der Zonen resultieren. Unter den Nutzenergien sind zu verstehen:

- Nutzenergie für die Beleuchtung, d. h. die Energiemenge (Strom), die zur ausreichenden Beleuchtung des Gebäudes bzw. der Gebäudezone aufgewendet werden muss;
- Nutzenergie für die Trinkwarmwasserbereitung, d. h. die Energiemenge, die im gezapften Trinkwarmwasser des Gebäudes bzw. der Gebäudezone enthalten ist (ausgehend von der Kaltwassertemperatur als Bezugsgröße);
- Nutzwärmebedarf (Heizwärmebedarf), d. h. die Wärmemenge, die dem Gebäude bzw. der Gebäudezone (bedarfs-)geregelt zugeführt

wird, um die vorgegebene Sollinnentemperatur einzuhalten;

- Nutzkältebedarf (Kühlbedarf), d. h. die Kälteeinträge, die dem Gebäude bzw. der Gebäudezone (bedarfs-)geregelt zugeführt werden, um die vorgegebene Sollinnentemperatur einzuhalten;
- Nutzenergie für die Luftaufbereitung, d. h. die Energiemenge, die zum Erwärmen, Kühlen, Befeuchten und Entfeuchten der Luft in einer raumluftechnischen Anlage zu- bzw. abgeführt werden muss, um den erforderlichen Luftzustand zu erreichen. Grundsätzlich umfasst die Luftaufbereitung dabei die Aufbereitung der Außenluft bis zu einem vorgegebenen Luftzustand, der nicht abhängig vom momentanen Bedarf in der Gebäudezone geregelt ist (Klimazentrale).

Der bilanzierte Nutzwärme- und Nutzkältebedarf in der Gebäudezone ist der über Nacherwärmung/Nachkühlung der Luft, über Erhöhung der Luftmenge oder über andere Heiz- oder Kühlsysteme zu deckende Bedarf, welcher der Einhaltung der Sollinnentemperatur dient. Bei Gebäuden mit raumluftechnischen Anlagen werden der berechnete Nutzwärme- und Nutzkältebedarf in der Gebäudezone je nach Art des Anlagensystems verschiedenen Komponenten des Heiz- und Kühlsystems zugeordnet. Der Nutzwärme- und Nutzkältebedarf wird somit auf mehrere Versorgungssysteme aufgeteilt (Beispiel: Kühlung über raumluftechnische Anlage und Kühldecke). Eine Aufteilung des Nutzwärme- und Nutzkältebedarfs kann auch bei Gebäuden oder Gebäudezonen erfolgen, die keine raumluftechnische Anlage aufweisen, wenn parallel verschiedene Heiz- und Kühlsysteme vorhanden sind (Beispiel: Heizung als Fußbodenheizung und Heizkörperheizung).

Die energetische Effizienz der eingesetzten Anlagentechniken zur Deckung des erforderlichen Nutzenergiebedarfs ergibt sich durch die Verhältnisbildung von Nutzenergiebedarf zu Endenergiebedarf der jeweiligen Konditionierungsaufgabe. Die umweltbezogene Effizienz der eingesetzten Anlagentechniken ergibt sich durch die Verhältnisbildung von Nutzenergiebedarf zu Primärenergiebedarf.

2.5.1 Nutzenergie für Beleuchtung

Die Nutzenergie für die Beleuchtung $Q_{l,b}$ ist die Energiemenge, die zur ausreichenden Beleuchtung des Gebäudes bzw. der Gebäudezone auf-

gewendet werden muss. Bilanzraum ist die Zone, in der Anforderungen an die Beleuchtung gestellt werden. Zusätzliche Aufwendungen, die nicht unmittelbar mit der Aufgabe der Beleuchtung zusammenhängen, wie z. B. Energieaufwendungen für die Regelung, zählen nicht zur Nutzenergie. Die Nutzenergie der Beleuchtung wird in voller Höhe als innere Wärmequelle wirksam, es sei denn es werden Abluftleuchten verwendet. Die hiermit anfallende innere Wärmequelle muss daher gesondert berechnet werden, für alle anderen Beleuchtungssysteme entspricht die Nutzenergie der anfallenden internen Wärmequelle.

2.5.2 Nutzenergie für Trinkwarmwasser

Die Nutzenergie für die Trinkwarmwasserbereitung $Q_{w,b}$ ist die Energiemenge, die im genutzten (d. h. gezapften) Trinkwarmwasser innerhalb des Gebäudes bzw. der Gebäudezone enthalten ist. Ausgehend von der Kaltwassertemperatur als Bezugsgröße, der Zapftemperatur sowie der gezapften Wassermenge wird die Nutzenergie bestimmt.

2.5.3 Nutzenergie für Heizwärme und Kühlbedarf einer Zone

Zur Bilanzierung des Nutzwärmebedarfs (Heizwärmebedarf) und des Nutzkältebedarfs (Kühlbedarf) in der Gebäudezone sind alle Wärmequellen und Wärmesenken zu bestimmen, welche die Energiebilanz des Gebäudes bzw. der betroffenen Gebäudezone beeinflussen. Wärmequellen und Wärmesenken beschreiben Energiezu- und Abflüsse, die nicht direkt über das Heiz- und Kühlsystem zum Zweck der Temperaturregelung dem Raum zugeführt werden. Sie lassen sich in den folgenden vier Kategorien zusammenfassen:

- Es werden Transmissionswärmeströme über opake und transparente Bauteilflächen bilanziert.
- Es werden Lüftungswärmeströme bilanziert, die sich durch geöffnete Fenster (Nutzereingriff) und Fugenlüftung (Infiltration) ergeben. Weiterhin zählen auch die Energieströme zu den Wärmequellen/-senken, die nicht (bedarfs-)geregelt über die mechanische Zuluftzufuhr im Raum wirksam werden. Hierunter sind Wärmeströme zu verstehen, die unabhängig vom Heiz- oder Kühlbedarf in den Raum eingetragen werden (z. B. der Zuluftstrom aus einer Wärmerückgewinnungsanlage oder aus

einer Luftaufbereitungsanlage mit vorgegebener fester Zulufttemperatur).

- Unter den solaren Fremdwärmemengen/-kältemengen sind Energiemengen zu verstehen, die über opake oder transparente Bauteile im Gebäude bzw. in der beheizten Gebäudezone eintreffen.
- Zu den inneren Wärmequellen/-senken zählen alle Wärme-/Kälteeinträge, die innerhalb des Gebäudes bzw. der Gebäudezone entstehen. Dies sind die Abwärmemengen aus der Beleuchtung, von Personen und elektrischen Geräten. Im Nichtwohnbau können auch Wärme-/Kälteeinträge aus Güter- oder Stoffströmen sowie Maschinen und Geräten auftreten. Darüber hinaus trägt auch die Anlagentechnik selbst zu den inneren Fremdwärme-/Kälteeinträgen bei. Dies sind Energiemengen, die aus dem Heizsystem, dem Kühlsystem, dem raumlufttechnischen System und dem Trinkwarmwassersystem über Verteilungen, Speicher usw. abgegeben werden.

Ein Teil der inneren Fremdwärme aus der Anlagentechnik kann erst berechnet werden, wenn die Anlagenauslastung bekannt ist. Diese ergibt sich aber in der Abfolge der Bilanz erst, wenn die notwendige, dem Gebäude bzw. der Gebäudezone zuzuführende Nutzwärme für Heizung und Kühlung bekannt ist. Die Nutzwärme ist wiederum ein Ergebnis der Gegenüberstellung von Wärmequellen und -senken für das Gebäude bzw. die Gebäudezone. Daher ist die Berechnung iterativ durchzuführen. Hierbei erfolgt im ersten Schritt die Zusammenstellung der folgenden Wärmequellen und -senken:

- Transmission: Q_T
- Lüftung: $Q_{V,inf}$, $Q_{V,win}$, $Q_{V,mech}$
- Passive solare Wärmequellen: $Q_{S,trans}$, $Q_{S,op}$
- Innere Wärmequellen/-senken (ohne Anlagentechnik): $Q_{I, fac}$, $Q_{I, goods}$, $Q_{I, p}$, $Q_{I, el}$
- Innere Wärmequellen aus Beleuchtung: $Q_{I, l}$

Anhand der genannten Bilanzposten wird dann ohne Berücksichtigung der Wärmequellen/-senken aus Heizung/Kühlung/Lüftung eine überschlägige Nutzenergie (überschlägige Anlagenauslastung) unter Berücksichtigung eines Ausnutzungsgrades für die anfallenden Wärmegewinne bestimmt. In allen weiteren Iterationsschritten werden die restlichen inneren Wärmequellen/-senken ebenfalls ermittelt:

- Innere Wärmequellen (Trinkwarmwassersystem): $Q_{I, w}$