

„NAERCO-ENERGIE“

Berechnungsverfahren für die Garantiewerte von Endenergiebedarf und CO₂-Ausstoß bei Ausschreibung von Projekten des Erfolgscontractings

Zweck des Verfahrens

Erfolgscontracting ist eine neue Vorgehensweise bei der Errichtung oder Grundsanierung öffentlicher Gebäude, die Planung und Ausschreibung, die Vergabe, den Bau und den Betrieb energetischer Anlagen umfasst. Sie wurde im Forschungsprojekt naerco (NAchhaltiges ERfolgsCOnttracting) unter Federführung des Bundesdeutschen Arbeitskreises für Umweltbewusstes Management (B.A.U.M.) e. V. in Zusammenarbeit mit der bayerischen Staatsbauverwaltung zur Praxisreife entwickelt und beinhaltet eine Erfolgsgarantie des Auftragnehmers für Bau und Betrieb der technischen Anlagen. Im naerco-Projekt wurden im Rahmen einer wissenschaftlich begleiteten Pilot-sanierung die hierfür erforderlichen Instrumentarien entwickelt und erprobt.

Die Anleitung richtet sich an den Verantwortlichen, der mit der Durchführung und Prüfung des Verfahrens beauftragt ist, in aller Regel das Bauamt oder ein beauftragtes Planungsbüro. Sie eignet sich im Prinzip für alle Nichtwohngebäude; entwickelt und getestet wurde sie bisher für Schulen im Rahmen des obengenannten Forschungsprojektes.¹

Als wesentliches Ergebnis einer erweiterten Vorplanung wird ein Referenzsystem mit seinen technisch-funktionalen Eigenschaften eindeutig beschrieben. Die Planung des Referenzsystems beruht auf

dem Stand der Technik zur energetischen Gebäudesanierung. Sie berücksichtigt die besonderen bauphysikalischen Gegebenheiten des betreffenden Gebäudes, die finanziellen Mittel und die speziellen Wünsche des Auftraggebers und definiert die gewünschten Qualitätsmerkmale des Raumklimas (Licht, Luft und Wärme). Zur Prognose des Endenergiebedarfes für das zu sanierende Gebäude, ausgestattet mit dem Referenzsystem, ist ein geeignetes Berechnungsverfahren erforderlich.

Zweck des nachfolgend beschriebenen Berechnungsverfahrens ist die Prognose des maximalen Endenergiebedarfes dieses Referenzsystems. Das Verfahren führt zu einem Garantiewert des energetischen Maximalverbrauches für den Contractor, den dieser bei einer sorgfältigen Betriebsführung auch problemlos erreichen kann. Darum sollen beim berechneten Energiebedarf als Eingabewert unter Berücksichtigung der Toleranzen die Werte verwendet werden, die den maximalen Energiebedarf ergeben. Die auf diese Weise gebildeten Eingangsgrößen werden im Weiteren als „Maximalwerte“ bezeichnet.

¹ Begleitforschung zum Projekt „Nachhaltige Heizungssanierung durch Erfolgscontracting“, BMWI, FKZ 0327430E

Berechnungsverfahren

Es wird das Rechenverfahren nach DIN V 18599 verwendet. Die Berechnung der Energiebedarfswerte erfolgt nach den Teilen 1-10 der Vornormenreihe DIN V 18599 (2007), bestehend aus:

- Teil 1** Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger
- Teil 2** Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen
- Teil 3** Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung
- Teil 4** Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung
- Teil 5** Endenergiebedarf von Heizsystemen
- Teil 6** Endenergiebedarf von Wohnungslüftungsanlagen und Luftheizungsanlagen für den Wohnungsbau
- Teil 7** Endenergiebedarf von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau
- Teil 8** Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen
- Teil 9** End- und Primärenergiebedarf von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen
- Teil 10** Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten

Die Vielzahl an Einflussgrößen und die Individualität eines jeden Gebäudes sowie dessen Nutzung machten es dem Anwender der DIN V 18599 jedoch meist sehr schwer, ein – unter Nutzung der Normprofilvorgaben – der Realität nahes energetisches Gebäude- und Anlagenmodell zu erstellen. Daher müssen in der Praxis einige Änderungen an den Standardeingangswerten vorgenommen werden,

um die energetische Bilanzierung (Bedarfsberechnung) an das Gebäude (Verbrauchserfassung) anzupassen. Neben den Standardwerten gibt es weitere relevante Eingangswerte, die identifiziert werden müssen, um mit dem Rechenverfahren nach DIN V 18599 eine vertrauenswürdige Prognose des Endenergiebedarfs zu erhalten. In dieser Anleitung werden daher Hinweise auf diese „relevanten Eingangswerte“ gegeben.

Für die Bedarfsberechnung können prinzipiell alle Software-Produkte, die das Rechenverfahren der DIN V 18599 abbilden und eine Individualberechnung zulassen, eingesetzt werden. Erprobt wurde das Verfahren mit der Softwarelösung Fraunhofer IBP: 18599 High End Version 3, vertrieben von Heilmann Software.

Das Rechenverfahren nach DIN V 18599 ermittelt jedoch nur die Endenergiebedarfswerte der Komponenten für Heizung, Lüftung, Beleuchtung und Trinkwarmwasserbereitung.

Die Endenergiebedarfswerte von nutzerspezifischen elektrischen Geräten sowie der Einsatz von Lüftungsgeräten zur Nachtlüftung werden nicht bestimmt. Daher werden hierfür zusätzlich die Berechnungsbögen „Zusätzliche Stromverbraucher“ bzw. „Lüftungsgeräte“ verwendet.

Systematischer Ablauf des Berechnungsverfahrens

Für das Berechnungsverfahren zur Prognose des Endenergiebedarfes bei Projekten des Erfolgscontractings wird der in Abbildung 1 dargestellte Ablaufplan vorgeschlagen.

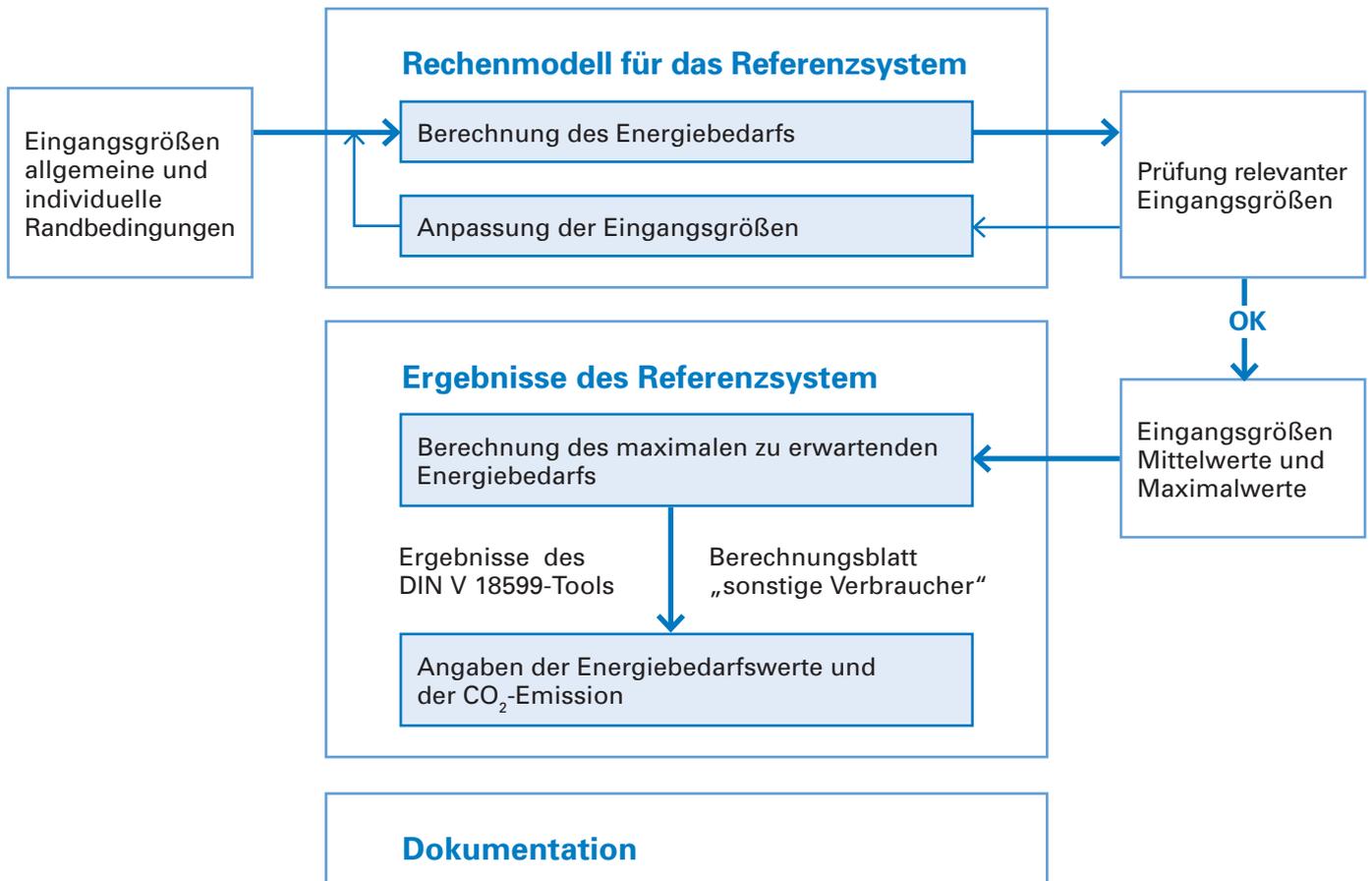


Abb. 1: Systematischer Ablauf des Berechnungsverfahrens „NAERCO-ENERGIE“

Ergebnisse des Berechnungsverfahrens

Das Berechnungsverfahren liefert in der Ergebnisdarstellung:

- den Endenergiebedarf aufgeschlüsselt nach Endenergieträgern
- die CO₂-Emissionen

Zur differenzierteren Betrachtung einzelner Bedarfswerte erfolgt eine detaillierte Angabe der berechneten Prognosewerte. Es erfolgt für jeden Endenergieträger eine Aufteilung in die einzelnen Gewerke:

- Heizung
- Trinkwarmwasser
- Beleuchtung
- Belüftung
- sonstige Verbraucher

Informationen und Unterlagen zur Erfassung allgemeiner Eingangsgrößen

Zur Modellierung eines Gebäudes analog den Rechenprogrammen zur DIN V 18599 ist eine Vielzahl von Eingangsgrößen erforderlich.

Im Wesentlichen handelt es sich bei den Eingangsgrößen um die Bereiche:

Gebäudedaten

- Geometrie
 - Pläne
 - Hüllflächen
- Bauteile
 - Aufbau und bauphysikalische Kennwerte, Dämmung
 - Angaben zum Sonnenschutz (ggf. auch Regelung)
- Raumbuch
 - Nutzung (Zuordnung der Flächen zu Nutzungsprofilen)
 - Belegungspläne
 - Ausstattung mit Energieverbrauchern
 - Installationen (Heizkörper, Beleuchtung)

Heizung

- Anlagen-Betriebszeiten/Regelungsparameter
- Daten der Wärmeerzeugung
- Daten der Wärmespeicherung
- Daten der Wärmeverteilung/
Erfassung der Leitungslängen und Dämmung:
Die Leitungslängen haben einen wesentlichen Einfluss auf den Energieverbrauch und müssen auf Plausibilität geprüft werden, idealerweise sind sie aktuellen Planunterlagen zu entnehmen. Eine Standard-Be-

rechnung von Leitungslängen durch ein Berechnungsprogramm sollte nur in Ausnahmefällen erfolgen, da erfahrungsgemäß dabei große Fehler auftreten können.

Warmwasser

- Angaben zur Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Übergabe

Beleuchtung

- Beleuchtungsart
- Regelungsparameter

Belüftung

- Anlagen-Betriebszeiten /
Regelungsparameter
- Anlagenaufbau
- Anlagengröße
- Zulufttemperatur

Mess-, Steuer- und Regeltechnik (MSR)

- Umfang
- Qualität

Endenergieverbrauchswerte

- Angaben zur Zählerstruktur
- Rechnungsdaten mindestens der letzten 3 Jahre
- Verbrauch von
 - Wärme
 - Warmwasser, evtl. Annahme: Wärmeverbrauch im Sommermonat als Sockel für WW-Verbrauch
 - Strom
 - Stromsonderverbrauch: elektrische Verbraucher ohne Erfassung in DIN V 18599, z.B. Beamer, Brennöfen: Aufnahme von Nutzungszeit, Leistung

Diese Aufzählung gibt nur einen beispielhaften Umfang der erforderlichen Eingangsgrößen wieder. Selbstverständlich wird bei einer individuellen Anwendung eigenes Ermessen vorausgesetzt.

Erfassung der Eingangsgrößen für individuelle Randbedingungen

Aus der (vorliegenden) erweiterten Vorplanung, der funktionalen Ausschreibung sowie den Angaben zu den geforderten Qualitätskriterien sind die Daten zur Modellierung des Referenzsystems abzuleiten. Für Qualitätskriterien stehen beispielhaft:

- Raumtemperatur,
- Raumlufthqualität.

Die für das Referenzsystem geforderten Komfortbedingungen werden in jedem Fall eingehalten und nicht verändert. Für alle anderen Einflussgrößen können Mittelwerte und Maximalwerte angegeben werden.

Mittelwerte und Maximalwerte der Eingangsgrößen

Beim berechneten Energiebedarf werden als Eingabewert unter Berücksichtigung der Toleranzen die Werte verwendet, die den maximalen Energiebedarf ergeben. Begrifflich wird bei der Eingangsgröße ein „Maximalwert“ angesetzt.

Hinweise auf den Einfluss (hoch, mittel, niedrig) von einzelnen Eingangsgrößen finden sich in der DIN V 18599, Beiblatt 1.

Die verwendeten Mittelwerte und Maximalwerte sind in jedem Fall nachweisbar aufzuzeichnen, wie im Kapitel „Dokumentation“ (Tab.1) beispielhaft beschrieben.

Prüfung relevanter Eingangsgrößen

Relevante Eingangsgrößen müssen bezüglich ihrer Auswirkung auf die Berechnungsergebnisse vor Vertragsabschluss und später auf Verlangen von Auftraggeber oder Auftragnehmer überprüft werden. Hierzu werden nachfolgend für jede Eingangsgröße Empfehlungen zur Abweichung des Maximalwertes vom Mittelwert angegeben. Anschließend erfolgt der Hinweis auf die Größenordnung des Einflusses der betreffenden Eingangsgröße.

Die empfohlenen Abweichungen werden entweder als Absolutwert oder als Relativwert angegeben und es wird empfohlen, den Ausgangswert (Mittelwert) um die angegebene Abweichung zu korrigieren. Die Vorzeichen der Abweichungen sind so gewählt, dass sich immer eine Erhöhung des Endenergiebedarfswertes ergibt.

Nutzungszeiten und Nichtnutzungszeiten

Die DIN V 18599 – Teil 10 gibt mit ihren Normprofilen tägliche Nutzungszeiten für einzelne Zonen vor. Diese Werte weichen allerdings bei einer genauen Betrachtung des einzelnen Gebäudes oftmals von den tatsächlichen Nutzungszeiten ab. Die genaue Ermittlung der tatsächlichen Nutzungszeiten spielt beim angestrebten Bedarfs-/Verbrauchsabgleich daher eine wesentliche Rolle.

Für die Nichtnutzungszeiten sollte erfasst werden:

- Wie soll sich die Heizungstechnik verhalten?
- Schaltet die Heizung während dieser Zeit ab oder läuft sie nur im Absenkbetrieb?

Falls die Heizungsanlage statt im Abschalt-
nur im Absenkbetrieb betrieben wird, fal-
len in dieser Zeit auch Verluste in Erzeu-
gung, evtl. Speicherung, Verteilung und
Übergabe an.

Empfohlene Abweichung: + 1 h/d
(absolut, Nutzungszeiten)

Einfluss: hoch

Nutzungstage

In Gebäuden mit längeren Nutzungspausen
(z.B. Wochenenden, Ferienzeiten bei Schu-
len) müssen die Nicht-Nutzungstage für je-
den Monat im Jahr erfasst werden. Bei der
Berechnung der Endenergie Heizung muss
auf die Lage der Nichtnutzungstage geach-
tet werden, da sich große Unterschiede er-
geben, je nachdem, ob die Nicht-Nutzungs-
zeit in der Heizperiode liegt oder nicht.

Empfohlene Abweichung: + 5 d/a
(in der Heizperiode)

Einfluss: hoch

Raumebelegungsfaktor/Krankheitsfaktor

Basierend auf der täglichen Nutzungszeit
und der maximalen Personenzahl in jeder
Zone ergibt sich der maximale Wärmeein-
trag durch Personen. Wesentliche Reduk-
tionen ergeben sich, wenn die tatsächliche
Belegung (Stundenplan) und eine Krank-
heitsrate berücksichtigt werden. Hieraus
ergibt sich der Faktor für die tatsächliche
Raumebelegung durch Personen.

Empfohlene Abweichung: - 5%
(absolut)

Einfluss: mittel

Interne Wärmequellen (Personen)

Für erwachsene Personen werden die inne-
ren Lasten durch Personen in VDI 2078 Tab.
A 1 angegeben. Bei Räumen, die für Lehr-
veranstaltungen genutzt werden, handelt es
sich in der Regel um Nutzung durch heran-
wachsende Personen. Hier ist der Ansatz
der inneren Lasten durch Personen nach
VDI 2078 zu hoch (70-100 W pro Per-
son). Orientierungshilfe bietet hier die
DIN V 18599-10 (60 W pro Person). Aus
dem Raumebelegungsfaktor/Krankheitsfak-
tor und der maximalen Personenzahl so-
wie der Wärmeabgabe je Person ergibt
sich die Wärmezufuhr in Wh/(m²d) je Nut-
zungstag.

Übliche Eingabegrößen sind die Vollbenut-
zungsstunden und die flächenspezifische
Leistung.

Empfohlene Abweichung: - 5%
(relativ, Vollbenutzungsstd. reduzieren)

Einfluss: hoch

Interne Wärmequellen (Arbeitshilfen)

Die inneren Lasten, verursacht durch die
Arbeitshilfen, sollten beim Bestandsge-
bäude durch Begehung des Gebäudes er-
mittelt werden. Bei einem Neubau sind
die Arbeitshilfen im Rahmen der Planung
festzulegen. Übliche Eingabegrößen sind
die Vollbenutzungsstunden und die flächen-
spezifische Leistung.

Empfohlene Abweichung: - 5%
(relativ, Vollbenutzungsstd. reduzieren)

Einfluss: hoch

Beleuchtungsleistung/ relative Abwesenheit

Basierend auf der Beleuchtungsplanung wird die spezifische Beleuchtungsleistung pro m² ermittelt. Wesentlich für den Energiebedarf der Beleuchtung ist die relative Abwesenheit, die sich aus 1 minus Raumbelegungsfaktor ergibt. Für jede Zone müssen die Annahmen erfasst werden.

Empfohlene Abweichung: **keine**
(für spez. Beleuchtungsleistung)

+ 5 %

(relative Abwesenheit)

Einfluss:

mittel

Beleuchtungsstunden zur Tag- und Nachtzeit

Eine relevante Eingangsgröße für die Beleuchtung sind die jährlichen Nutzungsstunden zur Tagzeit t_{Tag} und die jährlichen Nutzungsstunden zur Nachtzeit t_{Nacht} .

Es besteht im Rechenverfahren nach DIN V 18599 keine direkte Kopplung dieser Werte an die Vorgabe der Nutzungszeiten für die Zonen.

Daher müssen diese beiden erforderlichen Eingaben t_{Tag} und t_{Nacht} angepasst werden. Unter Zuhilfenahme eines zutreffenden Wetterdatensatzes mit Einstrahlungsdaten ($> 10\text{W/m}^2$ entspricht Tagzeit), dem Beginn und Ende der täglichen Nutzungszeit (von und bis) sowie der jährlichen Nutzungstage d_{nutz}/a können die entsprechenden Stunden pro Jahr selbst berechnet werden.

Empfohlene Abweichung: **keine**
(Ermittlung s.o.)

Einfluss:

sehr hoch

Sonnenschutz

Großen Einfluss auf die Ergebnisse haben die Einstellungen des Sonnenschutzes und der daraus resultierende Gesamtsonnenenergiedurchlassgrad der Fenster. Durch einen Sonnenschutz kann eine sommerliche Überhitzung vermieden werden, allerdings steigt dadurch der Bedarf an Kunstlicht (Strom für Beleuchtung) und der Heizenergiebedarf. Von Bedeutung sind vor allem auch die Art der Steuerung oder Regelung sowie das Verhalten der Nutzer.

Die Haupteinflussgröße stellt der sogenannte Gesamtenergiedurchlassgrad (g_{tot}) dar. Dieser besagt, welcher Anteil der Sonneneinstrahlung – bei Aktivierung des Sonnenschutzes – durch Fenster als Wärmegewinn in den Raum gelangt.

Das Nutzerverhalten wird im Rechenverfahren nach DIN 18599 durch die Vorgabe der Zeiten, in denen der Sonnenschutz aktiviert bzw. nicht aktiviert ist, abgebildet. Die Rechenprogramme erlauben hier derzeit keine individuelle Eingabe. Es werden daher immer die Standardwerte der DIN 18599-4 verwendet.

Empfohlene Abweichung: **- 0,03**

(für g_{tot})

Einfluss:

hoch

Luftdichtheit

Die Luftdichtheit n50 eines Gebäudes hat einen wesentlichen Einfluss auf den Energiebedarf. Hier sind Literaturangaben (z. B. DIN V 18599 -2) für ähnliche Objekte nicht zielführend, da die Spreizung bei bestehenden Objekten sehr groß ist. Einzige praktische Möglichkeit für die Ermittlung der tatsächlichen Luftdichtheit ist der „Blower-Door-Test“. Mit dieser Methode ist ein relativ genauer Bedarfs-/Verbrauchsabgleich bezüglich Infiltration möglich.

Empfohlene Abweichung: + 0,1 1/h
Einfluss: hoch

Fensterlüftung

Nach DIN V 18599 -2 wird der Fensterluftwechsel als Tagesmittelwert aus dem nutzungsbedingt notwendigen Außenluftwechsel bestimmt. Der Fensterluftwechsel ist um den Luftwechsel durch Infiltration und beim Einsatz von mechanischen Lüftungsanlagen mit Zuluft zusätzlich um den Luftwechsel der Lüftungsanlage zu reduzieren. Für den Fensterluftwechsel ist unabhängig vom Infiltrations- und Anlagenluftwechsel ein Mindestwert von 0,1 h⁻¹ anzusetzen, soweit in der Gebäudezone Durchlässe zur Außenluft vorhanden sind. Im Bestand kann der Anteil der Fensterlüftung auch aus Erfahrungswerten abgeleitet werden. Genauere Erkenntnisse sind auch durch die Anwendung von Indikatorgas-Messungen (z.B. nach VDI 4300 Blatt 7) möglich. Erfahrungswerte zeigen, dass die Standardwerte für Fensterlüftung in der Regel unterschritten werden. Daher wird keine Abweichung empfohlen.

Empfohlene Abweichung: keine
Einfluss: hoch

Mechanische Lüftung

In der Regel bestehen bei der Berechnungssoftware direkte Eingabemöglichkeiten für die Zu- und Abluftvolumenströme einer mechanischen Lüftung sowie für Anlagenbetriebszeit und Druckverluste. Es wird empfohlen, die Angaben aus der Planung zu übernehmen.

Die Anlagenlaufzeiten bilden sich aus den Nutzungszeiten der Zone. Die mittleren Volumenströme einer bedarfsabhängigen Lüftung bilden sich aus dem Faktor Raumbelegung und 1 minus Krankheitsfaktor. Der Gesamtwirkungsgrad des Ventilators muss für diesen mittleren Betriebszustand angegeben werden.

Empfohlene Abweichung: keine
(Volumenströme)
keine
(Anlagenlaufzeiten)
- 5%
(relativ, planerischer Druckverlust)
- 5 %
(absolut, planerischer Gesamtwirkungsgrad)
Einfluss: hoch

Flächen der Gebäudehülle

Je genauer die Datenaufnahme der Hüllfläche durchgeführt wird, desto genauer wird das Ergebnis der Transmissionswärmeverluste. Bei Bestandsgebäuden sollte die Ermittlung der Hüllflächen daher nicht allein anhand der Gebäudepläne erfolgen. Diese sind, je älter das Gebäude ist, bereits meist nicht mehr auf dem aktuellen Stand. Hier empfiehlt sich eine Begehung des Gebäudes mit den aktuellsten Gebäudeplänen, um die im Laufe der Zeit hinzugekommenen Änderungen an der Hüllfläche zu dokumentieren und bei der Dateneingabe des Gebäudemodells zu berücksichtigen.

Empfohlene Abweichung: keine
(0 m²)
Einfluss: hoch

Verwendete Baustoffe, U-Werte

Für ein Bestandsgebäude ergeben sich die U-Werte aus vorliegenden Unterlagen oder einer U-Wert-Messung. Bei Neubauten oder einer Generalsanierung werden rechnerische Werte nach DIN EN ISO 6946 für opake Bauteile oder nach DIN V 4108-4 für transparente Bauteile verwendet.

Empfohlene Abweichung: + 10 %
(relativ, gegenüber ermitteltem Wert)
Einfluss: hoch

Wärmebrücken

Wärmebrücken sind thermisch inhomogene Bereiche von Bauteilen an Gebäuden und führen zu einem erhöhten Transmissionswärmestrom im Vergleich zu thermisch homogenen Bauteilen. Bei kalten Außentemperaturen sinkt an den Wärmebrücken die Oberflächentemperatur stärker ab. Durch eine fachgerechte Ausfüh-

rung der Außendämmungen werden Wärmebrücken reduziert.

Bei der Berechnung der Gebäudenutzenergie nach DIN V 18599 ist es daher notwendig, einen Wärmebrückenzuschlag, der später auf Bauteile der Gebäudehülle aufgeschlagen wird, anzugeben. Ein pauschaler Zuschlag ist vor allem bei Gebäuden mit schlechtem Wärmedämmstandard sinnvoll. Bei hoch wärmegeprägten Gebäuden ist eine Analyse der Wärmebrücken erforderlich. Der pauschale Zuschlag ist erfahrungsgemäß kleiner als 0,05 W/m²K. Von genereller Bedeutung ist auch hier eine Qualitätssicherung (z.B. Thermografie) aller baulichen Randbedingungen.

Für die genaue Ermittlung des Wärmebrückenzuschlages unterscheidet die Praxis zwei Möglichkeiten:

1. Ermittlung nach DIN 4108-2 mit Wärmebrückenfaktor $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$
2. Die genaue Berechnung (z.B. numerische Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten Ψ in W/mK nach DIN EN ISO 10211)

Für Gebäude ohne Wärmedämmung reicht die Genauigkeit nach Punkt 1 aus. Für Gebäude mit Wärmedämmung wird eine genaue Berechnung nach Punkt 2 empfohlen, da hier der Einfluss des Wärmebrückenzuschlages auf die Transmissionswärmeverluste sehr groß sein kann.

Empfohlene Abweichung: + 0,05 W/m²K
(Wärmebrücken nach 4108-2)

Einfluss: mittel

Raumtemperatur

Für das Referenzsystem sind die Raumtemperaturen vorgegeben und müssen garantiert werden. Da diese Eingangsgröße jedoch einen großen Einfluss auf den Endenergiebedarf Wärme ausübt, ist sie im Falle einer späteren Überprüfung durchaus relevant.

Empfohlene Abweichung: *keine*
(0,0 K)

Einfluss: *sehr hoch*

Länge der Verteilungsleitungen

Die Länge der Verteil-, Strang- und Anbindeleitungen und deren Dämmung spielt bei der Ermittlung der Endenergie eine große Rolle. Die Standardlängen nach Norm (DIN V 18599) weichen von der Praxis teils erheblich ab. Resultat sind zu hohe Verlustannahmen der Verteilung. Daher wird hier empfohlen, die tatsächlichen Längen zu verwenden. Bei der Berechnung ist darauf zu achten, dass Vor- und Rücklaufleitungen getrennt abgebildet werden. In der Regel erfolgt die Eingabe der übermessen Leitungslängen und der Angabe, in welchem Bereich die Leitung verläuft (Umgebungstemperatur).

Empfohlene Abweichung: *+ 5 %*
(relativ, gegenüber ermittelter Leitungslänge)

keine
(U-Wert Dämmung)

Einfluss: *sehr hoch*

Ergebnisse für das Referenzsystem

Es sollen die Endenergiebedarfswerte und CO₂-Emissionen ermittelt werden, die der Contractor mit der Referenzanlage bei einer sorgfältigen Betriebsführung problemlos erreichen kann. Das ist mit der gewählten Vorgehensweise deshalb möglich, weil der errechnete Wert die gewählten Erfassungstoleranzen bereits alle in der ungünstigsten Richtung berücksichtigt. Somit liegt der errechnete Garantiewert stets oberhalb des tatsächlichen Verbrauchswertes.

Die Ergebnisse setzen sich zusammen aus

1. den Ergebnissen des DIN V 18599-Software-Produktes,
2. den Ergebnissen des Berechnungsblatts für zusätzliche Verbraucher.

Bei diesen Ergebnissen sind die Ungenauigkeiten, d.h. die Maximalwerte der Eingabedaten, berücksichtigt, so dass diese Werte die maximalen Endenergiebedarfswerte und CO₂-Emissionen darstellen. Alle Eingangsgrößen mit Angabe der Mittelwerte und Maximalwerte werden dokumentiert.

Ein zusätzlicher Risikozuschlag in Form eines prozentualen Zuschlags auf die Rechenwerte muss erfolgen, wenn die Eingangsdaten aus Zeit- und Kostengründen nicht mit der erforderlichen Genauigkeit erfasst werden konnten.

Anpassung der max. Endenergiebedarfs- werte und CO₂-Emissionen bei geänderten Randbedingungen

Die Ergebnisse des Referenzsystems fließen im Rahmen des Erfolgscontractings in die Ausschreibung und Vergabe des Bauvorhabens ein.

Ändern sich in der weiteren Planungs-, Bau- oder der Betriebsphase des Contractingprojektes die Randbedingungen, so werden die zu garantierenden Endenergiebedarfs- und CO₂-Emissionen mit dem beschriebenen Rechenverfahren erneut bestimmt.

Insbesondere müssen bauliche und anlagentechnische Randbedingungen im Rahmen der Abnahme der Sanierungsmaßnahme geprüft und abgeglichen werden.

Dokumentation

Das Berechnungsverfahren und die damit ermittelten maximalen Endenergiebedarfs- und CO₂-Emissionen werden bei Vertragsabschluss vom Auftragnehmer bestätigt.

Dies erfordert, dass die im Rahmen des Berechnungsverfahrens verwendeten Eingangsgrößen und Randbedingungen dokumentiert und die erzielten Ergebnisse dargestellt werden. Diese Dokumentation sollte nachfolgende Bereiche umfassen:

- Toleranzen wesentlicher Eingangsgrößen (Mittelwerte und Maximalwerte) in tabellarischer Form (siehe Tabelle 1),
- Endenergiebedarf und CO₂-Emissionen des Referenzsystems aufgeschlüsselt nach Energieträger (aus Ergebnissen nach DIN V 18599 plus sonstige Verbraucher),

- Eingangsgrößen zum Referenzmodell (vollständige Projektdokumentation aus Rechenprogramm).

Zur Dokumentation können die Möglichkeiten der einzelnen Software-Produkte genutzt werden. Eine Möglichkeit zur vollständigen Dokumentation bietet auch die „Elektronische Gebäude- und Anlagen-Checkliste als Basis für die Berechnung nach DIN V 18599“ des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik. Das Tool ist als kostenfreier Download erhältlich.

Erläuterungen zu wesentlichen Punkten einer Dokumentation

Zur Erläuterung werden nachfolgend wesentliche Punkte einer Dokumentation eingehender beschrieben. Sofern einzelne Anforderungen nicht bereits durch die Ausgabemöglichkeiten der einzelnen Software-Produkte erfüllt werden können, sind sie in tabellarischer und grafischer Form selbst zu erarbeiten.

Endenergie aufgeschlüsselt nach Energieträgern

Zur differenzierteren Betrachtung des Gesamtenergiebedarfs eines Gebäudes dient die Aufschlüsselung nach Endenergieträgern analog DIN V 18599-100:2009-10 Tabelle A.1:

- Brennstoffe
 - Heizöl EL
 - Erdgas H
 - Flüssiggas
 - Steinkohle
 - Braunkohle
 - Holz
- Nah-/Fernwärme aus KWK
 - fossiler Brennstoff
 - erneuerbarer Brennstoff

- Nah-/Fernwärme aus Heizwerken
 - fossiler Brennstoff
 - erneuerbarer Brennstoff
- Strom
 - Strom-Mix
- Biogene Brennstoffe
 - Biogas, Bioöl
- Umweltenergie
 - Solarenergie, Umgebungswärme

Sämtliche Endenergiebedarfswerte für die einzelnen Gewerke werden einem Endenergieträger zugeordnet.

Mittelwerte und Maximalwerte von Eingangsgrößen		
Projekt	Datum	
Gebäude	Bearbeiter	
Summe Endenergiebedarf Wärme		
[kWh/a]		
Endenergieträger	Energiebedarf für	Bedarf pro Jahr [kWh/a]
	Heizwärme	
	Trinkwarmwasser	
Summe Endenergiebedarf Strom		
[kWh/a]		
Endenergieträger	Energiebedarf für	Bedarf pro Jahr [kWh/a]
	Hilfsenergie Heizung	
	Beleuchtung	
	Belüftung	

Tab. 2: Muster der Tabelle „Endenergiebedarf aufgeschlüsselt nach Energieträgern“

Nutzenergie: Gewinne – Verluste

Die Bilanzierung des Nutzenergiebedarfs der einzelnen Zonen erfolgt unterteilt in Nutzenergie Nutzungstage und Nutzenergie Nicht-Nutzungstage. Hier werden die Gewinne (Wärmequellen) und Verluste (Wärmesenken) gegenübergestellt. Die detaillierte Bilanzierung ist in DIN V 18599-2 beschrieben. Im Wesentlichen setzen sich die Wärmequellen und die Wärmesenken zusammen aus:

Wärmequellen:

- Solare Wärmeeinträge
- Transmissionswärmequellen
- Lüftungswärmequellen
- Interne Wärmequellen
 - Wärmeeintrag durch künstliche Beleuchtung
 - Wärmeeintrag durch Personen
 - Wärmeeintrag durch Geräte oder Maschinen
- die während des reduzierten Betriebs an Wochenend- oder Ferientagen genutzte, aus den Bauteilen entspeicherte Wärme

Wärmesenken:

- Transmissionswärmesenken
- Lüftungswärmesenken
- Interne Wärmesenken
- Abstrahlverluste durch opake Bauteile
- die an Tagen mit normalem Betrieb gespeicherte Wärme, die an Tagen mit reduziertem Betrieb entspeichert wird

Die Anlagenbetriebszeiten der Heizung (h/d und d/a) sind anzugeben.

Endenergie Heizung: Bedarf, Hilfsenergien, Verluste

Der Endenergiebedarf Heizung beinhaltet den Bedarf für

- Endenergie Raumheizung und
 - Endenergie Heizregister RLT
- sowie deren Hilfsenergien
- Hilfsenergie Raumheizung und
 - Hilfsenergie Heizregister RLT.

Diese Teilsummen beinhalten bereits die

- Verluste der Erzeugung,
- Verluste der Speicherung,
- Verluste der Verteilung,
- Verluste der Übergabe.

So führt der Nutzwärmebedarf plus die Verluste der Speicherung, Verteilung und Übergabe zur erforderlichen Erzeuger-nutzwärmeabgabe.

Durch die Dokumentation aller Verluste der Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Übergabe für Endenergie Raumheizung, Endenergie Heizregister RLT, Hilfsenergie Raumheizung und Hilfsenergie Heizregister RLT wird deren Bedeutung und Einfluss auf den Gesamtenergiebedarf Heizung erkennbar.

Endenergie Trinkwarmwasser (TWW)

Der Endenergiebedarf für Trinkwarmwasser setzt sich aus dem Nutzwärmebedarf für Trinkwarmwasser und der Hilfsenergie für Trinkwarmwasser zusammen, sowie den jeweiligen Verlusten der

- Erzeugung,
- Speicherung,
- Verteilung,
- Übergabe.

Endenergie Beleuchtung

Neben der Angabe des Endenergiebedarfs Beleuchtung in Summe ist eine Aufgliederung in einzelne Zonen sinnvoll. Neben dem Bedarf in einer Zone sollten die entscheidenden Einflussgrößen an dieser Stelle nochmals dokumentiert sein:

- Betriebszeit Tag
- Betriebszeit Nacht
- Wartungswert der Beleuchtungsstärke
- Höhe der Nutzebene
- Minderungsfaktor zur Berücksichtigung des Flächenanteils der Sehaufgabe
- Relative Abwesenheit
- Anpassungsfaktor Konstantlichtregelung
- Anpassungsfaktor Wartungsfaktor
- Installierte Leistung (laut Fachplanung in W/m²)

Neben der gesamten Fläche der jeweiligen Zone wird auch eine Angabe der Zusammensetzung aus

- tageslichtversorgter Fläche und
- Fläche ohne Tageslicht

empfohlen.

HINWEIS: Bei einer Bilanzierung nach DIN V 18599 wird im Rechenprogramm Fraunhofer IBP:18599 High End Version 3 der Bedarf für Beleuchtung anteilig über ein Jahr verteilt. Es ergibt sich somit keine jahreszeitliche und ferienzeitbedingte Verschiebung.

Endenergie Belüftung

Der Energiebedarf für die Luftförderung setzt sich zusammen aus

- dem Energiebedarf für die Luftförderung während der Nutzungszeit und
- dem Energiebedarf für die Luftförderung während der Nicht-Nutzungszeit.

In der Regel wird während der Nicht-Nutzungszeit keine Luftförderung erfolgen. Falls in der Praxis temporär Nachtlüftung erforderlich sein sollte, wird die Dokumentation dieser Betriebszeiten auf einem separaten Dokument empfohlen.

Neben dem

- Auslegungsvolumenstrom Zuluft und
 - Auslegungsvolumenstrom Abluft
- sind zonenweise auch die angesetzten Eingangsgrößen wie
- Rückwarmzahl und Typ des Wärmerückgewinnungssystems,
 - mittlerer Gesamtwirkungsgrad von Ventilator, Übertragungssystem, Motor und Drehzahlregelung,
 - Druckverluste der gesamten Kanalnetze
 - Zuluft bzw.
 - Abluft sowie die
 - Zulufttemperaturen im Auslegungsfall
 - Sommer und
 - Winter

aufzulisten.

Die Anlagenbetriebszeiten der einzelnen Lüftungsanlagen (h/d und d/a) sind anzugeben.

CO₂-Emissionen

Die durch den Endenergiebedarf eines Gebäudes resultierenden CO₂-Emissionen sind unter Verwendung der Quellenangabe der Emissionsfaktoren (z.B. GEMIS 4.6, Ökobau.dat) ebenfalls zu dokumentieren.

