

Null- und Plusenergiegebäude: Allgemeine Bilanzierungsverfahren und Schnittstellen zur normativen Praxis in Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Karsten Voss, Eike Musall, M.Sc., Bergische Universität Wuppertal

Die Begriffe „Nullenergiehaus“ oder „Plusenergiehaus“ sind in den letzten Jahren national und international zum Inbegriff für die konsequente Zusammenführung von Maßnahmen zur drastischen Energieeinsparung und optimierter, dezentraler Nutzung erneuerbarer Energien geworden. Dabei geht es nicht um energieautarke Gebäude und die dabei große Herausforderung der saisonalen Energiespeicherung. Grundidee ist, dass die von einem Gebäude in ein Netz eingespeiste Energiemenge in der Jahresbilanz mindestens dem Energiebezug entspricht. Sowohl im Kontext der Fortführung der europäischen Gebäuderichtlinie als auch im aktuellen Energiekonzept und Energieforschungsprogramm der Bundesregierung wird das Thema besetzt.

So einfach das Vorgehen der Energiebilanzierung für ein Netto-Nullenergiehaus auf den ersten Blick erscheint, so komplex wird es im Detail. Mit der Arbeitsgruppe „Towards Net Zero Energy Solar Buildings“ wurde bereits 2008 auf deutsche Initiative hin ein Forum für das Thema im Rahmen der Internationalen Energieagentur IEA etabliert. Die deutsche Beteiligung ist Gegenstand der Förderung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) im Rahmen des Förderkonzepts „Energieoptimiertes Bauen“. Im Kontext der methodischen Arbeiten wurden nach einer umfassenden Literaturstudie Rahmenbedingungen für ein harmonisiertes Verständnis formuliert. Die Arbeiten konzentrieren sich auf solche Konzepte, bei denen der Ausgleich des lokalen, nicht erneuerbaren Energiebedarfs durch Export von Energie an die Netzinfrastruktur erfolgt (Gebäudeenergiebilanz). Nicht im Fokus stehen Sonderfälle wie Nur-Strom-Häuser mit einer öffentliche Netzstromversorgung auf der Basis von nahezu 100 % erneuerbarer Energie (wie zum Beispiel die meisten Häuser in Norwegen) oder Quartiers- oder städtebauliche Lösungen mit ihren erweiterten Bilanzgrenzen und technischen Möglichkeiten. Gleichwohl werden sämtliche Gebäudenutzungsarten thematisiert.

Grundsatz

Grundansatz auf der Ebene des einzelnen Gebäudes ist immer ein zweistufiges Konzept aus

1. Energieaufwand reduzieren (Passivhaus, Passive Kühlung, ...)
0. Einspeisung von Energie in Netze optimieren (Solarstrom, Kraft-Wärme-Kopplung, ...)

Im Weiteren sind

- ein geeigneter Indikator (Primärenergie, CO₂, ...) mit geeigneten Umrechnungsfaktoren,

- die Bilanzgrenze und

- der Bilanzzeitraum

festzulegen. Hierbei variieren die bisher international angewendeten und untersuchten Ansätze erheblich und nutzen die jeweils national eingeführten Rechenverfahren zur Energiebedarfsermittlung (Bild 1). Mit der im März 2011 erfolgten Einführung des Labels „Minergie A“ ist die Schweiz zum Vorreiter bei der nationalen Präzisierung des Themas geworden.

Bilanz ist nicht gleich Bilanz

Die kritische Auswertung von publizierten Planungs- und Betriebsergebnissen von etwa 80 Null- und Plusenergiegebäuden zeigt einige auffällige Merkmale und Unterschiede, die eine vergleichende Bewertung erschweren:

- **Indikatoren und Bewertungsfaktoren**

Die meisten europäischen Länder verfolgen Verfahren mit Primärenergie als Indikator

für die Energieeffizienz. Dabei werden die am Gebäude eingesetzten Energieträger (Endenergie) mithilfe von Primärenergiefaktoren umgerechnet und summiert. Auf dem Stromzähler oder der Energierechnung wird die Primärenergie nicht ausgewiesen. Das gilt in gleicher Weise für die mit dem Energieverbrauch verbundenen Klimagasemissionen. Beides sind Rechenwerte.

Im Fokus der primärenergetischen Bewertung steht meist der nicht erneuerbare Anteil der eingesetzten Primärenergie. Daraus resultieren die sehr niedrigen Primärenergiefaktoren für Biomasse als Brennstoff. Während die Vorgehensweise bei der Solarenergienutzung angemessen erscheint (Primärenergiefaktor 0), wird die begrenzte Verfügbarkeit von Biomasse aus einer nachhaltigen Bewirtschaftung bereits mittelfristig zum Problem. Die Schweiz kennt neben den berechneten, nationalen Primärenergiefaktoren politisch festgelegte Gewichtungsfaktoren als strategisches

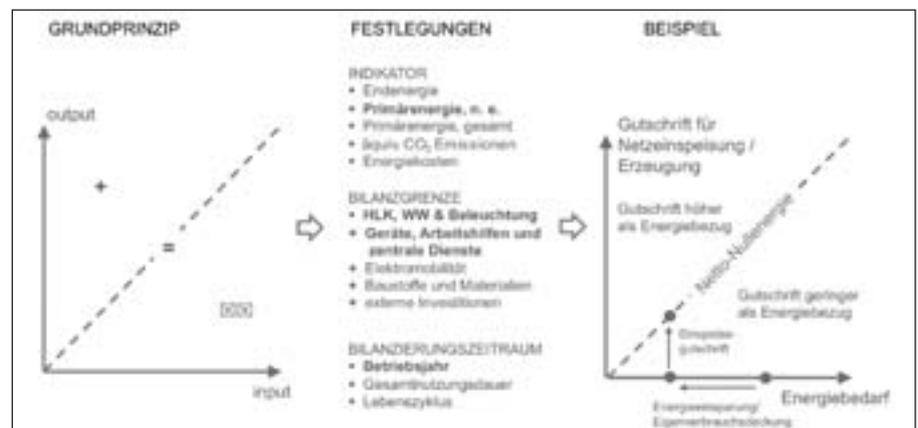


Bild 1 Das linke Diagramm zeigt das prinzipielle Vorgehen als Bilanzierung von Input und Output an der energetischen Schnittstelle eines Gebäudes. Zur Konkretisierung bedarf es der Auswahl eines geeigneten Indikators samt Bewertungssystem, der Bilanzgrenze und des Bilanzzeitraums. Beispielhaft zeigt das rechte Diagramm die Darstellung auf der Basis des Indikators Primärenergie (nicht erneuerbarer Anteil), der Bilanzgrenze der EnEV + Geräte, Arbeitshilfen, zentrale Dienste und eines Jahres. Die Diagonale im Diagramm beschreibt ein Netto-Nullenergiehaus. Der Primärenergieaufwand wird durch die Primärenergiegutschrift aus der Netzeinspeisung in der Jahresbilanz ausgeglichen.

Instrument der Einflussnahme (nationale Energiegewichtungsfaktoren). Darin werden beispielsweise Holzpellets als Energieträger im Rahmen der Energieausweise mit dem Faktor 0,7 bewertet, obwohl der Primärenergiefaktor bei 0,3 liegt (in Deutschland bei 0,2).

Der Übergang zur CO₂-basierten Bewertung von Gebäuden im Sinne eines „Null-emissionsgebäudes“ (Norwegen, Vereinigtes Königreich) macht den Klimawandel gegenüber der Ressourcenknappheit zum bestimmenden Thema. Große Unterschiede zwischen einer primärenergetischen und emissionsbasierten Bewertung treten nur in Ländern mit überwiegender Stromerzeugung aus Atomkraftwerken auf, wie beispielsweise in Frankreich. Die Entkopplung von Treibhausgasen und Energieverbrauch gelingt ansonsten erst bei vollständiger Umstellung auf eine 100 %-ig auf erneuerbare Energie gestützte Energieversorgung. Davon sind die meisten Länder weit entfernt, ausgenommen Norwegen.

Der Begriff „Nullemissionsgebäude“ ist bei Gebäuden mit Heizkesseln und sichtbaren Emissionen am Schornstein aber nicht ohne weiteres plausibel zu machen, auch wenn es sich um eine Biomassefeuerung, wie zum Beispiel, ein Pelletofen handelt und deren Emissionen durch Gutschriften bilanziell ausgeglichen werden. Durch Emissionen können jenseits von Klimagasen gesundheitliche Beeinträchtigungen auftreten. In diesem Sinne erscheint die Bezeichnung „klimaneutral“ treffender als „Nullemission“.

Werden Nullenergiegebäude im Rahmen von Zukunftsszenarien thematisiert, spielt die zukünftige Änderung der Primärenergie- und Emissionsfaktoren der Netze eine Rolle. Der wachsende Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbarer Energie lässt den Primärenergie- und Emissionsfaktor der Netze sinken und damit auch die Gutschriften für den eingespeisten Strom¹⁾. Während dieser Effekt bei den „Nur-Strom-Gebäuden“ in der Bilanz keine Änderung bewirkt, verschlechtert sich die Bilanz in Fällen, bei denen die Gutschriften aus einer Stromeinspeisung den Bezug eines anderen Energieträgers ausgleichen, beispielsweise die Holzpellets für einen Heizkessel oder das Erdgas für die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Bei einem solchen Gebäude wäre in Zukunft mehr Energieeffizienz gefordert, damit die sinkenden Gutschriften bei gleicher Einspeisemenge wieder für den Bilanzausgleich genügen. Solche Effekte können im Rahmen einer Annahme für das „Netz der Zukunft“ vorausschauend in die Planung eines Nullenergiegebäudes einbezogen werden.

Möglich sind auch Konzepte mit unterschiedlichen Bewertungsfaktoren für die

bezogene und eingespeiste Energie (Bewertungsasymmetrie). Im Zusammenhang mit der Entwicklung der „smart grids“ könnten die zeitvariablen Tarife auch zeitvariable Primärenergie- und Emissionsfaktoren zu Folge haben.

Gleichgültig, welche Indikatoren und Bewertungssysteme zum Einsatz kommen, muss beachtet werden, dass nur in wenigen Fällen eine ausgeglichene Bilanz auch bedeutet, dass keine Energiekosten auftreten. Energieträgerkosten verhalten sich nicht proportional zu Primärenergie- oder Emissionsfaktoren.

• Bilanzgrenzen

Die meisten normativen Energiebilanzverfahren beinhalten ausschließlich den gebäudetechnischen Energiebedarf und manchmal auch nur Teile davon. Adressiert werden meist die Anlagen zur Heizung und Wasserversorgung mit deren Hilfsenergie für Pumpen und Ventilatoren und bei Nichtwohngebäuden darüber hinaus die Lüftung, Kühlung und Beleuchtung. Nicht adressiert wird fast immer der nutzungsspezifische Verbrauch von Geräten (zum Beispiel Haushaltsgeräte, EDV, Produktionsmaschinen) und zentralen Einrichtungen (zum Beispiel Serverräume, Kühlhäuser, Rolltreppen, Aufzüge). Die Praxisbeispiele aus dem EnOB Förderprogramm des BMWi zeigen, dass bei energieeffizienten Gebäuden im Mittel 50 % bis 60 % des gesamten Primärenergieverbrauchs durch die nicht normativ erfassten Verbräuche verursacht werden. Der berechnete Bedarf kann nicht einfach dem gemessenen Verbrauch eines Gebäudes gegenübergestellt werden. Somit ist eine streng normative Bilanz im Bereich der Elektroenergie oft nicht ohne weiteres messtechnisch verifizierbar.

Die Ausdehnung des Bilanzraums auf Anlagen außerhalb der eigentlichen Baumaßnahme (zum Beispiel Einkauf von grünem Strom, Anteile an Windparks) erscheint im Sinne einer energetischen Gebäudebewertung wenig sinnvoll. Sie speisen außerhalb des Gebäudenetzes ein und werden über dessen Zähler nicht erfasst. Dabei nehmen sie die Transport- und Speicherkapazität der Netze in Anspruch. Diese Effekte werden in der Gebäudeenergiebilanz bereits durch die entsprechende Bewertungsfaktoren für Primärenergie und Emissionen der Netze auf der Aufwandseite berücksichtigt. In gleicher Weise erscheint die Anrechnung von Solarstromanlagen auf Gebäude problematisch, wenn sie nicht überwiegend die Eigenbedarfsdeckung, sondern prioritär die Netzeinspeisung zum Ziel haben. Das sind zum Beispiel Anlagen im Besitz von Energieversorgungsunternehmen oder Betreibergemeinschaften auf gemieteten Gebäudedächern.

• Bilanzierungszeiträume

Die Energie für die Gebäudeerstellung, Instandhaltung und Entsorgung wird meis-

tens noch nicht als Teil einer Energiebilanz betrachtet. Ihr Anteil über den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie steigt aber mit sinkendem Betriebsenergieaufwand. Zusammen mit den im Laufe der Nutzung eines Gebäudes erforderlichen Ersatz- und Erneuerungsmaßnahmen beträgt die Herstellungenergie bei energieeffizienten Gebäuden etwa 20 % bis 40% des gesamten Primärenergieaufwands; umgerechnet auf ein Jahr, und flächenbezogen sind dies 20 bis 50 kWh/m²a. Die Werte für die Herstellungenergie variieren abhängig von der Baukonstruktion (Holz- oder Massivbau) und der Ausstattungsmerkmale (zum Beispiel mit oder ohne Tiefgarage) erheblich. Variantenrechnungen weisen darauf hin, dass diese Unterschiede größer ausfallen, als der durch eine Bauweise als Nullenergiegebäude verursachte Mehraufwand an Primärenergie. Ein solcher Mehraufwand resultiert zum Beispiel aus den erhöhten Dämmstärken oder vor allem einer zusätzlichen Solarstromanlage.

Damit der Nullenergiestandard im Sinne einer ausgeglichenen Bilanz über den gesamten Nutzungszyklus erreicht wird, müssen die jährlichen Überschüsse der Betriebsenergiebilanz den Energieaufwand für Herstellung und Instandhaltung ausgleichen. Das bedeutet, dass bezogen auf die jährliche Betriebsenergiebilanz ein Plusenergiestandard erreicht werden muss. Solche Dimensionierungen sind allerdings in der Praxis selten vorzufinden.

• Bilanzarten

Publikationen verweisen bei der Darstellung von Berechnungs- oder Messergebnissen teilweise auf die Gegenüberstellung von Bedarfs/Verbrauchs- und Erzeugungsdaten, teilweise aber auch auf Bezug- und Einspeisung von Energie and der Schnittstelle zum Stromnetz. Bei näherer Betrachtung unterscheiden sich die beiden Bilanzarten durch den Anteil der Eigenverbrauchsdeckung durch die lokale Stromerzeugung (Bild 2). Im Falle der solaren Stromerzeugung oder der lokalen Kraft-Wärme-Kopplung ist damit derjenige Anteil des erzeugten Stroms gemeint, der das Gebäude nicht verlässt. Auch bei dieser Betrachtung ist es entscheidend, ob der nutzungsbedingte Stromverbrauch (wie zuvor erwähnt) in die Bilanz einbezogen wird. Wird er nicht berücksichtigt, wird theoretisch mehr Strom exportiert (obwohl er faktisch im Gebäude verbraucht wird). Solarthermische Anlagen werden als reine Bedarfsminderung aufgefasst. Erst bei Solaranlagen, die Wärme an Wärmenetze exportieren, erfolgt eine Aufteilung in Bedarfsminderung und Export.

Vorteil der Gegenüberstellung von Erzeugung und Bedarf unabhängig von der Eigenbedarfsdeckung ist die deutlich einfachere Handhabung in der Planung. Die Werte können unabhängig und mit üblichen normativen

¹⁾ zum Beispiel Änderung des Primärenergiefaktors für Strom in Deutschland von 3,0 im Jahr 2000 auf 2,6 ab 2010

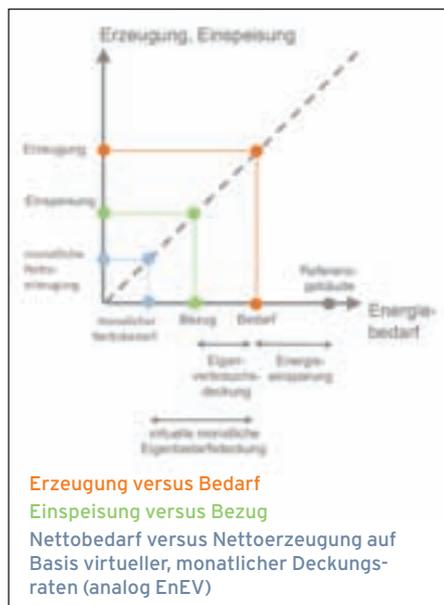


Bild 2 Gegenüberstellung unterschiedlicher Bilanzierungsarten

beziehungsweise ingenieurpraktischen Verfahren ermittelt werden. Zeitlich hoch aufgelöste Profile werden in der Regel nicht ermittelt und sind erfahrungsgemäß verbrauchsseitig stark vom Nutzerverhalten abhängig. Demgegenüber eignet sich die Gegenüberstellung von Bezug- und Einspeisung von Energie üblicherweise für eine Betrachtung in der Betriebsphase eines Gebäudes unter Nutzung entsprechender Zähler an den Lieferschnittstellen. Wiederum wird es hier problematisch, wenn signifikante Teile des Verbrauchs eigentlich nicht mit bilanziert werden sollen (Haushaltsstrom, wie bereits beschrieben).

Normatives Umfeld in Deutschland

Im §5 der EnEV wird 2009 erstmalig die Anrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien thematisiert. Bis dato wurden Solarstromanlagen durch die Volleinspeisung des erzeugten Stroms als Teil des Stromnetzes betrachtet und daher in der Gebäudeenergiebilanz nicht berücksichtigt. Im § 5 EnEV heißt es:

„Wird in zu errichtenden Gebäuden Strom aus erneuerbaren Energien eingesetzt, darf der Strom in den Berechnungen (...) von dem Endenergiebedarf abgezogen werden, wenn er

1. im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zu dem Gebäude erzeugt und
2. vorrangig in dem Gebäude selbst genutzt und nur die überschüssige Energiemenge in ein öffentliches Netz eingespeist wird.

Es darf höchstens die Strommenge nach Satz 1 (monatlich) angerechnet werden, die dem berechneten (monatlichen) Strombedarf der jeweiligen Nutzung entspricht.“ Bei einem Wohngebäude, in dem die Heizung und

Wassererwärmung über Erdgas oder Pellets erfolgt, kann der Stromertrag lediglich der Hilfsenergie für Pumpen und Ventilatoren gegenübergestellt werden.

In der Erläuterung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) wird sinngemäß ergänzend ausgeführt, dass ein unmittelbarer räumlicher Zusammenhang dann vorliegt, wenn der selbst verbrauchte Strom nicht über Leitungen eines öffentlichen Verteilungsnetzes geführt wird. Durch den Einbau entsprechender Zähler wird zwischen „selbst genutztem“ und „in das öffentliche Netz eingespeistem“ Strom unterschieden. Auch Quartierslösungen, also für mehrere Gebäude eingerichtete gemeinsame Erzeugungsanlagen, können dann berücksichtigt werden. Dabei ist unerheblich, ob die Gebäudeeigentümer selbst Betreiber der Erzeugungsanlage sind oder ein Dritter. Die Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs nach der Energieeinsparverordnung erfolgt monatsweise. Die Anrechnung von selbst erzeugtem Strom aus erneuerbaren Energien vom Strombedarf erfolgt ebenfalls monatsweise. Die maximal anrechenbare Strommenge ergibt sich aus dem berechneten Strombedarf.

Eigenstromerzeugung mit gebäudeintegrierten Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) wird im Kontext von EnEV und der Vornormenreihe DIN V 18599 ebenfalls berücksichtigt. Kerngedanke ist dabei, dass die an die Wärmebereitstellung gekoppelte Stromerzeugung auf den Primärenergiebezug (in Form von Brennstoff) für den Betrieb der KWK angerechnet wird. Die Anrechnung erfolgt dadurch, dass das Primärenergieäquivalent des erzeugten Stroms von dem Primärenergieäquivalent des Brennstoffs für den KWK-Betrieb abgezogen wird (Gutschriftenverfahren). In der vereinfachten Betrachtung erfolgt die Gutschrift im Rahmen der Jahresbilanz. Erstaunlicherweise werden damit, anders als bei dem zuvor dargestellten Verfahren für Solarstrom, die monatlichen Überschüsse bei der Stromerzeugung gegenüber dem Strombedarf des Gebäudes nicht gekappt.

Definitionen oder Rechenwege für Nullenergiegebäude finden sich in der gültigen Gesetzgebung und Normung bis dato nicht. Da sommerliche Solarstromüberschüsse nicht die Defizite im Winter rechnerisch ausgleichen dürfen, ist ein Nullenergiegebäude im streng normativen Sinne unter den hiesigen Klimabedingungen nicht erreichbar. Auch die Gegenrechnung von Netzeinspeisung von Solarstrom und Bezug fossiler Energieträger wird in der Primärenergiebilanz ausgeschlossen. Nur für KWK-Strom ist die Anrechnung möglich. Allerdings ist das Verhältnis von Strom- und Wärmebedarf der meisten Gebäude derart, dass die mit einem KWK-Betrieb mögliche Stromerzeugung in der Jahresbilanz ebenfalls die Gesamtbilanz nicht deckt.

Normative Anpassung

Die monatliche Bilanzierung ist in Bezug auf die Trennung von Eigenbedarfsdeckung und Einspeisung durch Solarstromanlagen ein Kompromiss. Wie Bild 2 zeigt, werden durch diese Vereinfachung höhere Deckungsgraden als real vorhanden ausgewiesen, weil unter anderem der nächtliche Stromverbrauch und Tageslastspitzen nicht gedeckt werden, obwohl in der sommerlichen Monatsbilanz die Volldeckung ausgewiesen wird. Trotzdem erscheint der Ansatz tragfähig, wenn die monatlichen Überschüsse summiert und – anders als bisher – als Beitrag in der Jahresprimärenergiebilanz verrechnet werden können. Die Höhe der Überschüsse für den Ausgleich der Jahresbilanz wird zu einem Indikator für die Inanspruchnahme des Netzes im Sinne eines saisonaler Speicher und indirekt auch für die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes.

Diesem Ansatz folgend wäre es normativ erforderlich, dass

- der Bilanzraum der Vornormenreihe DIN V 18599 auf den gesamten Energiebedarf einschließlich des nutzungsspezifischen Strombedarfs eines Gebäudes erweitert wird. Hierzu eignet sich zum Beispiel die Festlegung von Bedarfskennwerten für Geräte, Arbeitshilfen in den normativen Nutzungsprofilen.
- die Energiebilanzierung von KWK-Anlagen und Solarstromanlagen methodisch harmonisiert wird (Monatsverfahren mit Trennung in Eigenbedarfsdeckung und Überschusseinspeisung).

In Anbetracht der normativen Lücke hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) im Rahmen des Förderprogramms „Wohnhäuser mit Plus-Energie-Niveau“ eine ergänzende Rechenvorschrift vorgelegt. Hierbei wird bereits der Haushaltsstrombedarf einbezogen (20 kWh/m²a). Es kommen asymmetrische Primärenergiefaktoren zum Einsatz, die zu höheren Gutschriften bei der Einspeisung führen (2,8 für Einspeisung, 2,4 für Netzstrombezug).

Literatur

Eine umfangreiche Behandlung des Themas Nullenergiehaus mit zahlreichen Beispielen enthält die 2011 erschienene Buchveröffentlichung: Voss, Karsten, Musall, Eike (Hrsg.): „Nullenergiegebäude – Internationale Projekte zum klimaneutralen Wohnen und Arbeiten“, ISBN 978-3-920034-50-8, DETAIL Verlag, München, 2011.

Das Internetportal „www.enob.info“ zeigt auf einer interaktiven Weltkarte über 300 international relevante Projekte zum Thema. Mit dem frei verfügbaren Werkzeug „EnerCalc“ ist eine vereinfachte, übersichtliche Bilanzierung im Sinne des vorgestellten Rechenwegs in Anlehnung an die Vornormenreihe DIN V 18599 möglich. Das Werkzeug ist kostenfrei dort abrufbar.