

Vom Niedrigenergie- zum Nullenergiehaus: Standortbestimmung und Entwicklungsperspektiven

Der Begriff „Nullenergiehaus“ ist 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. Plusenergiehäuser erzielen eine positive Bilanz. Trotz Verankerung in zahlreichen energiepolitischen Positionspapieren existiert aber bisher keine Definition oder normative Beschreibung. Der Beitrag erläutert in einem internationalen Kontext die Hintergründe und diskutiert die Einflussgrößen bei der Bilanzierung. Nach Darstellung der normativen Berechnungszusammenhänge wird eine abgestimmte Terminologie und nationale Vorgehensweise vorgeschlagen. Diese berücksichtigt neben der Energiebilanz die Energieeffizienz und die Eigenbedarfsdeckung.

From Low-Energy to Zero-Energy Building: Status and Perspectives. *“Net Zero Energy Building” has become a prominent wording to describe the synergy of energy efficient building and renewable energy utilization to reach a balanced energy budget over a yearly cycle. Taking into account the energy exchange with a grid infrastructure overcomes the limitations of energy autonomous buildings with the need for seasonal energy storage on-site. Even though the wording “Net Zero Energy Building” occurs in many energy policy documents a harmonized definition or a balancing method is still missing. The paper reports on the background and the various effects influencing the energy balance approach. After discussing the national energy code framework in Germany a harmonized terminology and balancing procedure is suggested. Besides the energy balance the procedure takes load energy efficiency and matching into account.*

1 Einleitung

In den letzten Jahren wurden national und international Gebäude und Siedlungsprojekte initiiert und realisiert, die sich dem vollständigen Ausgleich ihres Energiebezugs für den Betrieb oder der damit verbundenen CO₂-Emissionen im Rahmen einer Jahresbilanz widmen. Die Ergebnisse nennen sich „Nullenergiehaus“, „Plusenergiehaus“, „Null-emissionshaus“, ... oder im internationalen Sprachraum „net zero energy building“, „zero carbon or carbon neutral building“, „equilibrium building“, ...

Die Politik macht sich diese Begriffe als Zieldefinition für Energieeinsparung und Klimaschutz im Gebäudesektor zu Eigen. Sowohl im Energieforschungsprogramm [1] und im aktuellen Energiekonzept der Bundesregierung [2] als auch im Kontext der Fortführung der Energy Performance in Buildings Directive der EU wird das Thema besetzt (Tabelle 1, [3]). In Nordamerika ist der Ausdruck *Zero Energy Building* zum Sammelbegriff für Bestrebungen zur signifikanten Verbesserung der Energieeffizienz im Gebäudebereich geworden [4].

Tabelle 1. Definition und Zielsetzungen aus der EU Energy in Buildings Performance Directive, Recast 2010 [3]
Table 1. Definition and targets of the 2010 EU Energy in Buildings Performance Directive Recast [3]

Article 2: Definitions

Nearly zero-energy building means a building that has a very high energy performance. (...) The nearly zero or very low amount of energy required should be covered to a very significant extent by energy from renewable sources, including energy from renewable sources produced on-site or nearby.

Article 9: Nearly zero Energy Buildings

Member States shall ensure that:

- (a) by 31 December 2020, all new buildings are nearly zero-energy buildings; and
- (b) after 31 December 2018, new buildings occupied and owned by public authorities are nearly zero-energy buildings.

Member States shall draw up national plans for increasing the number of nearly zero-energy buildings. These national plans may include targets differentiated according to the category of building.

Bei autarken – also nicht an eine Energieinfrastruktur angebundenen – Gebäuden muss die Dimensionierung des hauseigenen, meist solaren Energiesystems und speziell der Energiespeicher die Versorgung zu *jeder Zeit* sicherstellen [5]. Bei *Netto*-Nullenergiehäusern wird lediglich ein neutrales Ergebnis einer Energie- oder Emissionsbilanz über den Zeitraum eines Jahres angestrebt, Plusenergiehäuser streben eine positive Bilanz an. Der Zusatz „Netto“ weist darauf hin, dass es sich um ein Rechenergebnis für die Bilanz aus Bedarfs- oder Verbrauchswerten und Netzeinspeisung über einen definierten Zeitraum handelt und keinesfalls um Gebäude ohne jeglichen Energiebedarf. Dabei ist die energetische Kopplung an eine vorhandene En-

ergieinfrastruktur von entscheidender Bedeutung zum Ausgleich von Energieangebot und -nachfrage nach Menge und unter Umständen auch nach Art des Energieträgers. Im europäischen Klima spielt dabei aus energetischer Sicht speziell der saisonale Ausgleich die dominante Rolle, auf der Ebene der Leistung dominieren die kurzzeitigen Ausgleichsvorgänge. Auf die hauseigene, saisonale Energiespeicherung wird bei Netto-Nullenergiehäusern bewusst verzichtet. Technologisch wäre das heute speziell für Strom nicht sinnvoll realisierbar, da sich Batterien dazu nicht eignen und Gebäude integrierte Wasserstoffsysteme einen nach wie vor hohen Entwicklungsbedarf zeigen. Gemeinsames Merkmal der Netto-Nullenergiehäuser mit autarken Gebäuden ist aber die ausgeglichene Bilanz, nicht allein ein geringer Energiebedarf wie z. B. beim Passivhaus. Gerade der Verzicht auf ein fixes Energieeffizienzziel – z. B. als Energiekennwert in kWh/m²a – macht das Konzept international attraktiv, da man sich angesichts von unterschiedlichen Klimata, Bautraditionen und Nutzergewohnheiten nicht auf einen Energiekennwert für eine Gebäudeklasse einigen muss: Gemeinsamer Nenner ist die ausgeglichene Jahresbilanz!

2 Nationale und Internationale Entwicklungen

So einfach das Vorgehen der Energiebilanzierung für ein Netto-Nullenergiehaus auf den ersten Blick erscheint, so komplex wird es im Detail und so zahlreich werden die offenen Fragen. Bisher gibt es national wie international kein anerkanntes Verfahren der Bilanzierung. Mit der Arbeitsgruppe „Towards Net Zero Energy Solar Buildings“ wurde 2008 auf deutsche Initiative hin ein Forum für das Thema im Rahmen der Internationalen Energieagentur IEA etabliert [6]. Im Kontext der methodischen Arbeiten wurden nach einer umfassenden Literaturstudie [7] erste Rahmenbedingungen für ein harmonisiertes Verständnis formuliert [8]. Die Arbeiten konzentrieren sich in einem ersten Schritt 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 öffentlichen Netzstromversorgung auf der Basis von 100 % erneuerbarer Energie¹ oder Quartiers- oder städtebauliche Lösungen mit ihren erweiterten Bilanzgrenzen und technischen Möglichkeiten². Grundansatz auf der Ebene des einzelnen Gebäudes ist immer ein zweistufiges Konzept aus

1. Energieaufwand reduzieren,
2. Einspeisung von Energie in Netze optimieren.

¹ Beispielhaft dafür steht die Situation in Norwegen. Die überwiegende Zahl der Gebäude wird vollständig elektrisch versorgt. Die Elektrizitätsversorgung stammt zu annähernd 100% aus Wasserkraft.

² Beispielhaft dafür stehen Nahwärmekonzepte für Stadtquartiere auf der Basis von Solarenergie oder Biomasse-nutzung mit KWK. Vorteilhaft wirken der zeitliche Ausgleich der Energienachfrage zwischen Gebäuden (Gleichzeitigkeit) sowie die verbesserte Wirtschaftlichkeit größerer Anlagen und Systeme.

Im Weiteren sind

- ein geeigneter Indikator (Primärenergie, CO₂-Emissionen, ...),
- ein Bewertungsverfahren (Umrechnungsfaktoren),
- die Bilanzgrenze und
- der Bilanzzeitraum

festzulegen. Hierbei variieren die untersuchten nationalen Ansätze und nutzen die jeweils national eingeführten Rechenverfahren zur Energiebedarfsermittlung (Bild 1).

Im Rahmen einer Studie für den Bestand an Nichtwohngebäuden in den USA wurde 2007 ermittelt, dass es einer Verbrauchsreduktion um durchschnittlich 60 % bedarf, um allein den jeweiligen Stromverbrauch der Gebäude in der Jahresbilanz theoretisch über die Netzeinspeisung hauseigener Solarstromanlagen auszugleichen [9]. Für einige Gebäudetypen wären über 90 % Einsparung erforderlich. Diese Daten zeigen anschaulich, wie notwendig die drastische Steigerung der Energieeffizienz auf dem Weg zum Netto-Nullenergiehaus ist. Der verbleibende Energiebedarf bzw. -verbrauch beschreibt nach einer geeigneten Bewertung unmittelbar die Höhe der erforderlichen Gutschriften aus der Netzeinspeisung. Ausgehend von den heute dominierenden Konzepten mit solarer Stromerzeugung am Gebäude definieren die Größe und Ausrichtung der zur Verfügung stehenden Hüllflächen unmittelbar den am Standort maximal zulässigen Energiebedarf eines Gebäudes. Mit zunehmender Anzahl von Geschossen ist der Bilanzausgleich mit Solartechnologie allein nicht erreichbar, da der Energiebedarf des Gebäudes stärker zunimmt als die für Solarenergienutzung geeignete Hüllfläche. Leistungsfähige Windkraftnutzung unmittelbar am Gebäude ist auf wenige Sonderfälle beschränkt. Aussichtsreich ist dagegen die gebäudeintegrierte Kraft-Wärmekopplung (KWK), speziell auf der Basis von erneuerbarer Energie [10].

Trotz ausgeglichener Bilanz gemäß Bild 1 und Übereinstimmung in allen vier Bilanzkriterien existieren große energetische Unterschiede zwischen realisierten Netto-Nullenergiehäusern. Die Unterschiede beziehen sich vornehmlich auf:

- die zeitliche Übereinstimmung von Energiebereitstellung und -nachfrage (Grad der Eigenbedarfsdeckung),
- die zeitliche Übereinstimmung der Netzeinspeisung mit den Bedürfnissen der Netze (zeitlich variabler Wert des eingespeisten Stroms),
- die Übereinstimmung der bezogenen und eingespeisten Energieträger (z. B. Einspeisung von sommerlichem Stromüberschuss versus winterlichen Bezug von Erdgas).

Erst mit der Novelle des Energieeinspeisegesetzes existiert in Deutschland seit 2010 ein ökonomischer Anreiz zur bevorzugten Deckung des eigenen Verbrauchs gegenüber der Netzeinspeisung von Solarstrom [11]. Auch für KWK-Strom ist die Eigenbedarfsdeckung wirtschaftlicher als die Einspeisung [10]. Mit der geplanten Einführung von sogenannten „smart grids“ mit tages- und jahreszeitlich variablen Stromtarifen wird der netzzeitige Wert des eingespeisten bzw. bezogenen Stroms für Gebäudebetreiber monetär spürbar und damit zu einem Steuerungsinstrument. Netto-Nullenergiekonzepte, die im Wesentlichen die Speicherkapazität und Leistungsvor-

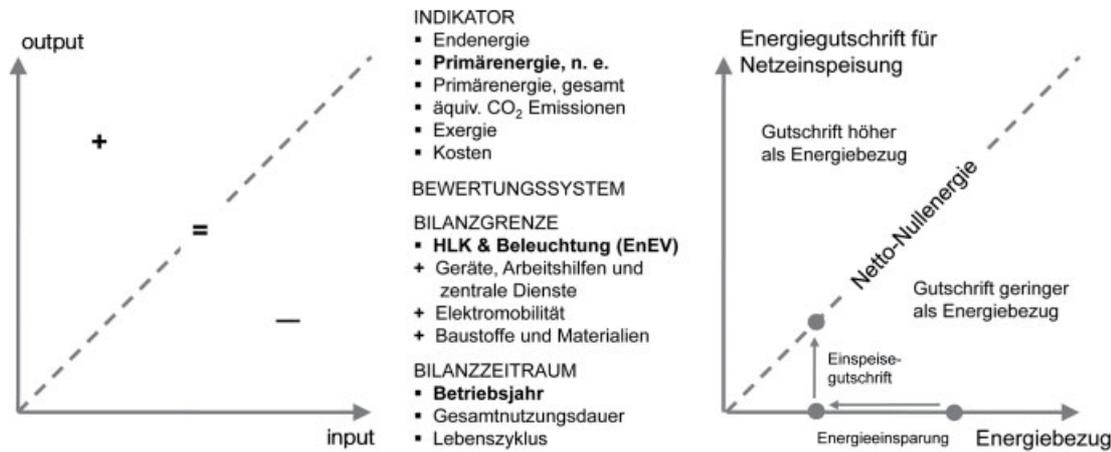


Bild 1. Das linke Diagramm zeigt das prinzipielle Vorgehen als Bilanzierung von Input und Output an der energetischen Schnittstelle eines Gebäudes. Zur Konkretisierung bedarf es der Auswahl eines geeigneten Indikators, eines Bewertungssystems, der Bilanzgrenze und des Bilanzzeitraums. Beispielhaft zeigt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

Fig. 1. The left diagram indicates the schematic input/output balance of a building project. The balance calculation needs the definition of a metric and accounting system, the system boundary and the balancing period. Exemplary, the right diagram focuses on primary energy (non renewable part only), the system boundary of the German energy code EnEV and one year of operation. The diagonal within the diagram describes a net zero energy building in this context. The primary energy needs are balanced by the primary energy equivalent of the energy fed into the local grid. Net plus energy buildings in that sense are represented in the upper left part of the diagram.

haltung der Netze nutzen werden im Betrieb teurer als solche, die Strombezug- und einspeisung an den Eigenbedarf und die Tarifsituation anpassen. Die Tendenz zu sogenannten „Nur-Strom-Gebäuden“ im Wohnungs- und Nichtwohnungsbau vermeidet zwar den winterlichen Bezug von z. B. Erdgas, steigert aber durch den Stromverbrauch der erforderlichen Wärmepumpen das saisonale Ungleichgewicht zwischen Strombezug und solarem Stromeinspeisepotential. Der winterliche Stromverbrauch und damit die Netzinanspruchnahme steigen. Allein KWK-basierte Lösungen führen meist zu einer Unterdeckung der sommerlichen Eigenstromversorgung, da dann keine ausreichende Wärmesenke zur Verfügung steht und KWK-Anlagen in der Regel wärmegeführt be-

trieben werden. Die Kombination mit solarer Stromerzeugung und aktivem Lastmanagement ermöglicht eine gleichmäßigere Eigenbedarfsdeckung.

3 Projekte

Im Kontext der Internationalen Energieagentur IEA wurden Informationen zu mehr als 300 weltweiten Projekten erfasst und ausgewertet, die das Thema der Netto-Nullenergiehäuser adressieren [12]. Darunter finden sich sämtliche Gebäudetypen und -größen. Die Mehrzahl der Gebäude steht in Europa. Auch erste Bestandsgebäude wurden zu Netto-Nullenergiehäusern saniert. Tabelle 2 zeigt eine Auswahl von Projekten und Charakteristika.



Bild 2. Das Gebäude der Universität Wuppertal zum Solar Decathlon 2010 in Madrid; die Energieversorgung basiert auf Solarstromanlagen und Vakuumröhrenkollektoren in Verbindung mit einer Wärmepumpe (Foto: Peter Keil, Düsseldorf)

Fig. 2. The building of Wuppertal University for the Solar Decathlon Madrid, 2010; the energy supply is based on solar power generation and vacuum tube collectors combined with a heat pump (Photo: Peter Keil, Düsseldorf)

Tabelle 2. Ausgewählte Projekte [12]
 Table 2. Selected net zero energy buildings [12]

Typologie		Projektname	Land	Ort	Fertigstellung	Fläche m ² NGF	Weblink	Schwerpunkte Energieversorgung	
Wohngebäude	Neubau	EFH	R128	DE	Stuttgart	2001	250	www.wernersobek.com/	<ul style="list-style-type: none"> - Nur-Stromhaus - Wärmepumpe - PV-Anlage
		EFH	Lighthouse	UK	Watford	2007	93	www.kingspanlighthouse.com	<ul style="list-style-type: none"> - Holzpelletkessel - Solarkollektoren - PV-Anlage
		MFH	Kraftwerk-B	CH	Bennau	2009	1.400	www.grabarchitekten.ch	<ul style="list-style-type: none"> - Holzöfen - PV-Anlage - Fassadenkollektoren - Wärmeeinspeisung
		MFH	Kleehäuser	DE	Freiburg	2006	2.519	www.kleehaeuser.de	<ul style="list-style-type: none"> - Erdgas-BHKW - Solarkollektoren - PV-Anlage - Windparkanteil
		Siedlung	Solarsiedlung	DE	Freiburg	2008	7.890	www.solarsiedlung.de/	<ul style="list-style-type: none"> - BHKW Nahwärme - PV-Dächer
		Siedlung	BedZED	UK	Wellington	2002	7.270	www.zedfactory.com/bedzed.html	<ul style="list-style-type: none"> - Biomasse-BHKW - Biomasse-Kessel - PV-Anlage - Elektroauto
Sanierung	EFH	Wohnhaus „Moschik“	AT	Arnoldstein	2010	240		<ul style="list-style-type: none"> - Pelletkessel - Holzvergaserkessel - Kaminöfen - Solarkollektoren - PV-Anlage 	
	MFH	Blaue Heimat	DE	Heidelberg	2006	3.374	www.zero-haus.de/blaue-heimat.html	<ul style="list-style-type: none"> - Erdgas-BHKW - PV-Anlage - Windparkanteil 	
Nichtwohngebäude	Neubau	Verwaltung	Marché international support office	CH	Kemptahl	2008	1.516	www.kaempfen.com	<ul style="list-style-type: none"> - Nur-Stromhaus - Wärmepumpe - PV-Anlage
		Verwaltung	JUWI-Hauptquartier	DE	Wörrstadt	2009	8.500	www.juwi.de/ueber_uns/standorte_weltweit/woerrstadt.html	<ul style="list-style-type: none"> - Pelletkessel - Solarkollektoren - PV-Anlage - Batteriespeicher - Biogaseinspeisung
		Verwaltung	Bürogebäude AEE	AT	Villach	2002	399	www.aee.or.at/index.php?menue3=31	<ul style="list-style-type: none"> - Solarkollektoren - Pelletkessel - PV-Anlage - Wärmeeinspeisung
		Verwaltung Produktion	Hauptquartier Solon SE	DE	Berlin	2008	8.300	www.solon.com/de/unternehmen/solon-auf-einen-Blick/solon_corporate-headquarter/	<ul style="list-style-type: none"> - Abwärmenutzung - Fernw. mit Biogas - PV-Anlagen - Batteriespeicher - Solartankstelle
		Verwaltung Produktion	Solvis	DE	Braunschweig	2000	8.215	www.solvis.de/sol_nullemissionsfabrik.php	<ul style="list-style-type: none"> - Abwärmenutzung - Solarkollektoren - Rapsöl-BHKW - PV-Anlage
		Verwaltung Produktion	Solarfabrik	DE	Freiburg	1999	4.260 (BGF)	www.solar-fabrik.de/unternehmen/firmenprofil/nullemissionsfabrik/	<ul style="list-style-type: none"> - Rapsöl-BHKW - Rapsöl-Kessel - PV-Anlage

Besonders öffentlichkeitswirksam wird das Thema regelmäßig durch den internationalen Hochschulwettbewerb Solar Decathlon besetzt, zuletzt in Madrid 2010, Bild 2 [13].

4 Normative Handhabung in Deutschland

Grundlage der energetischen Bewertung von Gebäuden ist die zum 1. 10. 2009 geänderte Energieeinsparverordnung EnEV; Bilanzraum sind alle in DIN V 18599 erfassten Energieströme [14]. Diese umfassen die zur Heizung, Trinkwassererwärmung, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung eingesetzten Energiemengen. Nicht enthalten sind die Stromverbräuche von Arbeitshilfen, Geräten und zentralen Einrichtungen. Das Rechenverfahren basiert auf monatlichen Energiebilanzen. In § 5 der EnEV wird seit 2009 erstmalig die Anrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien thematisiert [15], Tabelle 3. Das DIBt hat dazu eine Konkretisierung vorgenommen, [16], Tabelle 4.

Eigenstromerzeugung mit gebäudeintegrierten KWK-Anlagen wird in DIN V 18599 Teil 9 berücksichtigt [14]. Kerngedanke ist dabei die Anrechnung der an die Wärmebereitstellung gekoppelten Stromerzeugung zur rechnerischen Reduktion des Primärenergiebezugs für den eingesetzten Brennstoff der KWK (Gutschriftenverfahren). In der vereinfachten Betrachtung erfolgt die Gutschrift im Rahmen der Jahresbilanz. Anders als beim oben dargestellten Verfahren gemäß § 5 werden monatliche Überschüsse bei der Stromerzeugung gegenüber dem Strombedarf des Gebäudes nicht gekappt. Die Regelung gilt unabhängig von der Frage, ob es sich bei dem eingesetzten Brennstoff um erneuerbare (z. B. Rapsöl) oder nicht erneuerbare Energie handelt. Aufgrund der Jahresbilanz kommt es zur Anrechnung auf andere Verbräuche im Gebäude. Auch in diesem Punkt weicht die Betrachtung von § 5 ab.

Definitionen oder Rechenwege für Netto-Nullenergiehäuser finden sich in der gültigen Gesetzgebung und Normung (noch) nicht. Die kommerziellen Rechenwerkzeuge für Energieausweise sind ebenfalls nicht daraufhin ausgelegt. Durch den Ausschluss des saisonalen Ausgleichs von sommerlichen Solarstromüberschüssen mit Defiziten im Winter ist ein Netto-Nullenergiehaus unter den hiesigen Klimabedingungen nicht erreichbar. Auch die Gegenrechnung von Netzeinspeisung und Bezug fossi-

Tabelle 3. Anrechnungsregel für Strom aus erneuerbarer Energie gemäß § 5 der EnEV 2009 [15]

Table 3. Guidelines for considering power from renewable within the German energy code EnEV 2009 [15]

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 angerechnet werden, die dem berechneten Strombedarf der jeweiligen Nutzung entspricht.

Tabelle 4. Erläuterung zu § 5 EnEV durch das DIBt [16]
Table 4. Description to § 5 EnEV by DIBt, Germany [16]

- Von einem unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zu dem Gebäude ist dann auszugehen, wenn zur Nutzung des Stroms aus erneuerbaren Energien im Gebäude dieser Strom nicht über Leitungen eines öffentlichen Verteilungszuges geführt wird. Es ist dagegen unerheblich, ob die Gebäudeeigentümer selbst Betreiber der Erzeugungsanlage sind oder ein Dritter. Auch können unter der vorgenannten Voraussetzung (keine Übertragung über öffentliche Netze) sogenannte „Quartierslösungen“, also für mehrere Gebäude eingerichtete gemeinsame Erzeugungsanlagen, berücksichtigt werden.
- Strom aus Solarstromanlagen stellt in der Praxis den wesentlichen Anwendungsfall für § 5 EnEV dar. § 5 EnEV trägt insbesondere der Änderung der Fördervoraussetzungen nach § 33 Absatz 2 des Gesetzes über den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) Rechnung. Da bei Anwendung der Regelung des § 33 Absatz 2 EEG ein Nachweis über die verwendete Strommenge zu führen ist, ist davon auszugehen, dass neben den vertraglichen auch die schaltungs- und messtechnischen Voraussetzungen geschaffen werden. Somit kann bei Solarstromanlagen im Einzelfall eindeutig zwischen „vorrangig selbst genutztem“ und „in das öffentliche Netz eingespeistem“ Strom unterschieden werden; der Vorrang für die Selbstnutzung bis zur Höhe des benötigten Stroms wird schon durch die Schaffung der Voraussetzungen für die Nutzung der Option des § 33 Absatz 2 EEG dokumentiert.
- Die Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs nach der Energieeinsparverordnung erfolgt (...) auf der Basis einer Monatsbilanz. Der Abzug von in unmittelbarem räumlichem Zusammenhang erzeugtem Strom aus erneuerbaren Energien muss in konsequenter Fortführung dieses Grundsatzes ebenfalls monatsweise erfolgen. Die höchstmögliche anrechenbare Strommenge ergibt sich daher bei der Berechnung somit monatsweise als „Endenergiebedarf Strom“.
- Der Energieertrag der Solarstromanlage ist mit geeigneten technischen Regeln monatsweise zu berechnen.

ler Energieträger wird in der normativen Primärenergiebilanz ausgeschlossen.

Im Rahmen einer Dissertation über Vereinfachungsverfahren für die Energiebilanzierung nach DIN V 18599 [17], [18] wurde ein Excel-basiertes Werkzeug entwickelt, das den normativen Rechenweg in Bezug auf die Solarstromerzeugung bereits in übersichtlicher Art und Weise mit der Energiebilanzierung für ein Netto-Nullenergiehaus verbindet (Bild 3, [19]). Es integriert auch bereits die Berechnung eines energetischen Zielwertes für ein Gebäude auf der Basis der so genannten *Teilenergiekennwertemethode*. Hierbei wird der energetische Gebäudezielwert auf der Basis von Zielwerten für seine Nutzungszonen bestimmt und zusätzlich zum normativen Referenzwert dargestellt. Eine kritische Diskussion beider Methoden enthält [20].

5 Was tun unsere Nachbarn?

Im Rahmen einer internationalen Querschnittsuntersuchung wurde festgestellt, dass es bisher in keinem Land nor-

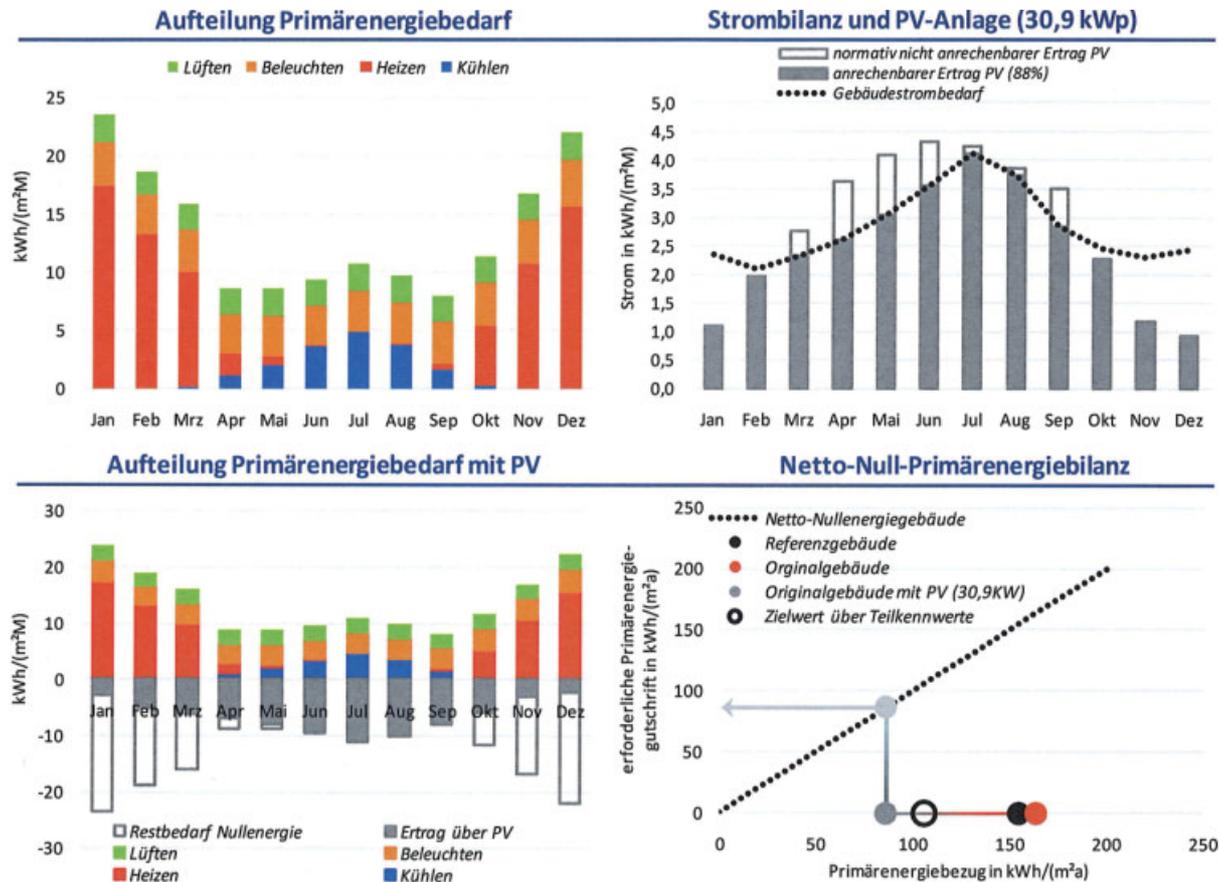


Bild 3. Grafische Darstellung der Ausgabe der Energieberechnung für ein Verwaltungsgebäude mit EnerCalc [19]. Das Gebäude wird mit Erdgas beheizt. Eine Solarstromanlage wird automatisch so ausgelegt, dass der jährliche Gesamtstromverbrauch gedeckt wird (hier eine Anlage mit 30,9 kW_p Spitzenleistung). Die Überschüsse in einigen Sommermonaten werden als Netzstrom gewertet und zunächst nicht für die monatliche Gebäudebilanzierung oder den saisonalen Ausgleich herangezogen. Anschließend wird in einem zweiten Schritt eine zusätzliche, fiktive Solarstromanlagengröße bestimmt, mit der in der Jahresbilanz unter Berücksichtigung eines saisonalen Ausgleichs die Primärenergiebilanz gerade null ergibt (86,3 kWh/m²a Primärenergiegutschrift durch eine 40 kW_p PV Anlage). Dabei werden auch die Überschüsse der ersten Solaranlage angerechnet.

Fig. 3. Illustration of the graphical output of the energy demand calculation for an office building with EnerCalc [19]. The building uses natural gas for heating. The solar power system is automatically sized to meet the annual electricity demand of the building (30.9 kW_p). The excess power during some of the summer months is accounted as grid power and initially not considered for the building power balance or the seasonal balance. With a second step an additional, virtual PV system is sized able to balance the total annual primary energy needs of the building thereby taking into account seasonal balancing and fuel switching (86.3 kWh/m²a primary energy credits due to a 40 kW_p PV power system). Monthly excess electricity is now being considered.

mativ Verfahren für die Bilanzierung eines Netto-Nullenergiehauses gibt [21]. Da der Begriff jedoch energiepolitisch an Einfluss gewinnt, sind Anpassungen zu erwarten.

Schweiz

Der dem Passivhaus in etwa entsprechende Schweizer MINERGIE-P-Standard schöpft die Möglichkeiten der Wärmebedarfsreduktion weitgehend aus. Fokussiert auf neue Wohnbauten wird derzeit der neue MINERGIE-A-Gebäudestandard entwickelt. Er zielt darauf ab, dass der Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser sowie der Strombedarf für die Lüftungsanlage in der Jahressumme, primärenergetisch betrachtet, null sein müssen. Zudem wird die Einführung einer primärenergetischen Obergrenze für die Summe aus dem Wärmebedarf, dem Strombedarf für die Lüftungsanlage und dem übrigen Strombedarf für den Betrieb des Gebäudes (Beleuchtung, Haushaltsstrom, TGA-Geräte) sowie der Grauen Energie (Erstellung, Unterhalt, Ersatz und Rückbau) diskutiert.

Diese Obergrenze forciert die Gesamtbetrachtung eines Gebäudes und ist damit umfassender als die bisherigen MINERGIE-Gebäudestandards. Die Anrechenbarkeit der Photovoltaik ist bei MINERGIE beschränkt. Bisher war sie durch entsprechende Zählerinstallation daran gebunden, dass der Strom direkt im Gebäude genutzt werden musste (net metering). Neu wird diskutiert, ob generell ein maximal anrechenbarer Photovoltaik-Anteil festgelegt werden soll (z. B. 0,2 m² PV pro m² Geschossfläche, oder 25 Wp pro m²), und dafür die Eigentums- und Verrechnungs-Modalitäten nicht beachtet werden [22].

Österreich

In Österreich findet die energetische Bewertung noch auf Basis der Endenergie statt. Im Rechenverfahren gemäß OIB Leitfadens werden für Wohngebäude Heizwärme-, Warmwasser- und Heiztechnikenergiebedarf abgebildet. Kühlenergie wird genauso wie der Bedarf für Beleuchtung und Lüftung nur bei Nicht-Wohngebäuden einbezogen.

Der Bedarf an Haushaltsstrom bzw. für Geräte wird nicht in die Berechnung einbezogen. Die Bilanzierung findet im Monatsbilanzverfahren statt, die Darstellung des Ergebnisses erfolgt üblicherweise nur als Jahresbilanz. Während Gewinne aus thermischen Solaranlagen bereits als Effizienzmaßnahme berücksichtigt werden, sind lokale Stromerzeugung aus Photovoltaik oder KWK-Anlagen noch nicht erfassbar. Vorbereitungen für die Umsetzung auf normativer Ebene laufen aber bereits. Im Gegensatz dazu steht die Programmlinie „Haus der Zukunft Plus“, die vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie als Forschungsprogramm ins Leben gerufen worden ist. Als Plus-Energiegebäude wird dort ein Gebäude verstanden, „dessen jährlicher Primärenergieverbrauch vor dem Hintergrund höchster Energieeffizienz unter der vor Ort produzierten erneuerbaren Energie liegt“ [23].

6 Entwicklungspfad

6.1 Methodik

6.1.1 Indikator

Da die meisten Gebäude nicht nur Strom als Energieträger nutzen, ist eine Bilanzierung auf der Ebene der Endenergie nicht angemessen. Die meisten Länder verfolgen daher Verfahren mit Primärenergie oder den damit verbundenen CO₂-Emissionen als Indikator [7]. Der Bereich der CO₂-Emissionen wird normativ in Deutschland nicht abgedeckt, jedoch bei der gerade eingeführten Nachhaltigkeitszertifizierung berücksichtigt [24]. Für die Bestimmung der CO₂-Emissionen und -Gutschriften wird in der Baupraxis überwiegend auf die tabellierten Faktoren gemäß GEMIS-Modellrechnungen zurückgegriffen, z. B. tabelliert in [25]. Der Übergang zur CO₂-basierten Bewertung von Gebäuden würde den Klimawandel gegenüber der Ressourcenknappheit zum zentralen Thema machen. Bemerkenswert ist, dass sowohl im Energieforschungsprogramm als auch im aktuellen Energiekonzept der Bundesregierung die Nullemissionsgebäude bzw. klimaneutrale Gebäude im Fokus der Betrachtung stehen [2], [3].

Fokus der primärenergetischen Bewertung im Kontext der DIN V 18599 ist der nicht erneuerbare Anteil. Daraus resultieren u. a. die sehr niedrigen Primärenergiefaktoren für Biomasse als Brennstoff (0,1 bis 0,2). Während die Vorgehensweise bei der Solarenergienutzung am Gebäude angemessen erscheint (0,0), wird die begrenzte Verfügbarkeit von Biomasse aus einer nachhaltigen Bewirtschaftung bereits mittelfristig zum Problem. Wie zuvor bereits aufgezeigt, reagiert die Schweiz bereits mit den neuen Normungsvorhaben auf diese Situation. Alternativ zum nicht erneuerbaren Anteil bietet sich die Berücksichtigung des gesamten Primärenergieaufwands an, wobei in diesem Falle für die Biomasse keinerlei Vorteil ausgewiesen würde.

Nur in wenigen Fällen wird das Netto-Nullenergiekostenhaus thematisiert, da vor allem die zeitliche Änderung und politische Einflussnahme auf die Kosten das Bilanzergebnis in hohem Maße bestimmen [26]. Im Luxemburger Energiepass für Nichtwohngebäude nähert man sich dem Thema mit der Darstellung einer sogenannten Ökonomiekategorie. Dieser informative Bewertungsmaßstab berücksichtigt neben allgemeinen Energieeffizienzkriterien auch zu erwartende Energiekosten verglichen mit einem

Referenzgebäude [27]. Es werden diesbezüglich jedoch keine Anforderungen an Gebäude gestellt. Die exergetische Bilanzierung scheitert an der Verständlichkeit bei den Planern und an der Kommunizierbarkeit in der Öffentlichkeit. Wesentliche methodische Aspekte sind bisher nicht geklärt [28].

6.1.2 Bewertungsverfahren

Ausgehend vom Indikator Primärenergie stellt sich die Frage, welche Faktoren anzuwenden sind. Im europäischen Kontext werden meist die gemittelten Faktoren für die Länder des europäischen Verbundnetzes favorisiert. Sie weichen von denen der nationalen Netze je nach Land mehr oder weniger deutlich ab und führen damit zu einem anderen Bilanzergebnis. Die Schweiz kennt neben den berechneten, nationalen Primärenergiefaktoren politisch festgelegte Gewichtungsfaktoren als strategisches Instrument der Einflussnahme [29]. Möglich sind auch Konzepte mit unterschiedlichen Faktoren für die bezogene und eingespeiste Energie. Im Zusammenhang mit der Entwicklung der smart grids könnten die zeitvariablen Tarife auch zeitvariable Primärenergiefaktoren zur Folge haben. In einigen amerikanischen Netzen kommen bereits zeitvariable Primärenergie- und Emissionsfaktoren zur Anwendung.

6.1.3 Bilanzraum

Die normative Bilanz in Deutschland beinhaltet ausschließlich den gebäudetechnischen Energiebedarf und diesen auch nicht komplett. Dabei treten im Wesentlichen zwei Schwierigkeiten auf:

- Der berechnete Bedarf kann nicht einfach dem gemessenen Verbrauch eines Gebäudes gegenübergestellt werden. Stromverbrauchszähler erfassen den Strom nicht differenziert nach Verbrauchssektoren, sondern nach Stromkreisen oder Mieteinheiten. Somit ist die Bilanz nicht ohne weiteres messtechnisch verifizierbar. Je erfolgreicher die Energiebedarfsminderung im Sinne des Bilanzraumes der EnEV ausfällt, desto größer wird der Einfluss der „sonstigen Verbraucher“ (Bild 4). Dieser Effekt gilt nicht nur für die Energie sondern auch für die Leistung und deren Spitzen als wichtigem Indikator für die Netzbelastung.
- Sofern der Grad der Eigenbedarfsdeckung einen wesentlichen Maßstab bildet (siehe 6.1.5), werden beim Bilanzraum gemäß EnEV zu hohe Deckungsraten ermittelt, da wesentliche Verbraucher nicht im Bilanzraum erfasst, jedoch aus dem Gebäudenetz gespeist werden. Bei vollständiger Bilanz wären die normativ nicht angerechneten Überschüsse aus der Eigenstromerzeugung kleiner, da Bedarf und Verbrauch höher ausfallen.

Beide Aspekte führen zur Notwendigkeit, den Bilanzraum speziell bei den Stromanwendungen auf sämtliche Verbrauchssektoren auszudehnen. Erste Ansätze zur Erfassung von sonstigen Stromverbrauchern hierzu liefern objektspezifische Benchmarks für bestehende Gebäude [30]. Die SIA-Normen in der Schweiz [29] oder das PHPP [31] haben diesen Schritt vollzogen und arbeiten planerisch mit Standardwerten (SIA) oder projektspezifischen Pla-

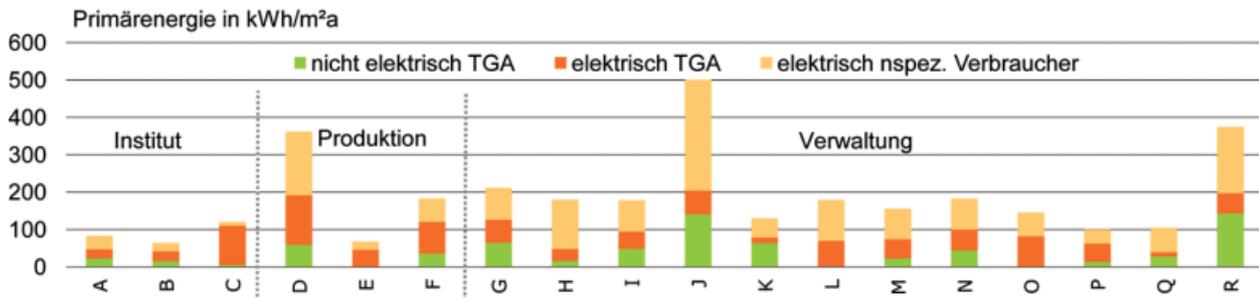


Bild 4. Gemessene Primärenergiekennwerte von ausgewählten Gebäuden aus dem BMWi-Förderprogramm EnOB. Dargestellt sind flächenbezogene Werte (NGF) ohne Klimabereinigung, aufgeteilt in den Bereich der normativ erfassten Verbrauchssektoren und der „nutzungsspezifischen Stromverbräuche“. Diese Verbräuche machen – mit großen Unterschieden – im Mittel der untersuchten Gebäude 60 % des Primärenergiebezugs aus.

Fig. 4. Monitored energy needs per net floor area (primary energy) for a number of selected buildings from the research program EnOB of the German Ministry of Economy and Technology. Data are separated into the sectors covered by the national building energy code and the “miscellaneous needs”. This part makes up 60 % of the total consumption, but may vary significantly.

nungsdaten (PHPP). Erste Projekte thematisieren bereits, die Elektromobilität als Bestandteil der Gebäudebilanzierung einzubeziehen [32]. Elektrofahrzeuge werden damit ähnlich wie Haushaltsgeräte als Verbraucher angerechnet, da sie aus dem gleichen Netz gespeist werden.

Die Ausdehnung des Bilanzraumes auf Anlagen außerhalb der eigentlichen Baumaßnahme (Einkauf von grünem Strom, Anteile an Windparks, ...) erscheint demgegenüber nicht sinnvoll, da derartige Anlagen Teil des Netzes sind und nicht prioritär den Gebäudebedarf decken und insbesondere bei Bezug von grünem Strom leicht austauschbar sind. Sie nehmen die Transport- und Speicherkapazität der Netze in Anspruch und mindern den Primärenergiefaktor sowie die zugehörigen Emissionen. Diese Effekte werden in der Gebäudeenergiebilanz bereits auf der Aufwandseite berücksichtigt. In gleicher Weise erscheint die Anrechnung von Solarstromanlagen auf Gebäuden problematisch, wenn Sie nicht überwiegend die Eigenbedarfsdeckung sondern die Netzeinspeisung zum Ziel haben. Hier greift bereits § 5 der EnEV (siehe Tabelle 2).

6.1.4 Bilanzzeitraum

Netto-Nullenergiehäuser werden in den meisten Fällen über eine ausgeglichene Jahresenergiebilanz beschrieben. Beim Klimadatensatz im Rahmen der Planung wird ein standorttypisches Normaljahr zu Grunde gelegt (TRY), kein Extremjahr. In der Praxis kann das eine wie das andere vorkommen, so dass die Bilanz in einem Jahr erfüllt, in einem weiteren aber nicht erfüllt sein könnte.

Bisher wird meist von zeitlich konstanten Bewertungsfaktoren ausgegangen, so dass eine Jahresbetrachtung für die Bewertung der Betriebsenergie ausreicht. Werden Netto-Nullenergiehäuser im Rahmen von Zukunftsszenarien thematisiert, müssen die sich mit der Zeit ändernden Primärenergiefaktoren der Netze berücksichtigt werden. Bereits in etwas mehr als einer Dekade sank für Deutschland der normativ anzusetzende Faktor für Netzstrom von 3 auf aktuell 2,6. Während dieser Effekt bei nur mit Strom versorgten Häusern keine Bilanzänderung bewirkt, verschlechtert sich die Bilanz in Fällen, bei denen die Gutschriften aus der Stromeinspeisung den Bezug eines anderen Energieträgers ausgleichen müssen, z. B. Holzpellets.

Die Energie für die Gebäudeerstellung und die Entsorgung wird überwiegend nicht betrachtet. Ihr Anteil an

der Energiebilanz über den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie steigt mit sinkendem Betriebsenergieaufwand und der dafür in den meisten Fällen wachsenden Herstellungsenergie. Zusammen mit den im Laufe der Nutzungsdauer erforderlichen Ersatz- und Erneuerungsmaßnahmen beträgt die „Graue Energie“ bei einer Nutzungsdauer von 80 Jahren typisch etwa 20 bis 30 % des gesamten Primärenergieaufwands für energieeffiziente Gebäude; umgerechnet sind dies rund 30 kWh/m²a [33]. Dabei variieren die Werte abhängig von der Baukonstruktion (Holz- oder Massivbau) und der Ausstattungsmerkmale erheblich (mit/ohne Tiefgarage). Erste Rechnungen weisen darauf hin, dass diese Unterschiede größer ausfallen, als die durch eine Bauweise als Netto-Nullenergiehaus verursachten. Durch ihren vergleichsweise hohen Herstellungsenergiebedarf ist aber die Größe der Solarstromanlagen auf den Gebäuden ein kritischer Faktor. Daher ist auch vor diesem Hintergrund ein geringer Energiebedarf prioritär, um mit einer möglichst kleinen Solaranlage die Bilanz auszugleichen.

Gebäudezertifikate wie das DGNB-Label schließen die Graue Energie bereits in die Betrachtung ein. Aufgrund des (noch) hohen Aufwands für die Datenerhebung bleibt es jedoch meist bei einer Pauschalierung. Bei der Bestandsanierung verbessert der hohe energetische Gegenwert des Rohbaus als Gutschrift das Ergebnis einer Gesamtenergiebilanzierung gegenüber einem Neubau erheblich. Mittelfristig erscheint daher die Lebenszyklus orientierte Bilanzierung zielführend, aktuell jedoch verfrüht. Dieses Vorgehen harmonisiert mit der wachsenden Tendenz zu einer ebenfalls am Lebenszyklus einer Immobilie orientierten Kostenbetrachtung in Form von Baunutzungskosten.

Auf der anderen Seite ist zu beachten, dass auch die Netzinfrastruktur mit einer Herstellungsenergie behaftet ist. Mit wachsendem Einsatz erneuerbarer Energie geht bedingt durch deren, verglichen mit den fossilen Energieträgern, geringere Energiedichte eine Zunahme der Herstellungsenergie der Netze einher. Einen Eindruck des kumulierten Energieaufwands für die Netzstromerzeugung geben die Werte nach [25].

6.1.5 Deckungsrate

Durch die energetische Netzkopplung wird die dezentral bereitgestellte Energie anteilig

- a) zur Senkung des Fremdenergiebezugs und
b) zur Einspeisung eingesetzt.

Zur Beschreibung eignet sich unter Berücksichtigung der Kappungsgrenze nach EnEV § 5 eine Deckungsrate in der Form:

$$f_{\text{Last},i} = \min \left[1, \frac{\text{Eigenstromerzeugung}}{\text{Stromverbrauch}} \right] \cdot 100 \quad [\%] \quad (1)$$

mit:

i = Zeitintervall (Stunde, Tage, Monate).

Die so berechnete Deckungsrate wird vom Verbrauchsprofil und damit von der Gebäudenutzung, vom Erzeugungsprofil und vom Betrachtungszeitraum beeinflusst. Eine umfassende Darstellung enthält [34]. Ausgehend von der monatlichen Bilanzierung liegen die Jahresmittel der Deckungsrate bei einer Solarstromanlage, die in Summe den Jahresstrombedarf eines Gebäudes bilanziell deckt, in der Größenordnung von 60 bis 80 %. Auch bei der Bilanzierung von Wochen- und Tageswerten werden im Jahresmittel ähnliche Werte erreicht. Werden Momentanwerte betrachtet („net metering“), sinken die Deckungsrate in den Bereich von 30 % und weniger, wenn keine Maßnahmen zum Lastmanagement oder hausinterne Stromspeicherung zum Einsatz kommen. Das liegt im Wesentlichen an den nicht abgedeckten Lastspitzen und der nächtlichen Totalversorgung aus dem Netz. Auch größer dimensionierte Solarstromanlagen verbessern die Deckungsrate kaum, solange keine hauseigene Stromspeicherung hinzukommt.

Die Einführung einer Deckungsrate führt zur Aufteilung der Eigenstromerzeugung vor Ort. Dieses Vorgehen erlaubt die Charakterisierung von Netto-Nullenergiegebäuden in solche, die die Bilanz in hohem Maße durch Eigenverbrauchsdeckung ausgleichen und solche, die im Wesentlichen die saisonale Speicherfunktion der Netze nutzen. Der letztgenannte Anteil wird normativ in Deutschland weder erfasst noch ausgewiesen. Problematisch ist der berechnete Deckungsgrad durch die nicht berücksichtig-

ten, nutzungsspezifischen Stromverbräuche. Allerdings sind auch Monatswerte nur scheinbare Deckungsrate, da bei einer Momentanwertbilanzierung deutlich niedrigere Werte vorliegen. Problematisch erscheint in diesem Zusammenhang auch die unterschiedliche Behandlung von Solarstrom- und KWK-Anlagen. Die Kappungsgrenze gibt es bei KWK-Anlagen nicht und damit auch keine Aufteilung in Eigenbedarfsdeckung und Überschusseinspeisung. Eine Deckungsrate wird nicht ausgewiesen. In Abschnitt 7 dieses Beitrags wird erläutert, wie eine methodisch einheitliche Handhabung von Solarstrom und KWK-Anlagen zur Definition von Netto-Nullenergiehäusern beitragen kann.

6.2 Technologie und Netzintegration

Wie bereits zu Beginn eingeführt ist neben der Verbrauchsreduktion die *Optimierung* und nicht die Maximierung der Netzeinspeisung wesentliches planerisches Ziel bei Netto-Nullenergiehäusern. Die Optimierung aus Sicht der Netze betrifft nicht allein die Einspeisung sondern auch das zeitliche Profil von Stromeinspeisung und -bezug. Ein erster Indikator für die Netzurückwirkungen ist die Schwankungsbreite der Bezugs- und Erzeugungswerte, mathematisch ausgedrückt durch die Standardabweichung [34]. Eine verbindliche Charakterisierung ist aber in dieser Weise nicht möglich, da die Bewertung der Auswirkungen eines Gebäudes auf ein Netz auch von der lokalen Netzinfrastruktur und dem Energiequellenmix des jeweiligen Netzes bestimmt wird.

Maßgeblich ist aber in allen Fällen die maximale erforderliche Bezugsleistung, da sie die bereitzustellende Netzkapazität definiert. Während die Wärmespeicherung in Gebäuden eingeführt und durch neue Technologien erweiterbar ist, stellt sich die Frage nach dezentralen Kapazitäten zur *kurzzeitigen Speicherung* elektrischer Energie im Kontext eines aktiven Lastmanagements. Hierzu werden sowohl Batterien in Gebäuden [35] als auch solche in Fahrzeugen diskutiert und getestet [32]. Wettervorhersagen als Teil der Anlagenregelung erlauben zusammen mit einem aktiven Last- und Erzeugungsmanagement die Prognose von Last- und Erzeugungsprofilen. Welcher Aufwand ge-

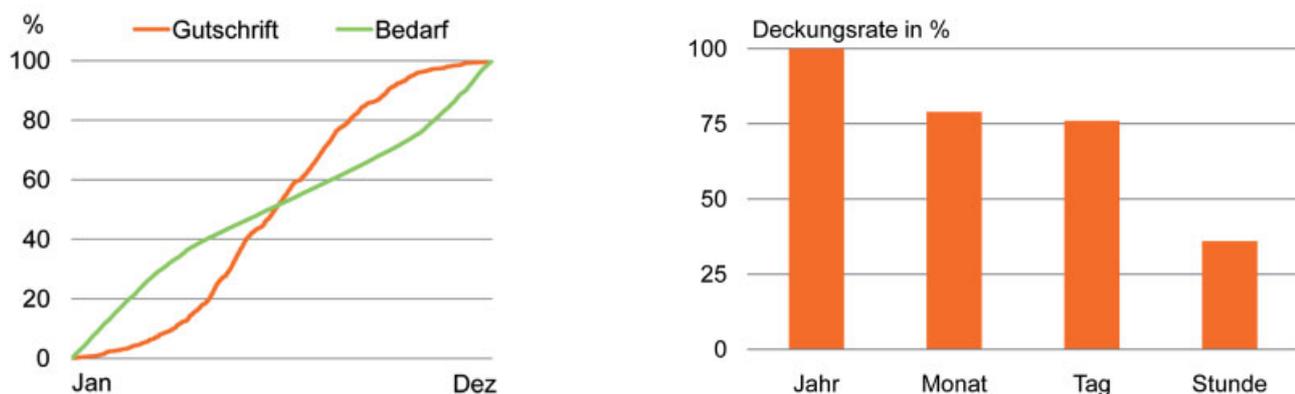


Bild 5. Berechneter Erzeugungs- und Lastverlauf für das Gebäude der Universität Wuppertal zum Solar Decathlon 2010. Die Solarstromanlage ist so skaliert, dass der Jahresbedarf des Nur-Strom-Gebäudes vollständig gedeckt wird. Der kumulierte Verlauf im linken Diagramm beschreibt das saisonale Ungleichgewicht von Erzeugung und Bedarf. Das rechte Diagramm zeigt die Jahresmittelwerte für die Deckungsrate bei unterschiedlicher zeitlicher Auflösung. Bei „net metering“ werden üblicherweise Deckungsrate um 30 bis 40 % erreicht [35].

Fig. 5. Simulation results for the Team Wuppertal Solar Decathlon Home Building 2010 with a scaled PV generated able to match 100 % of the annual load. The cumulative graph (left) describes the seasonal mismatch between demand and supply of electricity. Depending on the balancing interval the load match index strongly varies. Net metering lead to typically 30 to 40 % load match in a residential building in Mid European climate [35].

bäudeseitig gerechtfertigt erscheint, ist erst dann zu bewerten, wenn der netzseitige Umbau auf eine höhere Quote erneuerbarer Energien erfolgt. Im aktuellen Kontext erscheinen solche Lösungen verfrüht. Werden Gebäude langfristig als Teil der Netze interpretiert, macht eine gebäudebezogene, gesamtenergetische Bewertung kaum noch Sinn.

7 Fazit und Definition „Netto-Nullenergiehaus“

Das Nullenergiehaus wird im politischen Kontext gern als Maximalforderung erhoben. Bereits zu Beginn dieses Beitrags wurde demgegenüber dargelegt, dass es neben der allein auf ein Gebäude bezogenen Betrachtung andere Möglichkeiten gibt, die gleichberechtigt dafür nützlich sind, Wege zur Reduktion des Energieverbrauchs im Neubau und Gebäudebestand aufzuzeigen. Der angemessene Aufwand an einem singulären Gebäude bemisst sich ökonomisch und ökologisch im Kontext der verfügbaren Alternativen, um das Ziel der „klimaneutralen Gebäude“ zu erreichen [2]. Hierbei werden sich die unterschiedlichen Ansätze ergänzen.

Gegenstand der EnEV ist aber das *einzelne Gebäude*, das über die anzuwendenden Primärenergiefaktoren in den Kontext einer Energieinfrastruktur gestellt wird. In diesem Zusammenhang beschreibt auch der Begriff Netto-Nullenergiehaus die Bilanz für ein einzelnes Gebäude. Dass es auch „Netto-Nullenergiequartiere“ oder „Netto-Nullenergiestädte“ geben kann, steht dabei außer Frage [36]. Sie bestehen nicht aus der Summe von Netto-Nullenergiehäusern, sondern profitieren vom Ausgleich von Angebot und Nachfrage zwischen einzelnen Gebäuden und von der „Economy of Scale“.

Auf der Basis der mit der DIN V 18599 eingeführten monatlichen Energiebilanzierung und der bereits eingeführten Regelung für Solarstrom gemäß § 5 der EnEV 2009 wird die nachfolgend vorgestellte Definition für das Netto-Nullenergiehaus vorgeschlagen. Dieser Definition liegt die Input/Output-Bilanzierung an der Versorgungsschnittstelle eines Gebäudes gemäß Bild 1 zu Grunde (= Zählerbilanz). Hier geht es nicht um die Bilanzierung von erneuerbarer versus nicht erneuerbarer Energie. Sowohl die Solarenergienutzung als auch die KWK werden gleichberechtigt berücksichtigt. Eine allein auf die Solarenergienutzung fokussierte Definition würde für größere Gebäude und den überwiegenden Teil des Gebäudebestands keine Potentiale zur Zielerreichung aufzeigen [37]. Überschüsse in der Monatsbilanz werden in der Jahresbilanz separat ausgewiesen und nicht als Primärenergiegutschrift für den Einsatz anderer Energieträger auf Monatsbasis zum Abzug gebracht.

Diesem Ansatz folgend ist es erforderlich, dass

- der Bilanzraum der DIN V 18599 auf den gesamten Energiebedarf einschließlich des nutzungsspezifischen Strombedarfs eines Gebäudes erweitert wird. Hierzu eignet sich die Festlegung von Bedarfskennwerten für Geräte, Arbeitshilfen, etc. in den normativen Nutzungsprofilen [30].
- die Energiebilanzierung von KWK-Anlagen an die Verfahrensweise für Solarstrom angepasst wird und vom bisher jährlichen in ein Monatsbilanzverfahren überführt wird. Nur so kann zwischen Eigenbedarfsdeckung und Netzeinspeisung unterschieden werden.

Definition

Ein Nullenergiehaus ist ein energieeffizientes Gebäude, das in Verbindung mit dem (Strom-)Netz seinen gesamten Jahresprimärenergiebedarf auf der Basis einer monatlichen Bilanzierung durch die Primärenergiegutschrift für den eingespeisten Energieüberschuss in der Jahressumme deckt. Die Energiebereitstellung vor Ort deckt dabei vorrangig den Eigenbedarf.

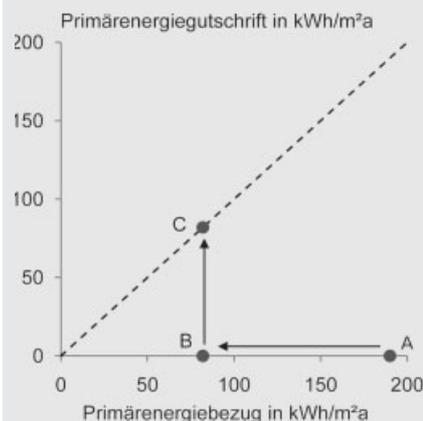
Kennzeichnung

Ein Nullenergiehaus wird durch das Kürzel **NEH** in Verbindung mit der Angabe der für den Ausgleich der Jahresbilanz notwendigen und realisierten Primärenergiegutschrift gekennzeichnet. Die Ermittlung der Primärenergiegutschrift erfolgt auf der Basis des Monatsbilanzverfahrens gemäß DIN V 18599 unter Berücksichtigung der vorrangigen Eigenverbrauchsdeckung. Jahresüberschüsse werden nicht berücksichtigt (üblich beim Plusenergiehaus).

Beispiel

Das 48 m² große Experimentalhaus der Universität Wuppertal zum Solar Decathlon 2010 (Bild 2) besitzt als Nullenergiehaus rechnerisch am Standort Wuppertal einen jährlichen Gesamtprimärenergiebedarf von 190 kWh/m² inklusive des Haushaltsstroms (A). 108 kWh/m² beträgt die Bedarfsreduktion durch die monatlich anrechenbaren Erträge der Solarstromanlage zur Eigenbedarfsdeckung gemäß EnEV § 5 (B). Weitere 82 kWh/m² werden durch die Solarstromanlage als Überschüsse eingespeist und zum saisonalen Ausgleich der Bilanz eingesetzt (C). Demnach ist die korrekte Bezeichnung für dieses Haus: **NEH 82**. Die vergleichsweise hohen Werte erklären sich durch die Berücksichtigung des Haushaltsstromverbrauchs in der Bilanz.

Grafische Darstellung



Die Namensgebung *NEH* greift einen eingeführten, aber mittlerweile überholten Begriff auf (früher: Niedrigenergiehaus). Auf die Vorsilbe Netto wird zu Gunsten einer einfacheren Kommunikation verzichtet. Dass es sich um ein Bilanzergebnis handelt, wird über die Angabe der Primärenergiegutschrift gekennzeichnet. Der Begriff „Plusenergiehaus“ wird nicht thematisiert, da das Gesamtverständnis eines „Gebäudes als Kraftwerk“ grundlegend den Sinn der primärenergetischen Bilanzierung eines einzelnen Gebäudes im Kontext der EnEV in Frage stellt und der Charakterisierung aus der Sicht des Netzes bedarf. Darüber hinaus ist der Begriff ein eingetragener Markenname.

Die monatliche Bilanzierung ist in Bezug auf die Trennung von Eigenbedarfsdeckung und Einspeisung ein Kompromiss (vgl. Bild 5). Im Fokus der Kennzeichnung wie *NEH 82* steht die Unterscheidung von Nullenergiegebäuden mit hoher saisonaler Ausgleichsnotwendigkeit durch ein Netz von solchen mit geringen saisonalen

Transferansprüchen: Je niedriger die Zahl, je niedriger ist der Ausgleichsbedarf. Die Zahlenangabe markiert darüber hinaus indirekt einen Energieeffizienzindikator.

Mittelfristig besteht normativ Klärungsbedarf hinsichtlich der anzuwendenden Primärenergiefaktoren, um der Begrenztheit der Ressource Biomasse gerecht zu werden.

Langfristig wäre die Lebenszyklusbilanzierung von Gebäuden einschließlich ihrer Erstellung, Instandhaltung und Entsorgung im Rahmen der Nullenergiehausdefinition zu berücksichtigen.

Danksagung

Die Arbeiten zu diesem Beitrag wurden mit Förderkennzeichen 0327431F im Rahmen der Begleitforschung zum Förderkonzept Energieoptimiertes Bauen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie BMWi gefördert. Darunter fällt auch die Beteiligung der Universität Wuppertal an der SHCPTask 40 bzw. an dem ECBCS Annex 52 der Internationalen Energieagentur IEA.

Literatur

- [1] Das 5. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung, BMWA, 07/2005.
- [2] Energiekonzept – Neun Punkte für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Entwurf zum Energiekonzept der Bundesregierung, September 2010.
- [3] The Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. Official Journal of the European Union 53 (2010).
- [4] *Crawley, D., Pless, S., Torcellini, P.*: Getting to Net Zero. ASHRAE Journal 51 (2009) No. 9, pp. 18–25.
- [5] *Voss, K., Goetzberger, A., Bopp, G., Häberle, A., Heinzel, A., Lehmborg, H.*: The self-sufficient solar house in Freiburg – Results of 3 years of operation. Solar Energy 58 (1996) No. 1–3, pp. 17–25.
- [6] <http://www.iea-shc.org/task40/index.html>
- [7] *Marszal, A. J., Heiselberg, P., Bourrelle, J.S., Musall, E., Voss, K., Sartori, I., Napolitano, A.*: Zero Energy Building – A Review of definitions and calculation methodologies. Energy & Buildings, under review.
- [8] *Sartori, I., Napolitano, A., Marszal, A., Pless, S., Torcellini, P., Voss, K.*: Criteria for Definition of Net Zero Energy Buildings. Proceedings of EuroSun 2010, Graz/Austria.
- [9] *Griffith, B.* et al.: Assessment of the Technical Potential for Achieving Net Zero-Energy Buildings in the Commercial Sector. Technical Report NREL/TP-550-41957, 2007.
- [10] *Musall, E., Voss, K., Spars, G., Mrosek, H., Wittwer, Chr., Sauer, D.-U.*: Strom-wärmegeführter Betrieb, Voraussetzung für Wirtschaftlichkeit. Euro Heat & Power 39 (2010), H. 4.
- [11] EEG 2009, http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/eeg_2009/gesamt.pdf.
- [12] *Musall, E., Weiss, T., Lenoir, A., Voss, K., Garde, F., Donn, M.*: Net Zero energy solar buildings: an overview and analysis on worldwide building projects. Proceedings of EuroSun Conference 2010, Graz/Austria.
- [13] Internationaler Wettbewerb Solares Wohnen, BINE Projektinfo 04/2010.
- [14] EnEV 2009. Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung. Bonn, Berlin: Bundesanzeiger Verlag, 29. April 2009. Bundesgesetzblatt Jg. 2009, Teil I, Nr. 23.
- [15] DIN V 18599:2007-02, Teile 1 bis 10. Berlin: Beuth-Verlag, 2007.
- [16] *Achelis, J.*: Fachkommission Bautechnik der Bauministerkonferenz, Auslegungsfragen zur Energieeinsparverordnung – Staffel 11. DIBt, Dezember 2009.
- [17] *Lichtmeß, M.*: Vereinfachtes Flächenerfassungsmodell für Mehrzonenbilanzen. Bauphysik 31 (2009), H. 3, S. 139–148.
- [18] *Lichtmeß, M.*: Auswirkungen von Vereinfachungen bei der Flächenerfassung für Mehrzonenbilanzen auf die Energiebedarfsermittlung. Bauphysik 32 (2010), H. 1, S. 35–48.
- [19] *Lichtmeß, M.*: Vereinfachungen für die energetische Bewertung von Gebäuden. Dissertation, Bergische Universität Wuppertal, Fachgebiet Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung, 2010.
- [20] *Voss, K., Wagner, A., Lichtmeß, M., Lützkendorf, T.*: Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden – Zielsetzungen und Bewertungsmaßstäbe. Deutsche Bauzeitung 3/2010.
- [21] *Marszal, A. J., Bourrelle, J., Musall, E., Heiselberg, P., Gustavsen, A., Voss, K.*: Net Zero Energy Buildings – Calculation Methodologies versus National Building Codes. Proceedings EuroSun Conference 2010, Graz/Austria.
- [22] *Binz, A., Hall, M.*: persönliche Mitteilungen, Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Energie am Bau, 2010.
- [23] bmvt – Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie: Haus der Zukunft Plus. 1. Ausschreibung 2008 – Leitfaden für die Projekteinreichung. Wien, Oktober 2008.
- [24] Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen DGNB, siehe <http://www.dgnb.de>.
- [25] Institut Wohnen und Umwelt, download unter: http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/kea.pdf.
- [26] *Torcellini, P., Pless, S., Deru, M., Crawley, D.*: Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. ACEEE Summer Stud, Pacific Grove, California/USA, 2006.
- [27] Règlement grand-ducal du 31 août 2010 concernant la performance énergétique des bâtiments fonctionnels et modifiant 1; 01. 10. 2010.
- [28] *Kilkis, S.*: A new metric for net-zero carbon buildings. Energy Sustainability Conference, Long Beach, California/USA, 2007.
- [29] SIA 2031 Energieausweis für Gebäude. SIA 2040 Effizienzpfad Energie. Schweizer Ingenieur- und Architektenverein, 2009.
- [30] *Knissel, J., Hörner, M., Lichtmeß, M.*: Objektspezifische Benchmarks zur Verbrauchskennwertanalyse. Bauphysik 32 (2010), H. 1, S. 49–53.
- [31] PassivhausProjektierungspaket PHPP, Version 2007. Passivhaus Institut, Darmstadt.
- [32] Plusenergiehaus mit E-Mobilität, Auslobungstext zum Wettbewerbsverfahren im Rahmen der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“. BMVBS, 2010.
- [33] *Kugel, D.*: Lebenszyklusbetrachtungen als ökonomisches und ökologisches Einsparpotential in der Gebäudeplanung und Bewirtschaftung. Master Thesis, Universität Wuppertal, Bauphysik und technische Gebäudeausrüstung, 2007.
- [34] *Voss, K.* et al.: Load Matching and Grid Interaction of Net Zero Energy Buildings. Proceedings of the EuroSun Conference, Graz/Austria, 2010.
- [35] XIA Intelligente Architektur Ausgabe 70, 2010.
- [36] *Heinze, M., Voss, K.*: Ziel Null Energie – Erfahrungen am Beispiel der Solarsiedlung Freiburg am Schlierberg. Deutsche Bauzeitung 1/2008.
- [37] *Kagerer, F., Herkel, S.*: Concepts for Net Zero Energy Buildings in refurbishment projects. Proceedings EuroSun Conference 2010, Graz/Austria.

Autoren dieses Beitrages:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karsten Voss, Professor für Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung, Fachbereich D Architektur Bauingenieurwesen Maschinenbau Sicherheitstechnik, Bergische Universität Wuppertal, Haspelerstraße 27, 42285 Wuppertal, www.btga.uni-wuppertal.de
M.Sc. arch. Eike Musall, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Bauphysik und Technische Gebäudeausrüstung, Bergische Universität Wuppertal
Dr.-Ing. Markus Lichtmeß, Merianstraße 9, 54292 Trier