Prof. Dr.-Ing. Karsten Voss,
Bergische Universität Wuppertal,
D-42285 Wuppertal

Nullenergiehaus, Plusenergie-haus, Nullemissionshaus – Was steckt dahinter und wie gelingt die Umsetzung

Nullenergiehaus, Plusenergiehaus, Nullemissionshaus – Was steckt dahinter und wie gelingt die Umsetzung?

1 Der Hintergrund der Fragestellung

In den letzten Jahren wurden national und international Gebäude und Siedlungsprojekte initiiert und realisiert, die sich dem vollständigen Ausgleich ihres Primärenergiebezugs für den Betrieb oder der damit verbundenen CO2-Emissionen im Rahmen einer jährlichen Bilanzierung widmen. Sie heißen *Nullenergiehaus, Plusenergiehaus, Nullemissionshaus*,…oder im internationalen Sprachraum *net zero energy building, zero carbon or carbon neutral building, equilibrium building*,…In einigen Ländern macht die Politik sich diese Begriffe als Zieldefinition für Energieeinsparung und Klimaschutz im Gebäudesektor zu eigen; neben Deutschland [BMWi 2005] auch und vor allem die USA [USA 2006] und England [UK 2006].

Beginnend beim Einfamilienhaus umfassen allein die Beispiele in Deutschland mittlerweile sämtliche Gebäudearten [Voss 2002] [Riecks 2002] [Voss 2007a] und neuerdings auch das Bauen im Bestand [Ufheil 2005]. Ausgangsbasis ist in allen Fällen ein Gebäude oder eine Siedlung mit *deutlich reduziertem Energiebedarf* und Anschluss an das Stromnetz. Auch Passivhausprojekte sind darunter [Feist 2001]. Während bei autarken – also nicht ans Stromnetz angebundenen - Gebäuden die (Über-)Dimensionierung des Energiesystems und speziell der Energiespeicher die Versorgung *zu jeder Zeit* sicherstellen muss [Goetzberger 1994], wird lediglich ein neutrales Ergebnis einer Energie- oder Emissionsbilanz über den Zeitraum eines Jahres angestrebt (daher der Name: *net zero*). Dabei spielt die energetische Kopplung an ein vorhandenes Stromnetz die entscheidende Rolle zum Ausgleich von Energieangebot und –nachfrage (Menge und u.U. Art des Energieträgers), im europäischen Klima speziell im saisonalen Maßstab. Gemeinsames Merkmal mit autarken Konzepten ist die ausgeglichene Bilanz, nicht allein ein sehr geringer Energiebedarf. Einem verbleibenden Bedarf/Verbrauch bzw. den damit verbundenen CO2-Emissionen werden Gutschriften aus einer Eigenstromerzeugung mit Netzeinspeisung (PV, KWK, Kleinwindräder) gegenübergestellt. In weiter gefassten Szenarien werden Einspeisungen von Wärme in die Versorgung von Nachbargebäuden oder Wärmenetzen, Anteile an Wind- oder Solarstromanlagen oder zukünftig Gutschriften aus einem CO2-Handel gegenübergestellt.

So einfach das Vorgehen der Energie-/ und Emissionsbilanzierung erscheint, so komplex wird es im Detail und so zahlreich werden die offenen Fragen. Bisher gibt es kaum Verfahren für die Bilanzierung (z.B.: www.zero-haus.de). Im Rahmen eines Workshops zum Förderkonzept Energieoptimiertes Bauen des BMWi wurde das Thema daher vorgestellt und diskutiert [Voss 2007b]. Als ein Ergebnis ist festzuhalten, dass es weniger einer Definition sondern zunächst einer geeigneten Analyse- und Darstellungsmethodik für derartige Projekte bedarf, um Unterschiede und Gemeinsamkeiten zu erkennen.

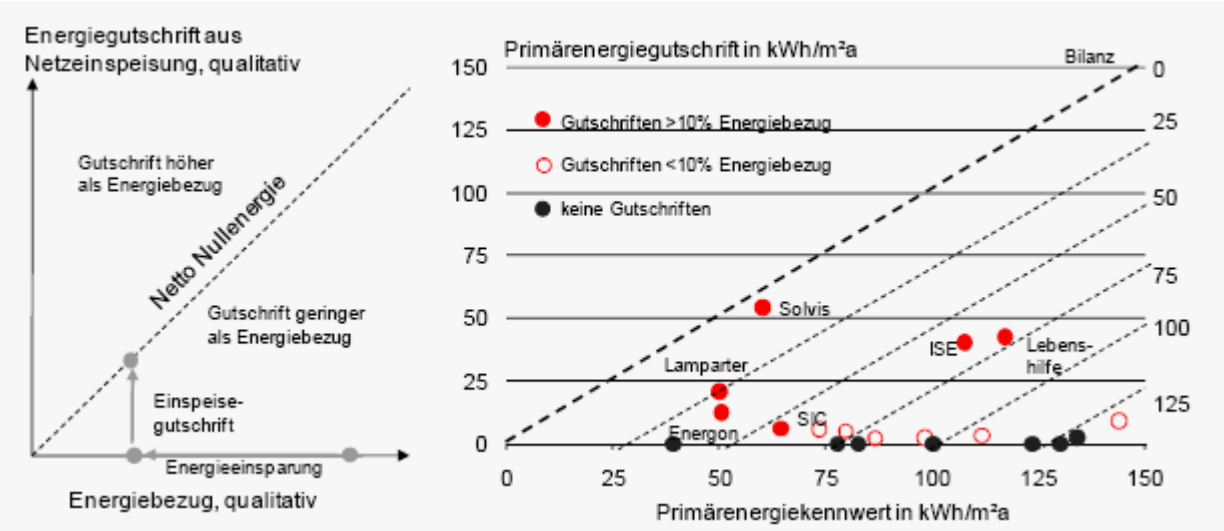

Abbildung 1: Die Darstellung links zeigt den prinzipiellen Weg zum Bilanzausgleich durch das Zusammenwirken von Energieeinsparmaßnahmen und Einspeisegutschriften. Rechts im Bild erfolgte die Bilanzbildung für Projekte im Förderprogramm EnOB [Voss 2007a]. 14 Projekte verfügen über technische Einrichtungen der dezentralen Stromerzeugung über KWK (3) oder Solarstromanlagen (11); 6 Projekte erzielen nennenswerte Gutschriften. Darunter sind mit „Energon“ und „Lamparter“ zwei Bürobauten nach dem Passivhauskonzept. Das Projekt „Solvis“ kommt einer ausgeglichenen Bilanz am nächsten.

2 Was ist Gegenstand einer Bilanzierung?

Eine Literaturrecherche hat aufgezeigt, dass es derzeit kein einheitliches Verständnis der Bilanzierung gibt und in vielen Fällen unzureichende Angaben vorliegen, um die Bilanzierung nachzuvollziehen, z.B. [Trocellini 2006]. Darüber hinaus werden meist nur Rechenwerte bilanziert und selten Betriebsergebnisse. Offen bleiben Fragen nach dem Maßstab (Endenergie, Primärenergie, nicht erneuerbarer Anteil der Primärenergie, CO2, CO2-Äquivalente, …), der Rechenvorschrift (Berechnung der Gutschriften für den eingespeisten Strom durch Vergleich mit Netzstrom) und dem Bilanzraum (Energieverbrauchssektoren, Gutschriftensektoren, Bilanzgrenzen), siehe Tabelle 1.

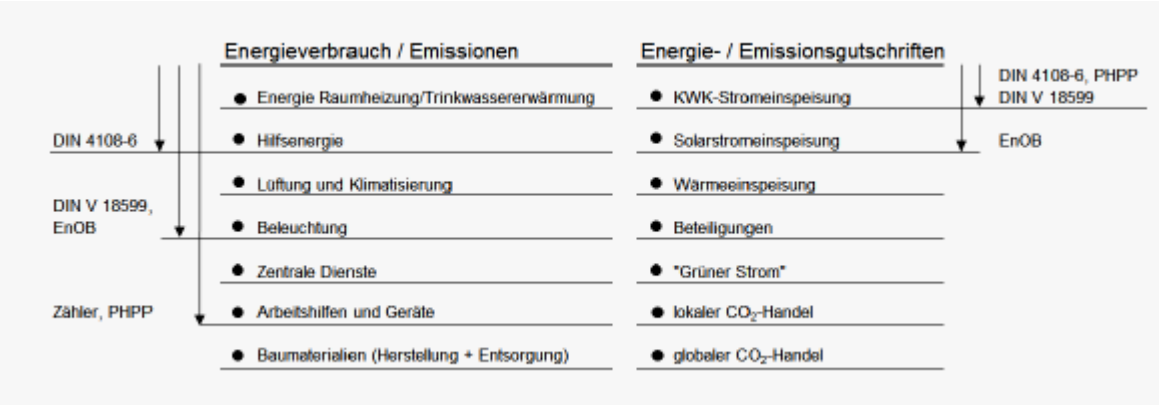

Tabelle 1: Mögliche Energieverbrauchssektoren und Gutschriften in einer Bilanz. Während normative Rechenverfahren nur einen Teil der Verbräuche berücksichtigen, zeigen übliche Verbrauchszähler nur die Gesamtverbräuche.

In den meisten deutschen Projekten erfolgte bisher die Bilanzierung mit dem Maßstab Primärenergie unter Nutzung der normativen Primärenergiefaktoren gemäß DIN 4701-10 bzw. neuerdings nach DIN V 18599. Allein bei einem „Nur-Strom-Haus“ wäre die Bilanzierung der Endenergie sinnvoll und über vorhandene Zähler ohne Umrechnung realisierbar (z.B. Passivhaus mit Lüftungskompaktgerät und Solarstromanlage). Meist wurden nur die normativ geregelten, haustechnischen Bedarfswerte bilanziert und nutzungsbedingte Verbräuche nicht betrachtet (EnEV). Der vollständige Bilanzausgleich eines Passivhauses mit einem Primärenergiekennwert von 120 kWh/m²a einschließlich Gerätestrom benötigt eine Solarstromanlage von rund 50 Wp pro m² Wohnfläche (120 m² Wohnfläche: 6 kWp). In der Passivhaussiedlung Kronsberg erfolgte der Bilanzausgleich bei geringerem Energiebedarf durch Zukauf eines preiswerteren, aber externen 2,6 kW Anteils pro Haus an einer 1,5 MW Windkraftanlage [Feist 2001]. Bilanzgrenze ist nicht mehr das einzelne Haus!

Zu beachten ist, dass die normativ angesetzten Primärenergiefaktoren nur den nicht erneuerbaren Anteil der Primärenergie einbeziehen. Dies hat zur Folge, dass mit Biomasse beheizte Gebäude begünstigt werden (Primärenergiefaktor Holz: 0,2). Die zu erwartende Verknappung der Ressource Biomasse bleibt unberücksichtigt. Die Gutschriften für die Netzeinspeisung von Strom werden auf der Basis des heute verfügbaren Stromnetzes bestimmt (Faktor: 2,7). Dessen Primärenergiefaktor ist keine physikalische Konstante. Setzt sich der Weg zu einer höherer Effizienz und einem höheren Anteil Strom aus erneuerbarer Energie im Netz fort, sinken die Gutschriften für eingespeisten Strom. Streng genommen müssten Gutschriften nur den in der Bilanz am Zähler netto eingespeisten Strom mit einem zeitlich variablen Faktor berücksichtigen. Dass wir heute den gesamten erzeugten Strom einspeisen, liegt an der mit dem EEG garantierten Einspeisevergütung.

Mit der Nutzung von Gebäuden werden heute in Deutschland etwa 55% der CO2-Emissionen direkt (Feuerungsanlagen) oder indirekt (Strom, Fernwärme) verursacht [Voss 2007b]. In Bezug auf den Klimaschutz erscheinen daher die äquivalenten CO2-Emisssionen als geeigneter Maßstab der Bilanzierung. Normative Angaben zu Energieträger bezogenen CO2-Kennwerten gibt es bisher nicht. Übliche Datenquelle sind Rechnungen mit unterschiedlichen Versionen von GEMIS, z.B. [IWU 2006]. Neben den bereits bei der Primärenergie gemachten Einschränkungen kommt es im Falle von Netzen mit einem nennenswerten Anteil von Strom aus Nuklearenergie zu einer vorteilhafteren Darstellung der Emissionsbilanz gegenüber der Primärenergiebilanz. Darüber hinaus ist der Begriff „Nullemissionshaus“ bei Gebäuden mit Heizkesseln und sichtbaren Emissionen am Schornstein nicht ohne weiteres plausibel zu machen. Auch ein Pelletofen in einem „Nullemissionshaus“ hat sichtbare und u.U. gesundheitlich relevante Emissionen.

Nach den Ausführungen spricht vieles dafür, als Maßstab bei der Primärenergie zu bleiben, jedoch mit Blick auf die begrenzten Ressourcen der Biomasse auch deren erneuerbaren Anteile einzubeziehen. Wegen der Überprüfbarkeit in der Praxis sollte eine Bilanzierung alle Verbrauchssektoren beinhalten. Hinsichtlich der Gutschriften erscheint es plausibel, als Bilanzgrenze das Gebäude, bzw. das Bauvorhaben zu betrachten (PV, KWK) und damit in einer ersten Stufe externe Maßnahmen auszuschließen.

3 Wege zum Netto-Nullenergiehaus

Ausgehend von autarken Gebäuden wurde der Begriff für ein *einzelnes* Gebäude geprägt. Aufgabe ist, den Ausgleich an der Bilanzgrenze Gebäude zu erbringen. Weitere Ansätze basieren auf Strom-, Wärme- und Gasnetzen mit einer hohen Quote erneuerbarer Energie. Im einfachsten Fall besitzt ein Gebäude eine monoenergetische Energieversorgung auf der Basis eines Stromnetzes, das zu 100% erneuerbare Energie nutzt (z.B. Norwegen). Hier geht es dann um die Qualität der Infrastruktur, nicht des Gebäudes. Akteure sind in erster Linie die Versorgungsunternehmen, nicht die Bauherren bzw. deren Planer.

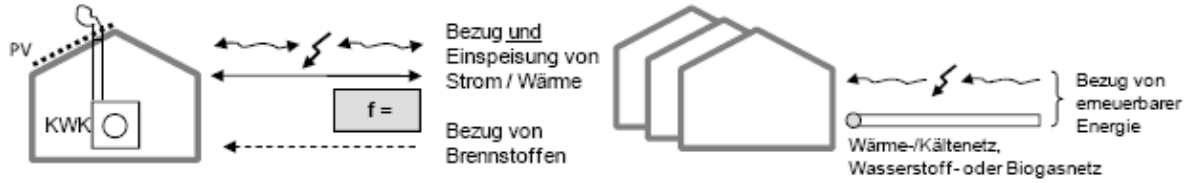

Abbildung 2: Wege zum Nullenergiehaus. Links der lokale Bilanzausgleich beim Einzelgebäude, rechts die Versorgung durch ein auf erneuerbarer Energie basiertes Netz [Voss 2007c].

4 Eine beispielhafte Analyse

Zur übersichtlichen Analyse zeigt Bild 3 den Jahresverlauf einer primärenergetischen Bilanzierung von gemessenen Verbräuchen eines Einfamilienhauses. Die solar unterstütze Wärmeversorgung erfolgt über Erdgas, so dass eine primärenergetische Bewertung erforderlich wird. Trotz nicht ganz ausreichender Deckung des Bezugs durch die Einspeisung (-2.300 kWh/a) wird mit Förderung durch das Energieeinspeisegesetz mehr als ein „Null-Energiekosten-Haus“ erreicht (+500 €/a). Dieses Beispiel zeigt, wie stark eine an Energiekosten orientierte Bilanzierung, vom Ergebnis einer Energiebilanz abweichen kann.

Bild 4 zeigt die Jahresbilanzierung des Gebäudes. Bei dieser Art der Darstellung wird zunächst der Verbrauch an Primärenergie für die Gebäudetechnik (Punkt 1) und dessen nicht erneuerbarem Anteil ausgewiesen (2) und anschließend um eine Einspeisegutschrift ergänzt (3). Abschließend wird der Gerätestromverbrauch ergänzt (4), da er in einer EnEVkonformen Bilanzierung nicht auftaucht. Der verbleibende Abstand zur Netto-Nullenergie-Linie dokumentiert, in wie weit die Primärenergiebilanz ausgeglichen ist. Im vorliegenden Fall fehlen 23,6 kWh/m²a. Eine Versorgungsvariante mit einem Pelletkessel startet zwar vom gleichen Gesamtprimärenergiebezug, würde jedoch durch den hohen Anteil erneuerbarer Energie in der Bilanz zu einem Netto-Nullenergiehaus führen. Bei einer angenommenen Jahresarbeitszahl von 3,0 würde auch ein Lüftungskompaktgerät vergleichbare Ergebnisse erzielen. Eine gedachte – weil in dieser Leistungsklasse noch nicht verfügbare – Mikro-KWK-Anlage mit Biomasse als Brennstoff würde bei der Wärmebereitstellung (Annahme 50% KWK / 50% reiner Heizbetrieb) nicht ausreichend Strom erzeugen, um für den Bilanzausgleich gänzlich auf eine Solarstromanlage verzichten zu können.

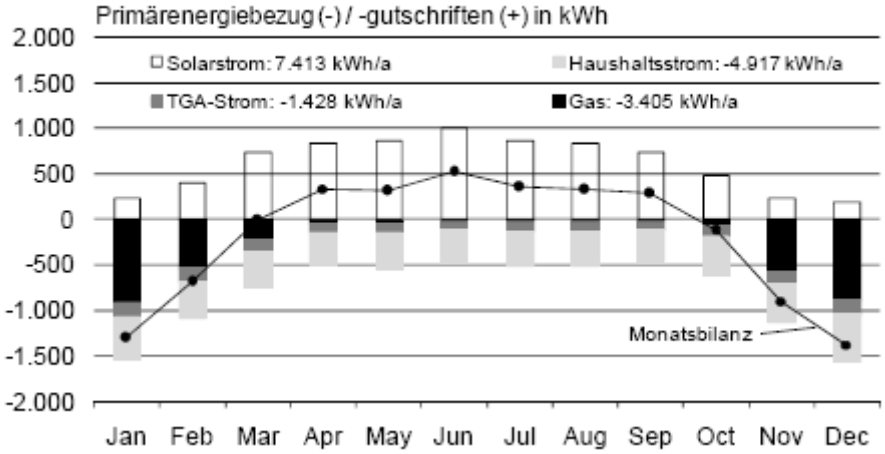

Abbildung 3: Fast-Netto-Nullenergiehaus „Pola-Roid“, Emmendingen. Bei einem Jahresheizwärmeverbrauch von 16 kWh/m²a wird der Primärenergiebezug des 3-Personen-Haushalts (Strom · 2,7, Erdgas · 1,1) annähernd durch die Primärenergiegutschrift für die Netzeinspeisung der 3 kWp Solarstromanlage ausgeglichen. Dargestellt sind Monatsmittel aus dem Zeitraum 2002 bis 2005. Nach einem Jahr ist die Bilanz bei einem Primärenergiebezug von knapp 100 kWh/m²a zu 75% ausgeglichen [Wienold 2007].

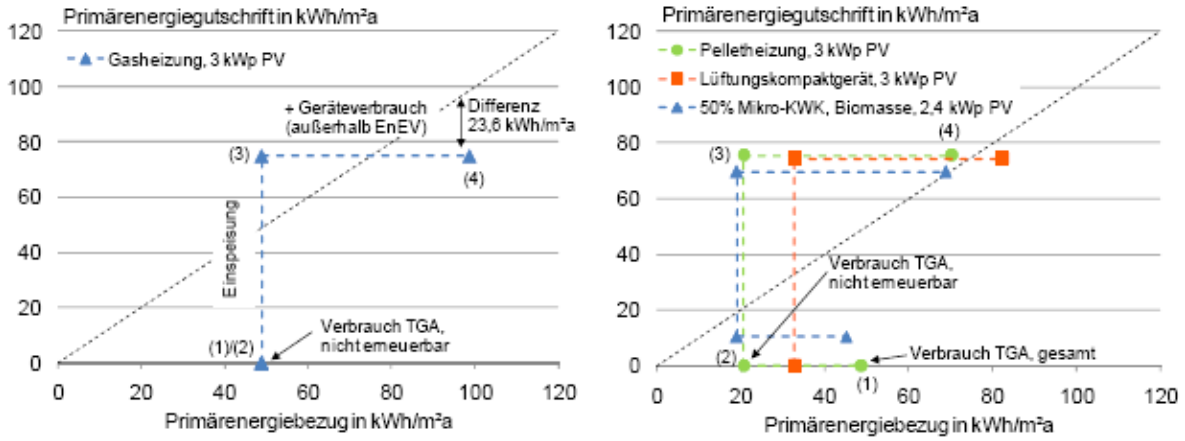

Abbildung 4: Jahresbilanzierung des Gebäudes nach Bild 3. Das linke Bild berücksichtigt die realisierte Energieversorgung (Messwerte) während im rechten Bild auf der Basis der gleichen Verbrauchsdaten die Varianten Pelletheizung, Lüftungskompaktgerät und Mikro-KWK überschlägig berechnet wurden. Die Varianten unterscheiden sich in der zeitlichen Übereinstimmung von Verbrauch und Einspeisung.

5 Ein erstes Fazit

Das Netto-Nullenergiekonzept bietet ein ambitioniertes Szenario, bei dem Energieeffizienz und Nutzung erneuerbarer Energien zusammenwirken. Weniger geht es darum, zeitnah Netto-Nullenergiegebäude zu erreichen, sondern ein Ziel zu formulieren und den Abstand durch Maßnahmen an Gebäuden und Netzen auf breiter Basis zu verkleinern. Neben der Betrachtung der Jahresbilanz, spielt die Optimierung der zeitlichen Übereinstimmung von Einspeisung und Bezug von Strom eine große Rolle. Passivhäuser minimieren die Ansprüche an die saisonale Ausgleichsfunktion der Stromnetze durch ihre hohe Energieeffizienz. Für Bestandsgebäude und große Bauten kommt KWK-Anlagen eine herausragende Bedeutung zu, insbesondere solchen, die mit Biomasse betrieben werden. In Zukunft ist ein Downscaling der Technologie zu erwarten. Gerade das ist ein Vorteil von Solarstromanlagen. Ein Netto-Nullenergiekonzept auf Teilsektoren des Verbrauchs zu beschränken, verhindert die kontinuierliche Überprüfung in der Praxis und entzieht wesentliche Teile des Verbrauchs der notwendigen Optimierung.

6 Referenzen

[Riecks 2002] Solvis – Auf dem Weg zur Nullemissionsfabrik, AIT Edition, ISDN 3-87422-803-7

[BMWi 2005] Innovation und neue Energietechnologien, 5. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung, 2005

[Feist 2001] Feist, W. et. al.: Klimaneutrale Passivhaussiedlung Hannover Kronsberg, Cepheus-Projektinformation Nr. 18, www.cepheus.de

[IWU 2006] Kumulierter Energieaufwand und CO2-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und –versorgungen, IWU, 2006, http://www.iwu.de

[Torcellini 2006] Torcellini, P. et. al.: Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, ACEEE Summer Study, Pacific Grove, California

[Ufheil 2005] Ufheil, M.: Sanierung des Mehrfamilienhaus “Blaue Heimat” in Heidelberg, Tagungsband zur 9. Passivhaustagung, S. 57-62

[UK 2006] Building A Greener Future: Towards Zero Carbon Development, Department for Communities and Local Government

[USA 2006] Better Building - Brighter Future, US Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy

[Voss 2002] Voss, K. et. al.: Building Energy Concepts with Photovoltaics – Concepts and Examples from Germany, Advances in Solar Energy, Vol. 15

[Voss 2007a] Voss, K. et. al.: Energieeffiziente Büro- und Verwaltungsbauten – Teil 1, HLH, Bd. 58, Heft 7, download unter: www.enob.info

[Voss 2007b] Voss, K., Kramp, M.: Nullenergie-/Nullemissionsgebäude, EnOB:MONITOR Projektbericht, Universität Wuppertal, btga

[Voss 2007c] Voss, K., Kramp, M.: “Zero-energy/Emission-Buildings” - Terms, definitions and building practice, CESB Conference, Prague

[Wienold 2007] Wienold, J.: Zählerdaten nach persönlicher Mitteilung, und: Energiekonzept für Typenhäuser im Auftrag der Hebel Haus GmbH & Co, Alzenau, Herkel, S. Ufheil, M. Fraunhofer ISE, Freiburg 1996