

Was ist ein Nullenergiegebäude?

Dr. Monika Hall,
Fachhochschule Nordwestschweiz, Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik,
Institut Energie am Bau, St. Jakobs Strasse 84, 4132 Muttenz, monika.hall@fhnw.ch,
www.fhnw.ch/habg/iebau

Zusammenfassung

Résumé

Abstract

Die Diskussion über „nearly zero energy building“ und „net zero energy building“ ist immer noch hoch aktuell. Ohne eine Festlegung der „Null“ kann weder das „net zero energy building“ noch das „nearly zero energy building“ definiert werden. Ziel des Forschungsprojektes ist es, eine Definition für ein Nullenergiegebäude zu erarbeiten.

Ein Nullenergiegebäude ist ein Gebäude, welches eine primärenergetische Netto-Jahresbilanz für alle Betriebseinrichtungen (Gebäudetechnik, Beleuchtung und Betriebsenergie) durch lokal erzeugte Energie aus erneuerbaren Quellen erfüllt. Der Standard kann für Neubauten, Modernisierungen sowie für verschiedene Gebäudekategorien angewendet werden. Nullenergiegebäude weisen gegenüber einem Niedrigenergie- und Minergie-A Gebäude die niedrigste Life Cycle Energy auf. Die Graue Energie ist in der Nullbilanz jedoch nicht enthalten.

Der Nullwärmeenergiestandard Minergie-A ist erfolgreich eingeführt. Bei diesem Standard ist der Bedarf für Beleuchtung und Betriebsenergie in der Netto-Jahresbilanz ausgeschlossen. Die Analyse von 39 Minergie-A Gebäuden zeigt, dass viele verschiedene Energiekonzepte möglich sind. Das Feedback der Planer ist sehr positiv.

The discussion about „nearly zero energy building“ und „net zero energy building“ is very lively. Without defining “zero”, both standards are undefined. The aim of the project is to define a „net zero energy building”.

A net zero energy building is a building that covers the annual operational primary energy load and generate this by on-side renewable sources. The standard could be used for new and retrofit buildings and for different building types. A net zero energy building has a lower life cycle energy than low energy and Minergie-A buildings. However, the embodied energy is not included in the net zero energy balance.

The start of Minergie-A was successful. As the net zero balance of Minegrie-A excludes lighting and plug loads, Minergie-A is not a “net zero energy building” but a “net zero heat energy building”. The analysis of the first 39 Minergie-A buildings shows that a wide range of options is possible to fulfill the requirements. The designers welcome the new standard.

1. Ausgangslage

Die Anforderung „nearly zero energy building“ mit lokaler Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen soll für Neubauten im Rahmen der Umsetzung der EU-Richtlinie über die Gesamteffizienz von Gebäuden ab 2021 gelten [1]. Auch in der Schweiz werden „nearly zero energy buildings“ bald Pflicht: „Neubauten versorgen sich ab 2020 ganzjährig möglichst selbst mit Wärmeenergie und tragen zur eigenen Stromversorgung bei“ so der Wortlaut der Medienmitteilung vom 2. September 2011 der Konferenz der kantonalen Energiedirektoren (EnDK) [2]. Damit die Anforderung für ein „nearly zero energy building“ definiert werden kann, ist zuerst die Frage nach der „Null“ zu klären. Was soll wann, wie Null werden? Nach wie vor gibt es keine einheitliche Definition für den Begriff „Nullenergiegebäude / net zero energy building“. Aus diesem Grund ist es das Ziel einen einheitlichen Standard und eine einheitliche energetische Bewertung für Nullenergiegebäude zu formulieren und die Umsetzbarkeit in die Praxis vorzubereiten. Das nationale Projekt „Nullenergiegebäude – die nächste Generation energieeffizienter Bauten“ ist in das internationale Forschungsprojekt der IEA "Towards Net Zero Energy Solar Buildings (NZEB)" im IEA ECBCS Annex 52, IEA SHC Task 40 eingebettet und wird vom Bundesamt für Energie gefördert.

Die im Projekt durchgeführten Grundlagenarbeiten zur Definition „Nullenergiegebäude“ sind in die Entwicklung und Einführung des neuen Minergie-A Standards [3] eingeflossen. Dieser wurde im März 2011 erfolgreich lanciert. Mit einer „Null“ für die Kennzahl Wärme ist Minergie-A ein Nullwärmeenergiegebäude. Minergie-A ist weltweit das einzige Label, welches eine Nullbilanz und eine Anforderung an die Graue Energie stellt. Die Erfahrungen aus Minergie-A bilden eine sehr gute Basis für die Entwicklung von „nearly zero energy buildings“ und „net zero energy buildings“.

2. Vorgehen

Zur Klärung der „Null“ werden verschiedene Aspekte der Bilanzierungs- und Bewertungsmöglichkeiten aufgezeigt. Gleichzeitig wird das Thema Graue Energie in die Gesamtbetrachtung aufgenommen.

Um eine Dokumentation und Analyse von Gebäude zu erstellen, welche in nennenswertem Umfang erneuerbare Energien schon heute nutzen, wurde eine Datenbank von mittlerweile 83 in der Schweiz bestehenden Gebäuden angelegt. Eine Analyse der Datenbank gibt einen Überblick über die umgesetzten Energiekonzepte bzgl. der Gebäudehülle und der Gebäudetechnik. Ebenfalls eine Auswertung der ersten Minergie-A Gebäude gibt einen Einblick in die gewählten Energiekonzepte sowie zu Fragen, die bei der Umsetzung auftreten.

3. Resultate

3.1 Nullbilanz

Die Nullbilanz eines Gebäudes kann auf verschiedenen Level beruhen (Abbildung 1). Eine Analyse von knapp 300 weltweit bestehenden Nullenergiegebäuden [4] zeigt, dass die meisten Definitionen darauf beruhen, dass die Netto-Jahresbilanz der gesamten Betriebsenergie Null wird. Hierfür wird der Bedarf für Heizung, Kühlung, Warmwasser, Lüftung, Hilfsbetriebe, Beleuchtung, Arbeitsgeräte, Haushaltsgeräte, etc. der Produktion von Energie aus erneuerbaren Quellen gegenübergestellt. Zur Berechnung der Jahresbilanz bieten sich zwei Varianten (Abbildung 2) an:

- Bedarfs/Produktions-Bilanz
- Import/Export-Bilanz

In der Bedarfs/Produktions-Bilanz steht der Gesamtbedarf der gesamthaft produzierten Energie gegenüber, ohne den Eigenbedarf zu berücksichtigen. Bei der Import/Export-Bilanz wird der Eigenbedarf von der Gesamtproduktion subtrahiert und nur die Differenz für die Bilanz herangezogen. In der Praxis erfolgt üblicherweise die Auslegung von Gebäuden auf Jahresbilanzen. Aus diesen Gründen wird für ein Nullenergiegebäude die Netto-Jahresbilanz mit der Bedarfs/Produktions-Bilanz bestimmt.

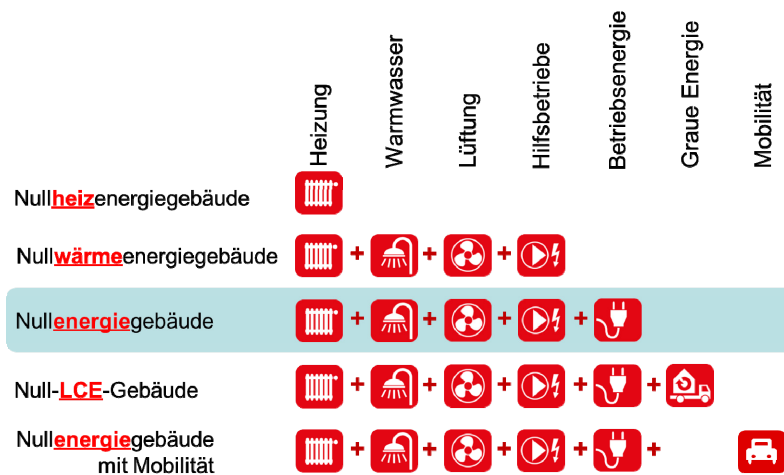


Abbildung 1 Level verschiedener Nullenergiestandards.

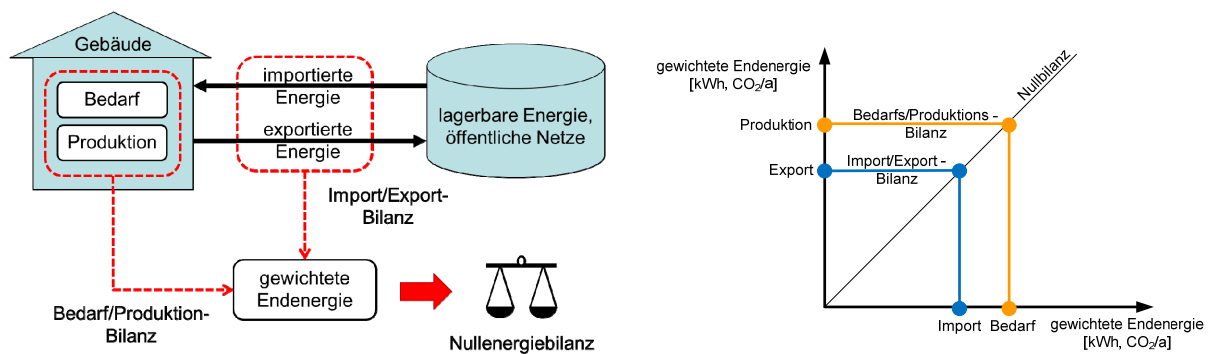


Abbildung 2 Verschiedene Varianten zur Berechnung der Netto-Jahresbilanz [5].

3.2 Bilanzgrenzen von Nullenergiegebäuden

Der Begriff Nullenergiegebäude/net zero energy building (Net ZEB) fokussiert auf das einzelne Gebäude mit lokaler Energieerzeugung („Net ZEB am Gebäude“). Damit muss die lokale Energieerzeugung an/auf dem betrachteten Gebäude oder an/auf funktional zum Gebäude gehörigen Bauten auf der Parzelle erfolgen, z.B. auf dem Dach/Garagendach oder an einer Stützmauer. Diese sehr enge gebäudebezogene Bilanzgrenze stösst im Vollzug jedoch sehr schnell an Grenzen. Aus diesem Grund sind verschiedene Kategorien von Nullenergiegebäuden möglich (Abbildung 3).

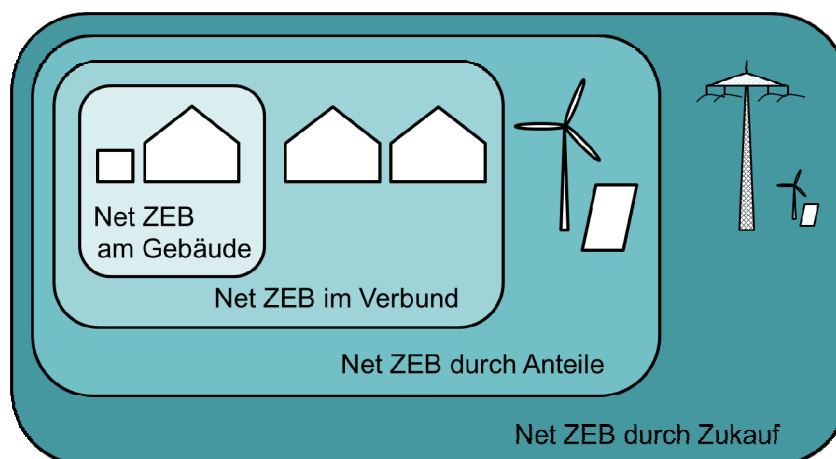


Abbildung 3 Bilanzgrenzen für verschiedene Kategorien von Nullenergiegebäuden.

Der Bilanzausgleich zwischen mehreren zusammengehörigen Gebäuden, z.B. von einer Überbauung, führt zu einer Nullenergieüberbauung. Nicht das einzelne Gebäude muss die Nullbilanz erreichen, sondern die Nullbilanz wird im Verbund erfüllt („Net ZEB durch Verbund“). Besitzt der Gebäudeeigentümer Anteile z.B. an einer Windkraftanlage, kann die erzeugte Energie in der Bilanz angerechnet werden. Mit dieser Variante wird die strenge Definition der lokalen Energieerzeugung auf der Parzelle erweitert. Die Nullbilanz wird nicht mehr direkt am Gebäude sondern durch Anteile an standortfernen Anlagen erreicht („Net ZEB durch Anteile“). Auch Gemeinschaftsanlagen mit verschiedenen Teilhabern, z.B. einer Photovoltaikanlage auf einem Parkhaus, sind dann möglich. Ohne Eigenproduktion oder einer Beteiligung kann ein Nullenergiegebäude nur durch Zukauf von „grüner“ Energie realisiert werden („Net ZEB durch Zukauf“).

3.3 Energetische und ökologische Bilanz

Der lokal produzierte Solarstrom kann aufgrund des Energiekonzeptes oder des ökologischen Mehrwertes bilanziert werden. Das Energiekonzept berücksichtigt die Möglichkeit lokal erneuerbare Quellen zu nutzen, während die Bilanzierung des ökologischen Mehrwertes von Verträgen abhängig ist. Wird der produzierte Solarstrom an eine Solarstrombörse verkauft oder die Kostendeckende Einspeisevergütung KEV bezogen, darf der Ertrag aus der Photovoltaikanlage nicht mehr für das Gebäude bilanziert werden. Der ökologische Mehrwert gehört damit einem Dritten und kann dem Gebäude nicht mehr gut geschrieben werden. Die Bilanzierung des Solarstroms erfolgt nur ein Mal. Die energetische Bilanz vereinfacht den Vollzug, jedoch wird der Solarstrom gegebenenfalls in mehreren Bilanzen angerechnet.

3.4 Bewertung

Um die Wertigkeit der verwendeten Energieträger zu berücksichtigen, wird die Bilanz in Form von Primärenergie aufgestellt. Symmetrische Primärenergiefaktoren werden für den Im- und Export der Energieträger in ein bzw. aus dem öffentlichen Netz eingesetzt, da die in das Netz eingespeiste Energie konventionell hergestellte Energie im Verhältnis 1:1 ersetzt.

3.5 Schweizer Datenbank bestehender Gebäude

Bislang liegen Daten von 83 bestehenden bzw. sich im Bau befindenden Gebäuden (58 EFH, 19 MFH, 5 Verwaltungen und 1 Schule) in der Schweiz vor. Die meisten Gebäude weisen ein Minergie-P Zertifikat auf, etwa die Hälfte der Gebäude sind Minergie-A zertifiziert bzw. provisorisch zertifiziert. Die Liste der Gebäude erhebt keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit von Gebäude mit Eigenenergieproduktion in der Schweiz. Abbildung 4 zeigt den Primärenergiebedarf, der gesamten Betriebsenergie sowie die Elektrizitätsproduktion der Photovoltaikanlagen der einzelnen Gebäude, aufgeteilt in verschiedene Gebäudekategorien. Der Elektrizitätsbedarf für Betriebseinrichtungen und Beleuchtung, wird pauschal auf $34 \text{ kWh}_{\text{ECH}}/(\text{m}^2\text{a})$ für die Kategorie Wohnen festgelegt. Es wird nur die energetische Bilanz betrachtet.

Der Durchschnitt des Primärenergiebedarfs liegt bei $27 \pm 9 \text{ kWh}_{\text{ECH}}/(\text{m}^2\text{a})$. 29 Gebäude erfüllen die Netto-Jahresbilanz eines Nullenergiegebäudes, 48 sind Nullwärmeenergiegebäude, 4 sind Nullheizenergiegebäude und 2 Gebäude weisen keine Nullbilanz auf. Es werden 15 resp. 18 verschiedene Kombinationen von Wärmeerzeugern für Heizung und zur Warmwassererwärmung eingesetzt. Wobei eine Wärmepumpe alleine oder in Kombination mit einem anderen Erzeuger bei 77% der Gebäude für die Heizung eingesetzt wird und bei 63% der Gebäude zur Warmwassererzeugung. Knapp die Hälfte der Einfamilienhäuser verfügt über eine thermische Solaranlage zur Unterstützung der Warmwassererwärmung und zum Teil der Heizung. Weitere verwendete Energieträger sind Holz, Pellet, Elektrizität und Fernwärme.

Der mittlere Gesamt U-Wert über alle Gebäude beträgt $0.21 \pm 0.04 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, für die Fenster $0.83 \pm 0.17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, die Aussenwände $0.13 \pm 0.03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und das Dach $0.12 \pm 0.03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Alle Gebäude weisen damit eine sehr gute Gebäudehülle auf.

Die Gebäude zeigen, dass eine Vielzahl an Energiekonzepten für Nullenergiestandards zur Verfügung stehen. Die beiden Standards Nullwärme- und Nullenergiegebäude werden nicht nur von Neubauten erreicht, sondern auch von modernisierten Gebäuden sowie von verschiedenen

Gebäudekategorien. Damit sind die verschiedenen Nullenergiestandards auf Neubauten, Modernisierungen und verschiedene Gebäudekategorien anwendbar.

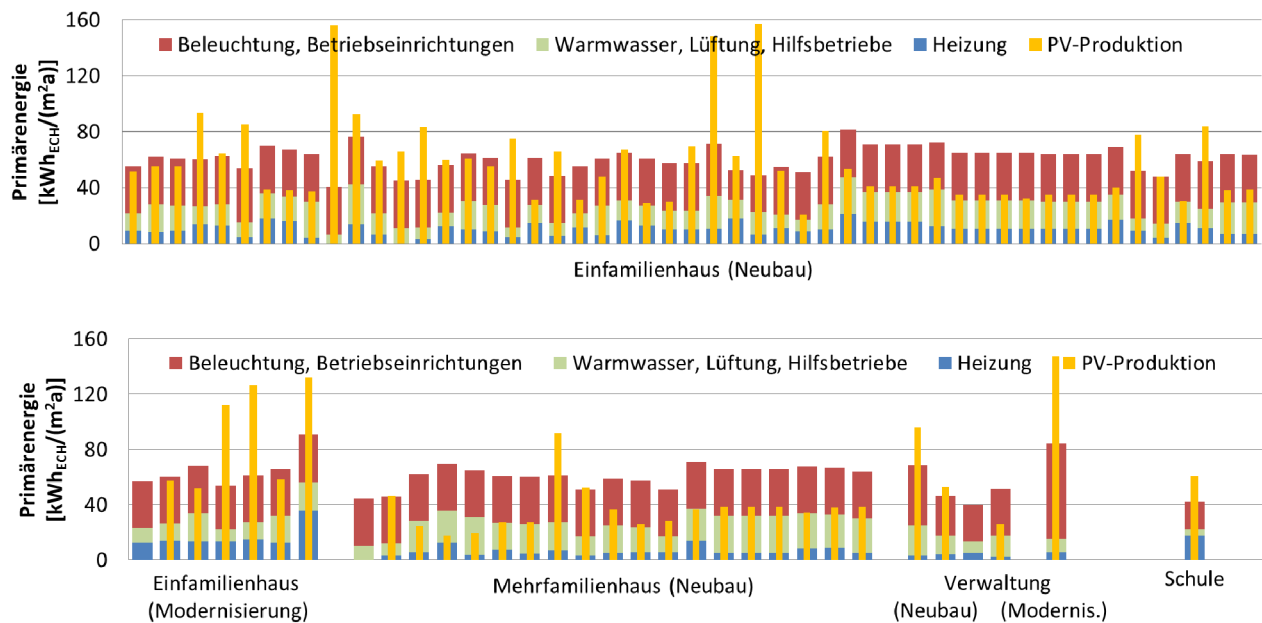


Abbildung 4 Primärenergetischer Bedarf und Produktion der betrachteten 83 Gebäude.

3.6 Erfahrungen mit Minergie-A

Auf dem Weg zum Nullenergiegebäude bietet der Nullwärmeenergiestandard von Minergie-A eine Basis, um Erfahrungen in der Umsetzung eines Standards mit einer Nullbilanz zu sammeln. Weltweit ist Minergie-A der erste Standard mit einer Nullwärmebilanz sowie einer Anforderung an die Graue Energie. Seit März 2011 sind rund 180 Minergie-A Anträge eingegangen. Die Auswertung der ersten 39 Gebäude (28 Einfamilienhäuser, 11 Mehrfamilienhäuser) gibt einen Überblick wie die Energiekonzepte auf die Nullwärmebilanz abgestimmt werden und wie sich die Graue Energie bei diesen Gebäuden zusammensetzt.

Bezüglich des Heizwärmebedarfs, der Netto-Jahresbilanz und der Grauen Energie müssen für ein Minergie-A Zertifikat für Wohnbauten folgende Anforderungen eingehalten werden:

- Die Primäranforderung an die Gebäudehülle lautet: Der Heizwärmebedarf darf maximal 90% des Grenzwertes nach SIA 380/1 (2009) [7] bei Standardbedingungen erreichen (Stufe Nutzenergie).
- Die Kennzahl Wärme muss für Heizung/Kühlung, Warmwasser, Lüftungs- und Hilfsenergie in der Netto-Jahresbilanz Null werden (Stufe Primärenergie).
- Die Graue Energie darf $50 \text{ kWh}_{\text{EPnren}}/(\text{m}^2\text{a})$ nicht überschreiten (Stufe nicht erneuerbare Primärenergie). Wird mehr Graue Energie benötigt, kann die Differenz mit der erzeugten Elektrizität aus einer Photovoltaikanlage kompensiert werden.

Der mittlere Heizwärmebedarf der zertifizierten und provisorisch zertifizierten Gebäude beträgt $61 \pm 12\%$ des Grenzwertes für den Heizwärmebedarf nach SIA 380/1 (Abbildung 5) und ist damit sehr nahe bei der Primäranforderung für Minergie-P (60% des Grenzwertes nach SIA 380/1). Für Einfamilienhäuser (EFH) beträgt die Qualität der Gebäudehülle $63 \pm 12\%$, für Mehrfamilienhäuser (MFH) $56 \pm 10\%$ des SIA Grenzwertes. Dies entspricht einem mittleren Heizwärmebedarf von $31 \pm 6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ für EFH resp. $22 \pm 5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ für MFH.

In Abbildung 6 ist die Primärenergie des Bedarfs und der Produktion aufgetragen. Die Höhe des Bedarfs ist abhängig von dem effektiven Heizwärmebedarf sowie der eingesetzten Gebäudetechnik für Heizung/Kühlung, Warmwasser und Lüftung/Hilfsbetriebe. Aus diesem Grund

ist der auszugleichende Primärenergiebedarf eine individuelle Gebäudegrösse. Damit liegt die „Null“ der Netto Jahresbilanz für die Kennzahl Wärme bei jedem Gebäude auf einem anderen Niveau.

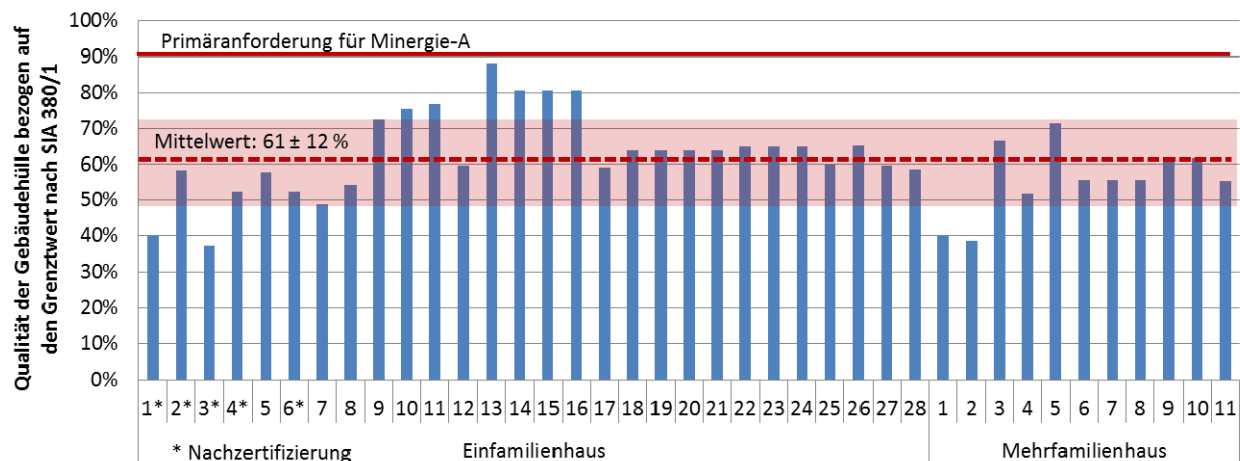


Abbildung 5 Qualität der Gebäudehülle bezogen auf den SIA380/1 Grenzwert.

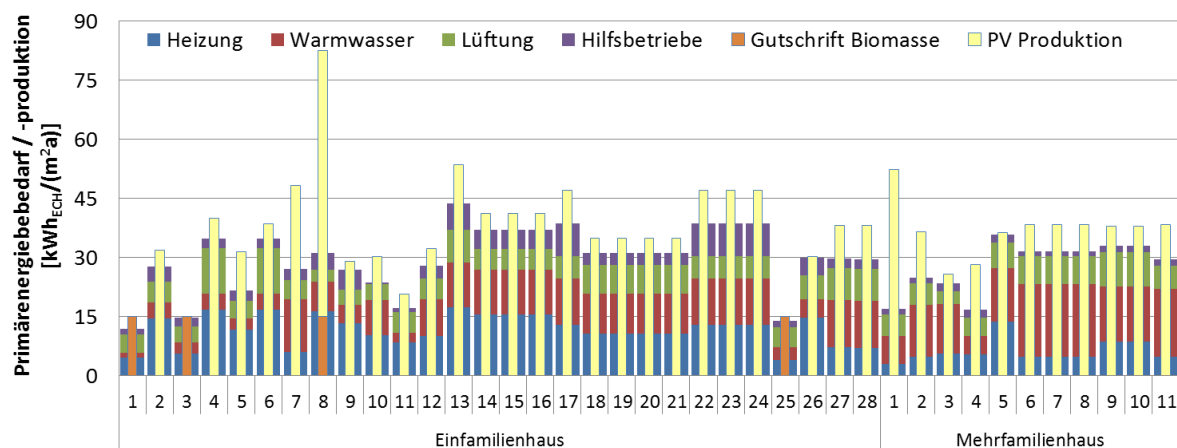


Abbildung 6 Gegenüberstellung des Primärenergiebedarfs /-produktion zur Erreichung der Netto-Nulljahresbilanz für die Kennzahl Wärme.

Der Durchschnitt des auszugleichenden Primärenergiebedarf für die Nullbilanz liegt bei 29 ± 8 kWh/(m²a). Die mittlere Peak-Leistung der Photovoltaikanlage von Einfamilienhäusern beträgt 5.5 ± 3 kWp, von Mehrfamilienhäusern 22 ± 13 kWp. Die Peak-Leistung und Fläche der Photovoltaikanlage, bezogen auf die Energiebezugsfläche, ergeben sich bei den Gebäuden im Mittel bei allen Gebäuden zu 22 ± 10 Wp/m²_{AE} bzw. 0.15 ± 0.05 m²_{PV}/m²_{AE}.

Abbildung 7 zeigt die mittlere Aufteilung der Grauen Energie unterteilt in Baukörper, Standard Gebäudetechnik, thermische Solaranlage und Photovoltaikanlage. Die Standard Gebäudetechnik beinhaltet das Wärme- und Abgabesystem, die Lüftungsanlage, Sanitär- und Elektroinstallationen. Es zeigt sich, dass knapp 70% der Grauen Energie für den Baukörper anfällt. Für den reinen Baukörper liegt die Graue Energie in dem Bereich von 20 - 38 kWh_{EPnren}/(m²a). Der Mittelwert für die gesamte Graue Energie beträgt 44 ± 5 kWh_{EPnren}/(m²a) und damit rund 90% der Anforderung.

Die ersten 16 Monate seit dem Start von Minergie-A zeigen, dass der Standard gut bei den Planern angekommen ist. Das Feedback ist sehr positiv, sowohl für die Anforderung an die Nullwärmebilanz als auch an die Graue Energie. Der zusätzliche Mehraufwand für die Berechnung der Grauen Energie wird kaum kritisiert. Der Grenzwert für die Graue Energie ist gut gewählt. Er ist nicht zu streng, so dass das Label an ihm scheitert, er ist aber auch nicht zu hoch, so dass es etwas Überlegung braucht zum Ziel zu kommen. Die relativ niedrige Anforderung an den Heizwärmebedarf ermöglicht einen Spielraum für verschiedene Energiekonzepte. Dies wird von den Planern sehr geschätzt. Ein Minergie-A Standard für Verwaltung ist in der Entwicklung.

Die Hauptproblematik bei der Umsetzung von Minergie-A liegt in der Anrechenbarkeit der Photovoltaik, da sichergestellt werden muss, dass der ökologische Mehrwert nicht verkauft wird. Insbesondere bei Mietwohnungen ist zu klären, ob die Mieter verpflichtet werden können „grüne“ Energie zu kaufen. Da die Anrechenbarkeit des ökologischen Mehrwertes von einzelnen Verträgen abhängt, ist es unmöglich diese mittel- bis langfristig zu verfolgen. Die Einhaltung der ökologischen Netto-Jahresbilanz kann nicht sichergestellt werden.

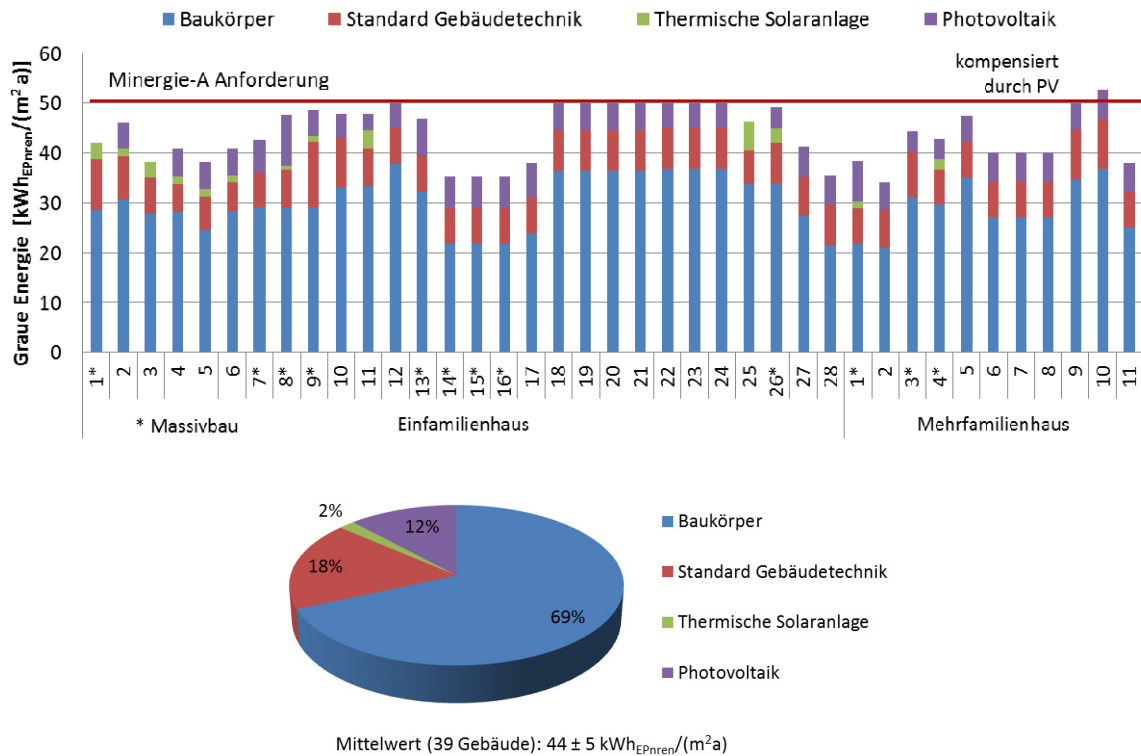


Abbildung 7 Durchschnittliche Verteilung der Grauen Energie bei 39 Minergie-A Gebäuden.

3.7 Von Minergie-A zum Nullenergiegebäude

In den meisten Fällen wird die, für die Nullbilanz, benötigte Energie durch eine Photovoltaikanlage erzeugt, so dass Nullenergiegebäude eine grössere Photovoltaikfläche als Minergie-A Gebäude aufweisen. Dies bedingt einen höheren Bedarf an Grauer Energie. Um zu zeigen, wie sich die Netto-Jahresbilanz der Gesamtbetriebsenergie und Graue Energie verhalten, werden Untersuchungen auf Basis der Minergie-A Gebäude durchgeführt. Drei Gebäudestandards werden definiert, in dem die Grösse der Photovoltaikanlage (PV) so variiert wird, dass verschiedene Netto-Jahresbilanzen eingehalten werden. Die Gebäude haben

- keine PV (Niedrigenergiegebäude)
- eine PV, um die Kennzahl Wärme von Minergie-A zu erreichen
- eine PV, um die Netto-Jahresbilanz eines Net ZEBs zu erreichen.

Die Summe aus Netto-Betriebsenergie und Graue Energie wird als Lebenszyklus Energie – im englischen Sprachraum Life Cycle Energy (LCE) – bezeichnet. Abbildung 8 zeigt die Verteilung der Grauen Energie, der Netto-Betriebsenergie und der Life Cycle Energy für die oben genannten drei Standards. Die Graue Energie steigt von einem Niedrigenergiegebäude zu einem Net ZEB um rund 27% an, während gleichzeitig per Definition, die Netto-Jahresbilanz der Betriebsenergie auf „Null“ fällt. Die Life Cycle Energy eines Net ZEBs liegt um rund 60% tiefer als die eines Niedrigenergiegebäudes. Die Gesamtbetrachtung zeigt, dass der Einsatz von nicht erneuerbarer Primärenergie für ein Minergie-A Gebäude deutlich geringer ist, als für ein Niedrigenergiegebäude. Den niedrigsten Wert weist ein Net ZEB auf.

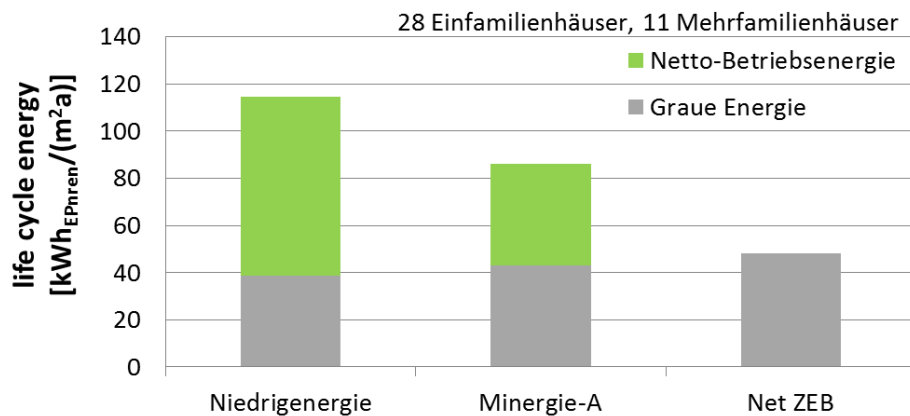


Abbildung 8 Life Cycle Energy für verschiedene Gebäudestandards.

4. Ausblick

Das Projekt befindet sich in der Schlussphase und der Abschlussbericht wird Ende 2012 vorliegen.

5. Glossar

EPnren	Energie, bewertet mit nicht erneuerbare Primärenergie
ECH	Energie, bewertet mit nationalem Energie-Gewichtungsfaktor
f _{Pnren}	Bewertungsfaktor für nicht erneuerbare Primärenergie
f _{CH}	Schweizer nationaler Energie-Gewichtungsfaktor

Tabelle 2 Verwendete Bewertungsfaktoren der Energieträger [8, 9].

	SIA Merkblatt 2031	Schweizer nationale Faktoren
	f _{Pnren} [-]	f _{CH} [-]
CH-Elektrizität, Verbrauchermix	2.52	2.0
Pellet	0.21	0.7
Holzfeuerung	0.05	0.7
Fernwärme	0.79	0.6

6. Literatur/Referenzen

- [1] EU-Richtlinie Gebäudeeffizienz 2010, www.enev-online.de
- [2] Medienmitteilung der Konferenz der kantonalen Energiedirektoren, 2. September 2011, www.endk.ch
- [3] www.minergie.ch
- [4] Musall E. et al.: Net Zero Energy Solar Buildings: An Overview and Analysis on Worldwide Building Projects. Tagungsband EuroSun, Graz, 2010
- [5] Sartori I., Napolitano A., Voss K.: Net zero energy buildings: A consistent definition framework. Energy and Buildings, 48 (2012) S. 220-232.
- [6] Voss K., Musall E.: Nullenergiegebäude. Detail Green Books, 2011
- [7] SIA 380/1 (2009): Thermische Energie im Hochbau
- [8] SIA Merkblatt 2031: Energieausweis für Gebäude. 2009
- [9] Schweizer Konferenz der kantonalen Energiedirektoren (EnDK), www.endk.ch