

# Null- und Plusenergiehaus, Minergie-A – Erfahrungen und Beispiele aus der Schweiz

Dr.-Ing. Monika Hall, Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, Institut Energie am Bau,  
St. Jakob Strasse 84, CH-4132 Muttenz

Der Trend zu Null- und Plusenergiehäusern nimmt zu. Doch was heisst "Null" bzw. "Plus"? Verschiedene Parameter werden diskutiert. Wie die Umsetzung der Nullwärmeenergiebilanz (HWLK-Nullbilanz) erfolgt, wird anhand von rund 230 Minergie-A Wohngebäude analysiert. An verschiedenen Beispielgebäuden wird der Bedarf dem Verbrauch gegenübergestellt, um zu prüfen, ob die angestrebte Bilanz auch im Betrieb eingehalten wird. Einige neue Anforderungen aus der aktuellen Schweizer Energieverordnung sowie mögliche Entwicklungen von Minergie werden vorgestellt.

## 1 Null- und Plusenergie

### 1.1 Ist Null gleich Null?

Die Bilanzierung eines Nullenergiegebäudes scheint auf den ersten Blick einfach: In der Jahresbilanz muss eine Null stehen. Aber schon die Fragen „Was wird Null?“ und „Wie wird die Null berechnet?“ können unterschiedlich beantwortet werden. Dieselben Fragen können für ein Plusenergiegebäude gestellt werden. Ohne die Definition der „Null“ gibt es kein „Plus“. Prinzipiell müssen bei einer Definition verschiedene Aspekte betrachtet werden (Bild 1).

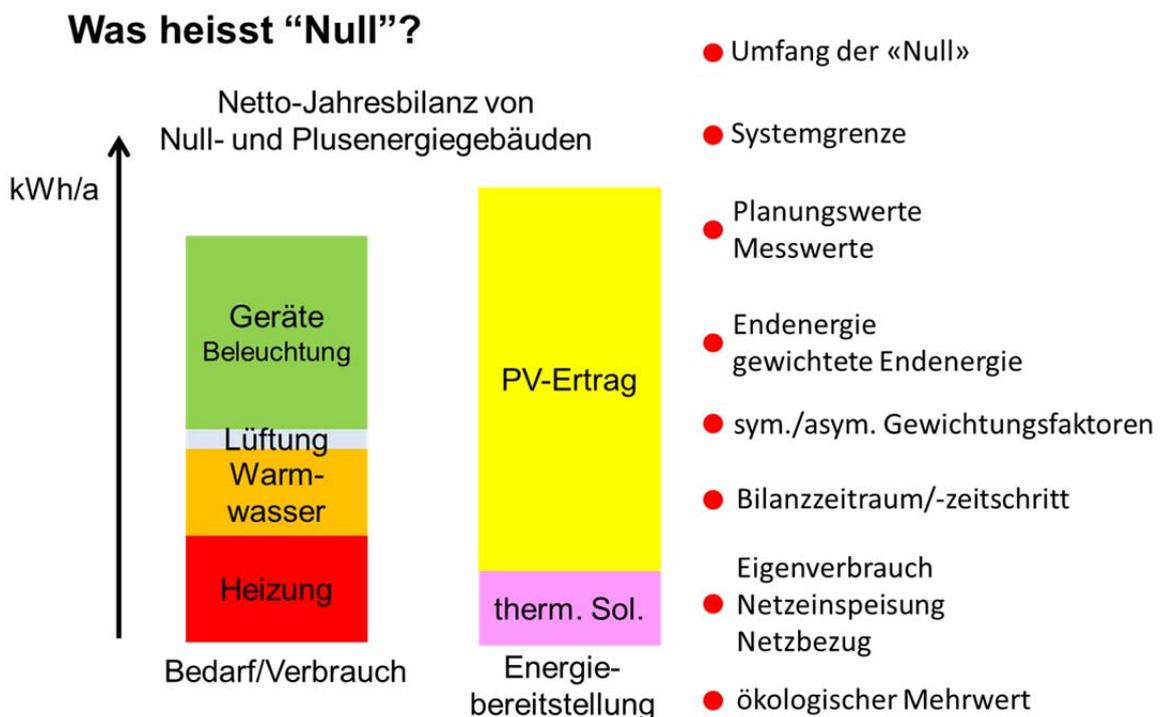


Bild 1 Rahmenbedingungen für die Bilanzierung von Null- bzw. Plusenergiegebäude.

## 1.2 Umfang der Nullbilanz

Der Umfang der Nullbilanz eines Gebäudes kann verschieden sein (Bild 2). Minergie-A schliesst z.B. in der Nullbilanz Heizung, Warmwasser, Lüftung, Klima und Hilfsbetriebe (HWLK-Nullbilanz = Kennzahl Wärme) ein. Das Nullenergiegebäude nach [1] umfasst zusätzlich die gesamte Betriebsenergie für Geräte und Beleuchtung (GEB-Nullbilanz). Ist im Jahr der Ertrag aus erneuerbaren Energien höher, als für HWLK und die gesamte Betriebsenergie benötigt wird, erfüllt dies die Definition eines Plusenergiegebäudes nach der Solar Agentur Schweiz, dem energie-cluster und dem Kanton Bern. Ansätze, ebenfalls die Graue Energie und die Mobilität mit zu berücksichtigen, sind auch denkbar und sind in der Definition vom energie-cluster für das Plusenergiegebäude Kategorie 2 und 3 [2] enthalten. Eine Analyse von rund 300 weltweit bestehenden Nullenergiegebäuden [4] zeigt, dass die meisten Definitionen darauf beruhen, dass die Netto-Jahresbilanz für die GEB-Nullbilanz erreicht wird.

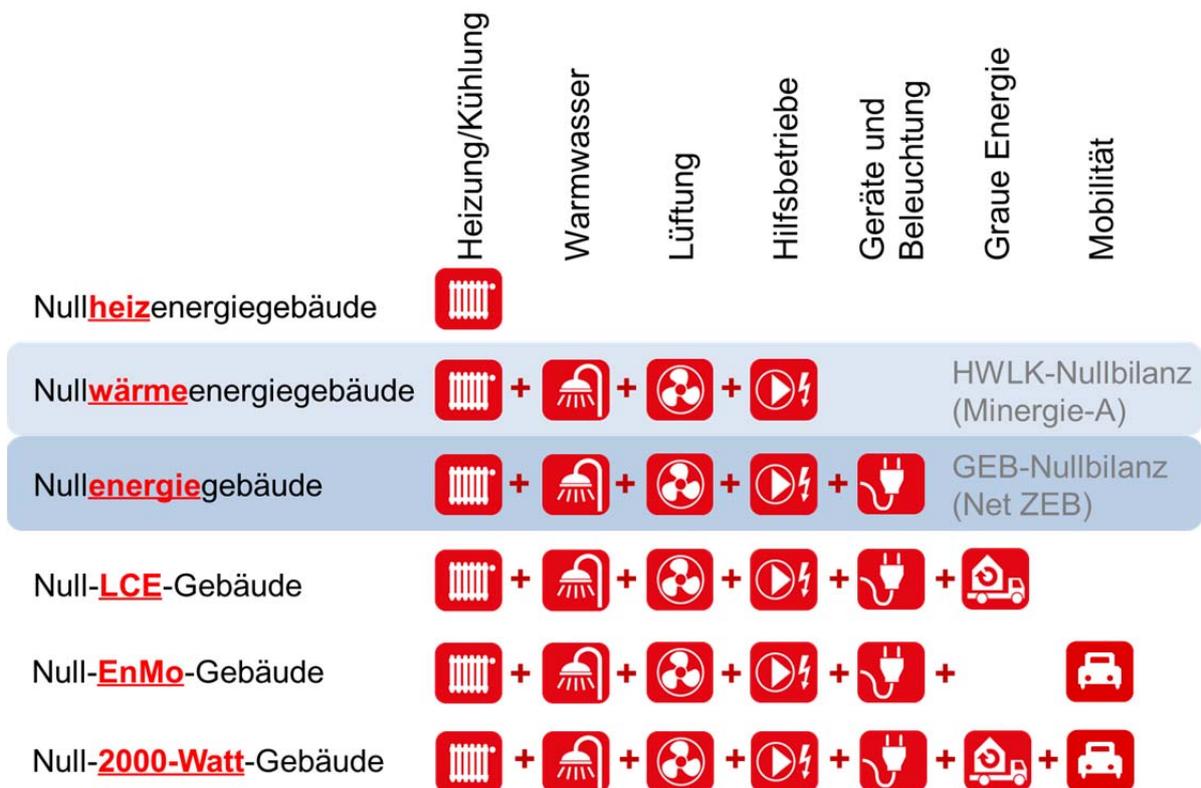


Bild 2 Umfang von verschiedenen Nullenergiestandards [3].

## 1.3 Systemgrenze

Die Systemgrenze für die Bilanzierung ist in der Regel das einzelne Gebäude. Aber auch andere Systemgrenzen sind möglich (Bild 3):

- Üblich ist die lokale Energiegewinnung an oder auf dem betrachteten Gebäude „Net ZEB auf Fussabdruck“) oder an oder auf funktional zum Gebäude gehörigen Bauten auf der Parzelle („Net ZEB am Gebäude“), z.B. auf dem Garagen-/Scheunendach oder an einer Stützmauer.

- Besitzt der Gebäudeeigentümer Anteile z.B. an einer Windkraftanlage, kann der erzeugte Strom in Höhe des Anteils in der Bilanz angerechnet werden. Die Nullbilanz wird nicht mehr direkt am Gebäude sondern durch Anteile an standortfernen Anlagen erreicht („Net ZEB durch Anteile“).
- Ohne eigene Gewinnung aus erneuerbaren Quellen oder einer Beteiligung kann ein Nullenergiegebäude nur durch Zukauf von „grüner“ Energie realisiert werden („Net ZEB durch Zukauf“) analog Merkblatt SIA 2040 [4].

Die sehr enge gebäudebezogene Bilanzgrenze mit lokaler Energiegewinnung stösst im Vollzug sehr schnell an Grenzen. Der Bilanzausgleich zwischen mehreren zusammengehörigen Gebäuden, z.B. von einem Areal oder die Betrachtung eines Portfolios einer Immobilienfirma erhöht die Flexibilität. Der Vorteil dieses Bilanzausgleiches ist, dass nicht jedes einzelne Gebäude die Null erreichen muss, sondern die Nullbilanz wird im Verbund erreicht („Net ZEB durch Verbund“). Auch in diesem Fall muss die Gewinnung aus erneuerbaren Quellen lokal vor Ort erfolgen, jedoch ist die Umsetzung flexibler.

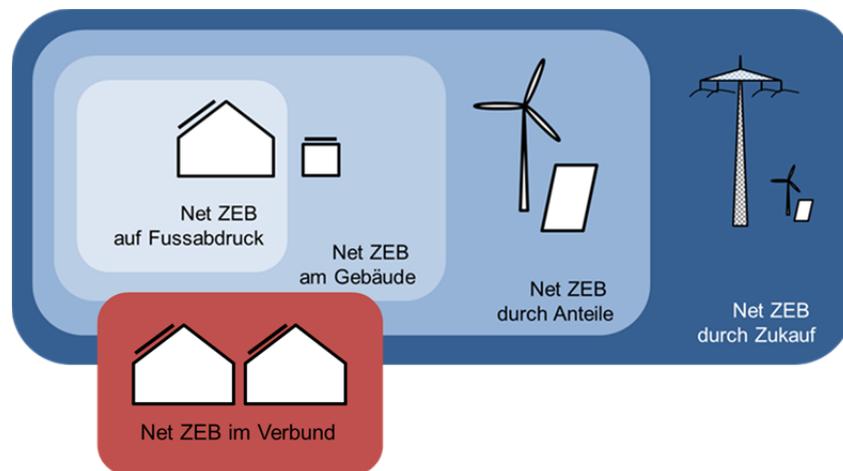


Bild 3 Festlegung der Systemgrenze.

#### 1.4 Planungs-/Messwerte

Die Idee eines Nullenergiegebäudes ist, dass im Jahresverlauf lokal genau so viel Energie aus erneuerbaren Quellen bereitgestellt wird, wie für den Betrieb des Gebäudes benötigt wird. Zur Berechnung der Jahresbilanz bieten sich zwei Varianten an (Bild 4):

- Export/Import-Bilanz (Betriebsphase, berücksichtigt den Eigenverbrauch)
- Bedarfs/Produktions-Bilanz (Designphase, ohne Berücksichtigung des Eigenverbrauchs)

In der Praxis erfolgt üblicherweise die Auslegung von Gebäuden auf Basis der Bedarfs-/Produktionsbilanz, da der Eigenverbrauch nicht bekannt ist. Die Bedarfs-/Produktionsbilanz kann aber auch durch ein Monitoring in der Betriebsphase erstellt werden. Die Differenz aus beiden Bilanzen ergibt den Eigenverbrauch.

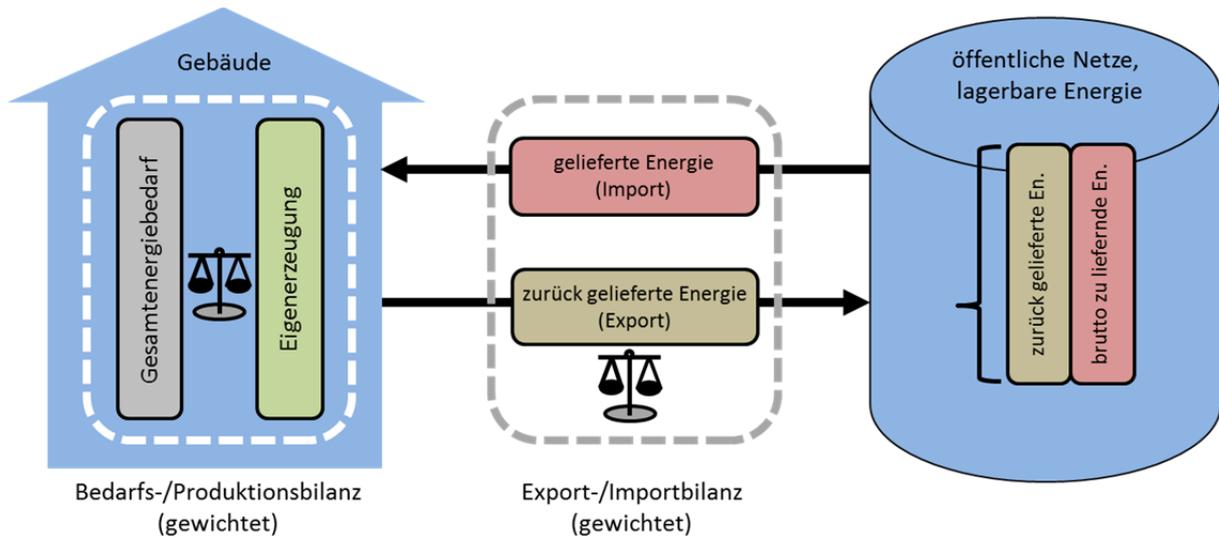


Bild 4 Bilanzierungsmöglichkeiten eines (Netto-)Nullenergiegebäudes auf Basis der Export-/Importbilanz oder der Bedarfs-/Produktionsbilanz (in Anlehnung an [5]).

### 1.5 Gewichtung der Energieträger

Neben der eigentlichen Bilanzierung muss festgelegt werden ob und mit welchen Faktoren eine Gewichtung der Energieträger erfolgt, da dies einen entscheidenden Einfluss z.B. auf die notwendige Grösse der Photovoltaikanlage hat. In der Regel ist die exportierte Energie Elektrizität. Diese wird üblicherweise mit denselben und über den Jahresverlauf fixen Primärenergie- oder Gewichtungsfaktoren beaufschlagt, wie die importierte Elektrizität. Man spricht von (statischen) symmetrischen Faktoren. Die exportierte Energie wird so als Substitut der Netzenergie gewertet. Möglich sind auch unterschiedliche Faktoren für Im- und Export, also asymmetrische Faktoren, wie sie z.B. in SIA 380 und Effizienzhaus-Plus angewendet werden. Denkbar sind auch dynamische Faktoren, die z.B. stündlich oder monatlich unterschiedlich sind. Für ein Gebäude mit Elektrizität als einzigen Energieträger und symmetrischen Gewichtungsfaktoren ist die Gewichtung irrelevant. Nur wenn unterschiedliche Energieträger vorhanden sind, führen die unterschiedlichen Gewichtungen zu unterschiedlichen Ergebnissen in der gewichteten Bilanz (Bild 5).

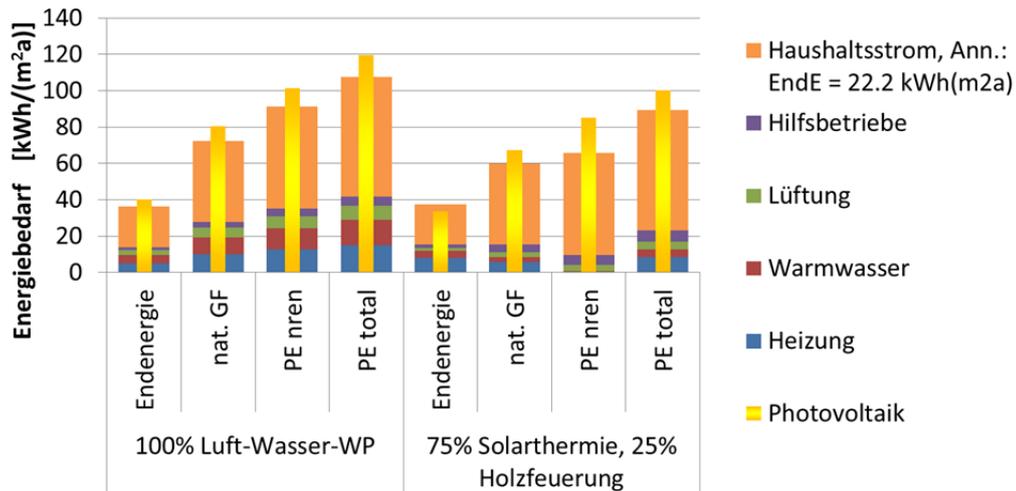


Bild 5 Unterschiedliche Gewichtung der Energieträger mit symmetrischen Gewichtungsfaktoren von zwei Einfamilienhäusern mit unterschiedlichen Wärmeerzeugern.

### 1.6 Bilanzzeitraum und -schritt

Der Bilanzzeitraum beträgt üblicherweise ein Jahr. Der über das Jahr kumulierte Bedarf und Ertrag werden in der Nettobilanz gegenübergestellt. Überlegungen, andere Zeiträume, wie z.B. eine saisonale oder monatliche Bilanzierung durchzuführen, führen einerseits zu Fragen der lokalen Speichermöglichkeiten und andererseits in der Regel zu grösseren Photovoltaik- und Solarkollektoranlagen. Die Eigendeckungsrate ist der Anteil an der Gesamtenergie, der vom PV-Ertrag zeitgleich gedeckt wird. Sie ist abhängig vom Bilanzzeitschritt in dem z.B. die Jahresbilanz aufgestellt wird (Bild 6). Je kürzer der Bilanzzeitschritt, desto geringer ist die Eigendeckungsrate. Wird die Eigendeckungsrate kleiner, steigt die Netzeinspeisung und auch der Netzbezug. Die Interaktion mit dem Netz wird im Moment noch von keinem Gebäudelabel berücksichtigt.

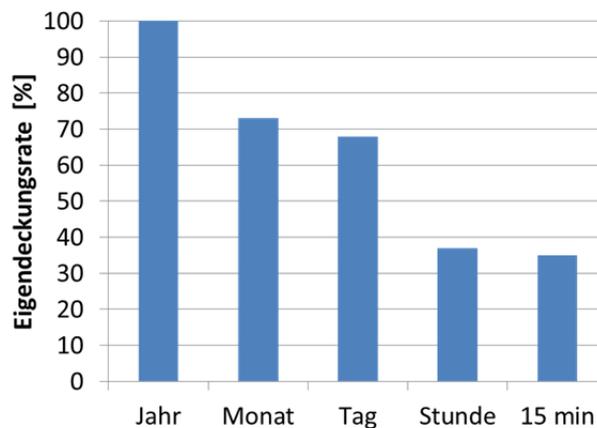


Bild 6 Eigendeckungsrate in Abhängigkeit von dem Bilanzzeitschritt (Angaben basieren [6]).

## 1.7 Ökologischer Mehrwert

Weiter stellt sich die Frage, ob ein Eigentümer den PV-Ertrag, den er z.B. an eine Solarbörse verkauft – Verkauf des ökologischen Mehrwerts – noch in der eigenen Bilanz anrechnen darf. Der Verkauf von PV-Ertrag wird mit Herkunftszertifikaten belegt, um eine Doppelbilanzierung zu verhindern. Folglich muss in zwei unabhängige Bilanzen unterschieden werden:

- energetische Jahresbilanz (Betrachtung des reinen Energiekonzepts) und
- ökologische Jahresbilanz (Betrachtung des sogenannten „ökologischer Mehrwerts“)

Die Kennzahl Wärme von Minergie basiert auf der ökologischen Bilanz, verkaufter PV-Ertrag darf nicht angerechnet werden. Die Umsetzung in der Praxis ist schwierig, da die ökologische Bilanz auf Verträgen beruht, die jederzeit gekündigt werden können. Eine Bilanzierung, die nur auf dem lokalen Energiekonzept beruht, ist im Vollzug einfacher. Bei Betrachtung des Energiekonzepts ist noch der Umgang mit der Eigentumsfrage zu klären, wenn PV-Anlage und Gebäude unterschiedliche Eigentümer haben.

## 2 Minergie

### 2.1 Hintergrund

Der Schweizer Verein Minergie® bietet drei verschiedene Standards an (Bild 7). Mit dem Standard Minergie-A fordert er eine Null für die Kennzahl Wärme (Nullwärmeenergie, HWLK-Nullbilanz).

Bezüglich des Heizwärmebedarfs, der Netto-Jahresbilanz und der Grauen Energie müssen für ein Minergie-A Zertifikat für Wohnbauten folgende Anforderungen eingehalten werden [3]:

1. Die Primäranforderung an die Gebäudehülle lautet: Der Heizwärmebedarf darf maximal 90% des normativen Grenzwertes nach SIA 380/1 (2009) [4] bei Standardbedingungen erreichen (Stufe Nutzenergie).
2. Die Kennzahl Wärme muss für Heizung/Kühlung, Warmwasser, Lüftungs- und Hilfsenergie in der Netto-Jahresbilanz „Null“ werden (Gewichtung: nationale Gewichtungsfaktoren).
3. Die Graue Energie darf 50 kWh/(m<sup>2</sup>a) nicht überschreiten (Gewichtung: nicht erneuerbare Primärenergie). Wird mehr Graue Energie benötigt, kann die Differenz mit der erzeugten Elektrizität aus einer Photovoltaikanlage kompensiert werden.

Eine Auswertung der ersten rund 230 Minergie-A Gebäude, 184 Einfamilienhäuser und 45 Mehrfamilienhäuser, gibt einen Einblick in die Umsetzung des Standards.

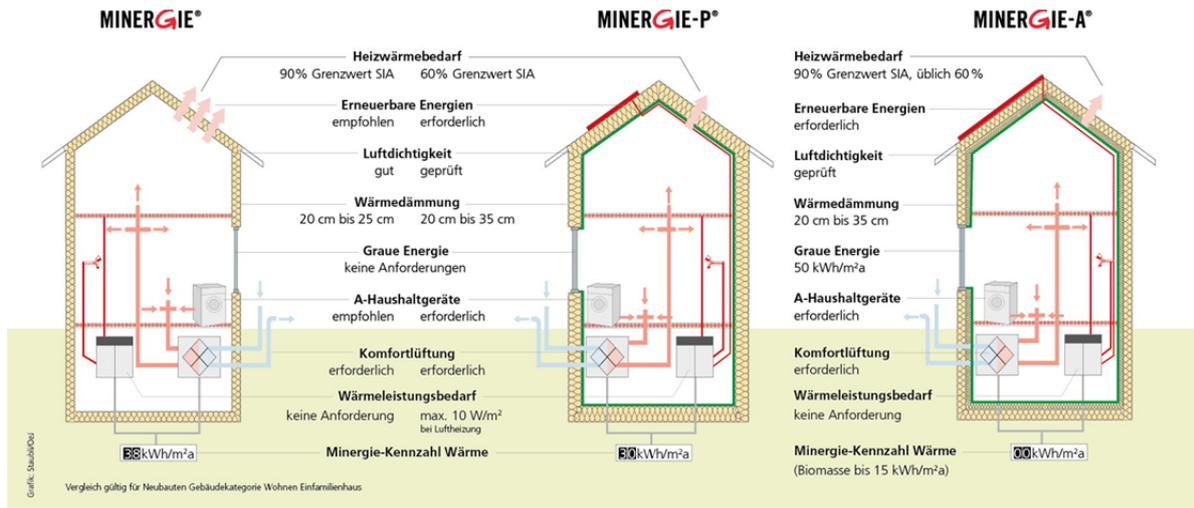


Bild 7 Minergie-Standards im Vergleich [7].

## 2.2 Primäranforderung

Der mittlere Heizwärmebedarf der Minergie-A Gebäude beträgt für EFH  $23 \pm 6$  kWh/(m<sup>2</sup>a) und für MFH  $15 \pm 5$  kWh/(m<sup>2</sup>a). Dies entspricht insgesamt  $65 \pm 12\%$  des Grenzwertes für den Heizwärmebedarf nach SIA 380/1 (Bild 8) und ist damit sehr nahe bei der Primäranforderung für Minergie-P (60% des Grenzwertes nach SIA 380/1). Ein typisches Minergie-A Gebäude hat damit einen (sehr) hohen Dämmstandard und nutzt passive Solargewinne. Für Einfamilienhäuser (EFH) beträgt der Wert  $63 \pm 12\%$ , für Mehrfamilienhäuser (MFH)  $56 \pm 10\%$  des SIA Grenzwertes. Dass Mehrfamilienhäuser, bei gleichen U-Werten, einen niedrigeren Wert aufweisen, beruht auf ihrer grösseren Kompaktheit. Die starke Streuung des Heizwärmebedarfs zeigt auf, dass die Planer einen grossen gestalterischen Freiraum haben und diesen auch nutzen.

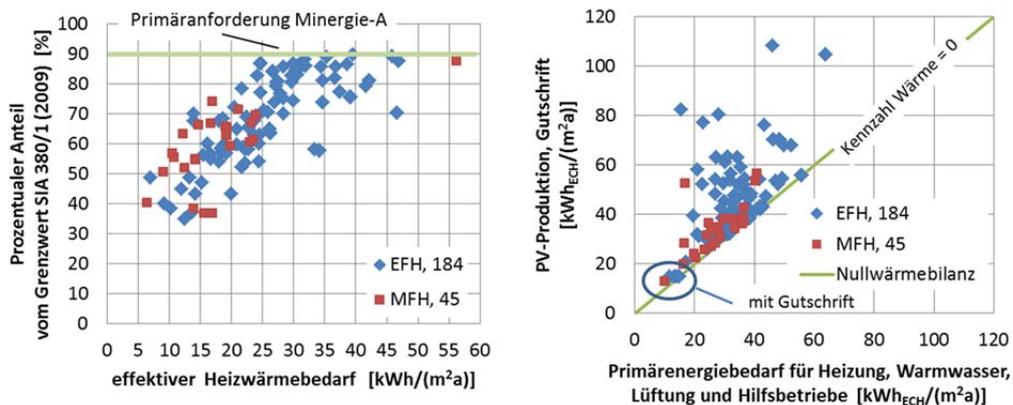


Bild 8 Qualität der Gebäudehülle bezogen auf den SIA380/1 Grenzwert.

### 2.3 Kennzahl Wärme

Die Kennzahl Wärme stellt den mit den Schweizer nationalen Energiegewichtungsfaktoren [5] bewerteten Energiebedarf für Heizung/Kühlung, Warmwasser, Lüftung und Hilfsbetriebe dar. Diese Kennzahl muss in der Netto-Jahresbilanz „Null“ werden. Lokal aus erneuerbaren Quellen gewonnene Energie kann in die Bilanz eingerechnet werden. Gebäude mit lagerbarer Biomasse und einer thermischen Solaranlage, die über 50% der gesamten Wärme für Heizung und Warmwasser erzeugt, dürfen eine Gutschrift von  $15 \text{ kWh}_{\text{ECH}}/(\text{m}^2 \text{ a})$  in Anspruch nehmen.

Eine Übersicht über die Mittelwerte des auszugleichenden Primärenergiebedarfs für die Nullbilanz und der eingesetzten Photovoltaikanlagen zeigt Tabelle 1. In Tabelle 2 sind zum Vergleich Daten von Minergie-A und einigen Effizienzhaus-Plus Gebäuden einander gegenübergestellt.

Tabelle 1: Mittelwerte des Primärenergiebedarfs und der eingesetzten Photovoltaikanlagen, die für die Minergie-A Nullbilanzen zugrunde liegen.

Mittelwerte	Gesamt	EFH	MFH	Einheit
Auszugleichender gewichteter Endenergiebedarf für die Nullbilanz	$32 \pm 11$	$33 \pm 8$	$29 \pm 9$	$\text{kWh}_{\text{ECH}}/(\text{m}^2 \text{ a})$
Peak-Leistung	$9 \pm 10$	$5 \pm 2$	$26 \pm 12$	kWp
Peak-Leistung / Energiebezugsfläche*	$24 \pm 9$	$25 \pm 8$	$21 \pm 9$	$\text{Wp}/\text{m}^2_{\text{AE}}$
Fläche der Photovoltaikanlage/ Energiebezugsfläche	$0.17 + 0.08$	$0.17 \pm 0.06$	$0.18 \pm 0.08$	$\text{m}^2_{\text{PV}}/\text{m}^2_{\text{AE}}$

\* Ähnliche Werte sind in [7] zu finden.

Tabelle 2: Vergleich 229 Minergie-A Gebäuden mit 33 Effizienzhaus-Plus Gebäuden [8].

Mittelwerte	Minergie-A	Effizienzhaus-Plus	Einheit
Heizwärmebedarf $Q_h$ bzw. Transmissionswärmeverlust $H'_T$	~ 65 % SIA 380/1	~ 60 % EnEV	$\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$
Endenergiebedarf /-verbrauch für HWLK (L nur Minergie-A)	$20 \pm 13$	12	$\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$
Anteil Wärmepumpen als Wärmeerzeuger	85	85	%
Fläche der Photovoltaikanlage zu Energiebezugsfläche (brutto)	$0.17 + 0.08$	ca. 0.38 (0.46 netto)	$\text{m}^2_{\text{PV}}/\text{m}^2$

### 2.4 Graue Energie

Als Grundlage für die Berechnung der Grauen Energie dient das Verfahren gemäss SIA Merkblatt 2032 [8]. Die graue Energie wird in diesem Verfahren mit dem „cradle to grave“ Ansatz bestimmt. Die Graue Energie wird für 60 Jahre berechnet und anschliessend anteilig pro Jahr ausgewiesen.

Bild 9 zeigt für die 229 Minergie-A Gebäude die Graue Energie unterteilt in Baukörper, Standard Gebäudetechnik, thermische Solaranlage und Photovoltaikanlage. Die Standard Gebäudetechnik beinhaltet das Wärme- und Verteilsystem, die Lüftungsanlage sowie Sanitär- und Elektroinstallationen. Es zeigt sich, dass rund 65 % der Grauen Energie für den Baukörper, knapp 20 % für die Gebäudetechnik und ca. 15 % für die Solaranlage anfällt. Bild 10 zeigt die Graue Energie für den Baukörper in Abhängigkeit von der Gebäudehüllzahl. Ein Trend, dass kompaktere Gebäude eine geringere Graue Energie für den Gebäudekörper aufweisen, ist weder für Einfamilienhäuser noch für Mehrfamilienhäuser zu erkennen. Auch lässt sich keine Korrelation der Grauen Energie für den Baukörper mit der Bauweise ableiten. Gebäude mit dem Zusatzlabel ECO sind etwas kompakter und benötigen nur leicht weniger Graue Energie als Standardgebäude.

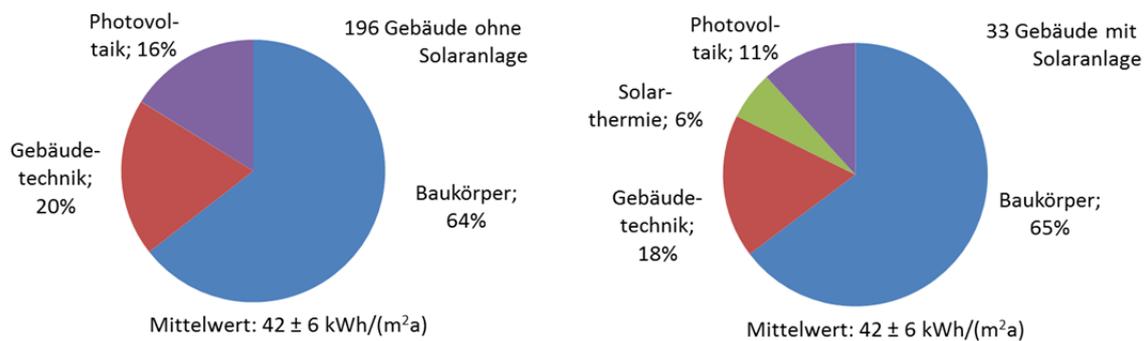


Bild 9 Aufteilung der Grauen Energie von 229 Minergie-A Gebäuden.

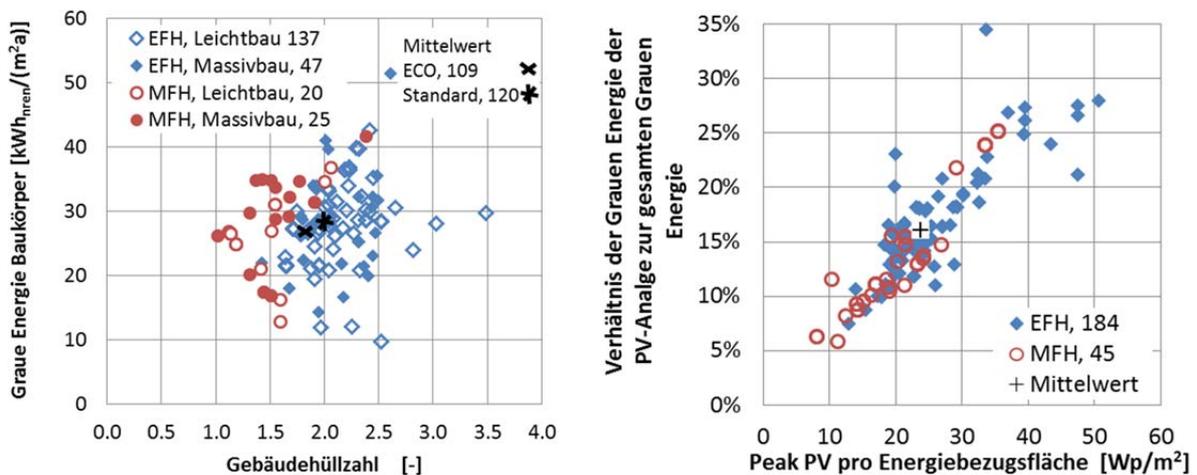


Bild 10 Graue Energie der Baukörper in Abhängigkeit von der Gebäudehüllzahl und der Bauweise (nicht erneuerbare Primärenergie) sowie die Peak-Leistung pro beheizter Fläche in Abhängigkeit von dem Verhältnis der Grauen Energie der PV-Anlage zur gesamten Grauen Energie.

## 2.5 Heiz- und Warmwassersysteme

Die eingesetzten Heiz- und Warmwassersysteme sind sehr vielfältig (Tabelle 2). Rund ein Drittel der Gebäude hat zwei Heizsysteme. Die Hälfte der Gebäude verfügt über zwei Systeme zur Warmwassererzeugung. Bei einem Drittel der Gebäude wird zur Warmwassererzeugung eine thermische Solaranlage eingesetzt (Deckungsgrad 40-90 %). In 16 Gebäuden unterstützt eine thermische Solaranlage die Heizung (Deckungsgrad 4–55 %). Die Hauptwärmeerzeuger sind Sole-Wasser- und Luft-Wasser-Wärmepumpen (84 %). Pellet- und Holzfeuerungen werden nur in Einfamilienhäusern eingesetzt. 25 Einfamilienhäuser verfügen über eine thermische Solaranlagen, während bei den Mehrfamilienhäusern nur sieben Anlagen installiert sind.

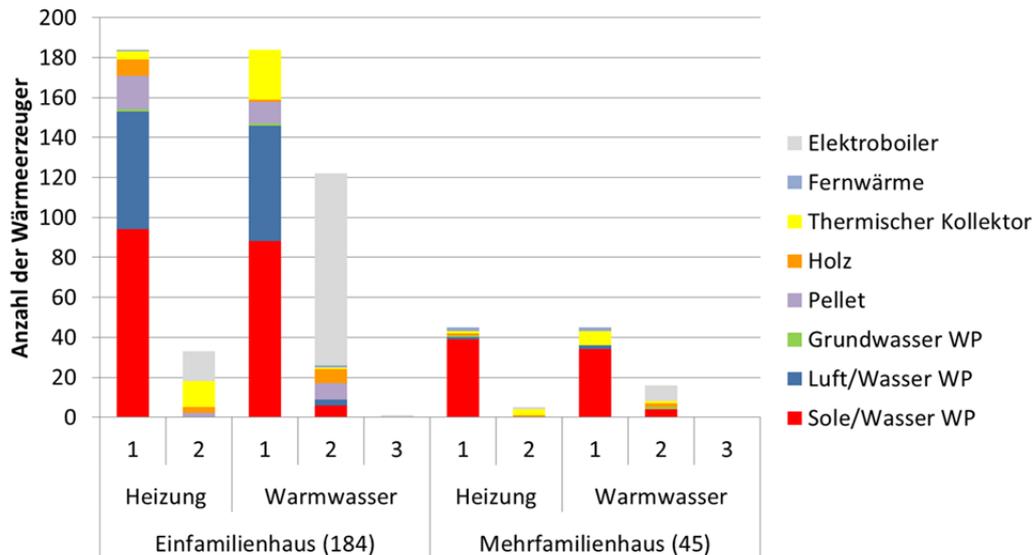


Bild 11 Eingesetzte Wärmeerzeuger bei 229 Minergie-A Gebäuden.

## 2.6 Von Minergie-A zum Nullenergiegebäude

In den meisten Fällen wird die für die Nullbilanz benötigte Energie durch eine Photovoltaikanlage gewonnen, so dass Nullenergiegebäude eine etwas grössere Kollektorfläche mit entsprechend höherem Gehalt an Grauer Energie als Minergie-A Gebäude benötigen. Um zu zeigen, wie sich die Netto-Jahresbilanz der Gesamtbetriebsenergie und der Grauen 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 [9]. Die Gebäude haben

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

Die Summe aus Netto-Betriebsenergie und Grauer Energie wird als Lebenszyklus Energie – im englischen Sprachraum als „Life Cycle Energy (LCE)“ – bezeichnet. Bild 12 zeigt die Verteilung der Grauen Energie, der Netto-Betriebsenergie und der Life Cycle Energy für die oben genannten drei Standards.

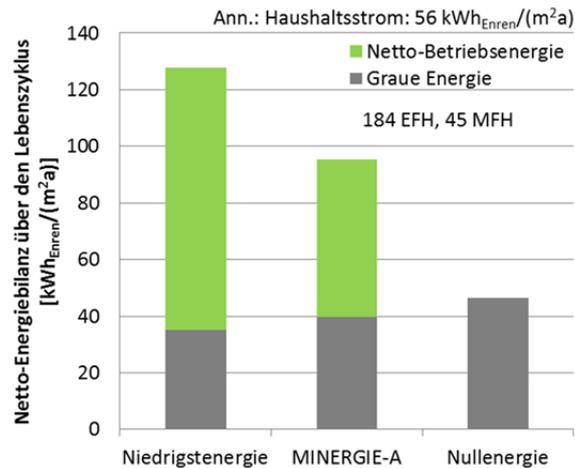


Bild 12 Life Cycle Energy für verschiedene Gebäudestandards.

Die Graue Energie steigt von einem Niedrigenergiegebäude über ein Minergie-A Gebäude zu einem Net ZEB um rund 13% bzw. 32% an (im Mittel von ca. 35 über ca. 40 auf ca. 47 kWh<sub>EPnren</sub>/(m² a)). Gleichzeitig fällt die Netto-Jahresbilanz der Kennzahl Wärme bzw. der Betriebsenergie per Definition auf „Null“. Die Gesamtbetrachtung zeigt, dass der Einsatz nicht erneuerbarer Primärenergie über die Lebenszeit des Gebäudes für ein Minergie-A Gebäude deutlich geringer ist, als für ein Niedrigstenergiegebäude. Den niedrigsten Wert weist jedoch ein Net ZEB auf. Die Life Cycle Energy eines Net ZEBs liegt um rund 64% tiefer als die eines Niedrigstenergiegebäudes.

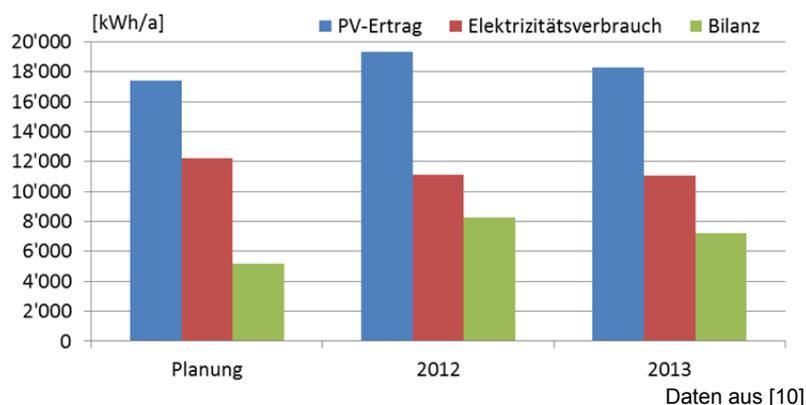
### 3 Bedarf - Verbrauch

Die beschriebenen Bilanzierungen beruhen in der Regel auf Planwerten (Bedarf). Der Vergleich zwischen Bedarf und Verbrauch von drei Plus- und zwei Nullenergiegebäuden zeigt Bild 13. Es zeigt sich, dass das Konzept der Null- bzw. Plusenergiebilanz sehr empfindlich gegenüber schwankenden Klimabedingungen und abweichender Nutzung ist. Nur wenn in der Planung mit genügend Überschuss kalkuliert wird, wird die Bilanz eingehalten.



[10], ©Setz Architektur

Minergie-P  
Erdsonden Wärmepumpe  
PV: 20 kWp  
Konzept: Plusenergie

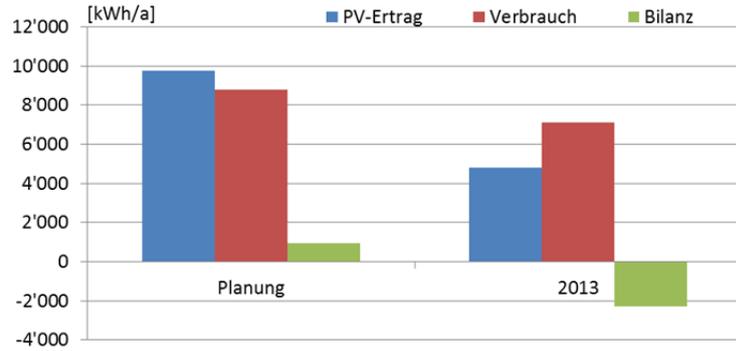


Daten aus [10]



[10], EFH Rutz

Minergie-P  
Holz, Solarthermie: 8.0 m<sup>2</sup>  
PV: 3.1 kWp  
Konzept: Plusenergie

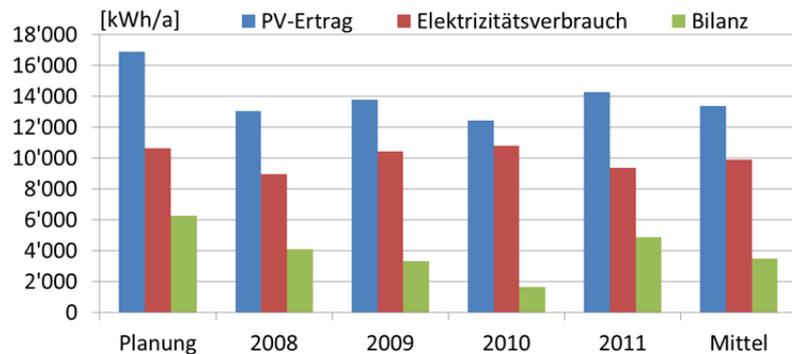


Daten aus [10]



[10], EFH Wenk

Minergie-P  
Erdsonden-Wärmepumpe  
Solarthermie: 7.5 m<sup>2</sup>  
PV: 14.4 kWp  
Konzept: Plusenergie

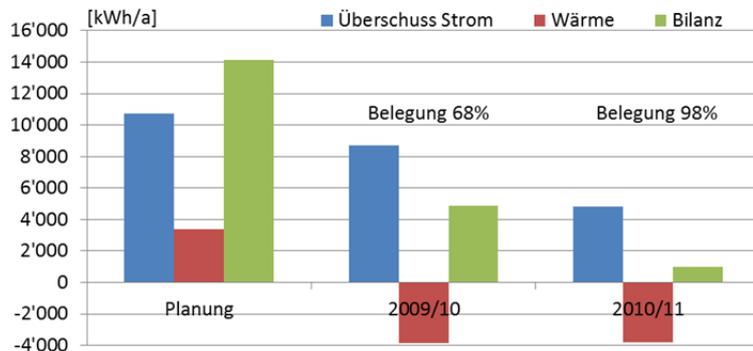


Daten aus [10] und persönliche Mitteilung



[10], MFH Kraftwerk B

Minergie-P  
Holzspeicheröfen  
Fortluft-Wärmepumpe  
WW-Rückgewinnung  
Solarthermie: 146 m<sup>2</sup>  
PV: 32 kWp  
Konzept: Nullenergie

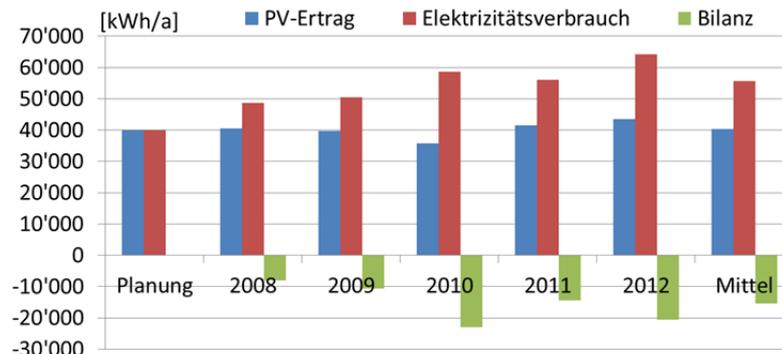


Daten aus [10], [11]



[12]. Marché Kempththal

Minergie-P-ECO  
Erdsonden-Wärmepumpe  
Luftvorerwärmung mit  
Erdregister  
PV: 44.6 kWp  
Konzept: Nullenergie



Daten aus [13]

Bild 13 Vergleich von Bedarf und Verbrauch von Null- und Plusenergiegebäuden.



- Gebäude mit Baujahr vor 1990 wird die Verwendung von Strom für Widerstandsheizungen und Warmwasseraufbereitung ab 2015, mit einer Sanierungspflicht innert 15 Jahren, verboten.
- Anforderung für Eigenstromerzeugung bei Neubauten
  - Elektrizitätserzeugungsanlage  $\geq 10 \text{ W/m}^2_{\text{EBF}}$  aber max. 30 kWp ist Pflicht
  - Ersatzabgabe, wenn keine Eigenstromerzeugung vorhanden ist (ca. 1'000 Fr pro nicht realisiertem kWp, wird kantonal geregelt)
  - Elektrizität aus WKK-Anlagen kann angerechnet werden, wenn sie nicht für den gewichteten Energiebedarf benötigt wird
- Begrenzung der Heizleistung und an der gewichteten Endenergie mit nationalen Gewichtungsfaktoren für Heizung, -warmwasser, Lüftung und Kühlung (HWLK)

Tabelle 3: Anforderung an die Heizleistung und die gewichtete Endenergie [14].

Gebäudekategorie	$P_{h,li}$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	$E_{\text{HWLK,CH}}^*$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
Wohnen MFH	20	35
Wohnen EFH	25	35
Verwaltung	25	40
Schule	20	35
...	...	...

\* gewichtet mit nationalen Gewichtungsfaktoren  $f_{\text{CH}}$

In Tabelle 4 sind der Heizwärmebedarf und die gewichtete Endenergie für verschiedene Ausgaben der MuKE n und der Minergie-Standards einander gegenübergestellt. Bei der gewichteten Endenergie kann bei Minergie der lokal erzeugte Photovoltaikstrom angerechnet werden. Bei der MuKE n ist dies nur für Elektrizität aus WKK möglich. Die Anforderungen der MuKE n 2014 liegen momentan zwischen Minergie und Minergie-P. Um die gewichtete Endenergie von 35 kWh/(m<sup>2</sup> a) - ohne Anrechnung von Eigenstromerzeugung - zu erreichen, müssen die Gebäude eine ähnliche Effizienz wie die untersuchten Minergie-A Gebäude aufweisen.

Tabelle 4: Anforderung an den Heizwärmebedarf und die gewichtete Endenergie.

Anforderung	MuKE n 2008	Minergie	MuKE n 2014	Minergie-P	Minergie-A
<b>Heizwärmebedarf</b> in % des Grenzwertes der SIA 380/1:2009 (Wärmedämmung)	100 %	90 %	85 %	60 %	90% (65 %)
<b>Gewichtete Endenergie Wärme</b> Faktoren: Gas/Öl 1 Strom 2 Holz 0,7	48 kWh/m <sup>2</sup>	38 kWh/m <sup>2</sup>	35* kWh/m <sup>2</sup>	30 kWh/m <sup>2</sup>	0/15 kWh/m <sup>2</sup>

\* Eigenstromerzeugung kann nicht angerechnet werden, nur Strom aus WKK kann gegengerechnet werden

## 5 Zukunft Minergie

Infolge der verschärften Anforderungen der MuKE n 2014 müssen alle Minergie-Standards angepasst werden. Zusätzlich denkt Minergie darüber nach, die Gleichzeitigkeit (zeitgleiche Eigennutzung des PV-Ertrags) in eine Anforderung für Minergie-A aufzunehmen. Die Gleichzeitigkeit entlastet das öffentliche Stromnetz und damit das Ausbau- und Speicherproblem. Um die Gleichzeitigkeit zu fördern, gibt es zwei Ideen:

- Gleichzeitigkeitstool: Berechnungstool in dem beurteilt wird, wie hoch die Gleichzeitigkeit ist. Wird z.B. die Wärmepumpe nur zu Zeiten von Solarertrag eingeschaltet, erhöht sich die Gleichzeitigkeit.
- Bezugsgrenze: Der Energiebezug für HWLK wird auf einen fixen Wert begrenzt.

Bild 15 zeigt einen typischen Jahresverlauf für den HWLK-Bedarf und PV-Ertrag. Die gelbe Fläche stellt den PV-Ertragsüberschuss im Sommer, die graue Fläche das PV-Ertragsdefizit im Winter dar. In der aktuell üblichen Jahresbilanz kann das Winterdefizit mit dem Sommerüberschuss kompensiert werden. Diese Möglichkeit der Kompensation soll durch eine Bezugsgrenze beschränkt werden.

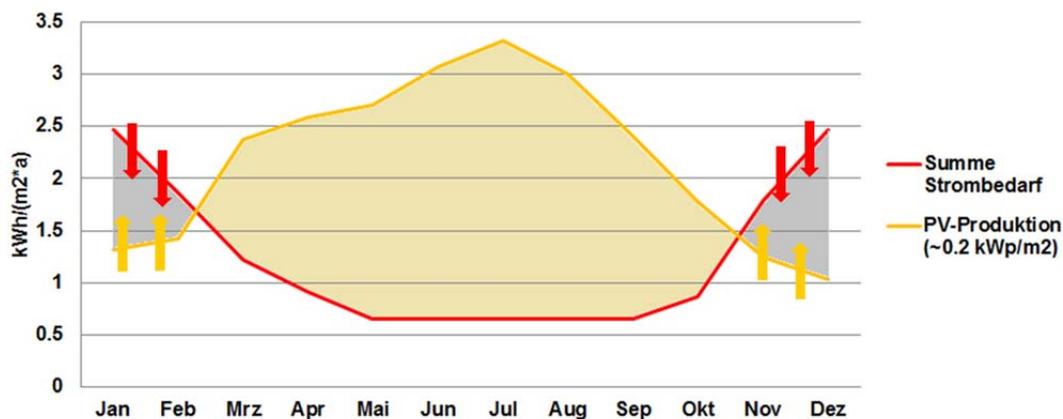


Bild 15 Typischer jährlicher Strombedarf und PV-Ertrag eines Einfamilienhauses mit Wärmepumpe [15].

Die Bezugsgrenze für HWLK fördert, dass einerseits der Strombedarf im Winter gesenkt und andererseits der Solarertrag im Winter erhöht wird, um eine höhere Eigendeckung des winterlichen Bedarfs mit erneuerbarer Energie zu erzielen. Eine Bezugsgrenze von 5 kWh/(m²·a) (Endenergie) ist in der Diskussion. Erste Beispielrechnungen wurden für Gebäude mit Luft-Wasser- und Erdsonden-Wärmepumpen auf Stundenbasis durchgeführt. Für solche „Nurstromgebäude“ ergibt sich damit eine gewichtete Bezugsgrenze von 10 kWh<sub>ECH</sub>/(m²·a).

Je besser das Gebäude gedämmt und je effektiver die Wärmepumpe ist, desto geringer ist die notwendige Peak-Leistung der PV-Anlage, um die HWLK-Bezugsgrenze einzuhalten. Diese Berechnungen gelten für Wohnbauten. Eine Bezugsgrenze für Gebäude mit verschiedenen Energieträgern ist noch in der Entwicklung. Kritisch anzumerken ist hier, dass mit der Bezugsgrenze für sehr effiziente Gebäude (Neubauten) die „Nichtbelegung“ potentiell nutzbarer PV-Flächen bewirkt werden könnte. Dies steht im Widerspruch zum allgemeinen Grundgedanken der Energiewende.

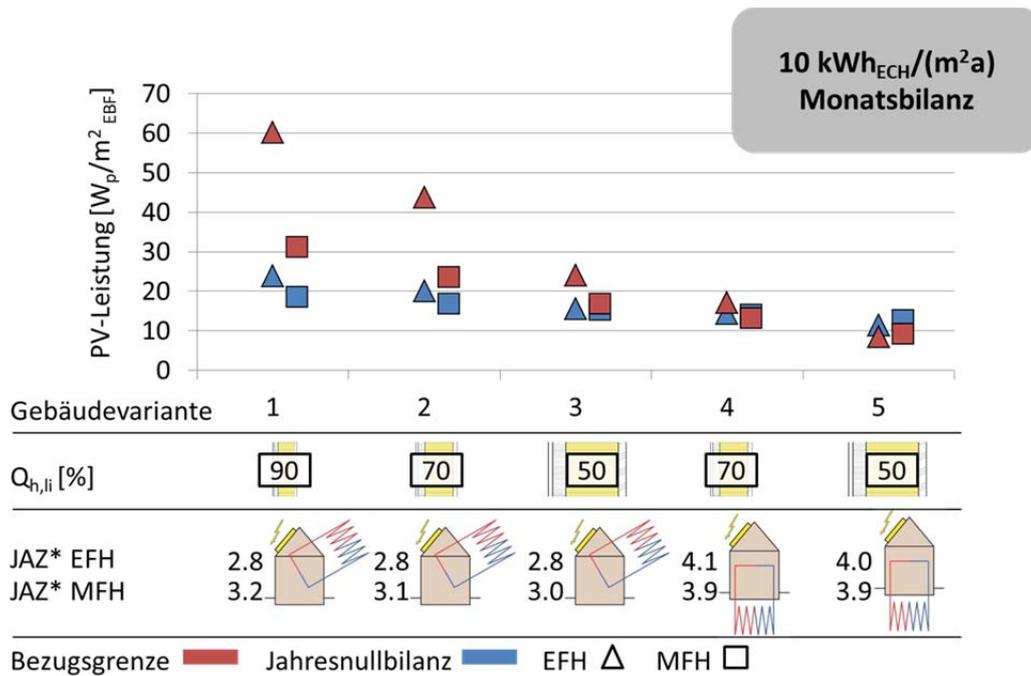


Bild 16 Auswirkung einer Bezugsgrenze auf die Grösse der PV-Anlage [16]. 100% Q<sub>h,li</sub> entspricht der gesetzlichen Anforderung an den Heizwärmebedarf nach SIA 380/1:2009 (blau: übliche Jahresbilanz mit Kompensationsmöglichkeit, rot: Anwendung der Bezugsgrenze).

## 6 Ausblick

Im Zuge der Energiewende werden Null- und Plusenergiegebäude immer häufiger gebaut. Für Energielabels oder behördliche Anforderungen muss definiert werden, wie diese Gebäude zu berechnen sind. Dabei ist eine Vielzahl an Parametern zu betrachten. Es zeigt sich, dass die Anlage zur Gewinnung von Energie aus erneuerbaren Quellen nicht zu knapp dimensioniert werden darf, wenn im Betrieb tatsächlich eine Null- bzw. Plusbilanz erreicht werden soll. Je mehr dezentrale PV-Anlagen vorhanden sind, desto mehr sollte der Eigenverbrauch des PV-Ertrags in Betracht gezogen werden, um den Austausch mit dem öffentlichen Stromnetz zu reduzieren.

### Glossar

Gebäudehüllzahl	Verhältnis von (thermischer) Gebäudehüllfläche zur Energiebezugsfläche.
Energiebezugsfläche	Beheizte Fläche (AE, EBF), die innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegt (Aussenmassbezug, Brutto-Fläche).
Nullenergiegebäude	Ein Nullenergiegebäude wird in dieser Publikation wie folgt definiert: Lokal muss jährlich genau so viel Energie aus erneuerbaren Quellen erzeugt werden, wie das Gebäude für Heizung, Kühlung, Warmwasser, Lüftung, Hilfsbetriebe und Haushaltsstrom im Jahr verbraucht.
PE <sub>nren</sub> , E <sub>nren</sub>	Energie, bewertet mit nicht erneuerbare Primärenergie
PE <sub>total</sub>	Primärenergie total: erneuerbare und nicht erneuerbare Primärenergie
nat. GF, E <sub>CH</sub>	Energie, bewertet mit Schweizer nationalen Energie-Gewichtungsfaktoren (Strom 2.0, Pellet/Holz 0.7, Fernwärme 0.6)

## Referenzen

- [1] K. Voss and E. Mushall, *Nullenergiegebäude*. Detail Green Books, 2011.
- [2] "Plusenergie-Definition vom energie-cluster," *www.energie-cluster.ch*.
- [3] M. Hall and A. Geissler, "Möglichkeiten und Grenzen von grossen Nullenergiegebäuden," Schlussbericht BFE SI / 500950-01, *www.fhnw.ch/habg/iebau*, 2015.
- [4] "Merkblatt SIA 2040 SIA-Effizienzpfad Energie." 2011.
- [5] I. Satori, A. Napolitano, and K. Voss, "Net zero energy buildings: A consistent definition framework," *Energy Build.*, vol. 48, pp. 220–232, May 2012.
- [6] M. Hall, F. Dorusch, and A. Geissler, "Optimierung des Eigenverbrauchs, der Eigendeckungsrate und der Netzbelastung von einem Mehrfamiliengebäude mit Elektromobilität," *Bauphysik*, vol. 36, no. 3, pp. 117–129, Jun. 2014.
- [7] "www.minergie.ch."
- [8] A. Bergmann, "Effizienzhaus-Plus – Ergebnisse technisches Monitoring Soll/Ist-Vergleich," *Fraunhofer IBP*. Bau, München, 2015.
- [9] M. Hall, "Von Minergie-A zu Nullenergiegebäuden," *Bauphysik*, vol. 34, no. 5, pp. 197–203, 2012.
- [10] Energie-cluster, "Datenbank für Plusenergiegebäude." [Online]. Available: <http://www.energie-cluster.ch>. [Accessed: 12-Jun-2015].
- [11] A. Gütermann, "Erfolgskontrolle Plus-Energie-MFH Bannau (SZ)," BFE Schlussbericht 102661/153446, 2011.
- [12] "Schweizer Solarpreis." [Online]. Available: [www.solaragentur.ch](http://www.solaragentur.ch).
- [13] B. Kämpfen, "Marché Internationales Support Office Kempththal - Erfahrungen nach sechs Jahren Betrieb," kämpfen für architektur, Zürich, 2013.
- [14] "Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE) 2014." EnDK, [www.endk.ch](http://www.endk.ch).
- [15] B. Burger, "Photovoltaik, Gleichzeitigkeit und Monatsbilanzierung," Minergieagentur, Muttenz, 2015.
- [16] C. Menn, "Bezugsbegrenzung bei Nullenergiegebäuden," *Ostschweizer EnergiePraxis-Bulletin*, no. 1, pp. 4–6, 2015.