

# Mehrfamilienhäuser als Passivhäuser mit Energiegewinn

Margrit Schaede, Marc Großklos, Institut Wohnen und Umwelt GmbH  
Rheinstraße 65, 64295 Darmstadt, m.schaede@iwu.de

## 1 Einleitung

Realisierte EnergiePlus-Häuser sind heutzutage meist Einfamilienhäuser, die mit großen Photovoltaikflächen in den Sommermonaten so viel Energie gewinnen, dass in der Jahresbilanz ein Energieüberschuss erzielt wird. Wie kann jedoch ein Überschuss erzielt werden, wenn sich die Randbedingungen ändern? Wenn z. B. bei Mehrfamilienhäusern nur eine begrenzte Fläche für Photovoltaik zur Verfügung steht und die Ausrichtung nicht optimal ist? Oder wenn der Deckungsgrad des selbst erzeugten Stromes am Verbrauch erhöht und das elektrische Netz nicht als saisonaler Speicher genutzt werden soll? Diese Fragen werden in dem Forschungsprojekt „Passivhaus mit Energiegewinn“ Cordierstraße 2 – 6 in Frankfurt am Main bearbeitet und hier anhand eines Neubaus mit 17 Wohneinheiten auf 1190 m<sup>2</sup><sub>EBF</sub> dargestellt. Das Mehrfamilienhaus wird von der ABG Frankfurt Holding errichtet, die Planung und Umsetzung erfolgt durch das Architekturbüro faktor10.

## 2 Effizienzkonzept

Um auch bei Mehrfamilienhäusern in der Jahresbilanz einen Ausgleich von Erzeugung und Bedarf zu erreichen, muss zuerst die Energieeffizienz in allen Bedarfsbereichen erhöht werden. Aufbauend auf dem Passivhausstandard sind dazu vor allem Effizienzverbesserungen bei der Warmwasserbereitung und beim Haushaltsstromverbrauch erforderlich. Für den Neubau des Gebäudes Cordierstraße 2-6 in Frankfurt am Main wurde aus diesem Grund ein ganzheitliches Effizienzkonzept entwickelt, durch das der Energiebedarf des Gebäudes deutlich reduziert werden kann. Die Eckpunkte dieses Konzeptes lauten:

- Reduzierung des Heizwärmebedarfs durch Bauweise im Passivhaus-Standard
- Reduzierung des Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung durch Absenkung der Warmwassertemperatur, Verringerung der Verteilverluste und Einbauten zur Reduktion des Wasserverbrauchs
- Reduzierung des Hilfsstroms durch besonders energieeffiziente Anlagentechnik

- Reduzierung des privaten Haushaltsstromverbrauchs durch Ausstattung der Küchen mit Geräten bester Energieeffizienzklassen, energieeffizienter Beleuchtung und vereinfachter Abschaltung des Standby-Verbrauchs

### 3 Technikkonzept

Die Deckung des verbleibenden Energiebedarfs erfolgt durch die Nutzung von Solarthermie, Photovoltaik und Kraft-Wärme-Kopplung in einem mit Biomethan betriebenen BHKW (vgl. Abbildung 1).

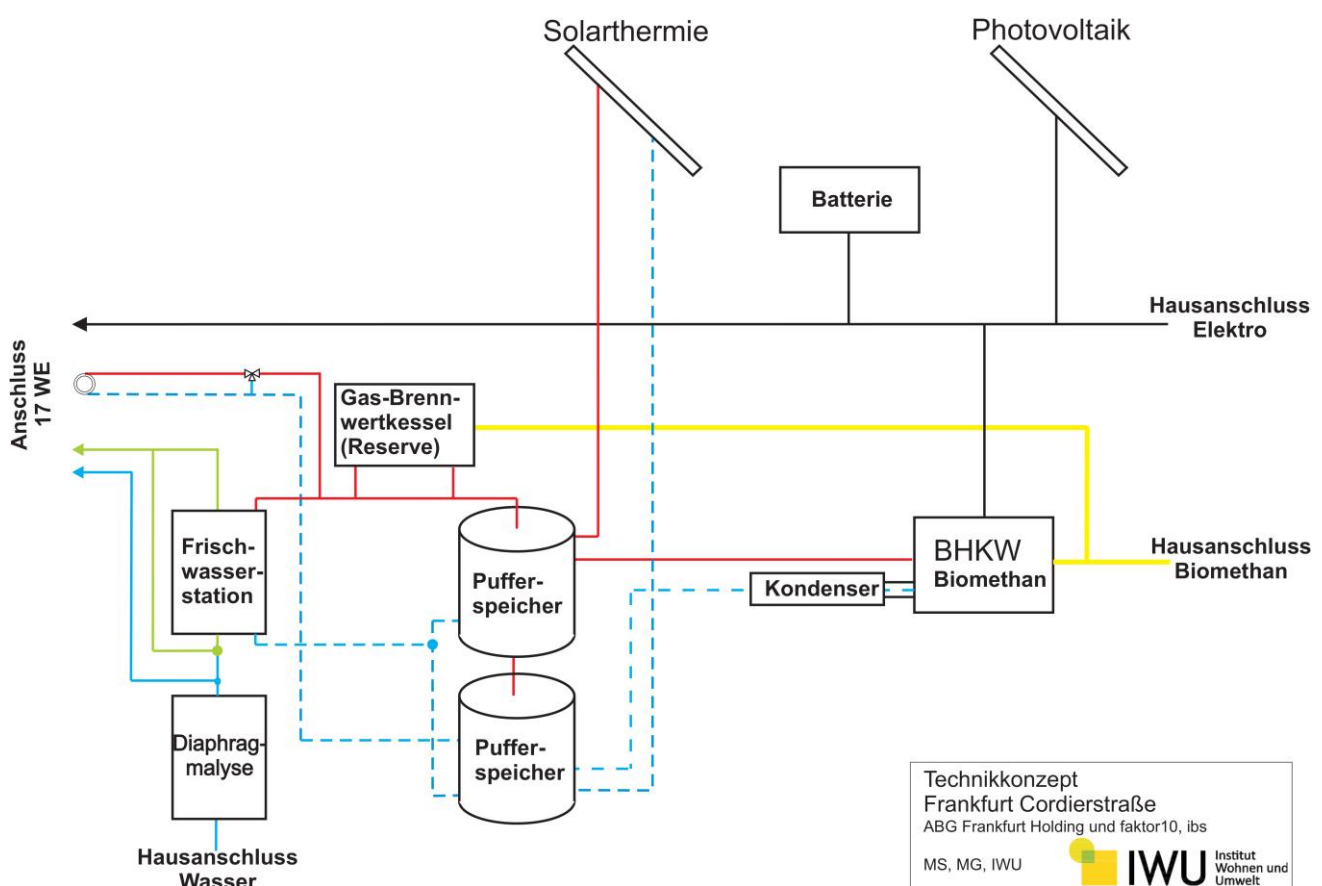


Abbildung 1: Vereinfachtes Anlagenschema Cordierstraße 2-6

Die solarthermische Anlage mit 40 m<sup>2</sup> Vakuumröhrenkollektor erzeugt ca. 60 % der Wärme, die für Warmwasser benötigt wird, das BHKW (5 kW<sub>el</sub>, 12,3 kW<sub>th</sub>, zusätzlich 2,3 kW<sub>th</sub> über einen Kondensator) ist für die Bereitstellung des gesamten darüber hinausgehenden Wärmebedarfs von Heizung und Warmwasser zuständig. Die Gastherme (25 kW) ist als Reserve vorgesehen und wird lediglich während der Wartung oder falls das BHKW einmal ausfällt, eingesetzt. Die Diaphragmalyse wird zur Hygienisierung des Wassers verwendet. Auf diese Weise kann auf eine thermische Desinfektion verzichtet werden, so dass eine Reduzierung der Warmwassertemperatur auf 48°C möglich wird und die Verteilverluste

deutlich reduziert werden (vgl. [Großklos 2011]). Die Photovoltaikanlage (insgesamt 37 kW<sub>p</sub>) ist zusammen mit dem BHKW für die Erzeugung der elektrischen Energie zuständig. Um diese Energie vorrangig im Gebäude selbst zu verbrauchen, ist ein elektrischer Energiespeicher vorhanden.

Die Photovoltaik-Fläche ist analog zu Einfamilienhäusern, die als Gebäude mit Energieüberschuss gebaut werden, auch bei Mehrfamilienhäusern der entscheidende Faktor für eine positive Energiebilanz. Im Vergleich zu einem Einfamilienhaus ist die Erreichung dieses Zieles jedoch deutlich schwerer: Es steht weniger (Dach-)Fläche für die solare Energieerzeugung pro m<sup>2</sup> Wohnfläche zur Verfügung. Gleichzeitig ist der Bedarf an elektrischer Energie pro m<sup>2</sup> Wohnfläche in einem Mehrfamilienhaus aufgrund der kleineren Wohnungen und meist höheren Bewohnerdichte typischerweise höher als in einem Einfamilienhaus. Zusätzlich kommen am Standort ggf. weitere ungünstige Randbedingungen hinzu. In der Cordierstraße sind dies z. B. die nicht optimale Ausrichtung des Gebäudes, die Verschattung durch umliegende Gebäude und Anforderungen des Bauamtes hinsichtlich der Gestaltung des Gebäudes.

Für die Erreichung eines Energieüberschuss bei Mehrfamilienhäusern kommt daher der Verringerung des Bedarfs an elektrischer Energie für Haushalts- und Hilfsstrom eine zentrale Bedeutung zu. Erste positive Erfahrungen zur Verringerung des Stromverbrauchs durch entsprechende Maßnahmen konnten bereits im Projekt Rotlintstraße (vgl. [Großklos et al. 2013]) gesammelt werden. Die dort erfolgreich angewandten Maßnahmen zur Verringerung des Haushaltsstrom-Verbrauchs sind teilweise Vorinstallation effizienter Beleuchtung, Standby-Abschalter und die Nutzung von Trockenschränken. Dieses Konzept wurde für das hier beschriebene Gebäude um mehrere Komponenten erweitert, sodass die Wohnungen vom Vermieter mit hocheffizienten Küchen ausgestattet und in allen Räumen Standby-Abschalter sowie effiziente Beleuchtung installiert werden.

In Kombination mit der Nutzung hocheffizienter Photovoltaik-Module auf der Dachfläche, mittlerweile sind Module mit einem Wirkungsgrad von bis zu 19 % verfügbar, und der Nutzung von Photovoltaik an geeigneten Fassadenflächen kann nun ein Energieüberschuss erzielt werden. Gehören zu dem Gebäude zusätzliche Wirtschaftsgebäude empfiehlt es sich auch diese Flächen zu nutzen. In der Cordierstraße ist ein Carport als Nebengebäude vorhanden. Das Dach des Carports wird zusätzlich für die Erzeugung von Strom aus Photovoltaik verwendet. Dadurch kann die weniger effiziente und deutlich teurere Photovoltaik-Fläche an der Fassade reduziert werden.

## 4 Energiebilanz

Die Energiebilanz des Mehrfamilienhauses mit 17 Wohneinheiten ist in Abbildung 2 dargestellt. Grundlage der Berechnungen sind die Energiekennwerte nach PHPP, bezogen auf die Energiebezugsfläche. Für die primärenergetische Bewertung wurden anhand von

Gemis 4.7 ermittelte Primärenergiefaktoren (vgl. Tabelle 1) verwendet. Dabei wird auch ein Primärenergiefaktor für Photovoltaikstrom berücksichtigt.

	Gemis 4.7	DIN V 18599-1
Biomethan	0,30 kWh/kWh	0,5 kWh/kWh
Photovoltaik	0,39 kWh/kWh	0,0 kWh/kWh
Allgemeiner Strommix	2,34 kWh/kWh	2,4 kWh/kWh
Verdrängungsmix	2,34 kWh/kWh	2,8 kWh/kWh

Tabelle 1: Primärenergiefaktoren im Vergleich

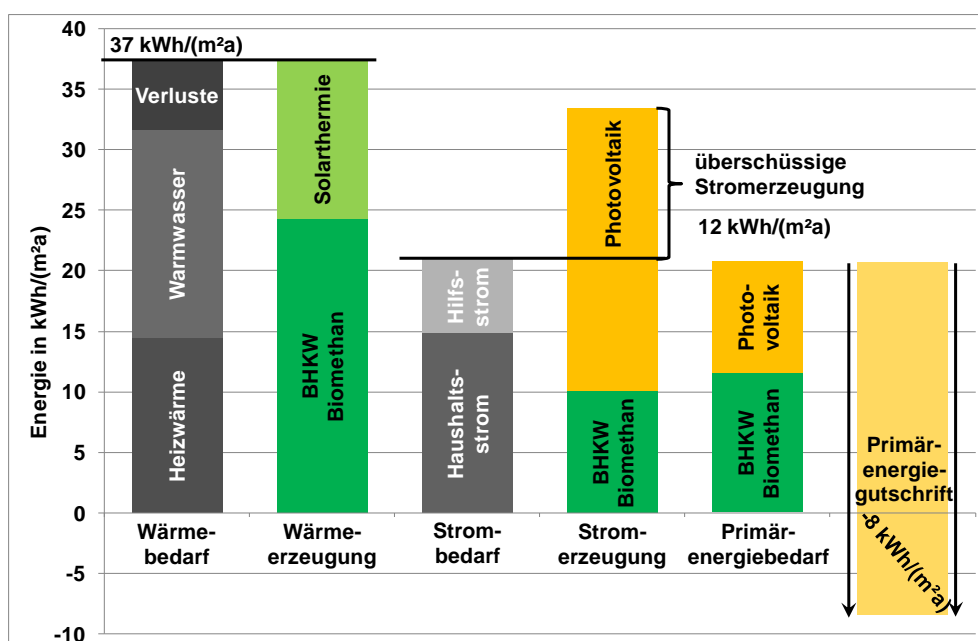
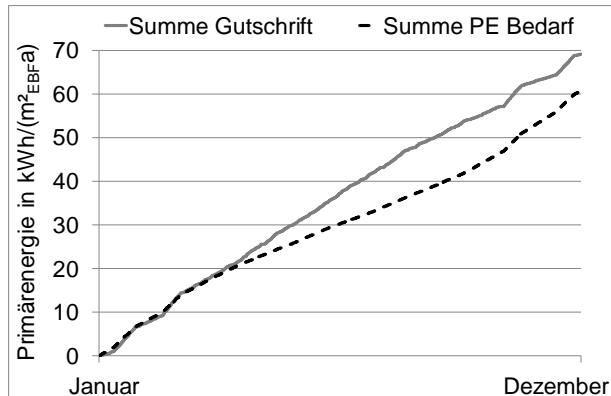


Abbildung 2: Energiebilanz

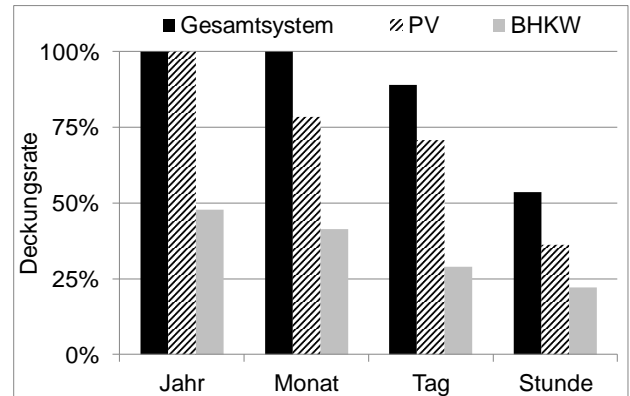
Die Energiebilanz zeigt, dass durch die Kombination von solarthermischer Anlage und BHKW der Bedarf an regenerativem Brennstoff Biomethan auf ca. 25 kWh/(m²a) begrenzt werden kann und deutlich unter dem nachhaltig nutzbaren Biomassepotenzial Deutschlands (vgl. [Diefenbach 2002]) von ca. 35 kWh/(m²a) liegt. Die Primärenergie-Gutschrift für den eingespeisten PV-Strom führt in der Jahresbilanz zu einem Überschuss von 8 kWh/(m²a), obwohl sowohl Gebäude als auch Photovoltaikflächen nicht optimal orientiert werden konnten. Auch unter den Rahmenbedingungen des BMVBS für Modellprojekte im Effizienzhaus Plus Standard erzielt das Gebäude berechnet nach EnEV2009 / DIN V 18599 auf  $A_N$  bezogen einen Primärenergieüberschuss, der nur wenig geringer ausfällt (6 kWh/(m² $A_N$  a)).

Die solarthermische Anlage stellt einen großen Teil der im Sommer und in der Übergangszeit benötigten Wärme bereit. Das BHKW wird dadurch hauptsächlich in den Wintermonaten genutzt, in denen ein erhöhter Wärmebedarf bei nur geringem Ertrag der

Photovoltaik-Anlage vorliegt. Das BHKW und die Photovoltaik-Anlage ergänzen sich somit bei der Erzeugung von elektrischer Energie sehr gut, sodass auch in den Wintermonaten ein großer Teil des Stromverbrauchs durch die Eigenerzeugung gedeckt wird. Das elektrische Netz wird daher nicht als saisonaler Speicher genutzt. Auch Primärenergetisch ist die Bilanz im Jahresverlauf ausgeglichen (vgl. Abbildung 3).



**Abbildung 3: Jahresverlauf von Primärenergiebedarf und -gutschrift**



**Abbildung 4: Deckungsraten**

Ein weiterer Indikator für die zeitliche Übereinstimmung von Bedarf und Erzeugung ist die Deckungsrate. Dieser Begriff wird von [Voss et al. 2011] genutzt um den Einfluss von Netto-Nullenergiehäusern auf das elektrische Netz zu charakterisieren. Die Berechnung erfolgt in Form von

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

mit: i=Zeitintervall (Stunde, Tage, Monate, Jahr)

Für das hier betrachtete Mehrfamilienhaus ergeben sich die in Abbildung 4 dargestellten Deckungsraten. Aufgetragen ist hier der Mittelwert der sich innerhalb eines Jahres ergebenden Deckungsraten in Abhängigkeit des Zeitintervalls  $i$ . Die Berechnung beinhaltet keinen Energiespeicher. Der KWK-Strom wurde dabei analog der Verfahrensweise für Solarstrom bilanziert. Deutlich zu erkennen ist, dass durch die Kombination der beiden Techniken Photovoltaik und BHKW die stündliche, tägliche und monatliche Deckungsrate stark erhöht werden. Durch den zusätzlichen Einsatz eines elektrischen Energiespeichers kann die stündliche Deckungsrate weiter erhöht werden. Der elektrische Energiespeicher wird in diesem Fall auf einen Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch zwischen Tag und Nacht ausgelegt.

## 5 Fazit

Auch Mehrfamilienhäuser können durch die Reduktion des Energiebedarfs in allen Bereichen in Kombination mit einer hocheffizienten Nutzung regenerativer Energien einen

Energieüberschuss in der Bilanz erreichen. Neben der mittlerweile langfristig erprobten Bauweise im Passivhausstandard zur Verringerung der benötigten Heizenergie ist es wichtig auch den Energiebedarf für Warmwasser stark zu reduzieren und einen besonderen Fokus auf die Reduktion des Bedarfs an elektrischer Energie zu legen. Wie das Beispielprojekt in der Cordierstraße 2-6 zeigt, können solche hocheffizienten Gebäude, ausgestattet mit einer besonders effizienten Anlagentechnik zur regenerativen Strom- und Wärmeerzeugung, zu Gebäuden werden, die in der Jahresbilanz einen Energieüberschuss erzeugen. Der Einsatz von Biomasse in einem BHKW erhöht dabei die Balance von Energiebedarf und -erzeugung im Jahresverlauf sowie die Deckungsrate der Eigenstromerzeugung am Gesamtstromverbrauch und reduziert damit die Belastung des elektrischen Netzes, die zukünftig stärker beachtet werden sollte. Der Einsatz von Biomasse sollte jedoch vor dem Hintergrund des begrenzten Biomassepotenzials gering gehalten werden.

## 6 Danksagung

Die Untersuchungen werden vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz finanziert.

## Literatur

- [Diefenbach 2002] Diefenbach, N.: Bewertung der Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen und Biomasseheizsystemen; Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt, 2002
- [Großklos 2011] Großklos, M.: Wissenschaftliche Begleitung der Sanierung Rotlintstraße 116-128, Teilbericht: Dokumentation der Bauphase; Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt, 2011
- [Großklos et al. 2013] Großklos, M., Schaede, M.; Hacke, U.: Ergebnisse der Modernisierung von sieben Mehrfamilienhäusern auf Passivhaus-Standard; 17. Passivhaustagung, Frankfurt, 2013 (in diesem Tagungsband)
- [Voss et al. 2011] Voss, K.; Musall, E.; Lichtmeß, M.: From Low-Energy to net Zero-Energy Buildings: Status and Perspectives; Journal of Green Building Volume 6, Number 1, 2011