

Zukunft Bau - Kurzbericht

Titel

Untersuchung der Maßnahmenkombinationen mit denen unter verschiedenen Standort- und Nutzungsvoraussetzungen eine Plusenergieschule realisiert werden kann

Anlass/ Ausgangslage

Nach EU-Gebäuderichtlinie ist zukünftig für alle Neubauten die Anforderung eines Energiebedarfs von nahezu Null-Energie-Häusern zu erfüllen. Der geringe restliche Bedarf ist zu einem wesentlichen Anteil durch Energie aus erneuerbaren Quellen zu decken. Plusenergieschulen übertreffen diese Anforderung sogar. Als Pilotprojekte haben Plusenergieschulen eine wichtige Vorreiterrolle und stellen einen wichtigen Baustein zur Umsetzung der energiepolitischen Ziele dar.

Vom ehemaligen Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung wurde im Rahmen des Förderprogramms „Effizienzhaus Plus“ bereits eine Definition für den Plusenergiestandard entwickelt und mittels Modellvorhaben im Wohnungsbau nachgewiesen. Für Nichtwohngebäude gibt es derzeit noch keine Grundsatzuntersuchung zum Plusenergiestandard. Daher soll in einer Machbarkeitsstudie die Erreichbarkeit des Plusenergiestandards für Bildungsbauten geprüft werden.

Gegenstand des Forschungsvorhabens

Am Beispiel von drei Schulen wird die Umsetzbarkeit von Plusenergieschulen untersucht. Als Basis wird eine Berechnungsmethodik entwickelt, welche den Plusenergiestandard von Schulen definiert, und diese anschließend an den Beispielschulen überprüft. Hierfür wurden die Gebäudekubaturen der drei Schulen verwendet und weitere Randbedingungen für die Berechnung (Dämmstandard, Anlagentechnik, Nutzerstrombedarf, Energieerzeugung, Variantenrechnungen) festgelegt. Als Wärmeversorgungskonzepte werden Wärmepumpe, Pelletkessel sowie eine Fernwärme (mit einem Primärenergiefaktor von 0) untersucht. Für die Stromerzeugung werden eine flächenoptimierte Dach-Photovoltaikanlage und zusätzlich in die Fassade integrierte PV-Flächen angenommen.

Gemäß entwickelter Definition wird sowohl eine Berechnung mit Standardrandbedingungen (z.B. Standardklima, Nutzungsrandbedingungen nach DIN V 18599) als auch eine mit den lokalen Randbedingungen (z.B. Standortklima, an die geplante Schule angepasste Nutzungsrandbedingungen) durchgeführt. Die Berechnungen zeigen, dass es hierbei zu stark abweichenden Ergebnissen kommen kann. Beispielsweise ist das Erreichen eines "Plus" durch die unterschiedliche solare Einstrahlung mit lokal angepassten Randbedingungen für eine Schule mit Standort Hamburg schwieriger als für eine Schule in Freiburg.

Bei der Definition des Effizienzhaus-Plus-Standards für das BMVBS-Förderprogramm von Wohngebäuden wird die Anforderung gestellt, dass sowohl ein negativer Jahres-Primärenergiebedarf als auch ein negativer Jahres-Endenergiebedarf vorliegen muss. Bei der Berechnung der Beispielschulen hat sich gezeigt, dass auf Endenergiebasis nur ein „Plus“ für das Versorgungskonzept Wärmepumpe erreichbar ist, jedoch nicht für die Versorgungskonzepte Pelletkessel und Fernwärme. Dies liegt daran, dass bei der Endenergie üblicherweise die aus dem Erdreich entzogene Wärme nicht mitbilanziert wird. Um einen technologieoffenen Ansatz zu gewährleisten, der den nicht erneuerbaren Ressourcenbedarf abbildet, beschränkt sich daher der erarbeitete Vorschlag für eine Definition auf den Nachweis eines negativen Jahres-Primärenergiebedarfs. Bei dieser Vorgehensweise ist es allerdings für die Versorgungskonzepte Pelletkessel und Fernwärme mit geringem Ressourcenbedarf vergleichsweise leicht, den Plusenergiestandard zu erreichen. Daher müssen über Nebenanforderungen eine energetisch hochwertige Gebäudehülle und effiziente Anlagentechnik eingefordert werden.

Die Berechnungen zeigen, dass der primärenergetische Plusenergiestandard für alle drei Beispielschulen erreichbar ist. Allerdings ist bei höherer Geschossanzahl das Verhältnis von mit Photovoltaik-Modulen belegbarer Dachfläche zum Energiebedarf ungünstig, so dass Optimierungsmaßnahmen wie z.B. PV-Belegung von Fassaden oder weiter verbesserte Effizienz der Anlagentechnik erforderlich werden.

Die Investitionsmehrkosten für das Erreichen des Plusenergiestandards liegen je nach gewählter Anlagentechnik zwischen 30 und 200 € je Quadratmeter Nettogrundfläche. RLT-Anlagen zur vollständigen Be- und Entlüftung und Erdsonden-Wärmepumpen sind hierbei am kostenintensivsten.

Zusätzlich wird ein Vergleich des an den Beispielschulen gemessenen Energieverbrauchs mit dem berechneten Energiebedarf der vorliegenden EnEV-Nachweise durchgeführt. Basis war hier nicht der fiktive Plusenergiestandard sondern die tatsächlich realisierten Schulgebäude. Der Bedarfs-Verbrauchsabgleich ergab einen deutlich geringeren Heizenergieverbrauch im Vergleich zum berechneten Bedarf. Die Ursachen hierfür sollten in weiteren Forschungsarbeiten untersucht werden.

Des Weiteren wird eine Lastganganalyse durchgeführt. Untersucht wird einerseits der Eigennutzungsanteil des produzierten PV-Stroms, der für die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage entscheidend ist, andererseits die Bezugs- und Einspeisespitzen, um die Auswirkung auf das öffentliche Netz einschätzen zu können. Der Eigennutzungsanteil liegt trotz der Ferienzeiten durch die gute Korrelation von Strombedarf und PV-Stromerzeugung über dem von Einfamilienhäusern. Die Höhe des Eigennutzungsanteils von Plusenergieschulen hängt hierbei auch vom Versorgungskonzept ab.

Fazit

Mit hohem Dämmstandard und effizienter Anlagentechnik in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage ist der Plusenergiestandard an Schulen erreichbar. Die Wärmeerzeugung muss zum Großteil auf Basis erneuerbarer Energieträger erfolgen. Hierfür kommen Geothermie in Verbindung mit einer Wärmepumpe, eine Biomasseheizung oder Fernwärme mit einem niedrigen Primärenergiefaktor in Frage. Die Umsetzung einer Plusenergieschule gelingt umso leichter je größer die Dachfläche und damit die Photovoltaikanlage bezogen auf die Nettogrundfläche der Schule ist. Um negative Auswirkungen von Stromspitzen auf das öffentliche Stromnetz zu minimieren, sollte ein intelligentes Lastmanagement für Plusenergieschulen entwickelt und eingesetzt werden.

Eckdaten

Kurztitel:	Machbarkeitsuntersuchung Plusenergieschule
Forscher / Projektleitung:	Dipl. Ing. (FH) Cornelia Jacobsen Dipl. Ing. Christina Hutter
	Ingenieurbüro Hausladen GmbH Feldkirchener Straße 7a 85551 Kirchheim
Gesamtkosten:	102.880 €
Anteil Bundeszuschuss:	72.016 €
Projektlaufzeit:	01.11.2013 bis 15.12.2014

BILDER/ ABBILDUNGEN

Definition Plusenergieschule	
Bilanzebene	Primärenergie
Bilanzumfang	Bedarf und Erzeugung während Nutzung (keine graue Energie) <ul style="list-style-type: none"> - Q_P Primärenergiebedarf Gebäude nach EnEV / DIN V 18599 - $Q_{P,N}$ Primärenergetisch bewerteter Nutzerstrombedarf - $Q_{P,prod}$ Primärenergetisch bewertete Energieerzeugung
Bilanzgrenze	Schulgebäude (incl. zugehörigen Außenanlagen) alternativ: Schulgrundstück
Bilanzzeitraum	Jahresbilanz
Bilanzwerkzeug	Bedarfsermittlung für Heizung, Trinkwarmwasser, Lüftung, Beleuchtung nach DIN V 18599 (Mehrzonenmodell) Stromerzeugung nach Methodik der DIN V 18599-9
Primärenergiefaktoren	Festlegung analog für die Schule anzuwendender EnEV Primärenergiefaktoren bei Anwendung der EnEV 2013: f_P Holz: 0,2 f_P Strombezug: 2,4 bzw. 1,8 (allg. Strommix) gemäß EnEV f_P erzeugter KWK-Strom: 2,8 (Verdrängungsstrommix) f_P erzeugter Strom aus PV und Windkraft: 2,4 bzw. 1,8 (analog allg. Strommix) f_P Fernwärme: nach Tabelle A.1 DIN V 18599-1 oder nach AGFW-Liste der veröffentlichten f_P -Bescheinigungen oder durch Berechnung von einem unabhängigen Sachverständigen nach dem Berechnungsverfahren der DIN V 18599
Bilanzbedingungen	I. Standardisierte Berechnung <ul style="list-style-type: none"> - Klima Bedarfsberechnung: Standardklima Deutschland nach EnEV 2013 - Klima PV-Erzeugung: Standort Potsdam - Klima Wind-Erzeugung: lokale Wetterdaten/Messungen - Nutzungsprofile gemäß Tabelle 4 DIN V 18599-10 - Nutzerstrombedarf: 8 kWh/m²a für Grundschulen, 10 kWh/m²a für sonstige Schulen II. Berechnung mit freien Randbedingungen (an die Schule angepasst) <ul style="list-style-type: none"> - Klima Bedarfsberechnung: Wetterdaten nach Region der DIN V 18599-10:2011-12 - Klima PV-Erzeugung: lokale Wetterdaten (z.B. Meteonorm) - Klima Wind-Erzeugung: lokale Wetterdaten/Messungen - Angepasste Nutzungsprofile - Angepasster Nutzerstrombedarf
Plusenergiestandard	Primärenergiejahresbilanz in kWh/m ² a bzw. kWh/a: $Q_P + Q_{P,N} - Q_{P,prod} < 0$
Nebenanforderungen	Gebäudehülle <ul style="list-style-type: none"> - Unterschreitung H_T' des EnEV-Referenzgebäudes um mindestens 30 % Beleuchtung <ul style="list-style-type: none"> - maximale Beleuchtungsleistung: 2 W/100 lx - Präsenzmelder in allen Bereichen - tageslichtabhängige Kunstlichtsteuerung in den Klassenzimmern Nutzerstrom <ul style="list-style-type: none"> - Erstellung eines Konzepts zur Minimierung des Nutzerstromverbrauchs Betriebsphase <ul style="list-style-type: none"> - Durchführung eines Monitorings Bei RLT-Anlage <ul style="list-style-type: none"> - Ventilatorleistung mindestens SFP 3 Bei Biomasseheizung <ul style="list-style-type: none"> - Einsatz regionaler Produkte aus nachhaltiger Forstwirtschaft

Bild 1: Definition Plusenergieschulen

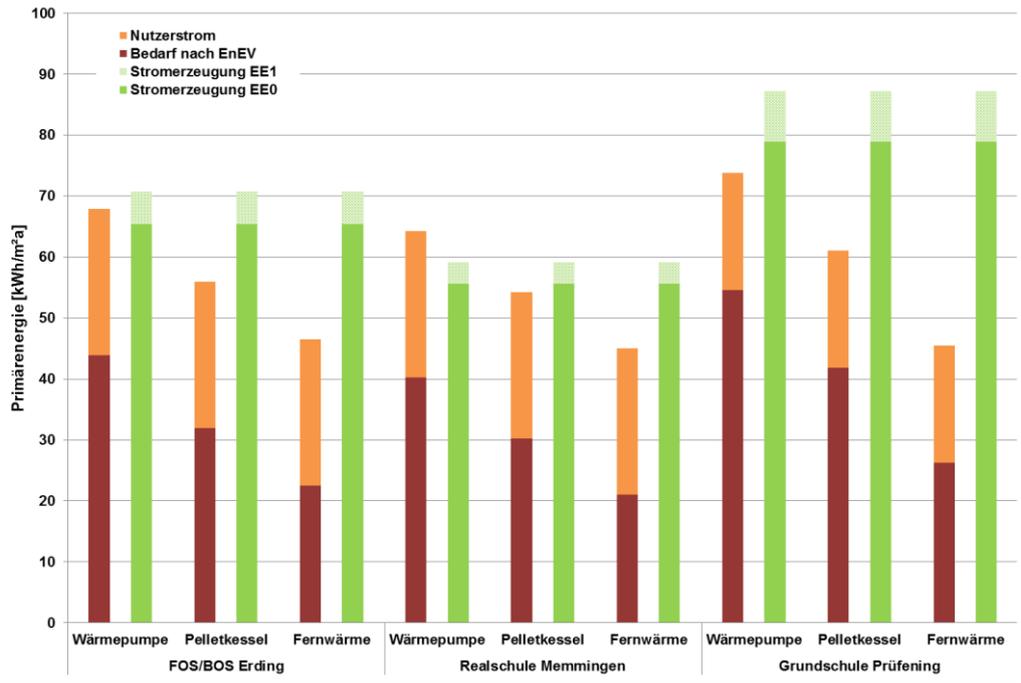


Bild 2: PE_Basis.tif

Bildunterschrift: Primärenergetische Auswertung der Basisvarianten

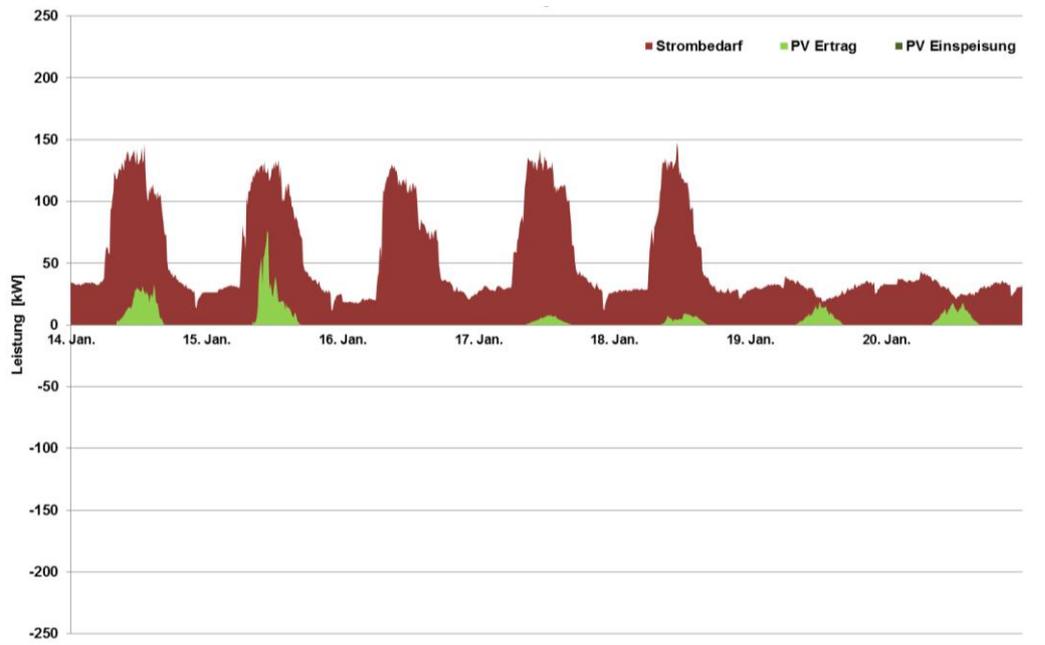


Bild 3: Last_Winter.tif

Bildunterschrift: Lastganganalyse – Winterwoche (Variante: Wärmepumpe + mechanische Be- und Entlüftung)

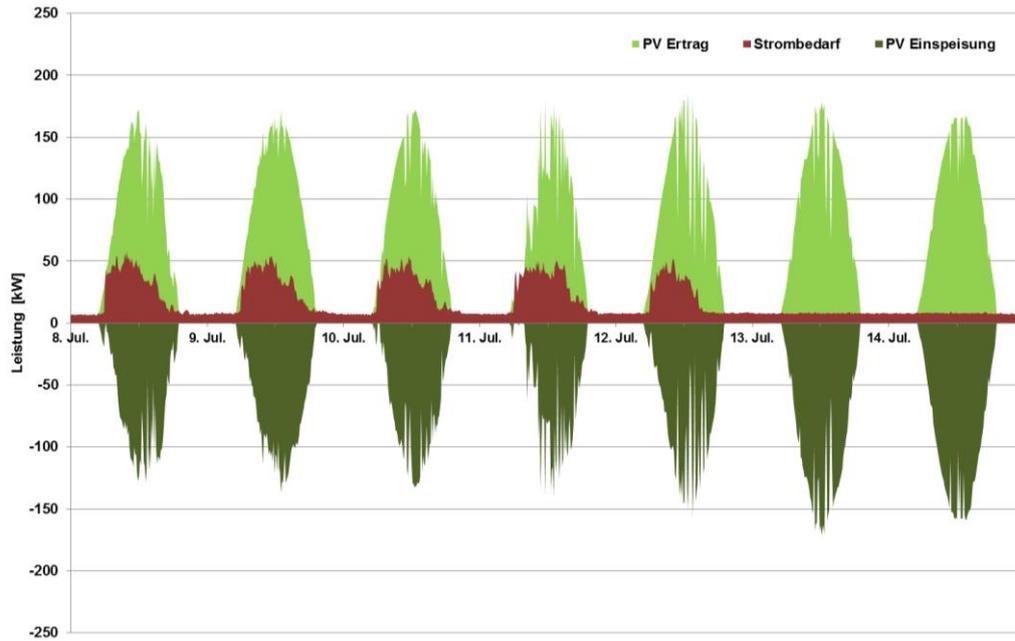


Bild 4: Last_Sommer.tif

Bildunterschrift: Lastganganalyse – Sommerwoche (Variante: Wärmepumpe + mechanische Be- und Entlüftung)

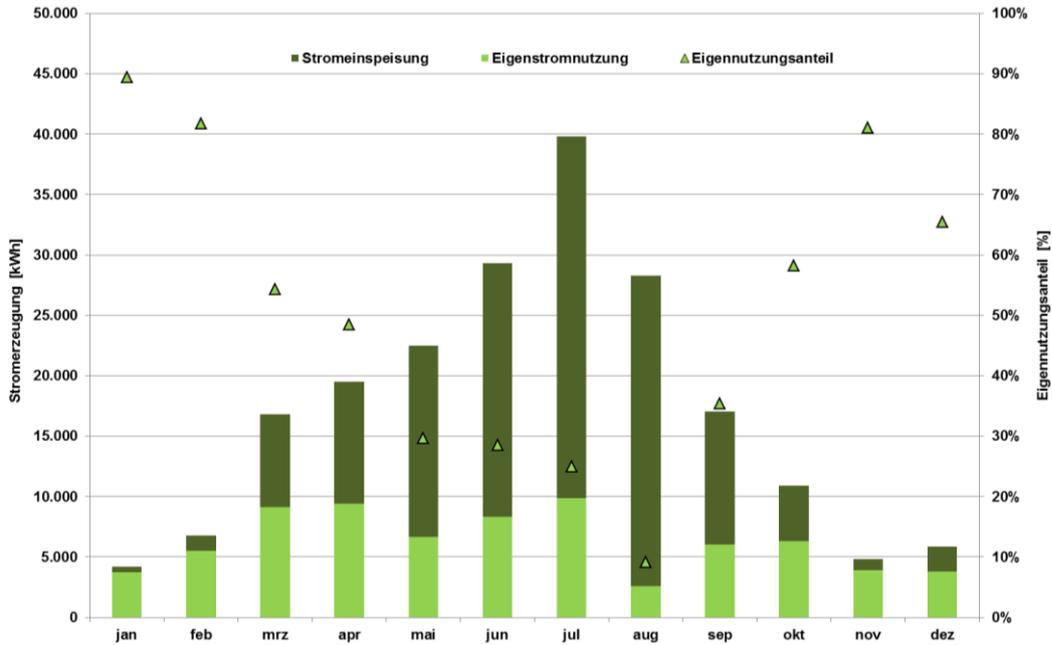


Bild 5: Last_Monat.tif

Bildunterschrift: Monatsweise Lastganganalyse der PV-Stromerzeugung (Variante: Wärmepumpe + mechanische Be- und Entlüftung)