

Das Effizienzhaus Plus in Berlin – eine Analyse

Inhalt

1	Das Konzept.....	1
2	Technische Ausgangsdaten	2
3	Soll-/Ist-Vergleich	3
	Ergebnis	3
	Analyse des „trüben“ Sonnenbeitrags	4
	Musterhausversion- und Alltagsversion.....	4
	Primärenergie.....	5
4	Testverlauf.....	5
	Auswertung der Messwerte im Internet.....	7
	Änderungen im Internet.....	7
5	Die Presse über Stärken und Schwächen	9
6	Photovoltaik und Wärmepumpe als Standard?	11
7	Wie ist das unglückliche Ergebnis zu erklären?.....	12
8	Alternativer Lösungsansatz	14
9	Quellen	15

1 Das Konzept



Abbildung 1: Vorderseite

Das (vormalige) Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung BMVBS vermerkte als Absicht des Versuches: Es solle „... möglich werden, dass neu gebaute Gebäude ab 2019 klimaneutral betrieben werden ...“^[9]. Es sei erreichbar, dass ab 2019 nur noch „klimaneutrale“ Neubauten zugelassen würden^[1]. Das Effizienzhaus Plus sollte „eine gelungene Symbiose aus Wohnen und Elektromobilität“ vorstellen^[3]. Es sollte „**Vorbildcharakter** haben und zeigen, dass Klima- und Umweltschutz nicht Verzicht bedeu-

ten, sondern energieeffizientes Wohnen und umweltfreundliches Fahren mit gehobenem Lebensstandard vereinbar sind“^[4]. Als die Bundeskanzlerin den Kubus an der Berliner Fasanenstraße einweihete, sah sie in dem futuristischen Würfelbau „ein lebendiges Beispiel für das Wohnen der Zukunft“.

2 Technische Ausgangsdaten

- Standort: Fasanenstraße 87a, 10623 Berlin-Charlottenburg
- Gesamtprojektkosten ca. 2,5 Millionen € (Bau, Messtechnik, Begleitung)
- Baukosten KG300 und 400: 1.646.000 € (KG300 1.080.000 € + KG400 566.000 €)
- beheizte Nettogrundfläche 149 m²
- beheiztes Gebäudevolumen 634 m³
- berechneter jährlicher Heizwärmebedarf: 21,1 kWh/m²a
- Leistung der Luft/Wasser Wärmepumpe: 5,8 KW
- Fußbodenheizung
- Warmwasserspeicher mit Elektroheizpatrone: 288 Liter
- Mechanische Lüftung mit 80% Wärmerückgewinnung: 400 m³/h
- Batterie: Lithium-Ionen 40 kWh
- Photovoltaik 22,1 KW_p mit 171,2 m²: auf dem Dach 98,2 m² monokristalline Module mit 14,1 KW_p + an der Fassade 73 m² Dünnschichtmodule mit 8 KW_p
- BUS-System
- Gebäudehülle sehr gut gedämmt „auf Passivhausniveau“^[4], in die Zwischenräume der Holztafelbauweise wurden bis zu 74 cm Zellulosedämmung eingeblasen
- Das BMVBS förderte zugleich deutschlandweit über 30 Modellvorhaben, sehr viele in Holztafelbauweise
- Der Versuch soll 2014 mit einer anderen Testfamilie fortgeführt werden
- Errichtet 2011 nach Architektur- und Hochschulwettbewerb
- Erprobt auf Alltagstauglichkeit von März 2012 bis Februar 2013, wissenschaftlich begleitet durch das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP
- Bewohnt über denselben Zeitraum von zwei Erwachsenen mit zwei Kindern, neun und dreizehn, begleitet von einem sozialwissenschaftlichen Monitoring
- Haus ausgestattet mit Bedienungsanlage via Touchscreen und Smartphone für Licht, Rollos, Türen, Belüftung
- Elektrofahrzeuge mussten genutzt werden, sie wurden von deutschen Automobilherstellern zur Verfügung gestellt.



Abbildung 2 Gebäude am 8. Februar 2012 um 12 Uhr bei blauem Himmel und Sonnenschein - voll verschattet.

Quellen: ^[9, 20, 16]

3 Soll-/Ist-Vergleich

Berichtszahlen des BMVBS^[9] und des Fraunhofer-Institutes^[10]; (unveröffentlichte Zahlen in *kursiv blau*, vom Verfasser aus den verfügbaren Zahlen selbst errechnet).¹

		Prognose	Gemessen	Errechnet
	Jahresarbeitszahl der Luft/Wasser Wärmepumpe	3,5	2,3	
A	Stromverbrauch Hausbetrieb (ohne E Mobilität ohne projektspezifischer Verbrauch)	6.992 kWh/a	12.400 kWh/a (+75%)	
B	Elektromobilität Verbrauch	6.000 kWh/a	3.974 kWh/a	
C	zusätzlicher projektspezifischer Verbrauch (Messtechnik, Abwasserhebeanlage mit Beheizung etc.)		3.984 kWh/a	
D	Gesamtstromverbrauch: A + B + C			<i>20.358 kWh/a</i>
	Betriebsstrom für die Wärmepumpe	2.217 kWh	5.865 kWh	
	Photovoltaikertrag	16.625 kWh/a	13.306 kWh/a	
	spezifischer Photovoltaikertrag			<i>602 kWh/KW_pa</i>
E	davon selbst genutzter Photovoltaikertrag		6.555 kWh/a	
	davon in das öffentliche Netz eingespeist		6.751 kWh/a	
	Stromüberschuss = Stromverbrauch Hausbetrieb zu Photovoltaikertrag	9.633 kWh/a	ca. 906 kWh/a	
	Solare Deckung: Wie viel vom Gesamtstromverbrauch (D) wurde durch den selbst genutzten Photovoltaikertrag (E) direkt abgedeckt?			<i>ca. 32 %</i>
	Differenz aus dem Netz: D – E			<i>13.803 kWh/a</i>
	Salden Verbrauch zum Ertrag:			
	Stromverbrauch Hausbetrieb zu PV-Ertrag			<i>Überschuss 906 kWh/a</i>
	Stromverbrauch Hausbetrieb + EMobilität zu PV-Ertrag			<i>Defizit 3.068 kWh/a</i>
	Stromverbrauch Hausbetrieb + EMobilität + projektspez. Verbrauch zu PV-Ertrag			<i>Defizit 7.052 kWh/a</i>

Zum besseren Verständnis ein ungefährender Vergleich: Das „Ganznormalehaus“ mit 120 m² Wohnfläche für vier Personen, gemäß der neuesten EnEV 2014 gebaut aus Kalksandstein, mit Wärmedämmverbundsystem, drei Kollektoren auf dem Dach für solarthermische Erwärmung des Duschwassers, beheizt per Gasbrennwerttherme, verbraucht typischerweise je nach Wetter und Nutzerverhalten 12.000 kWh pro Jahr für Heizenergie und Warmwasser. Das entspricht etwa 1.200 m³ Erdgas im Jahr (je nach Jahresnutzungsgrad des Brennwertkessels) mit Heizkosten von rund 840 € pro Jahr zzgl. mtl. Zählermiete (etwa 0,70 €/m³ Erdgas); hinzu kommen zirka 4.000 kWh Haushaltsstrom.

Ergebnis

Das Ziel, mit dem selbst erzeugten Strom Haus und Elektromobile komplett zu versorgen, wurde nicht erreicht. Die E-Fahrzeuge konnten nur zu einem Viertel aus selbst erzeugtem Strom versorgt werden. Zwei Drittel des Gesamtstromverbrauches (Zeile **D** – siehe Tabelle oben) des Gebäudes (20.358 kWh/a) mussten aus dem öffentlichen Stromnetz **zugekauft** werden. Vom Gesamtertrag der Photovoltaik-Anlage wurde etwa die Hälfte ins öffentliche Netz eingespeist und die andere Hälfte (Zeile **E** = 6.555 kWh/a) selbst genutzt. Das entspricht einer solaren Deckung von etwa 32 Prozent. So steht das Effizienzhaus Plus hinter den Prognosen zurück – erwartet wurde Hausstromverbrauch in halber Höhe des Photovoltaikertrages.

¹ Eine Ergänzung der Tabelle wird ab 2015 Vergleichswerte zeigen, die dann über 12 Monate gemessen wurden, siehe auch unten: Abschnitt 8

„Das BMVBS begründet den geringeren Ertrag auch mit dem **trüben Sommer 2012**, in dem die Sonne sich einfach nicht an das statistische Jahresmittel gehalten hat – zumindest nicht in Berlin.“^[6] Das Ministerium räumte selbstkritisch ein, dass die Photovoltaik-Anlage des Hauses etwa 20 % weniger Strom erzeugt habe als prognostiziert [...]. Die Gründe hierfür hätten an dem trüben Sommer 2012 gelegen. Es seien in der Messperiode 40 % weniger Sonnenstunden registriert worden als im langjährigen Mittel in Berlin üblich^[3]. Hingegen lag der Stromverbrauch für den Hausbetrieb (A) 75 Prozent über der Prognose.

Analyse des „trüben“ Sonnenbeitrags

Die Globalstrahlung (mittlere Jahressummen) für Berlin betrug:

2010:	1.041 kWh/m ² a
2011:	1.125 kWh/m ² a
2012:	1.097 kWh/m ² a
1981-2000:	1.015 kWh/m ² a
1981-2010:	1.033 kWh/m ² a ^[11]

Das seien sogar gut 3 Prozent mehr als die mittlere Jahressumme 1981 bis 2010, widerspricht Enbasa ; die wesentlichen Defizitmonate lagen im Sommer 2012^[siehe 13]. Hier sollte der Leser die **Globalstrahlung** – eine Messgröße für Ingenieure (gemessen in W/m² bzw. kWh/m²a) – nicht verwechseln mit der **Sonnenscheindauer** – eine Arbeitsgröße für die Tourismusbranche (in Stunden). „Unter Globalstrahlung versteht man die pro waagerechte Fläche eintreffende gesamte Strahlungsleistung der Sonne. Sie setzt sich aus direkter Sonneneinstrahlung sowie aus diffus an Wolken und Lufthülle gestreuter Strahlung zusammen und wird **exakt gemessen**. [...]Die Sonnenscheindauer dient der näherungsweise **Abschätzung** der Einstrahlung an einem bestimmten Ort.“^[12] Für alle energetischen Anwendungen – Photosynthese der Pflanzen, Solarthermie, Photovoltaik – ist die Globalstrahlung maßgebend.

Dagegen war der Einwand des Projektleiters im Architekturbüro gerichtet: Man müsse am tatsächlichen Standort messen, nicht Messwerte von anderswo in Berlin als Indiz aufführen. Das klingt richtig unter der Voraussetzung, man hätte Messwerte (vorher/während) am Bauort tatsächlich ermittelt. Im übrigen kaschiert diese Argumentation eine grundlegende Frage: Falls man für das Testhaus ungünstige äußere Bedingungen ansetzen wollte (was durchaus eine sinnvolle Versuchsanordnung sein könnte), täte man das zunächst im Verborgenen. Stellt man das Testhaus jedoch pressewirksam an prominenter Stelle auf, hätte man die örtlichen Daten über die Globalstrahlung studieren und vielleicht die schattenwerfenden Nachbarhäuser abreißen müssen.

Zuguterletzt nützt der Verweis auf eine unterdurchschnittliche Sonneneinstrahlung überhaupt nichts: Wäre der „trübe Sommer“ besser als erwartet ausgefallen, hätte das Gebäude mehr Solarstrom erzeugt, aber davon sogar noch **mehr ins Netz speisen müssen**, da sich zur gleichen Zeit (im Sommer) der Stromverbrauch des Hauses kaum erhöht hätte^[Einzelheiten dazu in 3].

Musterhausversion- und Alltagsversion

Enbasa befasst sich auch mit den Folgen, da die avantgardistische Gestalt des Charlottenburger Hauses für eine erschwingliche Alltagsversion kaum infrage käme. Hier würde nämlich das Vordach des entfallen, und mit ihm ein großer Teil der Solarmodulträgerfläche. „Mit dem Energieplus wäre es allein schon deswegen ganz vorbei.“^[13] Es fehlt dann nämlich jener Teil der Solarmodule, der beim Demonstrationshaus auf dem Vordach und der dafür verlängerten Südwestfassade platziert war.

Die Version ‚MIN‘ „wäre dann nicht wie jetzt gut 13 Meter tief, sondern nur noch knapp 8 Meter. [...] Dann blieben entsprechend nur 60 Prozent für Module übrig.“^[13]

Unter der Annahme, der Planwert von 16.625 kWh Photovoltaikgewinn des Musterhauses würde in einem mittleren Jahr dennoch und tatsächlich erreicht, kämen „bei gleicher Netto-Grundfläche und somit ähnlichem Energiebedarf für das spätere ‚normale‘ Haus in der Version ‚MIN‘ nur etwa 10.000 kWh/Jahr Stromgewinnung zusammen. [...] Wie man es auch dreht und wendet: Hier steht ein weiteres Fragezeichen hinter dem ‚Plus‘ dieses Effizienzhaus-Konzepts.“^[13]

Primärenergie

Ausdrücklich lobt Enbasa die Mühe, die sich das Architektenbüro gemacht hat die Energie für die Herstellung, Instandhaltung und Beseitigung zu berechnen (der Berechnungsaufwand ist enorm, allein die Datenblätter umfassen ein Volumen von 89 MB). „Im Material der Baukonstruktion und der technischen Gebäudeausrüstung steckt demnach, anteilig für jedes der angenommenen 50 Jahre Nutzungszeit, eine Primärenergie von rund 5.483 kWh. Bei einem Primärenergiefaktor von 2,6 entspricht das rund 2.109 kWh Endenergie. Der im ersten Messjahr aufaddierte Stromgewinn aus den Solarmodulen von 13.306 kWh überstieg den Bedarf des Hausbetriebs (12.400 kWh) um 906 kWh. Zieht man die energetische Investition in die graue Energie ab, **dann benötigte das Gebäude also 1.203 kWh mehr Endenergie, als damit gewonnen werden konnte.** Und sogar wenn es noch gelingt, diese Bilanz ins Plus zu drehen, hat bisher niemand das Argument widerlegt, dass dieses Plus während eines sommerlichen Stromüberangebots ins Netz drängen würde – und nicht im Winter, wenn die Windflaute droht.“^[15]

4 Testverlauf

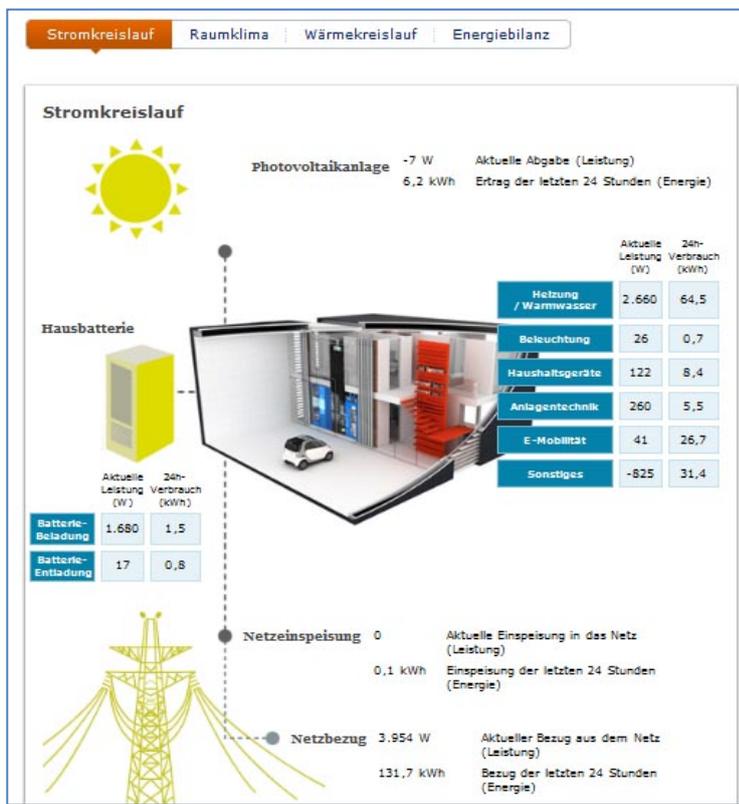
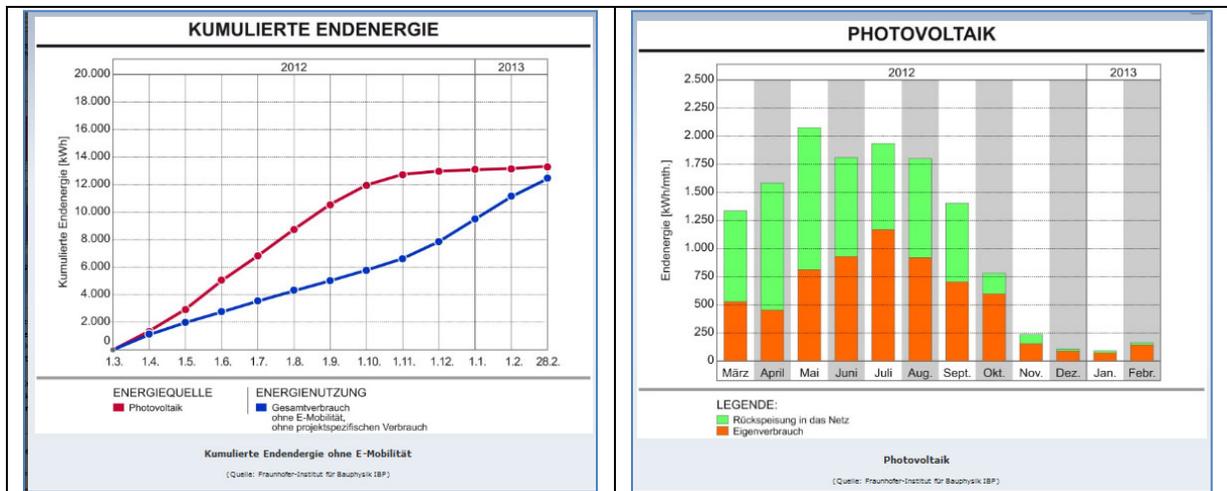
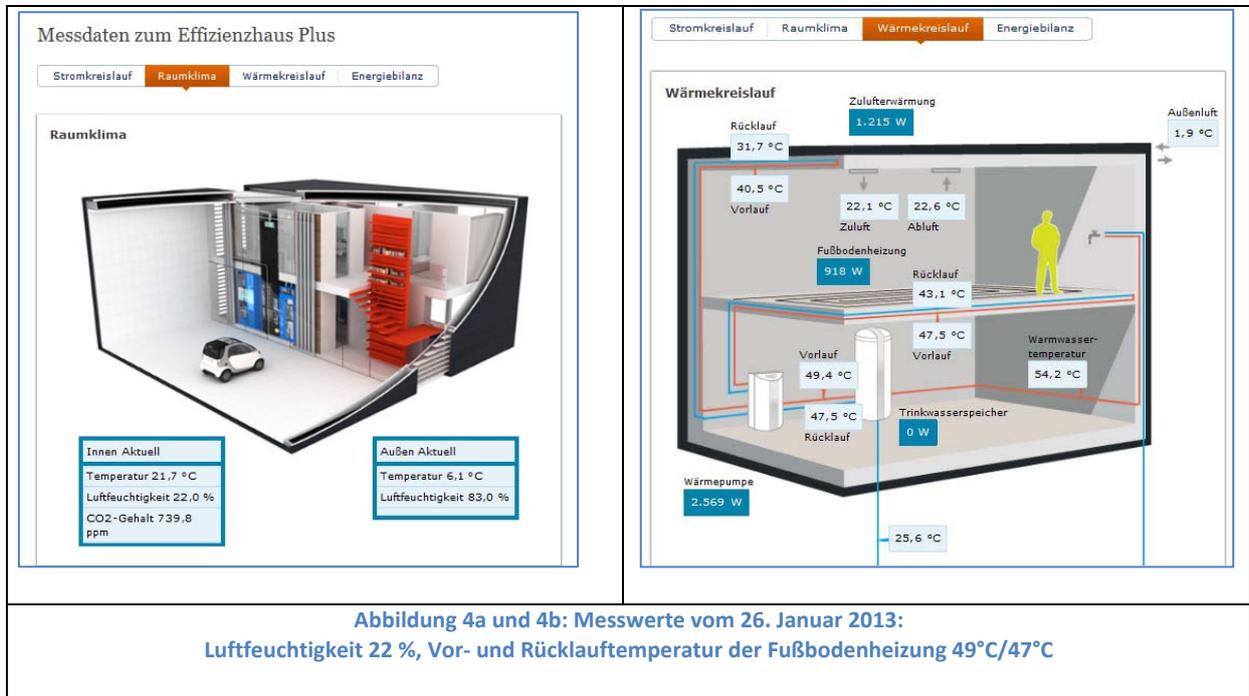


Abbildung 3: Netzbezug am 26. Januar 2013:
131 kWh/d, Photovoltaikertrag 6 kWh/d

Bundesminister Ramsauer zog Zwischenbilanz am 20. März 2013: „Unser Praxistest zeigt, dass sich dieses einzigartige Modellprojekt auch im Alltag bewährt. Das Haus liegt deutlich im Plus“^[7]. Das darf man als Übertreibung bezeichnen. Bereits zu diesem Datum zeichnete sich ab, dass sich die Berechnungen nicht bewahrheiten müssten. Insbesondere die Erzeugungsmengen aus der Photovoltaik blieben hinter den Erwartungen zurück. Daran trug sicher „auch der Bauort schuld: Der Berliner Solarkubus steht im Schatten von Hochhäusern, über die gerade im Winterhalbjahr die Sonne nur kurzzeitig mal blinzelt“^[1]. **Hohe Häuser** sind zwar nicht gleich Hochhäuser, aber **zur Verschattung genügen sie**. Andere Modellprojekte

aus dem Effizienzhaus Plus Förderprogramm, zum Beispiel Schwörer und Bien-Zenker, konnten zu diesem Zeitpunkt ebenfalls „voraussichtlich keine Stromüberschüsse erzeugen. Lediglich das (von der Familie des Architekten bewohnte) Haus in Leonberg wird wohl ein sehr deutliches Plus von mehr als 5.000 kWh erzielen.“ [4]



**Abbildung 5a und 5b: Jahresübersicht Messwerte (vom 21. März 2013):
kumulierte Endenergie, Solarertrag, Eigensolarstromnutzung sowie Netzbezug 1.3.2012 bis 28.2.2013**

Die Schaubilder sind Bildschirmfotos von der Website des BMVBS, zur Zeit (sicherlich vorübergehend) nicht erreichbar

Auswertung der Messwerte im Internet

Das BMVBS veröffentlichte die Messwerte im Internet. Neben tagesaktuellen Daten zum Raumklima und dem Wärme- und Stromkreislauf interessierte sich seinerzeit wie auch aktuell die Fachwelt besonders für die Schaubilder zur Energiebilanz: die **Quellen** der Energie (Photovoltaik, die **Versorgung** aus Netz und Hausbatterie) vis-à-vis ihrer **Nutzung** (Hausverbrauch, Elektromobilität, Rückspeisung in das Netz, Hausbatterie-Ladung, ‚projektspezifisch‘). Ministerialrat Hans-Dieter Hegner meinte über diese Transparenz: „Hier können Sie alles verfolgen, auch wenn wir scheitern“ (auf dem Werkstatt-diskurs Effizienzhaus Plus am 16. Januar 2013 in München, zitiert in ^[4]).

Das Berliner Haus weist einen **solaren Deckungsgrad** von ca. 32 % auf, benötigt dafür jedoch 21 kW_p Photovoltaik. Die meisten übrigen Effizienzhäuser mit ähnlicher Ausstattung erreichen gleichfalls solare Deckung um 30 %, nur das Leonberger Architektenhaus ragt mit 49 % heraus ^[mehr dazu in 4]. Ecoquent schreibt über die Messperiode 3/2012 bis 2/2013: „Der Erfolg liegt im Auge des Betrachters. Die einzige Grafik des BMVBS, die über ein Jahr aufsummierte Werte zeigt, ist die Darstellung *Kumulierte Endenergie* (5a und 6a/6b), aber sie lässt Elektromobilität und projektspezifischen Verbrauch außen vor. Vielleicht hat es seinen Grund, dass für die übrigen Verbrauchsparameter keine kumulierten Werte angezeigt werden – wohl aber weitere Grafiken, aus denen man durch Zusammenzählen der monatlichen Energieverbräuche“ ^[6] die Werte für einen Soll-Ist-Vergleich ermitteln kann.

Die Fachzeitschrift Sonnenenergie analysiert den Energieverbrauch: **Trotz des Dämmaufwandes** liege der reine Hausstromverbrauch des Berliner Hauses bei ca. 12.800 kWh, also ohne Elektromobilität und ohne projektspezifischen Verbrauch. Bei der gegebenen solaren Deckung verblieben demnach etwa 9.000 kWh, die aus dem Netz bezogen werden müssen. „Zum Vergleich: Ein **Passivhaus** hat einen Endenergiebedarf von etwa 3.500 kWh, ein **Sonnenhaus** liegt bei etwa 5.000 kWh. Da die komplette Energieversorgung des Gebäudes auf Strom basiert, selbst Heizung und Warmwasser werden über eine 5,8 kW Luft-Wasserwärmepumpe mit 288 l Warmwasserspeicher und Kompaktlüftungsgerät gedeckt, ist der Primärenergiebedarf sehr hoch: Bei einem Primärenergiefaktor für Strom von 2,6, ergibt sich ein **jährlicher Primärenergieverbrauch von ca. 23.000 kWh**. Die Effizienzhäuser Leonberg und Schwörerhaus haben zwar deutlich geringere Endenergieverbrauch, der Primärenergieverbrauch liegt aufgrund der strombasierten Heizsysteme und Warmwasserbereitung mit knapp 14.000 kWh ebenfalls sehr hoch.“ ^[4]

Änderungen im Internet

Für Irritationen sorgte in der Fachwelt die Position „projektspezifischer Verbrauch“: Im Zuge der Aktualisierungen zum Jahreswechsel hatte das BMVBS die Darstellung verändert; der Energieverbrauch „Außenbeleuchtung/Infoquelle“ wurde in „projektspezifisch“ umbenannt. Die Position umfasste nun Verbrauchsanteile, die **zuvor im Hausverbrauch enthalten** waren.

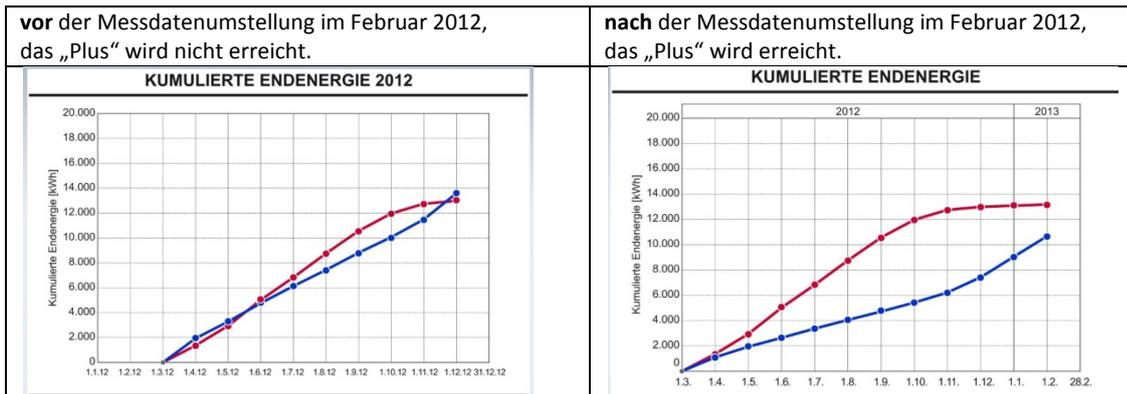


Abb 6a und 6b: Darstellung der kumulierten Endenergie: Blau = Endenergieverbrauch, Rot = erzeugter PV Strom

Dabei handle es sich, so hieß es, um den Energieverbrauch von Komponenten, die dem Standort sowie der Öffentlichkeit des Vorhabens geschuldet seien: Batterie-Heizung, Batterie-Belüftung, EDV-Schrank mit PC-Außendarstellung, Videoumschalter, Abflussrohr-Begleitheizung, LED-Effektbeleuchtung im Haustechnikern, Außenbeleuchtung, Rigolenpumpe, Infomonitor im Außenraum. Die Summe der Energieverbräuche wurde offenbar nicht verändert. Umgekehrt ausgedrückt: Es soll sich dabei um Energieverbräuche handeln, die durch das Messprogramm anfallen und im ‚Normalbetrieb‘ (bei einem Gebäude, das kein Prototyp ist) nicht vorhanden wären. Dennoch vermutet die Fachpresse, dass der Hausverbrauch durch einen **Rechenrick** geschönt werden sollte. Hauptschuldiger dafür dürfte die Batteriefrage sein. Die externe Batterie erfordert Klimatisierung des Akkus, ein erhöhter Strombedarf – schon beim Speichern – ist daher unvermeidlich.

Für „überhaupt nicht gerechtfertigt“ hält Enbasa jedoch den Kniff, den Strombedarf für **Heizung und Belüftung der Batterie** zu verschieben. Diese gehört zur Speicherung von Solarstrom zum Konzept. Würde sie nicht in einem mittleren Temperaturbereich gehalten, müsste der Wirkungsgrad noch stärker abfallen als ohnehin schon. „Das ginge mit weniger Aufwand, wäre der Akku innerhalb des wärmedämmten Hauses untergebracht – was jedoch gegen geltende Vorschriften verstoßen würde. Lithium-Ionen-Batterien der verwendeten Bauart lassen sich noch nicht zuverlässig gegen Überhitzung schützen, und ein möglicher Brand soll wenigstens nicht im Haus entstehen. Man kann hoffen, dass das in Zukunft anders wird. Aber sollte ein Modellhaus nicht den gegenwärtigen Stand der Technik darstellen?“^[8] Das „Fraunhofer-Institut für Bauphysik [...] versichert, die Aufstellung der Speicherbatterie außerhalb des Hauses sei ein Sonderfall. [...] In anderen Effizienzhaus-Plus-Objekten würden die Batterien inzwischen im Gebäude installiert.“^[15] Dem sei indes hinzugefügt, dass im Brandfall eine Lithium-Ionen-Batterie mitunter nicht einfach verbrennt, sie kann auch explodieren. Beispielsweise HELMA belässt selbst die – weniger gefährlichen – herkömmlichen Bleiakkus außerhalb seines *Energieautarken Hauses*.

Aus aktuellem Anlass sei auf die Eckpunkte des Kabinettsbeschlusses zur EEG-Reform (Bundesminister Sigmar Gabriel) hingewiesen. Sie **verschärfen das Problem des systemischen Fehlers** im Effizienzhaus-Plus-Konzept:

- Einspeisetarife werden weiter drastisch gesenkt
- Auf selbst genutzten Solarstrom soll zukünftig die EEG-Umlage gezahlt werden
- Bald soll die garantierte Einspeiseregulierung abgeschafft werden und jeder Erzeuger von Solarstrom soll seinen Strom dann selbst direkt an der Börse vermarkten!^{[16] [17]}

Zudem darf im Sommer nicht mehr die volle Leistung der PV Anlagen eingespeist werden.

5 Die Presse über Stärken und Schwächen

Die Fachzeitschrift Sonnenenergie berichtete, ein erster Rückblick am 23. November 2012 habe bereits gezeigt, die Familie fühlt sich wohl im Haus und genießt den Komfort ohne ein schlechtes Gewissen die Umwelt und das Klima zu schädigen. Außer der Lüftungsanlage, die im Sommer warme Luft nach innen in die Wohnräume transportiert hat, sei das Energiemanagement zwischen Photovoltaik und Wärmepumpe gut abgestimmt und die Bewohner müssen sich nicht darum kümmern. Allerdings findet Herr Welke (Telefonat im Januar 2013), dass das viele automatisierte Bedienen oft **nur den Komfort unterstützt** und weniger oder nur sehr beiläufig das Energiesparen. Die Beschränkung auf reine Energiespartechniken würde auch die **Fehleranfälligkeit** verringern. ^[Einzelheiten in 4]

Die Fachpresse kritisiert sowohl den Modellcharakter des Versuches als auch seinen methodischen Ansatz. „Das Effizienzhaus Plus [...] ist vollgestopft mit Spezialtechnik, **viel zu teuer** und **jenseits jeder Wohnrealität** – ein abschreckendes Beispiel für alle Bauherren, die gerade über moderne Energiesparhäuser nachdenken.“ ^[3] Die WELT zitiert die Architektin Anna Bedal: Effizienzhäuser, die Photovoltaik mit Wärmepumpe kombinieren, seien – trotz hohen technischen Aufwandes – **noch weitgehend abhängig vom Stromnetz**. Außerdem seien die **Einspeisetarife** für Solarstrom deutlich gefallen, die allgemeinen Strompreise aber gestiegen. Erträge runter, Kosten rauf: Das Kalkül des Effizienzhaus Plus gehe nicht mehr richtig auf. ^[Wörtliche Zitate in 1]

Angesichts des hohen Aufwandes interessiert besonders der erzielte Nutzen. Sonnenenergie sagt hierzu: „Um eine hohe Eigenverbrauchsquote zu erreichen, betreiben die Effizienzhäuser einen erheblichen technischen Aufwand. Elektronische Bussysteme haben dabei die Aufgabe, durch Lastverschiebungen die Betriebszeiten von elektrischen Verbrauchern dem Angebot des Sonnenstroms anzupassen. Der selbst erzeugte Strom wird in Akkus zwischengespeichert. Zusätzlich können Elektrofahrzeuge die Stromüberschüsse nutzen. [...] Das Regelungssystem berücksichtigt dabei auch Witterungsprognosen, um optimale Ladestrategien für [...] die Batterie [...] zu entwickeln. Dadurch wird eine jährliche Eigenverbrauchsquote von 50 % erreicht. Die anderen Modellvorhaben liegen deutlich darunter: In Leonberg beträgt der Eigenverbrauch etwa 33 %, in Bien-Zenker 30 %. Das Schwörerhaus hat mit 28 % die niedrigste Quote. Damit sind die Effizienzhäuser, trotz hohen technischen Aufwands, noch weitgehend abhängig vom Stromnetz **und sorgen vor allem in der kalten Jahreszeit für zusätzliche Lasten**. [...] Ein durchschnittliches Einfamilienhaus kommt auch ohne technische Extras, abhängig vom Nutzerverhalten und der Photovoltaikanlagengröße auf eine Eigenverbrauchsquote zwischen 15 und 30 %.“ ^[4]

Enbasa beruft sich auf Prof. Timo Leukefeld: Die einzelnen Geräte seien für sich genommen effizient im Vergleich zu dem, was im Markt angeboten wird, aber **man unterschätze den hohen Eigenstromverbrauch** für kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung, Bussystem, Luftwärmepumpe, mehrere Wechselrichter, verschiedene Steuerungen ^[aus 8]. „Fasst man die Erkenntnisse aus den bisherigen Bemessungsdaten zusammen, **erzielen die Effizienzhäuser weder ein tatsächliches Plus noch sind sie besonders effizient**.“ urteilt die Fachzeitschrift Sonnenenergie. „Die Kombination Wärmepumpe und Photovoltaikanlage bildet bei den meisten Effizienzhäusern die Grundlage des Energiekonzepts. Der rein bilanzielle Überschuss wird dabei als Plus betrachtet. Dabei bleibt immer noch ein hoher Jahresstromverbrauch, der aus dem Netz gedeckt werden muss. Da auch die Wärme fürs Heizen und zur Warmwasserbereitung mit Strom erzeugt wird und somit ein hoher Primärenergieeinsatz nötig ist, ist das Effizienzhaus Plus **in doppeltem Maße ineffizient**: Es bietet **weder wirtschaftlich noch ökologisch gesehen eine sinnvolle Zukunftsvision**.“ ^[4]

Das Effizienzhaus Plus besage wenig über das Wohnen der Zukunft, resümiert DIE WELT. „Privathäuser, die auf Dach und Fassade 170 Quadratmeter Platz für Solarmodule haben, sind ohnehin selten. Unerschwinglich wäre wohl auch noch für lange Zeit der eingebaute Hausspeicher. Energie-Experte Leukefeld taxiert die Kosten der 40-Kilowatt-Lithium-Ionen-Batterie auf rund 40.000 Euro. Für die baldige Alltagsreife des Effizienzhauses mit angeschlossener Elektromobilität sprechen die Zahlen des Modellprojektes eher nicht. Aber auch ein Forschungs- und Demonstrationsobjekt, das zeigt, was nicht geht, kann sinnvoll sein.“^[1]

Das hat der Autor des Beitrages in der WELT zwar ironisch gemeint, fairerweise muss man jedoch genau das anerkennen: Ein Versuch, dessen Ergebnis von vornherein feststünde, wäre kein Versuch. Jede Versuchsanordnung kann oder muss gegebenenfalls aufzeigen, was eben nicht geht.

6 Photovoltaik und Wärmepumpe als Standard?

Taugt das Modell *Effizienzhaus Plus* als „Baustandard von morgen“? ^[BVMBS, siehe 9] Zwar hat die Photovoltaikanlage den enormen Strombedarf des Hauses übers Jahr knapp aufgewogen. Allerdings konnte sie den Bedarf der Wärmepumpe in den Wintermonaten natürlich nicht nennenswert abfedern. Setzt sich der gegenwärtige Trend fort, mit dem die neue EnEV 2014/2016 mittels stark verbesserter Primärenergiefaktoren für Strom sogar zur Verwendung der Luftwärmepumpe ermuntert, dann müssten im Winter zusätzliche (!) Kraftwerkskapazitäten im Stromnetz als Reserve bereitgehalten werden, erst recht wenn das Modell *Effizienzhaus Plus* tatsächlich bundesweit Schule machte.

Im Hinblick auf die Energiewende könnte sich das Effizienzhaus sogar als **kontraproduktiv erweisen**, versichert die Architektin Anna Bedal: „Im Winter sorgen Wärmepumpen für **zusätzliche Lasten** im Stromnetz“, was sogar **den Bau weiterer** konventioneller Kraftwerke notwendig machen könnte. In den kalten Wintermonaten fungierten Wärmepumpen „zeitweise als reine **Stromdirektheizungen**“. Im Sommer aber „bereiten die großzügig ausgelegten Fotovoltaikanlagen dem Stromnetz **Lastspitzen**, die es verkraften muss.“ Angesichts dieser saisonal bedingten Nöte hilft eine **Bilanz, die nur jährliche Durchschnittswerte betrachtet**, wenig. Bedals Rat: „Anstatt den kompletten Energieverbrauch rein bilanziell über Fotovoltaik decken zu wollen, kann **Solarthermie dies viel effizienter für den Wärmebedarf übernehmen**.“^[2] „Hier gibt es längst [...] Beispiele, die zeigen, dass Deckungsraten zwischen 50–100 % mit vertretbarem technischem und finanziellem Aufwand erreicht werden.“^[4]

Die Wärmepumpe im Charlottenburger Haus hat im Laufe des Messjahres nicht wie geplant 2.217 kWh, sondern 5.865 kWh Betriebsstrom verbraucht.^[15] Obendrein sind seit Beginn des Förderpro-

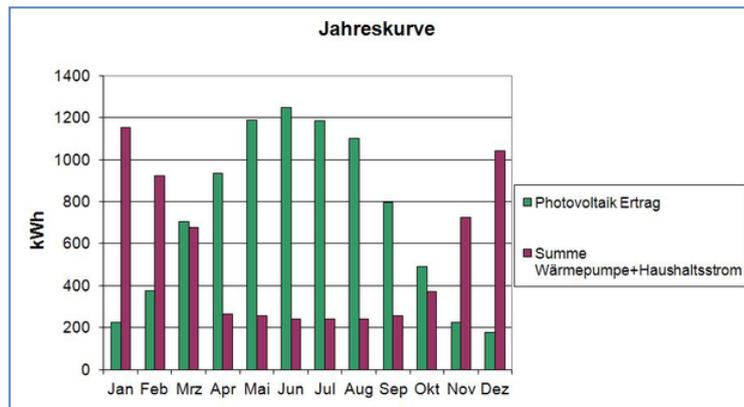


Abbildung 6: Antizyklus von Angebot vs. Nachfrage (Simulation Plusenergiehaus Typ KfW 55-Haus mit 160 m², 8 kWp Photovoltaik, Luftwärmepumpe, mit optimiertem geringem Haushaltsstromverbrauch, Standort: Hannover, Quelle: Prof. Timo Leukefeld)

gramms Effizienzhaus Plus die Strompreise stark gestiegen und die Einspeisevergütung ist stark gesunken. **In Zukunft kann der Bauherr mit den Einnahmen der Einspeisevergütung die Ausgaben für den Stromeinkauf nicht mehr decken, zumal die Einnahmen noch zu versteuern sind.** Die bilanzielle Verrechnung (gemeint ist streng

genommen keine Bilanz, sondern ein Saldo nahe Null) über das Jahr gelingt also weder in Kilowattstunden noch in Euro. Die Fehleinschätzung, dass sommerliche Überschüsse gegen winterliche Knappheit verrechenbar wären, kann man als eine **saisonale Illusion** bezeichnen: Man ignoriert die fehlende zeitliche Übereinstimmung von Angebot und Nachfrage. **Im Hinblick auf die Energiewende tragen jedoch nur solche selbst erzeugten Energiemengen zur Entlastung der Stromnetze und so zu tatsächlichen Einsparungen bei, die im Haus direkt genutzt werden.** Mit anderen Worten: **Selbst ein positiver Saldo würde noch keinen Erfolg darstellen.** Schon jetzt hat sich Deutschland vertraglich Kapazitäten aus alten Kraftwerken in Österreich gesichert, um mit Kapazitätsengpässen im Winter (auch und gerade für den Wärmepumpenstrom!) fertig zu werden.

Entschärfen ließe sich die Lage durch Senkung des Stromverbrauchs ... und durch Heizen mit Wärme aus Solarthermie. **Wärme lässt sich erwiesenermaßen effizienter und billiger speichern als Strom**, und im Winter kann mit Biomasse zugeheizt werden. Zum Vergleich: Um mit Solarthermie einen solaren Deckungsanteil von 30 % (zwecks Wärmeversorgung) in gut gedämmten Gebäuden ähnlicher Größenordnung zu erreichen, sind lediglich 15 bis 20 m² Kollektorfläche und ca. 2.000 Liter Pufferspeicher nötig. Da wird weder Akku noch Energiemanagement benötigt. Mit etwa 20.000 € sind die Investitionskosten knapp ein Drittel niedriger als die der Photovoltaik des Effizienzhaus Plus Berlin. ^[mehr dazu in 4] Würde dann noch Photovoltaik benötigt? Ja, denn zu decken bleibt der Haushaltsstrombedarf. So lässt sich ein Gebäude gleichmäßiger und zugleich weitgehend unabhängig vom Stromnetz mit Energie versorgen.

„Das Effizienzhaus Plus ist **ein Konzept, das nicht auf weniger, sondern mehr Stromverbrauch** (für die Heizung und teils überflüssige Geräte) setzt, und das Energieplus für Elektromobilität hat sich leider nicht eingestellt. So schön es ist, wenn ein Forschungsprojekt gelingt – noch wichtiger ist es, die richtigen Schlüsse zu ziehen, egal ob das Ergebnis positiv oder negativ ist.“ ^[6] Enbasa zitiert Gerhard Stryi-Hipp vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme: „Das heißt, genau dann, wenn der Strom bereits am teuersten sein wird, weil er über Power-to-Gas-Konzepte mit entsprechenden Umwandlungsverlusten gespeichert werden muss, würde der Strombedarf zur Wärmeversorgung noch hinzukommen und nur zu hohen Kosten gedeckt werden können.“ Stryi-Hipp ist deshalb **skeptisch, ob sich ein Wärmepumpenkonzept mit dem künftigen Gesamtenergiesystem vertragen würde.**“

7 Wie ist das unglückliche Ergebnis zu erklären?

Warum sind die Beteiligten, ausgebildete, intelligente Leute, nicht selbst darauf gekommen, dass ihr Ansatz so nicht funktioniert? Zu ihrer Entlastung sind gleich mehrere Faktoren anzuführen:

- Die Politik interessiert sich gewohnheitsmäßig für viele, nicht alle erneuerbaren Energiequellen. Der Solarthermie fehlt jener Sex Appeal, den die Photovoltaik mitbringt. **Wer solar sagt, meint daher Photovoltaik, und wer von Energie redet, meint so gut wie immer Elektrizität.** Mit dieser Verengung der Sichtweise korreliert der Aufwand gegen die Glühbirnen, obwohl ihr Verbot zum Energiesparen kaum beiträgt.
- Die Energieversorger befürworten ein – durchaus verständliches – **Interesse an der Stromlieferung**, insofern passt die Wärmepumpe in ihr Kalkül. Objektiv betrachtet, muss man zugeben: Es gibt für die – vergleichsweise biedere – Solarthermie **keine ebenbürtige Lobby.**
- In Politik und Medien hat sich eine **Fehleinschätzung** festgesetzt: Die erneuerbaren Energiequellen würden in absehbarer Zeit ganzjährige **Stromversorgung im Überfluss** ermöglichen. Das bleibt vorderhand zu beweisen, und es wird noch Jahre benötigen. Tatsache ist bisher nur, dass der **Strommarkt** schon jetzt **erheblichen Verwerfungen ausgesetzt** ist.
- Im Zusammenhang mit den erneuerbaren Energiequellen vergisst man leicht, dass die meisten tatsächlich **fluktuierende** Quellen sind, dennoch lässt sich die **saisonale Illusion** nicht austreiben: **Überfluss und Engpass lassen sich nicht zu einem Nullsaldo verrechnen.**
- Immerhin verträgt das System der zentralen Stromversorgung eine **Aufmischung seiner Algorithmen von Angebot und Nachfrage** bei den ersten zehn bis fünfzehn Prozent der **Abweichung von den errechneten Prognosen.** Was darüber hinausgeht, ist vorab unbekannt und

daher aus Verhaltensmustern der Vergangenheit nicht ableitbar und nicht vorhersagbar. Diesen Aspekt verstehen nur wenige Experten. Er blieb den Architekten und dem Bauministerium vorenthalten, und das ist nicht diesen anzulasten, sondern jenen, denen das Problem im Alltag bewusst ist: die Experten der zentralen Stromversorgung.

- Selbst im Winter muss man bei den Windkraftanlagen in manchen Regionen mit **vier bis sechs Wochen Flaute** rechnen. Dafür möchte keiner ganzjährig **Kapazitäten in Kraftwerken vorhalten**. Im Gegenteil, möglicherweise wollen die großen Versorger über ein Dutzend Gas- und Kohlekraftwerke stilllegen, weil sie sich bereits jetzt nicht mehr auszahlen.
- Das **Ausmaß**, wie sich die Lastprobleme auf die **Strompreise** auswirken, hat keiner beizeiten vorhergesehen, vermutlich nicht einmal die Stromversorger selber. Von der Eigendynamik dieser Faktoren wurden die Beteiligten und Betroffenen auf dem falschen Fuß erwischt.
- Der **Kardinalfehler** lag im Einsatz der Wärmepumpe ohne Langzeitwärmespeicher. Ignoriert wurde, dass die Wärmepumpe nicht nur eine Frage der Erschwinglichkeit aufwirft, sondern auch der optimalen **Verfügbarkeit** von Strom: preiswert plus erneuerbar. Die Luftwärmepumpe liegt aber im Trend, und der Trend wird durch die novellierte EnEV noch verstärkt.
- Planern und Handwerkern fehlen **Erfahrung und Kompetenz mit Langzeitwärmespeichern** und die beteiligten Architekten tun sich schwer, einen solchen in den Grundriss zu zeichnen. Jedoch ist es „thermodynamisch Unsinn, hochwertigen Strom für Wärmeanwendungen zu nutzen und auch zu speichern. [...] **Grundsätzlich sollte das Ziel immer sein, Wärme für Wärmeanwendungen zu nutzen und Strom für Stromanwendungen.**“^[14]
- Das Effizienzhaus Plus wurde konzipiert, als die staatlich garantierte **Einspeisevergütung** für Solarstrom noch sehr hoch war. Demnach hätten die sommerlichen Solarstrom-Einnahmen den winterlich benötigten Wärmepumpenstrom aus dem Netz immerhin noch bezahlen können. Dass während der Verwirklichung des Effizienzhaus-Projektes die Torpfosten verschoben wurden, weiß man so genau erst hinterher. Als man es begriff, dürfte es zum Abbruch des Projektes zu spät gewesen sein.

Der technische Ansatz *Effizienzhaus Plus* verschiebt das Problem der saisonalen Ungleichheit von Angebot und Nachfrage „einfach ins Stromnetz, mit der Hoffnung, dass schon jemand die Probleme lösen“ werde (Architekt Dasch). Immerhin gibt es bereits die ‚Power to Gas-Technik‘ (in der Landessprache: Strom-zu-Gas). Sie ermöglicht eine saisonale Speicherung mit Rückverstromung im Winter, zwar mit geringem Wirkungsgrad (aus 4 kWh sommerlichem Stromüberschuss wird 1 kWh Strom im Winter), aber der verführerische Gedanke lag nahe: Irgendwer wird das Problem schon noch effizienter lösen und diese Hoffnung ist – auf verquere Weise – berechtigt, wenn auch von völlig überraschender Seite her: **Tatsächlich ist ja das Speicherproblem längst gelöst**, nur nicht mit Strom, sondern mit Wärme. Dazu Professor Leukefeld: „Der Weg zur solaren hochgradigen Eigenstromversorgung führt – allem Rummel in den Medien zum Trotz – **nicht** über die Photovoltaik mit Luftwärmepumpe **anstelle** von etwas, sondern über die Solarthermie, die man um die Photovoltaik **ergänzt**. Prof. Leukefeld rät allerdings, nicht innerhalb des vorhandenen Konzepts zu optimieren, sondern für energieeffiziente Häuser einen anderen Ansatz zu wählen: „Solarthermie für den Wärmebedarf, Photovoltaik als Quelle von Edelenergie für Haushaltsstrom nutzen.“

8 Alternativer Lösungsansatz

Sinnvoller ist es, zuerst die Effektivität zu prüfen, dann die Effizienz: Was ist das Richtige, um das Ziel zu erreichen und wie kann man das möglichst effizient erledigen? Da der Schwerpunkt des Verbrauches bei der Wärme liegt, müsste als **erste Frage** gelten, wie man Wärme am besten regenerativ abdecken kann. Der theoretische **Wirkungsgrad** einfacher Solarkollektoren liegt bei 80 %, der von Photovoltaikmodulen bei höchstens 20 %. Langzeitwärmespeicher können Wärme **über mehrere Wochen (sogar Monate!) speichern** und daher Angebot und Nachfrage einander annähern. Die **Investitionskosten** für solche Wärmespeicher liegen bei 10 bis 30 Euro/kWh, ein typischer Lithium-Ionen-Stromspeicher kann Strom typischerweise nur für einen Tag speichern bei Investitionskosten von 2.000 bis 3.000 Euro/kWh. **Die übliche Arbeitszahl der Luftwärmepumpe liegt bei etwa 1:3; das Verhältnis Stromeinsatz zu Wärmeergebnis bei der Solarthermieranlage liegt in der Praxis nahe bei 1:150.** Eine Solarthermieranlage kann also den **weitaus größten** Anteil des haushaltlichen Wärmebedarfs abdecken. Darüber hinaus kann man den dann noch verbleibenden **Rest** an Energie in Form von Haushaltsstrom zu einem hohen Anteil durchaus mit Photovoltaik und Akku abdecken. Fährt man jedoch das gesamte System strombasiert wie beim Effizienzhaus Plus, so entfällt jede Möglichkeit der Langzeitspeicherung.

Das beste Beispiel für eine realistische Alternative sind Häuser nach dem standardisierten Lösungsansatz des Sonnenhauses. Das Sonnenhausinstitut als Wahrer dieses Standards verlangt **50% solare Deckung für Raumheizung und Warmwasser – und zwar durch Solarthermie! Definitionsgemäß haben** solche Häuser einen Primärenergiebedarf < 15 kWh/m²a, die Heizkosten liegen weit unter 500 Euro im Jahr. Bis Ende 2013 wurden bereits 1500 Referenzprojekte in Deutschland verwirklicht. Wie die meisten Sonnenhäuser kommt auch das energieautarke Haus von Prof. Leukefeld gänzlich ohne Wärmedämmverbundsystem aus, da wird eine **massive monolithische Außenwand** aus hochgedämmten, gefüllten Ziegeln² verwendet. Bekanntlich liegen die Spitzenprodukte der Ziegelindustrie mittlerweile bei einem Lambdawert (λ -Wert) von 0,07 W/mK. Insofern wird auch plausibel: Die Ziegelindustrie hält ihrerseits starke Lösungen für das Haus der Zukunft bereit. Das Prinzip einer effektiven Speicherung rückt in den Mittelpunkt: ein Effizienzhaus, zu dessen „Plus“ die **monolithische Wand** und die **Solarthermie mit Langzeitwärmespeicher** zählen; die Wahl der **Zusatzheizung** für den Restwärmebedarf bleibt ausdrücklich **technologieoffen**. Drei solche Häuser wurden im Herbst 2013 eingeweiht, die ersten **Messergebnisse** (welche auch methodisch den hier dargestellten Erfahrungen gegenübergestellt werden können) erfahren sie 2015.

² Planhochlochziegel mit integrierter Wärmedämmung aus Mineralwolle oder Perlite

Kurzdefinitionen: Energiesparhäuser^[3]

Für Gebäude mit geringem Energieverbrauch gibt es diverse Begriffe, alle sind am so genannten Energiestandard orientiert. Dieser definiert, welcher Energiebedarf pro Jahr und Quadratmeter nötig ist, um ein behagliches Wohnklima zu schaffen. Die verschiedenen Konzepte sind schwer miteinander vergleichbar, denn sie nutzen jeweils unterschiedliche Kenngrößen.

Niedrigenergiehaus

Früher waren Niedrigenergiehäuser Gebäude mit einem Jahres-Heizwärmebedarf zwischen 40 und 80 kWh/m². Mit der Einführung der Energieeinsparverordnung EnEV im Jahr 2002 wurden diese Häuser Standard.

Sonnenhaus

Das Sonnenhaus ist sehr gut gedämmt. Es nutzt großflächige thermische Solarkollektoren auf dem Dach und einen Langzeitwärmespeicher im Gebäudeinneren. Mindestens 50 % des Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasser wird durch die Sonne abgedeckt. Der Jahres-Primärenergiebedarf liegt unter 15 kWh/m².

Passivhaus

Ein Passivhaus ist so gut gedämmt, dass es praktisch keine übliche Heizung benötigt. Nachgeheizt wird meist über die Lüftungsanlage. Es hat einen Jahres-Heizwärmebedarf von maximal 15 kWh/m². Dies wird zum Beispiel erreicht durch sehr dicke Dämmung, Wärmerückgewinnung aus der Abwärme oder den Einsatz von Sonnenkollektoren zur Wassererwärmung.

Nullenergiehaus

Bei einem Nullenergiehaus wird in der Jahresbilanz keine Energie zum Heizen, für Warmwasser und zum Leben verbraucht. Die gesamte im Haus verbrauchte Energie wird etwa über eine Photovoltaik-Anlage gewonnen. Es findet eine rein bilanzielle Betrachtung statt.

Plusenergiehaus

Plusenergiehäuser liefern im Jahresdurchschnitt Energie nach außen. Erreicht wird dies durch großflächige Photovoltaik-Anlagen und weitere Maßnahmen, etwa eine Wärmerückgewinnung. Es findet eine rein bilanzielle Betrachtung statt.

KfW-Effizienzhäuser

Die KfW-Bank fördert energieeffizientes Bauen und Modernisieren mit zinsgünstigen Krediten. Der Begriff KfW-Effizienzhaus bezeichnet dabei verschiedene Standards oder Klassen der Energieeffizienz. KfW-Effizienzhaus 100 bedeutet beispielsweise, dass der Energiebedarf eines sanierten Gebäudes genau dem Niveau entspricht, das die Energieeinsparverordnung für Neubauten vorschreibt. Ein KfW-Effizienzhaus 70 bzw. 55 braucht hingegen lediglich 70 bzw. 55 % der Primärenergie eines vergleichbaren Referenzgebäudes.

Kurzinformation zu den Quellen

Enbausa: Internet Portal mit Informationen zum energieeffizienten Bauen und Sanieren. EnBauSa.de bietet dazu einen journalistisch bewerteten Überblick. Mit Elementen des Web2.0 wie Erfahrungsberichten und Blogs verbindet Enbausa Bauherren, Planer und Interessierte. Enbausa arbeitet mit ausgewiesenen Branchenexperten aus Wirtschaft und Forschung zusammen

Ecoquent: Ein renommierter Internetblog zur Solarthermie, dessen Beiträge ausschließlich von weiblichen Journalisten verfasst werden.

Sonnenenergie: Die Fachzeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie e.V., einem der ältesten und bestetablierten Solarvereine Deutschlands.

BMVBS: Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung der vorangegangenen Legislaturperiode. Die Website wird im Zuge der Regierungsbildung wesentlich überarbeitet und inhaltlich vermutlich auf zwei Ministerien verteilt. Bis dahin sind einige der angegebenen Quellen nicht erreichbar.

9 Quellen

- 1 „Alles nur Fassade?“, Welt am Sonntag, 24. März 2013
- 2 „Effizienzhaus Plus – Die ernüchternde Bilanz“, Die Welt, 23. März 2013
- 3 „Wie sieht das Haus der Zukunft aus?“, Sonne Wind & Wärme, 06/2013
- 4 „Effizienzhaus mit Plus?“, Sonnenenergie 2-2013,
- 5 „Gefeiertes Modellhaus mit fragwürdiger Bilanz“, Solarthemen, 11. April 2013
- 6 „Jahresbilanz beim Effizienzhaus Plus in Berlin: Nicht alles eitel Sonnenschein“, <http://www.ecoquent-positions.com/jahresbilanz-effizienzhaus-plus-berlin-nicht-alles-eitel-sonnenschein/>, Ecoquent Positions, 04.04.2013, Sabine E. Rädisch
- 7 „Effizienzhaus Plus in Berlin besteht Alltagstest – Zwischenbilanz mit der Testfamilie nach einem Jahr Probewohnen“, Pressemeldung Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung vom 20. März 2013
- 8 „Versteckspiel um Energiewerte beim Berliner Effizienzhaus Plus – Messdaten wecken Zweifel am Plusenergiehaus-Konzept“, ENBAUSA, 2.5.2013, <http://www.enbausa.de/daemmung-fassade/aktuelles/artikel/messdaten-wecken-zweifel-am-plusenergiehaus-konzept-3347.html>
- 9 Bauministerium, Effizienzhaus Plus, Konzept, http://www.bmvbs.de/DE/EffizienzhausPlus/effizienzhaus-plus_node.html
- 10 IBP-Kurzbericht „Messtechnische und energetische Validierung des ‘BMVBS-Effizienzhaus Plus in Berlin‘“

- 11 Globalstrahlung, zahlreiche Einzelwerte : <http://www.sonnenenergie.de/sonnenenergie-redaktion/SE-2010-01/Layout-fertig/PDF/Einzelartikel/SE-2010-01-s052-Service-Globalstrahlung.pdf>
- 12 Wikipedia: Sonnenscheindauer: <http://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenschein#Sonnenscheindauer>
- 13 „Geringer Sonnenschein ist nicht der Grund für die Energielücke – Beim Effizienzhaus Plus Berlin gibt es neue Fragen“, Enbasa, 26.2.2013: <http://www.enbasa.de/solar-geothermie/aktuelles/artikel/beim-effizienzhaus-plus-berlin-gibt-es-neue-fragen-3426.html>
- 14 Prof. Harald Drück in „Traumhaus oder Wolkenkuckucksheim?“, Spiegel TV <http://www.spiegel.tv/#/filme/energieeffizienzhaus-plus/>
- 15 „Wärmepumpe verbraucht mehr als doppelt so viel Strom wie geplant – Effizienzhaus-Plus-Beteiligte reagieren auf Kritik“, Enbasa 13.8.2013: http://www.enbasa.de/daemmung-fassade/aktuelles/artikel/effizienzhaus-plus-beteiligte-reagieren-auf-kritik-3490.html?utm_source=NL_20082013&utm_medium=Newsletter&utm_campaign=Newsletter_20082013
- 16 Bundeskabinett will Solarstrom-Erzeuger bestrafen – Solarwirtschaft fordert Nachbesserung bei EEG-Reform, 23.01.2014, <http://sonnenseite.kjm4.de/r/1q1JcWQ20636ms409.html>
- 17 Gabriel konkretisiert Pläne zur Belastung des Eigenverbrauchs – Die Pläne für die EEG-Novelle im Detail, 23.01.2014, <http://sonnenseite.kjm4.de/r/1q1JcWQ20637ms409.html>

Bilder: Dip.-Ing. Oliver Baer

Dipl.-Ing. Oliver Baer,
Dresden, 17.März 2014