

DIE TATSÄCHLICHEN ENERGIEKENNWERTE

REBOUND UND PREBOUND / PLAN UND WIRKLICHKEIT

Wie bereits vor einem Jahr¹⁾ möchten wir uns erneut mit der Zukunft bzw. der Gegenwart des Bauens beschäftigen. Anlass ist erneut das Forschungsvorhaben „Effizienzhaus Plus mit Elektromobilität“ des Bundes. Der in diesem Modellprojekt geförderte Haustyp soll über die Jahresbilanz mehr Energie erzeugen als er verbraucht – das heißt, die Primärenergiejahresbilanz als auch die Endenergiejahresbilanz soll positiv sein. Der technische Aufwand zur Erreichung dieses Ziels ist enorm. Eine Frage die sich in dem Zusammenhang stellt ist auch: Wie sehr beeinflussen die Bewohner das Ergebnis?

Die im Rahmen des Vorhabens errichteten Wohngebäude wurden durch das Fraunhofer-Institut für Bauphysik bis zu zwei Jahre lang messtechnisch begleitet²⁾. Neben dem zu erbringenden Nachweis, dass die Gebäude tatsächlich mehr Erneuerbare Energie erzeugen als zum Hausgebrauch erforderlich ist und sie den Effizienzhaus-Plus-Standard einhalten sollen wurde unter anderem auch der tatsächliche Endenergieverbrauch der Gebäude bestimmt und mit den zuvor berechneten Werten verglichen. Das Ergebnis: Bis auf eine Ausnahme verbrauchten alle Gebäude³⁾ aus der zweijährigen Monitoringphase mehr Energie als zunächst prognostiziert. Im Mittel lag der Mehrverbrauch 2013 bei 46%, durch Optimierungen und günstige Klimaverhältnisse konnte man ihn 2014 auf 23% „drücken“. Hier kann man sich fragen: Ist es die Überforderung des durchschnittlichen Bewohners durch eine immer komplexer werdende Gebäudetechnik und -automation oder ist es am Ende der Mensch selbst der als Störfaktor wirkt?

Die Schere zwischen errechnetem und tatsächlichem Energieverbrauch

Im Zuge der Recherche zu diesem Artikel ist eine bereits 2012 erschienene Studie aufgetaucht, die einiges erklären kann. Mit ihr lässt sich die Diskrepanz zwischen Kalkulation und Resultat ansatzweise begrifflich machen. Die Auto-

ren Minna Sunikka-Blank und Ray Galvin lehren an der Universität Cambridge, ihr Text⁴⁾ wurde dankenswerterweise von Rainer Schepplmann ins Deutsche übersetzt⁵⁾. An dieser Stelle bedanken wir uns für die freundliche Genehmigung, daraus auszugsweise zitieren zu dürfen. Aus Platzgründen haben wir darauf verzichtet, die dort zahlreich angegebenen Quellen aufzuführen. Die Studie vergleicht die Ergebnisse auch mit Gebäuden in den Niederlanden, Großbritannien, Belgien und Frankreich. Wir beschränken uns in diesem Text ausschließlich auf Deutschland.

Zusammenfassung der Studie

Die deutschen Vorschriften für energetische Sanierung von Bestandsgebäuden basieren auf hohen thermischen Standards, deren Erfüllung man für technisch und wirtschaftlich machbar hält. In der Studie wurden 3.400 deutsche Gebäude untersucht. Ihre theoretisch errechneten Energiekennwerte wurden den tatsächlich gemessenen Verbräuchen gegenübergestellt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Bewohner durchschnittlich 30% weniger verbrauchen als es dem errechneten Energiekennwert des Gebäudes entspricht. Dieses Phänomen wird **PREBOUND-Effekt** genannt, wobei der Effekt umso

stärker auftritt, je schlechter der Energiekennwert ist. Der gegenteilige Effekt, **REBOUND** genannt, ist bei Niedrigenergiehäusern zu beobachten. Hier verbrauchen die Bewohner mehr als der Energiekennwert des Gebäudes zulässt (siehe Bild 1).

Die Untersuchung kommt zu folgenden Ergebnissen (Bild 2):

1. Es gibt für jede Energieeffizienzklasse ein breites Spektrum gemessener Heizenergieverbräuche. Dabei sind Varianzen von bis zu über 600% typisch, d.h. dass ein Gebäude sechsmal mehr Heizenergie verbraucht als ein anderes derselben Energieeffizienzklasse. Dies ist kein spezifisch deutsches Phänomen, sondern auch beispielsweise in der Schweiz, in Frankreich, in Österreich, den Niederlanden und in Dänemark zu beobachten.
2. Die Analyse zeigt eine Lücke zwischen dem errechneten Heizenergieverbrauch und dem gemessenen Heizenergieverbrauch. Der Energiekennwert beschreibt den vermuteten Heizenergieverbrauch eines Gebäudes auf Basis physikalischer Faktoren wie der thermischen Qualität der Gebäudehülle, dem Heizungssystem und dem Stand-

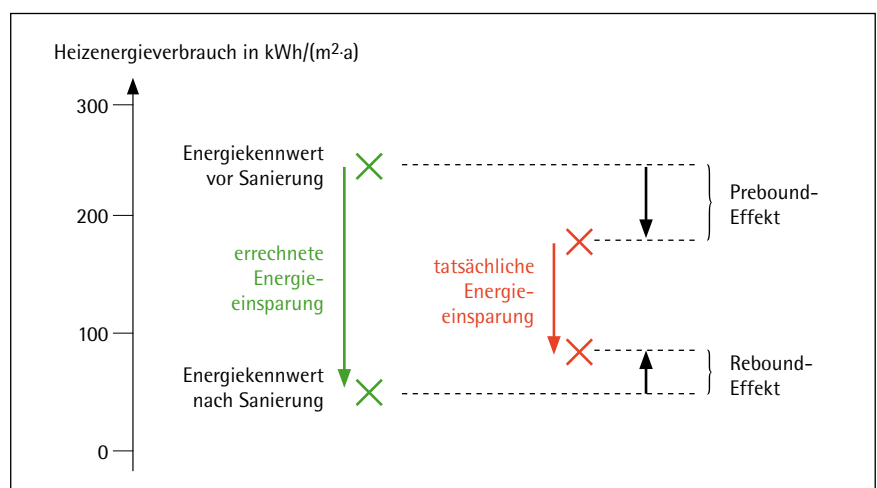


Bild 1: Begrenzung des theoretischen Energieeinsparpotenzials durch den Prebound-Effekt und den Rebound-Effekt

ort. Der durchschnittliche Energiekennwert für deutsche Gebäude liegt bei 225 kWh/(m²-a), wobei die Spannbreite von 15 kWh/(m²-a) bis über 400 kWh/(m²-a) geht. Der Energiekennwert wird benutzt, um potenzielle Energieeinsparungen durch energetische Sanierung vorherzusagen. Im Gegensatz zum durchschnittlichen Energiekennwert liegt der durchschnittliche gemessene Heizenergieverbrauch der privaten Haushalte in Deutschland bei etwa 150 kWh/(m²-a). Er liegt somit 30% niedriger als der durchschnittliche Energiekennwert.

3. Die Datenreihen zeigen einen Trend bezüglich des Verhältnisses von Energieverbräuchen und Energiekennwerten. Je höher der Energiekennwert, umso geringer ist der tatsächliche Verbrauch im Verhältnis zum Energiekennwert. So liegt beispielsweise der gemessene Verbrauch eines Hauses mit einem Energiekennwert von 300 kWh/(m²-a) etwa 40% unter dem errechneten Wert. Hingegen haben Häuser mit einem errechneten Energiekennwert von 150 kWh/(m²-a) einen tatsächlichen Energieverbrauch, der 17% unter dem errechneten Wert liegt.
4. Niedrigenergiehäuser scheinen am anderen Ende der Skala im allgemeinen die gegenteilige Tendenz, den Rebound-Effekt aufzuweisen. Das rechte Streudiagramm

(in Bild 2) zeigt, dass sich die Mehrheit der Punkte im Bereich niedrigen Energieverbrauchs, oberhalb der Regressionslinie befinden. Das bedeutet, dass bei Niedrigenergiehäusern die tatsächlichen Verbräuche höher als die errechneten Energiekennwerte sind. Andere Datenreihen zeigen, dass der durchschnittliche gemessene Verbrauch bei Gebäuden mit einem Energiekennwert von weniger als 50 kWh/(m²-a) höher als der Energiekennwert ist. Dies ist bei Gebäuden mit einem Energiekennwert unter 75 kWh/(m²-a) noch deutlicher (rund 65%).

Weitere Untersuchungen

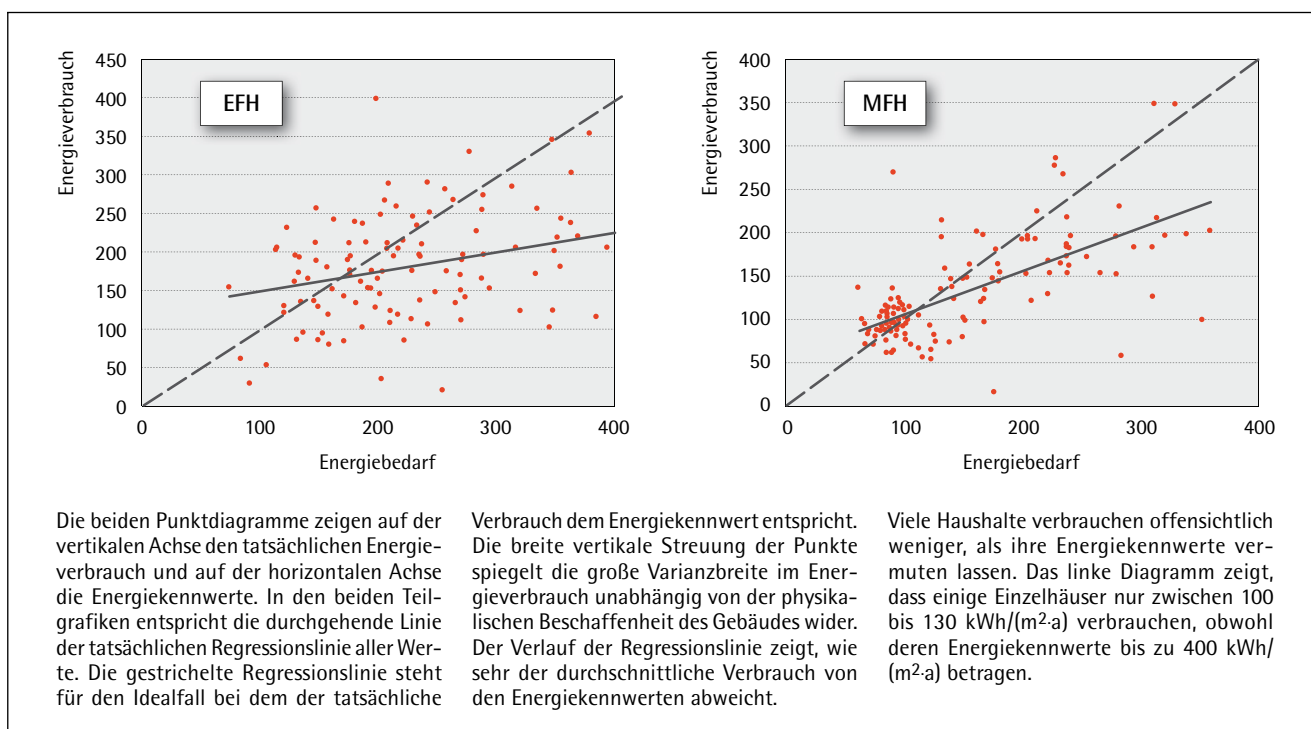
In einer Untersuchung über eine Siedlung mit so genannten Niedrigenergiesolargebäuden erweist sich der Heizenergieverbrauch als zweimal so hoch wie der Energiekennwert. Weitere Untersuchungen haben den tatsächlichen Heizenergieverbrauch deutscher Gebäude nach Baujahren untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass die Bauvorschriften in den letzten Jahren sukzessive verschärft wurden und dass immer mehr der in den letzten Jahren errichteten Gebäude die erforderlichen Standards nicht erreichen. Eine Ausnahme bildet eine Studie über eine kleine homogene Gruppe von Gebäuden, wo der durchschnittliche Verbrauch nach der energetischen Sanierung auf Niedrigenergiestandards sich im Rahmen der Energiekennwerte bewegte.

Bei Passivhäusern ist die Tendenz jedoch nicht so konsistent. So wurde der Energieverbrauch von 700 Passivhäusern und 370 Niedrigenergiehäusern in Nordrhein-Westfalen kontrolliert. Die gemessenen Heizenergieverbräuche von 57% der Niedrigenergiehäuser und von 41% der Passivhäuser lagen über dem Energiekennwert. In Studien über kleine Passivhaussiedlungen ergab sich, dass der Verbrauch im Durchschnitt im Bereich der errechneten Energiekennwerte lag. Das legt die Schlussfolgerung nahe, dass Gebäude mit Energiekennwerten unter 100 kWh/(m²-a) und herkömmlichen Heizsystemen in der Tendenz mehr verbrauchen als berechnet, und dass der Verbrauch bei Passivhäusern, die nicht mehr solche Heizsysteme haben, sich kongruent zum Energiekennwert verhält. Zudem ist festzustellen, dass sowohl bei Niedrigenergie- wie bei Passivhäusern die Verbrauchsvarianz sehr groß ist.

Woher kommt die Lücke?

Es kann unterschiedliche Gründe für die breite Lücke zwischen Energiekennwerten und gemessenem Verbrauch geben:

- Der Energiekennwert basiert auf Standardrechenmethoden. Die Annahmen bei dieser Rechenmethode könnten falsch oder unangemessen sein. Dies kann beispielsweise den Faktor, der für Lüftungsverluste angesetzt wird oder die Standardinnentemperatur betreffen.



Quelle: Sunikke-Blank /Galvin, Schreppelmann

Bild 2: Streudiagramme im Vergleich von gemessenen (vertikale Achse) und errechneten Energieverbräuchen (horizontale Achse) in Einfamilienhäusern (links) und Mehrfamilienhäusern (rechts).

- Abweichungen, die bei älteren Gebäuden festgestellt werden, könnten sich aus unkorrekten Annahmen bei der Errechnung der Energiekennwerte erklären. So können Lüftungsverluste durch große Ventilatoren oder Wärmerückgewinnung kompensiert werden, und in Einfamilienhäusern könnte ein großer Teil der Wohnfläche nur wenig genutzt werden.
- Es könnte an den Standardrechenmodellen liegen, die das Heizverhalten berücksichtigen, was bis zu einem gewissen Grad unvermeidlich ist. Allerdings wird in der Praxis die hohe Diskrepanz zwischen den theoretischen Kennwerten und dem tatsächlichen Verbrauch Verwirrung stiften, wenn etwa ein privater Haushalt die Energiekennwerte nutzen muss, um einen Förderantrag zu stellen.

Der Prebound-Effekt bei Haushalten

Die Datenreihen zeigen, dass der tatsächlich gemessene Heizenergieverbrauch der privaten Haushalte im Durchschnitt 30% niedriger als errechnet ist. Die Analysen legen die Vermutung nahe, dass die Bewohner sich umso sparsamer beim Heizen verhalten, je schlechter die thermische Qualität des Gebäudes ist (Prebound-Effekt).

Der Rebound-Effekt ergibt sich bekanntermaßen, wenn nach der Sanierung ein Teil der Energieeinsparung durch zusätzlichen Energieverbrauch wettgemacht wird, z.B. durch „erhöhte Raumtemperatur und Komfortansprüche, oder weil das eingesparte Geld in neue Geräte und erhöhten Energieverbrauch gesteckt wird“.

Im Gegensatz dazu bezieht sich der Prebound-Effekt auf die Situation vor einer energetischen Sanierung, und er zeigt, wie viel weniger Energie verbraucht wird als vermutet. Da Sanierungen keine Energie einsparen können, die gar nicht verbraucht wird, ergeben sich Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit energetischer Sanierungen.

Die Relation zwischen Energiekennwerten und gemessenem Heizenergieverbrauch wurde in einer Untersuchung in Form einer Modellgleichung aufgestellt (Bild 3). Sie gilt für Gebäude mit einem Energiekennwert über 100 kWh/(m²-a). Dabei zeigt sich, dass ein Gebäude mit einem Energiekennwert von 500 kWh/(m²-a) einen tatsächlichen Heizenergieverbrauch von 215 kWh/(m²-a) haben kann. Gebäude mit einem Energiekennwert von 200 kWh/(m²-a) kommen auf einen Heizenergieverbrauch von 145 kWh/(m²-a).

Mit dieser Faustregel könnte die tatsächliche durchschnittliche Energieeinsparung berechnet werden, die sich aus Energieeffizienzmaßnahmen ergibt. Dabei gibt es selbstverständlich Abweichungen aufgrund von Art, Größe und Alter der Gebäude. Der Prebound-Effekt geht dabei auf Null, sobald ein Energiekennwert von 50 kWh/(m²-a) erreicht ist. Darunter wird er negativ, d.h. es kommt zum Rebound-Effekt. Es muss hervorgehoben werden, dass der Prebound-Effekt in der Tendenz ausgeprägter ist, je höher der Energiekennwert ist.

Der Prebound-Effekt

Es bedarf sozialwissenschaftlicher Forschung, die dieses Phänomen untersucht und erklärt, wie die Bewohner es schaffen, in solchen energieineffizienten Gebäuden zu leben. Außerdem wäre es interessant zu begreifen, warum Haushalte, die sich höhere Heizstandards leisten könnten, es vorziehen, so wenig Heizenergie in ihren nicht sanierten Gebäuden zu verbrauchen.

Ein anderes Thema ist die Frage, worin ihre Energieeinsparstrategien bestehen, etwa wann und mit welchen Temperaturen sie welche Räume heizen, welche Heizungseinstellungen sie wählen und wie häufig sie lüften. Ebenso wenig bekannt ist die Motivation der Bewohner: Welche Gründe führen bei privaten Haushalten zum sparsamen Umgang mit Energie?

Fazit

Wie schon an dieser Stelle⁶⁾ geschrieben ist die EnEV in ihrer Konstruktion zumindest teilweise zu hinterfragen. Man könnte überspitzt formulieren, dass so manch strikt eingeforderter thermische Standard die real eingesparte Menge an Energie gar verringert. Der starre Blick auf die Gebäudehülle verhindert Innovationen und Alternativen. Die EnEV kennt in ihrer momentanen Form nur eine Blickrichtung. Sie steht nicht für Technolo-

gieoffenheit, sondern präferiert einseitig die Wärmeerzeugung mit Strom und macht damit zu viele Türen zu.

Fußnoten

- 1) SONNENENERGIE 1|15: Auf der Suche nach dem Königsweg, Matthias Hüttmann
- 2) www.forschungsinitiative.de/fileadmin/user_upload/Forschung/Effizienzhaus_Plus/Forschung/Begleitforschung_Netzwerk/Abschlussbericht_Effizienzhaushaus_Plus_Begleitforschung_Phase_2_final.pdf
- 3) Bis auf eine Ausnahme: Das Projekt in Stelzenberg wurde nur vorübergehend genutzt.
- 4) [www.cam.ac.uk/research/news/the-prebound-effect bzw. www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09613218.2012.690952#abstract](http://www.cam.ac.uk/research/news/the-prebound-effect-bzw.www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09613218.2012.690952#abstract)
- 5) <http://euco2.eu/resources/Prebound-Deutsch.pdf>
- 6) SONNENENERGIE 3|15: Die Wärmepolitik hat in eine Sackgasse geführt, Klaus Oberzig

ZUM AUTOR:

► Matthias Hüttmann
huettmann@dgs.de

Quelle

Minna Sunikka-Blank und Ray Galvin
Department of Architecture, University of Cambridge, 1-5 Scroope Terrace, Cambridge CB21PX
mms45@cam.ac.uk, rg445@cam.ac.uk

Deutsche Fassung

Rainer Schoppelmann
Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Leitstelle Klimaschutz, Hamburg
rainer.schoppelmann@hamburg.de

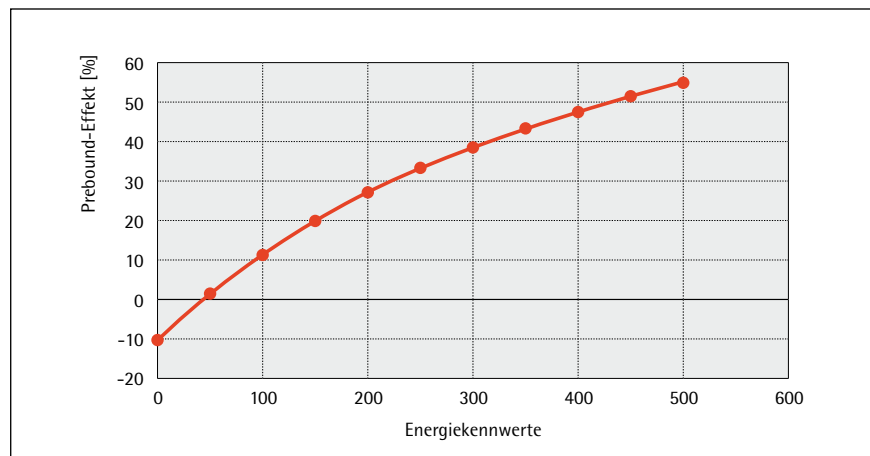


Bild 3: Der Prebound-Effekt mit Formel: $P (\%) = 100 [1,2 - 1,3 / (1 + \text{Energiekennwert}/500)]$