

Energieeffizientes und solares Bauen für eine nachhaltige Energieversorgung von Gebäuden

1. Bedeutung der energetischen Gebäudesanierung und des energieeffizienten Bauens

„Die Szenarien belegen, die energetische Sanierung des Gebäudebestands ist der zentrale Schlüssel zur Modernisierung der Energieversorgung und zum Erreichen der Klimaschutzziele“ so die Bundesregierung in ihrem Energiekonzept vom 28. September 2010 [1]. Kenntnisse aus der Wissenschaft, wie z. B. aus 1992 „*Wer den Gebäudebestand vergißt, kann alle Energiesparziele vergessen*“ [2] haben sich mittlerweile auch in den Medien durchgesetzt und werden von der Politik übernommen.

Zur Sanierung des Gebäudebestands stehen zahlreiche, erprobte Mittel zur Verfügung. In zahlreichen Demonstrationsprojekten von *EnSan*, ein Forschungsprojekt des Bundesministeriums für

Wirtschaft und Technologie, werden Muster-sanierungen für verschiedene Gebäudetypen entwickelt und erprobt [3]. Die Deutsche Energieagentur (dena) führte den Wettbewerb „*Niedrigenergiehaus im Bestand*“ durch und die Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung (GRE) gab mittlerweile die 6. überarbeitete Auflage ihrer Broschüre „*Energieeinsparung im Wohngebäudebestand*“ [4] heraus.

Dennoch entspricht die Sanierungsquote nicht den Erfordernissen, da zahlreiche Hemmnisse dagegenstehen [5]. Bei der Festlegung der Wege, wie der Gebäudebestand intensiver energetisch saniert werden kann, herrscht Unklarheit, wenn nicht gar Konfusion. Deshalb ist es wichtig, dass gerade jetzt die richtigen Weichenstellungen erfolgen.

Prof. Dr. Gerd Hauser
Fraunhofer IBP

gerd.hauser@
ibp.fraunhofer.de

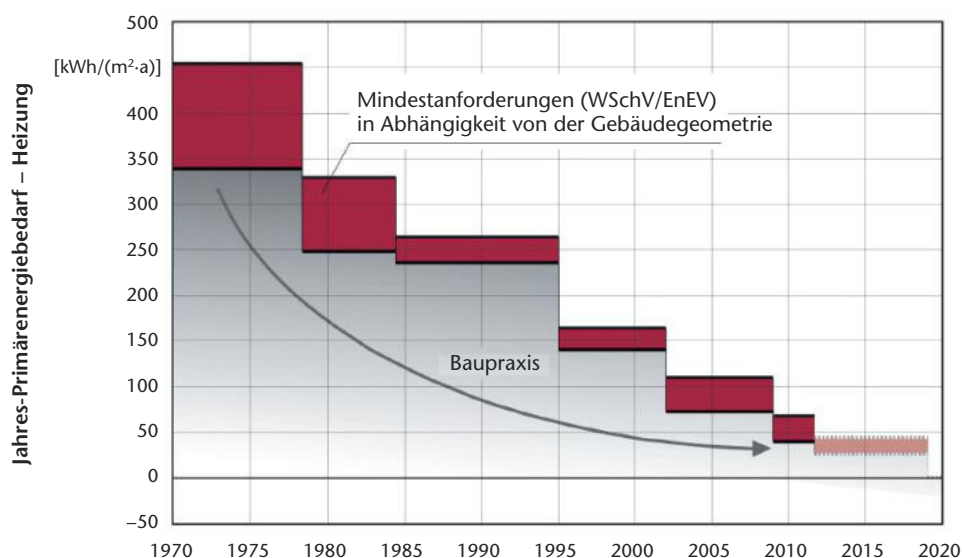


Abbildung 1
Entwicklung der Mindestanforderungen zum energieeffizienten Bauen in Deutschland. Darstellung des Jahresprimärenergiebedarfs Heizung für Wohngebäude.

2. Gebäude als „Minikraftwerke“

Knapp 40 % des gesamten Endenergieverbrauchs werden in Deutschland für die Konditionierung von Gebäuden – Heizen, Kühlen, Warmwasserbereiten, Kunstlicht, Lüftung – verbraucht. Selbstverständlich unterliegt dieser Endenergieverbrauch jährlichen Schwankungen, die durch wechselnde meteorologische Randbedingungen aber auch die Wirkung öffentlich-rechtlicher Anforderungen entstehen. So ist von 1990 bis 1996 ein kontinuierlicher Verbrauchsanstieg zu beobachten und seit 1997 ein sinkender Energieverbrauch in Wohngebäuden [5].

Die Wirkungen der öffentlich-rechtlichen Anforderungen an das energiesparende Bauen sind in *Abbildung 1* verdeutlicht. In den Jahren ab 1977 bis heute wurden Anforderungen an den energiesparenden Mindestwärmeschutz gestellt und immer wieder verschärft. Die roten Felder markieren den Einfluss der Gebäudegröße und Form.

Entsprechend der EU-RICHTLINIE 2010 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung) vom 7. April 2010 gilt gemäß

Artikel 9

Niedrigstenergiegebäude

(1) Die Mitgliedstaaten gewährleisten, dass
a) bis 31. Dezember 2020 alle neuen Gebäude Niedrigstenergiegebäude sind und
b) nach dem 31. Dezember 2018 neue Gebäude, die von Behörden als Eigentümer genutzt werden, Niedrigstenergiegebäude sind.

Es ist deshalb zu erwarten, dass künftige Neubauten von Wohn- und Bürogebäuden, Schulen und vergleichbaren Gebäuden ab ca. 2020 generell Plusenergiehäuser (Minikraftwerke) sein werden. Plusenergiehäuser sind Gebäude mit einer ausgezeigten Energieeffizienz und integrierten Systemen zur Gewinnung erneuerbarer Energie, die im Jahresdurchschnitt weniger Endenergie verbrauchen als sie erzeugen. Die in diesem Zusammenhang häufig gewählte Definition auf Basis des Jahres-Primärenergiebedarfs erscheint wenig sinnvoll, weil sich dieses Ziel über die Verwendung entsprechender Energieträger relativ leicht erreichen ließe.

Diese Prognose stützt sich auch auf die Erkenntnis, dass es mittlerweile realisierbar ist, derartige Gebäude zu erstellen wie der Sieger des Solar Decathlon Wettbewerbs 2007 und auch 1999, die Technische Universität Darmstadt, Prof. Hegger, belegen. Dabei werden keineswegs exotische Techniken oder Gebäudeformen realisiert, vielmehr ist es eine Umsetzung der vorhandenen Kenntnisse in einen Gebäudeentwurf, aufbauend auf bestehenden und bewährten Systemen. So

Abbildung 2
 Solar Decathlon Sieger 2007 der Technischen Universität Darmstadt, Prof. Hegger, mit Angabe technischer Kennwerte



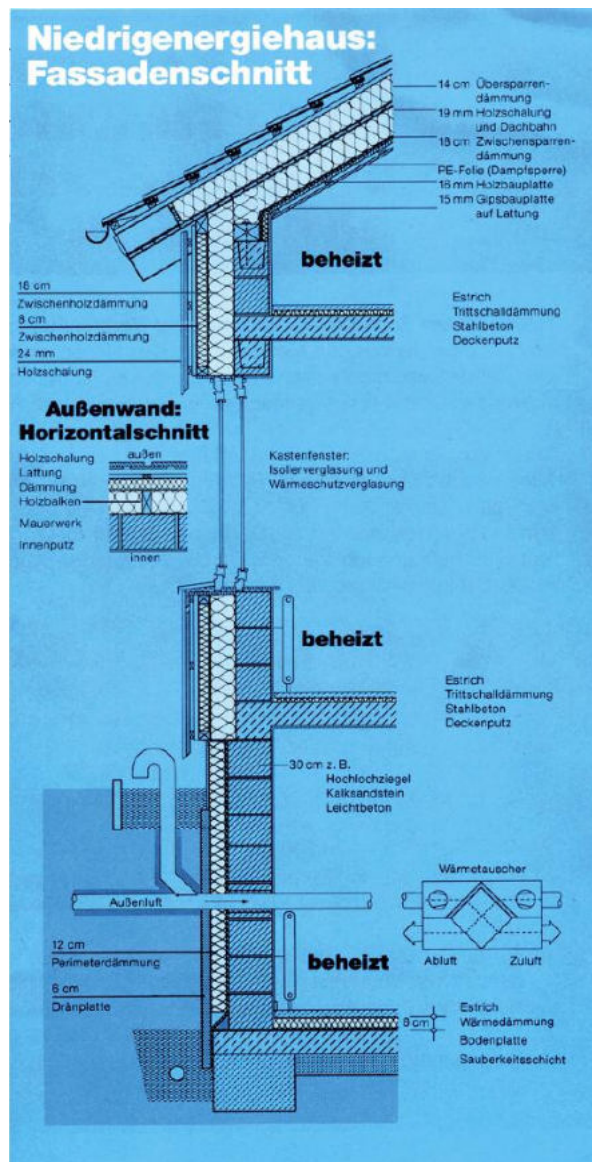


Abbildung 3
Titelseite des
Merkblattes
„Das Niedrigenergie-
haus“ der Gesellschaft
für Rationelle Energie-
verwendung (GRE) aus
dem Jahre 1990 [7]

wurden z. B. die entsprechenden wärmeschutz-technischen Kennwerte in einer ähnlichen Form bereits 1990 von der Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung in einem Merkblatt über Konstruktionsdetails dargestellt, wie *Abbildung 3* zeigt.

Um die Einführung und die Verbreitung derartiger Gebäude stärker zu forcieren, hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) einen offenen, interdisziplinären Planungswettbewerb „Plusenergiehaus mit E-Mobilität“ für Hochschulen in Zusammenarbeit mit Planungsbüros am 25. 8. 2010 ausgeschrieben, der mittlerweile auch durchgeführt ist [8].

Es ist zu erwarten, dass bereits deutlich vor der gesetzten Ziellinie 2020 zahlreiche Plusenergiehäuser entstehen und die Verbindung zur Elektromobilität dokumentieren werden. Somit wird der Neubausektor künftig eine Entlastung der Klimaproblematik darstellen und es gilt, den Schwerpunkt der Betrachtung auf den Gebäudebestand zu legen.

3. Gebäudebestand

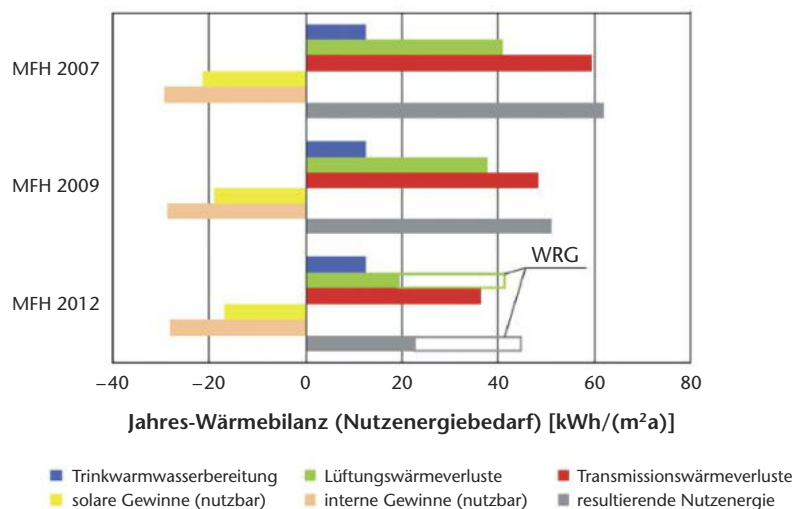
Zur Energieeffizienzsteigerung stehen verschiedene Maßnahmen zur Verfügung. Die kostengünstigste und theoretisch am schnellsten umzusetzende ist die Änderung des Bewusstseins der Nutzer. Die in zahlreichen südlichen Ländern anzutreffenden „Kühlboxen“ an jedem Fenster mögen über eine hohe technische Effizienz verfügen, würden aber häufig durch Verwendung von Sonnenschutzvorrichtungen überflüssig gemacht werden. Das Bewusstsein für die Zusammenhänge ist häufig nicht vorhanden. Dennoch ist der Umfang der getätigten Modernisierungsmaßnahmen zu gering, um die für den Klimaschutz notwendigen Einsparziele zu realisieren.

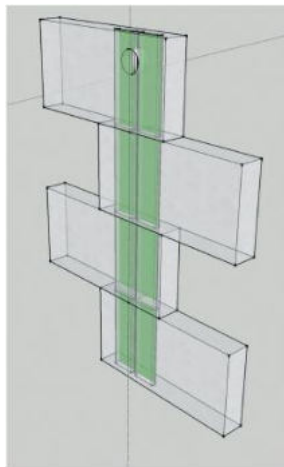
Als Mittel zur Steigerung der Sanierungsquote sind

- öffentlich-rechtliche Anforderungen, Energieeinsparverordnung (EnEV), zu nennen, die unbedingt 2012 einer weiteren Überarbeitung bedarf,
- Förder- und Anreizprogramme zu fordern. Bewusst wird hier zwischen Förder- und Anreizprogrammen unterschieden, da auch die Wiederbelebung des „§ 82 a“ der Einkommensteuer-Durchführungsverordnung 2000 eine Möglichkeit darstellt, relativ große Investitionssummen bereitzustellen.

- Aufklärung
Hierzu zählen zahlreiche Aktivitäten, wie unter anderem z. B. die mittlerweile 6. Auflage der Broschüre der Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung (GRE) „Energieeinsparung im Wohngebäudebestand“ [4] oder die dena-Broschüren aus dem Bereich Energieeffiziente Gebäude, so z. B. „Modernisierungsratgeber Energie“ [9]
- Demonstrationsprojekte,
die zur Veranschaulichung der Machbarkeit der einzelnen Maßnahmen unschätzbaren Wert aufweisen und in großem Umfang durch das EnSan-Projekt des Bundeswirtschaftsministeriums angestoßen wurden
- Technische Innovationen
Dieser Aspekt wird meist zu wenig beachtet, da häufig argumentiert wird, dass die entsprechenden Techniken zur Modernisierung bzw. Sanierung von Gebäuden in ausreichendem Maße und erprobt zur Verfügung stünden. Dies trifft zwar zu, andererseits sind diese Techniken häufig zu kostenintensiv, so dass durchaus durch Innovationen der Kostendruck und damit die Sanierungsbereitschaft gestärkt werden könnte. Diesem Bereich wird generell zu wenig Beachtung geschenkt. Dies gilt nicht nur für den Bereich der Gebäudesanierung sondern, wie in [10] dargelegt wird, generell für die Lösung der Problematik Klimawandel

Abbildung 4
Jahres-Wärmebilanz der Nutzenergie eines Mehrfamilienhauses (MFH) für unterschiedliche Anforderungsniveaus
WRG = Wärmerückgewinnung





Lüftungskanäle

- Die Dämmelemente bilden bei der Installation von „rechten“ und „linken“ Elementen den vertikalen Lüftungskanal an der Außenwand.
- Mit Hilfe von Kernbohrungen werden die Zu- und Abluftkanäle an die Räume angebunden.
- Die Anbindung an ein Zentrallüftungsgerät wird über Sammelleitungen im Sockelbereich eines Gebäudes hergestellt.

Abbildung 5
Darstellung der in die
Außendämmung inte-
grierten Lüftungskanäle
einer Lüftungsanlage
mit Wärmerückgewin-
nung (WRG)

und Energieverknappung. Zwei Beispiele für mögliche Innovationen im Bereich Gebäude werden im folgenden dargestellt:

In den Entscheidungsprozess einer möglichen energetischen Gebäudesanierung sollte stets mit einbezogen werden, dass im Gegensatz zu anderen Energieverbrauchssektoren durch bauliche Heizenergieeinsparmaßnahmen zusätzlich weitere positive Effekte erzielt werden. Dabei sind insbesondere die Steigerung der thermischen Behaglichkeit in Gebäuden im Winter aber auch im Sommer zu nennen. Darüber hinaus sind in zahlreichen Fällen Modernisierungsmaßnahmen die Voraussetzung für eine weitere Bausubstanz-erhaltung und damit Werterhaltung. Diese Werterhaltung lässt sich über die üblicherweise vorgenommenen Amortisationsrechnungen nicht erfassen.

3.1 Zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung im Bestand

Mit zunehmender Verminderung der Transmissionswärmeverluste über Wärmedämmmaßnahmen bei opaken und transparenten Bauteilen gewinnen die Lüftungswärmeverluste eine immer größere Bedeutung, da sie prozentual einen immer größeren Wert annehmen. *Abbildung 4* veranschaulicht dies anhand eines Mehrfamilienhauses, welches exakt den Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2007 und 2009 und der erwarteten Werte 2012 entspricht. Es wird deutlich, dass die Lüftungswärmeverluste im Verhältnis zu den Transmissionswärmeverlusten

ansteigen und diese in 2012 sogar überragen würden, falls nicht eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung zum Einsatz käme. Eine solche Technik ist für die Referenzgebäude zur Fixierung des Anforderungsniveaus von Neubauten auch im Wohnungsbau ab 2012 vorgesehen. Das Potential auf die resultierende Nutzenergie verdeutlicht die Notwendigkeit eines solchen Schrittes. Bei Passivhäusern ist dieser Schritt seit Jahrzehnten vollzogen.

Bei Sanierungsarbeiten im Gebäudebestand ist die Realisierung einer zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung bislang beinahe unmöglich, da die zahlreichen Durchbrüche durch Wände und Decken das Gebäude nahezu in den Rohbauzustand verlagern und eine Nutzung während dieser Zeit so gut wie ausgeschlossen ist. Durch ein innovatives Konzept, das vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik entwickelt wurde und derzeit an einem ersten Objekt, einem Zweifamilienhaus, detailliert untersucht wird, lassen sich auch im Gebäudebestand Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung realisieren, indem die Lüftungskanäle in die Dämmung integriert werden, wie *Abbildung 5* zeigt. Hierdurch lassen sich die Investitionskosten für eine derartige Anlage extrem mindern und eine sehr flexible Anpassung an die Gegebenheiten aber auch Wünsche der Nutzer ist möglich.

Abbildung 6
Schematische Darstellung der Anordnung der Streifenabsorber in die Geschossdecke und Darstellung des Schallabsorptionsgrades in Abhängigkeit von der Frequenz

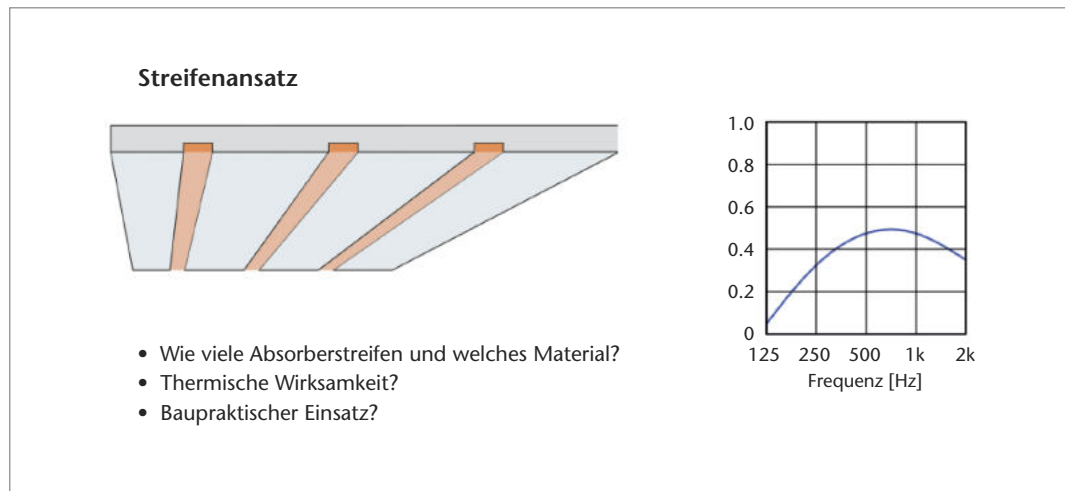


Tabelle 1
Flächenspezifischer Nutzungsgrad verschiedener erneuerbarer Energieträger [12] bei durchschnittlicher solarer Einstrahlung 1000 kWh/(m²a), und einer Flächenbelegung von PV 50 %

	flächenspezifischer Nutzungsgrad in Prozent von 1000 kWh/m ² a	flächenspezifischer Nutzungsgrad elektrisch	Herstellungs-/Produktionsaufwand pro kWh gewonnener Energie
Rapsöl/Biodiesel	0,11 % (1,1 kWh)		> 50 %
Biogas ¹⁾	0,46 % (4,6 kWh)	0,17 % (1,7 kWh)	25–50 % ²⁾
Bioethanol	0,18 % (1,8 kWh)		80–90 %
Btl-Diesel, Ft-Diesel	0,23 % (2,3 kWh)		> 50 %
PV-monokristallin	7–9 % (7–9 kWh)	7–9 % (7–9 kWh)	ca. 14–20 %
PV-Dünnschicht	3–5 % (3–5 kWh)	3–5 % (3–5 kWh)	ca. 5–10 %
Windkraft onshore	ca. 5 % (5 kWh)	ca. 5 % (5 kWh)	ca. 2 %

1) In [Scheffer, Konrad: Vom Bioenergiedorf zur autonomen Solarenergie-Region. In: Solarzeitalter 4/2008: 23–30] wird ein Konzept zur Biomasse-Nutzung mit höheren (insbesondere thermisch verwertbaren) Erträgen beschrieben;

2) Der Herstellungs-/Produktionsaufwand hängt bei Biogasanlagen entscheidend vom Nutzungsgrad der Abwärme ab.

Quelle: Lücking, R.-M.; Hauser, G.: Nachhaltige Energieversorgung von Gebäuden. In: TAB, 10/2009, Bauverlag BV GmbH, Gütersloh, S. 62–66

3.2 Gute Raumakustik trotz thermischer Bauteilaktivierung

Im Büro- und Verwaltungsbau hat die thermische Bauteilaktivierung in Form einer Betonkernaktivierung der Geschossdecke einen großen Marktanteil errungen, weil mit dieser Technik sehr komfortabel gute Raumklimazustände herzustellen sind. Diese Flächen müssen funktionsgemäß im thermischen Kontakt mit dem Raum stehen und dürfen nicht durch die für die Raumakustik erforderlichen Absorptionsmaterialien abgedeckt werden. Deshalb gibt es stets einen Konflikt zwischen raumakustischen Maßnahmen und Maßnahmen zur Steigerung der thermischen Behaglichkeit bzw. des Energieverbrauchs. Die Einbettung des vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik entwickelten Streifenabsorbers, wie in

Abbildung 6 wiedergegeben, ermöglicht einen hohen Schallabsorptionsgrad und damit eine deutliche Verminderung der Nachhallzeit im Raum ohne die beschriebenen Nachteile der Deaktivierung der Geschossdecke.

Derartige, limitierende Faktoren für Energieeffizienz-Konzepte können mittels Bewertungssystemen des Nachhaltigen Bauen, wie sie in [11] beschrieben sind quantifiziert und dokumentiert werden.

4. Energieversorgung der Gebäude

Die Konditionierung von Gebäuden wird künftig im Neubaubereich überwiegend über strombasierte Systeme erfolgen, da der Anschluss mit Strom ohnehin erforderlich ist, allein schon aus Gründen der Einspeisung des am Gebäude gewonnen Überschussstroms in das Netz. Auch beim Vergleich der Effizienz der einzelnen erneuerbaren Energieformen erweisen sich stromgetragene Systeme wie Photovoltaik als am Günstigsten wie in [12] bereits dargelegt wurde. Die wesentlichen Ergebnisse sind in *Tabelle 1* zusammengefasst. Hier wird gezeigt, dass nicht nur der flächenspezifische Nutzungsgrad gering ist, sondern dass bis auf Biogas mehr als die Hälfte der gewonnenen Energie in den Herstellungs- und Produktionsprozess gesteckt werden muss.

Im Gebäudebestand bei noch relativ hohem Heizenergiebedarf erscheint der Einsatz von Wärmepumpen für die Bereitstellung der Heizwärme und des Warmwassers am sinnvollsten, wobei möglichst als Energiequelle das Erdreich herangezogen werden sollte. Auch im Gebäudebestand erscheinen Technologien zur Anzapfung des Erdreichs, gegebenenfalls sogar durch die Bodenplatte eines mehrgeschossigen Hauses, machbar.

Bei strombetriebenen Wärmepumpen kann ein Großteil des am Gebäude erzielten Stroms auch für den Antrieb der Wärmepumpe genutzt werden. Bei fehlendem selbstproduziertem Strom muss auf das Netz zurückgegriffen werden. Im Netz entsteht die Problematik, dass generell sehr instationär große Mengen an durch erneuerbare Energien erzeugtem Strom eingespeist werden, die nicht synchron verlaufen mit dem Verbrauch. Die Gestaltung des Netzes und die Frage der Speicherung von elektrischer Energie rückt damit in den Vordergrund.

5. Gebäude als „Energiespeicher“

Der zuvor aufgeworfenen Fragestellung wie kurzfristig auftretende große Strommengen am sinnvollsten zu speichern wären, da sie mit der Nachfrage nicht synchron laufen, versucht man

entweder mit sehr überregionalen Netzen, mit chemischen Speichern oder Pumpwasserspeichern zu begegnen, die aufwendig und kostenintensiv sind. Dabei blieb bislang das Gebäude ohne Beachtung. Würde man jedoch die zuvor beschriebenen, elektrisch betriebenen Wärmepumpen heranziehen, um bei einem hohen Stromangebot Gebäude im Winter etwas aufzuheizen bzw. im Sommer etwas abzukühlen, können kurzfristig sehr große Energiemengen untergebracht und somit in Form thermischer Energie gespeichert werden. Um sich einen Überblick über die damit verbundene Größenordnung zu verschaffen, sei der Wohngebäudebestand betrachtet bei dem auf die Wohnfläche bezogen rund $320 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ Wärmespeicher vorliegen. Bei einer Gesamtwohnfläche in Deutschland von $3,375 \text{ Mia. m}^2$ ergäbe sich ein Speicher, der bei einer Temperaturänderung von einem Kelvin 1 TWh aufnehmen könnte. Somit liegt ein riesiges Potential vor und die Gebäude würden künftig nicht mehr nur als Energieerzeuger (Minikraftwerke) sondern auch als Energiespeicher einen großen Beitrag zur Lösung unserer Energieprobleme leisten können.

6. Literatur

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin, 28. Sept. 2010
- [2] Hauser, G.: Wer den Gebäudebestand vergißt, kann alle Energiesparziele vergessen; *Isoliertechnik* 18 (1992), H 5, S. 37. *Umwelt & Energie-Report* 14 (1993), Nr. 10/11, S. 30.
- [3] Reiß, J., Erhorn, H. und Reiber, M.: *Energetisch sanierte Wohngebäude*. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2002.
- [4] Hauser, G., Höttges, K., Lüking, R.-M., Maas, A. und Stiegel, H.: *Energieeinsparung im Wohngebäudebestand*. Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung, Berlin, 6. überarbeitete Auflage (2010).

- [5] Friedrich, M., Becker, D., Grondey, A., Laskowski, F., Erhorn, H., Erhorn-Kluttig, H., Hauser, G., Sager, Ch. und Weber, H: CO₂ Gebäudereport 2007. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin 2007.
- [6] Hegger, M.: Sonnige Zeiten – Solar Decathlon Haus Team Deutschland. Verlag Müller + Busmann KG, Wuppertal 2008
- [7] Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung (GRE), Merkblatt „Das Niedrigenergiehaus“, 1990.
- [8] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung. „Plusenergiehaus mit E-Mobilität“, Auslobungstext BMVBS, 25. 8. 2010.
- [9] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Modernisierungsratgeber Energie – Kosten sparen – Wohnwert steigern – Umwelt schonen. 4. überarbeitete Auflage, Berlin 2009
- [10] Kübler, K.: Leserbrief „Vom Ende der Steinzeit und des fossilen Zeitalters“ FAZ, 2.1. 2010
- [11] Ebert, Thilo; Eßig, Natalie; Hauser, Gerd: Zertifizierungssysteme für Gebäude – Nachhaltigkeit bewerten Internationaler Systemvergleich Zertifizierung und Ökonomie. München: Detail-Verlag, 2010.
- [12] Lüking, R.-M. und Hauser, G.: Nachhaltige Energieversorgung von Gebäuden. TAB 40 (2009), H.10, S. 62–66.