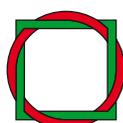
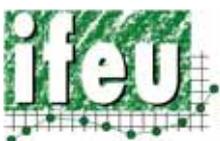




Energiebalance

Optimale Systemlösungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

Energiebalance

Optimale Systemlösungen für erneuerbare Energien
und Energieeffizienz

Impressum

Energiebalance – Optimale Systemlösungen für erneuerbare
Energien und Energieeffizienz

Ergebnisse des Projektes in Kurzfassung

Dr. Martin Pehnt, Angelika Paar, Philipp Otter
ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg
Wilckensstraße 3, 69120 Heidelberg
Tel. +49 6221 4767-0, E-Mail: martin.pehnt@ifeu.de

Mitarbeit: Markus Duscha, Hans Hertle, Regine Vogt

Frank Merten, Thomas Hanke, Dr. Wolfgang Irrek,
Dietmar Schüwer, Dr. Nikolaus Supersberger, Christoph Zeiss
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
Döppersberg 19, 42103 Wuppertal
Tel. +49 202 2492-0, E-Mail: frank.merten@wupperinst.org

Mitarbeit: Daniel Bongardt, Christine Krüger,
Dr. Hans-Jochen Luhmann, Sascha Samadi

Unteraufträge: Prof. Dr. Stefan Klinski (Berlin), Mike Voss und
Aloys Graw (Planungsbüro Graw Osnabrück)

Projektleitung: Dr. Martin Pehnt

Layout und Grafik: VisLab, Wuppertal Institut
Titelfoto Waage: Ole Höpfner

Heidelberg, Wuppertal, Mai 2009
Gefördert vom Bundesumweltministerium, FKZ 0327614

Download des Endberichtes unter
www.ifeu.de/energiebalance oder www.wupperinst.org/projekte/fg1

Inhalt

Einführung	5
Ergebnisse und Erkenntnisse des Projektes	8
Energiebalance in Energieszenarien und Konzepten	12
Vom Bioenergiedorf zur 2000-Watt-Gesellschaft: Energiepolitische Zielkonzepte	13
Energieautarkes Güssing	16
Wettbewerb „Gut verzahnt geplant“	17
Energiebalance im Gebäudesektor	20
Technologien zur Verzahnung von Effizienz und Erneuerbaren: Das Beispiel Gas-Wärmepumpe	20
Verzahnende Technologien: Versorgung hocheffizienter Gebäude mit erneuerbaren Energien	22
Entflechtung oder Verzahnung? Die Energieeinsparverordnung (EnEV) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)	25
Neubauten	26
Sanierung von Bestandsgebäuden	28
Vorschläge zur Weiterentwicklung der EnEV und des EEWärmeG	29
Das Marktanreizprogramm: Effizienzelemente in Förderprogramme für erneuerbare Energien einführen	30
Energiebalance im Stromsektor	34
Erneuerbare Energien effizienter nutzen: das Beispiel Erneuerbares- Energien-Gesetz	34
Energiebalance im Lebenszyklus: das Beispiel Biogas	36
Effizienzförderung nach EEG-Vorbild: das Negawatt-Einspeisegesetz	39
Energiebalance im Verkehrssektor	42
Verzahnung im Straßenverkehr (Pkw)	42
Verzahnung im Schienenverkehr	44
Elektromobilität	45
Empfehlungen	49

Häufig verwendete Abkürzungen:

EE = Erneuerbare Energien

EF = Energieeffizienz

Einführung

Um ambitionierte Klimaschutzziele zu erreichen, sind Maßnahmen zum Ausbau erneuerbarer Energien, zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Forcierung des Energiesparens gleichzeitig notwendig. Trotz der unbestrittenen Bedeutung dieser Strategieelemente sind sie jedoch institutionell, instrumentell und technisch bisher nicht optimal und nicht immer sinnvoll miteinander verzahnt.

Neue Fragen stellen sich, die vor dem Hintergrund einer verstärkten Marktdurchdringung von erneuerbaren Energien und steigenden Ansprüchen an die Energieeffizienz dringlicher werden:

- Wie können **erneuerbare Energieträger möglichst effizient genutzt werden** (Effizienz von erneuerbaren Energiesystemen)?

Beispielsweise verbrauchen manche schlecht angepassten Pumpen in Solaranlagen bis zu 15 Prozent des Primärenergievorteils eines Sonnenkollektors wieder auf. Und manche Biogasanlagen nutzen die anfallende Abwärme kaum oder gar nicht.

- Wie können umgekehrt besonders effiziente **Technologien und Infrastrukturen technisch und ökonomisch sinnvoll erneuerbare Energien nutzen** (Erneuerbare in

effizienten Anwendungen, insbesondere in Gebäuden und Siedlungen)?

Beispielsweise ist in sehr energiesparenden Passivhäusern der Einsatz von solarer Nahwärme oder Biomasse-Heizungen technisch und ökonomisch schwieriger.

- Wie kann die Wechselwirkung zwischen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz in den **politischen Instrumenten** optimiert werden?

Beispielsweise erlaubt die deutsche Energieeinsparverordnung in gewissen Grenzen eine Kompensation von Dämmmaßnahmen mit erneuerbaren Energien. Ähnlich werden in der CO₂-Pkw-Richtlinie Biokraftstoffe auf einen gewissen Teil der erforderlichen Effizienzbemühungen angerechnet.

- Inwiefern können energiepolitische **Instrumente**, die im Bereich erneuerbarer Energien erfolgreich sind, auf den Energieeffizienzbereich **übertragen** werden, und umgekehrt?

Diese Fragen waren der Ausgangspunkt des Projektes „Energiebalance – Optimale Systemlösungen für erneuerbare Energien und Energieeffizienz“.

Das Projekt Energiebalance

Das Projekt bestand aus einer systematischen Auswertung der Verzahnung in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr auf verschiedenen analytischen Ebenen:

Zielkonzepte und Szenarien

Energie-Szenarien zeigen mögliche Entwicklungen des gesamten Energiesystems auf und helfen bei der Identifikation erforderlicher energiepolitischer Strategien. Erneuerbare Energien und Energieeffizienz gehören dabei in der Regel zu den wesentlichen Strategieelementen. Diesbezüglich wurde für verschiedene Deutschland-Szenarien untersucht: Welche Bedeutung haben der Ausbau von erneuerbaren Energien und die Steigerung der Energieeffizienz? Inwieweit wurden auch Verzahnungen und Wechselwirkungen betrachtet?

Um einen Orientierungsrahmen für die Auswahl und Bündelung von Klimaschutzaktivitäten zu schaffen, sind in den letzten Jahren eine Reihe energie- und klimapolitischer Zielkonzepte entstanden, beispielsweise die „2000-Watt-Gesellschaft“, „Deutschland energieautark“ oder verschiedene Bioenergiedörfer und 100-Prozent-Erneuerbare-Kommunen. Sie bieten Leitbilder für die Entwicklung und Realisierung von Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen, von lokalen Konzepten bis zu nationalen Strategien.

Verschiedene nationale, regionale und kommunale Zielkonzepte wurden hinsichtlich des Konkretisierungsgrads, der Synergieeffekte zwischen Erneuerbaren und Effizienz sowie im Hinblick auf Umsetzungsprozesse und Akteursbeteiligung analysiert. Da der Erfolg der Umsetzung im Wesentlichen auch von der Kommunizierbarkeit von Zielen und Maßnahmen abhängt, wurden die Aspekte Verständlichkeit und Öffentlichkeitsarbeit ebenfalls in die Bewertung einbezogen.

Einführung

Technologien

Widersprüche oder negative Beeinflussungen zwischen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz bestehen häufig auf technischer Ebene, wie zum Beispiel bei der Versorgung von hocheffizienten Siedlungsgebieten mit Nahwärme aus erneuerbaren Energien. Für einige bereits relevante Verzahnungstechnologien, aber auch für neue Technologien, die sich noch auf dem Markt etablieren müssen (wie z.B. Gaswärmepumpen, kalte Nahwärme, energetische Versorgungsvarianten für Passivhäuser), wurden Widersprüche und Synergien der Verzahnung im Rahmen kurzer Technikfolgenabschätzungen aufgezeigt. Besonders neue und innovative Verzahnungstechnologien und Konzepte wurden im Rahmen eines Wettbewerbs „Energiebalance – Gut verzahnt geplant!“ gesucht und ausgezeichnet.

Instrumente

Eines der Ziele des Forschungsprojekts „Energiebalance“ ist die Analyse der (wechselseitigen) Anreizmechanismen wesentlicher Förderinstrumente von erneuerbaren Energien und Effizienz sowie die Optimierung der Verzahnung. Zudem werden Ideen generiert, wie übergreifende, integrative Politikansätze aussehen können. Zum einen hat das Forschungsprojektteam zu aktuell anstehenden Gesetzesvorhaben und -novellierungen Impulse erarbeitet, wie in diesen Fällen der bestehende Spielraum für Ergänzungen bzgl. der Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz ausgeschöpft werden könnte. Zum anderen wurden mittel- und langfristige Veränderungs- und Verzahnungsmöglichkeiten untersucht.

Die erste wichtige Verzahnung zwischen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz besteht bei den übergeordneten politischen Zielsetzungen. Neben den übergreifenden Klimaschutzzielen sind hier die **Ausbauziele für die erneuerbaren Energien** zu nennen, die ja aus einem Zähler, der Energiebereitstellung auf Basis erneuerbarer Energien, und einem Nenner, dem Energiebedarf, bestehen.

$$\text{Sektoraler Anteil EE} = \frac{\text{Erzeugung EE}}{\text{Verbrauch im Sektor}}$$

Die Ausbauziele können dementsprechend sowohl durch einen dynamischen Ausbau der erneuerbaren Energiebereitstellung und Anla-

genauslastung, aber auch durch eine Senkung des Verbrauchs erreicht werden. Darauf hebt auch die europäische Richtlinie für erneuerbare Energien ab: „In order to achieve more easily these [Renewable] targets laid down in this article, each Member State shall promote and encourage energy efficiency and energy saving.“

Eine systematische Verzahnung gibt es in den verschiedenen Sektoren, Politik- und Maßnahmenbereichen jedoch bisher nicht, ist allerdings auch nicht immer sinnvoll und möglich. Jedoch existieren vereinzelte Projekte, in denen der Aspekt der Verzahnung aus erneuerbaren Energien und Energieeffizienz explizit aufgegriffen wurde.

„Solar- und Sparschulen“

Ein gutes Beispiel sind die „Solar- und Sparschulen“ aus Nordrhein-Westfalen (www.solarundspar.de). In diesen Schulprojekten geht es darum, den Bau von größeren Photovoltaik-Anlagen mit Maßnahmen der Beleuchtungssanierung (Einbau von moderner und effizienter Beleuchtung) und weiteren Energie- und Wassereinsparinvestitionen in einem Gesamtpaket zu kombinieren. Das Investitionspaket wird im BürgerInnen-Contracting realisiert, d.h. durch Bürgerinnen und Bürger als stille Anteilseigner vorfinanziert, die eine Rendite auf ihr eingesetztes Kapital erhalten. Die Projekte finden im Rahmen der „100.000 Watt-Solar-Initiative“ statt, deren Grundidee es ist, an ausgesuchten Schulen pro Schüler 50 Watt solare Stromerzeugung zu installieren und gleichzeitig 50 Watt an Beleuchtungsleistung einzusparen. So werden pro Schüler insgesamt 100 Watt Leistung an herkömmlicher Stromerzeugung hinfällig.

Einführung



Abbildung 1: „Aggertal Solaranlage“

Das Aggertal-Gymnasium in Engelskirchen ist eine der Solar- und Sparschulen (Quelle: Wuppertal Institut)

Vor diesem Hintergrund stellt sich grundsätzlich die Frage: Wo wäre eine systematischere oder umfassendere Verzahnung zwischen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz sinnvoll, und wo ist sie vielleicht kontraproduktiv? Wo schafft sie Synergien, wo Konkurrenz?

Diese Broschüre dokumentiert einen Ausschnitt aus den Ergebnissen des Projektes „Energiebalance“. Gegliedert ist sie entsprechend der vier Untersuchungsgegenstände des Projektes:

- Szenarien und Zielkonzepte,
- Sektor Gebäude,
- Sektor Strom,
- Sektor Verkehr.

Das Beispiel Schütteltaschenlampe ist „Energiebalance“ im Kleinformat. Sie verbindet eine effiziente Beleuchtungstechnologie (Leuchtdiode) mit „biogener“ Muskelkraft aus dem Stoffwechsel und einem Energiespeicher (Kondensator).



Abbildung 2: Die Schüttellampe

(Quelle: www.schuettel-lampe.de)

Ergebnisse und Erkenntnisse des Projektes

These 1: Mehrdimensionale Verzahnung

Eine „Verzahnung“ von erneuerbaren Energien (EE) und Energieeffizienz (EF), wie sie im Projekt „Energiebalance“ untersucht wurde, kann auf verschiedenen Ebenen stattfinden: sie betrifft die Effizienz von erneuerbaren Energiesystemen genauso wie umgekehrt, den Einsatz erneuerbarer Energie in effizienten Anwendungen; sie bezieht sich auf technische, soziale und ökonomische Aspekte, aber auch auf politische Instrumente.

These 2: Generelle Verzahnung durch endenergiebezogene Ausbauziele

Durch die Definition von relativen, endenergiebezogenen Ausbauzielen (EEG: ≥ 30 Prozent Strom; EU-Richtlinie ≥ 18 Prozent Endenergie etc.) findet eine Verzahnung zwischen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz schon dadurch statt, dass die Ausbauziele für erneuerbare Energien durch eine dynamische Steigerung der Kapazität und Auslastung von erneuerbaren Kraftwerken, aber auch durch eine Senkung des Verbrauchs erreicht werden können.

Die Ausbauziele bestimmen sich aus einem Zähler, der EE-Erzeugung, und einem Nenner, dem Endenergiebedarf. Die Verkleinerung des Nenners durch Effizienzmaßnahmen führt zu einer Senkung der für die Zielerfüllung erforderlichen Grenzkosten der EE-Erzeugung. Von daher haben die Erreichung der Effizienzziele und die dafür erforderlichen Maßnahmen besondere Priorität.

These 3: „Zwillingssäulen“ eines nachhaltigen Energiesystems

Erneuerbare Energien und Energieeffizienz sind komplementäre Strategiesäulen.

Die Klimaschutzziele der Bundesregierung und der Ausstieg aus der Atomenergie sind dann simultan zu erreichen, wenn der Ausbau der erneuerbaren Energien mit verstärkten Anstrengungen im Bereich der Energieeffizienz einhergeht.

These 4: Zeitachse und „lost opportunities“

Eine vorausschauende Energiepolitik berücksichtigt die unterschiedlichen Zeitachsen und Durchdringungsgeschwindigkeiten von EE- und EF-Maßnahmen.

Während EE-Anlagen in der Regel schnell realisiert werden können und damit verhältnismäßig kurzfristig als Klimaschutzoption zur Verfügung stehen, müssen sich Effizienzmaßnahmen an den Investitions- und Substitutionszyklen orientieren, beispielsweise an dem Neukauf eines Fahrzeugs oder der Sanierung eines Gebäudes. Wird zu die-

sem Zeitpunkt auf EF zugunsten EE verzichtet, so kann dies u. U. eine „lost opportunity“, eine verpasste Gelegenheit über viele Jahre bis Jahrzehnte bedeuten.

Mittelfristig leistet die Energieeffizienz in verschiedenen maßgeblichen Energieszenarien einen größeren Beitrag zu den Klimaschutzziele; langfristig ist der Beitrag in ähnlicher Größenordnung. In der Realität erfolgt der Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland jedoch schneller als die Steigerung der Energieeffizienz.

These 5: Verzahnung in Zielkonzepten

Auf der Ebene gesellschaftlicher Zielkonzepte (Bioenergiedörfer, 100-Prozent-EE-Kommunen, 2000-Watt-Gesellschaft, ...) findet eine Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz auf unterschiedlichen Ebenen und unterschiedlich intensiv statt.

Anhand nationaler Zielkonzepte wie z.B. der 2000-Watt-Gesellschaft verdeutlicht sich die Wichtigkeit einer Verzahnung, denn sie spiegeln diese sowohl in der Zielsetzung als auch in der Maßnahmenkonstruktion wider. Doch je höher der Umsetzungsgrad der untersuchten Zielkonzepte ist, desto weiter tritt die Verzahnung in den Hintergrund. Vor allem bei regionalen Zielkonzepten wie z.B. bei Bioenergiedörfern oder 100-Prozent-EE-Regionen liegt der Fokus häufig allein im Ausbau von Anlagen zur Nutzung von erneuerbaren Energien.

These 6: Erneuerbare Energien und Energieeffizienz nicht gegeneinander aufrechnen

Eine Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz ist meist dann kontraproduktiv, wenn ökologisch-ökonomisch sinnvolle Effizienzmaßnahmen durch erneuerbare Energien unterlaufen werden können.

Einige Beispiele zeigen, dass eine gegenseitige Anrechnung von EE-Maßnahmen auf Effizienzmaßnahmen Maßnahmen verhindern, die eigentlich ökologisch und ökonomisch geboten wären. Die beiden am weitest reichenden Beispiele sind die Primärenergiebewertung von erneuerbaren Energien in der Energieeinsparverordnung und die Anrechnung von Biokraftstoffen auf einen Teil des 120 g CO₂-Ziels für Pkw. Andersherum kann sich aber die Anerkennung von Effizienzmaßnahmen als Ersatzmaßnahme im Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz als sinnvoll erweisen, da in besonders effizienten Gebäuden der Einsatz erneuerbarer Energieträger wie z.B. Biomasse mitunter schwieriger sein kann.

Ergebnisse und Erkenntnisse des Projektes

These 7: Entflechtung von EE und EF

Eine Verzahnung von EE und EF in den politischen Instrumenten kann auch durch eine gezielte Entflechtung der gesetzlichen Anforderungen erreicht werden.

Die geplanten Veränderungen in der Energieeinsparverordnung 2009 bringen zusammen mit den Anforderungen des in Kraft getretenen Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes höchst komplexe Verzahnungsstrukturen mit sich. Im Energiebalance-Projekt wurde daher der Vorschlag gemacht, bei zukünftigen Ausgestaltungen der Energieeinsparverordnung eine transparentere, auf die Qualität der Gebäudehülle gerichtete Anforderung zu formulieren (beispielsweise ein maximaler Heiz- und Endenergiebedarf).

These 8: EE-Politik fördert auch Anlagen-Effizienz

EE-Politikinstrumente enthalten schon heute verschiedene Effizienzelemente, die direkt oder indirekt bzw. explizit oder implizit wirken.

Beispielsweise geht im Erneuerbare-Energien-Gesetz der in der Regel stärkste implizite Effizienz-anreiz von der Vergütungshöhe aus. Bei gegebenem Input führt eine Erhöhung des Stromertrags unmittelbar zu einer Erhöhung der Vergütung. Daneben bestehen im EEG aber auch explizite Effizienz-anreize z.B. für Biomasse (KWK-Bonus, Technologiebonus), Effizienzforderungen (z.B. Mindestkriterien an den Ertrag eines Windstandorts oder für den elektrischen Wirkungsgrad von Altholzanlagen in der Biomasse-Verordnung) und implizite Effizienzwirkungen (beispielsweise durch die Größenstaffelung der Vergütungssätze).

These 9: Aus den Fehlern in der konventionellen Energieversorgung lernen

Verzahnung von EE und EF heißt auch: Ausbau von dezentralen KWK-Anlagen auf Basis erneuerbarer Energien mit hohen Wirkungsgraden.

Die derzeit recht mühsamen Anstrengungen, bei der konventionellen Energieversorgung Nahwärme-strukturen auf Basis von KWK-Anlagen zu etablieren – also die Dezentralisierung großer Kraftwerken wie die Zentralisierung von Wärme-Einzelanlagen – sollten dem Ausbau von erneuerbaren Energien eine Lehre sein. Deshalb sollte der Ausbau von hocheffizienten KWK-Anlagen auf Basis erneuerbarer Energien besonders gestärkt werden.

These 10: Verzahnung schafft neue Anreize für Innovation und Systemeffizienz

Erneuerbare Energiepolitik sollte im Bereich Strom, Wärme und Verkehr durch explizite und implizite Effizienz-anreize und -anforderungen eine effiziente Ausgestaltung der Systeme voranbringen, insbesondere dann, wenn diese Anreize und Anforderungen neue Innovationsimpulse liefern oder Rohstoffkonkurrenzen begrenzen.

Das Energiebalance-Forschungsteam hat darum für verschiedene politische Instrumente, beispielsweise das Marktanzreizprogramm oder das EEG, eine Vielzahl sinnvoller Effizienzanforderungen abgeleitet.

These 11: Zuerst Fördern, dann Fordern und dieses Verhältnis ständig überprüfen

Förderung aktiviert, während Forderungen eher stabilisieren. Das Verhältnis Förderung zu Forderung ist ständig auf den Prüfstand zu stellen.

Förderung stößt Innovationsimpulse an und ermöglicht neue Produkte und Ideen. Es ist allerdings ständig zu überprüfen, ob diese Förderung nicht mittlerweile zum Standard geworden ist. Beispielsweise setzt die Umwälzpumpenförderung im Marktanzreizprogramm einen Impuls zur Entwicklung effizienter Pumpen. Sobald ein solider Markt für besonders effiziente Pumpen entstanden ist, kann der Energiestandard der Pumpe als Anforderung in der EnEV festgeschrieben werden.

These 12: Effiziente Gebäude erneuerbar versorgen

Im Zuge der Versorgung von Niedrigenergie-, KfW40- oder Passivhäusern mit erneuerbaren Energien – sowohl über Leitungsnetze wie auch mit Einzeltechnologien – stellen sich neue Anforderungen. Es gilt daher, in den Politikinstrumenten Voraussetzungen für neue, auf effiziente Anwendungen angepasste Infrastrukturen zu schaffen, beispielsweise besonders effiziente Wärmenetze für die gemeinsame Versorgung hocheffizienter Gebäude.

Ziel muss es daher sein, auf der einen Seite durch technische Innovationen und organisatorisch-strukturelle Anpassungen preiswertere Anschlussbedingungen für erneuerbare Energietechnik herzustellen. Auf der anderen Seite könnte durch sogenannte LowEx-Konzepte versucht werden, die Vor- und Rücklauftemperaturen soweit abzusenken, dass die Wärmeverteilverluste eine tolerierbare Größenordnung einnehmen.

Ergebnisse und Erkenntnisse des Projektes

These 13: Innovative Wärmenetze

Um den Restwärmebedarf von gut gedämmten Gebäuden zu decken, reichen im Prinzip Nieder-temperaturquellen mit niedrigem Exergiegehalt. Innovative Ideen zur Forschung und Förderung von Wärmenetzen sind gefragt. Die neuen Infrastruktur-Maßnahmen wie z.B. kalte Nahwärmenetze müssen unabhängig evaluiert werden.

Um Wärmenetze auch künftig nachhaltig betreiben und ggf. ausbauen zu können, gilt es, Strategien zu entwickeln, wie Fernwärmesysteme für Effizienz-Siedlungen sinnvoll nutzbar gemacht werden können. Dies kann etwa durch die Nutzung von Rücklauftemperaturen und durch kosteneffiziente Verlegelösungen, aber auch durch eine quartiersweise Erschließung von Siedlungen unter Einbeziehung von Bestandsgebäuden gelingen. Für Passivhäuser in Reihenhaus- bzw. Blockbebauung ist eine Nahwärmeversorgung über Kopfstationen mit Leitungsverlegung durch die Gebäude – mittels Infrastrukturkanal oder Kellerverlegung – ökonomisch und ökologisch sinnvoll. Aber auch innovative Lösungen wie die „kalte Nahwärme“ können sich als vorteilhaft erweisen.

These 14: Vereinfachung der gebäudebezogenen Instrumente

Vor allem im Wohngebäudebereich, in dem vom Eigentümer bis hin zum ausführenden Betrieb für Bau oder Sanierung unterschiedlichste Akteure tätig sind, ist eine wesentliche Vereinfachung der Regelungen und Verfahren notwendig und auch möglich.

Diese Vereinfachung betrifft einerseits die grundsätzlichen Anforderungen (Grenzwerte) als auch die verwendeten Bilanzierungsverfahren.

Um die „Aufrechenbarkeit“ von Effizienzmaßnahmen und Erneuerbaren gerade bei Biomasse, die als Rohstoff ebenfalls nur begrenzt verfügbar ist, einzuschränken, ist die Abänderung des Primärenergiefaktors der Biomasse erforderlich. Die Berechnungsmethode dieser Faktoren muss auch für Fernwärme überarbeitet werden.

These 15: Mehr Transparenz

Für die Entscheidung für EE- oder EF-Maßnahmen ist die transparente Darstellung der Kosten und Einsparungen über den gesamten Lebenszyklus notwendig.

Sowohl beim Energiepass wie auch im Rahmen der Energieberatung gilt es, die Kosten und Einsparungen von Maßnahmen über den Lebenszyklus der Komponenten transparent zu machen. Bei der Energieberatung ist deshalb die Integration von Energie-

balance-Aspekten besonders wichtig. Dafür müssen sowohl Aus- und Weiterbildungsinhalte weiterentwickelt, Hilfsmittel zur Verfügung gestellt wie auch Förderprogrammen zu Energieberatungen um entsprechende Anforderungen erweitert werden.

These 16: Fahrplan Gebäude 2020

Die Vorgabe eines zukünftigen Entwicklungspfades in Richtung einer EnEV 2020 für Neubau und Sanierung schafft für alle Planungssicherheit.

Das bedeutet konkret, dass bereits jetzt zukünftige Entwicklungen bezüglich der Anforderungen an Neubauten und Sanierungen festgelegt werden. Dabei ist es sinnvoll, etablierte Standards, wie z.B. das Passivhaus anzuwenden. Im Neubaubereich sollten Passivhausanforderungen bereits für 2015 die Zielstellung sein, die Sanierungsanforderungen könnten bis 2020 auf die Anforderung EnEV 2007 Neubau minus 50 Prozent (bezogen auf $H_{t,1}$) schrittweise angehoben werden.

These 17: Verzahnungspunkte im Strombereich

Im Stromsektor ist die Verzahnung von EE und EF nicht so unmittelbar und weniger technisch geprägt, da die elektrische Versorgung im Unterschied zur Wärmeversorgung nahezu ausschließlich leitungsgebunden erfolgt und die Herkunft des Stroms beim Endverbraucher technisch keine Rolle spielt.

Die Berührungspunkte zwischen EE und EF liegen daher vor allem auf instrumenteller Ebene.

These 18: Effizienzförderung nach EEG-Vorbild (NEEG)

Das EEG ist ein in Deutschland bewährtes Instrument zur Förderung erneuerbarer Energien. Der Vergütungs- und Wälzungsmechanismus des EEG ist prinzipiell rechtlich und praktisch auch auf den Endenergieeinsparbereich übertragbar. Ein analog zum EEG entsprechend als Negawatt-Einspeise-Gesetz (NEEG) zu bezeichnendes Politikinstrument sollte jedoch vor einer etwaigen Implementierung noch tiefer gehend diskutiert und getestet werden. Zudem muss es in jedem Fall durch sektor- und technologiespezifische Programme flankiert werden, z.B. im Rahmen eines bundesweiten EnergieSparFonds.

Ein solches NEEG könnte Endenergieeinsparungen z.B. mittels Innovations- und Markttransformationsprämien für Hersteller und Importeure energieeffizienter Technologien oder mit pauschalen Vergütungen für Anbieter von Energiesparprogrammen induzieren. In jedem Fall bedarf es einer Ergänzung eines NEEG um sektor- oder/und technologiespezifische Programme, die identifizierte

Ergebnisse und Erkenntnisse des Projektes

Umsetzungshemmnisse gezielt adressieren und über die Förderung von Standardmaßnahmen bzw. Einzeltechnologien hinaus auf Systemoptimierungen abzielen.

These 19: Verzahnung im Verkehr

Die Steigerung der Energieeffizienz, die Verringerung des Kraftstoff-Verbrauchs und die Erhöhung des Anteils von EE-Kraftstoffen ist vorzugsweise parallel zu verfolgen, die entsprechenden Instrumente sind unabhängig voneinander zu optimieren sowie hemmende bzw. gegenläufige Faktoren wie z.B. die diversen Steuerprivilegien für Firmenwagen sind zu beseitigen. Erneuerbare Energien und Energieeffizienz sind im Verkehrsbereich instrumentell bis auf die Anrechnung von Biokraftstoffen auf das Pkw-CO₂-Ziel kaum miteinander verzahnt. Die wesentliche bestehende, aber negativ wirkende Verzahnung – die Anrechnung von Bio-Kraftstoffen bei der Erreichung der CO₂-Zielvorgabe für neue Pkw – ist wieder aufzulösen.

Diese Verzahnung ist aus Sicht des Klimaschutzes eine negativ wirkende Verzahnung, da das EF-Ziel und dessen Realisierung durch die optionale Anrechnung von Biokraftstoffen aufgeweicht wird, ohne dass es zu zusätzlichen Ausbau-Impulsen für erneuerbare Kraftstoffe kommt. Die bestehende Verzahnung von EF und EE in der EU-Richtlinie zum Flottenverbrauch sollte daher möglichst rasch wieder aufgehoben werden, ohne aber das bestehende EF-Ziel (120 g CO₂/km) für Neuwagen anzuhängen und dessen tatsächliche Umsetzung weiter zu verzögern.

These 20: Elektromobilität

Elektromobilität ist eine Maßnahme, die die Effizienz des Antriebsstrangs – definiert über die erforderliche Endenergie pro Fahrdienstleistung – erhöht. Da die Klima- und Energiebilanz (bezogen auf erschöpfliche Energieträger) von Elektrofahrzeugen dann robuste Vorteile gegenüber Benzin- und Dieselfahrzeugen aufweist, wenn sie mit erneuerbaren Energien gespeist werden, ist es zielführend, Elektroautos eng an die Versorgung mit Strom aus regenerativen Quellen zu binden.

Der Schwerpunkt einer Förderung sollte zunächst auf der **ganzheitlichen Effizienz-Optimierung** im Zuge der Entwicklung von neuen Fahrzeugen liegen.

Bei der Ausarbeitung eines Kopplungsmechanismus ist zu unterscheiden zwischen der frühen Markteintrittsphase von Elektrofahrzeugen und einer langfristigen Perspektive. In der Phase des Markteintritts sollte eine kausale Kopplung einer staatlichen

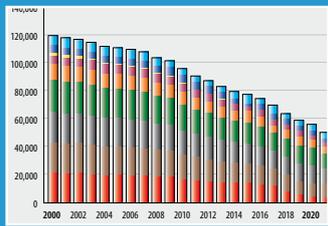
Förderung von Elektromobilität mit erneuerbaren Energien unter Beachtung der Zusätzlichkeit der EE-Stromerzeugung vorgenommen werden: Wenn Fahrzeuge durch Steuerbefreiung oder Marktanzreizprogramme gefördert werden, sollte mit einem pragmatischen Mechanismus der Bezug von Ökostrom als Voraussetzung gelten. Eine Anpassung des Emissionshandelsdeckels um die zusätzlichen Strommengen der Elektrofahrzeuge ist auszuschließen.

In der **langfristigen Perspektive** wird angesichts zunehmender Anteile an fluktuierendem EE-Strom aus Wind und Sonne eine zweite Eigenschaft des Elektrofahrzeugs immer relevanter: die Möglichkeit der gezielten Ladung und Entladung der Batterie. Die zeitflexible Betankung von Elektroautos ist nicht nur eine Möglichkeit, sondern auch eine technische Notwendigkeit, da ansonsten netzseitige Restriktionen insbesondere im Verteilnetz wirksam werden könnten. Im Rahmen eines Kombikraftwerksbonus, wie er derzeit im Rahmen einer EEG-Verordnung aufgenommen wird, sollten Elektrofahrzeuge als verschiebbare Lasten integriert werden.

These 21: Ambitionierte EE-Zielvorgaben für Bahnstrom

Das europäische 10-Prozent-EE-Ausbauziel für den Transportsektor ist ökonomisch durch Maximierung des EE-Anteils im (elektrogetriebenen) Schienenverkehr voranzubringen. Der Bund sollte sein Infrastrukturunternehmen DB Energie entsprechend anweisen.

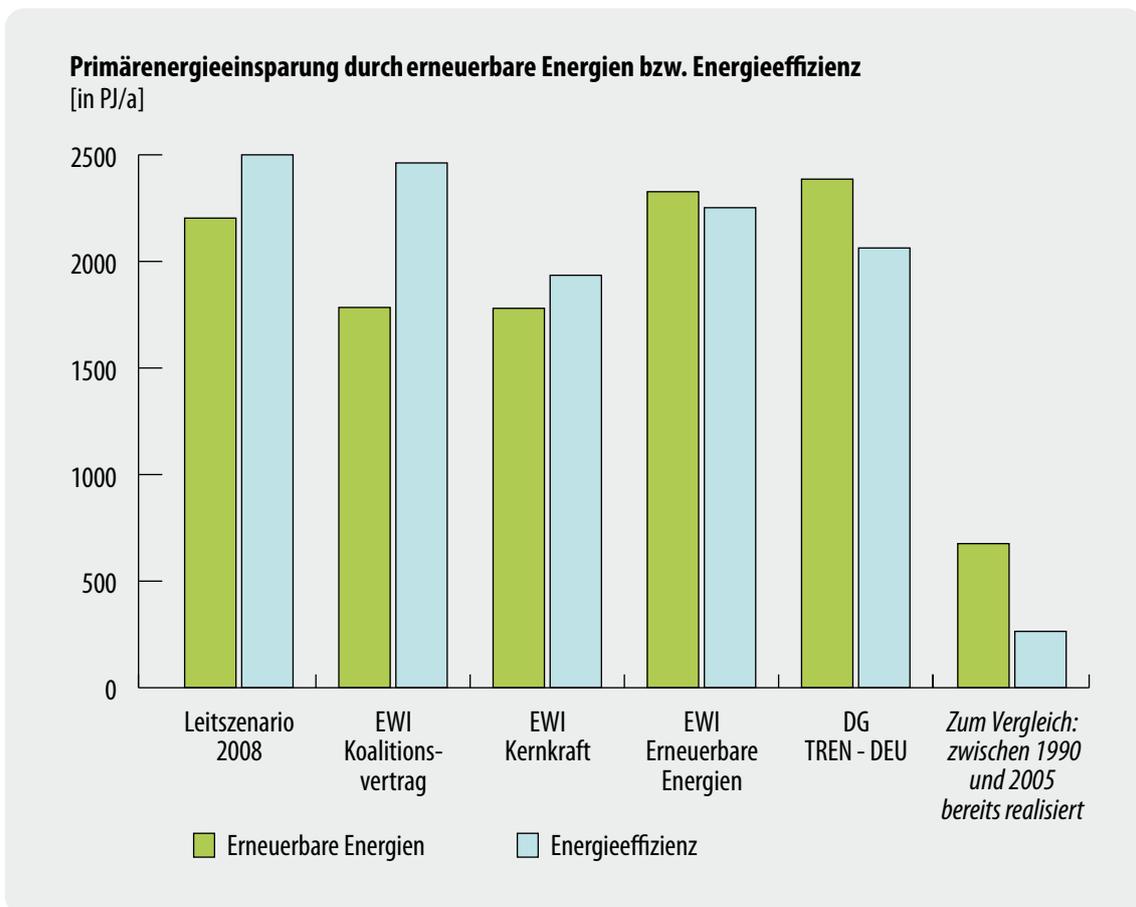
Die Eisenbahn wird bei einem Ersatz ihres „Atomstrom“-Anteils durch nicht regenerativ erzeugten Strom ihren Klimavorteil gegenüber den anderen Verkehrsträgern gefährden. Hier sollte gegengesteuert werden, z.B. durch die Vorgabe von dynamischen Zielen für den EE-Bahnstromanteil. Mit 100 Prozent in 2020 könnte der Bahnstrom maximal zum EU-Ziel (10 Prozent in 2020) für den EE-Anteil im Verkehrssektor beitragen und dadurch den sonst benötigten Umfang an Bio-Kraftstoffen verringern. Im Zuge der öffentlichen Beschaffung durch Ausschreibungen kann schon heute Einfluss auf die Effizienz der Schienenfahrzeugflotte genommen werden. Dies sollte von den Bundesländern künftig stärker berücksichtigt werden. Prinzipiell ist auch bei der Beschaffung eine Kopplung von Effizienz und erneuerbare Energien möglich. Allerdings ist dabei unbedingt zu vermeiden, dass Effizienzmaßnahmen gegen den Ausbau der regenerativen Energien ausgespielt werden und dadurch eine negativ wirkende Verzahnung erzielt würde.



Energiebalance in Energieszenarien und Konzepten

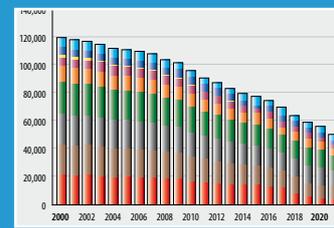
Welche Bedeutung haben der Ausbau von erneuerbaren Energien und die Steigerung der Energieeffizienz in Energieszenarien für Deutschland und inwieweit wurde darüber hinaus auch eine Verzahnung von EE und EF betrachtet? Aktuelle Szenarien geben darauf Antworten.¹ Ziel war es im Projekt Energiebalance, die Bedeutung und Dynamik der jeweils gewählten Effizienz- und Erneuerbare-Strategien innerhalb des jeweiligen Szenario-kontexts zu verstehen und darzustellen sowie mögliche Verzahnungen von EF und EE zu identifizieren und zu bewerten.

Die untersuchten Szenarien verdeutlichen, dass es verschiedene Wege und Strategien gibt, mit denen die angestrebten Klimaschutzziele erreicht werden können. Die Anteile bzw. die Rolle von erneuerbaren Energien und von Energieeffizienz variieren hierbei deutlich. Abbildung 3 zeigt den Beitrag zum Ersatz konventioneller Energieträger, den Erneuerbare und Effizienz in verschiedenen Energieszenarien erbringen. Die Abbildung verdeutlicht, dass sowohl erneuerbare Energien als auch Effizienz wesentliche und bis 2020 ähnlich große Beiträge zur Energieeinsparung erbringen. Sektoral ist der Beitrag von Erneuerbaren und Effizienz allerdings sehr unterschiedlich: Im Wärmesektor überwiegt in der Regel die Effizienz, im Stromsektor die Erneuerbaren. Konkrete Aussagen für eine Verzahnung von



¹ Leitstudie 2008 (von J. Nitsch für das BMU), Energieszenarien zum Energiegipfel 2007 (vom Energiewirtschaftlichen Institut und Prognos für das BMWi), Target 2020 (vom Wuppertal Institut für WWF), UBA-Klimaschutz-Szenario (UBA), Combined High Renewables and Efficiency Scenario (DG TREN 2006)

Abbildung 3: Beiträge von EE und EF zur Primärenergieeinsparung für verschiedene Szenarien in Deutschland, 2005–2020



erneuerbaren Energien und Energieeffizienz werden von den betrachteten Szenarien dagegen nicht getroffen.

Bei der Beurteilung der Wirksamkeit von Strategien spielen – neben dem Erreichen der Zielmarken selbst – auch andere Aspekte eine wichtige Rolle. So beeinflusst die **zeitliche Dynamik** der gewählten Strategien (Ausbau erneuerbarer Energien, Erschließung von Effizienzpotenzialen, Kernenergieausstieg oder Laufzeitverlängerung) direkt die Allokation von Investitionen und die Formulierung ausgleichender bzw. ergänzender Politikinstrumente. Dies offenbart sich bei den betrachteten Szenarien am deutlichsten beim Umgang mit Kernkraftwerken: Der mögliche Beitrag zur Energieeinsparung durch Effizienzmaßnahmen fällt in dem Szenario Kernkraft von ewi/Prognos (Annahme Laufzeitverlängerung um 20 Jahre) im Vergleich zu allen anderen Szenarien, die am vereinbarten Ausstieg festhalten, am niedrigsten aus.

Wie aus verschiedenen Szenarien hervorgeht, müssen zur Erreichung der gesetzten Klimaschutz- bzw. Emissionsziele sehr hohe Effizienzgewinne realisiert und zugleich mögliche ‚Rebound-Effekte‘ durch stärkere Nutzung vermieden werden. Die in den Szenarien unterstellten Annahmen und Ziele für die Entwicklung der Energieeffizienz übersteigen die in der Vergangenheit erreichten Effizienzgewinne deutlich (im Leitszenario 2008 wird dies explizit diskutiert). Diese Steigerungen sind teilweise jedoch als Reaktion auf in anderen Bereichen nur schwierig umzusetzende Klimaschutzoptionen (z.B. Ausbau von KWK und Offshore-Windkraft) zu werten. Entsprechend schwierig wird es, möglicherweise ausbleibende Effizienzgewinne durch diese anderen Optionen auszugleichen, die ebenfalls zeitkritisch sind, vor allem hinsichtlich der anstehenden Ziele im Jahr 2020. Bei den in den Szenarien unterstellten hohen Effizienzsteigerungen ist demnach insgesamt eine hohe **Zeitkritikalität** anzunehmen: bei deren Umsetzung ist nur wenig Spielraum.

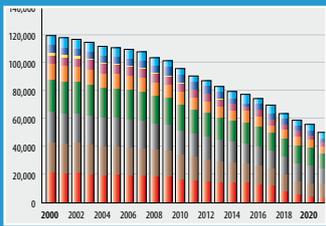
Von großer Bedeutung sind Bereiche, in denen es zu einer **gegenseitigen Hemmung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz** kommt. Dies ist dann der Fall, wenn die Ausschöpfung von Effizienzpotenzialen dazu führt, dass der Einsatz erneuerbarer Energien zunehmend unwirtschaftlich wird und dadurch fossile Versorgungsoptionen bestehen bleiben oder sogar weiter ausgebaut werden.

In den untersuchten Szenarien wird eine mögliche gegenseitige Hemmung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien in der Regel kaum thematisiert. Eine solche hemmende Dynamik kann z.B. im Wärmebereich entstehen, wo der Einsatz erneuerbarer Energien (vor allem bei der Gebäudeversorgung) aufgrund der zu etablierenden Infrastrukturen – Aufbau von Wärmenetzen – unterhalb einer bestimmten Kapazität unwirtschaftlich wird. Je höher jedoch der Dämmstandard von Gebäuden, desto geringer die Nachfrage nach Wärme im Winter und nach Klimatisierung im Sommer. Auch regenerative Versorgungslösungen sowie effiziente KWK-Anlagen geraten dann zum Teil an ihre technisch-ökonomischen Grenzen.

Vom Bioenergiedorf zur 2000-Watt-Gesellschaft: Energiepolitische Zielkonzepte

Um einen Orientierungsrahmen für die Auswahl und Bündelung von Klimaschutzaktivitäten zu schaffen, sind in den letzten Jahren eine Reihe energie- und klimapolitischer Zielkonzepte entstanden, beispielsweise die „2000-Watt-Gesellschaft“, „Deutschland energieautark“ oder verschiedene Bioenergiedörfer und 100-Prozent-Erneuerbare-Kommunen. Sie bieten Leitbilder für die Entwicklung und Realisierung von Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen, von lokalen Konzepten bis zu nationalen Strategien.

Was ist ein Zielkonzept? Das Zielkonzept unterscheidet sich von einer Utopie oder Vision dadurch, dass ein tragfähiges Leitbild mit einer gut kommunizierbaren Überschrift mit konkreten und operationalisierbaren Unterzielen und Maßnahmenpaketen ausgestattet wird. Der Weg zur Zielerreichung wird in die Zielkonzeptdefinition aufgenommen.



Beispiel: Die 2000-Watt-Gesellschaft

Jeder Mensch, der in der Schweiz lebt, nimmt für die unterschiedlichsten Zwecke und Bedürfnisse im Durchschnitt in etwa 5000 Watt Leistung in Anspruch und emittiert pro Jahr rd. 8 bis 9 Tonnen CO₂-Äquivalente, während der gleiche Mensch global betrachtet im Mittel nur mit 2000 Watt auskommt bzw. auskommen muss. Ziel der 2000-Watt-Gesellschaft ist, dass jeder Mensch auch im nationalen Maßstab nicht mehr energetische Leistung für sein Leben benötigt.

Dies soll durch die Steigerung der Umwandlungseffizienz von Primärenergie in Nutzenergie sowie durch die Reduzierung des Endenergieverbrauches durch verbesserte Technologien und neue Konzepte erreicht werden. Das Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft ist zunächst ein reines Ressourcen-Effizienzziel. Eine Verzahnung mit einer Ausbaustrategie im Erneuerbaren-Bereich entsteht durch die Begrenzung des fossilen Anteils auf 500 Watt pro Person sowie die Definition einer CO₂-Emissions-Obergrenze (1 Tonne pro Kopf und Jahr).

Die Schweiz hat die 2000-Watt-Gesellschaft in ihre strategische Zielsetzung verankert. Das Bundesamt für Energie ist hierfür verantwortlich. Zusätzlich haben bereits einige Kantone, Gemeinden und Kommunen die 2000-Watt-Gesellschaft in ihre Leitlinien aufgenommen. Durch diese Regionalisierung der 2000-Watt-Gesellschaft gewinnt das Konzept zusätzliche Plastizität.

Watt pro Kopf

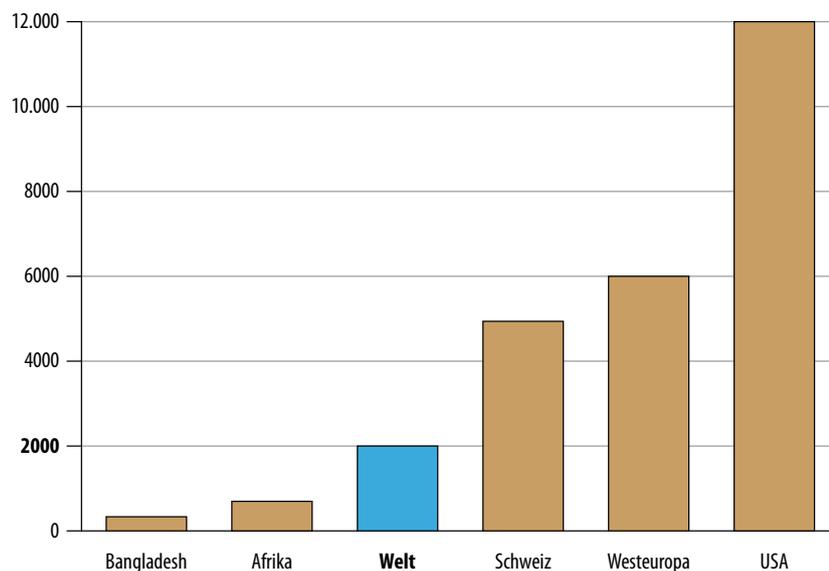
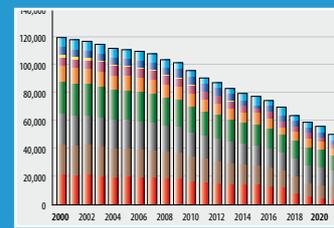


Abbildung 4: Durchschnittlicher Leistungsanspruch im globalen Vergleich (Quelle: novatlantis)

Im Fokus der Konzept-Analyse stand die Bewertung der Verzahnung von erneuerbaren Energien und Effizienz: Wie werden die beiden Stränge bereits in der Zieldefinition berücksichtigt? Werden beide Bereiche in der

Umsetzung von Maßnahmen gleichermaßen berücksichtigt? Gibt es bei unterschiedlichen Zielkonzept-Ebenen (national, regional, lokal) auch unterschiedliche Prioritätensetzungen?



Nationale Zielkonzepte kommunizieren eine Vision und definieren Ziele. Diese Ziele sind in der Regel sehr ambitioniert, machen daher parallele Anstrengungen bezüglich erneuerbarer Energien und Energieeffizienz erforderlich und können folglich gut von Verzahnung profitieren. Am Beispiel der 2000-Watt-Gesellschaft (siehe Infobox) wird die Bedeutung der Verzahnung deutlich: Sowohl in der Zieldefinition selbst (2000 Watt pro Person, davon maximal 500 Watt fossile Energieträger) als auch in der Konzeption der Maßnahmenbereiche werden Erneuerbare- und Effizienz-Aspekte berücksichtigt.

Ein gutes Ziel allein reicht aber nicht aus: Nationale Zielkonzepte dürfen daher nicht die Umsetzungsebene, also die Akteure auf kommunaler und regionaler Ebene vernachlässigen. Zentraler Bestandteil eines nationalen Zielkonzepts ist die Verbindung von Top-Down-Konzepten mit Bottom-Up-Umsetzungsmöglichkeiten.

Die Präsenz eines nationalen Zielkonzepts wird durch einen gut kommunizierbaren Namen wie auch durch eine gute Verankerung in der Politik verstärkt. Konkrete Ziele sollten verbindlich fixiert werden, damit das Zielkonzept zu einer verlässlichen und überprüfaren Grundlage wird. Ein neutraler Hüter des Zielkonzepts, wie die ETH/Novatlantis am Beispiel der 2000-Watt-Gesellschaft, fördert die Akzeptanz, Durchsetzbarkeit und Lebensdauer eines nationalen Zielkonzepts.

Der politische Implementierungsprozess ist häufig sehr umfangreich, weshalb im Rahmen von nationalen Zielkonzepten bisher nur wenige Projekte realisiert wurden. Ganz anders bei kommunalen Zielkonzepten, wie beispielsweise bei **100-Prozent-Erneuerbare-Energien-Kommunen**. Hier steht häufig die Umsetzung konkreter Maßnahmen im Vordergrund, weshalb es bereits Kommunen oder Dörfer gibt, die sich zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energien versorgen.

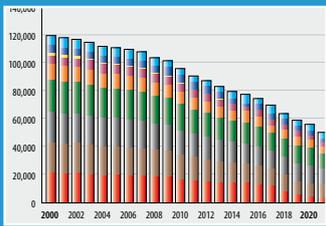
Bei den meisten regionalen/kommunalen Zielkonzepten richtet sich der Fokus auf erneuerbare Energien. Die Steigerung der Energieeffizienz sowie die Umsetzung von Energiesparmaßnahmen werden zwar in der Zielsetzung berücksichtigt. Die Umsetzung von

Effizienz-Projekten ist jedoch viel komplexer und dezentraler, weshalb diese Maßnahmen oftmals in den Hintergrund treten.

Selbst fortschrittliche Zielkonzepte weisen sowohl auf der institutionellen und konzeptionellen Ebene als auch auf der Maßnahmenebene oft wenig verzahnende Elemente auf. Einige Beispiele:

- Beim Holzenergiecontracting der Firma solarcomplex wird beim Kesseltausch auch die Heizenergie-Verteilung saniert. Die Reduzierung der Verteilverluste durch den hydraulischen Abgleich, die Installation einer neuen differenzdruckgeregelten Pumpe sowie durch die Isolierung der Verteilleitungen liegt im wesentlichen Interesse von solarcomplex, um die Wirtschaftlichkeit der Anlage zu verbessern.
- Ein weiterer wichtiger Einflussbereich von Kommunen liegt in der Festlegung der Rahmenbedingung für die *solare Bauleitplanung*. Kaufverträge von Grundstücken im kommunalen Einflussbereich können mit baulichen Mindest-Standards sowie Anforderungen zur anteiligen Nutzung von EE versehen werden.
- Vorschriften können auch bei der Einführung eines *lokalen Sanierungsstandards* gemacht werden. Durch diesen Standard kann die Sanierungsqualität gefördert und überprüft werden. Ähnlich wie bei der solaren Bauleitplanung können auch bei der Sanierung Anforderungen an bauliche Effizienzstandards und zur Nutzung von EE-Anlagen gestellt werden.
- Im Landkreis Ebersberg gibt es z.B. einen Wettbewerb „Nachhaltiges Bauen“. In diesem Wettbewerb werden Projekte ausgezeichnet, die in den Bereichen Wärmedämmung, Baumaterialien, Energie- und Wasserversorgung besonders innovativ sind.
- In Güssing bekommt jeder neue Fernwärme-Kunde eine *kostenlose Energieberatung* sowie einen Zuschuss zu den Anschlusskosten.

Die Wege zur Umsetzung von lokalen Zielkonzepten sind sehr unterschiedlich. Sie entstehen vor allem durch die Verschiedenheit in der institutionellen Integration des Zielkonzepts



Beispiel: Güssing



Abbildung 5: Die energieautarke Stadt Güssing in Österreich (Quelle: EEE GmbH)

Bereits 1990 hat der Gemeinderat beschlossen, dass in den Gebäuden der österreichischen Stadtgemeinde Güssing Energie sowohl im Strom- als auch im Wärmesektor eingespart werden muss. Erst nach den Sanierungsanstrengungen im öffentlichen Gebäudebestand wurde das Ziel definiert, fossile Energieversorgungslösungen abzulösen und Alternativen zu suchen. Durch die Initiative einzelner Personen wurde 1991 das Biomasse-Fernwärme-Konzept vorgelegt und im Gemeinderat beschlossen. Mit einem 27 km langen Fernwärmenetz werden seit Mitte der 90er-Jahre alle öffentlichen Gebäude, gewerbliche Großabnehmer und viele Kleinabnehmer mit kostengünstiger Wärme aus Biomasse versorgt.

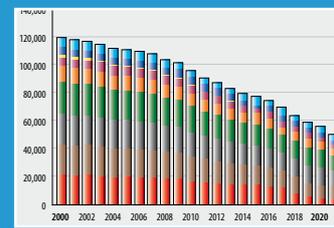
Erst nach diesen ersten positiven Erfolgen wurde die Idee geboren, den gesamten Energiebedarf (inkl. Strom und Kraftstoff) aus erneuerbaren Energien zu gewinnen. Das Heizkraftwerk-Projekt wurde gestartet. Seit 2004 wird in Güssing mehr als der gesamte Energiebedarf (Wärme, Strom und Kraftstoffe) aus regionalen Rohstoffen erzeugt. Jährlich bleiben rd. 13 Mio. Euro vor Ort: Startpunkt für einen regionalen Strukturwandel.

Die Idee und Initiative zu diesem Projekt ging von einer kleinen Personengruppe innerhalb der Gemeinde aus. Durch die schwierige wirtschaftliche Lage in Güssing (70 Prozent Wochenpendler, hohe Abwanderungszahlen und schlechte infrastrukturelle Gegebenheiten) wurde das Konzept aufgrund der regionalen Entwicklungschancen akzeptiert und umgesetzt.

Zugleich ist Güssing ein gutes Beispiel für ein Zielkonzept, bei dem es auf der Zieldefinitionsebene kein verzahnendes Element gab. Verzahnung fand erst eine Ebene darunter statt: in den Maßnahmen. Beispielsweise wurden alle öffentlichen Gebäude im Gemeindezentrum energetisch saniert (Wärmedämmung, Fenstertausch, und Sanierung der Heizungsverteilung) und an das Biomasse-Fernwärmenetz angeschlossen. Ein Weiterbildungszentrum wurde gegründet (z.B. werden Handwerker zu Solarteuren ausgebildet oder zu Effizienzmaßnahmen im Installationsbereich geschult). Außerdem hat die Gemeinde Güssing für alle Endkunden, die den alten Ölkessel gegen einen Fernwärme-Anschluss ausgetauscht haben, Energiesparberatungen durchgeführt und zusätzlich den Fernwärme-Anschluss gefördert.

Im Wesentlichen ist der Erfolg auch der Einstimmigkeit zwischen den Ideengebern und dem politischen Umfeld zu verdanken, u.a. erheblichen finanziellen Zuschüssen durch die Europäische Union sowie des Bundes. Ein großes Hemmnis – das Vorhandensein einer Erdgas-Infrastruktur – war in Güssing nicht gegeben. Zusätzlich haben Teilerfolge, wie beispielsweise der Abschluss von langfristigen Lieferverträgen mit dem Waldverbund unter persönlichem Einsatz des Bürgermeisters, dazu beigetragen, dass die Fernwärmepreise stabil gehalten werden können. Dadurch gab es einen nachhaltigen Imageschub für die Fernwärme.

Zuletzt ist noch die allgemeine Vorreiterrolle dieses Projektes zu erwähnen. Güssing hatte durch den Bau des Biomasse-Heizwerkes für die Fernwärmeversorgung das erste Kraftwerk dieser Art in Österreich errichtet. Auch mit der Errichtung der Wirbelschicht-Vergaseranlage wurden Forschungsbereiche in die Region verlagert und ein „Energie-Tourismus“ forciert. Diese technologische Vorreiterrolle setzt sich auch heute mit Brennstoffzellen-Versuchsständen, solaren Klimatisierungsanlagen und einem Forschungszentrum für Erneuerbare Energien fort.



und der Protagonisten, die mit der Umsetzung betraut sind. Bei kommunalen Projekten ist es oft ein „engagierter Protagonist“, der durch seine persönlichen Verbindungen und Zielsetzungen die Projekte voranbringt. Hier hängt es von der Wirkungsdauer dieser Protagonisten ab (etwa Amtszeit eines Bürgermeister), ob ein Zielkonzept genügend Eigendynamik zur erfolgreichen Durchsetzung entfaltet. Ein einzelner, kompetenter, unabhängiger Akteur kann viel bewirken, was an der Vielzahl von aktuellen und erfolgreichen Projekten zu sehen ist.

Vor diesem Hintergrund hat das Energiebalanceprojekt die Etablierung eines **Fördermechanismus von „Energiebalance-Regionen“** vorgeschlagen, in dem der Ausbau erneuerbarer Energien und die Umsetzung von Energieeinspar- und Effizienzsteigerungsprojekten zentraler Bestandteil sein sollen. Im Rahmen der Nationalen Klimaschutz-Initiative wurde dieser Vorschlag in veränderter Weise umgesetzt.

Wettbewerb „Gut verzahnt geplant!“

Auf der Suche nach Technologien und Konzepten, die in beispielhafter Weise den effizienten Umgang mit Energieressourcen und die Nutzung erneuerbarer Energien miteinander verzahnen, wurde im Rahmen des Projekts Energiebalance der Wettbewerb „Energiebalance – Gut verzahnt geplant!“ ausgeschrieben. Ziel dieses Wettbewerbs war es, innovative Technologien und Konzepte auszuzeichnen, bekannt zu machen und zugleich Verzahnungsansätze für dieses Projekt zu sammeln. Der Aufruf zur Teilnahme am Wettbewerb wurde im Herbst 2007 gestartet und richtete sich an Entwickler, Konstrukteure und Planer aus Gewerbe, Industrie, Handwerk, an Firmen und Berater aus dem Dienstleistungssektor sowie an Forschungseinrichtungen, Kommunen und Energieagenturen.

Bis zum 31.12.2007 wurden über 50 Projektbeschreibungen mit Konzepten und Produkten unterschiedlicher Arten eingereicht. Eine von Experten der Energietechnik und -wirtschaft besetzte Jury hat die Preisträger hinsichtlich

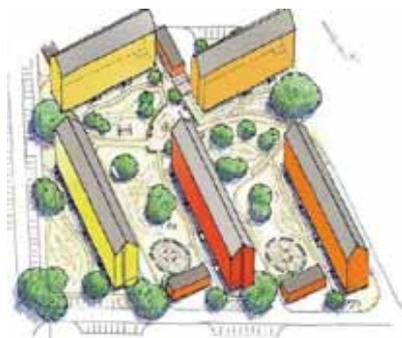


Abbildung 6: Auszeichnung der Preisträger des Wettbewerbs „Energiebalance – Gut verzahnt geplant“ am 06.05.2008 in Berlin

der Kriterien Verzahnungsgrad, Innovationscharakter, Marktpotenzial und Endenergieeinsparung bewertet. Die Produkte bzw. Anlagen mussten bereits als Prototyp vorliegen und ihre Funktionsfähigkeit unter Beweis gestellt haben. Darüber hinaus waren realistische Prognosen zu Kosten, Wirtschaftlichkeit und Marktpotenzial einzureichen.

Bei den Konzepten hingegen wurde großer Wert auf eine Methodikbeschreibung, eine Beschreibung der Zielgruppen, eine Quantifizierung der potentiellen Auswirkungen sowie auf die Benennung der Anwendungsgebiete gelegt. Von besonderer Bedeutung bei den Produkten als auch bei den Konzepten war die Herausarbeitung der Verzahnungsbereiche zwischen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz. Von den insgesamt 56 Einsendungen lag mit 21 Gebäudekonzepten der Schwerpunkt eindeutig bei der Verzahnung im Gebäudebereich.

1. Platz in der Kategorie Gebäude: Planungsbüro Graw/Osnabrück mit dem Projekt „Solarsiedlung Köln-Ossendorf“



Die Jury ernannte das Projekt Köln Ossendorf zum Sieger des Wettbewerbes. Bei diesem Projekt wurde eine in den 1960er-Jahren erbaute Wohnsiedlung mit dezentraler Energieversorgung (Kohle- oder Nachtspeicherheizungen) im bewohnten Zustand grundlegend saniert. Dabei konnte unter Berücksichtigung eines idealen Kosten-Nutzen-Verhältnisses ein besonders effizienter Gebäudestandard erreicht werden. Die Gebäudeenergieversorgung wurde zentralisiert und erfolgt nun durch einen Biomassekessel in Kombination mit einer Abgaskondensationsanlage, um die Latentwärme zusätzlich zu nutzen und Feinstaubemissionen zu reduzieren.

Der konsequent durchgehaltene Ansatz „Erst isolieren, dann installieren“ und die gelungene Einbindung der wichtigsten Akteure – Mieter und Wohnungsbaugesellschaft – hat die Jury überzeugt. Dieses Beispiel zeigt, dass hohe CO₂- und Energiekosten-Einsparungen unter schwierigen wirtschaftlichen Bedingungen auch im sozialen Wohnungsbau erreicht werden können, ohne dass auf Qualität in der Ausführung, erneuerbare Energien mit innovativen Technologien oder Gestaltung verzichtet werden muss.

2. Platz in der Kategorie Gebäude: THP-Architekten/Berlin für das Projekt „Stadtgut Blankenfelde – Sanierung nach dem Modell der 2000-Watt-Gesellschaft“

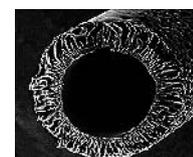
Mit großem Engagement möchte der Verein Stadtgut Blankenfelde e.V. vor

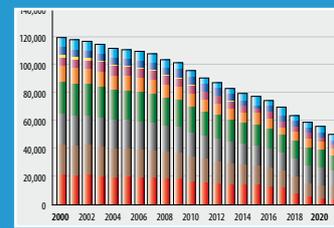


Ort eine regenerative 2000-Watt-Gesellschaft realisieren. Die Jury zeichnet hiermit ein anspruchsvolles Projekt aus, das sowohl Suffizienz – durch gemeinschaftliche und umsichtige Nutzung von Rohstoffen, Räumen und Geräten – als auch Hocheffizienz – selbst unter den schwierigen Bedingungen des Denkmalschutzes – im Rahmen eines CO₂-neutralen Wärmekonzepts miteinander verbindet. 18 Gebäude, 18 Konzepte: Das Stadtgut demonstriert ein einfühlsames und zugleich ganzheitlich gedachtes Gesamtkonzept.

2. Platz in der Kategorie Industrie und Infrastruktur: Makatec GmbH/Bondorf mit dem Projekt „Heizen und Kühlen mit Membran-Absorptionstechnologie als Wärmetauscher“

Ein neuer Wärmetauscher der Firma Makatec auf Polymerbasis könnte der Absorptionstechnik gerade für den kleinen Leistungsbereich zum Durchbruch verhelfen. Mit Hilfe dieser innovativen Membrantechnologie kommt man einer kostengünstigen





Nutzung von Abwärmeströmen, der Entwicklung kleiner und preisgünstiger Gas-Wärmepumpen und einer effizienten solaren Kühlung einen deutlichen Schritt näher. Auch völlig neue Ansätze zur Kühlung ohne zusätzlichen Energieaufwand im mobilen Fracht- und Pkw-Sektor sind damit denkbar.

3. Platz in der Kategorie Industrie und Infrastruktur: Viessmann Werke GmbH & Co KG/Allendorf a.d. Eder für das Projekt „Effizienz Plus“

Die Jury hat insbesondere die konsequente Umsetzung des Dreischrittes Verbrauchsenkung, effiziente Energiewandler und erneuerbare Deckung des Restenergiebedarfs entlang



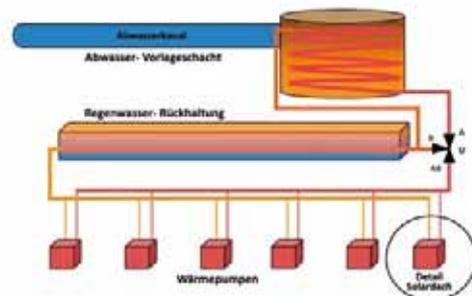
der gesamten Wertschöpfungskette beeindruckt. Innovative Technologien, wie beispielsweise ORC-Turbinen und Stirlingmaschinen, und bewährte Maßnahmen, wie die Dämmung der Gebäudehülle, eine bedarfsgerechte Beleuchtung und die Optimierung der Industrieabläufe, gehen hier Hand in Hand.

3. Platz in der Kategorie Gebäudebereich: Hochbauamt Frankfurt/Frankfurt a. Main für das Projekt „Passivhausschule Riedberg“



Zu geringen Mehrkosten von nur 5 Prozent wurde die Schule Riedberg als Passivhaus in Kombination mit erneuerbaren Energien realisiert. Sie ist damit erfolgreicher Vorreiter und zugleich Maßstab für künftige öffentliche Neubauten in der Stadt Frankfurt am Main geworden. Neue öffentliche Gebäude dürfen in Frankfurt aufgrund der positiven Erfahrungen aus diesem Projekt nur noch in Passivhausstandard ausgeführt werden. Der Stadt ist es damit gelungen, ein innovatives Projekt im Nichtwohngebäudesektor mit großer Breitenwirkung zu realisieren.

Sonderpreis: 3E-Consult/Nordkirchen für das Projekt „Kalte Nahwärme“



Mit energetisch zunehmend anspruchsvolleren Gebäudestandards und innovativer Gebäudetechnik braucht es auch neue Lösungen für eine Wärmeinfrastruktur. Das Projekt „Kalte Nahwärme“ weist hier innovative Wege: die zentrale Bereitstellung von solarer Wärme und Abwärme auf niedrigem Temperaturniveau und die Verteilung dieser „kalten Nahwärme“ an dezentrale Wärmepumpen mit sehr geringen Verlusten zu günstigen Preisen könnte ein zukünftiger Weg sein, auch hochgedämmte Siedlungen effizient und kostengünstig zu versorgen.

Genauere Informationen zu den Projekten erhalten Sie in der PDF-Broschüre zum Wettbewerb, die unter www.ifeu.de/energiebalance oder www.wupperinst.org/projekte/fg1 zum Download zur Verfügung steht.



Energiebalance im Gebäudesektor

Der Verzahnung von Erneuerbaren und Effizienz kommt im Gebäudesektor eine besondere Bedeutung zu. Im Jahr 2007 wurde für die Heizung und Warmwasserbereitung in Deutschland knapp 2.700 PJ Energie aufgewendet. Die Bedeutung der idealen Verzahnung im Gebäudesektor wird deutlich, wenn man beispielhaft folgende aktuellen Gegebenheiten betrachtet:

- Etwa ein Drittel der CO₂-Emissionen in Deutschland werden im Gebäudebereich verursacht (d.h. mehr als 3 Tonnen CO₂ pro Kopf und Jahr) und der Wohnbereich hat einen entscheidenden Anteil daran.
- Der durchschnittliche Verbrauchskennwert für Mehrfamilienhäuser für Heizung und Warmwasser liegt in Deutschland bei 173 kWh/m²a Erdgas – Passivhäuser erreichen einen Energiebedarf für Heizung und Warmwasser unter 30 kWh/m²a.
- Öl und Gas sind mit über 70 Prozent Anteil die wichtigsten Energieträger für die Wärmebereitstellung im Gebäudebereich.

- 1,4 Millionen Wohnungen – jede 25. – werden in Deutschland immer noch elektrisch beheizt.
- Der EE-Anteil der Wärmebereitstellung erfolgt heute zu 70 Prozent mit Einzelanlagen – der überwiegende Teil mit Biomasse.

Im Gebäudesektor sind erneuerbare Energien und Energieeffizienz unmittelbar miteinander gekoppelt. Die Entscheidung für eine Heizungsanlage und Gebäudedämmung ist nicht unabhängig voneinander zu treffen. Allerdings gibt es gerade in diesem, auch für das Erreichen von Klimaschutzziele bedeutenden Sektor Konkurrenzen, die gegen eine Verzahnung wirken. Im Rahmen des Projekts Energiebalance wurden durch Experteninterviews, Workshops und Instrumente-Analysen vielfältige Hemmnisse, die eine verzahnte Vorgehensweise im Gebäudebereich behindern, zusammengetragen. Außerdem ging das Projekt der Frage nach, welche Technologien der erneuerbaren Wärmeversorgung in effizienten Gebäuden technisch und energetisch sinnvoll eingesetzt werden können und welche Infrastrukturen dafür aufgebaut werden müssen.

Technologien zur Verzahnung von Effizienz und Erneuerbaren: das Beispiel Gas-Wärmepumpe

Wärmepumpen funktionieren prinzipiell wie ein Kühlschrank: Sie entziehen der Umgebung Wärme und geben sie auf einem höheren Temperaturniveau wieder ab. Die Wärmequelle kann entweder Luft, Erdreich oder Wasser (z.B. Brunnen- oder Abwasser) sein. Elektrisch betriebene Wärmepumpen etablieren sich insbesondere im Neubau und haben in den vergangenen Jahren starke Zuwachsraten aufzuweisen.

Während die Elektro-Wärmepumpe marktreif zur Verfügung steht, befindet sich die Gas-Wärmepumpe für den Einsatz in Ein- und Mehrfamilienhäusern noch in einer frühen Markteintrittsphase. Die Gas-Wärmepumpe kann sowohl als Gasmotor- als auch als Gas-Sorptions-Anlage realisiert werden. Bei der ersten Variante treibt ein Gasmotor anstelle eines Elektromotors den Verdichter an. Die auf einem relativ hohem Temperaturniveau anfallende Abwärme des Motors wird zusätzlich zu der eigentlich genutzten Umgebungswärme in den Heizkreislauf eingespeist. Bei der Sorptionsvariante wird Erdgas in einem Brenner verbrannt und die entstehende Wärme für den Regenerationsprozess des Kältemittels genutzt. Für den Bereich größerer Leistungen – z.B. zur Schwimmbadbeheizung und -Entfeuchtung – sind gasmotorisch betriebene Wärmepumpen bereits heute verfügbar.

Gas-Wärmepumpen sind – ebenso wie Elektro-Wärmepumpen – in der Lage, Umgebungswärme, d.h. einen bestimmten Regenerativanteil, in ein Heizungssystem einzuspeisen. Dabei wirken sich Niedertemperatur-Heizsysteme, also Flächenheizungen mit niedrigen Vorlauftemperaturen, günstig auf die Effizienz der Anlage aus (hohe Arbeits- bzw. Heizzahl). Voraussetzung für den Einsatz von Niedertemperatur-Heizsystemen ist i.d.R. ein guter Wärmedämmstandard des Gebäudes. Insofern eignen sich Wärmepumpen besonders im Neubau sowie im energetisch anspruchsvoll saniertem



Bestand. Da Gas-Wärmepumpen durch ihren Brenner bzw. Motor zusätzlich zur Umgebungswärme eine Wärmequelle auf höherem Niveau zur Verfügung steht, eignet sich die Gas-Wärmepumpe jedoch auch – mit Einschränkungen – für den Gebäudebestand mit schlechteren Dämmstandards. Da im Altbau nicht immer eine Nachrüstmöglichkeit für Erdkolektorsysteme realisierbar ist, kommt hier die Nutzung einer Gasmotor-Wärmepumpe oder einer Sorptions-Wärmepumpe mit Solar-Luftkolektor in Betracht, die tendenziell energetisch günstiger zu bewerten sind als elektrisch betriebene Luft-Wärmepumpen.

Wärmepumpen sind auch als Klimageräte auslegbar. Da aufgrund der Klimaerwärmung zukünftig auch in Deutschland ein wachsender Klimatisierungsbedarf zu erwarten ist, ist dies ein zusätzliches Argument für den Einsatz von Wärmepumpen. Unter dem Gesichtspunkt der integralen Planung sollte jedoch zunächst immer versucht werden, den Klimatisierungsbedarf durch verschiedene Maßnahmen (Dämmung, Verschattung, Verringerung der internen Kühllasten, Nachtkühlung etc.) so gering wie möglich zu halten.

Gas-Wärmepumpen sind aus ökologischer Sicht bereits heute der Gasbrennwerttechnik überlegen und weisen außerdem noch Optimierungspotenziale auf, die einen weiteren Ausbau des ökologischen Vorsprungs erwarten lassen. Das CO₂-Einsparpotenzial gegenüber der Referenztechnologie kann bei den Gas-Wärmepumpen auf ca. 20 bis 40 Prozent abgeschätzt werden. Der ökologische Vergleich zur Elektro-Wärmepumpe wird in hohem Maße von den Annahmen zur Erzeugung des Wärmepumpen-Stromes bestimmt: Im (für die Elektro-Wärmepumpe) günstigen Fall „Strommix“ liegen Gas- und Elektro-Wärmepumpe etwa auf gleichem Niveau (Abbildung 7). Im ungünstigen Fall „Kohlemix“ hat die Erdgas-Wärmepumpe erhebliche ökologische Vorteile gegenüber der Elektro-Wärmepumpe zu bieten. Der ökologische Vorteil der Erdgas-Wärmepumpe gegenüber der Elektro-Wärmepumpe schwindet mit zunehmend CO₂-freier werdendem Strom. Auf der anderen Seite verbessert wiederum ein zukünftig verstärkter Einsatz von Biogas die Ökobilanz der Erdgas-Wärmepumpe. Genaue Effekte sind derzeit noch schwer abschätzbar.

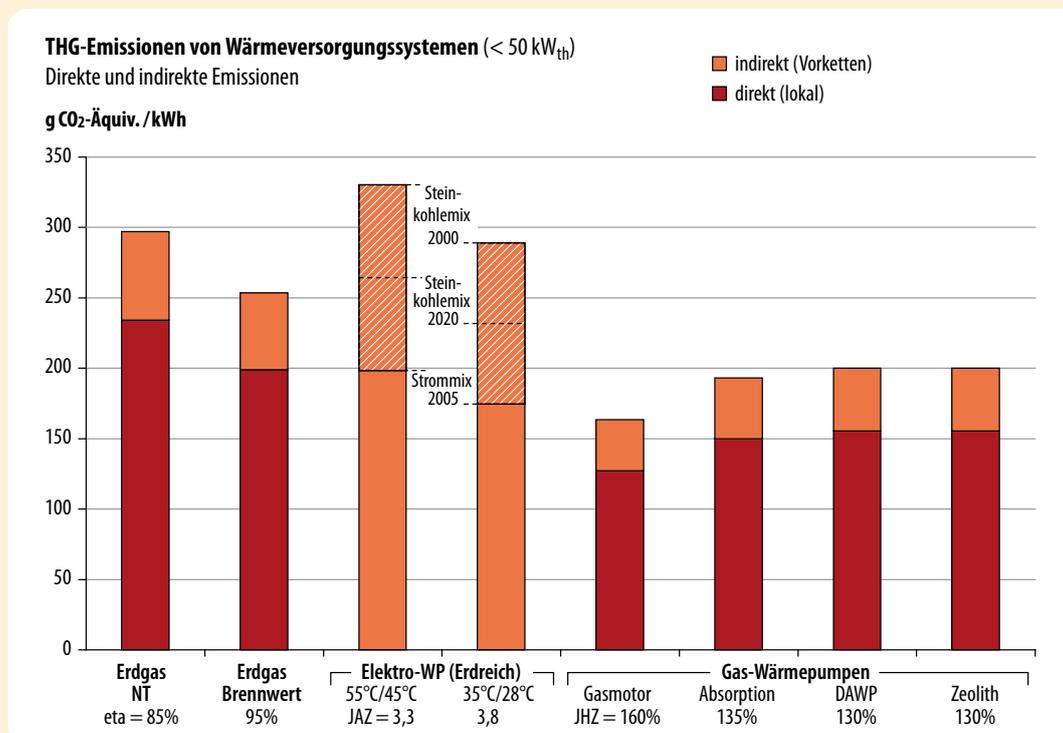


Abbildung 7: Bandbreite der Treibhausgasemissionen von Elektro- und Gas-Wärmepumpen im Vergleich zu Erdgaskesseln (eta: Jahresnutzungsgrad / JAZ: Jahresarbeitszahl / JHZ: Jahresheizzahl / NT: Niedertemperaturkessel / DAWP: Diffusions-Absorptions-WP)



Für den ökonomischen Vergleich gilt: Unabhängig davon, dass für den kleinen Leistungsbereich derzeit nur Prototypen (von Buderus und Vaillant) zur Verfügung stehen und somit noch keine belastbaren Aussagen über spezifische Investitionskosten vorliegen, ist die zukünftige Energiepreisentwicklung von Strom und Gas wesentlich entscheidend dafür, ob bei den Wärmegestehungskosten die Wärmepumpe auf Basis von Strom oder auf Basis von Gas günstiger abschneiden wird. In der Praxis weicht die Effizienz der Anlage (sowohl bei Gas- wie auch Elektro-Wärmepumpen) oft erheblich von den von Herstellern, Verbänden und teilweise auch der Politik beworbenen Werten ab. Diesem Problem sollte durch entsprechende Qualitätssicherung, d.h. fachgerechte Planung und Installation sowie konsequentes Energiemonitoring begegnet werden.

Verzahnende Technologien: Versorgung hocheffizienter Gebäude mit erneuerbaren Energien

Um diese Frage beantworten zu können, wurden im Energiebalance-Projekt neben einer ausführlichen Einzelanalyse innovativer Technologien – wie z.B. Kompaktaggregate für Passivhäuser und Gas-Wärmepumpen – neun verschiedene Versorgungsvarianten am Beispiel einer Passivhaus-Siedlung miteinander verglichen und bewertet (s. Tabelle 1). Dabei stand im Vordergrund zu klären: Inwieweit ist bei solch niedrigem Energiebedarf künftig die Nutzung von KWK noch sinnvoll und inwieweit können Fernwärmenetze dann überhaupt noch ökonomisch und ökologisch konkurrenzfähig zu den alternativen Optionen der Einzel- und Nahwärmeversorgung sein? Dazu wurden jeweils die Wärmenetzverluste, die Jahresgesamtkosten für verschiedene Preissteigerungsszenarien sowie die CO₂-Emissionen ermittelt und speziell die Möglichkeiten einer Versorgung mit Fern- oder Nahwärme mit zentraler oder dezentraler Energieerzeugung geprüft.

Die Modellrechnungen ergaben folgende relevante und belastbare Ergebnisse für die infrastrukturelle Versorgung von Passivhäusern.

- **Fernwärme-Netze** sind aufgrund der hohen anteiligen Verluste zur tatsächlich abgenommenen Endenergie in konventioneller Bauweise (mit Stichleitungen) nicht und in innovativer Bauweise (mit Infrastrukturkanal, Kopfstationen oder zentraler Fernwärme-Übergabestation) nur bedingt energetisch und klimapolitisch empfehlenswert. Trotz der bei den innovativen Varianten nachgewiesenen Wirtschaftlichkeit ist aufgrund der relativ hohen kapitalgebundenen Kosten der Anschluss hocheffizien-

ter Gebäude bzw. Siedlungen aus Sicht der Energieversorger häufig nicht interessant bzw. wird sogar in der Praxis z.T. verweigert. Allerdings könnte die Einbindung des Vorlaufs einer Passivhaussiedlung in einen konventionellen Fernwärme-Rücklauf auch für Energieversorger eine interessante Option darstellen. Die Klimaschutzwirkung der Fernwärme-Versorgung ist nicht allgemeingültig nachweisbar, sondern muss im Einzelfall beurteilt werden.

- **Nahwärme-Netze** stellen im Vergleich zur Fernwärme eine in allen drei Hauptkriterien interessante Option dar. Hier ist auch die Integration von erneuerbaren Energien oder ein höherer KWK-Anteil möglich. Die Fernwärme-Verluste entfallen und die Verluste im Nahwärmenetz können durch verschiedene Maßnahmen, insbesondere durch Verlegung innerhalb der Gebäude, reduziert werden. Zu wesentlichen Kosteneinsparungen kann ein vorgefertigter Infrastrukturkanal führen, der bereits beim Bau berücksichtigt wird. Bei kleineren Netzen besteht auch zusätzlich die Möglichkeit, auf Übergabestationen zu verzichten und Gebäudeheizungen direkt zu versorgen. Kopfstationen gespeist durch Holzpelletkessel und in Kombination mit solarthermischen Anlagen schneiden sowohl bezogen auf die CO₂-Emissionen als auch Wirtschaftlichkeit positiv ab. Die Verteilverluste sind vernachlässigbar gering und durch die zusammengefasste Versorgung von mehreren Einzelgebäuden können auch Kessel mit üblichen Größen zum Einsatz kommen. Problematisch bei einer Versorgungsvariante mit Kopfstationen ist allerdings die Frage des Eigentums und des Betriebs: Die unterschiedlichen Gebäudeeigentümer müssen sich privatrechtlich darauf verständ-



Tabelle 1: Varianten der Wärmeversorgung einer Passivhaus-Siedlung und deren Bewertung

Nr.	Bezeichnung	Netzverluste	Klimaschutz	Wirtschaftlichkeit	Empfehlung
Fernwärme (KWK-Anteil > 50%)					
0	Fernwärmeversorgung konventionell (Stichleitungen)	--	+/- ¹⁾	-	Nicht empfehlenswert
1	Fernwärmetrasse durch die Häuser (Infrastrukturkanal)	-	+/- ¹⁾	+	Bedingt empfehlenswert
2	Fernwärmeübergabe an Kopfstationen (Blockversorgung)	--	+/- ¹⁾	+	Bedingt empfehlenswert
3	Zentrale Fernwärme-Übergabestation und Nahwärmetrasse durch die Häuser (Infrastrukturkanal)	-	+/- ¹⁾	++	(Bedingt) empfehlenswert
Nahwärme					
4	Dezentrales Nahwärmenetz durch die Häuser mit BHKW (KWK-Anteil > 50%)	+	+	++	Empfehlenswert
5	Holzpelletkessel in Kopfstationen	+	++	++	Sehr empfehlenswert
6	Kalte Nahwärme aus Sondenfeld und Wärmepumpen in Kopfstationen	+	+/o ²⁾	++	Empfehlenswert
Einzelversorgung					
7	Stromdirektheizung	++	--	o	Nicht empfehlenswert
8	Wärmepumpen-Kompaktaggregat	++	+/o ²⁾	-	Bedingt empfehlenswert
1) Abhängig von Art des Heizkraftwerkes (Brennstoff, Effizienz) und Qualität, Temperaturniveau und Ausdehnung des FW-Netzes (Leitungsverluste) 2) Abhängig von den Annahmen zur Art der Stromerzeugung für die elektrische Wärmepumpe (Kraftwerksmix, Grenzkraftwerk ...) ++ große Vorteile - Nachteile + Vorteile -- große Nachteile o neutral					

digen, dass sie gemeinsam eine Energieerzeugungsanlage betreiben und abrechnen. Einen Ausweg aus solchen Zuständigkeitsproblematiken könnte das Anlagencontracting bieten. Neben der Holzpelletvariante schneiden auch das Nahwärme-BHKW sowie die kalte Nahwärme in den wesentlichen Untersuchungspunkten gut ab.

- Die bereits beschriebenen zentralen Versorgungslösungen wurden mit den **Einzelversorgungsoptionen** Stromdirektheizung sowie mit der Versorgung über Wärmepumpen-Kompaktaggregate verglichen. Bei ihnen sind die Netzverluste gleich Null. Die Stromdirektheizung besticht zwar durch

die geringsten Investitionskosten, hat aber gleichzeitig die höchsten Verbrauchskosten und die höchsten Klimabelastungen aufzuweisen. Wegen der schlechten Umweltbilanz und weil diese Variante besonders sensitiv gegenüber zukünftigen Strompreiserhöhungen ist, wird für die Stromdirektheizung keine Empfehlung ausgesprochen. Das Wärmepumpen-Kompaktaggregat ist etwa um den Faktor drei effizienter als die Direktstromheizung. Dementsprechend fällt die Klima- und Verbrauchskostenbilanz besser aus. Aufgrund derzeit noch hoher Investitionskosten ist die Wirtschaftlichkeit jedoch nur mittelmäßig. Insbesondere unter der Annahme zukünftig sinkender Preise für



Kompaktaggregate stellen diese dennoch eine interessante Lösung zur Einzelversorgung von Passivhäusern dar.

- Für alle Varianten (außer Var. 1 und 4) wurde zusätzlich die Integration von **solarthermischen Anlagen** zur Warmwasserbereitung geprüft. Diese Analyse ergibt, dass klimapolitisch die Einbettung von Solarenergie sehr sinnvoll ist (Verminderung der CO₂-Emissionen um bis zu 30 Prozent).

Um den Restwärmebedarf von gut gedämmten Gebäuden zu decken, reichen im Prinzip **Niedertemperaturquellen** mit niedrigem Exergiegehalt. Zur zukünftigen Versorgung hocheffizienter Gebäude mit erneuerbaren Energien kommt diesen sogenannten „Low-Ex-Konzepten“ wachsende Bedeutung zu. Darunter fällt z.B. eine gestufte Bereitstellung von Wärme auf zwei Temperaturniveaus (Heizwasser / Trinkwarmwasser) oder aber der Anschluss von Niedrigenergiehäusern bzw. -Siedlungen an den **Fernwärme-Rücklauf** eines konventionel-

len Fernwärmenetzes mit seinen derzeit noch relativ hohen Vorlauf-Temperaturen. Auch **„kalte Nahwärme“** ist ein solches Lösungskonzept, welches sich durch Wärmetransport auf einem sehr niedrigen Temperaturniveau (z.B. Vorlauf/Rücklauf 20°C/15°C und weniger) auszeichnet. Dadurch können sowohl die Wärmeverteilungsverluste (Netzverluste, insbesondere im Sommer) als auch die Verlegekosten (durch geringere Dämmstärken bzw. weitgehenden Verzicht auf Leitungsdämmung) erheblich reduziert werden. Als Wärmequellen eignen sich insbesondere regenerative Niedertemperaturquellen wie Solarenergie, Umgebungswärme (z.B. Regenwasser, Flusswasser, Grundwasser, Oberflächenwasser, Tunnelwasser, Sickerwasser), geothermische Wärme und „Abfallwärme“ aus lokalen Quellen wie z.B. Industrieanlagen. Zum Anheben der niedrigen Vorlauftemperaturen auf ein nutzbares Niveau können elektrische oder Gas-Wärmepumpen eingesetzt werden.

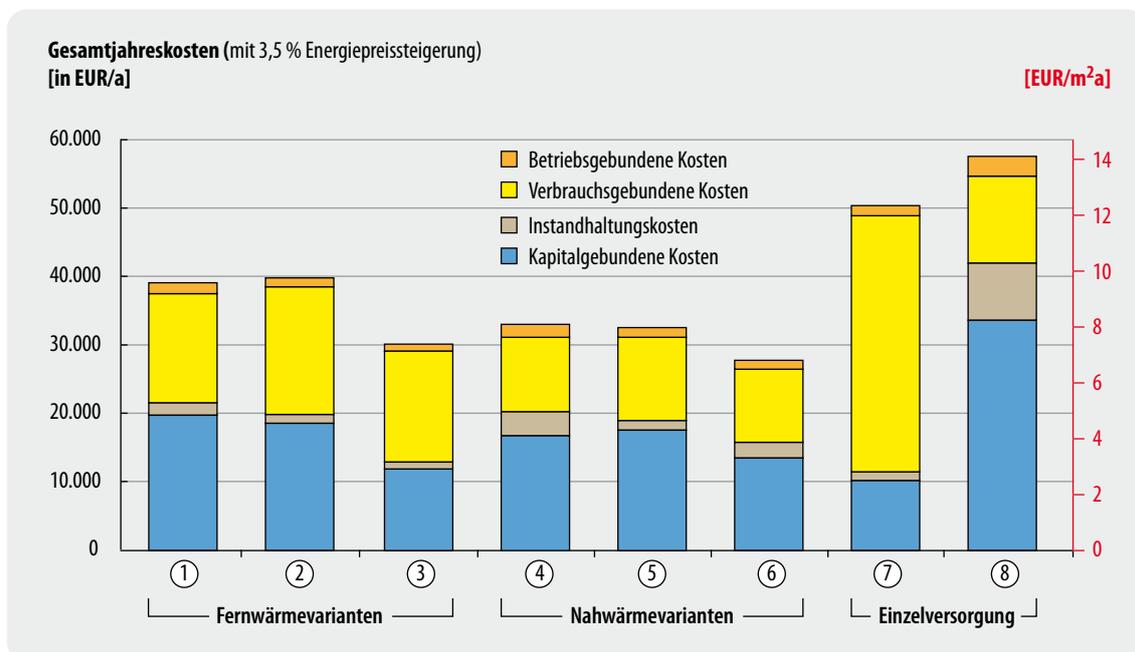


Abbildung 8: Gesamtjahreskosten für die Wärmeversorgung einer Passivhaussiedlung mit 34 Wohneinheiten á 120 m² Wohnfläche (Berechnung nach VDI 2067, mit 3,5 Prozent Energiepreissteigerung pro Jahr). Ab einer Energiepreissteigerung von 7,5 %/a ist V 7 die teuerste Variante.

- | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1 Verlegung durch Häuser | 4 zentrales BHKW | 7 Strom Direktheizung |
| 2 Kopfstationen | 5 Holzpellets Kopfstationen | 8 WP-Kompaktaggregate |
| 3 zentraler WT / durch Häuser | 6 kalte Nahwärme | |

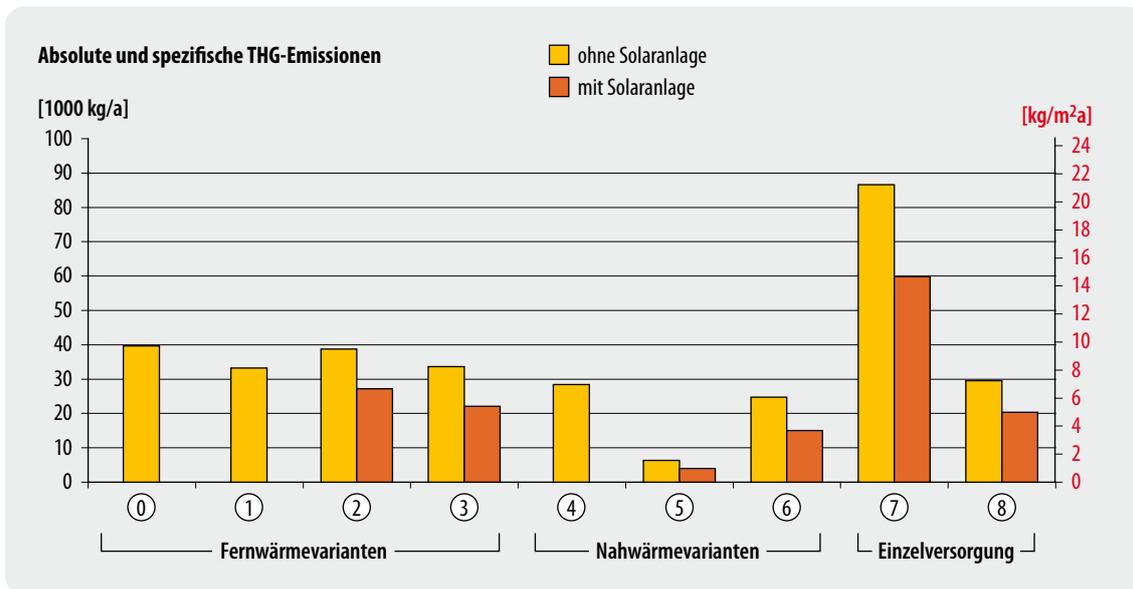


Abbildung 9: Absolute und wohnflächenbezogene jährliche Treibhausgas-Emissionen der gesamten Siedlung (ohne und mit Solaranlage)

- | | | |
|----------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| 0 klassisch (Stichleitung) | 3 zentraler WT / durch Häuser | 6 kalte Nahwärme |
| 1 Verlegung durch Häuser | 4 zentrales BHKW | 7 Strom Direktheizung |
| 2 Kopfstationen | 5 Holzpellets Kopfstationen | 8 WP-Kompaktaggregate |

Entflechtung oder Verzahnung? Die Energieeinsparverordnung (EnEV) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)

Eine besondere Art der Verzahnung von Erneuerbaren und Effizienz findet sich in der **Energieeinsparverordnung (EnEV)**, die sowohl technische Anforderungen an Gebäude stellt als auch die Rahmenbedingungen für die Erstellung und Vorlage der Gebäudeenergieausweise regelt. Ziel der EnEV ist es, den Energiebedarf für die Heizung, Trinkwassererwärmung sowie für Kühlen, Lüften etc. zu reduzieren.

In der EnEV werden unter anderem folgende zentrale Kenngrößen je nach Bereich (Wohngebäude oder Nichtwohngebäude, Neubauten oder Bestandssanierungen) festgelegt:

- Der **Jahresprimärenergiebedarf (q_p)** beschreibt den bezüglich der fossil-nuklearen Ressourcen bewerteten Energiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüf-

tung, Kühlung etc. Neben der Qualität der Gebäudehülle geht in diesen Faktor der Nutzungsgrad und die Brennstoffart der Anlagentechnik ein: Erneuerbare Energieträger führen zu einem sehr geringen Jahresprimärenergiebedarf.

- Der **Transmissionswärmeverlust (H_T)** beschreibt den mittleren U-Wert aller Bauteile eines Gebäudes, also die Qualität der Dämmung der Gebäudehülle.
- Werden nur bestimmte Teile eines Gebäudes saniert, müssen Anforderungen an die **U-Werte** einzelner Bauteile eingehalten werden.

Der Vorteil dieser mehrfachen Grenzwertfestlegung liegt in der erhöhten Planungsflexibilität und architektonischen Freiheit. Ein gewisser Nachteil mit Blick auf den Klimaschutz liegt darin, dass es zu Maßnahmenverschiebungen kommen kann, die dazu führen, dass zugunsten des Einsatzes von EE an Bauteilqualitäten gespart wird.



Referenzgebäudeverfahren

Für den Wohngebäudebereich wird in der EnEV 2009 ein sogenanntes Referenzgebäudeverfahren eingeführt. Für dieses Referenzgebäude werden Ausstattungsvorgaben insbesondere für die Qualität der Wärmedämmung (U-Werte) und für die Anlagentechnik gemacht. Unter anderem berücksichtigt das Referenzgebäude eine zentrale Trinkwassererwärmung mit Solaranlage. Der Primärenergie-Grenzwert impliziert also bereits einen Anteil erneuerbarer Energien.

Mit diesen Referenzdaten wird für jedes individuelle Gebäude der entsprechende Primärenergie-Bedarf errechnet, der dann den Grenzwert für das konkrete Gebäude darstellt. Zusätzlich wurden für bestimmte Gebäudetypen (Einfamilienhaus, kleines und großes Mehrfamilienhaus etc.) die maximalen spezifischen Transmissionswärmeverluste festgelegt. Die U-Werte für die Bauteilsanierung wurden maßgeblich verschärft.

Neben der EnEV gibt es seit dem 1.1.2009 ein weiteres gebäudebezogenes Instrument, das **Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EE-WärmeG)**. Dieses verlangt, dass in Neubauten ein vorgegebener Teil des Wärmebedarfs aus erneuerbaren Energien gedeckt wird. Dabei können verschiedene Formen der erneuerbaren Energien allein oder in Kombination genutzt werden. Für die verschiedenen Wärmequellen sind unterschiedliche Anteile zur Wärmeenergiedeckung vorgeschrieben. Außerdem gibt es Anforderungen an die Technologien (z.B. Gütesiegel für Solarkollektoren).

Sollen oder können keine EE-Anlagen genutzt werden, können andere klimaschonende Maßnahmen, sogenannte Ersatzmaßnahmen, ergriffen werden, wie z.B. um 15 Prozent bessere Gebäudedämmung über das in der EnEV verlangte Maß hinaus, Nutzung von Wärme aus Abwärmequellen und, unter bestimmten Rahmenbedingungen, aus Nah- und Fernwärme oder Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).

Somit ergeben sich mit der EnEV 2009 mehrfache Verzahnungen zwischen Erneuerbaren und Effizienz: Die EnEV berücksichtigt in ihrem Grenzwert eine Solaranlage, während das EEWärmeG nicht nur Effizienzanforde-

rungen an die Anlage stellt, sondern auch erlaubt, dass anstelle einer EE-Anlage verstärkt gedämmt wird.

Das Energiebalance-Projekt hat versucht, anhand von Berechnungen von fünf Beispielwohngebäude dieses komplizierte Geflecht zu überprüfen. Vorläufer dieser Berechnungen sind in den Diskussionsprozess um das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz eingeflossen.

Neubauten

Die Ergebnisse der Berechnungen² für den Transmissionswärmeverlust für fünf ausgewählte Gebäudetypen zeigen, dass die expliziten, in der EnEV festgelegten H_T' -Anforderungen nach EnEV 2009 (Entwurf) (■) für nahezu alle Gebäude (Ausnahme Reihenhäuser) schärfer sind als gemäß geltender EnEV 2007 (◆). Allerdings lässt sich alternativ auch aus den Primärenergieanforderungen ein H_T' errechnen: Legt man beispielsweise einen Ölheizkessel ohne erneuerbare Energien zu Grunde, muss ein relativ anspruchsvoller H_T' -Wert eingehalten werden, weil im Referenzgebäude eine Solaranlage angenommen wird, die hier durch bessere Dämmung bzw. Gebäudedichtheit oder Wärmerückgewinnung kompensiert werden muss (▲).

Darüber hinaus muss ein solches Gebäude allerdings auch das Erneuerbare Wärmegesetz einhalten. Wenn wir annehmen, dass es nicht über einen Wärmenetzanschluss o.ä. verfügt, müsste dieses zusätzlich die Anforderungen der EnEV um 15 Prozent unterschreiten – und zwar bezüglich des Primärenergiekennwertes und H_T' . Daraus ergeben sich nochmals strengere H_T' -Anforderungen, die zum Teil nur mit Passivhauskomponenten erfüllt werden können (○). In diesen Fällen gibt es allerdings auch die Möglichkeit, die weitere Verschärfung der Primärenergie-Anforderung durch z.B. Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung zu kompensieren.

Anders ist dies beim Einsatz von erneuerbaren Energieträgern, beispielsweise Biomasse. In diesem Fall werden die Primärenergieanforderungen in jedem Fall unterschritten. Für H_T' werden die expliziten Grenzwerte (■) wirk-

² Grundlage der Berechnungen war die Entwurfsfassung der EnEV vom Januar 2009.



Spezifischer Transmissionswärmeverlust H_T'
[W/m²K]

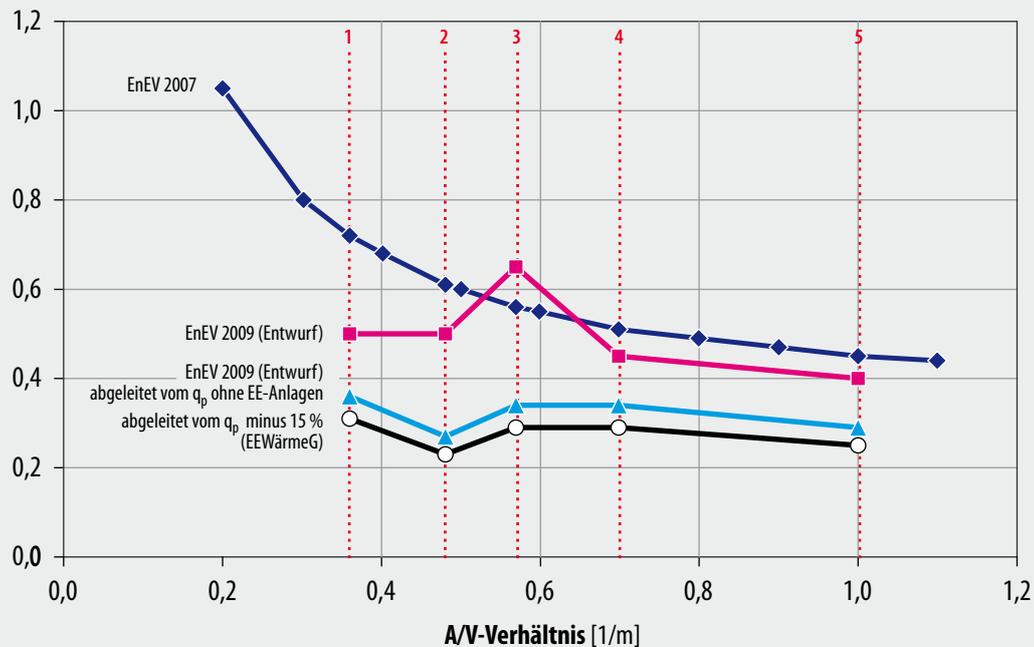


Abbildung 10: Maximaler Transmissionswärmeverlust H_T' als Funktion des Oberflächen/Volumen-Verhältnisses A/V für fünf Beispielgebäude

- ◆ nach geltender EnEV 2007
- nach EnEV-Entwurf 2009
- ▲ nach EnEV-Entwurf 2009 für den Fall, dass die Primärenergieanforderungen nach Referenzgebäudeverfahren ohne Einsatz von erneuerbaren Energien erreicht werden müssen
- zusätzliche Primärenergieanforderungen minus 15 Prozent (Vorschrift nach EEWärmeG)
- 1: großes Mehrfamilienhaus | 2: Mehrfamilienhaus | 3: Reihenhaushälfte | 4: Doppelhaushälfte | 5: Einfamilienhaus

sam. Diese liegen aber im Durchschnitt nur 11 Prozent unter den alten Grenzwerten (dies gilt sowohl für den Mittelwert der hier betrachteten Gebäude wie auch für den Mittelwert der in Deutschland errichteten Neubauten). Die Verschärfung der EnEV in Bezug auf die Qualität der Gebäudehülle kann also durch den Einsatz erneuerbarer Energieträger – der nach EEWärmeG eigentlich gefordert wird – weitgehend umgangen werden. Dies kann aber durchaus problematisch sein, da

- Heizungen eine deutlich geringere Lebensdauer haben als die Gebäudehülle. Die Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle legen deren Endenergiebedarf auf Jahrzehnte fest.

- insbesondere Biomasse begrenzt verfügbar ist. Damit sie einen weitgehenden Substitutionseffekt entfaltet, sollte sie in effizienten Anwendungen zum Einsatz gelangen.

Die Minderung des Primärenergiebedarfs wird überproportional durch erneuerbare Energien und nur unterproportional durch eine Verbesserung der Gebäudehülle erbracht. Damit werden eigentlich gerade die Dämmmaßnahmen, die sich unter heutigen Energiepreisen als besonders wirtschaftlich darstellen, benachteiligt. Zudem wird deutlich, dass der Zirkelbezug in den Gesetzen deren Transparenz und Verständlichkeit einschränkt.



Spezifischer Primärenergiebedarf q_p
[kWh/m²a]

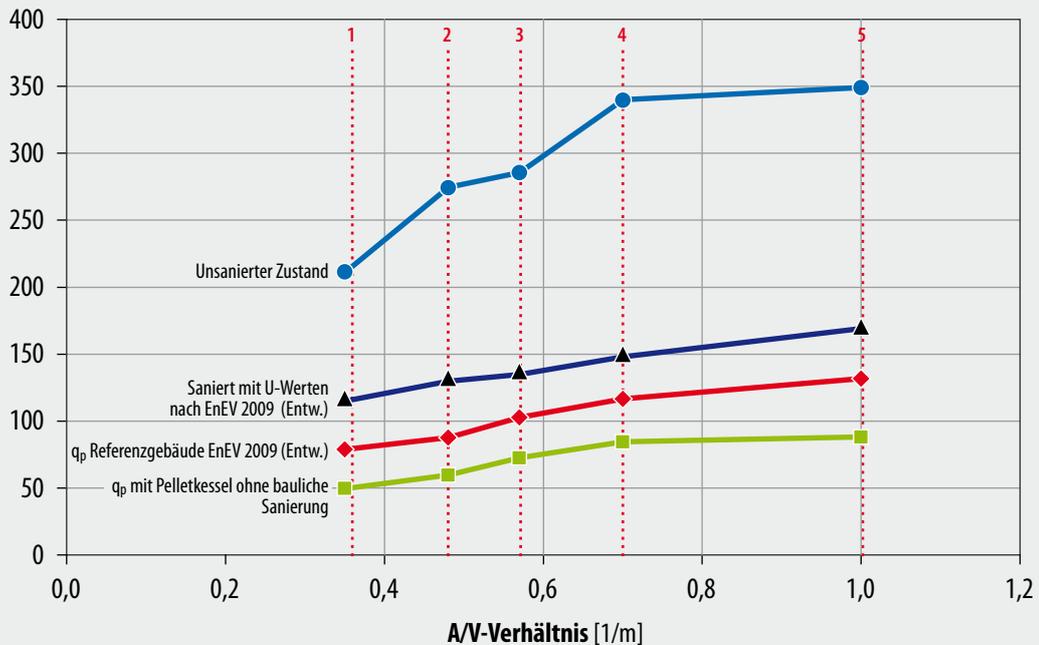


Abbildung 11: Spezifische Primärenergiebedarfswerte für die berechneten Typengebäude 1 bis 5

- im unsanierten Zustand
- ▲ nach Sanierung aller Bauteile gemäß Bauteilverfahren EnEV 2009 (ohne an der Anlagentechnik etwas zu verändern)
- ◆ Höchstwert für Bestandsanierung nach Referenzgebäudeverfahren EnEV 2009
- Primärenergiebedarf, der erreicht werden kann, wenn ausschließlich ein Holzpelletkessel installiert wird (ohne Verbesserung der Gebäudehülle)

1: großes Mehrfamilienhaus | 2: Mehrfamilienhaus | 3: Reihenhaus | 4: Doppelhaushälfte | 5: Einfamilienhaus

Sanierung von Bestandsgebäuden

Noch offener werden die Möglichkeiten der gegenseitigen Aufrechnung im Fall der Sanierung von Bestandsgebäuden. Im Rahmen der EnEV 2009 gibt es (wie auch in der EnEV 2007) die Möglichkeit, zwischen zwei Verfahren zu wählen:

- man erfüllt die Anforderungen an einzelne zu sanierende Bauteile (z.B. maximaler U-Wert von Wänden, Fenstern etc.), wenn mehr als 10 Prozent der gesamten Bauteilfläche von Veränderungen betroffen sind, oder

- man erfüllt die Primärenergieanforderungen für den Neubau (q_p Referenzgebäude) mit einem Aufschlag von 40 Prozent.

Eine Anforderung zur Einhaltung einer Mindestqualität der gesamten Gebäudehülle (H_T -Grenzwert) ist im Entwurf der EnEV 2009 für Sanierungen nicht vorgesehen.³

Setzt man beispielsweise Biomasse ein, wird es nach dem EnEV 2009-Entwurf möglich, mit dem Wegfall der Nebenanforderung für die Gebäudehüllenqualität die Primärenergiebe-

³ Nach Redaktionsschluss wurde bekannt, dass eine solche Begrenzung des H_T eingeführt werden soll.



darfsgrenzwerte einzuhalten, ohne dass eine weitere Gebäudedämmung erforderlich ist.

Dadurch wird diese Grafik zur entscheidenden Grafik, um gegen eine Verzahnung der beiden Instrumente EnEV und EEWärmeG zu plädieren – durch die alleinige Primärenergieanforderung werden keinerlei Einsparanforderungen fixiert. Diese Regelung kann also, bei entsprechender Auslegung, dazu führen, dass, um Investitionskosten zu senken, Dämmmaßnahmen gar nicht oder überwiegend in schlechterer Qualität durchgeführt werden.

Vorschläge zur Weiterentwicklung der EnEV und des EEWärmeG

Eine Weiterentwicklung der Gesetze sollte daher nach Meinung der Autoren verschiedene Aspekte aufgreifen:

1. Entflechtung. Das Politikbeispiel oben zeigt, dass eine zu starke Verzahnung von Erneuerbaren und Effizienz auch Nachteile haben kann: zum einen ergibt sich die Möglichkeit einer Aufrechnung von Dämmung und Erneuerbaren Energien, zum anderen wird das gesetzliche Gefüge sehr kompliziert.

Die Entflechtung der Ziele und Anforderungen könnte durch die Definition maximaler Heiz- und Endenergiebedarfswerte anstelle des $H_{T'}$ -Grenzwertes in der EnEV unterstützt werden. Somit wird der Fokus einerseits auf Wärmeschutz-, andererseits auf effizienzsteigernde Maßnahmen in der Anlagentechnik gelegt. Nur im Rahmen des EEWärmeG werden dann Vorgaben bezüglich der Art der Energiebedarfsdeckung formuliert.

Durch diese Trennung in Hülle, Anlage und Energieträger würde eine klare Regelung geschaffen und ausgeschlossen, dass sich Bauherren und Sanierer durch den EE-Einsatz von der Pflicht zur nachhaltigen Dämmung freikaufen können. Vorrangiges Ziel der EnEV sollte es sein, den Energiebedarf insgesamt zu beschränken, während das EEWärmeG dazu dient, zu regeln, wie dieser Energiebedarf gedeckt wird.

Die erforderliche Flexibilität im EEWärmeG für den Fall, dass keine erneuerbaren Energien eingesetzt werden können, könnte durch die

Etablierung einer Ersatzzahlung anstelle einer Ersatzmaßnahme gewährleistet werden. Von der EE-Wärmepflicht sollten nur extrem gut gedämmte Gebäude deutlich unter EnEV-15 Prozent (z.B. Passivhausstandard) ausgenommen sein.

2. Vereinfachung. Vor allem im Wohngebäudebereich, wo vom Eigentümer bis hin zum ausführenden Betrieb für Bau oder Sanierung unterschiedlichste Akteure am Werk sind, sind aus der Sicht der Autoren wesentliche Vereinfachung notwendig und auch möglich. Diese Vereinfachung betrifft einerseits die grundsätzlichen Anforderungen (Grenzwerte) als auch die verwendeten Bilanzierungsverfahren.

3. Verschärfung der $H_{T'}$ -Anforderungen. Bei den geplanten Neubauvorschriften entsteht der größte Teil der Verschärfung durch die im Referenzgebäude berücksichtigte Solaranlage und effizientere Anlagentechnik. Der Verschärfungsanteil der Gebäudehülle bleibt im Vergleich zu den wirtschaftlich möglichen Anforderungen hinter den Erwartungen zurück. Deshalb ist eine weitergehende Verschärfung der $H_{T'}$ -Anforderungen in 2009 für Neubauten wünschenswert.

4. Anpassung. In Bezug auf einige Energieträger, zum Beispiel Biomasse, Bioöle oder Fernwärme, ist die derzeitige primärenergetische Bewertung als kritisch zu betrachten. Um die Kompensationsmöglichkeit von Effizienzmaßnahmen durch erneuerbare Energieträger gerade bei Biomasse, die ja auch einen limitiert verfügbaren Rohstoff darstellt, zu begrenzen, ist die Abänderung des Primärenergiefaktors der Biomasse notwendig. Gleiches gilt für die Festlegung von Fernwärme-Primärenergiefaktoren.

Bleiben jedoch beide Instrumente wie derzeit vorgesehen nebeneinander stehen, könnten durch deren Verzahnungen durchaus nachteilige Entwicklungen folgen. Sowohl die EnEV als auch das EEWärmeG würden ggf. nicht ihr volle Klimaschutzwirkung erzielen können. Es ist schwierig vorherzusagen, wie die Instrumente letztendlich wirken. Rein aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten könnte sich das EEWärmeG zu einem Effizienzgesetz im Gebäudebereich entwickeln, da eine verbesserte Dämmung als Ersatzmaßnahme in der Regel günstiger ist als der Einsatz erneuerbarer Energieträger. Dieses EE-Instrument könnte eine interessante Dyna-



Energieberatung: Mittler zwischen den Welten

Die Energieberatung bietet der Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz eine besondere Chance. Warum die Energieberatung besonders wichtig ist, zeigen einige Auszüge aus der IFEU-Evaluation der Vor-Ort-Energieberatung: rund 90 Prozent der Beratungsempfänger nannten als wichtigsten Grund für die Inanspruchnahme der Vor-Ort-Energieberatung konkrete (Sanierungs-)vorhaben wie z.B. Wärmedämmmaßnahmen. Ein weiterer Grund für die Beratung ist bei mehr als 60 Prozent der Beratungsempfänger der Wunsch zur langfristigen Reduzierung der Heiz- bzw. Energiekosten. Für rund die Hälfte der Beratenen wurde eine (anstehende) Heizungsanpassung bzw. -umstellung als Begründung angeführt. Zudem hat die Evaluation ergeben, dass die Vor-Ort-Energieberatung einen entscheidenden Einfluss darauf hat, in welcher Qualität (z.B. Dämmstoffstärke) die Maßnahme umgesetzt wird. Somit können Energieberater besonders dazu beitragen, dass qualitativ hochwertige Standards in der Sanierung von Wohngebäuden umgesetzt werden.

Und genau hier könnte die verstärkte Verzahnung ihre Potenziale nutzen: indem bereits in der Beratung auf die Möglichkeit hingewiesen wird, dass ein sehr guter baulicher Standard (z.B. Passivhaus- oder Niedrigenergiehausstandard) unter geringen Mehrkosten erreicht werden kann. Viele kommen, um ihre Heizung zu sanieren, und verlassen die Beratung mit einem Gesamtmaßnahmenpaket, das eine Verbesserung der Gebäudehülle mit umfasst. Und umgekehrt: Von den Beratungsempfängern 2005, die eine Solaranlage mit zusätzlicher Heizungsunterstützung installiert haben, gab die Hälfte der Befragten an, dass die Vor-Ort-Energieberatung der entscheidende Impuls (18 Prozent) oder eine wichtige Hilfestellung (32 Prozent) für die Entscheidung zu einer größeren Solaranlage zur zusätzlichen Heizungsunterstützung war.

Die Zeit spielt in der „Energiebalance-Beratung“ eine wesentliche Rolle: Sanierungsmaßnahmen lohnen sich langfristig und beeinflussen weitere Entscheidungen zur Energieversorgung. Die positiven Auswirkungen der Verzahnung werden dann klarer: Erneuerbare Energieanlagen wie Solaranlagen oder Wärmepumpen arbeiten effizienter in Gebäuden mit geringerem Energiebedarf bzw. niedrigen Vorlauftemperaturen der Heizung. Die transparente, standardisierte Bewertung von Investitionen unter realen Einsatzbedingungen muss besser in die Energieberatung integriert werden. Durch den Effizienzbonus im Marktanzreizprogramm erhöht sich auch der Förderbetrag dieser Anlagen in besser gedämmten Gebäuden. So können langfristig und nachhaltig der Energieverbrauch und dementsprechend die Kosten reduziert werden.

mik entwickeln, welche die EnEV aufgrund der Flexibilisierungsmöglichkeiten (Aufrechenbarkeit von Dämmung gegen erneuerbare Energien) bisher nicht erreichen konnte. Wird jedoch beim Neubau von Gebäuden nicht nur nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten entschieden, werden wichtige Effizienzpotenziale über Jahre hinweg nicht ausgeschöpft, da durch den obligatorischen Einsatz von erneuerbaren Energien am Wärmeschutz gespart werden kann.

Das Marktanzreizprogramm: Effizienzelemente in Förderprogramme für erneuerbare Energien einführen

Die Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien muss sich genauso wie Heizungsanlagen mit fossilen Brennstoffen hinsichtlich ihrer Effizienz messen lassen. Bei allen Anlagentypen sind Verbesserungen der Effizienz möglich und sinnvoll, insbesondere, da eine Steigerung des Nutzungsgrades der Umwandlung von Primär- in Nutzenergie auch die (bei erneuerbaren Energieanlagen oftmals höheren) Kapitalkosten pro installierter Leistung senkt. Dabei ist zu unterscheiden zwischen



Beispiel: Umwälz- und Kollektorkreisumpen

Umwälz- und Kollektorkreisumpen sind in der Gesamtenergiebilanz eines Heiz- bzw. Kollektorkreises ein wichtiger Bestandteil mit hohem Einsparpotenzial und zugleich geringen Amortisationszeiten. In deutschen Haushalten laufen ca. 14 Millionen Heizungs- und 6 Millionen Warmwasserzirkulationspumpen, die bisher technisch bedingt nur 10 bis 15 Prozent der ihnen zugeführten Leistung in Pumpleistung umsetzen können. Zudem sind die Pumpen im Mittel deutlich überdimensioniert (Angstzuschläge) und laufen häufig mit voller Leistung, selbst wenn der Heizbetrieb abgesenkt bzw. unterbrochen ist.

Seit einigen Jahren bieten Pumpenhersteller jedoch auch besonders effiziente geregelte Umwälzpumpen mit Permanentmagnet-Technologie an. Sie verbrauchen im Jahr bis zu 80 Prozent weniger Strom als „herkömmliche“ Pumpen. Zeitgleich mit dem Einbau der Pumpen ist ein sorgfältiger hydraulischer Abgleich notwendig, um die volle Funktionsfähigkeit des Systems zu gewährleisten. Dieser hydraulische Abgleich senkt zudem die Wärmeverluste des Systems.

Ähnlich wie bei den Heizkreisumpen sind Solar-Kollektorkreisumpen in der Regel überdimensioniert. Mit diesen Pumpen reduziert sich die durch Sonnenkollektoren prinzipiell mögliche Primärenergieeinsparung um 15 Prozent. Bei der Verwendung von Hocheffizienzumpen kann dieser parasitäre Verbrauch auf 2 bis 4 Prozent gesenkt werden.

Solche besonders effizienten Pumpen haben sich gleichwohl noch nicht als Standardkomponente für Heiz- und Kollektorsysteme im Markt etabliert. Hemmnisse sind in erster Linie deutlich höhere Investitionskosten, die damit einher gehende Präferenz der Hersteller, reguläre Pumpen in Kompaktsystemen und Solargruppen zu verwenden, eine reservierende Haltung des Handwerkes gegenüber der komplizierteren Einregelung und mangelnder Informationsfluss zum Kunden.

Das Energiebalance-Projekt schlug daher eine Förderung solcher besonders effizienter Pumpen im Rahmen des Marktanzreizprogramms vor. Umgesetzt in der aktuellen Fassung des MAP wurde ein Investitionszuschuss von 200 Euro für besonders effiziente Umwälzpumpen eines Heizsystems, welche das freiwillige Energielabel der Klasse A tragen bzw. deren Bedingungen erfüllen. Zudem ist ein Nachweis über den hydraulischen Abgleich zu erbringen. Besonders effiziente Solarkollektorpumpen werden mit 50 Euro pro Pumpe gefördert.



Abbildung 12: Umwälz- und Kollektorkreisumpen

(Quelle: Grundfos)



- Solaranlagen und tiefer Geothermie, die keinen separaten Brennstoff benötigen, sondern lediglich zum Betrieb von Peripherie-Aggregaten (Pumpen, Regelung, etc.) Hilfsenergie beziehen;
- Wärmepumpen, die in beträchtlichem Maß Gas oder Strom zur Nutzung der Umweltwärme benötigen und
- Biomasse-Anlagen, die einen zwar erneuerbaren und klimafreundlichen, aber dennoch begrenzt vorhandenen Brennstoff einsetzen.

Effizienzsteigerungen von erneuerbaren Energieanlagen lassen sich erreichen durch eine Steigerung des **primärenergetischen Nutzungsgrades** durch Wechsel von primärenergieintensiven Endenergieträgern auf weniger intensivere (Beispiel Elektro-Wärmepumpe → Gas-Wärmepumpe), durch eine Steigerung des **Anlagen-Nutzungsgrades** beispielsweise durch Brennwertnutzung bei Biomasse-Kesseln oder Kraft-Wärme-Kopplung, aber auch durch eine **Senkung des Hilfsenergiebedarfs** (Beispiel effiziente Pumpen bei Solaranlagen).

Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien wird in Deutschland im Rahmen des sogenannten Marktanzreizprogramms (MAP) gefördert. Ziel des Marktanzreizprogramms ist es, den Deckungsanteil der erneuerbaren Energien speziell im Bereich der Wärmeversorgung im Energiemarkt zu erhöhen. Gefördert werden u.a. Solarkollektoranlagen, Biomassekessel, effiziente Wärmepumpen und Nahwärmenetze durch Investitionszuschüsse bzw. zinsgünstige Kredite mit Tilgungszuschuss.

Das Marktanzreizprogramm, auch in seiner Fassung vor 2007, stellt bereits bestimmte Effizienzanforderungen an die geförderten Anlagen, beispielsweise bei Sonnenkollektoren das Gütesiegel Solar Keymark, einen Mindestenergieertrag von 525 kWh/m²a, ein Funktionskontrollgerät oder einen Wärmemengenzähler.

Im Rahmen des Energiebalance-Projektes wurden weitere Effizienzelemente erarbeitet, die im MAP implementiert wurden, beispielsweise

- ein höherer Fördersatz für EE-Anlagen in besonders gut gedämmten Gebäuden,
- eine Bonusförderung für optimierte Heizungssysteme mit besonders effizienten Pumpen,
- eine Förderung von Biogas-Mikronetzen (siehe S. 38) oder
- eine verbesserte Förderung von Nahwärmenetzen.



Verzahnung im Gebäudesektor		← Erneuerbare Energien (EE)	→ Energieeffizienz (EE)	Begründung und Bemerkungen
Ziele	Unterziele	THG-Emissionen: Minus 40% bis 2020 / minus 80% bis 2050; Versorgungssicherheit; Wirtschaftlichkeit 14% EE-Wärme bis 2020	Verdopplung der Energieproduktivität bis 2020 gegenüber 1990 Passivhausstandard 2015 im Neubau / EnEV-Neubau ¹⁾ minus 50% 2020 plus Roadmap Definition von Reduktionszielen für Endenergieverbrauch im Gebäudebestand	Planungssicherheit für Akteure im Baubereich durch Zielsetzungen / Meilensteine / Roadmaps schaffen. Um nicht nur das Niveau zu sichern, sondern auch um die geeigneten Anreize für Sanierungen zu schaffen.
Gesetze	EnEV 2007 EnEV 2009 EnEV zukünftig	PE-Anforderung PE-Anforderung + Solaranlage	EnEV 2007 H _f -Anforderung EnEV 2009 H _f Vorschlag EnEV 2012 – Beschränkung auf Heiz- und Endenergiebedarf, Verschärfung ohne Solaranlage im Referenzgebäude Ersatzmaßnahmen	Nachbesserungen im Bestand notwendig! Schaffung von höherer Transparenz und Praktikabilität der EnEV für den Wohnungsbau / Vermeidung von Kompensationsmöglichkeiten
Förderungen	EE Wärme G	Nutzungspflicht EE-Wärme für Neubau Konzentration auf Einsatz von EE über PE-Anforderung		Förderung eines ambitionierten Gebäudestandards (EnEV-Vorschlag) sowie der Einsatzpflicht von EE-Wärme (Ersatzmaßnahme: Ausgleichszahlung)
	MAP	Förderung von EE-Anlagen	EF-Anforderungen und EF-Boni Ausweitung des EF-Bonus	Deutlich höhere Belohnung für besseren Gebäude-/Systemstandard
	KfW	Förderung von EE-Anlagen	MAP fördert insgesamt Gebäudetechnik (EE und EF) Förderung Passivhaus / KfW 40 und 60 / CO ₂ -Gebäudesanierungsprogramm	Klare Trennung zwischen Fördermaßnahmen des MAP und der KfW
	BAFA	Beratung zu EF- und EE-Maßnahmen	Konzentration der KfW-Förderung auf Gebäudehülle, Wärmeschutzmaßnahmen	Klare Trennung zwischen Fördermaßnahmen des MAP und der KfW Erweiterung der BAFA-Beratungsanforderungen um Passivhausberatung / Stärkung der Verzahnungsberatung hinsichtlich Synergieeffekte
Integrierte Planung		Frühzeitige Verzahnung von EE und EF (Zielsetzung / Planungen) durch Verzahnung der Akteure		Weiterentwicklung der HOAI / Förderung der frühzeitigen Zusammenarbeit
Qualitätssicherung		Förderung / Förderung von QS-Maßnahmen bei EE- und EF-Maßnahmen (Synergieeffekte der Verzahnung)		Weiterentwicklung der HOAI / Förderung der Maßnahmen / Aus- und Weiterbildung der Akteure
Forschung und Entwicklung		Forschung und Entwicklung für Verzahnungstechnologien ausbauen (z.B. EE-Versorgungstechnik bei hochheff. Gebäuden)		Förderung von F&E-Aktivitäten bezüglich der Verzahnung von Technologien, Strategien, Akteuren etc.
Aus- und Weiterbildung		Verzahnungscharakter verstärkt berücksichtigen (Planer / Berater / Architekten / Ingenieure)		Zur Förderung des Verzahnungsgedankens und der dadurch gewonnenen positiven Synergieeffekte in der Praxis
		Änderungsvorschlag des Energiebalance-Projektes		
		1) bezogen auf die EnEV 2007		

EnEV: Energieeinsparverordnung **H_f:** spezifischer Transmissionswärmeverlust **MAP:** Marktanreizprogramm **QS:** Qualitätssicherung
HOAI: Honorarverordnung für Architekten und Ingenieure **KfW:** Kreditanstalt für Wiederaufbau **PE:** Primärenergie **THG:** Treibhausgas

Abbildung 13: Verzahnung der Instrumente der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz im Gebäudesektor



Energiebalance im Stromsektor

Der Ausbau **erneuerbarer Energien** im Stromsektor erfolgt ausgesprochen dynamisch. Innerhalb von nur zehn Jahren hat sich der Anteil der Stromerzeugung aus Sonne, Wind, Wasser und Biomasse von rund fünf auf jetzt rund 15 Prozent des Bruttostromverbrauchs nahezu verdreifacht. Sollte sich die jetzige **Wachstumsdynamik** fortsetzen, so werden die Ziele für 2010 und 2020 übererfüllt.

Der Stromverbrauch hingegen ist seit 15 Jahren angestiegen und in 2008 nur leicht zurückgegangen. Diese Verbrauchsentwicklung ist Ergebnis einer komplexen Überlagerung verschiedener Effekte. Während beispielsweise der Stromverbrauch pro Bruttoinlandsprodukt in der Tendenz gefallen ist, führten – trotz effizienter werdender Einzelgeräte – wachsende Ausstattungsgrade, Produkt- und Nachfrageverschiebungen und gesellschaftliche Strukturentwicklungen (beispielsweise abnehmende durchschnittliche Haushaltsgröße) zu einem steigenden Pro-Kopf-Bedarf in den Haushalten.

Im Gebäudesektor sind erneuerbare Energien und Energieeffizienz unmittelbar miteinander gekoppelt. Anders im Strombereich: Hier ist die Verschränkung nicht so unmittelbar und weniger technisch geprägt, da die elektrische Versorgung im Unterschied zur Wärmeversorgung nahezu ausschließlich leitungsgebunden erfolgt und die Herkunft des Stroms beim Endverbraucher technisch keine Rolle spielt.

Das Energiebalance-Projekt untersucht die Frage der Verzahnung von Effizienz und Erneuerbaren Energien im Stromsektor in zweierlei Hinsicht:

- *die Frage nach der Effizienz von EE-Anlagen:* Sie ist von Relevanz zum einen für die Wirtschaftlichkeit und Ökobilanz der EE-Anlagen (Solaranlagen mit höherem Wirkungsgrad erfordern weniger Modulfläche; Biomasseanlagen mit höherem Wirkungsgrad erfordern weniger Brennstoff, etc.). Bei Biomasse-Anlagen kommt hinzu, dass das Brennstoffangebot potenziell unbegrenzt ist und eine erhöhte Effizienz somit einen Beitrag leistet, Flächen- und

Nutzungskonkurrenzen zu mildern. Eine besonders wichtige technische Variante der Effizienzsteigerung von erneuerbaren Energie-Anlagen ist die Kraft-Wärme-Kopplung.

- *Lernen von den Erneuerbaren:* Es erscheint sinnvoll, von den Erfahrungen mit eingesetzten Politikinstrumenten und Maßnahmentypen, Verfahrensweisen, Umsetzungsprozessen und Evaluationskonzepten gegenseitig zu lernen. Auf einer instrumentellen Ebene ist es beispielsweise denkbar, den erfolgreichen Mechanismus des Erneuerbare Energien-Gesetzes auf Effizienzelemente zu übertragen.

Erneuerbare Energien effizienter nutzen: das Beispiel Erneuerbare-Energien-Gesetz

Während der Laufzeit des Energiebalance-Projektes wurde das Erneuerbare-Energien-Gesetz novelliert. An das Projektteam wurde daher die Frage gestellt, welche Effizianzforderungen an Erneuerbare-Energie-Anlagen in das neue Gesetz aufgenommen werden sollen.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) verfolgt das Ziel, den Anteil erneuerbarer Stromproduktion nachhaltig zu steigern. Dazu regelt das Gesetz den vorrangigen Anschluss von Anlagen, die Elektrizität aus erneuerbaren Energien (und Grubengas) produzieren, an das Netz der allgemeinen Versorgung, dessen vorrangige Abnahme, Übertragung und Vergütung und einen bundesweiten Ausgleich des abgenommenen und vergüteten Stroms. Daneben legt das Gesetz feste spartenspezifische Vergütungssätze fest, die die Netzbetreiber an die Betreiber der Anlagen zahlen müssen.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz in seiner Fassung von 2004 setzt bereits unterschiedliche Arten von Effizienzimpulsen für erneuerbare Energieanlagen. Dabei unterscheiden wir zwischen **Anreizen**, die eine Erhöhung der Effizienz belohnen, **Forderungen**, die ein gewisses Maß an Effizienz verlangen, und **indirekten Effizienz-Wirkungen**, die als Folge der Ausgestaltung des EEG entstehen.

- Ein *impliziter Anreiz* besteht durch die Vergütungshöhe der Anlagen, die bereits



bestimmte Optimierungen des Stromertrags anregt.

- *Explizite Anreize* werden beispielsweise in Form des KWK-Bonus oder des Technologiebonus für innovative Technologien und dessen Kopplung an den KWK-Bonus gestellt.
- *Indirekte Effizienzwirkungen* erfolgen durch Größenstaffelung der Vergütungssätze und damit i.d.R. niedrigeren elektrischen, aber oftmals höheren Gesamtnutzungsgraden.
- *Explizite Effizienzforderungen* stellt die Biomasse-Verordnung bezüglich der elektrischen Mindest-Nutzungsgrade von Kraftwerken.

Bei einer Effizienzbetrachtung ist zu berücksichtigen, dass die Effizienz bei den verschiedenen Sparten eine sehr unterschiedliche Bedeutung hat.

Bei **Wind- und Wasserkraftanlagen** ist die Anlageneffizienz auf Grund des großen herstellerseitigen Technologiewettbewerbs und (im Fall der Wasserkraft) der langjährigen Technologieerfahrung im Wesentlichen ausgereizt bzw. wird im Zuge der Technologiefortschritte „automatisch“ erschlossen. Bei Windkraft setzt das EEG einen Effizienzakzent, in dem besonders schlechte Standorte von einer Vergütung ausgeschlossen werden. Anreize sollten bei der Windkraft eher im Bereich der Systemintegration und -dienstleistungen liegen.

„Energieeffizienz“ im Bereich der **Photovoltaik** bezieht sich vor allem auf die für die Herstellung der Anlage erforderliche Energie und den Wirkungsgrad der Anlage. Hier ergeben sich durchaus große Unterschiede in Abhängigkeit von der Technologie (Dünnschicht, mono-/polykristallin), der Aufständigungsart, der geographischen und geometrischen Anordnung der Anlage (Standort, Verschattung, Einstrahlwinkel, etc.), den eingesetzten Rohstoffen (beispielsweise Solarsilizium, das weniger energieaufwendig in der Herstellung ist als Silizium aus der Halbleiterindustrie), dem Recyclinggrad etc. Die Energierücklaufzeiten heutiger Solarzellen liegen für deutsche Standorte zwischen zwei und fünf Jahren.

Daher gibt es Vorschläge, die EEG-Vergütung oder einen Effizienzbonus in Anlehnung an den kumulierten Energieverbrauch oder an eine ökobilanzielle Bewertung (pro kW, pro m²

o.ä.) der Herstellung zu definieren. Während dieser Grundgedanke durchaus interessant ist, hat das Energiebalance-Projektteam im Rahmen der EEG-Novelle 2008 dennoch vorgeschlagen, eine solche zusätzliche Verankerung dieses Bonus nicht zu realisieren. Dies nicht nur, weil er eine zusätzliche Komplizierung des EEG bedeutet, sondern vor allem, weil die geringe Bedeutung der Herstellungsenergie von PV insgesamt dies nicht rechtfertigt, aus zwei Gründen:

- *Umwelt„import“* aus dem konventionellen Energiesystem. In Ökobilanzen wird davon ausgegangen, dass für die Produktion der Solarzellen das konventionelle Energiesystem herangezogen wird, also beispielsweise der deutsche Strommix für das Kristallziehen der Siliziumwafer. Die Zuordnung der Umwelteinwirkungen der konventionellen Strombereitstellung zu der Bilanz der Solarzellen ist aber nicht selbstverständlich und belastet die regenerative Stromversorgung mit Einwirkungen des fossilen Systems. Ein anderer Ausgangspunkt der Betrachtung wäre die Stromerzeugung über die Lebenszeit, z.B. 100 kWh/m²*Jahr in Deutschland multipliziert mit einer Lebensdauer von z.B. 25 Jahren, d.h. 2,5 MWh in der gesamten Lebenszeit. Von dieser Stromproduktion könnte die zur Herstellung des Systems notwendige Strommenge subtrahiert werden. Resultat wäre eine „Netto-Stromerzeugung“.
- *Geringe Höhe der Umweltwirkungen*. Selbst wenn man von einem konventionellen Background System für die Herstellung von PV ausgeht, sind die Umweltwirkungen der Herstellung von heutigen Solarzellen vergleichsweise gering und liegen beispielsweise bei CO₂-Emissionen zwischen 60 und 200 g/kWh (zum Vergleich: Braunkohlestrom > 1000 g/kWh). Aus wirtschaftlichen Gründen (z.B. Rohstoffverfügbarkeit) ist bereits ein endogener Verbesserungsprozess in Gang (beispielsweise Solarsilizium, verlustarme Wafersägeverfahren etc.).

Bei der **Geothermie** ist insbesondere eine Förderung der Wärmenutzung vorrangig. Hierzu wurde im Rahmen des EEG-Erfahrungsberichtes ein Vorschlag gemacht, der als Wärmenutzungsbonus in § 28 Abs. 2 EEG 2009 Eingang gefunden hat. Ein weiterer Aspekt ist der Pumpstrombedarf.



Energiebalance im Lebenszyklus: das Beispiel Biogas

Im Rahmen des Projekts Energiebalance wurden unterschiedliche Biomasse-Anlagen auf Basis von **Lebenszyklus-Treibhausgasbilanzen** untersucht. Diese verlangt eine Betrachtung „von der Wiege bis zur Bahre“. Entsprechend wird der gesamte Lebensweg der Biogaserzeugung und -nutzung einbezogen.

Wird Gülle aus landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzt, ergeben sich Minderungen von 150 g Treibhausgase pro MJ Biogas gegenüber dem sonst üblichen Umgang mit Rohgülle. Werden nachwachsende Rohstoffe (Mais) eingesetzt, so können immerhin 40 g Treibhausgase reduziert werden (Abbildung 14).

Die wesentliche Entlastung resultiert aus den substituierten Strommengen und – bei den Gülle-Anlagen – aus den vermiedenen Emissionen, die sonst bei der Lagerung (Methan) und der Ausbringung der Gülle (Lachgas) entstehen. Eine erhöhte Wärmenutzung gegenüber einer typischen Anlage (80 statt 20 Prozent) führt zu einer relevanten, allerdings nicht ergebnisentscheidenden Verbesserung der Bilanz der Treibhausgase (Variante 2). Negativ auf die Bilanz wirkt sich die offene Lagerung des Gärrestes aus; hier können signifikante Restgasemissionen von Methan auftreten (Variante 3). Als praktikable Maßnahme wird daher die Vorgabe einer gasdichten Abdeckung mit Restgasnutzung empfohlen, die als Nebeneffekt auch eine sehr effektive Minderungsmaßnahme für weitere Emissionen wie z.B. Ammoniak darstellt.

Wird Biogas zusätzlich auf Erdgasqualität aufbereitet und in das Gasnetz eingespeist (Varianten 4–9), so entstehen zusätzliche Umweltwirkungen: zum einen Methanverluste in die Atmosphäre, die während des Aufbereitungsprozesses freigesetzt werden, zum anderen ein zusätzlicher Strom- und Wärmebedarf für die Gasaufbereitung und erforderliche Verdichtung.

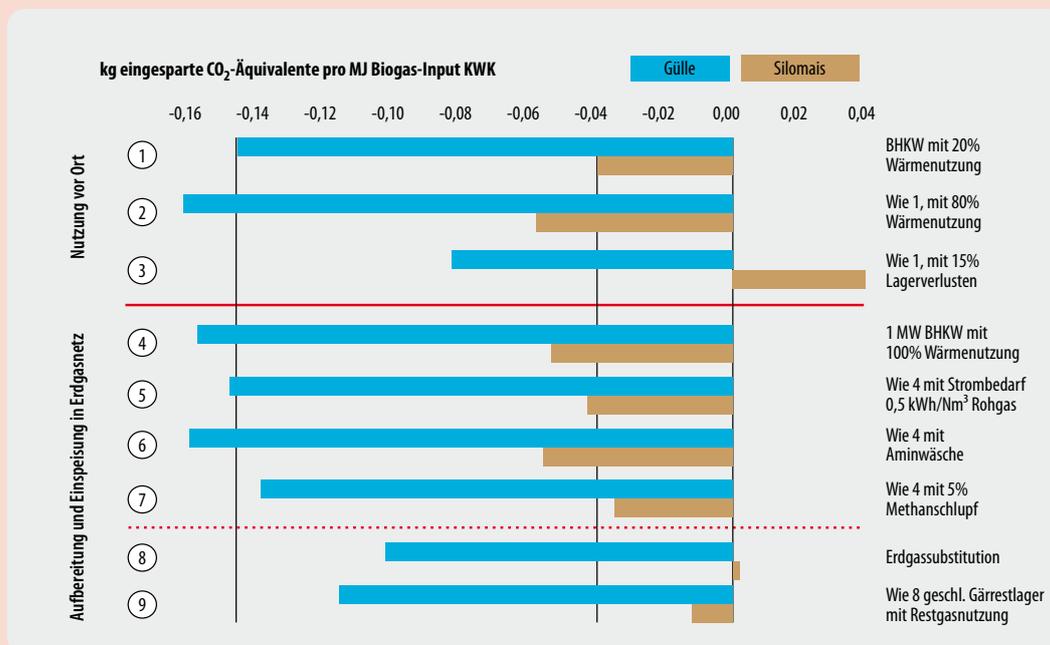
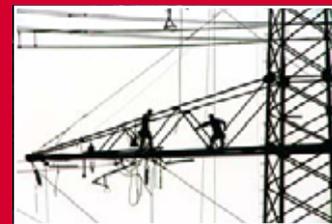


Abbildung 14: Eingesparte Treibhausgasemissionen in einer Biogas-Anlage (blau: Einsatzstoff Gülle; braun: Einsatzstoff Silomais). Annahmen: 500 kW_{el}, Referenzfall: externe Nutzung von 20 Prozent der anfallenden Wärme. Strom substituiert Erzeugung in sogenannten Grenzkraftwerken (70 Prozent Steinkohle, 30 Prozent Erdgas) und Wärme aus einem Bereitstellungsmix von rd. 60 Prozent Gas- und 40 Prozent Ölheizungen. Weitere Annahmen siehe Hauptbericht.



Im Rahmen des Energiebalance-Projektes wurde daher auch die Aufbereitung auf Erdgas-Qualität und die Einspeisung des Gases untersucht. Auch hierzu wurde ein Referenzsystem definiert, das aus einer größeren Anlage inklusive einer Aufbereitungsanlage bestand.

Variante 4, eine Biogas-Anlage, die 2 Prozent des Methans durch die Aufbereitung an die Atmosphäre freisetzt und einen Strombedarf von 0,3 kWh/m³ Rohgas hat, dafür aber 100 Prozent der anfallenden Wärme nutzt, weil das BHKW nahe einer Wärmesenke steht, schneidet in den gesamten Treibhausgas-Emissionen etwas besser ab als die Variante 1. Voraussetzung für diese Verbesserung ist, dass bestimmte Grundanforderungen an die Aufbereitungsanlage eingehalten werden. Geht man beispielsweise von einem höheren Strombedarf (Variante 5) oder höheren Methanverlusten aus (Variante 7), so ergeben sich gegenüber der Nutzung des Biogases vor Ort keine zusätzlichen Vorteile. Die Gasnetzeinspeisung von Biogas sollte daher zwingend mit Mindestanforderungen vor allem an den Strom/Endenergiebedarf verknüpft sein, zusätzlich an maximale Methanverluste und eine regenerative Deckung des Wärme-Eigenbedarfs.

Die Aufwendungen und Verluste der Aufbereitung ließen sich durch eine verstärkte Förderung von Mikro-Biogasnetzen vermeiden. Diese Mikro-Biogasnetze erlauben die unmittelbare Verteilung des Biogases ohne Abtrennung anderer Gaskomponenten.

Wird anstelle der oben beschriebenen Substitution von Strom und Wärme unterstellt, dass das Biogas „lediglich“ die Verbrennung von Erdgas ersetzt (Varianten 8 und 9) und nicht die kohlenstoffhaltigeren Brennstoffe, wird dadurch nur eine geringere Gutschrift erzielt, da Erdgas der fossile Energieträger mit den geringsten energiespezifischen Treibhausgasemissionen ist. Im Fall der hier beschriebenen Referenzanlage lägen die durch diese verursachten Treibhausgasemissionen wie z.B. Methanverluste aus der Biogasproduktion und aus der Aufbereitung sogar höher als die erzielbare Gutschrift durch die Erdgassubstitution. Diese Variante 8 führt bei Silomais im Nettoergebnis zu Treibhausgasbelastungen. Es reicht allerdings schon aus, das Gärrestlager gasdicht abzudecken und das Restgas zu nutzen, um die Belastungen in Treibhausgasentlastungen umzukehren (Variante 9).

Das Projekt Energiebalance hat die oben abgeleiteten – und eine Reihe anderer – Vorschläge im Rahmen des Projektes Energiebalance in den Novellierungsprozess des EEG eingebracht (siehe S. 51). Viele dieser Vorschläge wurden umgesetzt und sind nun Bestandteil des am 1.1.2009 in Kraft getretenen neuen EEG.



Abbildung 15: Energiebalance in der Praxis. In Mosbach wird eine neue, rund zwei Kilometer lange Biogasleitung installiert, die das regenerative Gas dahin transportiert, wo Wärme benötigt wird. Dadurch steigt der Nutzungsgrad der Anlage. Gleichzeitig muss das Biogas nicht energieaufwändig aufbereitet und in das Erdgasnetz eingespeist werden.

(Quelle: Stadtwerke Mosbach)



Angesichts eines zwar beachtlichen, aber dennoch begrenzten Potenzials an biogenen Reststoffen und an Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe kommt einer effizienten Nutzung von **Biomasse** eine besondere Priorität zu. Das Energiebalance-Projekt hat daher einen Schwerpunkt auf Biomasse-Anlagen gesetzt und untersucht, welche Effizienz-Anforderungen an Biomasse-Anlagen – oder allgemeiner: an Biomasse-Nutzungssysteme – gestellt werden müssen, damit sie einen maximalen Minderungsbeitrag bezüglich erschöpflicher Energieressourcen und bezüglich der Minderung des Ausstoßes an Treibhausgasen leisten können.

Im Bereich der vom EEG geförderten Biomasse gibt es verschiedene Prozessschritte, die hinsichtlich ihrer Effizienz Optimierungsmöglichkeiten aufweisen: Der eingesetzte **Rohstoff** geht in die gesamte Energie- und Treibhausgasbilanz ein. Der ökologische „Rucksack“ von nachwachsenden Rohstoffen ist beispielsweise deutlich höher als der von Reststoffen, beispielsweise Landschaftspflegereste und Gülle. Auch im Bereich der **Anlagentechnik** unterscheiden sich die verschiedenen Biomasse-Nutzungskonzepte. Wichtige Parameter sind hier beispielsweise der elektrische und thermische **Nutzungsgrad** sowie die Stromkennzahl der Anlage, die Art der Wärmenutzung, die Art und Höhe des Hilfsenergiebedarfs und – bei Biogas-Anlagen – Gärrestabdeckung, Silageverluste, **Methanverluste** der Gasstrecke und ggf. Energiebedarf und Methanemissionen bei der Aufbereitung.

Effizienzförderung nach EEG-Vorbild: das Negawatt-Einspeisegesetz

Das EEG ist ein in Deutschland bewährtes Instrument zur Förderung erneuerbarer Energien (siehe S. 34). Ist eine solche Vorrangregelung für die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien und der Pflicht der Stromnetzbetreiber, den Einspeisern für diesen eingespeisten Strom technologiespezifische Vergütungssätze pro eingespeiste kWh zu zahlen, auch anwendbar auf den Effizienzbereich?

Im Rahmen des Energiebalance-Projekts wurde festgestellt, dass dieser Vergütungs- und Wälzungsmechanismus prinzipiell auch auf den Endenergieeinsparbereich rechtlich und praktisch übertragbar ist. Analog zum EEG könnte

ein entsprechendes Politikinstrument als **NEEG (NEgawatt-Einspeise-Gesetz)** bezeichnet werden. Das grundsätzliche Problem im Energieeinsparbereich ist jedoch, dass Verfahren zum Nachweis der erzielten Energieeinsparungen installiert werden müssen, die im Vergleich zur Ableseung von Stromeinsparungen am Zähler zusätzliche Transaktionskosten hervorrufen. Zudem können je nach Ausgestaltung des NEEG beträchtliche Mitnahmeeffekte auftreten.

Die Abbildung stellt dar, wie ein solches NEEG zur **Förderung von Energieeffizienztechnologien** funktionieren könnte: Der **Hersteller oder Importeur** eines besonders energieeffizienten Geräts weist einer vom Staat bestimmten Energieeffizienzstelle nach, dass sein Gerät festgelegte Effizienzkriterien erfüllt, z.B. um mindestens 10 bis 20 Prozent besser ist als das marktbeste Gerät. Wird das Gerät als ein förderfähiges Gerät anerkannt, meldet der Hersteller oder Importeur den örtlichen Netzbetreibern, in deren Gebiet sie ihren Geschäftssitz haben, jährlich oder monatlich die Anzahl der Geräte, die die vorgegebenen Energieeffizienzkriterien erfüllen. Die Zahlen werden stichprobenartig im Auftrag der Übertragungsnetzbetreiber überprüft. Zur Feststellung der Prämienhöhe multipliziert der Netzbetreiber die auf Plausibilität geprüften Verkaufszahlen mit der geprüften Energieeinsparung pro Gerät und den im Vorhinein fest gelegten Nutzungsdauern und typischen Nutzungshäufigkeiten. Anschließend zahlt der örtliche Netzbetreiber die Prämie jährlich an die betreffenden Hersteller und Importeure aus.

Der bei Herstellerprämien erzielbare Hebeleffekt spricht dabei für die Wahl von Prämien für Hersteller und Importeure anstelle Stromrechnungsgutschriften oder vergleichbarer Prämien für Endabnehmer. Schließlich greift der europarechtlich anerkannte Überwälzungs- und Ausgleichsmechanismus des EEG vom örtlichen Netzbetreiber über die vorgelagerten Netzbetreiber und Stromlieferanten zu den Energieabnehmern. Würden die Herstellerprämien dagegen vom Staat im Rahmen eines Förderprogramms gezahlt, wären sie juristisch als unzulässige Beihilfe anfechtbar.

Alternativ könnte das NEEG-Modell so erprobt werden, dass es die **Umsetzung gebündelter Energieeinsparaktivitäten bzw. -programme durch Programmakteure** pauschal mit einem bestimmten Betrag fördert. Hiermit könnte ein

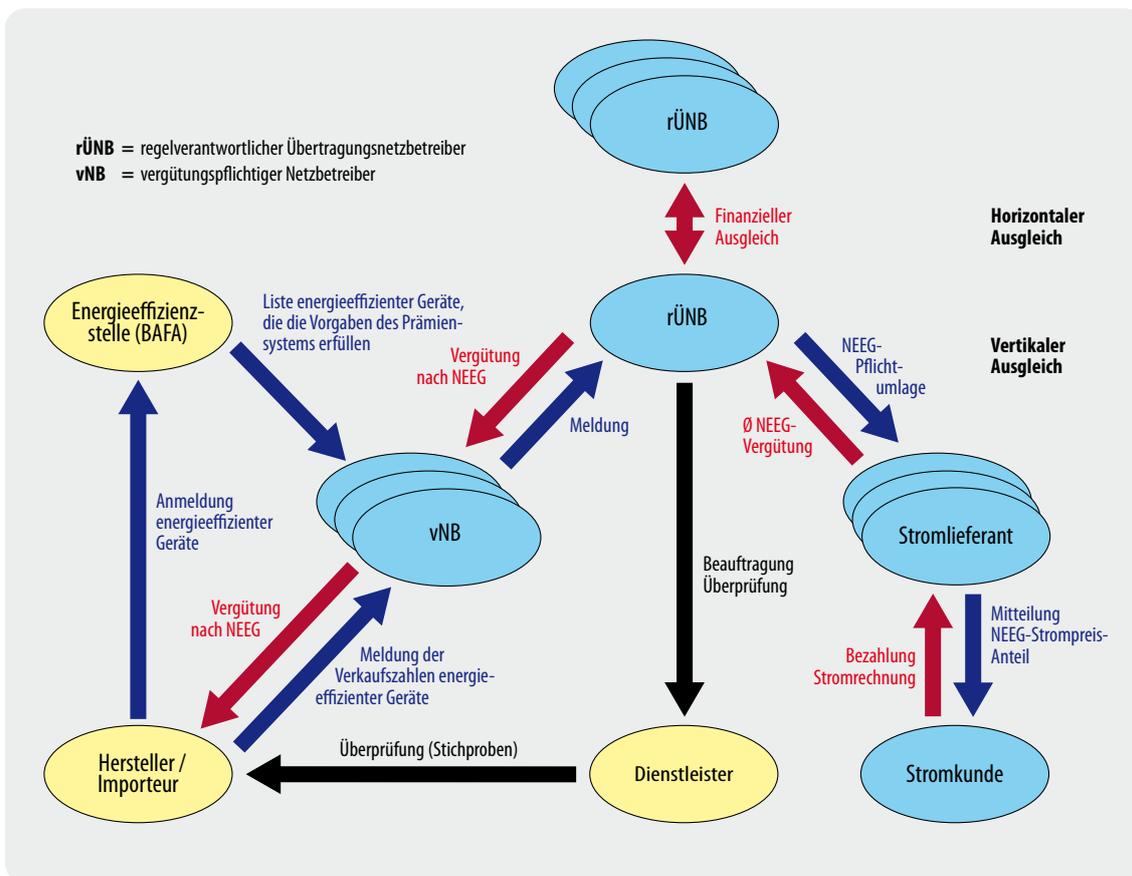


Abbildung 16: Wälzungsmechanismus des NEEG am Beispiel von Prämien für Hersteller und Importeure energieeffizienter Geräte (vereinfachte Darstellung; ohne physikalischen Ausgleich der Stromeinspar-„Einsparungen“). Quelle: Projekt „Energiebalance“ in Anlehnung an VDN 2005

kreativer Wettbewerb um die effektivsten und effizientesten Energieeinsparprogramme und Dienstleistungen initiiert werden. Aufgerufen sind hierbei insbesondere Contracting-Unternehmen, Energie- und Klimaschutzagenturen, lokale/regionale Energie- und Klimaschutzfonds, Verbraucherzentralen, Energieberater, Social Marketing-Fachleute, Energieunternehmen, Unternehmensverbände oder Nichtregierungsorganisationen, Energieeinsparaktivitäten zu entwickeln und anzubieten. Die Such-, Entdeckungs- und Optimierungsfunktion des Marktes könnte hiermit also genutzt werden, um zusätzliche Energieeinsparungen gegenüber dem Trend zu erzielen.

Bei beiden NEEG-Modellen besteht die Gefahr, dass vor allem Standardmaßnahmen bzw. Einzeltechnologien gefördert werden, nur die besonders leicht erschließbaren Einsparpotenziale erschlossen werden („Rosinenpicken“) und Systemoptimierungen unterbleiben („lost

opportunities“). Daher bedarf es in jedem Fall einer Ergänzung des NEEG um **sektor- oder- und technologiespezifische Programme**, die identifizierte Umsetzungshemmnisse gezielt adressieren und insbesondere auf Systemoptimierungen abzielen (z.B. durch Förderung einer Kombination von Beratung, Information/Qualifizierung und Technologieförderung wie bei einigen der vom Wuppertal Institut vorgeschlagenen Programme eines **EnergieSparFonds**).

Daher muss im Falle der Einführung eines NEEG-Modells sorgfältig abgewogen werden, welche Technologien über spezifische Vergütungssätze im NEEG-Modell und welche besser durch Förderung von Systemoptimierungen (optimierende Planung unter Beachtung der Nutzungsanforderungen und ihrer möglichen Veränderung, System optimierende Komponentenwahl, Geräte- bzw. Anlageneinstellung) im Rahmen spezifischer Energiesparprogramme gefördert werden sollten.



Verzahnung im Strombereich			
	Erneuerbare Energien (EE)	Energieeffizienz (EF)	Begründung und Bemerkungen
Ziele	<p>Unterziele</p> <p>THG-Emissionen: Minus 40% bis 2020 / minus 80% bis 2050; Versorgungssicherheit; Wirtschaftlichkeit</p> <p>EE-Anteil bis 2020 auf min. 30% erhöhen; KWK-Anteil bis 2020 auf 25% erhöhen; Ziel für Stromersparung 1% für 2006-2020</p> <p>14% EE-Wärme bis 2020</p> <p>Verdopplung der Energieproduktivität bis 2020 gegenüber 1990</p> <p>Definition von Zielgrößen für die Verlustenergie im Netz</p>		Um nicht nur das Niveau zu sichern, sondern auch um die geeigneten Anreize für Stromerspar-Instrumente zu schaffen.
Übergreifende Preis- oder Mengensteuerung*	<p>EEG</p> <p>NEEG (neu)</p> <p>Förderung von EE-Anlagen durch Vorrang- und Vergütungsregelung</p> <p>Anreize zur Anlageneffizienz über Vergütungshöhe und Größenstaffelung; KWK-Bonus</p> <p>Hersteller-Prämien für Innovation & Markttransformation; Finanzierungstechnologieförderung durch Umlage über Netznutzungsentgelte</p> <p>Plotprogramm (Tespogramm) mit pauschalen Vergütungen für die Umsetzung gebundener EF-Aktivitäten bzw. EF-Programme</p>		<p>Implizite und explizite Anreize bezüglich der Anlageneffizienz und der Wärmekopplung</p> <p>Testen der Übertragbarkeit des EEG-Modells auf den EF-Bereich mit Technologieförderung ähnlich wie beim EEG</p> <p>Testen der Übertragbarkeit des EEG-Modells auf den EF-Bereich mit pauschalen Vergütungen für Stromersparungen</p>
KWK (neu)	<p>Förderung von (anteiliger) Biomasse-Mitverbrennung in hocheffizienten KWK-Anlagen</p> <p>Förderung von KWK-Anlagen durch verschiedene Vergütungen und Boni. Neu ab 2009: auch für selbstgenutzten Strom sowie Förderung v. Neut-/Ausbau von Wärmeeinheiten (bis 20% Investkosten)</p>		<p>Anreize zur (teilweisen) Umstellung von fossilen auf regenerative Energieträger durch Mitverbrennung auch in großen hocheffizienten KWK-Anlagen sinnvoll; durch Förderung Zusatzkosten (z.B. zusätzliche Rauchgasreinigung, Mehraufwand Logistik und Wartung etc.) kompensieren</p>
Technologie- / Sektorspezifische Förderprogramme	<p>Förderprogramme des Bundes, der Länder und der Kommunen sowie Dritter (z. B. Energieunternehmen): Einzeltechnologieförderung</p> <p>Technologien</p> <p>Konzepte</p> <p>Förderung von EE-Anlagen</p> <p>EF-Anforderungen und EF-Boni</p> <p>Ausweitung des EF-Bonus</p> <p>Basisförderung: Leistungs- und vollbenutzungsstundenabhängiger Investitionskostenzuschuss für Mini-KWK-Anlagen < 50 kWel</p> <p>Bonusförderung: Umweltbonus für Schadstoffemissionen < 50% von TA Luft</p> <p>Verknüpfung der Förderungen von Beratung, Technologie und Umsetzung / Umsetzungsbegleitung zur Systemoptimierung</p>		<p>Integration von Stromeffizienz-Anforderungen und -Anreizen in die EE-Förderung soweit sinnvoll</p> <p>NEEG-Modell benötigt Ergänzung um technologie- und sektorspezifische Förderinstrumente, die stärker die Systemoptimierung im Blick haben</p> <p>Integrative Berücksichtigung von EE und EF in der Beratung und Information</p> <p>Derzeitige Anreizregulierung setzt Anreize für ineffiziente Betriebsmittelbeschaffung</p> <p>Die Einhaltung der z.T. bereits beschlossenen und der weiteren geplanten Anforderungen an Produkte müssen kontrolliert und sanktioniert werden, damit sie in der Praxis auch effektiv wirken.</p> <p>Die Erschließung von KWK-Potenzialen ist mit der erwarteten Veränderung der Wärmepotenziale bislang unzureichend abgestimmt.</p> <p>Förderung der intelligenten Kombination und Laststeuerung dezentraler und zentraler EF- und EE-Elemente.</p> <p>Zur Förderung des Verzahnungsgedankens und der dadurch gewonnenen positiven Synergieeffekte in der Praxis.</p>
Information / Beratung	<p>EE- und EF-Information / dena-Kampagnen / Demonstrationsprojekte / Vor-Ort-Beratung des Bundes / Weitere Beratungsförderung (z. B. VZ, KTW)</p> <p>Berücksichtigung EE-Ausbau und der Möglichkeiten zur Reduktion der Verlustenergie in der Anreizregulierung</p> <p>Effektive Kontrolle der Einhaltung der EU-Mindestenergieeffizienzstandards, Produktkennzeichnungen und weiterer Vorschriften für das Inverkehrbringen von Produkten (Ökodesign-Richtlinie)</p> <p>Lokale / regionale Wärmepläne 2020/2030/2050 mit Ausweisung von Fern- und Nahwärmegebieten (KWK-Vorranggebieten)</p> <p>„Effizienzkraftwerke“ in „Smart Grids“</p> <p>Berücksichtigung von integrierten Planungen in Aus-, Fort- und Weiterbildung sowie Hochschulstudiengängen</p>		
Regulierung	<p>Regulierung Netzentgelte</p> <p>Standards / Label</p> <p>Integrierte Planung</p> <p>Forschung und Entwicklung</p> <p>Aus- und Weiterbildung</p>		
<p>Änderungsvorschlag des Energiebalance-Projektes</p>			

*1) Stromsteuer und Abgaben sowie diesbezügliche Ausnahmeregelungen für bestimmte EE-/EF-Umsetzungen wurden als Politikinstrument im Energiebalance-Projekt nicht betrachtet, wurden aber in diese Kategorie gehören.

KWK-G: Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
VZ: Verbraucherzentrale

Abbildung 17: Verzahnung der Instrumente der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz im Stromsektor



Energiebalance im Verkehrssektor

Der Verkehrssektor steht vor der Herausforderung, zuerst den Wachstumstrend bei den Verkehrsleistungen zu durchbrechen, bevor eine nachhaltige Reduzierung der CO₂-Emissionen erreicht werden kann. Daher sollten Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung, Verlagerung auf umweltfreundliche Verkehrsträger und eine Verbesserung der Energieeffizienz im Vordergrund stehen. Diese kann allerdings nicht nur auf technischem Wege – z.B. effizientere Antriebsaggregate – erfolgen, sondern auch durch einen Wechsel zu energieeffizienteren Verkehrsträgern, eine zielorientierte Stadtplanung und gezielte Förderung verkehrssparmer Infrastrukturen. Da eine Effizienz-Steigerung automatisch einen höheren EE-Anteil am Energieverbrauch bewirkt, sollte sie daher Vorrang vor Maßnahmen zur Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien im Verkehrssektor und einer Verzahnung ohne Synergieeffekte haben.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden die zwei Verkehrsträger Straßenverkehr (Fokus Pkw) und Schienenverkehr (Fokus Deutsche Bahn AG) ausgewählt. Zum einen, weil der weit überwiegende Teil der sektoralen CO₂-Emissionen aus dem Straßenverkehr resultiert, die wiederum größtenteils – zu ca. zwei Dritteln – auf Pkw zurückgehen. Zum anderen, weil der Schienenverkehr als einziger Verkehrsträger überwiegend Elektrizität für den Antrieb verwendet, womit prinzipiell andere Ansatzpunkte für einen – integrierten – Einsatz erneuerbarer Energiequellen verbunden werden können. Der Güterverkehr wurde nicht betrachtet, da die Effizienz der Fahrzeuge bereits aus betriebswirtschaftlichen Gründen berücksichtigt wird. Hier wird es angesichts der prognostizierten Steigerungen bei den Fahrleistungen (+56 Prozent bis 2030 u.a. nach Ickert 2007) sehr viel mehr auf Vermeidungs- und Verlagerungsstrategien ankommen.

Verzahnung im Straßenverkehr (Pkw)

Für die Energieeffizienz gilt zunächst allgemein das übergeordnete Ziel der Europäischen Kommission. Bestandteil dieses Aktionsplanes sind

auch verschiedene Maßnahmen zur Effizienzverbesserung im Verkehr, wobei für Pkw eine technologische Verbesserung des Fahrzeugs im Mittelpunkt steht, die indirekt über Vorgaben zu spezifischen CO₂-Emissionen von Neufahrzeugen – in g CO₂ pro Kilometer – innerhalb einer Flotte gelenkt werden soll.

Deutschland setzt im Rahmen des Integrierten Energie und Klimaprogramms (IEKP) auf weitere Maßnahmen, die einen Anreiz zur Steigerung der Effizienz im Straßenverkehr bewirken sollen. Dazu gehört eine Umstellung der Kfz-Steuer auf CO₂-Basis, eine Verbrauchskennzeichnung von Pkw und die Lkw-Maut. Allerdings gibt es umgekehrt nach wie vor starke Anreize für verbrauchsintensive Pkw, wie z.B. die diversen Steuerprivilegien für Firmenkameras.

Erneuerbare Energien werden im Verkehrssektor heute fast ausschließlich in Form von Biokraftstoffen eingesetzt: Darüber hinaus kommt vereinzelt auch EE-Strom in Elektro-Pkw zum Einsatz. Allerdings werden bei den Biokraftstoffen bereits erste kritische Grenzen erreicht, die nur schwer zu überschreiten sind. Dazu gehören beispielsweise technisch bedingte Beimischungsgrenzen für bestehende Motoren sowie die zum Teil umwelt- und klimazerstörenden Anbaumethoden. Daher werden die Biokraftstoffziele sowohl national als auch europäisch angepasst und hinsichtlich der Nachhaltigkeitsanforderungen verschärft.

Erneuerbare Energien und Energieeffizienz sind im Verkehrsbereich instrumentell bis auf eine Ausnahme nicht miteinander verzahnt. Dies gilt sowohl für die europäische wie für die nationale Ebene. Es gibt zwar auf beiden Ebenen eine Vielzahl von Maßnahmen, diese adressieren aber entweder die erneuerbaren Energien oder überwiegend – in sechs von neun betrachteten Maßnahmen – die Energieeffizienz. Lediglich auf europäischer Ebene – damit aber auch auf deutscher Ebene wirksam – gibt es mit der neuen „Richtlinie CO₂-Flottenverbrauch“ für den Pkw-Verkehr eine Maßnahme, die zumindest zum Teil bzw. optional eine Verzahnung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz vorsieht.

Allerdings handelt es sich dabei aus Sicht des Klimaschutzes um eine negativ wirkende Verzahnung, da das Effizienzziel und dessen Realisierung durch die optionale Anrechnung von

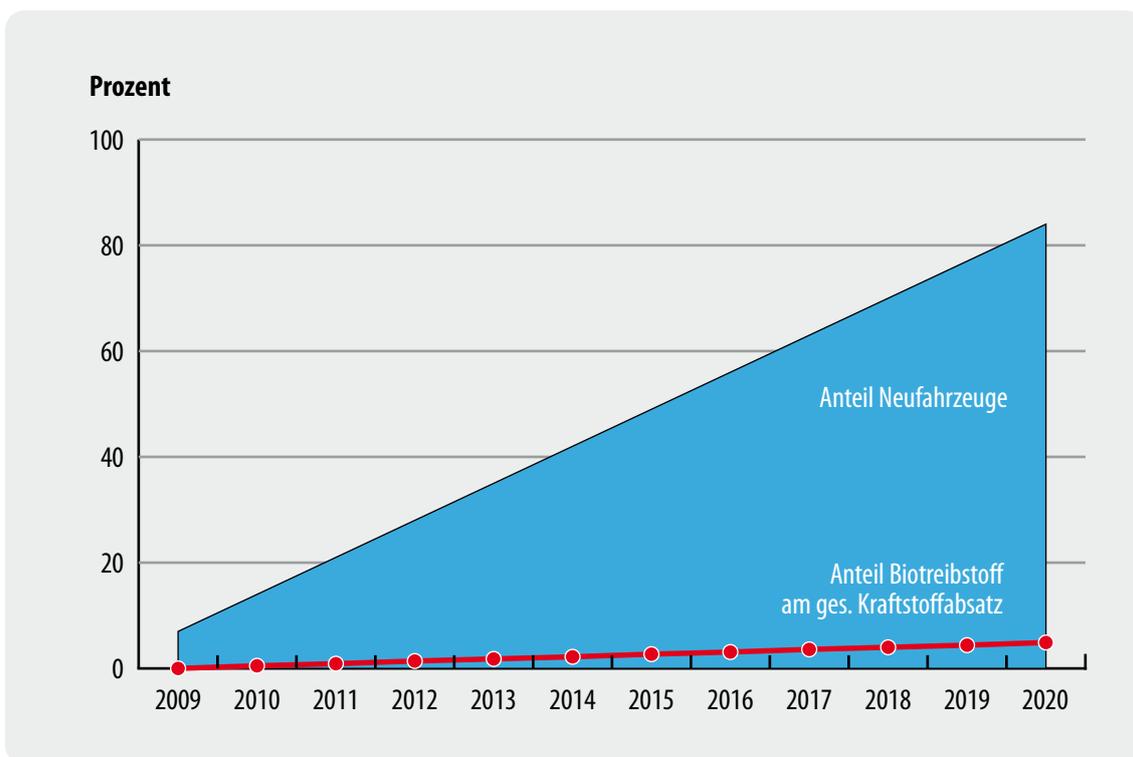


Abbildung 18: Entwicklung des Biokraftstoffanteils, der benötigt wird, um 10 g CO₂/km bei Neufahrzeugen einzusparen.

Biokraftstoffen aufgeweicht wird, ohne dass es zu zusätzlichen (Nachfrage-)Impulsen nach Bio-Kraftstoff kommen wird. Im Gegenteil, allein für die Kompensation der schlechteren Fahrzeug-Effizienz würde – wenn sie vollständig über Biokraftstoffe erfolgt – bereits im Jahr 2019 nahezu die gesamte Menge an Bio-Kraftstoff, der heute beigemischt wird, benötigt. Das heißt, es würde genau so viel CO₂ zusätzlich emittiert, wie heute bereits jährlich durch Biokraftstoffe eingespart wird.

Die bestehende Verzahnung von EF und EE in der EU-Richtlinie zum Flottenverbrauch sollte daher möglichst rasch wieder aufgehoben werden, ohne aber das bestehende EF-Ziel (120 g CO₂/km) für Neuwagen zu erhöhen und dessen tatsächliche Umsetzung weiter zu verzögern.

Technologische Ansatzpunkte für eine Verzahnung von EF und EE im Straßenverkehr sind rar, wenn man den Einsatz von Bio-Kraftstoffen in adaptierten Motoren und den nicht-mobilen Teil – die Verkehrsflächen etc. – außen vor lässt. Vorstellbar erscheint lediglich eine integrierte Nutzung von Solarenergie mittels Photovoltaik für die Erzeugung von Bordstrom.

Angesichts der aufwendigen technischen Integration, möglicher Rebound-Effekte und der zu erwartenden relativ hohen Zusatzkosten erscheint ein solcher EE-Einsatz am Fahrzeug aber zunächst wenig empfehlenswert.

Ein potenziell interessanter Synergieeffekt besteht gleichwohl darin, dass die PV-Leistung proportional zur solaren Einstrahlung und damit zum Bedarf an Klimatisierung (und Kraftstoffverbrauch) ist. Wesentlich effizienter, kostengünstiger und wirksamer für den Klimaschutz wäre es allerdings, stattdessen den Einsatz von Klimaanlage im Pkw-Bereich auf ein Minimum zu begrenzen und/oder zumindest hinsichtlich ihrer Effizienz zu regulieren.

Sowohl in dieser Hinsicht als auch vorbereitend auf eine mögliche Verzahnung mit der solaren Bordstromerzeugung wird eine **Neuausrichtung des heutigen Standard-Messzyklus** auf der Basis des „Neuen Europäische Fahrzyklus“ (NEFZ) unter Einbeziehung der Nebenaggregate des jeweils aktuellen Pkw-Modells vorgeschlagen. Dazu soll das Messverfahren künftig zumindest einmal mit und einmal ohne Nebenaggregate durchgeführt werden, um den



Kraftstoffverbrauch durch Nebenaggregate separat zu erfassen. Auf dieser Basis könnte dann z.B. durch eine gesetzliche Vorgabe separat der Höchstanteil festgeschrieben werden, den – bestimmte oder alle – Nebenaggregate am Kraftstoffverbrauch haben dürfen.

Verzahnung im Schienenverkehr

Der Energieverbrauch im Schienenverkehr⁴ konnte seit den 1960er-Jahren durch den Abbau von Zugverbindungen, die Stilllegung von Nebenstrecken sowie die Umstellung auf moderne Elektro- und Dieselloks und eine Ausweitung des Leichtbaus insgesamt stark verringert werden. Zwischen 1990 und 2006 konnte die Deutsche Bahn den absoluten Primärenergieverbrauch um weitere 19,5 Prozent auf 151 PJ senken, wobei allerdings bis 2005 etwa 54 Prozent davon allein aus Maßnahmen im stationären Bereich resultieren. Dazu trug neben der Umstellung auf Erdgas auch der Verkauf und die Stilllegung von Bahnhöfen und den Abbau von Verwaltungsaufgaben bei. Hintergrund der Einsparungen war eine Selbstverpflichtung aus dem Jahr 1994 in Form eines Energiesparprogramms, den spezifischen Primärenergieverbrauch pro beförderte Person bzw. beförderte Tonne Güter um 25 Prozent zu senken. Dieses Ziel wurde erreicht.

Der Ausstoß an Treibhausgasen betrug 2006 etwa 8,4 Mio. t CO₂ (DB AG 2007), wovon rd. 84 Prozent auf den gesamten Traktionsbereich entfallen, davon 71 Prozent auf den Einsatz von Strom. Dadurch bestehen prinzipiell gute Ansatzpunkte für eine Integration von erneuerbaren Energien. Der **Anteil erneuerbarer Energien** ist von gut acht Prozent in 1990 bis auf 13,3 Prozent in 2007 angestiegen, wobei mit neun Prozent der überwiegende Teil des Stroms aus Wasserkraft – insgesamt 12 Anlagen – und damit aus bestehenden Anlagen stammt, da die Potenziale für Wasserkraft in Deutschland nahezu ausgeschöpft sind. Die Bahn hat heute mit gut 13 Prozent zwar einen deutlich größeren erneuerbaren Energien-Anteil als der Straßenverkehr, steht aber zugleich vor der großen Herausforderung ihren künftig wegfallenden

Anteil an „Atomstrom“ in Höhe von knapp 30 Prozent möglichst CO₂-arm zu kompensieren, um ihr selbst gesetztes Umwelt-Ziel, bis 2020 die spezifischen CO₂-Emissionen um 20 Prozent gegenüber 2002 zu reduzieren, auch zu erreichen. Die aktuellen Planungen sehen hierfür aus ökonomischen Gründen Strom aus Kohlekraftwerken vor, wodurch sich die CO₂-Emissionen der Bahn nach eigenen Berechnungen um mindestens etwa 3,6 Mio. t bzw. 60 Prozent gegenüber heute erhöhen würden. Dies gilt für den Fall eines konstanten Stromverbrauchs, bei einer weiteren Zunahme würden die Mehremissionen entsprechend ansteigen. Von daher kommt sowohl den erneuerbaren Energien als auch besonders der Energieeffizienz eine Bedeutung zu.

Konkrete technologische oder instrumentelle Verzahnungen von EE und EF sind im Schienen-/Eisenbahnverkehr nach dem bekannten Hintergrund und Sachstand nicht vorhanden. Als ein genereller Ansatz für eine Verzahnung kann lediglich die Selbstverpflichtung zur CO₂-Reduktion bezeichnet werden, die einen Spielraum für Maßnahmen sowohl im erneuerbare Energien- als auch Energieeffizienzbereich eröffnet. Ansonsten sind inzwischen unabhängig davon Rahmenbedingungen im Aufbau, die insgesamt vor allem positiv in Richtung einer Steigerung der Energieeffizienz ausstrahlen. Dazu gehören die aktuelle steuerliche Gesetzgebung sowie die zukünftig nicht mehr kostenlose Vergabe von CO₂-Emissionsrechten, die erhebliche ökonomische Anreize zur Energieeinsparung in allen Bereichen des Systems Schiene erwarten lassen.

Demgegenüber entstehen relevante neue Anreize für eine Steigerung des Einsatzes von EE-Strom unter Umständen aus der aktuellen Gestaltung der neuen EU-Richtlinie zu erneuerbaren Energien. Diese bezieht die Ziele nunmehr neu auf den gesamten Energieeinsatz des Verkehrssektors inklusive Strom. Eine weitere Herausforderung entsteht hinsichtlich eines CO₂-neutralen Ausstiegs aus der Kernenergienutzung.

Im Bereich der Politikinstrumente bietet sich dagegen ein größerer Spielraum für neue instrumentelle Verzahnungsansätze an.

⁴ Für diese Untersuchung wurde vor allem der Eisenbahnverkehr (inkl. S-Bahnen) der Deutschen Bahn AG betrachtet, da dieser den Energieverbrauch des Schienenverkehrs mit ca. 70 Prozent dominiert und der Bund als Eigentümer eine besondere Rolle spielt.



1. **EE-Zielvorgabe:** Die Vorgabe von – dynamischen – Zielen für den EE-Bahnstromanteil, z.B. in Höhe von 100 Prozent in 2020. Der Bahnstrom könnte somit maximal zum EU-Ziel (10 Prozent in 2020) für den EE-Anteil im Verkehrssektor beitragen und dadurch den benötigten Umfang an Biokraftstoffen verringern. Es wäre dann mehr Biomasse für den stationären Sektor verfügbar, die hier im Vergleich zum Verkehrssektor effizienter eingesetzt werden kann. Darüber hinaus könnte eine ambitionierte Zielvorgabe gezielt zu einer CO₂-armen Substitution des wegfallenden „Atomstroms“ beitragen.
2. **Best Available Technology-Ansatz:** Die Einführung einer Regelung von Verbrauchsstandards ähnlich wie im Pkw-Verkehr wäre zur Effizienzsteigerung ein möglicher Ansatz. Hier sind jedoch vorab vertiefende Analysen sowie eine Regelung auf EU Ebene anzuraten, da im Binnenmarkt Einzellösungen der Mitgliedsstaaten unrealistisch sind.
3. **Klimaschutzorientierte Ausschreibungen:** Im Zuge der öffentlichen Beschaffung durch Ausschreibungen kann schon heute Einfluss auf die Effizienz der Schienenfahrzeugflotte genommen werden. Dies sollte von den Bundesländern künftig stärker berücksichtigt werden. Bei der Beschaffung ist prinzipiell auch eine Kopplung von Effizienz und erneuerbaren Energien möglich. Allerdings ist dabei unbedingt zu vermeiden, dass Effizienzmaßnahmen durch den Ausbau der regenerativen Energien ausgespielt werden und eine negativ wirkende Verzahnung wie aktuell im Pkw-Bereich erzielt würde.

Damit konnten zwar neue Ansatzpunkte für eine Verzahnung von EE und EF im Schienenverkehr identifiziert werden, diese lassen aber aus heutiger Sicht bis auf die Einführung von EE-Zielen für den Bahnstrom keine zusätzlichen Synergieeffekte erwarten. Eine Verzahnung von EE und EF im Schienenverkehr ist daher nur begrenzt von Bedeutung und folglich nur begrenzt empfehlenswert.

Elektromobilität

Elektromobilität ist eine Maßnahme, die die Effizienz des Antriebsstrangs – definiert über die erforderliche Endenergie pro Fahrdienst-

leistung – erhöht, da der Antrieb über einen deutlich höheren Tank-Rad-Wirkungsgrad verfügt als ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor. Elektrofahrzeuge werden im Rahmen der europäischen CO₂-Verordnung für Pkw unabhängig vom verwendeten Strom-Mix als CO₂-frei gewertet. Prinzipiell kann diese (in den Anfangsjahren sogar mehrfache) Anrechnung der CO₂-Freiheit einen finanziellen Anreiz für einen Hersteller darstellen, Elektrofahrzeuge auf den Markt zu bringen, weil Hersteller Strafzahlungen aufgrund einer Überschreitung der CO₂-Grenzwerte einsparen könnten. Dies allerdings nur, wenn der Hersteller im Durchschnitt seiner anzurechnenden Flotte deutlich über dem Grenzwert liegt. Das ist jedoch aufgrund der stufenweisen Einführung sowie anderer Ausnahmeregelungen (Poolbildung, „eco-innovations“, etc.) nicht oder nur in wenigen Fällen zu erwarten. Daher ist eine von Strafzahlungen unabhängige finanzielle Förderung von Elektroautos notwendig.

In Artikel 3 der EU-Richtlinie „On the promotion of the use of energy from renewable sources“ von Dezember 2008 wird zudem festgelegt, dass der in Elektrofahrzeugen eingesetzte erneuerbare Strom multipliziert mit dem Faktor 2,5 auf das 10-Prozent-Erneuerbaren-Ziel des Transport-Sektors anerkannt wird. Allerdings wird hierbei bis 2011 der EE-Strombezug zunächst nur anteilig für das 10-Prozent-Ziel anerkannt. Mitgliedsstaaten können dabei frei zwischen dem EE-Anteil am nationalen oder dem EU-Stromerzeugungsmix wählen. Bis Ende 2011 muss die EU-Kommission einen Vorschlag unterbreiten, mittels welcher Methodik ein EE-Stromeinsatz, der über diese Durchschnittswerte hinausgeht, auf das 10-Prozent-Ziel angerechnet werden kann.

Der Endenergieverbrauch und damit die Effizienz eines Elektro-Pkw hängt von vielen Faktoren ab, die von der Art der Batterie und ihrem Eigenverbrauch über den Wirkungsgrad des Ladegerätes bis hin zu der Größe des Fahrzeuges, der gewählten Fahrtgeschwindigkeit, der Streckenführung (wegen der Bremsenergieerückgewinnung) und dem Nutzungsmuster (Fahrthäufigkeit, Fahrtenlänge, Standtage) reichen. Ein wesentlicher Verlustposten ist auch der Ladevorgang. Der „Rügen-Versuch“ des BMBF bis Mitte der 90er-Jahre zeigte, dass Elektro-Pkw der damaligen Golf-Klasse heute mit einem Endenergieverbrauch (d.h. ab Steck-



Abbildung 19: Elektroautos können Strom aus erneuerbaren Energien effizient nutzen – wenn die Rahmenbedingungen stimmen. (Quelle: Daimler)

dose) von rund 20 kWh/100 km betrieben werden können. Dieser Stromverbrauch entspricht einen gleich hohen fossilen Primärenergieverbrauch wie ein fossil betriebener Pkw mit ungefähr 5 bis 6 l Diesel-/Otto-Verbrauch je 100 km. Durch den Aufbau eines neuen Verbrauchssegmentes können Elektroautos allerdings auch in Zukunft für neue Kraftwerkskapazitäten verantwortlich sein. Für die nächsten Jahre ist vor allem ein großer Zubau an Steinkohlekraftwerken geplant. Legt man 20 kWh/100 km zu Grunde, liegen die Treibhausgas-Emissionen eines Elektroautos mit angenommener Steinkohlestrom-Aufladung gleich hoch wie die eines Verbrennungsmotor-Fahrzeugs (Abbildung 20).

Da die **Klima- und Energiebilanz** (bezogen auf erschöpfliche Energieträger) von Elektrofahrzeugen erst dann robuste Vorteile gegenüber Benzin- und Dieselfahrzeugen aufweist, wenn sie mit erneuerbaren Energien gespeist werden, ist es zielführend, die Förderung der Elektro-

mobilität beispielsweise durch Steuerbefreiung oder Marktanreizprogramme mit der Bedingung zu verknüpfen, den Strom aus zusätzlichen regenerativen Quellen zu beziehen.

Zu berücksichtigen ist bei der Klimabilanz des Elektroautos die Wechselwirkung mit dem Instrument **Emissionshandel**. Eine Verschiebung von Pkw-Endenergieverbrauch aus dem nicht vom Emissionshandel betroffenen Verkehrssektor in den Strommarkt führt im Prinzip dazu, dass der Stromverbrauch unter das Emissionscap zählt. Allerdings ist es auch denkbar, dass eine Anpassung des Cap um diese „herübergewanderten“ Strommengen erfolgt – dies ist politisch auszuschließen.

Der Schwerpunkt einer Förderung sollte zunächst aber auf der **ganzheitlichen Effizienz-Optimierung** im Zuge der Entwicklung von neuen Fahrzeugen liegen. Gerade die Entstehungsphase eines Marktes für Elektro-Autos bietet sich für die Erschließung der noch hohen

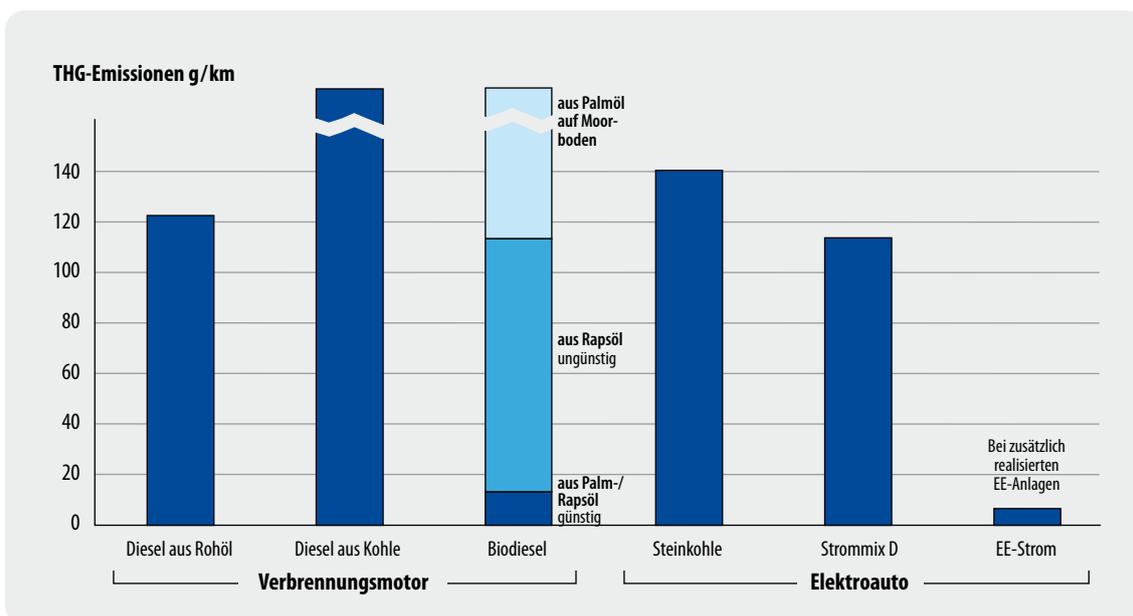


Abbildung 20: Klimabilanz verschiedener zukünftiger Fahrzeugkonzepte auf Ökobilanzbasis (mit Brennstoff-Vorkette, ohne Herstellung der Fahrzeuge)

EF-Potenziale in diesem Bereich und damit für die Vorgabe ambitionierter EF-Ziele, die dann direkt auf Forschung und Entwicklung wirken, an.

Bei der Ausarbeitung eines solchen Kopplungsmechanismus ist zu unterscheiden zwischen einer frühen Markteintrittsphase von Elektrofahrzeugen und einer langfristigen Perspektive. In der **Phase des Markteintritts** sollte nach Auffassung der Autoren eine kausale Kopplung einer staatlichen Förderung von Elektromobilität mit erneuerbaren Energien unter Beachtung der Zusätzlichkeit der EE-Stromerzeugung vorgenommen werden: Wenn Fahrzeuge durch Steuerbefreiung oder Marktanreizprogramme gefördert werden, sollte mit einem pragmatischen Mechanismus der Bezug von Ökostrom gefordert werden. In den ersten Jahren der Entwicklung von Elektroautos sollte die Verknüpfung angesichts der geringen Strommengen möglichst einfach ausgestaltet sein, möglichst wenig Transaktionskosten verursachen und die Betankung nicht nur an der kundeneigenen, sondern auch an beliebigen Steckdosen erlauben. In diesen Anfangsjahren ist auch der Aspekt der zeitgleichen Belieferung nicht ausschlaggebend.

Dieser pragmatische Mechanismus könnte beispielsweise den Bezug von Ökostrom mit

einem hohen Neuanlagenanteil zur Auflage für staatliche Förderung gemacht werden. Dazu ist ein Zähler im Elektrofahrzeug erforderlich.

In der **langfristigen Perspektive** wird angesichts zunehmender Anteile an fluktuierendem EE-Strom aus Wind und Sonne eine zweite Eigenschaft des Elektrofahrzeugs immer stärker relevant: die Möglichkeit der gezielten Ladung und Entladung der Batterie. Die zeitflexible Betankung von Elektroautos ist nicht nur eine Möglichkeit, sondern auch eine technische Notwendigkeit, da ansonsten netzseitige Restriktionen insbesondere im Verteilnetz wirksam werden könnten. Im Rahmen eines Kombikraftwerksbonus, wie er derzeit im Rahmen einer EEG-Verordnung aufgenommen wird, sollten Elektrofahrzeuge als verschiebbare Lasten integriert werden.

Die Integration von Elektrofahrzeugen in das Stromnetz bietet langfristig auch die Möglichkeit, besondere Netzdienstleistungen anzubieten. Besonders in zukünftigen dezentralen Netzen können Elektrofahrzeuge Energiespeicherkapazität und Regelleistung bereitstellen. Zu klären sind hier allerdings Fragen der Akzeptanz und der Batterieabnutzung bei Rückspeisung.



Verzahnung im Verkehrsbereich		Begründung und Bemerkungen
Erneuerbare Energien (EE)	Energieeffizienz (EF)	
Ziele	<p>Verkehr: EE-Anteil am Energieverbrauch auf min. 10 % in 2020 erhöhen</p> <p>Straßenverkehr: Biotreibstoffbeimischung bis 2014 auf 6,5 %, danach bis 2020 7% Senkung der CO₂-Emissionen durch Biotreibstoffe</p> <p>Bis zu 10 g durch andere Maßnahmen wie Bio-Kraftstoff anrechenbar</p> <p>Verkehr: EE-Anteil am Energieverbrauch auf min. 10 % in 2020 erhöhen</p> <p>PKW: Flottenverbrauch von Neufahrzeugen 120 g CO₂/km im Jahr 2012 und 95 g im Jahr 2020</p>	<p>Gesetzentwurf, noch nicht verabschiedet (Stand 06.03.2009)</p> <p>Verzahnung nicht sinnvoll! Ziel für 2020 nicht verbindlich</p> <p>Ziel für 2020 nicht verbindlich</p>
Übergreifende Preis- oder Mengensteuerung	<p>Erhöhung des Anteils von Biokraftstoffen am Treibstoffabsatz (s.o.)</p> <p>Hersteller-Prämien für Innovation & Markttransformation; Finanzierung Technologieförderung durch Umlage über Netznutzungsentgelte</p>	<p>Beitrag zur CO₂-armen Kompensation des wegfallenden Atomstroms; Verringerung benötigter Biomasse für Kraftstoffe zu Gunsten von stationärem Einsatz</p>
Umstellung KFZ-Steuer	<p>Umstellung der KFZ- auf CO₂-Steuer mit Anreizen für effiziente Fahrzeuge</p> <p>Erhebung einer entfernungsabhängigen Maut für den Schienenverkehr</p>	<p>Vom Gesetzgeber noch nicht umgesetzt</p>
LKW-Maut		
Klimaqualitäts-Kriterien in Ausschreibungen	<p>Schienenverkehr: Einführung von Vorgaben für EF- und EE-Zielen und Kriterien bei öffentlichen Ausschreibungen von Verkehrsleistung durch die Bundesländer</p>	<p>Direkte Einflüßnahme auf Ausstattung, Technologie und Betrieb möglich; Stärkung des Wettbewerbs um umweltfreundlichere Alternativen</p>
Technologische Instrumente		
EF-Ziele für neue Fahrzeuge	<p>PKW: Keine Anrechnung von EE-Kraftstoff auf EF-Ziele</p> <p>Schienenverkehr: Prüfung einer Einführung von EF-Zielen analog zum PKW</p>	<p>Verzahnung kontraproduktiv und ohne zusätzlichen Nutzen für EE-Einsatz; Phasing-in führt zu Verzögerungen</p>
Erweiterung des NEFZ-Messzyklus	<p>PKW: NEFZ einmal mit und ohne Nebenaggregate durchführen</p>	<p>Gezielte Steigerung der EF möglich; aber Rebound- und negative Nebeneffekte möglich und zu beachten</p>
EF-Ziele für Nebenaggregate	<p>PKW: Separate EF-Ziele für PKW-Nebenaggregate einführen</p>	<p>Annäherung an den realen Verbrauch; Basis für separate Zielvorgaben an Nebenaggregate und Informationskampagnen</p>
Information	<p>standardisierte Vorgabe zur Veröffentlichung von Verbrauchswerten bei Neufahrzeugen</p>	<p>Gezielte Verbesserung möglich; keine Verzahnung mit anderen EF-Zielen; Stärkung des Wettbewerbs um effizientere Technik</p>
	<p>NEFZ: Neuer europäischer Fahrzyklus</p>	
	<p>Änderungsvorschlag des Energiebalance-Projektes</p>	

Abbildung 21: Verzahnung der Instrumente der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz im Verkehrssektor (Pkw und Schiene)

Empfehlungen

Ausgewählte Empfehlungen des Projektes Energiebalance für eine Verzahnung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien

Problem- beschreibung	Konkretisierung	Umgesetzt?	Bemerkung
Zielkonzepte			
<i>Förderung von „Energiebalance-Kommunen/Regionen“</i>			
Energieeffizienzmaßnahmen werden in regionalen und kommunalen Zielkonzepten weniger intensiv berücksichtigt → Förderung der strategischen Vorbereitung von Klimaschutzaktivitäten in Kommunen und Regionen unter gleichwertiger Berücksichtigung von Effizienz-, Einspar- und Erneuerbaren-Potenzialen (Energiebalance-Kommunen).		✓	In Förderrichtlinie vom 18.6.2008 der Klimaschutzinitiative aufgenommen.
Zentraler Erfolgsfaktor für die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen ist die Institutionalisierung eines „Kümmerers“ in der Kommune / in der Region → Förderung einer zentralen Stelle in der Verwaltung oder in einem gegründeten Unternehmen mit öffentlicher Beteiligung.		(✓)	In Förderrichtlinie vom 18.6.2008 der Klimaschutzinitiative als Anschubfinanzierung aufgenommen.
Beschreibung verschiedener Maßnahmen zur Umsetzung von EE- und EF-Projekten in Kommunen und Regionen, von „neuen“ Finanzierungsmöglichkeiten (z.B. Beteiligungskapital) sowie von aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen; anwenderfreundliche Gestaltung im Rahmen eines aktualisierten Klimaschutz-Leitfadens für Kommunen.		(✓)	
EnEV und Energieberatung			
<i>Zielsetzung</i>			
Es gibt weder ein relatives oder absolutes Einsparziel bezüglich Heiz- oder Endenergiebedarf für Gebäude noch einen langfristigen Ausblick im Rahmen der EnEV → Definition eines absoluten Einsparziels für den Gebäudesektor; zusätzliche Definition eines spezifischen Zielwertes für Heizenergieverbrauch pro Quadratmeter Wohnfläche.		✗	
Investitionen in Aus- und Weiterbildung, Qualifizierung des Personals und in technische Anlagen werden nur getätigt, wenn Planungssicherheiten gewährt werden → Integration einer konkreten Zielsetzung (Passivhausstandard im Neubau ab 2015 und EnEV 2007 minus 40 Prozent für den Bestand) in die EnEV bzw. das EnEG.		✗	
<i>Entflechtung</i>			
Inhaltliche Überschneidungen sollten bereits in der Zielsetzung der Instrumente verhindert werden. Aktuell überschneiden sich die Anforderungen der bestehenden Instrumente mehrfach → EnEV: Beschränkung des Heiz- und Endenergiebedarfs eines Gebäudes; EEWärmeG: Anforderung an Einsatz von erneuerbaren Energien.		✗	

Empfehlungen

Problem- beschreibung	Konkretisierung	Umgesetzt?	Bemerkung
<i>Vereinfachung</i>			
Vereinfachung der Anforderungen (vom H_T' zu einem Heizenergiebedarf) sowie des Bilanzierungsverfahrens (keine DIN 18599).		✗	
<i>Verschärfung</i>			
In der berücksichtigten Entwurfsfassung ermöglicht die EnEV die „Kompensation“ von Wärmedämmung durch den Einsatz von erneuerbaren Energien → Verschärfung der H_T'-Anforderungen (bzw. des spezifischen maximalen Heizwärmebedarfs) für Neubauten.		✗	
In der EnEV-Entwurfsfassung wurden keine gebäudehüllenspezifischen Grenzwerte für grundlegende Sanierungen berücksichtigt → Wiedereinführung eines H_T'-Grenzwerts bei Bestandsgebäuden .		✗ ⁵	
Teile der energetischen Anforderungen an Wärmeverteilung / Regelung / Pumpenbetrieb entsprechen nicht dem aktuellen Stand der Technik. Im § 14 der EnEV bestehen weitergehende Verschärfungsmöglichkeiten (z.B. Anhebung der energetischen Anforderungen für Umwälzpumpen / Integration von konkreten Anforderungen für den hydraulischen Abgleich).		✗	
<i>Anpassung</i>			
Anpassung der Berechnungsmethodik für Fernwärme- und Biomasse-Primärenergiefaktoren.		✗	
<i>Energieberatung</i>			
Maßnahmen im Gebäudebereich (EE und EF) können selten allein bewertet werden, sondern müssen ins zeitliche Umfeld von bereits durchgeführten und geplanten Maßnahmen gestellt werden → Darstellung einer technisch und wirtschaftlich sinnvollen Maßnahmenabfolge in den Beratungsberichten der Vor-Ort-Beratung, Veröffentlichung von Musterberichten sowie Darstellungsvorschläge für die Zeitachsen und die Bewertung der Wirtschaftlichkeit, konkreten Rahmendaten sowie Informationen zum Stand der Technik mit „Energiebalance-Blick“.		(✓)	
Langfristige Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sind eine essentielle Grundlage für die Entscheidungsfindung des Bauherren. Trotzdem werden kurzfristige Bewertungen häufig vorgezogen → Entwicklung von Hilfsmitteln für Wirtschaftlichkeitsberechnungen.		✗	
Technologien zur Versorgung von Passivhäusern (Einzelversorgung)			
In Passivhäusern erreichen Wärmepumpen-Kompaktaggregate nicht die gleichen Jahresarbeitszahlen wie in anderen Gebäuden, verbrauchen aber weniger Strom wegen guter Dämmung → Zuschussförderung von Wärmepumpenkompaktaggregate beim Einsatz in Passivhäusern.		(✓)	Umgesetzt in der neuen KfW-Förderung.
Solaranlagen sind ideal einsetzbar bei besonders energiesparenden Gebäuden wie z.B. Passivhäuser. Deshalb sollte die Förderung für kleine Anlagen erheblich angehoben werden → Höhere Fördersätze für solarthermische Anlagen bei Passivhäusern.		✗	

⁵ Nach Redaktionsschluss wurde ein Grenzwert für den Bestand eingeführt

Empfehlungen

Problem-beschreibung	Konkretisierung	Umgesetzt?	Bemerkung
Vergleich von Versorgungsoptionen auf Quartiersebene			
Kalte Nahwärmenetze sind eine potenziell interessante Infrastrukturoption. Allerdings ist das empirische Wissen über existierende Systeme begrenzt → Evaluierung von bestehenden „kalte Nahwärme“-Projekten.		✗	
Bestehende Dampfnetze sollten sukzessive zu Heißwassernetzen umgebaut werden. Bereits durchgeführte Projekte sollten besser in Fachkreisen (Stadtwerke) bekannt gemacht werden → Entwicklung von geeigneten Anreizen zur Dezentralisierung der Dampferzeugung bzw. Umstellung auf Heißwassernetze.		✗	
Nahwärmesysteme schließen ihren Vorlauf an den Rücklauf von Fernwärmeleitungen an → Förderung von F&E-Maßnahmen zu zukunftsfähigen Fernwärmesystemen, z.B. Beispiel Rücklaufnutzung.		✗	
Kostenreduzierung bei Nahwärmeversorgung → weitsichtige Planung, frühzeitige Berücksichtigung von Infrastrukturkanälen, Durchschleifmöglichkeiten etc.		✗	
Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (Diese Vorschläge sprach das Energiebalance-Projekt vor Implementierung des EEWärmeG aus)			
Reduzierung der 20-Prozent-Anforderung bei der Nutzung von Solarwärme auf 15 Prozent.		✓	Wurde umgesetzt im aktuellen EEWärmeG.
Besteht die Möglichkeit des Anschlusses an ein Nah- oder Fernwärmenetz mit hocheffizienter KWK, sollte die Pflicht zum Einsatz von EE entfallen.		✓	Wurde umgesetzt im aktuellen EEWärmeG.
Die Möglichkeit einer Ersatzabgabe bietet höhere Flexibilität im EEWärmeG.		✗	
Marktanreizprogramm			
Bonus für besonders effiziente Solarkreiselpumpen in MAP-geförderten Sonnenkollektoranlagen.		✓	
Bonus für besonders effiziente Umwälzpumpe und hydraulischen Abgleich in MAP-geförderten Anlagen.		✓	
Effizienzanforderung an Nahwärmenetze → Mindestwärmeabsatz von 500 kWh je Trassenmeter. Qualitätsanforderungen an die Wärmeproduktion.		✓	
Bonus für MAP-geförderte Anlagen in gut gedämmten Gebäuden.		✓	BMU-Vorschlag, von Projektteam begrüßt.
Einführung einer Förderung von Biogas-Mikronetzen.		✓	
Mindestanforderungen an Biogas-Aufbereitung (Strombedarf, Methanverluste, Prozesswärmedeckung).		✓	
EEG			
<i>Biogas insgesamt</i>			
Biogas trägt zum Klimaschutz bei und muss insgesamt attraktiver ausgestaltet werden → Erhöhung der Basisvergütung.		✓	
Gülle			
Gülle hat deutlich bessere THG-Bilanz als nachwachsende Rohstoffe und vermeidet Nutzungskonkurrenz Güllepotenziale werden nur unzureichend erschlossen → Verbesserte Förderung kleiner Anlagen unter 75 kW _{el} und Güllequote.		✗	Keine neue Leistungsklasse, aber höherer Fördersatz für Anlagen < 150 kW _{el} (EEG § 27 Abs. 1); EEG-Anlage 2 VI Nr. 2 b) Erhöhter Nawaro-Bonus bei Gülleanteil > 30% für kleine Anlagen (4 Ct/kWh < 150 kW, 1 Ct/kWh < 500 kW).

Empfehlungen

Problem- beschreibung	Konkretisierung	Umgesetzt?	Bemerkung
<i>Landschaftspflegereste, Bioabfall</i>			
Landschaftspflegereste haben deutlich bessere THG-Bilanz und vermeiden Nutzungskonkurrenz → Bonus für Landschaftspflegereste.		✓	EEG-Anlage 2 VI Nr. 2 b) Erhöhter Nawaro-Bonus für kleine Anlagen < 500 kW (2 Ct/kWh) bei Einsatz von Landschaftspflegeresten.
Bioabfall hat deutlich bessere THG-Bilanz und vermeidet Nutzungskonkurrenz → Förderung der Nachrüstung von Kompostierungsanlagen um eine Vergärungsstufe.		✓	Nachgerüstete Anlagen erhalten Technologiebonus (EEG-Anlage 1 II Nr. 1 i) Förderung der Nachrüstung im Rahmen des MAP wird diskutiert.
<i>KWK</i>			
KWK erhöht Klimanutzen, ist aber kein Sine qua non → erhöhter KWK-Bonus, aber keine KWK-Pflicht für Anlagen < 5 MW.		✓	§ 27 EEG Abs. 4 Nr. 3.
KWK-Bonus auch für Altanlagen.		✓	Allgemein für Anlagen < 500 kW, sonst nur bei erstmaliger KWK-Nutzung nach 31.12.2008 (EEG § 66 Abs. 1 Nr. 3).
Durch höheren KWK-Bonus erhöht sich die Missbrauchsgefahr → Positiv-Negativliste oder Nachweis des Klimanutzens.		✓	EEG-Anlage 3.
<i>Gärrestabdeckung</i>			
Forderung nach Abdeckung des Gärrestlagers.		(✓)	Für nach BImSchG genehmigungsbedürftige Anlagen ist Abdeckung des Gärrestlagers Bedingung für Nawaro-Bonus (EEG Anlage 2). Für andere Anlagen: Verordnungsermächtigung § 64 EEG.
<i>Biogasaufbereitung</i>			
Nur sinnvoll bei vollständiger Wärmenutzung → Pflicht zur Nutzung in KWK.		✓	§27 EEG Abs. 3 Nr. 3.
Nur sinnvoll bei nicht zu hohen Verlusten bei der Aufbereitung → Mindestanforderungen an Strombedarf, Methanverluste, Prozesswärmedeckung.		✓	Anlage 1 I Nr. 1.
<i>Biogasmikronetze</i>			
Vermeiden die Aufbereitung und ermöglichen dennoch den Transport zu Wärmesenken → Erteilung des Technologiebonus für Biogasmikronetze oder Aufnahme in das Marktanreizprogramm.		✓	Aufnahme in die Förderlichtlinie Marktanreizprogramm vom 5.12.2007.
„NEEG“ Negawatt-Einspeisegesetz			
<i>Prämien für Hersteller und Importeure energieeffizienter Technik</i>			
Förderung von Entwicklung und Markteinführung besonders energieeffizienter Technik, bei der es weniger auf die Systemoptimierung als auf die Effizienz des Produkts selbst ankommt → Prämiensystem nach dem Vorbild des EEG: gezahlte Prämien für Hersteller und Importeure besonders energieeffizienter Technik werden auf den Strompreis umgelegt.		(✗)	Ein ähnlicher Vorschlag mit Stromrechnungsgutschriften für Endkunden anstelle von Herstellerprämien wurde vom BMU im Rahmen eines Konzeptpapiers zur ökologischen Industriepolitik bereits vorgestellt.

Empfehlungen

Problem-beschreibung	Konkretisierung	Umgesetzt?	Bemerkung
<i>Sektor- und/oder technologiespezifische Programme</i>			
EnergieSparFonds mit EF-Programmen, bei denen eine Verknüpfung von Beratung, Energieanalysen und EF-Technik und damit insbesondere die Systemoptimierung gefördert wird → Umsetzung der vom WI vorgeschlagenen Programme eines EnergieSparFonds.		(X)	Einzelne Elemente wurden im Rahmen der Novellen von MAP und KfW-Förderprogrammen sowie bei der kommunalen Förderrichtlinie der nationalen Klimaschutzinitiative aufgegriffen.
<i>NEEG-Testprogramm</i>			
Pauschale Vergütung für größere EF-Aktivitäten bzw. Programme ab einer Mindestsumme an Stromeinsparungen in Höhe von z.B. 1 GWh/a → Umsetzung eines EnergieSparFonds.		X	
<i>Novelle Anreizregulierungsverordnung (ARegV)</i>			
Die ARegV führt zu Ineffizienzen, da Verlustenergiekosten an Kunden durchgereicht werden → Verbesserung der ARegV oder spezielles Förderprogramm zur Reduktion von Verlustenergie im Netz.		X	Vgl. auch die aktuelle Diskussion der Regulierer auf EU-Ebene.
Straßen-/Pkw-Verkehr			
<i>Änderung der EU-Richtlinie zum Flottenverbrauch</i>			
Die Anrechnung von Bio-Kraftstoff (10g CO ₂ /km) führt zur Aufweichung und Verzögerung der EF-Steigerung → Zurücknahme der Anrechnung von Bio-/EE-Kraftstoff und anderen technischen Maßnahmen zur Erreichung der EF-Ziele.		X	
<i>Erweiterung des NEFZ-Messzyklus, Einführung von EF-Zielen für Nebenaggregate</i>			
Die Nebenaggregate und ihr Kraftstoffverbrauch werden bei der Messung nicht mit erfasst → Messzyklus einmal mit und einmal ohne Nebenaggregate durchführen.		X	
Es gibt bisher keine Vorgaben für die EF von Nebenaggregaten wie z.B. Klimaanlage → Separate technologiespezifische EF-Ziele für Pkw-Nebenaggregate einführen.		X	
<i>Entwicklung adäquater und pragmatischer Ansätze für Kopplung Elektroauto/Erneuerbare Energien</i>			
Förderung zusätzlicher erneuerbarer Energieanlagen zur Deckung des Elektroautostrombedarfs → Bei staatlicher Förderung sollte ein einfacher Mechanismus wirksam werden, der einen Bezug von Ökostrom aus zusätzlichen Anlagen und Anreize zum Lastmanagement vorsieht.		✓	„Work in progress“
Einbezug der Elektroauto-Betankung in Lastmanagement zur Systemintegration erneuerbarer Energien → Berücksichtigung im Rahmen des EEG-Kombikraftwerksbonus.		(✓)	„Work in progress“
Schienen-/Eisenbahn-Verkehr			
<i>EE-Zielvorgabe für Bahnstrom</i>			
Bisher keine eigenen Investitionen in EE-Anlagen; Ersatz des „Atomstrom“-Anteils durch Kohlestrom geplant → Zielvorgaben für Bahnstrom einführen (z.B. 100 Prozent EE-Strom in 2020).		X	
<i>Erweiterung von öffentlichen Ausschreibungen</i>			
EE und EF spielen bisher bei Ausschreibungen nur eine geringe Rolle → Einführung von Vorgaben für EF- und EE-Zielen und Kriterien bei öffentlichen Ausschreibungen von Verkehrsleistung durch die Bundesländer.		X	

ifeu – Institut für Energie- und
Umweltforschung Heidelberg
Wilckensstraße 3
69120 Heidelberg
Deutschland
Tel. +49 6221 4767-0
www.ifeu.org

Wuppertal Institut für Klima,
Umwelt, Energie GmbH
Döppersberg 19
42103 Wuppertal
Deutschland
Tel. +49 202 2492-0
www.wupperinst.org