

Erneuerbare Energien und Energieeffizienz – Systemlösungen als Schlüsselement der Energiewende



Wuppertal Institut
 Prof. Dr. Manfred Fischedick
 manfred.fischedick@wupperinst.org

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung
 Dr. Martin Pehnt
 martin.pehnt@ifeu.de

Erneuerbare Energien und Energieeffizienz sind die Schlüsselstrategien für die Umsetzung einer klimaverträglichen Energieversorgung in Deutschland und weltweit. Dieser Beitrag soll die Kopplung zwischen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz im Kontext von Systemlösungen aufzeigen. Diese Systemlösungen sollten schon sehr frühzeitig und systematisch im Kontext von technologischen Lösungen, von Infrastrukturansätzen und von Politikansätzen bedacht werden.

Klimaschutzszenarien

Wir stehen letztendlich nicht nur vor einer Energiewende in Deutschland, sondern vor einer Energiewende auf globaler Ebene. Die Internationale Energieagentur hat dargestellt, wie ein Strategie- und Technologiemix zur Erfüllung der Klimaschutzziele beitragen kann (*Abbildung 1*). Ausgangspunkt ist das sogenannte Trend-Szenario (current policies-Szenario), das zeigt, wie sich die Welt auf Basis der heutigen Politik weiter entwickelt. Zielpunkt für eine weltweit klimaverträgliche Entwicklung ist jedoch das 450 ppm-Szenario (grüne Linie).

Um die Lücke zwischen beiden Szenarien schließen zu können, brauchen wir zwei wesentliche Strategieelemente: den Ausbau der erneuerbaren Energien und eine Verbesserung der Energieeffizienz.

Auch auf europäischer Ebene gibt es eine Diskussion über Dekarbonisierungsszenarien in der sogenannten „Energy 2050 Roadmap“ der EU (*Abbildung 2*). Diese

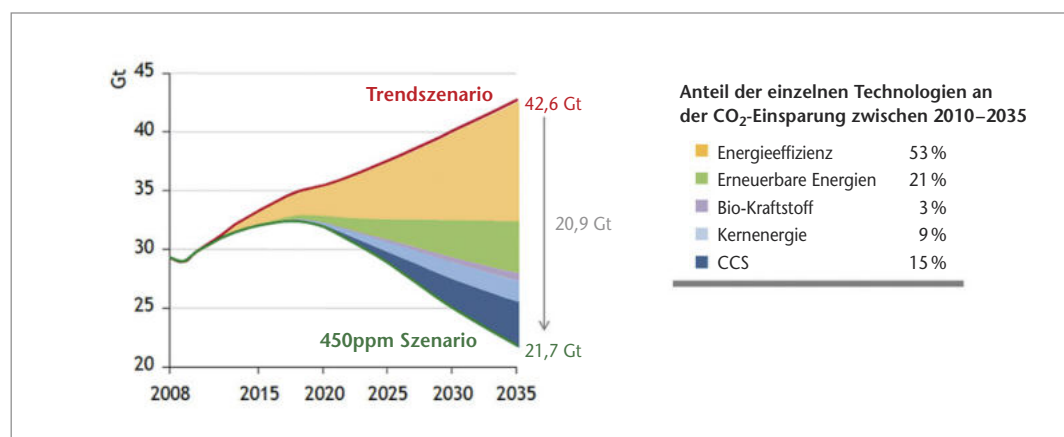
Szenarien kommen zu der Schlussfolgerung, dass es für die klimaverträgliche Entwicklung keine alleinige Königstechnologie gebe. Das ist richtig. Denn es braucht den Verbund von unterschiedlichen Technologien, die man intelligent zusammenbringen muss, um eine sinnvolle Gesamtlösung zu finden.

Wesentliches Schlüsselement der Strategien der EU ist eine signifikante Energieeffizienzsteigerung im Verbund mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien, als Voraussetzung für eine Dekarbonisierung auf europäischer Ebene.

Die rechte Seite von *Abbildung 2* zeigt die Bandbreite der Ergebnisse der fünf Dekarbonisierungs-Szenarien auf europäischer Ebene für das Jahr 2050. Sie gehen von sehr unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Technologieverfügbarkeiten aus. Aber alle sagen: Ein Schlüsselstrategieelement für diese Dekarbonisierung, für Klimaschutz in Europa, ist der signifikante Ausbau der erneuerbaren Energien im Verbund mit der Energieeffizienz.

Alle anderen Technologien (Kernenergie, CO₂-Abtrennung und -Speicherung), die in den europäischen Mitgliedsländern sehr unterschiedlich gesehen werden, können – wenn sie denn gesellschaftlich akzeptiert sind – nur einen ergänzenden Beitrag für die Realisierung des Klimaschutzes in Europa leisten.

Abbildung 1
 Einsparung weltweiter CO₂-Emissionen durch Einsatz verschiedener Technologien.
 Die Grafik zeigt die summierte Einsparung im 450ppm-Szenario (grün) im Vergleich zum Trend-Szenario (rot), das nur die bisherigen Strategien in die Zukunft verlängert.
 Quelle: IEA



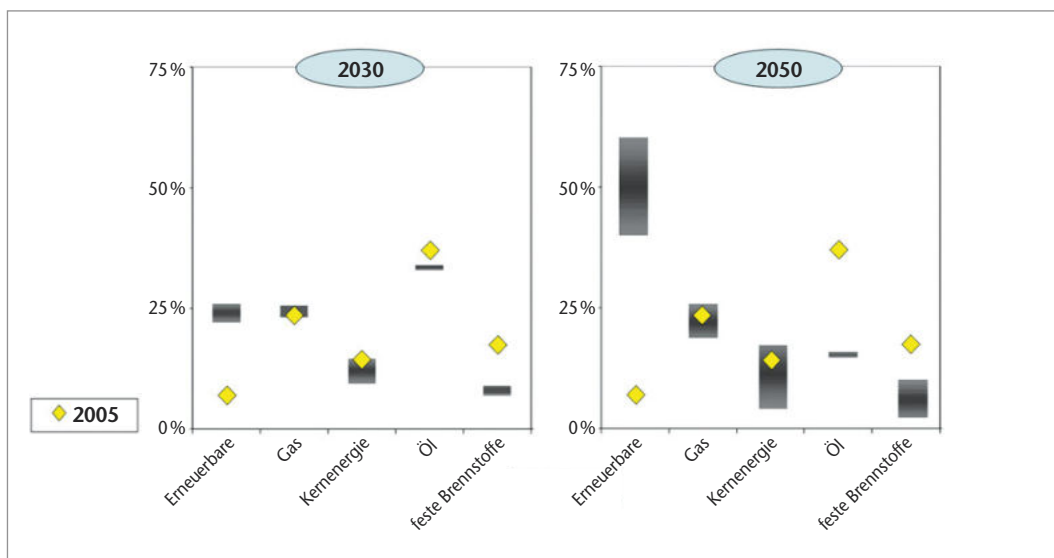


Abbildung 2
„Energy 2050 Roadmap“ der EU mit Dekarbonisierungsszenarien für 2030 und 2050: Anteil verschiedener Energien am Primärenergiebedarf im Vergleich zu 2005 (gelb).

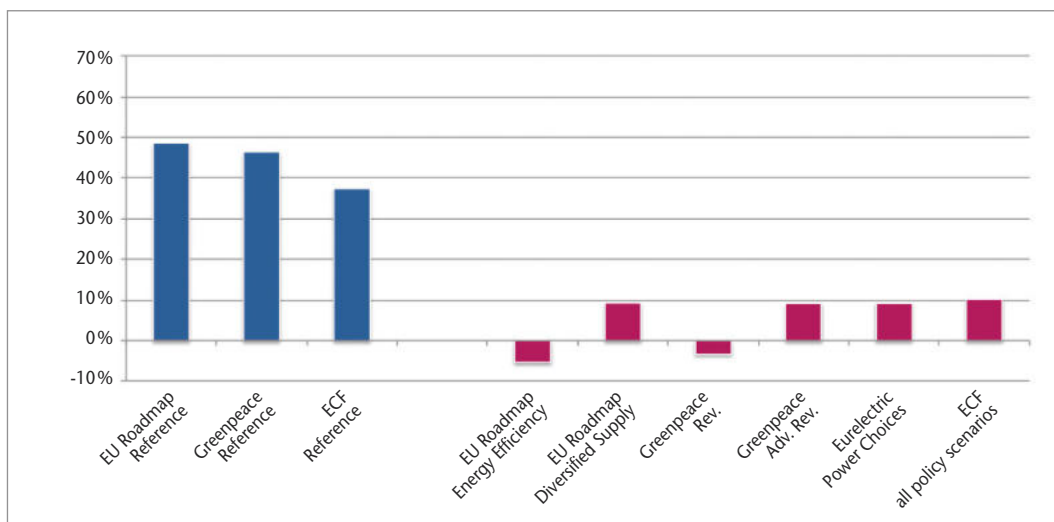


Abbildung 3
Europäischen Stromnachfrage 2050 im Vergleich zu 2005/07 in verschiedenen Szenarien (ohne Transport)

Entwicklung der Stromnachfrage

Bei der Diskussion der Energieeffizienz und der Entwicklung der Energienachfrage muss man zwischen den einzelnen Endenergieträgern sauber unterscheiden. [Abbildung 3](#) zeigt einen Überblick über die Entwicklung der Stromnachfrage auf europäischer Ebene. Basis sind die europäischen Dekarbonisierungsszenarien, jetzt aber ergänzt durch andere europäische Szenarien. Dargestellt ist die Entwicklung für das Jahr 2050, gegenüber den Basisjahren 2005/2007. Die Referenzszenarien ganz links (blau) gehen davon aus, dass die Stromnachfrage signifikant ansteigen wird. Wollen wir Klimaschutz betreiben und die Energie-wende europäisch realisieren, dann sollte der Strombedarf deutlich unterhalb der Referenzentwicklung liegen. Er liegt aber in kaum einem Szenario unterhalb der Nulllinie. Das heißt, der Strombedarf steigt in fast allen Szenarien gegenüber der heutigen Situation an, obwohl sie schon eine sehr starke effizienz-getriebene Entwicklung unterstellen.

Noch eklatanter wird es, wenn man den Transportbereich mit hinzunimmt. Wenn wir davon ausgehen, dass mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien die Transportoptionen auf elektrischer Basis effizienter und CO₂-sparender werden, dann wird der Gesamtstrombedarf weiter steigen.

Ein kurzer Blick auf Deutschland ([Abbildung 4](#)): Wir brauchen auch hier diese Doppelstrategie: Auf der einen Seite Effizienzsteigerung zur Senkung des Bedarfs an Primärenergie. Auf der anderen Seite müssen die erneuerbaren Energien bis 2050 signifikant ansteigen, um das Gesamtziel zu erreichen.

Auf allen Ebenen – global, europäisch, national – gilt die gleiche Aussage: Wir müssen den Ausbau der erneuerbaren Energien mit einer Erhöhung der Energieproduktivität koppeln.

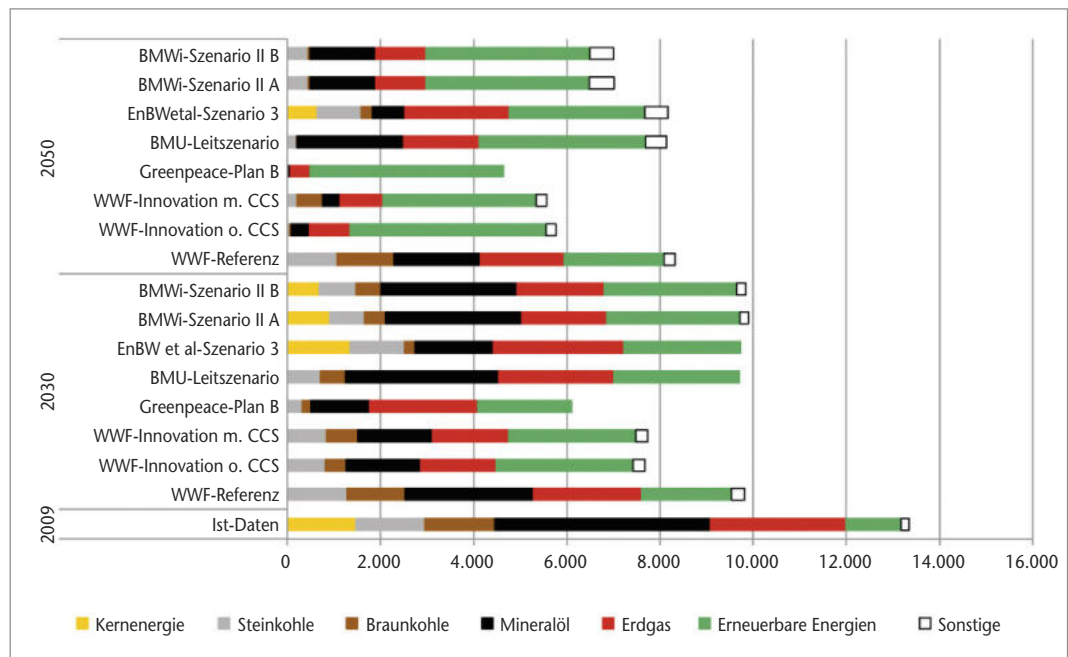


Abbildung 4
Mit EE-Ausbau und Effizienzsteigerung die Ziele der Energiewende in Deutschland erreichen

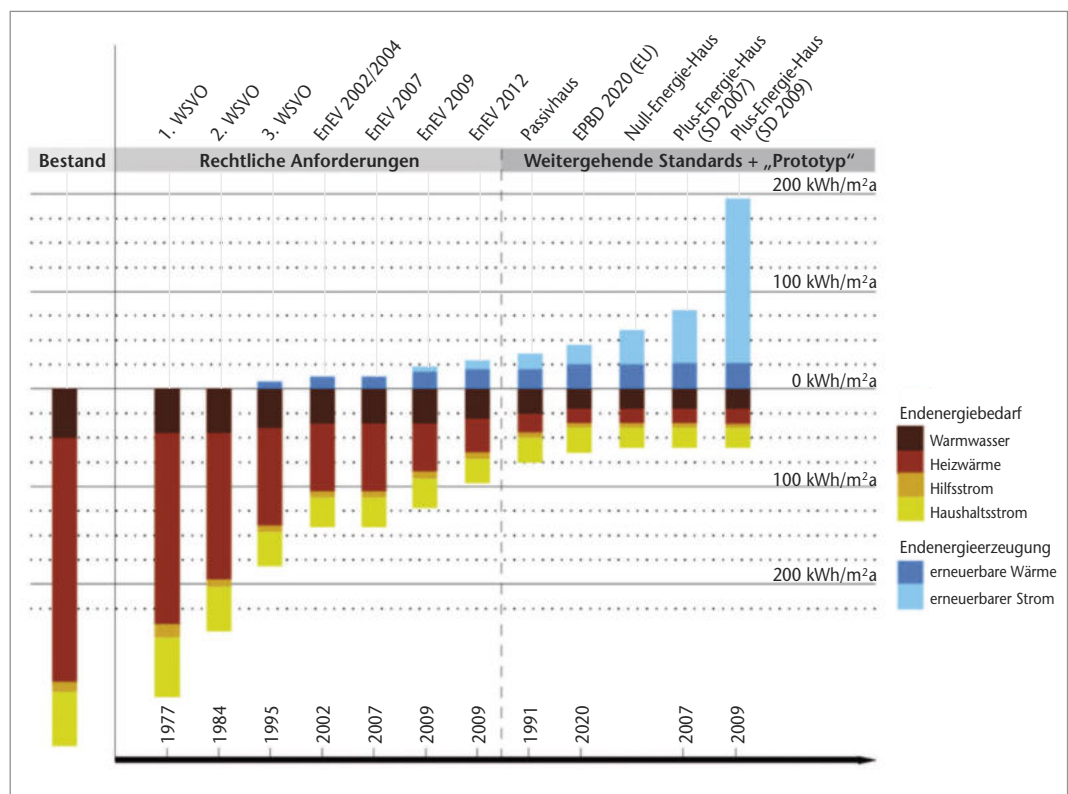


Abbildung 5
Metatrends im Gebäudesektor:
Sinkender Energiebedarf und steigende Anteile Erneuerbarer
Quelle: Hegger, TU Darmstadt 2012

Systemlösungen im Gebäudesektor

Heute sind die großen Wärme- und Energieverbraucher im Gebäudebestand angesiedelt. Dort besteht vielleicht auch der größte Anforderungsbedarf für Transformationsprozesse.

In Deutschland gibt es in den letzten Jahren Ansätze für Systemlösungen. *Abbildung 5* zeigt die Entwick-

lung der Anforderungen an die Gebäudeeffizienz über die letzten 35 Jahre. Das beginnt mit der Wärmeschutzverordnung in den 70er Jahren, heute sprechen wir von der Energieeinsparverordnung. Die Anforderungen sind kontinuierlich gestiegen, und es wurde immer weniger Energiebedarf zugelassen. In den letzten Jahren kam der Ausbau der erneuerbaren Energien hinzu.

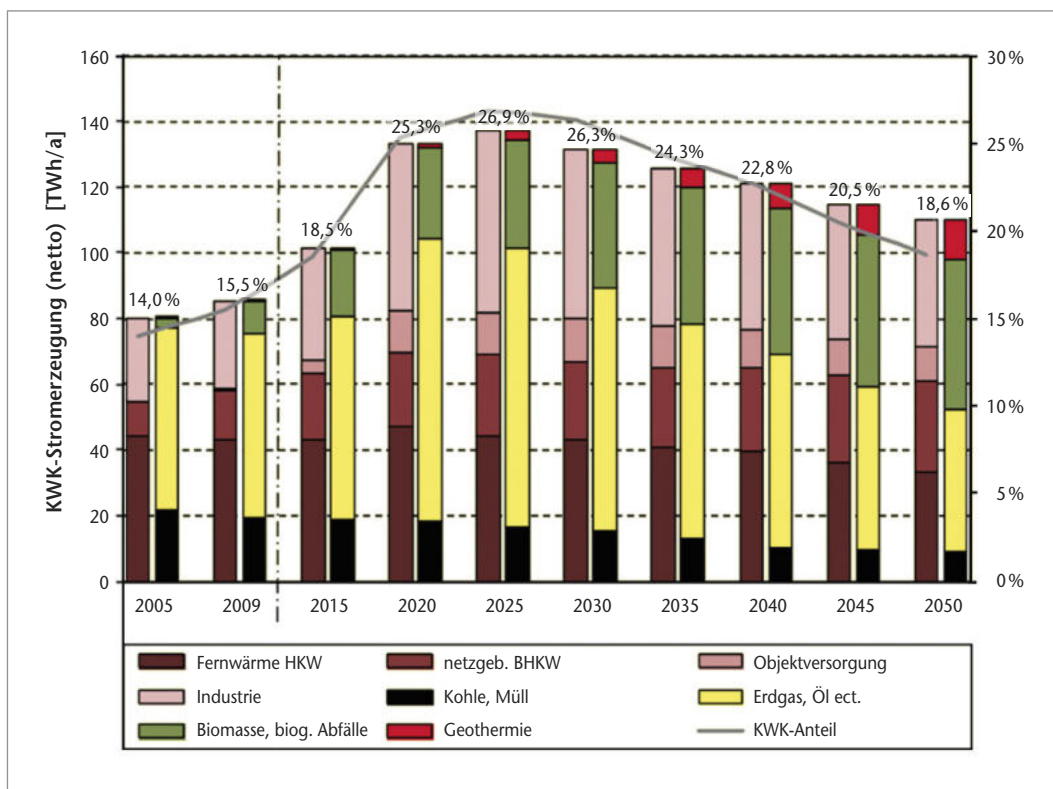


Abbildung 6
Entwicklung der Kraftwärmekopplung bis 2050 (graue Linie)
Quelle: BMU-Leitstudie

Dieser Trend wird sich in der Zukunft durch Niedrigenergiehäuser und Plusenergiehäuser noch deutlich verstärken. Der Energiebedarf wird immer geringer und es wird größere pro-aktive Erzeugungsanteile aus erneuerbaren Energien geben, so dass wir im Gebäudereich immer mehr in Systemlösungen denken werden.

Damit verbunden ist eine zunehmende Elektrifizierung. Die Häuser produzieren zum Teil mehr Strom als sie verwenden.

Ziele für den Gebäudesektor

Im Energiekonzept der Bundesregierung heißt es, dass der Primärenergiebedarf im Gebäudereich bis 2050 um 80 Prozent verringert werden soll. Der komplette Gebäudebestand muss also innerhalb der nächsten vier Dekaden einmal komplett durchsaniiert werden.

Hemmnisse erkennen

Wir haben eine sehr ambitionierte Zielsetzung, die aber nicht leicht zu erreichen ist. Denn Sanierungen im Gebäudereich treffen auf Hindernisse, die an der einen oder anderen Stelle verhindern, dass Wärmedämmmaßnahmen umgesetzt werden können. Eines der größten Hindernisse ist, dass der Gebäudereich ein sehr heterogener Sektor ist:

- unterschiedliche Gebäudearten (Einfamilienhaus/ Mehrfamilienhäuser/Hochhäuser)
- unterschiedliche Eigentümerstruktur
- sehr unterschiedliche Gebäudesubstanz
- unterschiedliche Altersstruktur der Gebäude

Das alles führt dazu, dass wir bei der Gebäudesanierung jedes Gebäude einzeln betrachten und auch zu jeder Gebäudesanierung passgenaue Finanzierungsstrukturen finden müssen.

Es ist für die Forschung wichtig herauszuarbeiten, wo sich Sanierungshemmnisse genau befinden. Die Kollegen vom ifeu-Institut haben, basierend auf Satellitenbilddaten, umfangreichen statistischen Datenauswertungen von Denkmalämtern, statistischen Informationen, Mikrozensus und weiteren Quellen sowie einer Befragung von 500 Energieberatern 60 Dämmrestriktionen analysiert:

- Wann ist es zu einer besonders guten Umsetzung von Wärmedämmmaßnahmen gekommen?
- Wo gab es Hindernisse? Was hat möglicherweise Wärmedämmung behindert?

Das sind zunächst die Erfordernisse des Denkmalschutzes. Oft sind es aber auch profane Dinge wie z. B. eine zu niedrige Kellerdecke, die keine zusätzliche Dämmung im Keller erlaubt. Auch solche Details sind forschungsseitig wichtig für die Umsetzung des Transformationsprozesses, um passgenaue Lösungen anbieten zu können.

Kraft-Wärme-Kopplung

Eine weitere Effizienzmöglichkeit ist die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Für die KWK ist die Entwicklung des Wärmebedarfs in der Zukunft bedeutend. Daher ist es wichtig, auf das Gesamtsystem zu schauen und die Wechselwirkungen früh in den Blick zu nehmen.

Bei zunehmenden Sanierungsraten werden wir in den nächsten Dekaden eine rückläufige Wärmenachfrage zu verzeichnen haben. Der verringerten Wärmenachfrage steht jedoch eine stetige Warmwassernachfrage gegenüber, eine durchaus positive Auswirkung für die KWK. Wir haben hier also auch eine Verschiebung in den Bedarfsprofilen, eine Erhöhung des Grundlastanteils. In einem so dynamischen System muss in der Zukunft eine möglichst hohe Flexibilität an den Tag gelegt werden.

Und schließlich wird die KWK in sich verändernden Rahmenbedingungen auch mit der Frage konfrontiert sein, wie sie erneuerbare Energien systematisch integrieren kann. Eine Möglichkeit bietet Power-to-Gas, also mit Strom aus Erneuerbaren Energien synthetisierter Wasserstoff. Eine andere Option ist es, sukzessiv Wärme aus erneuerbaren Energien in die bestehenden Fernwärmenetze einzuspeisen.

Abbildung 6 ist der BMU-Leitstudie entnommen, die u. a. das DLR erstellt hat. Danach könnten wir in den nächsten 10–15 Jahren steigende Anteile der KWK sehen, haben vielleicht auch die Chance, das 25%-Ziel der Bundesregierung bis 2020 zu erreichen. Danach sehen wir uns dann aber möglicherweise mit der Situation konfrontiert, dass die spezifischen Anteile der KWK tendenziell wieder zurückgehen, weil wir ein stärker stromorientiertes System auch im Bereich der Wärmeversorgung haben und weil durch spätere Sanierungsmaßnahmen auch die Wärmedichte zurückgeht. Auch das sind wichtige Wechsel-

wirkungen, die wir unter dem Stichwort Systemlösungen im Blick haben müssen.

Wir haben es mit einer hohen Ausbaugeschwindigkeit im Bereich der erneuerbaren Energien-Stromerzeugung zu tun, verstärkt durch energiepolitische Entwicklungen. Dies wird zu einer zunehmenden Elektrifizierung des Wärmemarktes führen. Das können wir heute schon durch Kostenvergleiche sehen.

Abbildung 7 zeigt die Wärme-Gesamtkosten für zwei verschiedene effiziente Gebäudetypen, die jeweils einmal mit PV-Strom/Wärmepumpe und einmal mit Solarthermie versorgt werden.

Links sind klassische Gebäude dargestellt, wie sie heute nach der EnEV 2009 gebaut werden. Der blaue Balken ganz links ist ein Gebäude, das sehr stark auf eine stromorientierte Lösung setzt: Photovoltaik gekoppelt mit einer elektrischen Wärmepumpe. Rechts daneben in Rot ein klassisches Gebäude, das mit solarthermischen Anlagen arbeitet. Es ist erkennbar, dass die solarthermisch versorgten Gebäude mit ENEC 2009-Standard langfristig eine bessere Wirtschaftlichkeit haben als die mit strombasierten Anlagen.

Im Vergleich dazu ist ein effizienteres Gebäude dargestellt, hier das Effizienzhaus 40. Hier rücken die Kosten für beide Versorgungsarten schon sehr nah zusammen. Die stromorientierte Lösung ist hier kostenseitig schon in etwa konkurrenzfähig mit der klassischen wärmeorientierten Lösung.

Je effizienter die Gebäude werden, umso konkurrenzfähiger werden die Stromerzeugungsoptionen sein, auch für die Abdeckung des Wärmebedarfs im Gebäudesektor.

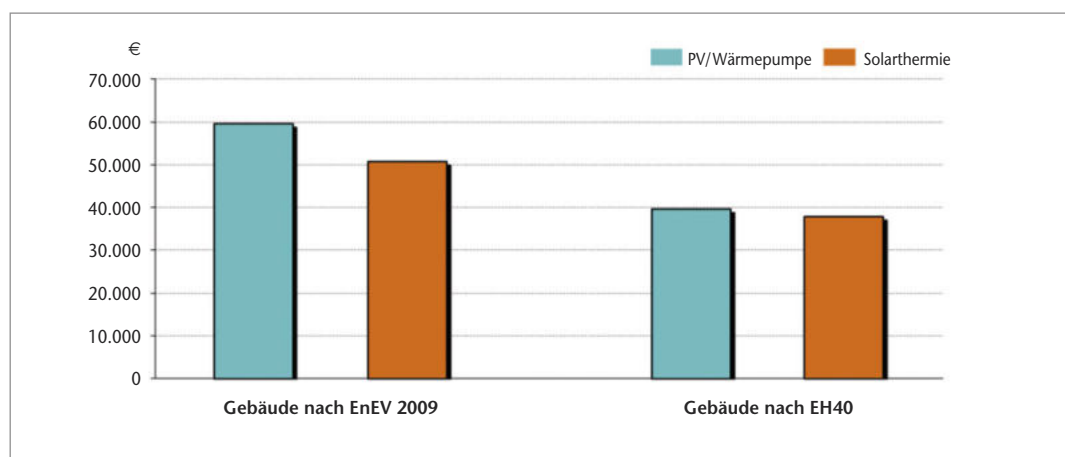


Abbildung 7
Wärme-Gesamtkostenvergleich für verschiedene effiziente Gebäudetypen mit verschiedenen Wärmeversorgungssystemen. Quelle: IFEU 2012

Systemlösungen der Politik

Auch im Politikkontext ist es wichtig, früh in Systemlösungszusammenhängen zu denken. Das gilt nicht nur für den Gebäudebereich. So sollte man über eine Verschmelzung der ENEV mit dem Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz nachdenken und auch angemessene Anreize für die Gebäudesanierung setzen.

Hier geht es auch um die Weiterentwicklung von kreditfinanzierten Programmen, wie sie die KfW bereitstellt. Es geht aber auch darum, zu reflektieren, dass wir es mit einer sehr heterogenen Gebäudestruktur und sehr heterogenen Eigentümerstruktur zu tun haben, bei der nicht ausschließlich kreditfinanzierte Instrumente richtig sind, sondern ein breiteres Portfolio benötigt wird. Letztendlich müssten wir gebäudeindividuelle Sanierungsfahrpläne entwickeln, die dann auch hinreichende Passformen auf der Finanzierungs- und Förderebene wiederfinden. Eine gebäudeindividuelle Sanierungsroadmap, die insbesondere auch eine Vor-Ort-Beratung beinhaltet, bei der man den Akteuren ihre Optionen passgenau darstellt.

Literatur

Diese und ähnliche Analysen finden sie unter anderem in einem Gutachten, das das Wuppertal Institut gemeinschaftlich mit dem ifeu-Institut und Partnern für das BMU erstellt und weiterentwickelt hat.