

Lukas Kranzl

## Erneuerbares Heizen und Kühlen – Projektionen in die Zukunft

erschienen 05/2013 in der Broschüre „Erneuerbare Wärme“ des ÖBMV



Die Roadmaps, Zielsetzungen, Richtlinien und Aktionspläne zu Klimaschutz und Umbau des Energiesystems, die auf europäischer, nationaler und regionaler Ebene in den vergangenen Jahren entwickelt wurden, machen erstens deutlich, dass zur Erreichung auch nur einigermaßen ambitionierter Klimaziele ab sofort umfassende und radikale Maßnahmen im Energiesystem unabdingbar sind. Zweitens zeigen sie auf, dass alle Sektoren einen entscheidenden Teil beizutragen haben. Dass dies insbesondere auch im Wärmebereich der Fall ist, wurde auf europäischer Ebene erst mit der Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energie (2009/28/EG) und der Neufassung der Gebäuderichtlinie ((2010/31/EG) auch in konkreten Gesetzestexten umgesetzt. Damit wurde dem Sektor der erneuerbaren Wärme deutlich später als anderen Bereichen des Energiesystems eine allgemeine, breite und vor allem politikwirksame Aufmerksamkeit zuteil.

Daher ist es wichtig, die Möglichkeiten und Herausforderungen in integrierten Analysen in einem langfristigen Kontext in Szenarien zu berücksichtigen. Es braucht einen kontinuierlichen Prozess, um die Ergebnisse dieser Szenario-Analysen in der Gestaltung der politischen Rahmenbedingungen so umzusetzen, dass die ambitionierten Zielsetzungen Realität werden können. Entscheidend dabei ist, dass die einzelnen Komponenten, insbesondere Effizienz-Maßnahmen an der Gebäudehülle und erneuerbare Heizsysteme, nicht voneinander getrennt werden können.

### Fragestellung und Methodik zur Szenarientwicklung

Vor diesem Hintergrund stellen sich die folgenden Fragen:

- Welche CO<sub>2</sub>-neutralen Perspektiven existieren im Raumwärmesektor?
- Welche Perspektiven ergeben sich für verschiedene Heiz- und Warmwassersysteme auf Basis erneuerbarer Energieträger in den kommenden Jahren und Jahrzehnten?
- Wie können verschiedene Rahmenbedingungen und insbesondere politische Instrumente die weitere Entwicklung im Bereich erneuerbarer Wärme beeinflussen?

Zur Szenarientwicklung des Energiebedarfs und des Energieträger-Mix' im Gebäudesektor haben sich in den vergangenen Jahren vor allem techno-ökonomische Bottom-up-Modelle etabliert, die den Gebäudebestand, technische Charakteristika sowie den Bestand an Heiz-, Warmwasser- und Kühlsystemen detailliert und feingliedrig für verschiedene Gebäudesegmente darstellen, z. B. Hansen [6], Bettgenhäuser [2], Bauermann and Weber [1], Economidou et al. [3], Loga et al. [10], Ürge-Vorsatz and Tirado Herrero [13]. Diese Modelle sind gut geeignet, die Veränderung des Technologiebestands und dessen Wirkung auf Energiebedarf und Treibhausgasemissionen zu beschreiben.

In diesem Beitrag werden Szenarien diskutiert, die mit dem Modell Invert/EE-Lab erstellt wurden. Das Modell basiert auf einem

Optimierungsalgorithmus in verschiedenen Gebäude- und Nutzungstypen. Das Spezifikum dieses Modells stellt neben der detaillierten Darstellung des Gebäudebestands vor allem die Modellierung von Entscheidungen für verschiedene Arten von Sanierungsmaßnahmen und der Heizsystemwahl dar. Dies ermöglicht auch die Analyse ökonomischer Anreize. Weitergehende Informationen zur Methodik finden sich unter [www.invert.at](http://www.invert.at) bzw. in [11] und [9].

Die in diesem Beitrag dargestellten Projektionen oder Szenarien verstehen sich als mögliche zukünftige Entwicklungen in Abhängigkeit unterschiedlicher Rahmenbedingungen. Im Gegensatz zu Prognosen stellen sie nicht den Anspruch, die Zukunft „vorherzusagen“. Vielmehr geht es darum, anhand der Szenarien Wechselwirkungen zu erkennen und Schlussfolgerungen für politische Entscheidungen zu ziehen. Die vorgestellten Szenarien entstammen in erster Linie dem Projekt EISERN [12] sowie „Integrierte Wärme- und Kältestrategie für Deutschland“ [7].

### Szenarien Raumwärme und Warmwasser

Um die Möglichkeiten und Herausforderungen einer starken Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen im Sektor Raumwärme und Warmwasserbereitstellung zu illustrieren, werden im Folgenden zwei beispielhafte Szenarien aus dem Projekt EISERN [12] diskutiert. Das erste Szenario stellt ein Business-as-usual-(BAU)-Szenario dar, das zweite Szenario orientiert sich an der Zielsetzung eines 450 ppm-Szenarios. Energiepreis-Szenarien und andere Input-Parameter sind im Detail in [12] dokumentiert.

#### Business-as-usual-Szenario

Das BAU-Szenario geht davon aus, dass keine umfassenden Klimaschutzanstrengungen unternommen werden (s. Abb. 1). Die Förderung von Heizsystemen, die auf Basis

erneuerbarer Energie arbeiten, bleibt auf dem derzeitigen Niveau, die Sanierungstiefe verbessert sich erst nach dem Jahr 2020 schrittweise. Die Energiepreise steigen moderat und es kommt zu keiner starken zusätzlichen Besteuerung von Energie oder CO<sub>2</sub>-Emissionen. Ausgehend von 100 TWh im Jahr 2006 reduziert sich der Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung durch Sanierung des Gebäudebestandes sowie effizienteren Neubau auf 65 TWh. Aufgrund der höheren Effizienz der Heizsysteme und der Gebäudehüllen sinkt der Strombedarf des Gebäudesektors für Niedertemperaturanwendungen. Nach Wärmepumpen weisen solarthermisch (mono- und bivalent) betriebene Systeme die höchsten Wachstumsraten auf.

Abb. 1 veranschaulicht, dass fossile Heiz- und Warmwasser-Bereitstellungssysteme ihren Anteil zur Deckung des Gesamtbedarfs von 52 % im Jahr 2010 auf etwa 24 % im Jahr 2050 reduzieren. Im Gegenzug dazu erhöhen solar- und wärmepumpenbetriebene Systeme ihre Beiträge stark. Relativ gesehen steigen die Anteile von biogenen sowie nah- und fernwärmeversorgten Systemen über den Simulationszeitraum, der energetische Anteil strombetriebener Systeme (inklusive Wärmepumpe) bleibt nahezu konstant.

#### Stabilisierungsszenarien

In den Stabilisierungsszenarien (Limitierung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre auf 550 ppm, 500 ppm oder 450 ppm) wird unterstellt, dass bei der Sanierung von Gebäuden mit dem Jahr 2010 eine Sanierungstiefe vorgenommen wird, die im Bereich von klima:aktiv-Sanierungen liegt und sich mit 2020 bzw. 2030 verbessert. Weiters wird ab dem Jahr 2010 ein ordnungspolitisches Instrument eingeführt, das im Falle von Einzelmaßnahmen (Fenstertausch etc.) die gleichen thermischen Mindeststandards wie bei Gesamtsanierungen fordert.

Ausgehend von 100 TWh im Jahr 2006 reduziert sich der Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung durch eine hochqualitative Sanierung des Gebäudebestandes sowie effizienteren Neubau auf 35 TWh. Durch den Fokus auf die hochqualitative Sanierung ist der verbleibende Energiebedarf im Jahr 2050 um 11 % geringer als im Referenzszenario.

Die Verfügbarkeit von Wärmespeichern mit hohen Wärmedichten ist die Schlüsseltechnologie für die Realisierung einer monovalenten solarthermischen Wärmeversorgung. Wird im Betrachtungszeitraum ein solcher Speicher zu wirtschaftlich vertretbaren Preisen am Markt verfügbar sein, so wird eine sehr rasche Marktdiffusion entsprechender Systeme im energieeffizienten Gebäudesegment einsetzen [11]. Im 450 ppm-Szenario steigen die Endkundenstrompreise proportional zu den Preisen fossiler Energieträger. Dadurch verliert die Wärmepumpe relativ zum Referenzszenario

Marktanteile – absolut gesehen steigen ihre Marktanteile jedoch zwischen den Jahren 2010 und 2050. Trotz eines Fokus auf hochqualitative Sanierung geht der Energiebedarf der Gebäude auch im Jahr 2050 nicht auf null zurück. Dies liegt an schwer sanierbaren Gebäuden (z. B. Denkmalschutz) und dem verbleibenden Energiebedarf zur Warmwasserbereitstellung.

In Abb. 2 ist sichtbar, dass fossile Heiz- und Warmwasserbereitstellungssysteme ihren Anteil zur Deckung des Gesamtbedarfs von 52 % im Jahr 2010 auf 13 % im Jahr 2050 reduzieren. Im Gegenzug dazu erhöhen solarbetriebene Systeme ihre Kontingente sehr stark. Auch Wärmepumpensysteme weisen signifikante Wachstumsraten auf. Relativ gesehen bleiben die Anteile von biogenen, strombetriebenen (inklusive Wärmepumpe) sowie Nah- und Fernwärme-versorgten Systemen über den Simulationszeitraum nahezu konstant. Der Anteil dezentraler erneuerbarer Heiz- und Warm-

wassersysteme am gesamten Energiebedarf erhöht sich auf etwa 55 %. Dazu kommt ein Beitrag von etwa 20 % Fernwärme, der bis zum Jahr 2050 auch zu einem hohen Anteil erneuerbar bzw. aus Abwärme gedeckt werden kann, sowie 10 % Strom für Wärmepumpen als Hilfsenergie und ein kleiner Anteil für Strom-Direktheizungen.

### Die Bedeutung regulativer Instrumente

Im Projekt „Entwicklung einer integrierten Wärme- und Kältestrategie für Deutschland“ entwickelten die Autoren im Auftrag des deutschen Umweltministeriums Szenarien, die die kurzfristige Auswirkung politischer Instrumente bis 2020 zeigen [7], [8]. Eine zentrale Fragestellung war dabei, mit welchen Maßnahmenbündeln ambitionierte kurzfristige Zielsetzungen hinsichtlich des Anteils erneuerbarer Wärme umsetzbar sind. Es zeigte sich, dass vor allem zwei Szenarien geeignet sind, den Anteil erneuerbarer Wärme von etwa 11 % im Jahr 2011 auf über 17 % im Jahr 2020 zu stei-

gern. Ohne im Detail auf die unterschiedlichen Instrumente eingehen zu können, sei darauf hingewiesen, dass es sich um Maßnahmenbündel handelt, die – zusätzlich zu ökonomischen Anreizen – starke regulative Instrumente einbeziehen. Konkret ist dies eine Nutzungspflicht für erneuerbare Heizsysteme, die als auslösendes Element den Heizkesseltausch vorsieht.

Im Zuge dieser Arbeit erwies es sich, dass ein rascher Anstieg des Anteils erneuerbarer Wärme nur mit einem Maßnahmenbündel erzielt werden kann, das auch regulative Instrumente, das heißt, die Pflicht zum Einsatz erneuerbarer Wärme bzw. das Verbot fossiler Heizkessel, beinhaltet. Derartige Instrumente sind derzeit bereits in Baden-Württemberg sowie in Dänemark implementiert. Für weitere umfangreiche Szenario-Analysen der Wirkung von Politik-Maßnahmen für Österreich und andere europäische Länder sei auf das Projekt EN-TRANZE (Policies to enforce the transition

### Energiebedarf im Gebäudesektor für Raumwärme und Warmwasser, BAU-Szenario

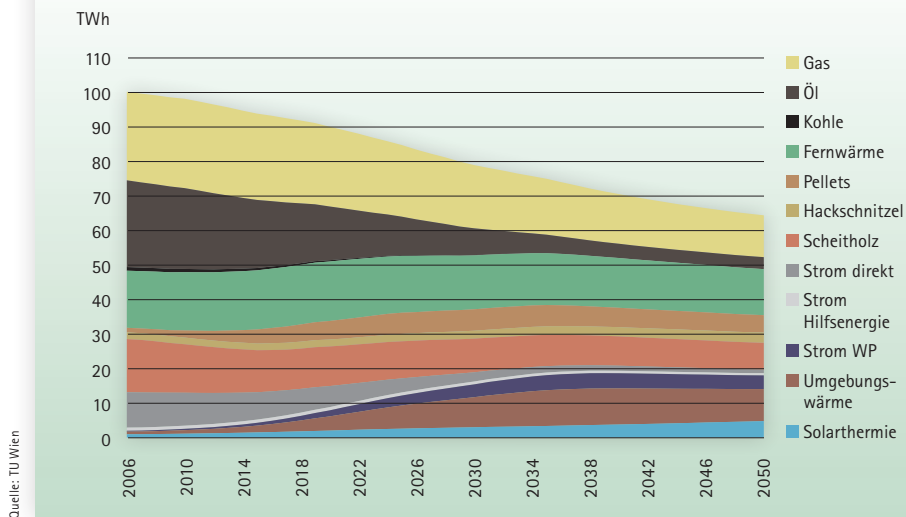


Abb. 1: Entwicklung des Energiebedarfs im Gebäudesektor für Raumwärme- und Warmwasser in Österreich und dessen Deckung durch Energieträger im Business-as-usual-(BAU)-Szenario.

### Energiebedarf im Gebäudesektor für Raumwärme und Warmwasser, 450 ppm-Szenario

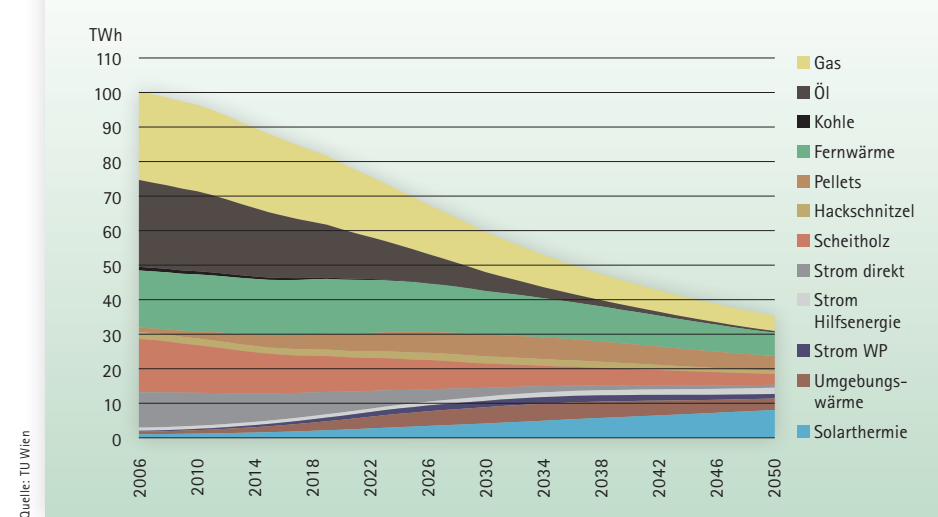


Abb. 2: Entwicklung des Energiebedarfs im Gebäudesektor für Raumwärme und Warmwasser in Österreich und dessen Deckung durch Energieträger im 450 ppm-Szenario

to nearly zero energy buildings) verwiesen ([www.entranze.eu](http://www.entranze.eu)).

### Schlussfolgerungen und offene Fragen

Zur Bereitstellung von Raumwärme ist aufgrund des geringen erforderlichen Temperatur-Niveaus im thermodynamischen Sinn nicht unbedingt eine hochwertige Energieform erforderlich. Ein großer Teil dieser Energiedienstleistung lässt sich durch Effizienzmaßnahmen an der Gebäudehülle bereitstellen; ein anderer Teil durch die passive sowie aktive Nutzung von Solarenergie und Umgebungswärme. Dort, wo die Nutzung chemischer Energieträger aufgrund der thermischen Qualität der Gebäudesubstanz erforderlich und sinnvoll ist, stellt Biomasse eine erneuerbare Option dar, die insbesondere in Österreich durch eine im internationalen Vergleich starke Tradition geprägt ist.

Der Umstieg auf nachhaltige, klimaschonende, effiziente und erneuerbare Optionen stößt im Gebäudesektor auf besondere Barrieren, die auch entsprechend in Szenarien-Analysen, Zielsetzungen und politischen Maßnahmen zu adressieren und zu berücksichtigen sind:

- Der Gebäudesektor weist eine sehr große Trägheit auf. Es ist nicht zu erwarten, dass Gebäude, die derzeit gebaut beziehungsweise saniert werden, innerhalb der nächsten 30 bis 50 Jahre umfassend in ihrer thermischen Qualität verbessert werden. Damit prägen die Aktivitäten, die derzeit gesetzt werden, den Gebäudebestand bis 2050 und darüber hinaus. Es stellt sich daher eine hohe Dringlichkeit zur Umsetzung äußerst ambitionierter Gebäudestandards im Bereich Neubau und Sanierung im Sinne der Gebäuderichtlinie.
- Im Bereich der Heizsysteme sind die Zeitkonstanten etwas kürzer. Allerdings stellen auch hier Lebensdauern von Heizkesseln im Bereich von 30 bis 40

Jahren und mehr keine Einzelfälle dar. Man muss sich bewusst sein, dass sich im Großen und Ganzen nur am Ende der Lebensdauer von Heizkesseln ein Fenster eröffnet, um einen Umstieg auf Alternativen zu ermöglichen.

- Der Gebäudesektor ist durch eine Vielzahl unterschiedlicher Akteure und EntscheidungsträgerInnen geprägt. Die schwierigen Entscheidungsprozesse, die Nutzer-Investor-Problematik etc. stellen Barrieren dar, die durch Umstellung der rechtlichen Rahmenbedingungen adressiert werden müssen.

Die erforderliche gleichzeitige Betrachtung von Gebäudeeffizienz und erneuerbarer Wärme hat entscheidende Folgen für die Herausforderungen, die sich für die einzelnen erneuerbaren Heiztechnologien ergeben:

- Niedrigstenergiegebäude haben aufgrund der geringeren Temperatur-Niveaus und Wärmemengen ein höheres Potenzial zur Nutzung von Solar- und Umgebungswärme, insbesondere, wenn bei thermischen Speichern ein technologischer Fortschritt erfolgt.
- Biomasse-Heizsystemen kommt erstens in der Übergangszeit der kommenden Jahrzehnte hin zu einem Niedrigstenergie-Gebäudebestand eine wichtige Rolle zu. Zweitens ist damit zu rechnen, dass ein relevanter Anteil der Gebäude aufgrund von Denkmalschutz-Gründen oder aufgrund ihrer Größe einen nennenswerten Wärmebedarf aufweist, der sinnvollerweise über Biomasse gedeckt werden kann. Drittens kann Abwärme aus Biomasse-KWK in Fernwärme-Systemen eine wesentliche Rolle spielen. Die steigende thermische Gebäudequalität sowie die höhere Effizienz moderner Biomasse-Heizkessel und -öfen ermöglicht die Deckung deutlich steigender Marktanteile bei sinkendem oder konstantem Biomasse-Einsatz. Ab dem Jahr 2035 zeigen viele Szenarien auch sinkende Marktanteile, die sich

aufgrund einer steigenden Bedeutung von Solarthermie ergeben.

- Aufgrund der hochwertigen exergetischen Qualität der Biomasse macht es Sinn, diese in einem zukünftigen klimaneutralen Energie- und Ressourcen-System zunehmend für Hochtemperatur-Anwendungen einzusetzen und Abwärmeströme für Raumwärme nutzbar zu machen.

### Literatur

- [1] Bauermann, K., Weber, C., 2013. Strategien für den Wärmemarkt - Vergleich politischer Maßnahmen zur Emissionsminderung und Förderung erneuerbarer Wärme. Presented at the Internationale Energiewirtschaftstagung, Wien.
- [2] Bettgenhäuser, K., 2013. Integrated Assessment Modelling for the German Building Sector - A Technical, Economical and Ecological Analysis. Presented at the Internationale Energiewirtschaftstagung, Wien.
- [3] Economidou, M., Atanasiu, B., Despret, C., Maio, J., Nolte, I., Rapf, O., 2011. Europe's buildings under the microscope. A country-by-country review of the energy performance of buildings. Buildings Performance Institute Europe (BPIE).
- [4] Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union, 2009. Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG, 2009/28/EG.
- [5] European Parliament and the council, 2010. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the council on the energy performance of buildings (recast), Directive 2010/31/EU.
- [6] Hansen, P., 2009. Entwicklung eines energetischen Sanierungsmodells für den europäischen Wohngebäudesektor unter dem Aspekt der Erstellung von Szenarien für Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale bis 2030. Forschungszentrum Zentralbibliothek, Jülich.
- [7] Jochem, E., Bürger, V., Dengler, J., Fette, M., Henning, H.-M., Herbst, A., Kockat, J., Kost, C., Reitze, F., Schick-tanz, M., Schnabel, L., Schulz, W., Steinbach, J., Toro, F., 2012. Erarbeitung einer Integrierten Wärme- und Kältestrategie. Handlungsempfehlungen. Im Auftrag des deutschen Umweltministeriums.
- [8] Kranzl, L., Fette, M., Herbst, A., Hummel, M., Jochem, E., Kockat, J., Lifschiz, I., Müller, A., Reitze, F., Schulz, W., Steinbach, J., Toro, F., 2012. Erarbeitung einer Integrierten Wärme- und Kältestrategie. Integrale Modellierung auf Basis vorhandener sektoraler Modelle und Erstellen eines integrierten Rechenmodells des Wärme- und Kältebereichs. Wien, Karlsruhe, Bremen.
- [9] Kranzl, L., Formayer, H., Haas, R., Kalt, G., Manfred, L., Müller, A., Nachtnebel, H.P., Redl, C., Schörghuber, S., Seidl, R., Stanzel, P., 2010. Ableitung von prioritären Maßnahmen zur Adaption des Energiesystems an den Klimawandel. Endbericht im Rahmen der Programmlinie „Energie der Zukunft“. Wien.

[10] Loga, T., Diefenbach, N., Born, R., 2011. Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. Darmstadt.

[11] Müller, A., Biermayr, P., Kranzl, L., Haas, R., Altenburger, F., Weiss, W., Bergmann, I., Friedl, G., Haslinger, W., Heimrath, R., Ohnmacht, R., 2010. Heizen 2050: Systeme zur Wärmebereitstellung und Raumklimatisierung im österreichischen Gebäudebestand: Technologische Anforderungen bis zum Jahr 2050. Gefördert vom Klima- und Energiefonds.

[12] Müller, A., Redl, C., Haas, R., Türk, A., Liebmann, L., Steininger, K., Brezina, T., Mayerthaler, A., Schopf, J., Werner, A., Kreuzer, D., Steiner, A., Mollay, U., Neugebauer, W., 2012. Strategien für Energie-Technologie-Investitionen und langfristige Anforderung zur Emissionsreduktion. Endbericht aus dem Projekt EISERN., Projekt im Rahmen des Programms „Neue Energie 2020“.

[13] Ürge-Vorsatz, D., Tirado Herrero, S., 2012. Building synergies between climate change mitigation and energy poverty alleviation. Energy Policy 49, 83–90.

---

Dr. Lukas Kranzl und DI Andreas Müller  
*Technische Universität Wien, Institut für  
 Energiesysteme und elektrische Antriebe,  
 Energy Economics Group,  
 Lukas.Kranzl@tuwien.ac.at*

