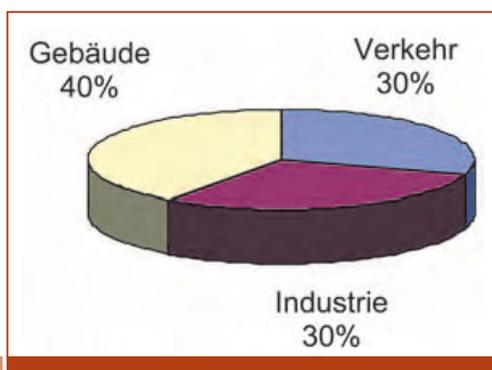


# Potentiale erneuerbarer Energien in der Gebäudetechnik



In Europa und auch in Deutschland sind 40 Prozent der umgesetzten Endenergie für den Betrieb von Gebäuden nötig. Sie sorgen für die gesunden und funktionsgerechten Innenraumkonditionen. Die eingesetzte Energie fließt neben Heizung und Trinkwassererwärmung auch in geringerem Maße in die Beleuchtung, den Betrieb elektrischer Geräte und die Kühlung. Mit diesem Volumen gehören Gebäude zu den größten „Energieverbrauchern“: Sie benötigen eindeutig mehr als der alle Verkehrssysteme und alle industriellen Anwendungen. In (01) ist diese Verteilung zu sehen. Unser Ziel muss sein, den Energieumsatz für den Gebäudebetrieb zu senken, gleichzeitig den mit den energetischen Wandlungsprozessen verbundenen Schadstoffausstoß zu mindern und den Anteil Erneuerbarer Energien deutlich zu steigern. Wie das gehen kann, erklärt der folgende Beitrag.

## 1. Ausgangssituation



Der überwiegende Anteil des Endenergieverbrauchs von Gebäuden wird für die Heizung eingesetzt (02). Je nach Nutzungstyp des Gebäudes beträgt dieser zwischen 50 und 60 Prozent. In die Trinkwassererwärmung fließt ein Anteil von zehn bis 25 Prozent. Somit sind zwischen 60 und 85 Prozent des Endenergieverbrauchs eines Gebäudes Wärmeenergie und der Rest – zwischen 15 bis 45

Prozent – elektrische Energie. Der Wärmeenergie kommt demnach eine besondere Bedeutung zu.

Eine Analyse des Wärmeverbrauchs hinsichtlich der eingesetzten Energieträger zeigt, dass Gas und Öl mit Anteilen von 50 beziehungsweise von 30 Prozent vorrangig eingesetzt werden (03). Auf die Erneuerbaren Energiequellen entfällt ein Anteil von nur sieben Prozent. Dieser Anteil setzt sich wiederum aus unterschiedlichen Energiequellen zusammen, wobei mit über 80 Prozent biogene feste Brennstoffe dominieren (04). Alle anderen Erneuerbaren Energiequellen tragen nur jeweils unter zehn Prozent bei.

## SUMMARY

In Europe as well as in Germany about 40% of all consumed energy is used for the operation of buildings. Most of this energy is heat used in heating systems and in domestic hot water. The share of renewable energy for this heat is only 7%.

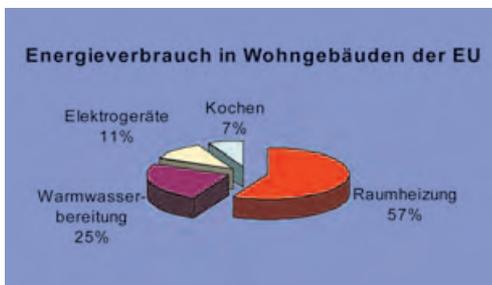
It is our goal to cut down the energy consumption used in buildings, to cut down the related emissions and to increase the share of renewable energy. Based on the current state of the art this goal can be reached. This would need in parallel the reduction of the energy demand and the substitution of fossil fuels.

The reduction of the energy demand is technically possible, even for refurbished buildings. According to the envisaged goal for the refurbishment, reductions on the total German energy demand in the order of 10 to 30% are possible.

The substitution of fossil fuels is technically feasible. To achieve this, there is not one single solution. What is necessary is to develop a case by case package of measures. This will lead to a mix of renewable energy, such as biomass, solar, geothermal, outside air and heat-power-coupling. The resulting energy potential is more than sufficient.

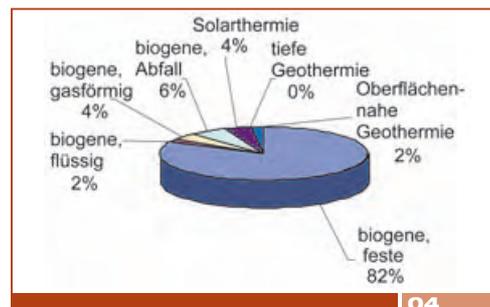
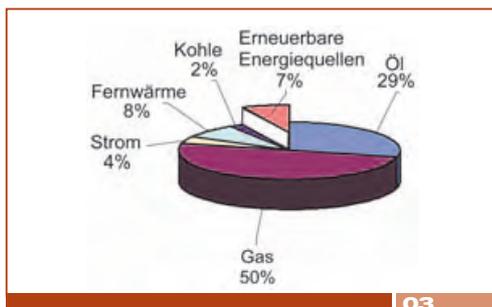
To take the necessary actions is primarily not an engineering question but a public one. If there is a public consensus on our energetic and our ecological goals, then we need to take a decision in the public to go ahead.

If we use the current state of the art, then we already can achieve quite a lot. Nevertheless further research and development in building energetics will open further remarkable saving potentials for energy.



Struktur des Endenergieverbrauchs im jeweiligen Gebäudesektor in der EU

02



Wärmeverbrauch (Endenergie) nach den eingesetzten Energieträgern in Deutschland

Eingesetzte erneuerbare Energiequellen für den Wärmeverbrauch in Deutschland

04

Bei vielen energetischen Wandlungsprozessen wird CO<sub>2</sub> freigesetzt. Vom soeben dargestellten Energieumsatz für die Deckung des Wärmeverbrauchs ist nur ein Anteil von unter einem Prozent „CO<sub>2</sub>-frei“. Mit guter Näherung können demzufolge alle genannten Zusammenhänge für den Energieumsatz auch auf die CO<sub>2</sub>-Emission übertragen werden.

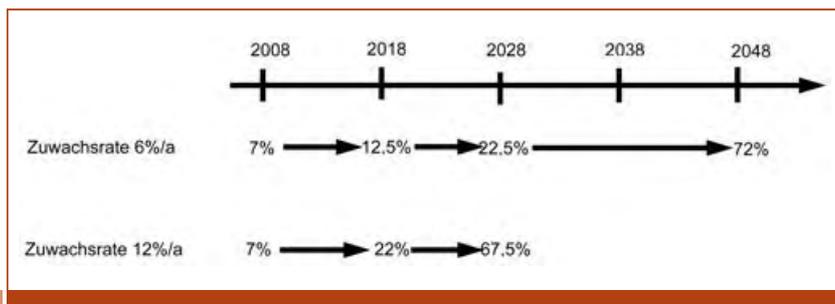
## 2. Ziel und Hypothese

Seit mehreren Jahrzehnten besteht das unbestrittene gesellschaftliche und auch politische Ziel, den Energieumsatz zu senken. Damit will man außenpolitische Abhän-

gigkeiten mindern und begrenzte Ressourcen schonen. Hinzu gekommen ist das aus heutiger Sicht primäre Ziel, die Minderung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses. Um beide Ziele erreichen zu können, sind auf Landes-, Bundes- und auch auf EU-Ebene diverse Gesetze, Verordnungen und Direktiven in Kraft gesetzt worden. Nach dem „Erneuerbaren-Energie-Wärmegesetz“ des Bundes vom August 2008 müssen in allen nach dem 1. Januar 2009 neu errichteten Gebäuden, bestimmte Anteile des Wärmebedarfs aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden. Für Baden-Württemberg beträgt dieser Anteil 20 Prozent. Des Weiteren gilt hier, dass bei einem Austausch der Hei-

zungsanlage nach dem 1. Januar 2010 mindestens zehn Prozent der Wärmeenergie aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden muss.

Die politische Absicht Deutschlands ist, bis zum Jahr 2020 den Anteil Erneuerbarer Energien am Wärmebedarf auf 14 Prozent zu erhöhen – Baden-Württemberg hat diese Grenze mit 16 Prozent sogar noch ehrgeiziger formuliert. In der aktuellsten, vom Europäischen Parlament verabschiedeten, „Energy Performance of Buildings Directive“ (EPBD) wird als Ziel für neu zu errichtende Gebäude ab dem Jahr 2018 eine „Energie-Neutralität“ gefordert, das heißt im Klartext die Gebäude erzeugen mindestens so viel Energie, wie sie verbrauchen. Die derzeitige jährliche Steigerungsrate bei den Erneuerbaren Energien beträgt sechs Prozent. Mit diesem Zuwachs wäre das Ziel von 14 Prozent im Jahr 2020 erreichbar. Welche zukünftigen Anteile für die Erneuerbaren Energien bei angesetzten Steigerungsraten entstehen würden, zeigt **(05)**. Weitergehende Ziele erfordern auch weitergehende Konsequenzen. Die möglichen Maßnahmen hinsichtlich der Deckung des Wärmebedarfs werden nachfolgend diskutiert.



05

Prognostizierter Anteil Erneuerbarer Energiequellen für den Wärmeverbrauch bei angesetzten Steigerungsraten von sechs und 12 Prozent pro Jahr

### 3. Steigerung des Anteils Erneuerbarer Energien

#### 3.1 Eine Übersicht

Um den Anteil Erneuerbarer Energien an der Wärmeerzeugung steigern zu können, sind zwei Lösungsansätze bekannt:

1. Nicht erneuerbare Energieträger werden durch Erneuerbare Energiequellen ersetzt, also fossile Energieträger substituiert.
2. Der Wärmebedarf wird gesenkt.

Die Substitution ist durch den Ausbau und die Erschließung folgender Erneuerbarer Energiequellen möglich:

- Biomasse
- Solarthermie
- Geothermie
- Außenluft
- Kraft-Wärme-Kopplung
- Biogas
- Bioflüssigkeiten
- Müll
- Grundwasser
- Oberflächenwasser

Auf die Diskussion über Einsatz und Nutzung von Biogas und -flüssigkeiten, von Müll sowie von Grund- und Oberflächenwasser zur Wärmeerzeugung in stationären Anlagen wird nachfolgend verzichtet. Biogas und Bioflüssigkeiten werden in stationären Anlagen aus Biomassen oder aus Bioflüssigkeiten erzeugt. Hier scheint es sinnvoller, die Ausgangsstoffe direkt zur Wärmeerzeugung einzusetzen. Der Einsatz von Müll zur Wärmeerzeugung würde eine Steigerung des Müllanfalls voraussetzen. Dem laufen allerdings all unsere Bestrebungen entgegen. Die Nutzungen von Grund- oder Oberflächenwasser zur Wärmeerzeugung sind wasserwirtschaftlich und ökologisch bedenklich.

Unterstellt man eine stationäre oder auch konstant langsam steigende, absolute Wärmeerzeugung aus Erneuerbaren Energien, dann kann deren Anteil durch Bedarfssenkungen gesteigert werden. Hierzu sind diverse Lösungen bekannt und erprobt. Solche Maßnahmen werden seit Jahrzehnten auch durch Verordnungen und Gesetze vorgeschrieben. Der erkennbare aber auch bescheidene Erfolg dieser Bemühungen ist damit zu erklären, dass die Vorschriften in der Regel „nur“ auf den Neubau gerichtet sind. Bei einer mittleren Neubauquote von rund einem Prozent pro Jahr, bezogen auf den Gebäudebestand, ist das Tempo der „Marktdurchdringung“ klein. Abhilfe kann hier nur ein breiter gesellschaftlicher Konsens zur Sanierung im Bestand schaffen. Dieser würde aber auch die Bereitschaft erfordern, die notwendigen Investitionsmittel bereit zu stellen. Die technische Machbarkeit solcher Sanierungen im Bestand ist unbestritten.

Die beiden dargestellten, prinzipiellen Lösungsansätze können nicht unabhängig voneinander betrachtet werden: Eine energetisch minimale Lösung beziehungsweise eine Lösung mit minimalem CO<sub>2</sub>-Ausstoß entsteht nur, wenn für das einzelne Gebäude zuerst die Bedarfssenkung erfolgt und dann auf der erreichten Basis substituiert wird. In der Praxis entsteht hier oft das Problem des unzureichenden Budgets, das eine „komplette“ Sanierung nicht gestattet. So entstehen häufig Fragen nach der „erfolgsträchtigen“ Teilsanierung, wobei sich andere Maßnahmenreihenfolgen ergeben. Grundsätzlich kann aber festgehalten werden, dass eine „schnelle“ Steigerung des Anteils der Erneuerbaren Energien beide angesprochenen Lösungsansätze erfordert.

## 3.2 Substitution fossiler Energieträger durch Erneuerbare Energiequellen

### 3.2.1 Zu substituierender Wärmebedarf

Als zu substituieren wird hier der Wärmebedarf für die Heizung und die Trinkwassererwärmung der Wohn- und Nicht-Wohngebäude betrachtet. Maßgeblich ist der Bedarf an Wärme am Ausgang des Erzeugers. Dieser beträgt für Deutschland etwa 3.000 PJ/a [1]. Alle nachfolgenden Aussagen zu Deckungsanteilen der jeweils betrachteten Lösung beziehen sich auf diesen Wert.

### 3.2.2 Biomasse

Fossile Energieträger wie Heizöl und Erdgas werden durch folgende, Erneuerbare Energieträger ersetzt:

- Stroh
- Landschaftspflegematerial
- Waldrestholz
- Schwachholz
- zusätzlich nutzbares Waldholz
- Landschaftspflegeholz
- Industrierestholz
- Altholz

Für diese wird ein technisch nutzbarer Maschinenstrom von rund 50 Millionen Tonnen pro Jahr angesetzt. Bei einer mittleren

Verteilung auf die Einzelprodukte ergibt das eine realisierbare Wärmearbeit von circa 750 PJ/a. Dazu kommt Biomasse aus Pflanzenanbau. Hierfür wird von einer maximalen Anbaufläche von zwei Millionen Hektar ausgegangen. Damit ist eine zusätzliche, technisch realisierbare Wärmearbeit von 120 PJ/a erzielbar [2]. Diese berücksichtigt nur feste Brennstoffe, keine gasförmigen und flüssigen. Der Nutzungsgrad der Kesselanlagen ist je nach Nennleistung zwischen 0,80 und 0,85 anzusetzen. Damit ergibt sich eine Ausgangswärmearbeit von rund 720 PJ im Jahr.

Der Deckungsanteil einer Biomassenutzung beträgt damit, bezogen auf den vorstehend genannten Bedarf von 3.000 PJ/a, etwa 25 Prozent. Das bedeutet, dass durch den Einsatz von fester Biomasse maximal ein Viertel des Wärmebedarfes ersetzt werden kann. Höhere Deckungsanteile sind möglich, setzen dann aber den Import von Biomasse voraus. Kesselanlagen zur Biomasseverbrennung sind erprobt und marktfähig. Gegenstand der Forschung und Entwicklung sind Anlagen mit höherem Nutzungsgrad, deren Regelfähigkeit sowie Verfahren der Abgasreinigung, die auch bei kleineren Leistungen marktgerecht eingesetzt werden können.

### 3.2.3 Solarthermie

Fossile Energieträger werden durch die Nutzung solarthermischer Energie ersetzt. Betrachtet werden hier Anlagen für die Wärmeerzeugung zur Heizung und zur Trinkwassererwärmung. Die Solarkollektoren können als nicht-fokussierende (Flachkollektoren, Niedertemperaturkollektoren) oder als fokussierende Kollektoren (Hochtemperaturkollektoren) ausgeführt sein. Für eine Potentialabschätzung wird von einer möglichen Aufstellung auf allen Dach- sowie Freiflächen ausgegangen. Die verfügbare Dachfläche wird auf rund 840 Millionen Quadratmeter geschätzt, die der Freiflächen auf etwa 3.000 Millionen [3].

Mit diesen Flächen ergibt sich für Deutschland folgendes theoretisches Potential der Globalstrahlung:

Dachflächen	3.080 PJ/a
Freiflächen	11.000 PJ/a
	<b>14.080 PJ/a</b>

Für die Kombinationen der Kollektoren mit Kurzzeitspeichern (Schichtspeicher) werden die Nutzungsgrade für nicht-fokussierende Kollektoren mit 15 bis 20 Prozent angesetzt, für fokussierende mit 35 bis 40 Prozent. Damit ergeben sich folgende theoretische Potentiale:

Dachflächen . . . . .	540	...	1.150	PJ/a
Freiflächen . . . . .	1.930	...	4.130	PJ/a
	2.470	...	5.280	PJ/a

Der Deckungsanteil beträgt damit, bezogen auf den vorstehend genannten Bedarf von 3.000 PJ/a, von 80 bis zu 180 Prozent. Dieser theoretische Anteil ist heute real nicht erreichbar. Bei der Bilanzierung über das ganze Jahr entstehen saisonale Über- und Unterschüsse, die mangels Speicherung in der Regel nicht nutzbar sind.

Für reale Anlagen zur Wärmeversorgung – sowohl der Heizung als auch der Trinkwassererwärmung – werden Nutzungsgrade, bezogen auf den jeweiligen Bedarf des Einzelobjektes, von 20 bis 30 Prozent erreicht. Der dabei verbleibende Rest wird mit einer separaten, nicht solaren Wärmeerzeugung gedeckt. Solche Anlagensysteme sind erprobt und gelten als Stand der Technik. Gegenstand von Forschung und technischer Entwicklung sind Kollektoren mit höheren Wirkungsgraden, zum Beispiel durch Verminderung der Leistungsabhängigkeit von der Einstrahlungsrichtung (Halbkugelkollektoren). Daneben werden auch saisonale Speicher untersucht, die beispielsweise in Nahwärmenetze eingebunden sind. Mit solchen Speichern mit geringen Wärmeverlusten – als marktgängige Konstruktion vorausgesetzt –, wäre der Wärmebedarf problemlos komplett solarthermisch zu decken.

### 3.2.4 Geothermie

Auch geothermische Energie ersetzt fossile Energieträger. Die erforderlichen Wärmeübertrager werden in geringer Tiefe unter der Erdoberfläche positioniert (oberflächennahe Geothermie). Horizontale Kollektoren werden in einer Tiefe von rund zwei Metern angeordnet. Sie weisen eine deutliche saisonale Abhängigkeit der Leistung und des Temperaturniveaus auf und zudem sind vergleichsweise große Flächen erforderlich.

Vertikale Kollektoren werden als Sonden in Bohrlöchern mit einer Tiefe von rund 100 Metern realisiert. Deren Leistung und Temperaturniveau ist deutlich weniger saisonal ausgeprägt. Das Temperaturniveau aus den Wärmeübertragern ist für eine direkte Nutzung zu niedrig. Die geothermischen Übertrager werden deshalb als Umweltwärmequelle für Wärmepumpen genutzt. Diese werden entweder als Kompressionswärmepumpe oder als Absorptionswärmepumpe ausgeführt. Die energetische Bewertung der Kompressionswärmepumpen erfolgt anhand der Jahresarbeitszahl, das heißt dem Verhältnis der Heizwärmeenergie zur Antriebsenergie. Üblich ist ein elektrischer Antrieb. Dieser wiederum ist gekennzeichnet durch den Primärenergiefaktor der Stromerzeugung. Wenn ein energetischer Vorteil gegenüber einer konventionellen Kesselanlage erreicht werden soll, dann muss der Primärenergiefaktor kleiner als die Jahresarbeitszahl sein. Bei geothermischen Wärmepumpen in Deutschland und der hiesigen Stromerzeugung ist dies gegeben. Die energetische Bewertung der Absorptionswärmepumpe erfolgt anhand des Jahreswärmeverhältnisses, also dem Verhältnis Heizwärmeenergie zur thermischen Antriebsenergie. Wenn ein energetischer Vorteil gegenüber einer konventionellen Kesselanlage erreicht werden soll, dann muss der Kehrwert des Produktes aus Jahreswärmeverhältnis und dem Nutzungsgrad der Antriebswärmeerzeugung kleiner als eins sein. Bei geothermischen Wärmepumpen in Deutschland ist das in aller Regel so. Eine Auswahlentscheidung zwischen beiden Wärmepumpenlösungen kann anhand einer Primärenergiekennzahl getroffen werden. Diese wird für die Kompressionswärmepumpen aus dem Verhältnis des Primärenergiefaktors der Stromerzeugung zur Jahresarbeitszahl gebildet. Für die Absorptionswärmepumpen wird die Primärenergiekennzahl aus dem Kehrwert des Produktes aus Jahreswärmeverhältnis und dem Nutzungsgrad der Antriebswärmeerzeugung ermittelt. Die Lösung mit dem kleineren Wert ist energetisch besser. Für eine Abschätzung des Potentials geothermischer Wärmepumpen werden Erdsonden betrachtet. Deren Tiefe wird mit 100 Metern angesetzt, deren Leistung mit 40 W/m, also 4 kW/Sonde. Um eine gegenseitige thermische Beeinflussung zweier

benachbarter Sonden möglichst klein zu halten, ist der Sondenabstand 12 Meter, das heißt die Bodenfläche pro Sonde beträgt 144 Quadratmeter. Es wird eine Kompressionswärmepumpe mit einer Jahresarbeitszahl von vier unterstellt. Für das System werden 1.600 Vollbetriebsstunden pro Jahr angesetzt.

Für den soeben dargestellten Bedarf von 3.000 PJ/a sind demnach 98 Millionen Sonden nötig. Die erforderliche Bodenfläche beträgt 14 Milliarden Quadratmeter, was rund vier Prozent der deutschen Bodenfläche entspricht. In dieser überschlägigen Bilanzierung erscheint die Bedarfsdeckung durchaus möglich. In der Realität dagegen ist eine solche „Nachrüstung“ zumindest in städtischen Ballungsgebieten anzuzweifeln. Ein nennenswerter Beitrag aus geothermischer Energie ist dennoch sicher erreichbar. Problematisch ist die Bereitstellung der Antriebsenergie. Eine Substitution fossiler Energieträger ist wirklich nur gegeben, wenn die Stromerzeugung ohne Einsatz fossiler Energieträger erfolgt, also beispielsweise aus Wasserkraft, Windkraft, Kernenergie, oder wenn die thermische Antriebsenergie ebenfalls ohne Einsatz fossiler Energieträger erzeugt wird.

Geothermische Anlagen zur Wärmeerzeugung sind erprobt und marktgängig. Sie sind Stand der Technik. In letzter Zeit publik gewordene Probleme sind offensichtlich auf unzureichende Kenntnisse der geologischen Verhältnisse am Standort zurück zu führen. Gegenstand der Forschung und Entwicklung sind Sonden mit höherer Wärmeleistung, etwa durch Einsatz anderer Wärmeträger als Wasser oder als Wasser mit Frostschutzmitteln. Solche Wärmeträgermaterialien könnten auch Phasenwechselmaterialien sein.

Weiterhin werden Kombinationen der Wärmeübertrager mit anderen, unterirdischen Bauwerken untersucht. Durch die Kombination mit Tunnelwandungen könnten Ausgaben eingespart werden, da die Bauwerkskosten ohnehin anfallen. Weiterer Gegenstand der Forschung und Entwicklung sind Modelle des Gesamtsystems aus Sonden und umgebendem Erdreich, insbesondere unter Berücksichtigung von Grundwasserströmen, um so bessere Aussagen über die erreichbaren Leistungen und das Langzeitverhalten geben zu können.

### 3.2.5 Außenluft

Fossile Energieträger werden durch Nutzung von Außenluftenergie ersetzt. Als Wärmequelle muss die Außenluft in der Regel um circa fünf K abgekühlt werden. Das Temperaturniveau ist für eine direkte Nutzung zu niedrig, deshalb sind Wärmepumpen im Einsatz. Alle Aussagen über Wärmepumpen aus dem vorhergehenden Abschnitt gelten hier analog. Eine Abschätzung des Potentials von Außenluft-Wärmepumpen, also die Prüfung der aus der Außenluft verfügbaren Wärme, zeigt ausreichendes Potential zur Bedarfsdeckung. Problematisch ist eher die Bereitstellung der Antriebsenergie. Eine Substitution fossiler Energieträger ist wirklich nur gegeben, wenn die Stromerzeugung ohne Einsatz fossiler Energieträger erfolgt, also aus Wasserkraft, Windkraft, Kernenergie. Oder wenn die thermische Antriebsenergie ebenfalls ohne Einsatz fossiler Energieträger erzeugt wird.

Außenluft-Wärmepumpenanlagen sind erprobt, marktgängig und Stand der Technik. Gegenstand der Forschung und Entwicklung sind Systeme mit höheren Jahresarbeitszahlen, im kleinen Leistungsbereich sowie Absorptionssysteme mit „Umschaltung“ aus dem „Wärmepumpenbetrieb“ in einen „Kesselbetrieb“, um die schlechten Arbeitszahlen bei tiefen Außentemperaturen zu vermeiden.

### 3.2.6 Kraft-Wärme-Kopplung

Fossile Energieträger werden durch die Nutzung von Abwärme, die bei der Stromerzeugung anfällt, ersetzt. Diese kann entweder bei zentralen Kraftwerken durch Kraft-Wärme-Kopplung und Wärmeeinspeisung in ein Fernwärmenetz erfolgen oder bei dezentraler Stromerzeugung in Blockheizkraftwerken durch direkte Wärmeeinspeisung in die Hausnetze oder in Nahwärmenetze.

Die Stromerzeugung in Deutschland beträgt etwa 1800 PJ/a. Davon werden rund 300 PJ/a aus Erneuerbaren Energien erzeugt [1]. Resultierend aus den verbleibenden 1500 PJ/a ergibt sich eine theoretische Jahreswärmearbeit von etwa 2150 PJ/a. Dieses Wärmepotential ist nicht komplett nutzbar. Zum einen ist ein systembedingter Nutzungsgrad von 90 bis 95 Prozent anzusetzen, des Weiteren ist saisonal – ohne Speicherung – das Potential nur zeit-

weise nutzbar. Das technisch nutzbare Potential beträgt damit circa 1600 PJ/a, was gut der Hälfte des eingangs genannten Bedarfs von 3000 PJ/a entspräche. Gegenstand der Forschung sind Vernetzungen von dezentralen Stromerzeugungen zu „virtuellen Kraftwerken“, diese hätten für die hier betrachtete Wärmeversorgung den Vorteil, dass keine oder nur begrenzte Wärmenetze erforderlich wären.

### 3.3 Senkung des Wärmebedarfs

#### 3.3.1 Niedriginvestive Maßnahmen

Es ist leider Tatsache, dass die derzeit bestehenden Gebäude normalerweise nicht dem Stand der Technik entsprechen und darüber hinaus, dass sie sich nicht in

einem guten energetischen Zustand befinden. Die erstgenannte Feststellung ist damit zu erklären, dass bei einer Neubauquote von rund einem Prozent pro Jahr, die meisten bestehenden Gebäude vergleichsweise alt sind, zumindest mit Bezug auf den heutigen Stand der Technik. Die zweite Feststellung ist damit zu erklären, dass das durchschnittliche Gebäude Mängel aufweist hinsichtlich der Regelung der gebäudetechnischen Anlagen, hinsichtlich der Betriebszeiten der Anlagen verglichen mit der Nutzzeit der Räume, hinsichtlich der eingestellten Sollwerte zum Beispiel für die Raumtemperatur, hinsichtlich der Einregulierung aller Massenströme, wie etwa für den Heizmittelstrom. Das schließt nicht aus, dass weitere vielleicht sogar schwerer wiegende Mängel vorliegen.

Die genannten Mängel lassen sich leicht und ohne – oder nur mit kleinen – Investitionen beheben. Einschlägige Untersuchungen belegen, dass das energetische Potential, welches durch solche Mängelbehebungen erschließbar ist, im Durchschnitt 30 Prozent bezogen auf den Ist-Zustand des jeweiligen Gebäudes beträgt [4]. Die einzige Investition, die erforderlich ist, ist die Mängelanalyse und Mängelbeseiti-

gung. (06) zeigt die Auswirkung dieser Maßnahme – übertragen auf die Gesamtheit aller Bestandsbauten. Vom Endenergieverbrauch Deutschlands könnten so insgesamt zehn bis 15 Prozent eingespart werden. Zu untersuchen sind Expertensysteme für die Mängelanalysen, mit denen ein großer Personenkreis in die Lage versetzt werden kann, die Analysen zielgerichtet erstellen zu können.

#### 3.3.2 Hochinvestive Maßnahmen

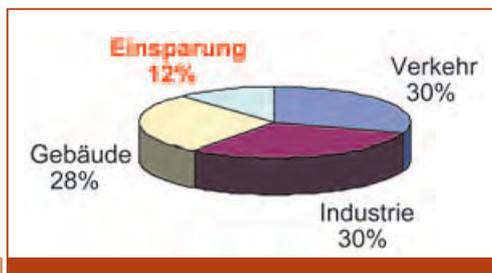
Wie dargestellt wurde, ist ohne dramatische Erhöhung der Neubauquote – für die es keine Anzeichen gibt – eine Verbesserung der energetischen Qualität der Gebäude in der Fläche nicht möglich. Hier kann nur eine Optimierung durch umfassende Sanierungen der Gebäude zum heutigen Stand der Technik Abhilfe schaffen. Einschlägige Untersuchungen belegen, dass solche Sanierungen technisch möglich sind. Wie „tief“ dabei das energetische Sanierungsziel gesetzt wird, ist weniger eine technische als eine wirtschaftliche Frage. (07) zeigt exemplarisch die Auswirkung einer Sanierung des kompletten Bestands auf ein so genanntes Drei-Liter-Niveau, das heißt auf einen Wärmebedarf entsprechend drei Litern Heizöl/m<sup>2</sup>a oder 34 kWh/m<sup>2</sup>a [5]. Vom Energieverbrauch Deutschlands insgesamt könnten so rund 30 Prozent eingespart werden.

Gegenstand der Forschung sind weitere energetische Verbesserungen der technischen Subsysteme, also die Erhöhung der Nutzungsgrade oder die Senkung der Aufwandszahlen. Hier sind insbesondere die Systeme zur Nutzenübergabe im Raum zu nennen, die derzeit das größte „Rest-Potential“ aufweisen.

Des Weiteren werden Systeme mit deutlich höherer Regeldynamik untersucht, die eine bessere Anpassung des Anlagenbetriebes an die effektiven Nutzungszeiten ermöglichen würden. Gegenstand der Forschung sind daneben auch adaptive Bauteile, die letztlich in der Veränderung ihrer physikalischen Parameter in die Regelung einbezogen würden.

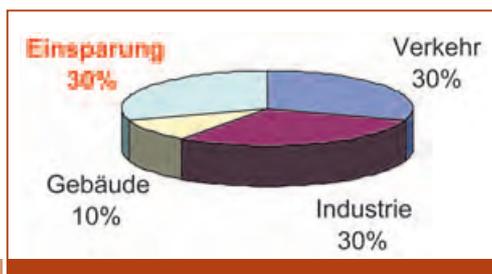
## 4. Fazit

Mit nur sieben Prozent ist der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Wärmebereitstellung für Heizung und Trinkwassererwärmung in Deutschland relativ gering.



06

Mögliche Energieeinsparung bei Sanierung aller Bestandsbauten mit niedriginvestiven Maßnahmen



07

Mögliche Energieeinsparung bei Sanierung aller Bestandsbauten mit hochinvestiven Maßnahmen: Zu sehen sind die Auswirkung einer Sanierung des kompletten Bestands auf ein so genanntes Drei-Liter-Niveau.

## DIE AUTOREN

Die Ziele sind daher, einerseits den Energieumsatz für den Gebäudebetrieb zu senken und den mit den energetischen Wandlungsprozessen verbundenen Schadstoffausstoß zu mindern, sowie andererseits den Anteil Erneuerbarer Energien deutlich zu steigern. Ausgehend vom derzeitigen Stand der Technik sind diese Vorgaben erreichbar. Die Umsetzung erfordert parallel eine Senkung des Energiebedarfs und die Substitution fossiler Energieträger. Bedarfssenkungen insbesondere auch durch Sanierungen im Gebäudebestand sind technisch möglich. Je nach Sanierungsziel sind dabei Einsparungen des deutschen Energieverbrauchs von gut 10 bis zu 30 Prozent erreichbar. Die Substitution der fossilen Energieträger ist technisch möglich. Dabei gibt es allerdings keinen „Königsweg“. Es sind vielmehr fallbezogene Maßnahmenpakete zu entwickeln. In einem dabei entstehenden Mix aus Nutzungen der Biomasse, der Solarthermie, der Geothermie, der Außenluft sowie der Kraft-Wärme-Kopplung sind die verfügbaren Energiepotentiale mehr als ausreichend. Die Umsetzung notwendiger Maßnahmen ist nicht vorrangig ein technisches Problem, sondern ein gesellschaftliches. Wenn ein Konsens über die energetischen und ökologischen Ziele besteht, dann erfordert es „nur“ den gesellschaftlichen Entschluss zum Handeln. Mit der Anwendung des derzeitigen Standes der Technik sind vergleichbar mit der Ist-Situation deutliche Verbesserungen möglich. Durch weitere Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Gebäudeenergetik sind aber künftig noch deutliche Einsparpotentiale erschließbar.

Michael Schmidt, Ni Jinchang

## Literatur

- 1 J. Nitsch: Leitstudie 2007 „Ausbastrategie Erneuerbare Energien“, Aktualisierung und Neubewertung bis zu den Jahren 2020 und 2030 mit Ausblick bis 2050, Untersuchung im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stuttgart, Februar 2007

### PROFESSOR DR.-ING. MICHAEL SCHMIDT

Studium der Energie- und Verfahrenstechnik an der TU Berlin; Promotion, TU Berlin; Abteilungsleiter, Prokurist, Geschäftsführer, KLIMASYSTEMTECHNIK Ingenieurgesellschaft, Berlin; Geschäftsführer, RP&K Ingenieurgesellschaft, Berlin/Maidenhead; Geschäftsführer ARUP Deutschland, Berlin; seit 2000 Lehrstuhl für Heiz- und Raumlufttechnik, Institut für Gebäudetechnik, Universität Stuttgart.



### DR.-ING. JINCHANG NI

Studium der Heizung-, Lüftung- und Klimatechnik an der Tsinghua Universität Peking, Promotion an der Universität Stuttgart, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Gebäudetechnik der Universität Stuttgart.



## Kontakt

Universität Stuttgart  
Institut für GebäudeEnergetik  
Pfaffenwaldring 35  
70569 Stuttgart  
Tel. 0711/685-62085  
Fax 0711/685-62096  
E-Mail: sekretariat@ige.uni-stuttgart.de  
Internet: www.ige.uni-stuttgart.de

- 2 M. Kaltschmitt, D. Merten, N. Fröhlich, M. Nill: Energiegewinnung aus Biomasse, Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten 2003 „Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit“, Berlin, Heidelberg 2003
- 3 M. Kaltschmitt, A. Wiese, W. Stricher: Erneuerbare Energien; Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2003
- 4 M. Schmidt, K. Stergiaropoulos, F. Schmidt: Energie- und Gebäudemanagement im Campus Pfaffenwald und seine Auswirkungen auf die Effizienz der Energieerzeugung, Bericht, IKE LHR Uni Stuttgart, April 2005
- 5 M. Schmidt, S. Schmidt, M. Treiber, J. Arold: Entwicklung eines Konzepts für energetische Modernisierungen kleiner Wohngebäude auf 3-Liter-Haus-Niveau in Mannheim-Gartenstadt, Schlussbericht, IGE Uni Stuttgart, Februar 2007.