

Minderung der CO₂-Emission durch Energiemix

H. Kabisch, Berlin

Die Energieversorgung ist in Deutschland im Umbruch. CO₂-arme Primärenergieträger, Solarenergie, Wärmedämmung sowie Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung sollen helfen, die befürchteten und teilweise schon erkennbaren Klimaveränderungen zu verhindern. Die dabei wachsende Rolle von Erdgas, Erdöl und regenerativen Energiequellen berührt auch den Elektrofachmann. Sein Wissen trägt im Zusammenwirken mit anderen Gewerken der Gebäudetechnik dazu bei, das Energiekonzept aktiv zu gestalten.

Politische Rahmenbedingungen

Die Ankündigung der letzten Bundesregierung, den die Lebensgrundlagen bedrohenden Ausstoß von Kohlendioxid (CO₂) in Deutschland bis zum Jahr 2005 gegenüber 1990 um 25 % zu reduzieren, gilt nach wie vor als international verbindliche Zusage (Bild 1). Es bleibt zu hoffen, dass trotz des Scheiterns der UN-Klimakonferenz in Den Haag die Anstrengungen zum Klima- und Umweltschutz fortgesetzt werden.

Mit Ökosteuer, Energieeinsparverordnung (EnEV) und vielfältigen finanziellen Förderungen – nicht zuletzt durch das 100.000-Dächer-Programm und das Erneuerbare Energie-Gesetz (EEG) – wurden inzwischen neue Rahmenbedingungen durch die Politik geschaffen. Damit sollen die aufgetretenen Rückstände durch den beschleunigten Übergang zu einer umweltverträglicheren Erzeugung und Nutzung von Energie aufgeholt werden.

Autor

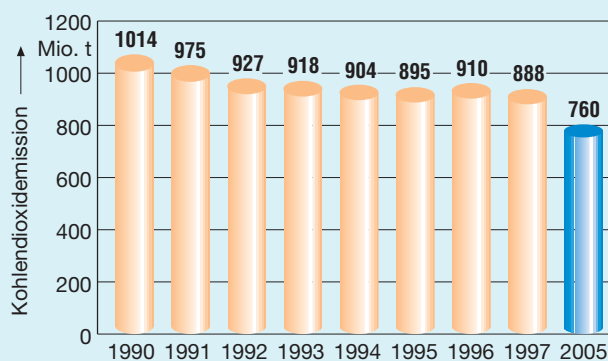
Dipl.-Ing. Helmut Kabisch ist freier Fachjournalist.

Umweltverträglichere Strom- und Wärmeversorgung

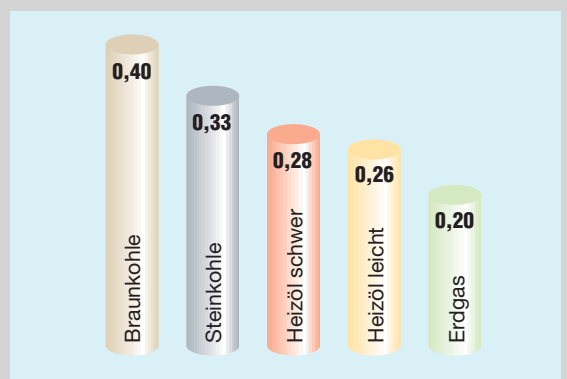
Bewertung der CO₂-Emission. Neben der Stromerzeugung in Großkraftwerken ist von dieser Entwicklung vor allem die verbrauchernahe Energieversorgung und -nutzung im Gebäudebereich betroffen. Insbesondere sollen künftig mit der zurzeit noch nicht verbindlichen EnEV Wärmebedarf sowie CO₂-Emissionen ressourcenschonend und konsequenter als bisher gesenkt werden. Die wohl einschneidendste Änderung für Strom und Wärme bringt die Bewertung des Wärmebedarfs für Neu- und Altbauten nach der verursachten CO₂-Emission. Das erfordert die Entscheidung für einen Primärenergieträger, der möglichst wenig CO₂ freisetzt und mit einem hohen prozentualen Anteil im Gebäude genutzt werden kann. Regenerative Energiequellen, beispielsweise Solarkollektoren auf dem Hausdach, liefern CO₂-frei Nutzwärme. Dagegen bekommt die Elektroheizung, sofern der Strom aus der Verbrennung von Kohle entsteht, automatisch die insgesamt schlechteste Note. Zwischen diesen beiden Extremen liegen Erdgas und Erdöl

(Bild 2). Nicht selten bleibt bei einem exakten Vergleich unberücksichtigt, dass sich CO₂-Emissionen auch bei der Gewinnung und beim Transport der Energieträger ergeben.

Elektrowärme. Gegenüber dem ersten Entwurf der EnEV vom Mai 1999 wird die Position der Elektrowärme mit dem unlängst von der Regierung beschlossenen Gesetzestext erheblich komplizierter (vgl. ep 5/2000, S. 384-385 und ep 12/2000, S. 1014). Die vorgeschlagenen Sonderregelungen für Strom wurden nach Anhörung insbesondere der Umweltverbände und einschlägiger Institute gestrichen. Zur Sicherung der eingangs genannten CO₂-Minderung ist der Einsatz von Elektrowärmegegeräten, wie beispielsweise von Elektrodurchlauferhitzern, an die Kompensation der CO₂-Emissionen durch eine verstärkte Wärmedämmung gebunden. Das bedeutet die Verringerung des Wärmebedarfs und damit der Betriebskosten bei gleichzeitiger Erhöhung der Investitionskosten. Darüber hinaus könnten im Altbau die Kosten für eine zusätzliche Wärmedämmung durch den Einbau einer Wohnungslüftung zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung steigen. Gleichzeitig erhöht sich aber auch die Wohnbehaglichkeit. Schließlich muss in eine Kosten-Nutzen-Betrachtung die Gesamtheit der Fördermaßnahmen, z. B. für Wärmedämmung, Fenstererneuerung, Verbesserung der Haustechnik, Einsatz verbesserter Öl- bzw. Gasheizrichtungen und Kombiheizungen mit Solarkollektoren, einbezogen werden. Sollte das Kompensationsprinzip für Elektrowärme im bevorstehenden Gesetzgebungsverfahren Bestand haben, wäre die Erweiterung der Möglichkeiten über die Wärmedämmung hinaus auf geförderte regenerative Energiequellen, Wärmepumpen und Blockheizkraftwerke zu fordern.



1 Nach anfänglichen Erfolgen, die im Wesentlichen durch Stilllegung der ostdeutschen Industrie und der technischen Modernisierung von Industrieanlagen und Kraftwerken erreicht wurden, stagniert die CO₂-Minderung. (Quelle: BMU)



2 Erdgas und mit Abstand Heizöl erzeugen bei ihrer Verbrennung die geringsten CO₂-Emissionen. Angegebene Werte in kg CO₂-Gas pro gewonnener Wärme je kWh

(Quelle: Deutscher Bundestag)

Gas- und Dampfkraftwerke. Inzwischen verstärkt sich der Trend, veraltete Stromerzeuger durch hocheffektive erdgasversorgte GuD-Kraftwerke mit Gas- und nachgeschalteten Dampfturbinen zu ersetzen. Als wirtschaftlich und umweltpolitisch akzeptierte Alternative zur nahezu CO₂-freien Kernkraft werden sie Atomkraftwerke ebenso wie Kohlekraftwerke mittelfristig ablösen. Einen Schritt in diese Richtung stellt der „Energiekonsens“ zwischen Bundesregierung und Stromerzeugern dar.

Gasmarkt erschließt neue Anwendungen

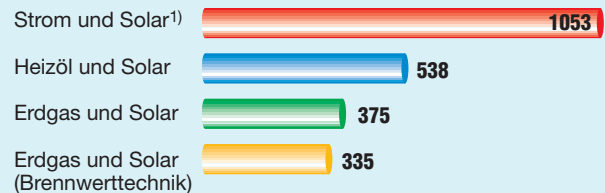
Selbst den Verkehrsbereich hat die Erdgasindustrie besetzt. Seit Jahren wird in Deutschland ein Tankstellennetz schrittweise erweitert, das auf Erdgas umgerüstete Straßenfahrzeuge versorgt. Lärmminimierung, Kosteneinsparung und Umweltvorteile (Vermeidung von Sommersmog) zählen zu ihren Vorzügen. Auch die ersten mit Wasserstoff versorgten Brennstoffzellen für den Elektroantrieb oder mit Wasserstoff-Verbrennungsmotoren ausgerüsteten Fahrzeuge sind auf Erdgas angewiesen. Der benötigte Wasserstoff wird gegenwärtig kostengünstig vor allem aus Erdgas gewonnen.

Marktaufteilung. Nach Informationen der Ruhrgas AG wurden Ende 1999 43 % der bundesdeutschen Wohnungen mit Erdgas beheizt. 33 % entfielen auf Heizöl und 12 % auf Fernwärme. Mit Kohle und Strom heizten jeweils 6 % der Mieter. Im Neubaubereich entschieden sich sogar 75 % der Bauherren für Erdgas und 16 % für Heizöl. Weit abgeschlagen folgten Fernwärme (7 %) und Strom bzw. andere Brennstoffe – lediglich 2 %. (Quelle: Zeitschrift „Gas“, auf Basis der statistischen Angaben der Bundesländer).

Die Erdöl- und die Erdgas-Branche erwarten durch die Erweiterung um eine hausinterne Stromerzeugung zusätzliche Wachstumsimpulse. Dem wirkt allerdings der sinkende Erdgasbedarf durch die in der EnEV vorgeschriebene weitere Reduzierung des spezifischen Heizenergiebedarfs entgegen.

Zusätzliches Wachstum im Gebäudebereich erzeugt der schrittweise Ausbau des Erdgas-Verbrauchernetzes und die finanzielle Förderung neuer Kunden. Kern der begleitenden Kampagne von Gasgeräteherstellern, Netzbetreibern und des Handwerks sind Kosteneinsparungen, der hohe Stand der Sicherheitstechnik und die Erhöhung der Wohnbehaglichkeit. Warmwasser für Badespaß, Waschmaschinen und Geschirrspüler gehören ebenso dazu wie Terrassenheizung für kühle Sommerabende, Gaskamine, Gas-Kachelöfen sowie Koch- und Backherde. Auch gasbetriebene Wärme-

③ CO₂-Emissionen verschiedener Nachheizsysteme für solarthermische Anlagen, bei 200 l Warmwasserverbrauch pro Tag (in kg pro Jahr)
(Quelle: Öko-Institut Freiburg)



¹⁾ Basis: Energiemix für die Stromerzeugung in Deutschland

pumpen könnten neue Marktanteile gewinnen. Mittelfristig ist selbst die Kälteversorgung durch Wärmetransformation auf Erdgasbasis oder mit Abwärme aus Blockheizkraftwerken nicht auszuschließen.

Zukunftsweisende Erdgasanwendungen

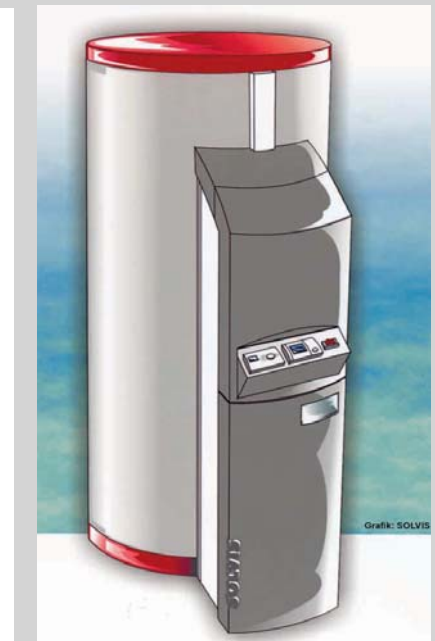
zeigte die Ruhrgas AG im Themenpark Energie der Expo. Neben der Brennstoffzelle und einem konventionellen Mini-Blockheizkraftwerk war eine Mikrogastrurbine, die im Leistungsbereich von 50 bis 110 kW in Gasdruckregelstationen in Erdgasnetzen über einen Turbogenerator Strom liefert, zu sehen. Auch ein gasbetriebener Stirlingmotor – also ein Heißluftmotor – mit einer elektrischen Leistung von 3,5 bis 9 kW und einer thermischen Leistung von 10 bis 25 kW wurde vorgestellt.

Die Erschließung neuer Gasanwendungen ist eng verknüpft mit kostensenkenden Maßnahmen, um die Konkurrenzfähigkeit zur Elektrowärme zu verbessern. So wurde auf der Internationalen Fachmesse Gas (IFG) Ende Oktober 2000 in Berlin u. a. über einen Vergleich zwischen den weit verbreiteten, dezentral angeordneten elektrischen

Durchlauferhitzern und einem nutzungsgradoptimierten zentralen gasbeheizten Wasserversorgungssystem berichtet. Untersuchungsgegenstand war ein Zwölf-Familien-Haus mit zentraler Warmwasserversorgung, deren primärenergetischer Nutzungsgrad durch den Erdgaseinsatz doppelt so hoch ist wie der von Elektro-Durchlauferhitzern. Durch die eingesetzte günstigere Kunststoffverrohrung konnte ungefähr ein Gleichstand bei den Investitionskosten erreicht werden. Die Betriebskosten wurden mit dem erdgasversorgten Konzept auf etwa ein Drittel reduziert. Um darüber hinaus CO₂ und Kosten zu reduzieren, empfiehlt die Sanitär- und Heizungsbranche u. a. auch die Deckung des Warmwasserbedarfs für Geschirrspüler und Waschmaschinen aus einem zentralen, gasbetriebenen System.

CO₂-arme Brennwerttechnologie für Erdgas und Erdöl

Das Angebot von auf den jeweiligen Anwendungsfall zugeschnittenen Geräten, die Erdgas und Heizöl in Wärme umwandeln, ist groß. Besondere Aufmerksamkeit verdienen dabei Brennwertgeräte, die als die umweltfreundlichsten gelten. Durch Einbe-



④ Beispielhafte Geräteintegration von Solarschichtspeicher für Warmwasseraufbereitung und Heizung mit einem Brennwertkessel, bis 20 kW lieferbar seit Juni 2000
(Quelle: Solvis)

ziehung der Abwärme wird mit dieser Technologie der auf den Brennwert (nicht Heizwert) bezogene Nutzungsgrad im Erdgasbetrieb bis auf 108 % gesteigert. Mit zusätzlichen, aufwandsminimierenden Maßnahmen sinken die Kosten weiter. Inzwischen bieten alle größeren Hersteller von Erdgas- und Erdölgeräten thermische Solaranlagen als eigenständiges Paket oder als in die Wärmeversorgung integrierbare Komponente an.

Eingebunden in die Kampagne „Solar – na klar“ wird nachgewiesen, welche CO₂-Minderung mit den vergleichsweise teuren solarthermischen Anlagen bei einem Warmwasserverbrauch von 200 Litern pro Tag möglich ist (Bild ③). Kostensenkend wirkt hier die doppelte Förderung (!), aber auch die Entwicklung einer angepassten Brennwerttechnik (Bild ④).

Neubewertung der Wärmepumpe

Ebenfalls zu den ökologisch relevanten Heiz- und Warmwasseraufbereitungssystemen zählt die Wärmepumpe (WP). Sie entzieht unter Einsatz von Fremdenergie

der Umwelt Wärme. Als Bewertungsmaßstab galt bisher ein möglichst großes Verhältnis von erzeugter Wärmeleistung zu zugeführter Fremdenergie [2]. Diese „Leistungszahl“ findet sich in neuesten Unterlagen einschlägiger Hersteller, führt aber zusammen mit der neuen, exakt umweltorientierten „Jahresarbeitszahl“ leicht zu Irrtümern. In Anlehnung an den EnEV-Entwurf ist letztere durch das Verhältnis von „eingesetzter Primärenergie einschließlich aller Verluste“ zu der „im Jahr genutzten Wärmemenge“ definiert. Damit gehen die durch Fremdenergie hervorgerufenen CO₂-Emissionen ebenso wie die Qualität der WP-Anlage in die ökologische Bewertung ein. Daraus ergibt sich, dass gasmotorisch betriebene WP schon ab einer Jahresarbeitszahl von 1,1 einen Beitrag zur CO₂-Minderung liefern. Demgegenüber reduziert die elektrisch angetriebene WP in der Regel erst ab einem Wert oberhalb von 3 die CO₂-Emission. Auch hier wurde der bekannte Mix aus fossiler und nuklearer Energie zugrunde gelegt.

Emissionsfreie WP. Wird die WP mit regenerativ erzeugtem Strom betrieben, entsteht ein 100-prozentig regenerativer und damit von CO₂-Emissionen freier Wärmelieferant. Dies ist die einzige, vom Bundeswirtschaftsministerium zurzeit finanziell geförderte WP. Nach den aus der Schweiz bekannt gewordenen Untersuchungen erreichen in der Praxis heute angebotene WP Jahresarbeitszahlen von 3. In Zukunft ist eine Steigerung auf 4 nicht ausgeschlossen. Dabei wird vorausgesetzt, dass Planungsmängel – beispielsweise bei der Auslegung der Heizfläche sowie durch überdimensionierte und stark verlustbehaftete Förderpumpen – vermieden werden. Letztere haben genauso wie Installationsmängel, insbesondere bei der hydraulischen Einbindung, ihre Ursachen in Kostendruck und mangelndem Fachwissen.

Gütesiegel. Um Fehler bei der Auswahl zu minimieren, sollten WP mit dem in Deutschland und der Schweiz eingeführten Gütesiegel D-A-ch bevorzugt werden. Die dadurch gewährleistete Überprüfung der energetischen Kennwerte durch ein unabhängiges Institut erhöht die Chance, dauerhaft gute Arbeitszahlen zu erreichen. Nicht zu unterschätzen sind allerdings die im Vergleich zur Brennwerttechnik vielfach höheren Investitionskosten. Deshalb werden der elektrisch angetriebenen Abluft-WP als Teil der Raumklimatisierung die besten Chancen eingeräumt.

Sind Heizöl, Erdgas und Solarthermie nicht nutzbar, könnten WP, die dem Erdreich oder dem Grundwasser Umweltwärme mit vertretbarem Aufwand entziehen, auch für den Hausgebrauch von größerer Bedeutung sein.

Gasbetriebene Wärmepumpen

Die Frage, wie weit die elektrisch angetriebene WP die Erdgas-Brennwerttechnik bezüglich der CO₂-Emissionen übertrifft oder unterbietet, wird unterschiedlich beantwortet. Während das renommierte Forschungszentrum Jülich schon für die Luft/Wasser-WP kleine Vorteile ausmacht, sind die nicht weniger bekannten Spezialisten des „Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie“ pessimistisch. Die heutige WP – so ihre Meinung – kann den Vergleich zu Gas-Brennwertkesseln in aller Regel nicht bestehen. Die CO₂-Emissionen übertreffen selbst bei einer Arbeitszahl von vier und höher die einer Gasheizung. Alle Fachleute sind sich darüber einig, dass die WP im Vergleich zur direkten Elektroheizung die CO₂-Emissionen auf etwa ein Drittel reduziert. Unstrittig ist, dass gasmotorische Antriebe die CO₂-Emissionen deutlich reduzieren. Erfahrungen liegen aber nur mit leistungsstarken WP vor, die Nahwärmenetze für Siedlungen versorgen oder in Schwimmbädern Energie liefern.

Kleine Leistungen. Für Leistungen unterhalb 50 kW werden andere, aber ebenfalls mit Erdgas betriebene Systeme entwickelt. Als aussichtsreich gilt eine Gerätekombination aus Brennwerttechnik und WP, die bereits im Dauerbetrieb getestet wird. Damit entstehen 2,4 kW direkt aus Erdgas und 1,2 kW aus Umweltwärme. Das zusätzliche CO₂-Minderungspotential gegenüber der Brennwerttechnik beträgt etwa 25 %. Die für Alt- und Neubauten vorgesehenen Geräte haben ihre Funktionstüchtigkeit bis Oktober 2000 mit insgesamt 500 000 Volllaststunden nachgewiesen und sind für unterschiedliche Wärmequellen einsetzbar. Sie sind im Paket, einschließlich Erdspieß, 30 bis 40 % teurer als ein einzelnes Brennwertgerät. Buderus will das Gerät zur nächsten SHK-Messe vorstellen. Zeitverzögert dazu könnte mittelfristig eine völlig neue, fertigungstechnisch aber sehr anspruchsvolle WP auf den Markt kommen. Im Ergebnis langjähriger Forschungen wird eine 20 kW leistende WP entwickelt, die als Antriebsenergie Erdgas nutzt. Da große Leistungen und hohe Vorlauftemperaturen allein durch die Außenluft erreicht werden und teure Wärmequellen im Erdreich oder im Grundwasser entfallen, ist sie bevorzugt in Altbauten einzusetzen. Umfangreiche Tests belegen, dass gegenüber Brennwertkesseln der Primärenergieeinsatz um 33 % und die CO₂-Emission um 34 % zurückgehen.

Kraft-Wärme-Kopplung

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und insbesondere die motorisch angetriebenen

Blockheizkraftwerke (BHKW) leisten seit vielen Jahren einen wichtigen Beitrag zur dezentralen, umweltfreundlichen Versorgung mit Strom und Wärme. Die Aggregatleistung beginnt bei 3 kW_{el} und endet erst im MW-Bereich. Mit Ausnutzung der Primärenergie bis zu 90 % und durch den Einsatz von Erdgas sind beispielhafte CO₂-Minderungen verbunden [3]. Neue Entwicklungen ermöglichen sogar, das Verhältnis von erzeugtem Strom zur erzeugten Wärme in vorgegebenen Grenzen zu verändern und dem Bedarf anzupassen. Nicht nur das „Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie“ sieht nach wie vor in der KWK „eine der wesentlichsten und zudem bereits kurz- und mittelfristig ausschöpfbaren Optionen für die Reduzierung des CO₂-Ausstoßes“. Die Stromliberalisierung hat allerdings den wirtschaftlichen Betrieb seit 1999 häufig so weit verschlechtert, dass Aggregate abgeschaltet werden mussten. Durch finanzielle Förderungen wurde ihre Konkurrenzfähigkeit partiell verbessert, jedoch stehen dauerhaft wirksame Entscheidungen noch aus.

Mit einem neuen Förderprogramm, der so genannten Quotenregelung, will die Regierung zur Sicherung der Umweltziele erdgasversorgte KWK-Anlagen fördern. Ziel ist die Verdopplung der Kraft-Wärmegekoppelten Stromerzeugung bis 2010. Bis zur Jahresmitte 2001 wird eine gesetzliche Regelung erwartet.

Die Bedeutung der Elektroenergie nimmt zu

Trotz der wachsenden Rolle von Erdgas und -öl im Gebäudebereich verliert die Elektroenergie nicht an Bedeutung. Das Gegenteil ist der Fall. Ohne die Hilfsenergie Strom für Zündung, Überwachung und Anzeige arbeiten auch keine Heizgeräte. Ohne den Informationsträger Strom funktioniert kein Energiemanagementsystem. Überwachung und Optimierung der Energieerzeugung, Kontrolle von Energiebezug und -verbrauch hängen am elektrischen Strom. Daraus folgt, dass Elektrotechniker die ihnen zukommenden Schlüsselfunktionen bei diesen Technologien zum Nutzen ihrer Kunden ebenso wie zum Vorteil ihrer eigenen Geschäftstätigkeit nutzen können und müssen.

Literatur

- [1] Krause, J.: Elektrotechnik verändert die Welt. Elektropraktiker, Berlin 52(1998)12, S. 1107-1109.
- [2] Klein, H.: Wärmepumpen – ein Überblick. Elektropraktiker, Berlin 53(1999)11, S. 1045-1049.
- [3] Kabisch, H.: Blockheizkraftwerke unterstützen umweltfreundlich die Versorgung mit Strom und Wärme. Elektropraktiker, Berlin 53(1999)3, S. 228-232.