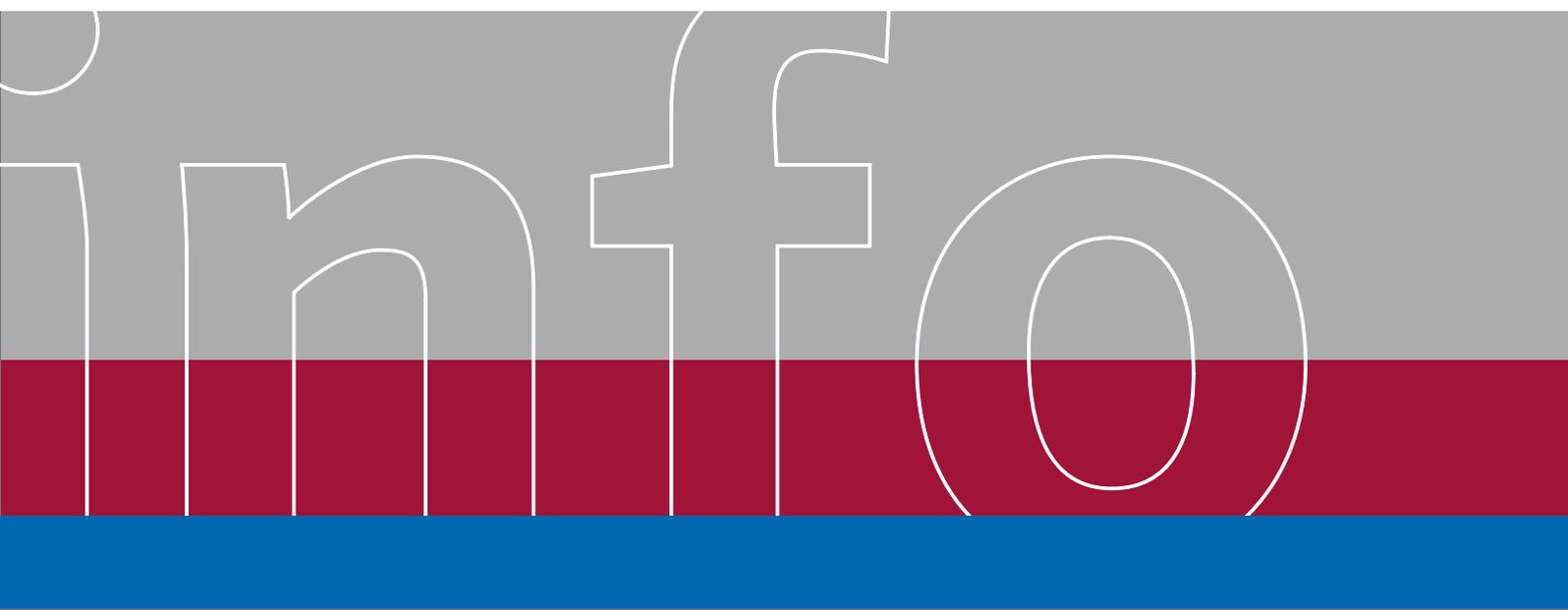


Energie-Info

Wärmemarkt II

Technologiebeschreibungen

Berlin, 15. Dezember 2015



Inhalt

1	Einleitung.....	3
2	Erdgas-Brennwerttechnik.....	4
3	Solarthermie	5
4	Fernwärme / KWK.....	5
5	Wärmepumpen	6
5.1	Elektrische Wärmepumpen.....	6
5.2	Gas-Wärmepumpen	8
6	Mikro-/ Mini-KWK (Strom erzeugende Heizung).....	10
7	Brennstoffzelle	11
8	Synthetisches Erdgas / Power-to-Gas.....	12
9	Power-to-Heat.....	13
10	Bio-Erdgas.....	15
11	Geothermie.....	17

1 Einleitung

Ohne Wärmemarkt keine Energiewende!

Mit der Energiewende sind die Wärmeerzeugung und die verschiedenen verfügbaren Technologielösungen für eine möglichst effiziente, bezahlbare und nachhaltige Beheizung von Wohngebäuden immer mehr in den Blickpunkt gerückt.

Der Wärmemarkt in Deutschland verdient wegen seiner Heterogenität eine differenzierte Betrachtung. Er besteht sowohl aus Wohngebäuden mit Ein- und Mehrfamilienhäusern als auch aus Bauten für Gewerbe, Handel und Dienstleistung. Die Beheizung dieser Gebäudetypen erfolgt unter verschiedenen baulichen und technischen Ausgangsbedingungen. Die jeweiligen Bewohner oder Nutzer haben verschiedene Ansprüche und Bedürfnisse. Zudem steht im Wärmemarkt eine außergewöhnlich große Bandbreite an technisch ausgereiften Lösungsoptionen zur Verfügung, die von der Geräteindustrie, dem Handwerk und der Energiewirtschaft beim Endkunden angeboten werden. Dabei kommen überwiegend Heizungssysteme mit Erdgas, Fernwärme und Strom zum Einsatz.

In Deutschland wurde nach Angaben des BDEW im Jahr 2014 knapp die Hälfte der insgesamt 41 Millionen Wohnungen mit Gas beheizt (49,3 Prozent). In 13,5 Prozent aller Wohnungen wird Fernwärme genutzt, während Heizöl in 26,8 Prozent aller Wohnungen für Wärme sorgt. Strom (Nachtspeicherheizungen und Wärmepumpen) lieferte für 4,4 Prozent die Heizenergie. Der Anteil der übrigen Festbrennstoffe (darunter u.a. Holz, Koks/Kohle) lag bei 6,0 Prozent.

Auch im Neubau bleibt Erdgas Nummer eins bei den Heizungssystemen. 49,9 Prozent aller neu gebauten Wohnungen wurden 2014 mit einer Erdgasheizung ausgestattet. Fernwärme hatte einen Anteil von 21,2 Prozent, gefolgt von Wärmepumpen mit 20,1 Prozent. Die verbleibenden Anteile entfielen auf Heizöl (0,7 Prozent), Stromheizungen (0,6 Prozent) und sonstige Heizungssysteme (7,6 Prozent, darunter vor allem Holzpellet-Heizungen). Insgesamt wurden 2014 265.000 Wohnungen zum Neubau genehmigt.

Diese Energie-Info informiert über die vielfältigen Technologien, deren Einsatzmöglichkeiten und die jeweilige Marktreife/Marktdurchdringung im Wärmemarkt.

2 Erdgas-Brennwerttechnik

Erdgas-Brennwertkessel arbeiten besonders effizient und energiesparend, da sie die bei der Verbrennung entstehende Abgaswärme – die im Wasserdampf des Abgases enthaltene Wärme - zusätzlich nutzbar machen und dem Heizungssystem zuführen. Dabei wird (fast) die gesamte im Brennstoff enthaltene Energie genutzt.

Dies erfolgt durch die Abkühlung der Verbrennungsgase (Abgase) unter den Taupunkt von ca. 55° C. So wird die im Wasserdampf enthaltene Energie in Form von Kondensationswärme freigesetzt. Das dabei entstehende Kondensat wird in die Kanalisation abgeleitet. Zur Nutzung dieses Kondensationseffektes sind möglichst geringe Rücklauftemperaturen optimal. Da eine heute standardisierte Regelung die Heizungswassertemperaturen in Abhängigkeit von der Außentemperatur absenkt, sind auch für den Gebäudebestand übliche Auslegungstemperaturen der Heizungsanlage von 70/55°C sehr gut für den Einsatz der Brennwerttechnik geeignet.

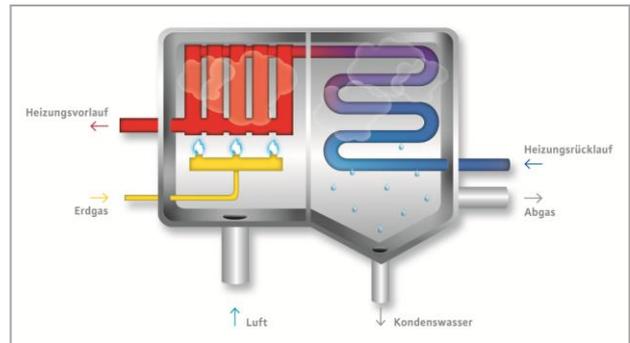


Abbildung 7: Brennwertprinzip

Über eine Regelung wird die aktuell benötigte Heizleistung stufenlos an die Nutzungszeiten und -bedingungen angepasst, um nicht unnötig Energie zu verbrauchen.

Effiziente Brennwertkessel sind für den Betrieb mit Erdgas auch mit biogenen Anteilen wie beispielsweise Bio-Erdgas geeignet.

Die Nutzung der Kondensationswärme führt zu einer zusätzlichen Brennstoffausnutzung von bis zu 11 Prozent. So haben Brennwertkessel einen um 15 Prozent höheren Wirkungsgrad gegenüber Niedertemperaturkesseln. Brennwertkessel erreichen Normnutzungsgrade bis zu 98%, bezogen auf den Brennwert H_s des eingesetzten Brennstoffs. Selbst wenn ein neuer Brennwertkessel aufgrund der hohen Systemtemperaturen in Altanlagen nicht immer im Brennwertbereich betrieben wird, ist er effizienter als ein Niedertemperaturkessel.

Für alle Einsatzmöglichkeiten: von der Wohnung über Ein- und Zweifamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser bis zu Gewerbe und Industrie – die Brennwertkessel stehen in den passenden Leistungsgrößen zur Verfügung.

Marktreife/ Marktdurchdringung:

Die Brennwerttechnik hat sich bewährt und ist Stand der Technik. Derzeit arbeiten etwa 4,5 Mio. Geräte im Gebäudebestand. Mit rund 360.000 verkauften Geräten pro Jahr hat die Brennwerttechnik einen Marktanteil von 60 % an neuen Wärmeerzeugern in Deutschland. Es sind nahezu ausnahmslos deutsche und europäische Hersteller am Markt in Deutschland vertreten. Die Geräte sind inzwischen ständig weiterentwickelt worden. Sie lassen sich ideal mit Solarthermie zur Warmwasserbereitung und/oder Heizungsunterstützung kombinieren.

3 Solarthermie

Solarthermische Anlagen in Form von Flach- oder Vakuumröhrenkollektoren nutzen die Sonnenstrahlung zur Wärmegewinnung. Sie geben die gewonnene Energie in der Regel an einen Wärmespeicher im Heizungs- und Warmwasserbereitungssystem ab. Diese Solaranlagen werden fast ausschließlich bivalent – häufig in Kombination mit Erdgas- oder Erdöl-Brennwertkesseln – betrieben.

Mit einer Kollektorfläche von 1 bis 1,5 qm pro Person können im Jahr bis zu 60 Prozent des Energiebedarfs bei der Warmwasserbereitung abgedeckt werden – von Mai bis September sogar bis zu 100 Prozent. Soll neben der Warmwasserbereitung auch die Raumheizung mit Solarenergie unterstützt werden, ist eine Kollektorfläche von 0,7 bis 1 qm pro 10 m² Wohnfläche erforderlich. Je nach Dämmstandard des Hauses lassen sich so 10 bis 30 Prozent – in Niedrigenergiegebäuden bis zu 50 Prozent – der Brennstoffenergie einsparen.

Im Gebäudebestand liegt der Fokus der Solarwärmenutzung auf der Unterstützung der Warmwasserbereitung. Eine Heizungsunterstützung kann – besonders in Verbindung mit Flächenheizungssystemen wie Fußbodenheizung – einen weiteren Beitrag zur Energiekostensenkung leisten. Im Neubau ist eine Kombination von Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung sinnvoll.

Marktreife/ Marktdurchdringung:

Solarthermische Anlagen sind seit vielen Jahren Stand der Technik und die Kombinationsmöglichkeiten mit Blick auf bspw. hybride Heizungssysteme weitgehend ausgereift. Als Teil der Referenzanlagentechnik der Energieeinsparverordnung (EnEV) hat sich die Solarthermie über den Neubau inzwischen auch im Gebäudebestand etabliert. Heute sind in Deutschland rund zwei Millionen thermische Solaranlagen mit etwa 18 Millionen m² Kollektorfläche zur Wärmeerzeugung auf deutschen Dächern installiert (BSW und BDH 2015). Sie unterstützen in rund 10 Prozent des Gebäudebestands in Deutschland die Wärmeversorgung (BDEW 2014).

4 Fernwärme / KWK

Fernwärme ist ein Produkt, das überwiegend in Kraft-Wärme-Kopplung, also der gemeinsamen Erzeugung von Strom und Wärme, entsteht. Die Wärme wird dabei mittels Heißwasser über ein Rohrleitungssystem zum Kunden transportiert. Im Gebäude des Kunden überträgt in der Regel eine Wärmeübergabestation die Wärme aus der Fernwärmeleitung an den Gebäude-Wärmekreislauf, wo es für die Deckung des Warmwasserbedarfs genutzt wird. Das in der Wärmeübergabestation abgekühlte Wasser wird über die Fernwärmeleitung zurück zum Heizkraftwerk geleitet.

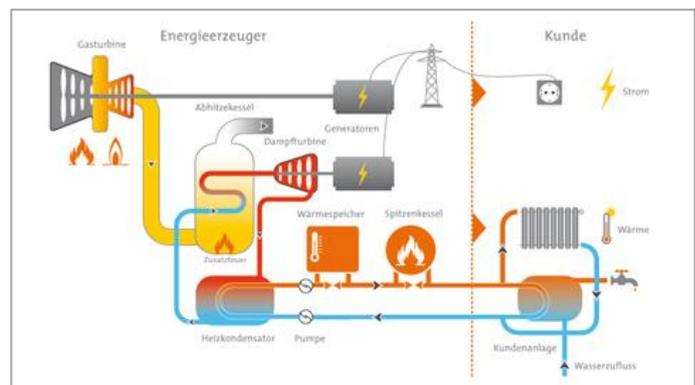


Abbildung 8: KWK-Prinzip

Die Erzeugung ist dabei äußerst flexibel und kann prinzipiell mit jeder Art von Brennstoff erfolgen. Auch der Einsatz von Erneuerbaren Energien und die Nutzung von Abwärme aus Industriebetrieben sind schon lange selbstverständlich. Aktuell werden in Deutschland zudem über 80 Prozent der Fernwärme in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt. Die kombinierte Erzeugung von Strom und Wärme ist eine Technik, mit der die eingesetzte Energie weit effektiver ausgenutzt wird als bei getrennter Strom- und Wärme-Erzeugung. Die Energieeinsparung gegenüber der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme liegt zwischen 30 und 50 Prozent. Das ist ökologisch und volkswirtschaftlich höchst sinnvoll.

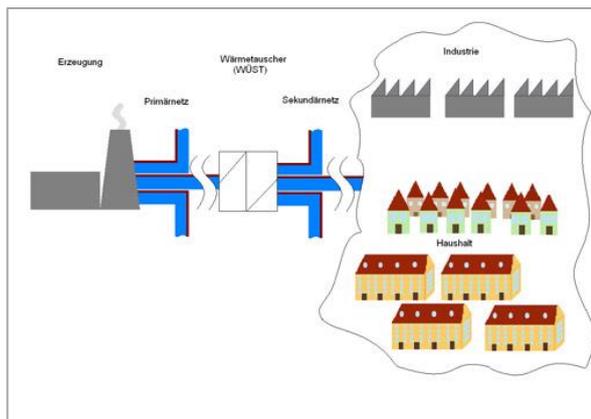


Abbildung 9: Fernwärme

Bei Kraft-Wärme-Kopplung können konventionelle Brennstoffe wie Braunkohle, Steinkohle, Heizöl und Erdgas eingesetzt werden. Darüber hinaus werden auch Erneuerbare Energien wie beispielsweise Bio-Erdgas oder Holz in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen hocheffizient eingesetzt.

Rund drei Viertel des Energieverbrauchs eines Durchschnittshaushaltes werden für die Heizung und die Warmwasserbereitung benötigt. Fernwärme ist effizient und umweltschonend. Die notwendigen Investitionen sind überschaubar, die Betriebs- und Wartungskosten dauerhaft niedrig. Für die Hausübergabestation genügt eine Ecke im Keller. Insbesondere in Fernwärmenetzen mit niedrigen Primärenergiefaktoren ergeben sich Vorteile für die Erfüllung der Anforderungen gemäß der EnEV bzw. dem EEWärmeG.

Marktreife/Marktdurchdringung:

KWK-/Wärmenetzsysteme sind seit Jahren anerkannte und marktreife Effizienzsysteme. Fernwärmesysteme werden in Deutschland schon seit über 100 Jahren eingesetzt. Aktuell gibt es in Deutschland 450 Fernwärmenetzbetreiber und über 1300 Einzelnetze mit einer Netzgesamtlänge von rund 25.000 km. Der Anteil der Fernwärme am Wärmemarkt im Wohnungsneubau beträgt ca. 21,2 %, im Wohnungsbestand ca. 13,5 %. Die gleichzeitige Gewinnung von Strom und nutzbarer Wärme für Heizzwecke durch Kraft-Wärme-Kopplung ist ebenfalls seit Jahrzehnten marktreif und aufgrund intensiver Forschung und Entwicklung zu einer Hocheffizienztechnologie ausgereift.

5 Wärmepumpen

5.1 Elektrische Wärmepumpen

Elektrische Wärmepumpe nutzen unter Einsatz elektrischer Energie Umweltwärme aus Außenluft, Erdreich oder Wasser für Heizung und Trinkwassererwärmung. In der Wärmepumpe vollzieht sich kein Verbrennungsprozess, sondern ein thermodynamischer Kreisprozess. Ein im Heizsystem zirkulierendes Kältemittel verdampft unter dem Einfluss der aufgenommenen

Umweltwärme und wird anschließend über einen elektrisch betriebenen Kompressor verdichtet. Dadurch erhöht sich das Temperaturniveau des Kältemittels. Die hierbei erzeugte Wärme wird an einen Heizungskreislauf abgegeben.

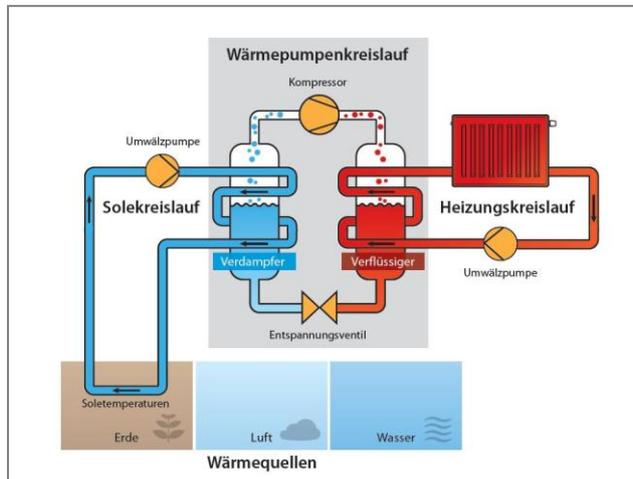


Abbildung 10: Wärmepumpenprinzip

Die Wärmepumpe stellt ein Mehrfaches der eingesetzten elektrischen Energie als Wärme zur Verfügung. Die Jahresarbeitszahl (JAZ) beschreibt das Verhältnis der abgegebenen Wärmemenge zur eingesetzten Energiemenge. In der Praxis ergeben sich Jahresarbeitszahlen von 3 und höher. Die für die Heizleistung benötigte Energie einer hoch effizienten elektrischen Wärmepumpe mit einer JAZ von z.B. 4 besteht demzufolge zu 75 Prozent aus Umweltwärme und zu 25 Prozent aus elektrischer Energie. CO₂-Emissionen entstehen nur für den entsprechenden An-

triebsstrom. Auf Grund des steigenden erneuerbaren Anteils am Strommix verbessert eine Wärmepumpe stetig ihre Umweltbilanz. Eine mit Öko-Strom betriebene Wärmepumpe arbeitet vollkommen CO₂-frei.

In den Jahren 2005 bis 2013 stieg der Anteil von Elektro-Wärmepumpen am Gesamtbestand der Wärmeerzeuger in Deutschland stetig an. Der Anteil von elektrischen Wärmepumpen am Gesamtabsatz von Wärmeerzeugern in Deutschland belief sich im Jahr 2013 bei Sanierungen auf 4 bis 5 Prozent, in Neubauten auf rund 30 Prozent. Besonders zeichnet sich eine Wärmepumpe durch ihre Variabilität aus. So können viele Geräte nicht nur Heizen sondern auch Kühlen, was ganzjährig für angenehme Temperaturen sorgt. Außerdem gibt es Kombinationsgeräte mit integrierter Wohnungslüftung. Wegen niedriger Investitionskosten ist aktuell die Luft-Wasser-Wärmepumpe erste Wahl, was sich auch in stetig steigenden Absatzzahlen widerspiegelt. Neben dem klassischen Wärmemarkt im Wohnbereich kann die Wärmepumpe auch im höheren Leistungsbereich in Industrie und Gewerbe eingesetzt werden.

Marktreife/Marktdurchdringung:

Elektrische Wärmepumpen sind ausgereifte Heizsysteme, die sich in der Praxis seit vielen Jahrzehnten bewährt haben. Vor allem im Neubau werden elektrische Wärmepumpen gerne und häufig eingebaut. So wurden knapp 20,1 Prozent aller neuen Wohnungsbauten im Jahr 2014 mit einer elektrisch betriebenen Wärmepumpen ausgestattet, wobei eine deutliche Absatzverschiebung von Erdwärme zur Umweltwärme Luft zu verzeichnen ist (BWP 2015).

5.2 Gas-Wärmepumpen

Wärmepumpen nutzen generell die thermische Energie aus der Umwelt. Die Gaswärmepumpen kombinieren sparsame und umweltschonende Erdgastechnologie mit der Nutzung von Umweltwärme aus Sonne, Luft, Wasser oder Erde. Durch eine gleichzeitige Nutzung von Wärme für Warmwasser und Heizung sowie Kälte für Lüftung, Kühlung oder Temperierung ermöglicht diese Technologie Nutzungsgrade von bis zu 170 Prozent.

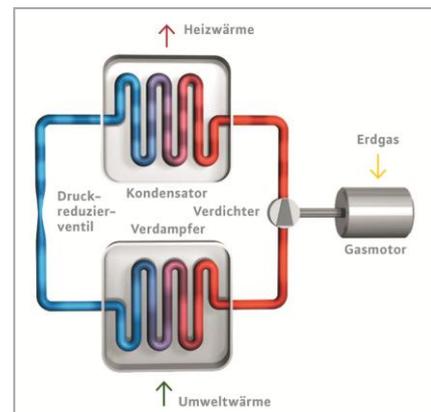


Abbildung 11: Prinzip der Gas-Motor-Wärmepumpe

Die Typen der Gaswärmepumpen werden in Kompressions- und Sorptionswärmepumpen unterschieden. Bei der gasmotorischen Wärmepumpe wird der Verdichter von einem Erdgas-Verbrennungsmotor angetrieben. Dabei wird die Abwärme des Motors zusätzlich genutzt. Innerhalb der Sorptionswärmepumpen unterscheidet man zwischen Ab- und Adsorptionswärmepumpen.

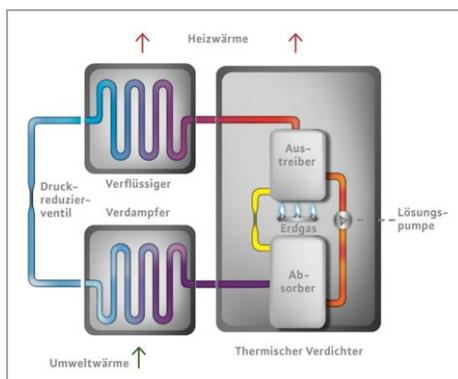


Abbildung 12: Prinzip der Absorptionswärmepumpe

Die Adsorptions-Gaswärmepumpen machen sich die physikalischen Eigenschaften des Minerals Zeolith zu eigen: Zeolith bindet („adsorbiert“) Wasserdampf und saugt sich wie ein Schwamm voll. Dabei entsteht Wärme, die an das Heizsystem abgeführt wird. Bei der Trocknung des Minerals durch einen Erdgasbrenner tritt das zuvor gespeicherte Wasser als Dampf wieder aus, kondensiert und gibt Wärme an das Heizsystem ab. Durch Umkehrung dieses Prozesses kann Wärme aus der Umgebung eingekoppelt werden.

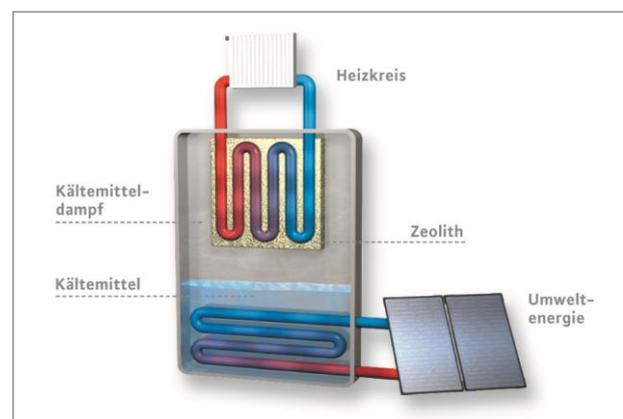


Abbildung 13: Beispiel der Funktion einer Adsorptionswärmepumpe

Es wird z. B. Wasser über eine solarthermische Einbindung verdampft und hierbei die Umgebungswärme eingebunden. Bei der anschließenden Trocknung des Zeolith durch einen Gasbrenner verdampft das zuvor gespeicherte Wasser und kondensiert bei der Wärmeabgabe ins Heizsystem.

Gas-Wärmepumpen kombinieren üblicherweise ihren Betrieb mit einer Erdsondenanlage. Dadurch erreichen Gaswärmepumpen im Vergleich zu klassischen Verbrennungsgeräten wie z.B. Brennwertgeräten einen höheren Brennstoff-Nutzungsgrad (entspricht einem Nutzungsgrad von bis zu 135 Prozent). Die Jahresarbeitszahl (JAZ), also das Verhältnis der abgegebenen Wärmemenge zu der eingesetzten Energiemenge, beläuft sich bis ca. 1,3 und erfüllt damit die Mindestanforderung von 1,2 für EEWärmeG und Marktanreizprogramm. Im Vergleich zu konventionellen Heizgeräten verbrauchen die Gaswärmepumpen dadurch bis zu 30 Prozent weniger Erdgas.

Die aktuell am Markt verfügbaren Zeolith-Gaswärmepumpen sind für den Einsatz in Einfamilienhäusern konzipiert (Neubau oder sehr gut gedämmter Altbau).

Marktreife/Marktdurchdringung:

Gaswärmepumpen sind erst im geringen Maße auf dem Markt vertreten und befinden sich aktuell – speziell im kleinen Leistungsbereich für Einfamilienhäuser - noch in einer frühen Phase der Markteinführung. Marktanreizprogramme der Hersteller und öffentliche Förderangebote unterstützen den Markteinstieg. Die Absatzzahlen – insbesondere im bereits länger verfügbaren Leistungsbereich bis 40 kW für den Einsatz im Gewerbe - zeigen einen Aufwärtstrend.

6 Mikro-/ Mini-KWK (Strom erzeugende Heizung)

Die Mikro-/Mini-KWK Heizung (auch Strom erzeugende Heizung genannt) arbeitet nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Es wird nur einmal Energie aufgewendet, um sowohl Strom als auch Wärme zu erzeugen. Sie gilt als die Schlüsseltechnologie auf dem Weg zu einer dezentralen Energieversorgung. Sie umfasst Anlagen im sehr kleinen Leistungsbereich bis ca. 5 kW_{el} (eine eindeutige Leistungsgrenze ist nicht definiert). Damit sind diese Anlagen insbesondere für Einfamilienhäuser bis zu Mehrfamilien-Wohneinheiten dimensioniert.

Als Technologie kann analog zu den größeren Anlagen ein Verbrennungsmotor zum Einsatz kommen. Aufgrund deren hoher spezifischer Wartungskosten hat sich alternativ auch der Stirlingmotor im Markt etabliert. Dieser ist im Vergleich wartungsfreundlicher und emissionsärmer, allerdings hat diese Technologie einen etwas niedrigeren elektrischen Wirkungsgrad (η_{el} bis ca. 15 Prozent).

Die Geräte erreichen einen Gesamtwirkungsgrad von über 90 Prozent.

Die gekoppelte und dezentrale Erzeugung von Strom und Wärme ist deutlich ökologischer und effizienter als die getrennte Erzeugung in Kraftwerk (Strom) und Heizungskessel (Wärme), da weniger (Primär-)Energie aufgewendet werden muss.

Mikro-KWK-Geräte mit ca. 1 bis 3 kW elektrischer Leistung sowie einem integrierten oder externen Brennwertgerät eignen sich für den Einsatz in Ein- und Zweifamilienhäusern sowie kleinen Gewerbeobjekten.

Mini-KWK-Geräte mit ca. 3 bis 15 kW elektrischer Leistung sind ideal für Mehrfamilienhäuser oder für das Gewerbe geeignet – auch als Grundlast-Beistellgeräte mit zusätzlichem Spitzenlastkessel. 1-kW-Stirling-Geräte eignen sich sehr gut für den Austauschmarkt. In der Regel lässt sich das bestehende Heizsystem bei einer Modernisierung weiterhin nutzen.

Marktreife/Marktdurchdringung:

In allen Leistungsklassen sind Geräte mehrerer Hersteller verfügbar. Dabei ist vor allem die Strom erzeugende Heizung im mittleren Leistungsbereich bis etwa 50 kW elektrische Leistung (Mini-KWK) seit vielen Jahren unter anderem in Mehrfamilienhäusern und im Gewerbe



Abbildung 14: Stirlingmotorprinzip

erfolgreich im Einsatz und erfährt derzeit mit mehr als 4.000 neu installierten Geräten pro Jahr in Deutschland ein stetiges Wachstum.

7 Brennstoffzelle

Als Zukunftstechnologie im Bereich der Mikro und Mini-KWK gilt die Brennstoffzelle. Auch sie arbeitet nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung.

Die Brennstoffzelle nutzt den Wasserstoff aus Erdgas für die Energieversorgung. Der Wasserstoff wird aus Erdgas (CH_4) gewonnen, welches dem vorhandenen Erdgasnetz entnommen wird. Über einen elektrochemischen Prozess erzeugt die Brennstoffzelle gleichzeitig Strom und Wärme.

Mit dieser Energieumwandlung können auch im kleinen Leistungsbereich sehr hohe elektrische Wirkungsgrade - je nach Typ von 30 bis 60 Prozent - erreicht werden. Brennstoffzellengeräte arbeiten energiesparend und umweltschonend. Durch die gleichzeitige Stromerzeugung können in der Regel ca. 60 Prozent des Haushaltsstrombedarfs durch die Eigenproduktion abgedeckt werden. Überschüssig erzeugter Strom kann ins Netz eingespeist und vergütet werden.

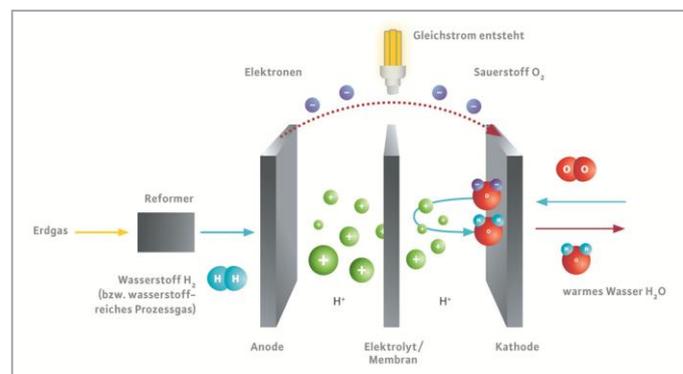


Abbildung 15: Prinzip eines Brennstoffzellenheizgerätes

Kleinere Brennstoffzellengeräte sind auch für den Einsatz in Ein- und Zweifamilienhäusern konzipiert (Neubau und Bestand). Besonders eignen sie sich für Gebäude mit niedrigem Wärmebedarf oder als Beistellgerät in Mehrfamilienhäusern. Der Einsatz von Bio-Erdgas ist ohne Umrüstung und in jeder Beimischung bis zu 100 Prozent möglich. Brennstoffzellen-KWK-Anlagen sparen bei der kombinierten Wärme- und Stromerzeugung etwa ein Drittel Primärenergie im Vergleich zur getrennten konventionellen Erzeugung.

Marktreife/Marktdurchdringung:

Die Markteinführung von Brennstoffzellenheizgeräten hat begonnen. Seit dem Jahr 2013 sind Geräte verschiedener Hersteller im Markt verfügbar. Heute ist diese Technologie noch stark von staatlichen Fördermaßnahmen (Technologieeinführungsprogramm wie beispielsweise das Marktanzreizprogramm) abhängig. Für diese innovativen KWK-Anlagen ist jedoch eine Marktdurchdringung in den nächsten Jahren absehbar.

8 Synthetisches Erdgas / Power-to-Gas

Dieses Verfahren nutzt (Überschuss-)Strommengen: Mit Hilfe von Strom wird Wasser in seine Bestandteile (Wasserstoff und Sauerstoff) gespalten. Der dabei im 1. Schritt entstehende Wasserstoff wird – in den technisch zulässigen Grenzen - entweder direkt, bei größeren Mengenanteilen in der Regel jedoch nach einem 2. Schritt, der Methanisierung, in das Erdgasnetz und ggf. in dessen Speicher eingeleitet. Die Methanisierung erfordert eine örtliche Nähe zu CO₂-Quellen, z. B. einer Biogasanlage.

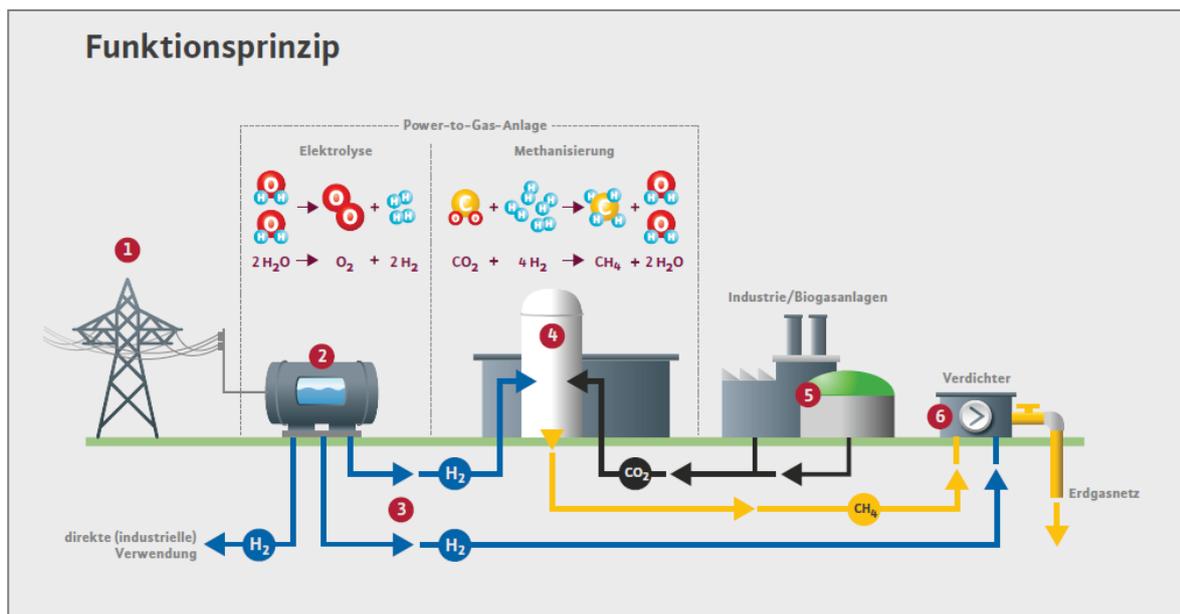


Abbildung 16: Power-to-Gas, Funktionsprinzip

Eine begrenzte direkte Einspeisung von reinem Wasserstoff ins Erdgasnetz ist möglich. Wobei - sofern aus dem betreffenden Netz Erdgastankstellen versorgt werden - der Anteil die Maximalkonzentration von 2 Vol. Prozent (bedingt durch die DIN EN 51624 für CNG-Tanks in Kraftfahrzeugen) nicht übersteigen darf.

Dagegen kann das im 2. Schritt erzeugte synthetische Methan/Erdgas unbegrenzt in die Erdgasinfrastruktur eingespeist werden. Es findet ohne Anpassungskosten in der bestehenden Infrastruktur und den vorhandenen Erdgastechnologien Anwendung. Elektrolyse und Methanisierung erreichen zusammen einen Wirkungsgrad von ca. 60 Prozent. Der Energiegehalt des erzeugten Gases entspricht also 60 Prozent der ursprünglich eingesetzten Energie.

Das Konzept Power-to-Gas erlaubt es, den Strom über längere Zeiträume als Erdgas zu speichern. Die aufgenommenen Überschusskapazitäten des Stromnetzes werden zu einem späteren Zeitpunkt durch Rückverstromung wieder als Strom nutzbar gemacht oder durch Methannutzung z. B. für die Raumwärme zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus bietet Power-to-Gas die Möglichkeit, bei geringer Stromeinspeisung aus Erneuerbaren Energien Residuallast zur Verfügung zu stellen.

Mit der Technologie Power-to-Gas leistet Erdgas als Speicher- und Ausgleichsmedium einen deutlichen Beitrag zur Energiewende. Regenerative Erzeugung gepaart mit der Inanspruchnahme vorhandener Infrastruktur und effizienter nutzergerechter dezentraler Anwendung ermöglichen hier sinnvolle Synergien.

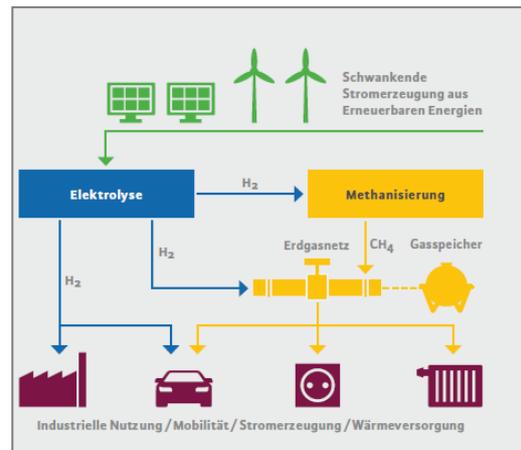


Abbildung 17: Power-to-Gas, Nutzungssystem

Mittels Power-to-Gas gespeicherte Energie lässt sich neben dem Strom- auch im Mobilitäts- und Wärmebereich und der Industrie nutzen und erschließt auch hier CO₂-Minderungspotenziale ohne Anpassung der in diesen Sektoren genutzten Technologien.

Marktreife/Marktdurchdringung:

Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen wie Wind und Sonne erfolgt nicht konstant, sondern unterliegt natürlichen Schwankungen. Mit dem zunehmenden Ausbau der Erneuerbaren Energien steigt die Notwendigkeit, die Differenzen zwischen Angebot und Nachfrage zu kompensieren. Power-to-Gas stellt dafür in Zukunft eine Option dar.

Das erste Power-to-Gas-Pilotprojekt ging in Deutschland 2011 in Betrieb. Derzeit sind in Deutschland 14 Pilot- und Demonstrationsanlagen in Betrieb. Mit einer Produktion von synthetischem Erdgas in signifikanten Mengen wird ab 2030 gerechnet.

9 Power-to-Heat

Unter Power-to-Heat (PtH) versteht man die Erzeugung von Wärme unter dem Einsatz von Strom. Dies kann sowohl über herkömmliche Elektroheizungen („Tauchsiederprinzip“) als auch über Wärmepumpenheizungen erfolgen.

Als PtH können im Niedertemperaturbereich auf dezentraler Ebene Heizstäbe oder Heizpatronen eingesetzt werden. Im Niedertemperaturbereich ist eine weitere Technologieoption der Einsatz von wärmenetzgebundenen Großwärmepumpen. Im großtechnischen Bereich spricht man von einem Elektrokessel (Heizwiderstand) oder einem Elektrodenheizkessel (EHK – Wasser als Heizleiter).

Power-to-Heat ist vor allem im großtechnischen Bereich eine sinnvolle Flexibilitätsoption für den sicheren Betrieb des deutschen Stromnetzes sowie die effektive Nutzung von Überschussstrom. Power-to-Heat kann dabei nicht nur Strom aus Erneuerbaren Energien, der sonst abgeschaltet werden würde, für den Wärmesektor nutzen, sondern auch dem Strom-

markt zusätzliche Flexibilität durch die Bereitstellung von negativer Regelernergie und den Einsatz in Zeiten negativer Strompreise bieten.

Sinnvoll sind dabei Hybridsysteme. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass die PtH-Anlage in einen Anlagenkomplex weiterer Systeme eingebunden ist, welche auf einen unabhängigen Energieträger wie beispielsweise Erdgas zurückgreifen können (zum Beispiel in Form einer KWK-Anlage mit einem Wärmespeicher). Damit ist gewährleistet, dass die Anlagen die Wärmenachfrage immer flexibel und unabhängig von der Situation am Strommarkt decken können.

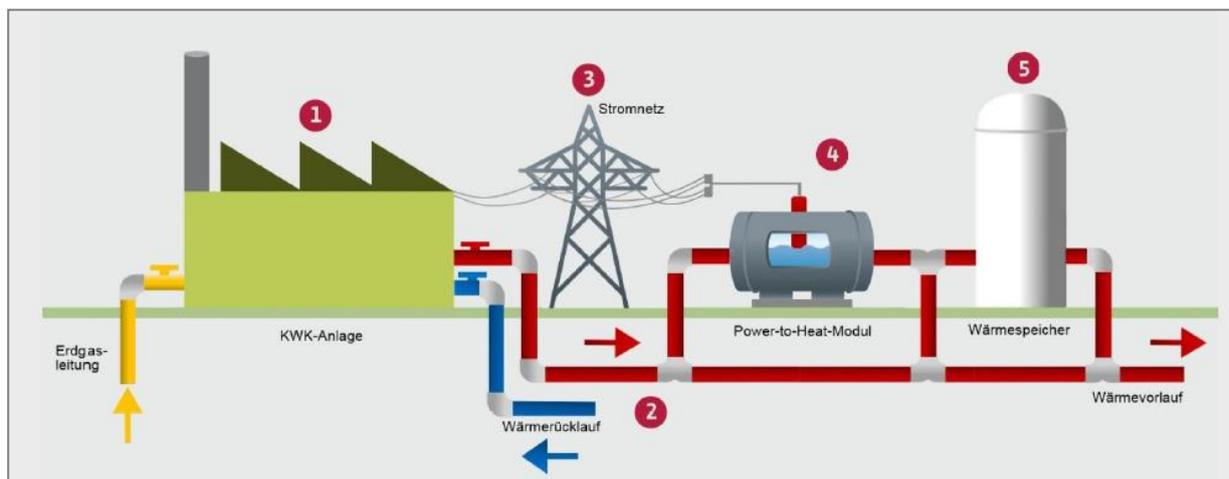


Abbildung 18: Funktionsprinzip Anlagenkomplex KWK-Anlage, Power-to-Heat-Modul und Wärmespeicher

- 1.) Die KWK-Anlage erzeugt Strom und Wärme aus einem Brennstoff, hier aus Erdgas.
- 2.) Die in der KWK-Anlage erzeugte Wärme wird in das (Fern-) Wärmenetz (Vorlauf) eingespeist. Nach der Wärmenutzung beim Verbraucher führt der Wärme-Rücklauf zurück zur KWK-Anlage. Der in der KWK-Anlage erzeugte Strom wird in das Stromnetz eingespeist.
- 3.) Im Falle von Stromüberschüssen im Stromnetz wird die KWK-Anlage zur Entlastung des Netzes heruntergefahren. Der Wärmespeicher und die Power-to-Heat-Anlage halten die Wärmeversorgung weiterhin aufrecht.
- 4.) Die Power-to-Heat-Anlage (z.B. Elektrodenheizkessel) nutzt die überschüssige elektrische Energie aus dem Stromnetz zur Erwärmung des Mediums im Wärmespeicher („Tauchsiederprinzip“). Sie schafft mit ihrem Stromverbrauch Platz im Stromnetz und vermeidet somit das Abregeln von Photovoltaik- und Windkraftanlagen im Falle von Engpässen im Stromnetz.
- 5.) Der Wärmespeicher wird durch die KWK-Anlage oder mittels Power-to-Heat-Anlage beladen und gibt die Wärme sukzessive über das (Fern-)Wärmenetz an die Kunden ab.

Marktreife/Marktdurchdringung:

Power-to-Heat ist eine am Markt schon seit langem verfügbare und kostengünstige Technologie, um fluktuierende elektrische Energie im Wärmemarkt und Industrie nutzen zu können.

Aktuelle PtH-Projekte in Deutschland werden insbesondere im Bereich von KWK-Fernwärmenetzsystemen umgesetzt. Aufgrund hoher Anschlussleistungen der dort bereits bestehenden Erzeugungsanlagen, der verminderten Netzentgelte in den höheren Spannungsebenen (MS, HS) und der Einbindung in bereits vorhandene Anlagenoptimierungs- und Vermarktungsprozesse sind diese Potenziale wirtschaftlich und administrativ verhältnismäßig leicht umsetzbar. Wärmespeicher sind oft bereits vorhanden oder werden im Zuge der aktuellen Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz-Förderung ausgebaut.

10 Bio-Erdgas

Bio-Erdgas ist ein regelbarer erneuerbarer Energieträger, der in die bestehende Erdgasinfrastruktur eingespeist und dort – auch saisonal - gespeichert werden kann. Seine Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten sind identisch mit denen von normalem Erdgas. Vor allem kann Bio-Erdgas einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten, denn als Energieträger ist es nahezu CO₂-neutral. Es erlaubt eine flexible und bedarfsgerechte Stromerzeugung. Bio-Erdgas kann dezentral in hocheffizienten Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) die tages- oder jahreszeitlichen Schwankungen fluktuierender erneuerbarer Erzeugung ausgleichen.

Biogas ist ein Naturprodukt. Es entsteht bei der Vergärung von organischen Substanzen unter Ausschluss von Sauerstoff und Licht in eigens dafür gebauten Anlagen. Als Quellen dienen unter anderem Energiepflanzen wie Mais oder Getreidepflanzen, Reststoffe aus der Landwirtschaft (Gülle, Mist) und Bioabfälle aus Privathaushalten oder Gewerbebetrieben.

Reines Biogas wird fast ausschließlich für die dezentrale Energieversorgung vor Ort eingesetzt. Von Bio-Erdgas spricht man, wenn (Roh-)Biogas nach der Aufbereitung die gleichen Eigenschaften wie Erdgas erhält und ins Erdgasnetz eingespeist werden kann. Es kann zu 100 Prozent oder in jedem Mischungsverhältnis mit Erdgas zur Verstromung, im Wärmemarkt oder als Kraftstoff eingesetzt werden.

Vorliegende Potenzialanalysen¹ bestätigen: Unter Nachhaltigkeitsaspekten, d.h. auch unter Berücksichtigung der Anforderungen an Gewässer- und Bodenschutz sowie Energieeffizienz, können im Jahr 2020 8,6 Milliarden Kubikmeter und im Jahr 2030 10,3 Milliarden Kubikmeter Biomethan pro Jahr in das deutsche Erdgasnetz eingespeist werden. Dazu müsste allerdings ein Großteil der bestehenden Biogasanlagen auf Einspeisung umgerüstet werden.

Perspektivisch bietet auch Bio-Erdgas aus Algen ein hohes Potenzial. Dieser Ansatz befindet sich jedoch noch ganz am Anfang der technologischen Reife. In diesem Bereich ist weitere Grundlagenforschung nötig. Andere Länder, z.B. Frankreich, sind in dem Feld bereits erste große Schritte gegangen. Wichtig ist daher, dass Deutschland in diesem Technologiefeld nicht den Anschluss verliert.

¹ DVGW, 2014: Potenzialstudie zur nachhaltigen Erzeugung und Einspeisung gasförmiger, regenerativer Energieträger in Deutschland (Biogasatlas)

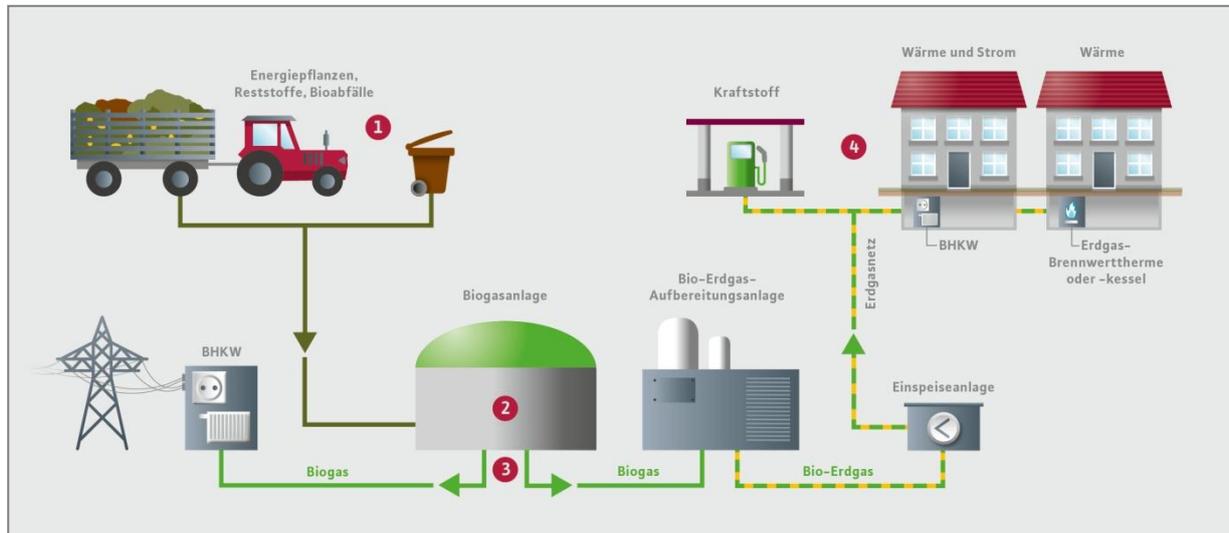


Abbildung 19: Erzeugung von Biogas und Bio-Erdgas

- 1.) Als Quellen der Biogaserzeugung dienen unter anderem Energiepflanzen wie Mais oder Getreidepflanzen, Reststoffe aus der Landwirtschaft (Gülle, Mist) und Bioabfälle aus Privathaushalten oder Gewerbebetrieben.
- 2.) Biogas entsteht bei der Vergärung dieser organischen Substanzen unter Ausschluss von Sauerstoff und Licht in eigens dafür gebauten Anlagen. Zersetzt werden die Rohstoffe in Beton- oder Stahlbottichen, sogenannten Fermentern.
- 3.) Das entstandene Biogas wird direkt in BHKW zur Verstromung genutzt. Bei der Aufbereitung zu Bio-Erdgas wird Biogas getrocknet und entschwefelt, außerdem wird das enthaltene CO₂ abgeschieden. Nach der Einspeisung ins Gasnetz ist Bio-Erdgas überall dort verfügbar, wo auch normales Erdgas eingesetzt wird.
- 4.) Bei der Anwendung ist Bio-Erdgas genauso effizient wie normales Erdgas. Dabei ist es allerdings nahezu klimaneutral, da bei der Verbrennung nur die Menge CO₂ freigesetzt wird, die die bei der Erzeugung verwendeten Rohstoffe zuvor aus der Luft aufgenommen haben.

Marktreife/Marktdurchdringung:

Die Produktion und Einspeisung von Bio-Erdgas ins Erdgasnetz hat von 2007 bis 2015 eine wachsende Dynamik erfahren, die mit der EEG 2014 stark abgebremst wurde. Mit Stand Dezember 2014 speisen ca. 150 Bio-Erdgas-Einspeiseanlagen, mit einer Kapazität von rund 100.000 Nm³/h, auf Erdgasqualität aufbereitetes Bio-Erdgas ins Erdgasnetz ein. Das entspricht mit einer jährlichen Kapazität von rund 9 TWh etwa 1% des deutschen Erdgasverbrauches. Derzeit sind noch 13 Anlagen im Bau und elf Projekte befinden sich in der Planungsphase.

Der Beitrag von Biogas aus ca. 7 780 Anlagen mit Direktverstromung vor Ort sowie aufbereitetem Bio-Erdgas an der Stromerzeugung stieg 2014 auf 29,1 TWh. Das entspricht 5 Prozent am Bruttostromverbrauch und ist somit nahezu so hoch wie der Anteil der Photovoltaik. In der Wärmebereitstellung lieferten Biogas und Bio-Erdgas 2014 rund 14 TWh. Insgesamt wurden 2014 rund 0,55 TWh Bio-Erdgas als Kraftstoff eingesetzt. Biogas und Bio-Erdgas haben einen Anteil von drei Prozent am deutschen Primärenergieverbrauch und 2014 über 16 Mio. Tonnen CO₂ vermieden.

11 Geothermie

Geothermie² (Erdwärme) ist die unterhalb der festen Oberfläche der Erde gespeicherte Wärmeenergie. Je tiefer man in das Innere der Erde vordringt, desto wärmer wird es. In Mitteleuropa nimmt die Temperatur um etwa 3 °C pro 100 Meter Tiefe zu. Je nach Tiefe der Bohrung unterscheidet man zwei Arten der Geothermie: Oberflächennahe Geothermie und tiefe Geothermie.

Die Oberflächennahe Geothermie nutzt Bohrungen bis ca. 400 Meter Tiefe und Temperaturen bis 25 °C für das Beheizen und Kühlen von Gebäuden, technischen Anlagen oder Infrastruktureinrichtungen. Dabei wird zunächst meist ein Wärmetauscher eingesetzt. Das bedeutet, Wasser oder eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert in einem geschlossenen Rohrsystem im Untergrund und nimmt die Wärme aus dem Boden auf. Diese Wärme wird an der Oberfläche an eine Wärmepumpe abgegeben und durch sie auf das zum Heizen notwendige Temperaturniveau gebracht (dazu siehe auch Punkt „Wärmepumpen“).

Bei der tiefen Geothermie wird in Deutschland fast ausschließlich das sogenannte Dubletten-System angewendet. Diese Anlagen bestehen aus einer Förder- und einer Reinjektionsbohrung. Durch die Förderbohrung wird das heiße Thermalwasser aus dem Untergrund aus ca. 2 bis 4 Kilometer Tiefe nach oben transportiert. An der Oberfläche wird ein Teil seiner geothermischen Wärme durch einen Wärmeübertrager ausgekoppelt und zur Wärmeversorgung sowie optional zur Stromerzeugung eingesetzt. Das dadurch abgekühlte Thermalwasser wird anschließend über die Reinjektionsbohrung wieder in den Untergrund eingebracht.

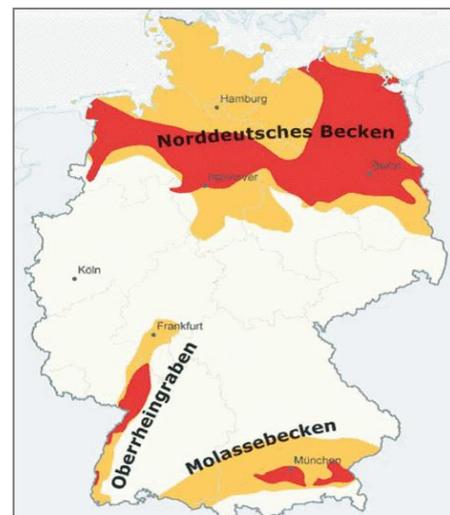


Abbildung 20: Nutzungsmöglichkeiten der tiefen Geothermie in Deutschland / Quelle BMU 2010

Marktreife/Marktdurchdringung:

Tiefe Geothermieprojekte werden zur Wärmeversorgung ganzer Ortschaften und Stadtteile eingesetzt bzw. zur Erzeugung von Strom. Die 26 bis heute realisierten Projekte befinden sich daher zum größten Teil im süddeutschen Molassebecken sowie auch im Norddeutschen Becken und im Oberrheingraben. Da die eigentliche Energie, die Geothermie, kostenlos ist, wird die Wirtschaftlichkeit einer Geothermienutzung vor allem durch die Investitionskosten der Anlagen bestimmt. Derzeit wird in Deutschland die tiefe Geothermie noch gering genutzt. Bezüglich der Marktreife von oberflächennaher Geothermie siehe Punkt „Wärmepumpen“.

² Quelle zu Kapitel 11: Bundesverband Geothermie

Ansprechpartner:

Ingram Täschner
Telefon: +49 30 300199-1261
ingram.taeschner@bdew.de

Simon Weber
Telefon: +49 30 300199-1315
simon.weber@bdew.de