

BUND

GLOSSAR

zur

Kommunalen Wärmeplanung in Baden-Württemberg

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND)
Landesverband Baden-Württemberg e. V.
Marienstraße 28
70178 Stuttgart
Fon: +49 711 620306-16
Fax: +49 711 620306-77
bund.bawue@bund.net
www.bund-bawue.de

Stand: August 2021

Vorbemerkung

Dieses Dokument wird je nach Bedarf erweitert. Bitte melden Sie sich bei unserem Umweltreferenten Fritz Mielert unter fritz.mielert@bund.net.

Inhalt

Abfall	3
Abwärme	3
Biogas/Biomasse	4
Erdgas	5
Fuel Switch	5
Gebäudesanierung	6
Geothermie, oberflächennah	7
Großwärmepumpe	7
Kraft-Wärme-Kopplung	8
Liquefied Natural Gas (LNG)	8
Niedertemperatur/Temperaturniveau	9
Power-to-Gas	10
Power-to-Heat	10
Power-to-Liquids	11
Sektorkopplung	11
Solarthermie, gebäudeintegriert	11
Solarthermie-Freiflächenanlage	12
Tiefengeothermie	12
Umweltwärme	13
Wasserstoff	14
Wärmenetz	14
Wärmepumpe, dezentral	15
Wärmespeicher	16

Abfall

Klassifizierung: nur zum Teil erneuerbare Energiequelle

Beschreibung: Abfall wird in der Regel direkt verbrannt oder erst vergast und dann inkl. der entstandenen brennbaren Gase verbrannt. Mit der gewonnenen Energie wird Wasserdampf erhitzt, der seine Energie in Wärmenetze abgibt und/oder der Turbinen zur Stromerzeugung antreibt.

Probleme: Heute besteht ein Großteils des Abfalls, der verbrannt wird (Restmüll, Sperrmüll, Leichtstoffverpackungen) aus **Erdöl**. Die Verbrennung fossiler Rohstoffe heizt die Klimakrise an und muss deshalb so weit wie möglich vermieden werden.

Aus ökologischer Sicht ist es wichtig, einen immer größeren Anteil des Abfalls stofflich zu verwerten. Die Kreislaufwirtschaft strebt dabei an, die Stoffqualität zu erhalten, sodass z.B. aus einem Lebensmittelbehälter wieder ein Lebensmittelbehälter werden kann. Dies wird zu **perspektivisch weniger Abfall** führen, der verbrannt wird. Gleichzeitig nimmt durch eine wachsende Recyclingquote bei Kunststoffen der Heizwert des Abfalls ab. Ab einem bestimmten Punkt kann der Abfall nicht mehr ohne Zufeuerung verbrannt werden.

Hinweise für Wärmeplanung: Die Verbrennung von Abfall, der aus fossilen Rohstoffen besteht, sollte keine große Rolle spielen und über die Jahre abnehmen.

Siehe auch: [Biogas/Biomasse](#)

Abwärme

Klassifizierung: nur zum Teil erneuerbare Energiequelle

Beschreibung: Abwärme fällt z.B. bei Industrieprozessen und Rechenzentren teilweise im großen Stil an. Wenn sich diese in der Nähe von Siedlungen oder anderen Wärmeverbrauchern befinden, kann die Abwärme über Wärmetauscher in ein Wärmenetz eingespeist werden. In der Regel fällt Abwärme einigermaßen gleichmäßig über das Jahr verteilt an.

Probleme: Gerne wird Abwärme als erneuerbare Energiequelle klassifiziert, da – auch wenn ursprünglich fossile Energien zum Einsatz kamen – die CO₂-Emissionen schon erfolgt sind. Die Nutzung von Abwärme verbessert die Effizienz und in einigen Fällen auch die Rentabilität einer Anlage. Dies kann theoretisch dazu führen, dass der Druck zur Umstellung auf CO₂-freie Technologien abnimmt und eine Anlage länger als ursprünglich notwendig läuft. Außerdem ist Abwärme immer von der wirtschaftlichen Situation der Anlagen abhängig, in denen sie anfällt, sodass hinsichtlich ihrer dauerhaften Verfügbarkeit Unsicherheiten bestehen.

Teilweise bestehen Vorbehalte seitens der Unternehmen, da sich aus der Wärmebereitstellung Schlüsse auf die Produktion und damit auf die wirtschaftliche Lage eines Unternehmens ziehen lassen.

Hinweise für die Wärmeplanung: Beim Einsatz von Abwärme sollte ein Backup in Betracht gezogen werden, das einen dauerhaften Ausfall kompensieren kann.

Siehe auch: [Wärmenetz](#)

Weiterführende Links:

- [Pehnt et al: Die Nutzung industrieller Abwärme – technisch-wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung, 2010.](#)

Biogas/Biomasse

Klassifizierung: erneuerbare Energiequelle

Beschreibung: Biomasse wird entweder getrocknet und direkt verbrannt oder erst vergärt. Die Vergärung ist die effizientere Nutzung. Die bei der Vergärung anfallenden Reststoffe können z.B. als Düngemittel weiterverwendet werden. Biomasse lässt sich lagern und kann somit Energie zu Zeiten bereitstellen, in denen andere erneuerbare Energien nicht zur Verfügung stehen.

Probleme: Die Menge an Biomasse, die ökologisch nachhaltig gewonnen werden kann, ist stark begrenzt. Unterschieden wird zwischen Anbaubiomasse bzw. Bioenergiepflanzen, die extra zur Energiegewinnung angepflanzt werden, und biogenen Reststoffen. In den meisten Fällen ist Biomasse zu wertvoll, als dass sie direkt verbrannt werden sollte. Sinnvoller ist eine **Kaskadennutzung**, bei der z.B. ein Baum erst in einem Möbel, dann als Holzwole in einem Dämmstoff und zuletzt zur Energieerzeugung in der Verbrennung landet.

Zum Teil wird angestrebt, Biomasse von weit her zu importieren. So ist eine Kooperation zwischen der Stadt Hamburg und Namibia in Planung, bei der Buschwerk in die Hansestadt zur Verbrennung transportiert werden soll. Britische Kraftwerke importieren enorme Mengen Biomasse aus den USA, wo naturbelassene Wälder dem Kahlschlag zum Opfer fallen. Ein solcher **Biomasse-Import ist ökologisch nicht sinnvoll**, da einerseits der Export im Fall von Namibia eine Nutzung vor Ort verhindert und andererseits im Fall der USA wichtige Lebensräume zerstört werden.

In vielen Fällen macht **Biomasse-Anbau energetisch wenig Sinn**, da die gewinnbare Energiemenge pro Flächeneinheit deutlich unter der anderer erneuerbarer Energien liegt (Mais zu Photovoltaik ca. 1 zu 50).

Hinweise für die Wärmeplanung: Wenn regional biogene Reststoffe anfallen, ist es sinnvoll, diese regional zu nutzen. Dabei ist es wichtig, die Konkurrenz zwischen Kommunen um die begehrten Abfälle von Anfang an mitzubedenken und ein partnerschaftliches Konzept zu erarbeiten.

Siehe auch: [Abfall](#); [Wärmespeicher](#)

Weiterführende Links:

- [BUND-Position "Energetische Nutzung von Biomasse", 2010.](#)

- [Schreiben des Umweltbundesamts zur energetischen Verwertung von Buschholz aus Namibia, 2021.](#)
- [Englische Literatursammlung der NGO BioFuelWatch](#)

Erdgas

Klassifizierung: nicht erneuerbare Energiequelle

Beschreibung: Erdgas ist ein durch den Abbau von Biomasse (überwiegend Algen) über Jahrtausende natürlich entstandener, fossiler Energieträger. Es kann zur Wärmeerzeugung z.B. in Einzelgebäuden in Heizungen oder in Großkraft- bzw. -heizwerken zum Betrieb von Wärmenetzen zum Einsatz kommen. Bei einem Gas-und-Dampf-Kraftwerk (GuD-Kraftwerk) liegt der Wirkungsgrad typischerweise etwas über 60%, bei Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) kann der Wirkungsgrad der Anlage auf etwa 85 % erhöht werden.

Probleme: Erdgas ist ein fossiler Rohstoff, bei dessen Verbrennung Kohlenstoffdioxid (CO₂) und geringe Mengen an Stickoxiden (NO_x, als NO und NO₂) entstehen. Der Hauptbestandteil von Erdgas ist Methan, das auf 20 Jahre gerechnet 84-mal so klimaschädlich ist wie CO₂. Dementsprechend groß sind die Auswirkungen von Verlusten ("Methanschlupf").

Hinweise für die Wärmeplanung: In einem erneuerbaren Energiesystem hat Erdgas nichts zu suchen. Wenn Erdgas eingesetzt werden soll, sollte es von Anfang an zeitlich und mengenmäßig begrenzt werden (z.B. Spitzenlastdeckung). Soll Erdgas auf absehbare Zeit durch z.B. Biogas oder Wasserstoff ersetzt werden, muss geklärt sein, ob es wahrscheinlich ist, dass diese Alternativen zum gewünschten Zeitpunkt ökologisch verträglich im notwendigen Umfang und zu einem akzeptablen Preis zur Verfügung stehen.

Siehe auch: [Biogas/Biomasse](#); [Kraft-Wärme-Kopplung](#); [Liquefied Natural Gas \(LNG\)](#); [Wasserstoff](#)

Weiterführende Links:

- [Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft: Was Erdgas wirklich kostet: Roadmap für den fossilen Gasausstieg im Wärmesektor, 2021.](#)

Fuel Switch

Klassifizierung: Prinzip im Energiesystem

Beschreibung: Unter Fuel Switch wird die Umstellung einer Anlage oder eines Anlagenstandorts von einem Brennstoff oder Energieträger auf einen anderen bezeichnet. In der Regel geht es um die Umstellung von Kohle auf Erdgas, Erdöl bzw. Heizöl oder Biomasse. In einem späteren Schritt soll häufig eine weitere Umstellung auf Wasserstoff stattfinden. Die großen Energieversorgungsunternehmen preisen den Fuel Switch von Steinkohle zu Erdgas als einzige Möglichkeit an, die CO₂-Emissionen schnell zu reduzieren.

Probleme: Bei einem Fuel Switch zu Erdgas kann es zu einem Lock-In-Effekt kommen, der eine weitere Dekarbonisierung verhindert. Gründe hierfür können sein, dass ein Alternativbrennstoff nicht rechtzeitig zur Verfügung steht, die Anlagen Temperaturen liefern, die eine Absenkung des Temperaturniveaus im Wärmenetz nicht zulassen, oder dass die neu errichteten Anlagen noch nicht abgeschrieben sind.

Hinweise für die Wärmeplanung: siehe [Erdgas](#)

Siehe auch: [Biogas/Biomasse](#), [Erdgas](#), [Niedertemperatur/Temperaturniveau](#)

Gebäudesanierung

Klassifizierung: Energieeinsparung

Beschreibung: Im Vordergrund der thermischen Sanierung steht die Verringerung der Wärmeverluste über das Dach, die Außenwände, Fenster, Türen und den Boden. Die thermische Gebäudesanierung hilft dabei, einerseits den Energiebedarf insgesamt und andererseits das notwendige Temperaturniveau abzusenken. Die serielle Sanierung, bei der neue Gebäudeteile mittels industrieller Verfahren (3D-Aufmaß, Vorfertigung von Wand- und Dachelementen) hergestellt werden, kann die Geschwindigkeit deutlich erhöhen. Bei grundlegenden Dachsanierungen besteht in Baden-Württemberg zukünftig die Pflicht, Solarthermie- oder Photovoltaikanlagen zu installieren.

Probleme: Momentan liegt die jährliche Sanierungsquote in Baden-Württemberg bei etwa einem Prozent. Sie muss deutlich gesteigert werden. Hierbei entstehen immense Kosten, die sozial gerecht verteilt werden müssen. Gleichzeitig fehlen qualifizierte Betriebe und das entsprechende Fachpersonal, um die Arbeiten in der erforderlichen bautechnischen Qualität umsetzen zu können. Auch spielen bisher ökologische Aspekte, die über die Bauphysik hinausgehen, bei der thermischen Sanierung selten eine Rolle. Dringend muss der Fokus auf den Einsatz nachwachsender Rohstoffe und eine möglichst gute Recyclingfähigkeit verschoben werden.

Hinweise für die Wärmeplanung: Die thermische Sanierung von Gebäuden ist ein zentraler Schlüssel zum Gelingen der Wärmewende.

Siehe auch: [Niedertemperatur/Temperaturniveau](#); [Solarthermie, gebäudeintegriert](#); [Wärmenetz](#); [Wärmepumpe, dezentral](#)

Weiterführende Links:

- [ifeu: Gebäude mit der schlechtesten Leistung \(Worst performing Buildings\) - Klimaschutzpotenzial der unsanierten Gebäude in Deutschland, 2021.](#)
- [DUH: Energetische Gebäudesanierung – Fragen und Antworten zur Wirtschaftlichkeit, 2017.](#)

Geothermie, oberflächennah

Klassifizierung: je nach Quelle des zum Betrieb benötigten elektrischen Stroms ganz oder teilweise erneuerbare Energiequelle

Beschreibung: Im Boden wird in einer Tiefe von ca. 1,5 Metern über eine größere Fläche ein horizontales Rohrsystem verlegt oder es werden Erdwärmesonden in bis zu 400 m tiefe Bohrungen eingebracht. Durch das jeweilige Rohrsystem wird eine Flüssigkeit gepumpt, die dem Boden Wärme entzieht. Die Flüssigkeit dient als Heizquelle im Verdampfer einer Wärmepumpe, kühlt sich infolge der Wärmeabgabe an das Kältemittel der Wärmepumpe wieder auf wenige °C ab und wird dann wieder durch das Rohrsystem gepumpt.

Probleme: Die Nutzung von Erdwärme mittels horizontal verlegter Rohrsysteme ist nur möglich, wenn die zur Verfügung stehende Grundfläche (überschlägig bei schlechtem Sanierungsstandard die doppelte Wohnfläche) ausreichend ist.

Die Möglichkeit zum Einsatz von Erdwärmesonden hängt von den geologischen Gegebenheiten ab; häufig sind aufwändige Probebohrungen und geologische Gutachten notwendig.

Inwiefern sich die dauerhafte Wärmeabfuhr aus dem oberflächennahen Boden langfristig auf die im Boden vorhandenen Organismen auswirkt, ist nicht erforscht.

Hinweise für die Wärmeplanung: Wenn die notwendigen Flächen bzw. das thermische Potential vorhanden ist, ist oberflächennahe Geothermie eine interessante Option für Einzelgebäude, kleinere Wärmenetze oder als eine unter vielen Energiequellen in größeren Wärmenetzen.

Siehe auch: [Tiefengeothermie](#); [Umweltwärme](#); [Wärmepumpe, dezentral](#)

Großwärmepumpe

Klassifizierung: je nach Quelle des zum Betrieb benötigten elektrischen Stroms ganz oder teilweise erneuerbare Energiequelle

Beschreibung: Wärmepumpen mit einer Heizleistung von mindestens 100 kW werden als Großwärmepumpen bezeichnet. Weitere Informationen: Siehe Wärmepumpe, dezentral. Großwärmepumpen können Wärme z.B. aus Gewässern, Abwässern, Industrieanlagen nutzbar machen und in Wärmenetze einspeisen.

Probleme: Siehe Wärmepumpe, dezentral

Hinweise für die Wärmeplanung: Großwärmepumpen können je nach lokalen Gegebenheiten einen bedeutenden Beitrag zur Wärmewende leisten. Die Auswirkungen auf Ökosysteme bei der Wärmeentnahme aus Gewässern sollten mitbetrachtet werden. Die Nutzung von Wärme aus fossilen Kraftwerken per Wärmepumpe kann die Kraftwerke an sich wirtschaftlicher werden lassen und so den Ausstieg aus der Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas verzögern.

Siehe auch: [Abwärme](#); [Umweltwärme](#); [Wärmepumpe, dezentral](#)

Weiterführende Links:

- [Heidelberg kohlefrei: Potential der Flusswärme in Heidelberg und Umgebung, 2020.](#)
- [Stadtwerke Lemgo: Flusswärmepumpen für die Wärmewende, 2021.](#)

Kraft-Wärme-Kopplung

Klassifizierung: Prinzip der Energiegewinnung

Beschreibung: Nutzung einer Energiequelle (Kohle, Erdgas, Erdöl, Abfall, Biomasse oder in Ausnahmefällen auch Tiefengeothermie) zur gleichzeitigen Gewinnung von mechanischer Energie und nutzbarer Wärme. In Kraftwerken wird die gewonnene mechanische Energie in elektrischen Strom umgewandelt und die Abwärme wird in dem Maß, in dem es wirtschaftlich sinnvoll erscheint, ausgekoppelt, um sie als Prozesswärme zu nutzen oder in ein Wärmenetz einzuspeisen.

In Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) wird das durch die Verbrennung eines Brennstoffs entstehende heiße Rauchgas zunächst genutzt, um überhitzten Hochdruckdampf zu erzeugen und nach Möglichkeit eine Gasturbine anzutreiben. Der Hochdruckdampf wird über mehrere Turbinen entspannt. Die Dampfturbinen und die etwaige Gasturbine treiben einen Generator an, welcher der Erzeugung von elektrischem Strom dient. Die nach der Dampferzeugung im Rauchgas verbliebene Restwärme wird in einer KWK-Anlage im wirtschaftlich sinnvollen Maß in ein Wärmenetz eingespeist oder als Prozesswärme in Industrieanlagen verwendet. So erreichen KWK-Anlage Wirkungsgrade bis zu ca. 85 %.

Falls entsprechende Temperaturen zur Verfügung stehen, ist es grundsätzlich denkbar, tiefengeothermische Anlagen als KWK-Anlagen auszuführen.

Probleme: Die Effizienz, die sich durch die Kopplung von Strom- und Wärmeproduktion ergibt, kann in einem weitestgehend erneuerbaren System zu einem Problem werden, falls die Speicher für gerade nicht benötigten Strom oder Wärme nicht vorhanden sind.

Hinweise für die Wärmeplanung: Um Fehlinvestitionen zu vermeiden, sollte unbedingt darauf geachtet werden, dass über die gesamte Lebensdauer der Anlage so viel Strom und Wärme gleichzeitig abgenommen wird, dass ein sinnvoller Betrieb möglich ist. Geht es nur um eine Deckung von Lastspitzen des Verbrauchs oder um die Sicherstellung von Redundanzen im Netz, kann es sinnvoller sein, auf die Kopplung zu verzichten.

Siehe auch: [Abfall](#); [Biogas/Biomasse](#); [Erdgas](#); [Tiefengeothermie](#)

Liquefied Natural Gas (LNG)

Klassifizierung: fossile Energiequelle

Beschreibung: Verflüssigtes Erdgas (englisch: liquefied natural gas, LNG) bezeichnet Erdgas, das durch Verdichtung und Kühlung verflüssigt wurde, um einen wirtschaftlichen Transport mit Tankschiffen zu ermöglichen.

Probleme: LNG ist vor allem im Gespräch, um besonders umweltschädlich gewonnenes Fracking-Erdgas aus den USA über spezielle Terminals an der Nordseeküste in das deutsche Erdgasnetz einzuspeisen. Der BUND lehnt deshalb den Import von LNG entschieden ab. Die übrigen Probleme entsprechen denen von [Erdgas](#).

Hinweise für die Wärmeplanung: Siehe [Erdgas](#)

Siehe auch: [Erdgas](#)

Weiterführende Links:

- [Deutsche Umwelthilfe zu LNG-Terminals: Keine Großinvestitionen in fossile Energieträger](#)

Niedertemperatur/Temperaturniveau

Klassifizierung: Energieeinsparung

Beschreibung: Je geringer das Temperaturniveau in einem Wärmenetz oder einem Heizkreislauf ist, desto geringer sind die Energieverluste. Von Niedertemperatur- oder Low-Ex-Netzen wird bis zu einer Vorlauftemperatur von 95°C gesprochen. Dabei wird noch einmal zwischen Temperaturen bis 40°C, bis ca. 60°C (Legionellengrenze) und 70-95°C unterschieden. 85°C reichen aus, um unsanierte Bestandsbauten mit schlechten Heizkörpern zu versorgen.

Probleme: Bei Netzen unterhalb der Legionellengrenze ist eine zusätzliche Wärmepumpe in den Einzelgebäuden notwendig, wenn Brauchwasser erwärmt werden soll. Dies macht etwas aufwändigere Übergabestationen in den Gebäuden notwendig.

Hinweise für die Wärmeplanung: Wenn Umweltwärme, Geothermie und Solarthermie direkt in ein Wärmenetz einspeisen sollen, ist es in der Regel notwendig, die Netze mit niedrigen Vorlauftemperaturen zu betreiben. Die Absenkung der Netztemperaturen ist damit Grundvoraussetzung, wenn Wärmenetze mit erneuerbaren Energien betrieben werden sollen.

Siehe auch: [Gebäudesanierung](#); [Umweltwärme](#); [Wärmenetz](#)

Weiterführende Links:

- [ifeu: Wärmenetzsysteme 4.0 Endbericht – Kurzstudie zur Umsetzung der Maßnahme „Modellvorhaben erneuerbare Energien in hocheffizienten Niedertemperaturwärmenetzen“](#), 2017.

Power-to-Gas

Klassifizierung: Auf Basis von elektrischem Strom erzeugte gasförmige Energieträger

Beschreibung: Power-to-Gas (PtG) bedeutet, dass zunächst elektrischer Strom dazu eingesetzt wird, Wasserstoff durch die Elektrolyse von Wasser herzustellen. Entweder wird dieser Wasserstoff direkt als Energieträger verwendet oder in einem zweiten Prozessschritt mit Kohlendioxid zu Methan und Wasserdampf umgesetzt. Dieser zweite Prozessschritt kann entweder in Form einer katalysierten chemischen Reaktion bei einer Temperatur von mehreren hundert °C oder in Form eines biologischen Prozesses unter Verwendung methanbildender Bakterien im Temperaturbereich zwischen 30 °C und 70 °C erfolgen. Nach der Abtrennung des Wassers verbleibt Methan. Methan ist der Hauptbestandteil von Erdgas.

Probleme: Die Wirkungsgrade von Power-to-Gas-Prozessen sind merklich niedriger als der Wirkungsgrad der elektrolytischen Wasserstoffherzeugung. Die Hauptgründe hierfür sind der Energiebedarf für die Verdichtung der gasförmigen Reaktionsgemische und die Tatsache, dass im Verlauf der genannten Prozesse verhältnismäßig viel Wärme freigesetzt wird, bei deren Nutzung zur Dampferzeugung und anschließenden Verstromung des Dampfes Verluste auftreten. Weiterhin ist die Erstellung der benötigten Anlagen mit hohen Kosten verbunden. Methan hat, siehe Erdgas, eine hohe Klimawirksamkeit, ist im Gegenzug aber einfacher speicherbar als Wasserstoff.

Hinweise für die Wärmeplanung: Aufgrund der Energieverluste bei der Herstellung, die mit entsprechenden Kosten einhergehen, sollten Wasserstoff und Methan momentan nicht zur Wärmeerzeugung genutzt werden. Ihre Anwendungsfelder sind z.B. die chemische Industrie oder Bereiche der Mobilität (Schiffs- und Flugverkehr), die nicht elektrifiziert werden können. Ob schon in den kommenden 20 Jahren mit wettbewerbsfähigem PtG zu rechnen ist, ist höchst unwahrscheinlich. Es muss sichergestellt werden, dass der verwendete Strom aus erneuerbaren Quellen stammt.

Siehe auch: [Erdgas](#); [Power-to-Liquids](#); [Wasserstoff](#)

Power-to-Heat

Klassifizierung: Prinzip im Energiesystem

Beschreibung: Power-to-Heat bezeichnet die direkte Beheizung von Gebäuden und von industriellen Prozessen mit elektrischem Strom. In der Regel kommen ein Heizstab oder eine Heizbatterie zum Einsatz.

Probleme: Energetisch gesehen ist es sinnvoller, den elektrischen Strom zum Betrieb von Wärmepumpen zu nutzen, da auf diesem Weg zusätzlich Umweltwärme in Heizwärme umgewandelt werden kann, sodass die Wärmeausbeute aus dem elektrischen Strom dreibis fünfmal so hoch ist wie bei einer direkten elektrischen Beheizung.

Hinweise für die Wärmeplanung: Power-to-Heat sollte nur bei extremen Stromüberschüssen, die nicht anders gespeichert werden können, oder zur Deckung von Lastspitzen, die nicht anders wirtschaftlich gedeckt werden können, zur Anwendung kommen.

Power-to-Liquids

Klassifizierung: Auf Basis von elektrischem Strom erzeugte flüssige Energieträger

Beschreibung: Power-to-Liquids (PtL) bedeutet, dass elektrolytisch aus Wasser erzeugter Wasserstoff mit Kohlendioxid in einer katalysierten Reaktion zunächst in ein Gemisch aus Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Wasserdampf umgeformt wird. Nachdem der Wasserdampf aus diesem Gemisch auskondensiert wurde, wird dem Gemisch weiterer elektrolytisch erzeugter Wasserstoff zugeführt. Aus dem dann vorliegenden Gemisch können in einem weiteren katalysierten Reaktionsschritt flüssige Kohlenwasserstoffe hergestellt werden, die dann als Brennstoffe genutzt oder zu Treibstoffen aufbereitet werden können.

Probleme: Der Gesamtwirkungsgrad von PtL ist noch einmal schlechter als der von Power-to-Gas.

Hinweise für die Wärmeplanung: Theoretisch könnten PtL bei der Umrüstung alter Ölheizungen zum Einsatz kommen. Aufgrund der vielen Umwandlungsschritte werden PtL zum Heizen aber weitestgehend unerschwinglich sein und bei der Wärmewende keine Rolle spielen.

Siehe auch: [Power-to-Gas](#); [Wasserstoff](#)

Sektorkopplung

Klassifizierung: Prinzip im Energiesystem

Beschreibung: Unter Sektorkopplung versteht man die Vernetzung verschiedener Sektoren der Energiewirtschaft (Mobilität, Wärme, Elektrizität und Industrie). Damit ist es möglich, alle Sektoren zu dekarbonisieren, den Energieverbrauch zu senken (siehe Wärmepumpe) und Speicherpotenziale für die erneuerbaren Energien zu erschließen.

Hinweise für die Wärmeplanung: Für eine erfolgreiche Transformation des gesamten Energiesystems ist es zentral, die einzelnen Bereiche nicht getrennt zu betrachten. Wenn möglich sollten deshalb bei der Wärmeplanung die Sektoren Mobilität, Elektrizität und Industrie zumindest grob mitbetrachtet werden.

Solarthermie, gebäudeintegriert

Klassifizierung: erneuerbare Energiequelle

Beschreibung: Wasser wird durch Rohre gepumpt, welche auf Dächern und an Fassaden von Gebäuden verlegt sind. Dabei nimmt das Wasser die Wärme auf, die den Rohren durch die Sonneneinstrahlung zugeführt wird. Das so erzeugte warme Wasser wird dient der Beheizung des Gebäudes oder der Warmwassererzeugung.

Probleme: Im Fokus aller Überlegungen zur Dekarbonisierung muss die Vollversorgung mittels erneuerbarer Energien stehen. Bei Solarthermie stellt sich unweigerlich die Frage nach der saisonalen Speicherung. Dies ist in Bestandsgebäuden fast nicht möglich.

Hinweise für die Wärmeplanung: Wenn eine Speicherung überschüssiger Energie im Sommer nicht gewährleistet ist, ist es sinnvoller, Photovoltaik statt Solarthermie einzusetzen.

Siehe auch: [Gebäudesanierung](#); [Solarthermie-Freiflächenanlage](#)

Solarthermie-Freiflächenanlage

Klassifizierung: erneuerbare Energiequelle

Beschreibung: Wasser wird durch Rohrsysteme bzw. Kollektoren gepumpt, welche auf Freiflächen installiert sind. Dabei nimmt das Wasser die Wärme auf, die den Kollektoren durch die Sonneneinstrahlung zugeführt wird. Das so erzeugte warme Wasser wird in ein Wärmenetz eingespeist.

Probleme: Genau wie bei gebäudeintegrierter Solarthermie stellt sich die Frage nach der saisonalen Speicherung der gewonnenen Energie. Alternativ kann eine Solarthermie-Freiflächenanlage auch so ausgelegt werden, dass sie im Sommer nicht mehr als die im Wärmenetz benötigte Energie bereitstellt. Da Wärmetransport immer mit Verlusten verbunden ist, sollten Solarthermie-Freiflächenanlagen immer in der Nähe von Siedlungen oder anderen Wärmeverbrauchern errichtet werden. Dies führt zu einer Flächenkonkurrenz.

Hinweise für die Wärmeplanung: In Dänemark wurden in der Vergangenheit in großem Stil Solarthermie-Freiflächenanlagen inkl. dazugehöriger Wärmespeicher errichtet. In Baden-Württemberg gibt es eine größere Anlage in Ludwigsburg. Werden Energiesysteme der Zukunft nach rein wirtschaftlichen Aspekten optimiert, spielen Solarthermie-Freiflächenanlagen wegen der Speicherproblematik häufig keine Rolle.

Siehe auch: [Solarthermie, gebäudeintegriert](#); [Wärmenetz](#); [Wärmespeicher](#)

Tiefengeothermie

Klassifizierung: erneuerbare Energiequelle

Beschreibung: Die Tiefengeothermie nutzt Erdwärme aus Tiefen zwischen 400 m bis hin zu 5000 m. Damit kann Wasser auf Temperaturen von mehr als 90 °C erwärmt werden und – anders als bei der oberflächennahen Geothermie – ohne Einsatz einer Wärmepumpe zu Heizzwecken genutzt werden. Die größte Erfahrung besteht mit der hydrothermalen

Geothermie: Es werden zwei Erdbohrungen angelegt, die bis zu einem unterirdischen Thermalwasservorkommen reichen. Durch die eine Bohrung wird kaltes Wasser in dieses Thermalwasservorkommen gepumpt. Dieses Wasser verdrängt heißes Thermalwasser, welches über die zweite Bohrung entweicht und dann zu Heizzwecken genutzt werden kann. Eine zweite Möglichkeit besteht theoretisch in der Nutzung von Erdwärme aus heißem, wenig porigem und wenig geklüfteten Tiefengestein oder Sedimentgestein, das frei von Thermalwasser ist (petrothermale Geothermie). Petrothermale Geothermie kommt bisher in Deutschland nicht zum Einsatz.

Probleme: Aufgrund verschiedener Probleme z.B. in Staufen (oberflächennahe Geothermie) und bei Straßburg (petrothermale Geothermie, wird in Deutschland nicht angewendet) bestehen in der Öffentlichkeit Vorbehalte gegen Tiefengeothermie. Das Wissen um die Beschaffenheit der Untergründe in die gebohrt wird, ist in der Regel gering, sodass immer ein Fündigkeitsrisiko besteht. Je nach Standort und nachströmender Wärme aus dem Erdinnern kann eine Bohrung früher oder später ausgebeutet sein.

Hinweise für die Wärmeplanung: In Baden-Württemberg hat die Tiefengeothermie entlang der Oberrheingraben und im süddeutschen Molassebecken Potenzial. Tiefengeothermie eignet sich insbesondere, wenn größere Wärmenetze schon existieren oder geplant sind. Der BUND lehnt eine Nutzung von Geothermie zur Stromerzeugung ab und fordert eine Umweltverträglichkeitsprüfung, die Sicherstellung von Transparenz und Beteiligung und Absicherungen gegen Schäden.

Siehe auch: [Geothermie, oberflächennah](#)

Weiterführende Links:

- [BUND-Position 68: Strom und Wärme aus Tiefengeothermie, 2019.](#)

Umweltwärme

Klassifizierung: erneuerbare Energiequelle

Beschreibung: Umweltwärme bezeichnet leicht zu erschließende Energiequellen, wie Oberflächengewässer (hydrothermische Umweltwärme), Umgebungsluft (aerothermische Umweltwärme) und oberflächennahe Geothermie. Gemein ist diesen Energiequellen, dass ihre Energie aus der Sonne stammt und sie keine hohen Temperaturniveaus zur Verfügung stellen können. Umweltwärmequellen sind flächendeckend vorhanden.

Hinweise für die Wärmeplanung: Aufgrund der niedrigen Temperaturniveaus erfordert die Nutzung von Umweltwärme eine Umstellung der Wärmenetze und der Verbrauchsseite auf niedrigere Temperaturen. Selten reicht eine Umweltwärmequelle, um den gesamten Energiebedarf zur Verfügung zu stellen. Dies macht ein System einerseits resilienter gegen Ausfälle, andererseits aber auch komplexer.

Siehe auch: [Geothermie, oberflächennah](#); [Großwärmepumpe](#); [Niedertemperatur/Temperaturniveau](#); [Wärmenetz](#); [Wärmepumpe, dezentral](#)

Wasserstoff

Klassifizierung: Energieträger

Beschreibung: Wasserstoff (H₂) ist ein sehr universeller Energieträger, der sowohl stofflich in der chemischen Industrie als auch energetisch genutzt werden kann. Die Speicherung von Wasserstoff ist aufwendiger als die von Methan, da Wasserstoff leichter Barrieren durchdringt. Wasserstoff kann sowohl in speziellen Netzen transportiert als auch dem Erdgasnetz bis zu einem bestimmten Prozentsatz (die technischen Angaben hierzu erhöhen sich immer wieder) zugemischt werden. Zugemischter Wasserstoff kann auch wieder aus Erdgas herausgefiltert werden. Auch eine chemische Speicherung von Wasserstoff durch Hydrierung ist möglich. Klimaneutral hergestellt wird Wasserstoff aus Wasser mittels Elektrolyse durch erneuerbaren Strom.

Probleme: Bisher wird Wasserstoff weitestgehend aus Synthesegas gewonnen, also letztendlich aus fossilen Rohstoffen und ist damit nicht klimaneutral. Die Nachfrage nach Wasserstoff wird in Zukunft insbesondere aus der Industrie stark steigen. Dort wird Wasserstoff energetisch für Hochtemperaturanwendungen und chemisch als Ersatz für fossile Rohstoffe zum Einsatz kommen. Power-to-Gas- und Power-to-Liquid-Produkte, die auf Wasserstoff basieren, werden voraussichtlich im Mobilitätssektor (Flug- und Schiffsverkehr) eine bedeutende Rolle spielen. Aufgrund dieser Konkurrenz ist davon auszugehen, dass klimaneutraler (grüner) Wasserstoff knapp und dementsprechend teuer sein wird. Am Standort der Elektrolyseure muss die Versorgung mit vollentsalztem Wasser gegeben sein, was in bestimmten Regionen soziale und ökologische Probleme nach sich ziehen kann und sich wiederum auf den Preis auswirken könnte.

Hinweise für die Wärmeplanung: Wasserstoff wird voraussichtlich als saisonaler Energiespeicher zum Einsatz kommen. Die vorliegenden Studien schließen Wasserstoff im Wärmesektor weitestgehend aus, was mit der Strategie der EnBW kollidiert, Erdgaskraftwerke zu errichten und diese später auf Wasserstoff umzurüsten. Wenn Wasserstoff eingesetzt werden soll, sollten auch schon Angaben zu möglichen Mengen, Preisen und Herkünften gemacht werden.

Siehe auch: [Biogas/Biomasse](#); [Erdgas](#); [Fuel Switch](#); [Power-to-Gas](#); [Power-to-Liquids](#); [Wärmespeicher](#)

Weiterführende Links:

- [BUND: Wasserstoff und Power-to-X](#) (inkl. Farbenlehre)

Wärmenetz

Klassifizierung: Speicherung und Verteilung

Beschreibung: Wärmenetze dienen dem Transport von Wärmeenergie zwischen Wärmequellen und Wärmesenken. Unterschieden wird zwischen Nah- und Fernwärmenetzen und zwischen Netzen verschiedener Temperaturniveaus (siehe

[Niedertemperatur/Temperaturniveau](#)). Je weniger weit Wärme transportiert werden muss, je niedriger die Temperatur liegt und je besser die Isolierung der Rohrleitungen des Wärmenetzes ist, desto effizienter geschieht der Wärmetransport.

Hinweise für die Wärmeplanung: Ob der Aufbau eines Wärmenetzes Sinn macht, hängt von verschiedenen Faktoren ab: Siedlungsdichte, Wärmebedarf pro Flächeneinheit, energetischer Standard der Bebauung, Alter und Art der bestehen Wärmeerzeuger. Um dies zu beurteilen, ist eine solide, quartiersbezogene Datenerhebung notwendig. Für eine grobe Abschätzung hilft der *Pan-European Thermal Atlas*.

Siehe auch: [Abwärme](#); [Großwärmepumpe](#); [Niedertemperatur/Temperaturniveau](#); [Umweltwärme](#); [Wärmepumpe, dezentral](#);

Weiterführende Links:

- [Pan-European Thermal Atlas \(interaktive Karte\)](#)

Wärmepumpe, dezentral

Klassifizierung: je nach Quelle des zum Betrieb benötigten elektrischen Stroms ganz oder teilweise erneuerbare Energiequelle

Beschreibung: Dezentrale Wärmepumpen können Umweltwärmequellen für die Raumwärme nutzbar machen. Die eingesetzten Wärmepumpen funktionieren im Prinzip wie Kühlschränke: Ein flüssiges Kältemittel wird bei niedriger Temperatur verdampft, dann verdichtet (wobei seine Temperatur steigt) und bei dem erhöhten Druck (und höherer Temperatur) kondensiert. Anschließend wird das verflüssigte Kältemittel über ein Ventil auf den Arbeitsdruck des Verdampfers entspannt, verdampft dabei teilweise und kühlt sich auf eine niedrige Temperatur ab. Dann beginnt der Kreisprozess wieder von Neuem. Bei Wärmepumpen hingegen besteht der Nutzen darin, dass die bei der Kondensation des Kältemittels freigesetzte Wärme bei einer hohen Temperatur an den Heizkreislauf abgegeben wird.

Typischerweise ist die im Laufe einer Heizperiode von einer Wärmepumpe abgegebene Heizwärme drei- bis fünfmal so groß wie die vom Verdichter verbrauchte Antriebsenergie. Dieses Verhältnis heißt Jahresarbeitszahl.

Probleme: Eine Wärmepumpe muss eine möglichst hohe Jahresarbeitszahl haben, um den eingesetzten Strom effizient zu verwenden. Insbesondere wenn der Strom nicht aus erneuerbaren Quellen stammt, kann eine niedrige Jahresarbeitszahl die Ökobilanz einer Wärmepumpe erheblich verschlechtern. Für eine hohe Effizienz ist auch das zu erreichende Temperaturniveau des Heizkreislaufs und damit eine gute Wärmedämmung des Gebäudes notwendig. Das heute in Wärmepumpen meistgenutzte Kältemittel R410A ist extrem klimaschädlich, wenn es entweicht; klimafreundliche Alternativen wie R290 sind aber vorhanden.

Hinweise für die Wärmeplanung: Energetisch gesehen sind Wärmepumpen gegenüber rein elektrischen Heizungen zu bevorzugen, da die von einer Wärmepumpe zur Verfügung

gestellte Heizwärme ein Mehrfaches ihres Bedarfs an elektrischer Energie beträgt. Die Zuverlässigkeit des Verdichters der Wärmepumpe und die im Fall eines Defekts des Verdichters typischerweise benötigte Zeitdauer bis zu dessen Reparatur sollten bedacht werden. Gegebenenfalls könnte es im Hinblick auf die Verfügbarkeit der Heizwärme sinnvoll sein, mehrere dezentrale Wärmepumpen in einem Quartier zu vernetzen oder den Stromanschluss eines einzelnen mittels einer Wärmepumpe so auszulegen, dass im Bedarfsfall die Beheizung durch mobile, elektrisch betriebene Heizeinrichtungen erfolgen kann. Bei Großwärmepumpen könnte die Installation mehrerer kleinerer Verdichter anstelle eines größeren Verdichters im Hinblick auf die Verfügbarkeit der Heizwärme sinnvoll sein. All diese Maßnahmen kosten natürlich Geld.

Siehe auch: [Gebäudesanierung](#); [Großwärmepumpe](#); [Niedertemperatur/Temperaturniveau](#); [Umweltwärme](#)

Weiterführende Links:

- [Umweltbundesamt: Heizen & Bauen – Wärmepumpe](#)
- [Fraunhofer ISE: Auch in Bestandsgebäuden funktionieren Wärmepumpen zuverlässig und sind klimafreundlich – Feldtest des Fraunhofer ISE abgeschlossen, 2020.](#)

Wärmespeicher

Klassifizierung: Speicherung und Verteilung

Beschreibung: Wärmespeicher dienen der saisonalen oder kürzeren Speicherung von überschüssiger Wärme, um eine Ungleichzeitigkeit von Angebot und Nachfrage auszugleichen. Der größte Speicher befindet sich mit 75.000 m³ und einem Energiespeichervermögen von 4.350 Megawattstunden im dänischen Marstal und ist an ein Nahwärmenetz angeschlossen, das 2.200 Einwohner*innen versorgt. Es handelt sich um einen Erdbeckenspeicher. Alternativen für große, saisonale Speicher sind Erdsonden-Speicher und Aquifer-Speicher, die Wärme im Untergrund speichern. Kleinere Speicher sind in der Regel zylindrische Behälter.

Probleme: Insbesondere die saisonale Wärmespeicherung ist in der Regel mittlerweile energetisch und finanziell ungünstiger als die Kombination aus Wärmepumpen und z.B. chemische Stromspeicher.

Hinweise für die Wärmeplanung: Wahrscheinlich sind große saisonale Wärmespeicher von nur geringer Bedeutung für die Wärmeplanung. Kurzzeitigere Speicher können aber durchaus Sinn ergeben.

Siehe auch: [Solarthermie-Freiflächenanlage](#)