

ZUKUNFT DER KRAFT- WÄRME-KOPPLUNG

I. Wie kann die Wärmewende gelingen?

Dieses Whitepaper ist der erste Teil einer Serie, die dem Einsatz von zukunftsfähiger Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zur Unterstützung der Wärmewende gewidmet ist. Da mehr als die Hälfte des Endenergieverbrauchs in Deutschland auf den Wärme- und Kältesektor entfällt, kann die Energiewende nur mit einer umfassenden Wärmewende gelingen. Deshalb sieht die kommunale Wärmeplanung der deutschen Bundesregierung vor, dass der Anteil erneuerbarer Energien im Wärme- und Kältesektor bis 2030 auf 50% steigen soll. Die hocheffiziente KWK ist ein zentraler Baustein zur Erreichung dieses anspruchsvollen Ziels. Diese Publikation richtet sich an alle Akteure, die die Zukunft der Energielandschaft aktiv mitgestalten.



INHALT

1. ZUSAMMENFASSUNG	2
2. WIE KÖNNEN WIR IN DEUTSCHLAND DIE WÄRMEWENDE SCHAFFEN?	3
2.1 Ohne Wärmewende keine Energiewende	4
2.2 Wärme ist nicht gleich Wärme	5
2.3 Lokale Wärme- und Stromwende	9
2.3.1 Die kommunale Wärmeplanung als Instrument der Wärmewende	9
2.4 Residuallast – Versorgungskriterium der Zukunft schon heute	11
3. WARUM IST DIE KWK HEUTE UND IN ZUKUNFT EIN WICHTIGER PLAYER DER ENERGIEWENDE	12
3.1 Flexible und wirtschaftliche Fahrweise	13
3.2 KWK zur Unterstützung der Versorgungssicherheit	15
3.3 Die neue Rolle der KWK	16
4. BEST PRACTICE IN DEUTSCHLAND: VIER BEISPIELE	17
5. OUTLOOK WHITEPAPER II	21

1. ZUSAMMENFASSUNG

Mehr als die Hälfte des Endenergieverbrauchs in Deutschland entfällt auf den Wärme- und Kältesektor. Die Energiewende kann daher nur mit einer umfassenden Wärmewende gelingen. 2021 lag der Anteil erneuerbarer Energien im Wärme- und Kältesektor noch bei nur rund 17%. Bis 2030 soll er entsprechend der flächendeckenden und verpflichtenden kommunalen Wärmeplanung der deutschen Bundesregierung auf 50% steigen – das ist ein anspruchsvolles Ziel.¹

In einer kleinen Serie wollen wir beschreiben, wie sich die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) vom wärmegeführten Grundlastbetrieb zukünftig zu dezentralen Einheiten mit hochflexibler Technologie verändert, um damit die erneuerbare Strom- und auch Wärmeerzeugung zu unterstützen und die Versorgungssicherheit in beiden Bereichen zu garantieren. Dies kann in einem weiteren Schritt auch mit dekarbonisierten Kraftstoffen umgesetzt werden, sobald diese verfügbar sind.

Neben der Umsetzung von Maßnahmen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung durch den direkten Einsatz von erneuerbaren Energieträgern (z. B. Solarthermie, Geothermie und Abwärme) gilt es dabei, die Versorgungssicherheit weiterhin zu gewährleisten.

Ein erster Schritt besteht darin, klimaneutrale und erneuerbare, aber auch noch fossile Energie träger mithilfe von KWK möglichst effizient zu nutzen und dadurch im Vergleich zur ungekoppelten Wärmeerzeugung Primärenergie – und damit bei fossilen Kraftstoffen Treibhausgasemissionen – einzusparen. Sobald Wasserstoff (H₂) und andere Synthesegase in vollem Umfang zur Verfügung stehen, können die KWK-Anlagen auf erneuerbare Energiequellen umgerüstet werden, und der Prozess der Wärmewende ist abgeschlossen.

Zukunftsfähige KWK-Anlagen werden daher nicht mehr wie früher auf die Grundlast des Wärmebedarfs ausgelegt, sondern strommarktoptimiert geplant und betrieben – Erzeugung und Bedarf werden dabei zeitlich entkoppelt. Die modernen Anlagenkonzepte sehen dafür neben (Wärme)-Pufferspeichern vor allem ein intelligentes Energiemanagement vor, das den Einsatz der Anlage zu Hochpreiszeiten am Strommarkt steuert und optimiert. Denn durch größere Leistungen bei gleichzeitig geringeren Laufzeiten lassen sich die gleichen Wärmemengen erzeugen wie mit „kleinen“ Dauerläufern.

Die flexiblen, dezentralen KWK-Anlagen ermöglichen damit die gewohnt hohe Versorgungssicherheit – und das in beiden Energiesektoren: in der Wärmeversorgung, wenn die erneuerbare Wärmeerzeugung nicht ausreicht, und in der Stromversorgung, wenn Wind und Sonne über längere Zeit nicht zur Verfügung stehen (kalte Dunkelflaute). Denn sie können einspringen, sobald die Sonne nicht scheint oder der Wind nicht weht.

¹ Quelle: Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit, www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag/Koalitionsvertrag_2021-2025.pdf

2.

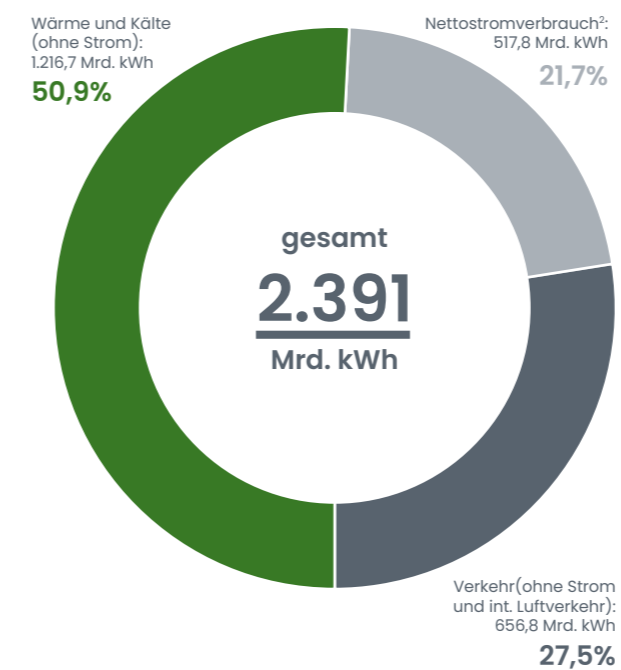
WIE KÖNNEN WIR IN DEUTSCHLAND DIE WÄRMEWENDE SCHAFFEN?

2.1 OHNE WÄRMEWENDE KEINE ENERGIEWENDE

Die Energiewende schreitet voran, dies bezieht sich derzeit vor allem auf den Stromsektor, der weniger als ein Viertel des Endenergieverbrauchs ausmacht. Mit mehr als der Hälfte des Endenergieverbrauchs besteht im Wärme- und Kältesektor der mit Abstand größte Energiebedarf in Deutschland (siehe untenstehende Tortengrafik).

Betrachtet man den zeitlichen Verlauf des Einzugs der erneuerbaren Energien in den Wärme- und Kältesektor, zeigt sich schnell, dass auf dem Weg zu einem klimaneutralen Deutschland noch einiges zu tun ist. Zwar steigt der Anteil der erneuerbaren Energien laut BMWK in Deutschland seit 1990 kontinuierlich an, jedoch ist er mit 16,5% (Stand 2021) noch viel zu niedrig und liegt sogar hinter dem Energieträger Öl, wie in untenstehender Grafik ersichtlich ist.

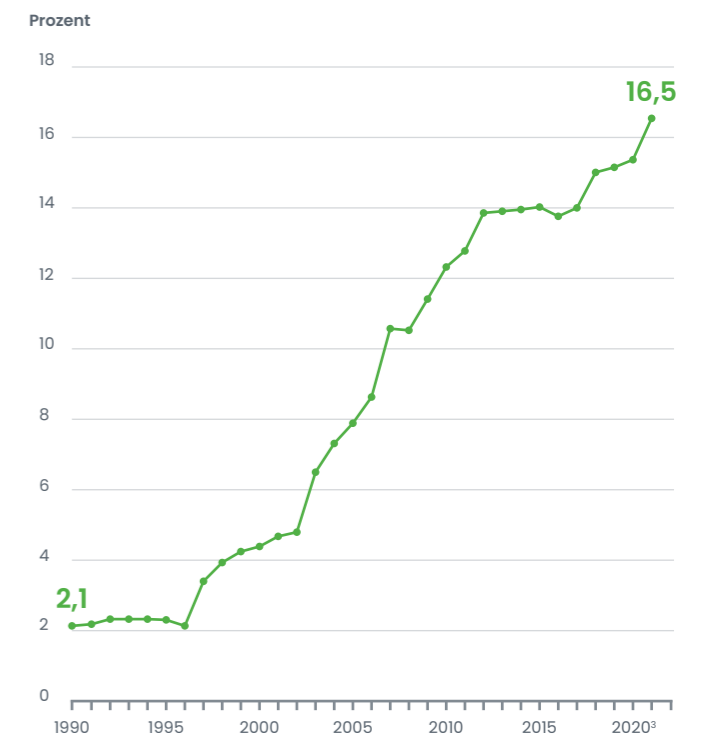
Endenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2019 nach Strom, Wärme und Verkehr



Grafik 1: Agentur für Erneuerbare Energien, Endenergieverbrauch nach Strom, Wärme und Verkehr, www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/endenergieverbrauch-strom-waerme-verkehr, 2020.

² Der Stromverbrauch für Wärme und Verkehr ist im Endenergieverbrauch Strom enthalten.

Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte



Grafik 2: Umweltbundesamt, Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte, www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-fuer-fossile-erneuerbare-waerme#warmeerzeugung-aus-erneuerbaren-energie, 2022.

³ vorläufig

2.2 WÄRME IST NICHT GLEICH WÄRME

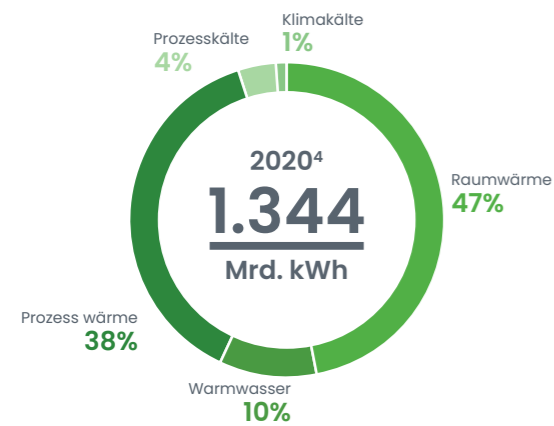
Die Anwendung von Wärme und Kälte lässt sich in fünf Bereiche unterteilen (siehe untenstehende Grafik). Neben den kleineren Bereichen wie Prozess- und Klimakälte entfällt der größte Teil auf Prozess- und Raumwärme sowie Warmwasserbereitstellung (siehe nachfolgende Grafik). Der private Verbrauch (hier: Raumwärme, Klimakälte und anteilig Warmwasser) macht somit mehr als die Hälfte des Wärmeverbrauchs aus.

Die Prozesswärme stellt mit 38% den zweitgrößten Anwendungsbereich dar. INNIO kann in den größten Segmenten des Wärmesektors mit seinen Jenbacher Energielösungen und Services seinen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten. So gut wie in jedem Anwendungsbereich wird die KWK auch heute schon erfolgreich eingesetzt. Wie wir das bewerkstelligen, werden wir im Folgenden näher darlegen.

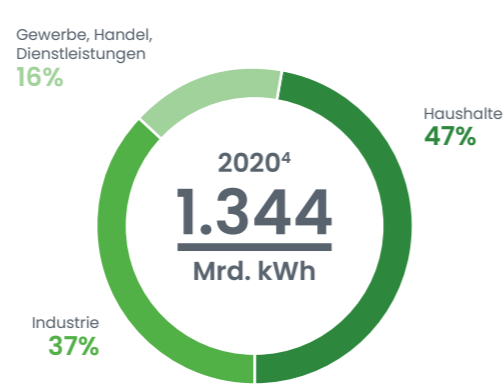
Wie eingangs erläutert, zeigt sich also ein großer Bedarf an nachhaltigen Energielösungen, die bereits heute funktionieren: Um die ehrgeizigen Klimaziele zu erreichen und gleichzeitig eine zuverlässige grüne Energieinfrastruktur aufzubauen, müssen wir vor allem den Wärme- und Kältesektor zeitnah dekarbonisieren. Dies kann nur gelingen, wenn wir neben dem Bau neuer Anlagen auch bestehende Anlagen und Wärmenetze stetig und zügig erneuern und erweitern. Die Einbindung verschiedenster Wärmequellen im kommunalen Bereich ist dabei der richtige Ansatz.

Betrachtung des Wärmemarktes bezogen auf den Endenergieverbrauch 2020

Anwendungsbereiche



Verbrauchssektoren



Grafik 3: Bundesverband für Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Entwicklung des Wärmeverbrauchs in Deutschland, www.bdew.de/media/documents/W%C3%A4rmeverbrauchsanalyse_Foliensatz-2022.pdf, 2022.

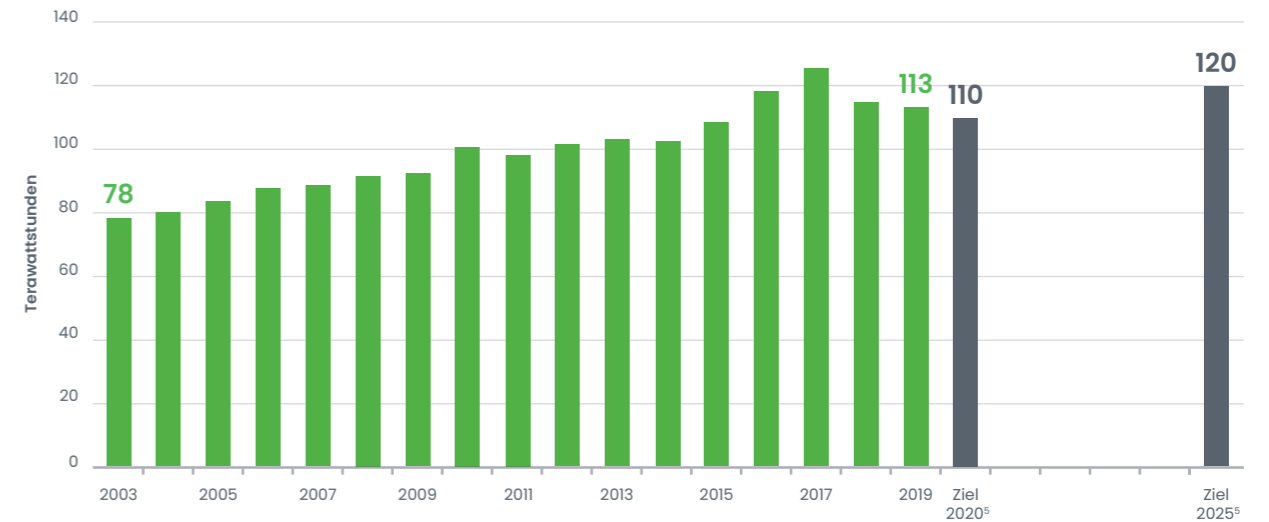
⁴ vorläufig; nicht um Lagerstands Aufbau leichtes Heizöl aufgrund geringerer MwSt. bereinigt

Status Quo der KWK – ein kurzer Überblick

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bezeichnet ein System, das aus einer Primärenergiequelle gekoppelt Strom (und/oder mechanische Energie) und Wärme bereitstellen kann. Damit ist die KWK ein hocheffizientes System, das höchste Nutzungsgrade und zugleich Kraftstoffflexibilität bietet. Seit Jahrzehnten werden Anlagen mit unterschiedlichen Technologien (Verbrennungsmotor, Dampfturbinen, Gasturbine mit Abhitzeesseln und GuD-Heizkraftwerken, seit neuestem auch Brennstoffzellen) im Energiesystem zur gleichzeitigen Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt.

Die KWK-Nettostromerzeugung entsprach in den vergangenen Jahren in etwa dem im KWK-Gesetz für 2025 festgesetzten Ziel von 120 TWh (siehe nachfolgende Grafik).

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK): Nettostromerzeugung⁵



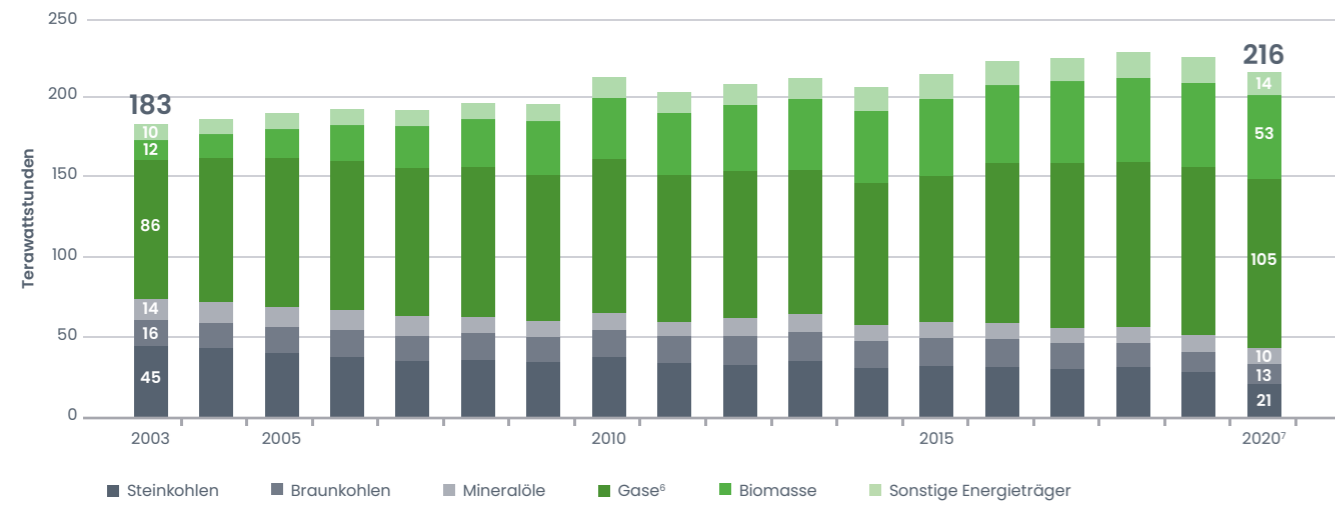
Grafik 4: Statistisches Bundesamt – Umweltbundesamt, www.umweltbundesamt.de/daten/energie/kraft-waerme-kopplung-kwk#kwk-waermeerzeugung, 2021.

⁵ Ziele für 2020 und 2025 nach KWKG

20% der Nettowärmeerzeugung aus KWK-Anlagen stammten 2020 noch immer aus Kohle und Öl, wie sich aus untenstehender Grafik entnehmen lässt.

Kohlebefeuerte KWK-Anlagen wurden in den vergangenen Jahrzehnten immer weniger eingesetzt und zunehmend durch hochmoderne KWK-Anlagen auf Basis von Erdgas oder auch Biogas bzw. Biomethan ersetzt.

KWK: Nettowärmeerzeugung nach Energieträgern⁶



Grafik 5: Statistisches Bundesamt – Umweltbundesamt, www.umweltbundesamt.de/daten/energie/kraft-waerme-kopplung-kwk#wkw-waermeerzeugung, 2021.

⁶ Erdgas, Erdölgas, Kokereigas, Gichtgas, Naturgase, Stadtgas, Konvertgas, Grubengas

⁷ vorläufige Daten



2.3 LOKALE WÄRME- UND STROMWENDE

Der Schlüssel zum Erfolg

2.3.1 Die kommunale Wärmeplanung als Instrument der Wärmewende

Am 11. Januar 2022 hat der Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz Robert Habeck den Startschuss für das im Koalitionsvertrag vereinbarte Klimaschutz-Sofortprogramm gegeben und erste Maßnahmen vorgestellt. Damit soll die kommunale Wärmeplanung durch ein entsprechendes Gesetz deutschlandweit flächendeckend eingeführt werden. Neben einer Novelle des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) sollen auch die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) und die Umsetzung der Bundesförderung für effiziente Fernwärme (BEW) entsprechend angepasst werden. Zusätzlich zum Ausbau von erneuerbaren Wärmeerzeugern ist zudem geplant, die Zahl an Gas-KWK-Anlagen, die perspektivisch auf erneuerbare Gase (z. B. Wasserstoff) umgestellt werden können, zu steigern. Dies ist notwendig, um die durch den Kohle- und Atomausstieg wegfallenden Kapazitäten zu kompensieren und den erneuerbaren Energien als flexible Stütze im Erzeugerverbund eines Wärmenetzes zu dienen.

Die kommunale Wärmeplanung ist als verpflichtendes Instrument in den Regionen gedacht, um lokale Lösungen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu finden. Ziel ist es, den Anteil der erneuerbaren Energien im Wärmebereich bis 2030 auf 50% zu steigern. Angesichts der oben dargestellten Zahlen ist dies ein ambitioniertes Ziel.

Auch wenn die Wärmeplanung anhand eines einheitlichen Regelwerks umgesetzt werden soll, sind es doch die lokalen Kommunen, die gemeinsam mit allen Schlüsselakteuren die Wärmewende umsetzen. Dieser Prozess ist auf mehrere Jahre angelegt, damit sämtliche Wärmeverbraucher mit einbezogen werden.

Der Verband kommunaler Unternehmen (VKU) bestätigt in seiner Wärmewende-Broschüre ebenfalls, dass diese nur „vor Ort“ zu schaffen ist und spricht dezidiert den ländlichen Raum an. Lokale Energieversorger, Kommunen, Unternehmen etc. müssen demnach gemeinsam daran arbeiten, Wärmenetze zur Einbindung unterschiedlichster Wärmequellen zu ermöglichen.



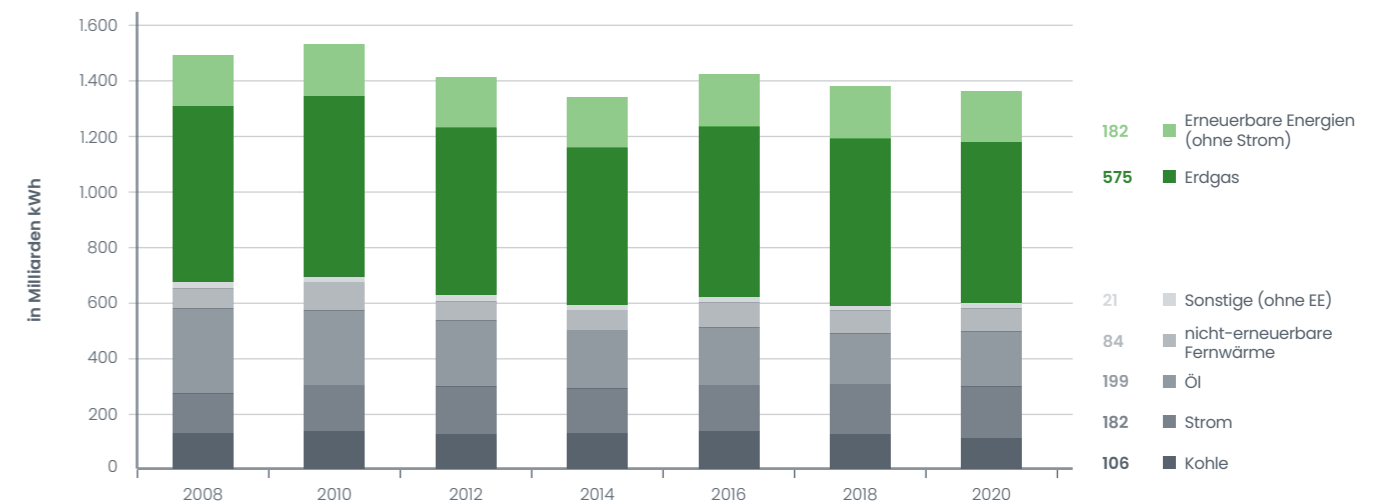
Grafik 6: Umweltbundesamt, Kurztgutachten Kommunale Wärmeplanung, www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_12-2022_kurztgutachten_kommunale_waermeplanung.pdf, 2022.

Der VKU schlägt in seinem Bericht exemplarisch folgende Handlungsoptionen vor:

1. „Mit Wärmeplänen die Transformation der Wärmeversorgung voranbringen“
2. „Wärmenetze zur Einbindung vielfältiger Wärmequellen nutzen“
3. „Weiterentwicklung der Wärminfrastrukturen und KWK-Anlagen fördern“

Quelle: Verband kommunaler Unternehmen, Kommunale Wärmewende, www.vku.de/fileadmin/user_upload/Verbandsseite/Publikationen/2018/180711_VKU_Broschuere_WaermeWende_RZ-WEB.PDF, 2018.

Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte in Deutschland 2008-2020



Grafik 7: Agentur für Erneuerbare Energien, Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte in Deutschland 2008-2020, www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/in-der-waermeversorgung-dominiert-in-deutschland-erdgas-mit-einem-anteil-von-fast-43-prozent-im-jahr-2020

Neben der notwendigen Dekarbonisierung bestehender Wärmenetze spielt auch die Dekarbonisierung des Stromnetzes sowie die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit eine wichtige Rolle bei der Energiewende. Durch den voranschreitenden Kohleausstieg und den fast vollzogenen Ausstieg aus der Kernenergie stehen diese Anlagen nicht mehr zur Absicherung des Stromsystems zur Verfügung.

Zudem braucht es hochflexible Anlagen, die die schnellen Schwankungen der Erneuerbaren ausgleichen können, wobei eine sogenannte kalte Dunkelflaute mehrere Tage bis zwei Wochen andauern kann. In diesem Fall ist oftmals auch kein Strom aus Nachbarländern verfügbar, da die Wetterverhältnisse in Europa großflächig ähnlich sind.

2.4 RESIDUALLAST

Versorgungskriterium der Zukunft schon heute

Residuallast ist der Anteil der Leistung, der übrigbleibt, wenn die erneuerbaren Energien (EE) den Strombedarf nicht mehr eigenständig decken können bzw. ausgeschöpft sind. Laut einer Studie der Fraunhofer IFAM zur „Rolle der KWK in der Energiewende“⁸ zeigt sich, dass der Bedarf an Residuallast und die dazugehörigen sinnvollen Einsatzzeiten für KWK-Anlagen vom Anteil der EE im Stromsektor abhängen.

Die Studie geht bei einem 100%-igen EE-Anteil von einer Bedarfsabdeckung von 6.000 Jahresstunden aus. Dies bedeutet gleichzeitig, dass eine wirtschaftlich sinnvolle Einsatzzeit für die KWK bei weniger als 3.000 Stunden pro Jahr liegt. Wichtig ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen, dass ein zunehmender Ausbau der erneuerbaren Energien die Lastspitzen der Residuallast kaum verringert. Die nötige installierte

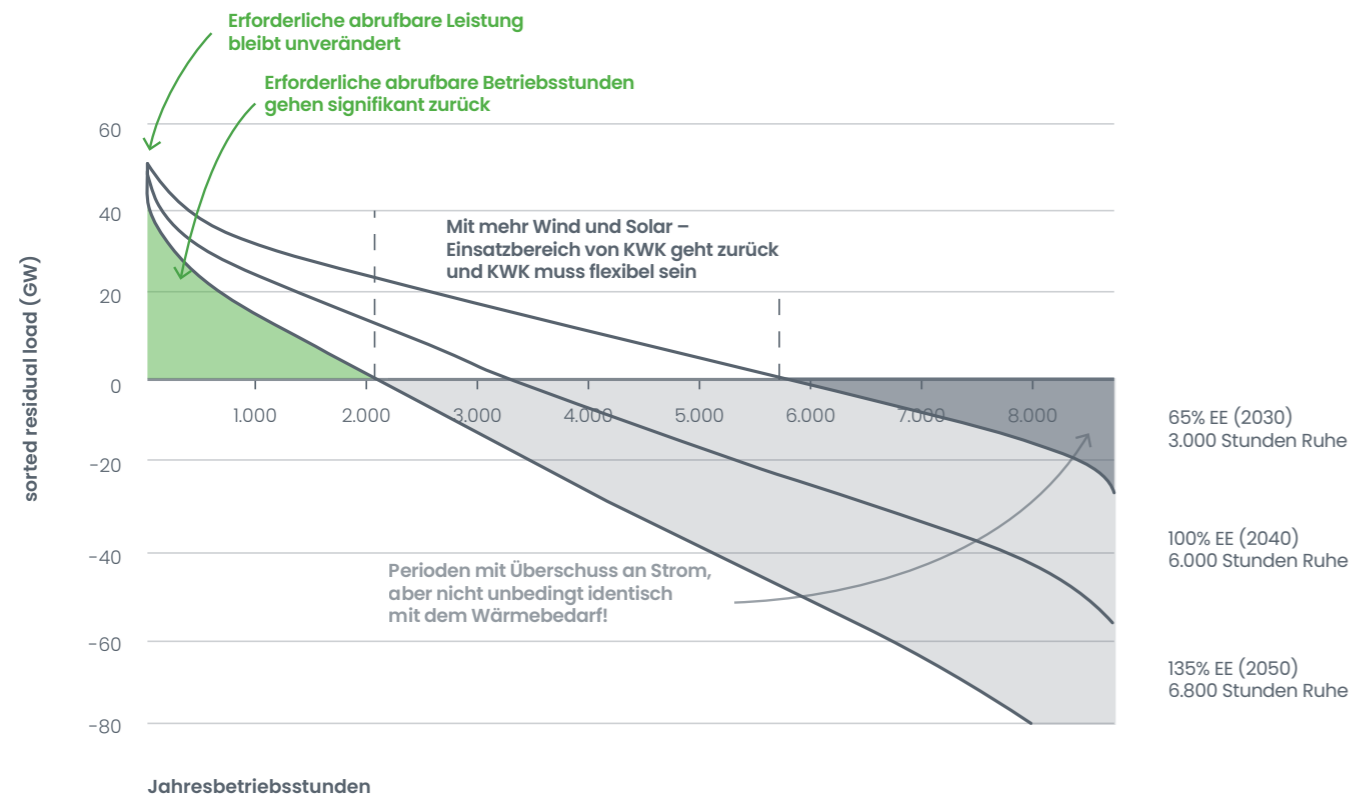
KWK-Leistung müsste somit in allen Szenarien ähnlich hoch sein. Weiters fällt der Zeitpunkt eines Überschusses an Strom aus erneuerbaren Energien nicht zwingend mit den Perioden mit hohem Wärmebedarf zusammen.

Eine weitere Kopplung der Sektoren Verkehr über Ladestationen oder die oben bereits erwähnte Elektrifizierung der Wärmeerzeugung erhöht den Strombedarf noch weiter und erfordert dadurch noch weiter den Ausbau der erneuerbaren Energien. Gleichzeitig erhöht sich dadurch die notwendige Residuallast.

⁸ Quelle: B.KWK-Kurzstudie zur Rolle der Kraft-Wärme-Kopplung in der Energiewende, Fraunhofer IFAM, www.bkww.de/wp-content/uploads/2018/03/B.KWK_Studie_Perspektiven_der_KWK_in_der_Energiewende_final.pdf, 2018.

Trend für die Residuallast

Zeitpunkt der Überschüsse fallen nicht zwingend mit Perioden mit hohem Wärmebedarf zusammen.



Grafik 8: elmlw – Versorgungssicherung als neue Aufgabe für die Kraft-Wärme-Kopplung, Uwe Welteke-Fabrizius, Ausgabe 3, Juni 2019.

3.

WARUM IST DIE KWK HEUTE UND IN ZUKUNFT EIN WICHTIGER PLAYER DER ENERGIEWENDE und wie sieht ihr Einsatz aus?

3.1 FLEXIBLE UND WIRTSCHAFTLICHE FAHRWEISE

bei Neu- und Bestandsanlagen

Neben der hohen Effizienz kommt der KWK auch ihre Flexibilität zugute. KWK-Anlagen, vor allem Gasmotoren, können systemdienlich eingesetzt werden und damit zur Versorgungssicherheit beitragen,⁹ wenn die erneuerbaren Energien im Netz die Residuallast hinterlassen. Wird diese Aufgabe durch eine große Zahl dezentraler Anlagen übernommen, wird die Residuallast effizient, system- und netzdienlich gedeckt.

Dabei bedarf es jedoch der entsprechenden Auslegung der KWK-Anlage: Wo früher KWK-Anlagen auf die Grundlast des Wärmebedarfs ausgelegt wurden, um möglichst hohe Laufzeiten pro Jahr zu erreichen, ist heute der flexible Einsatz einer hohen Leistung angesagt. Die Wärme wird in einem Wärmespeicher gespeichert und dann zur richtigen Zeit verbraucht.

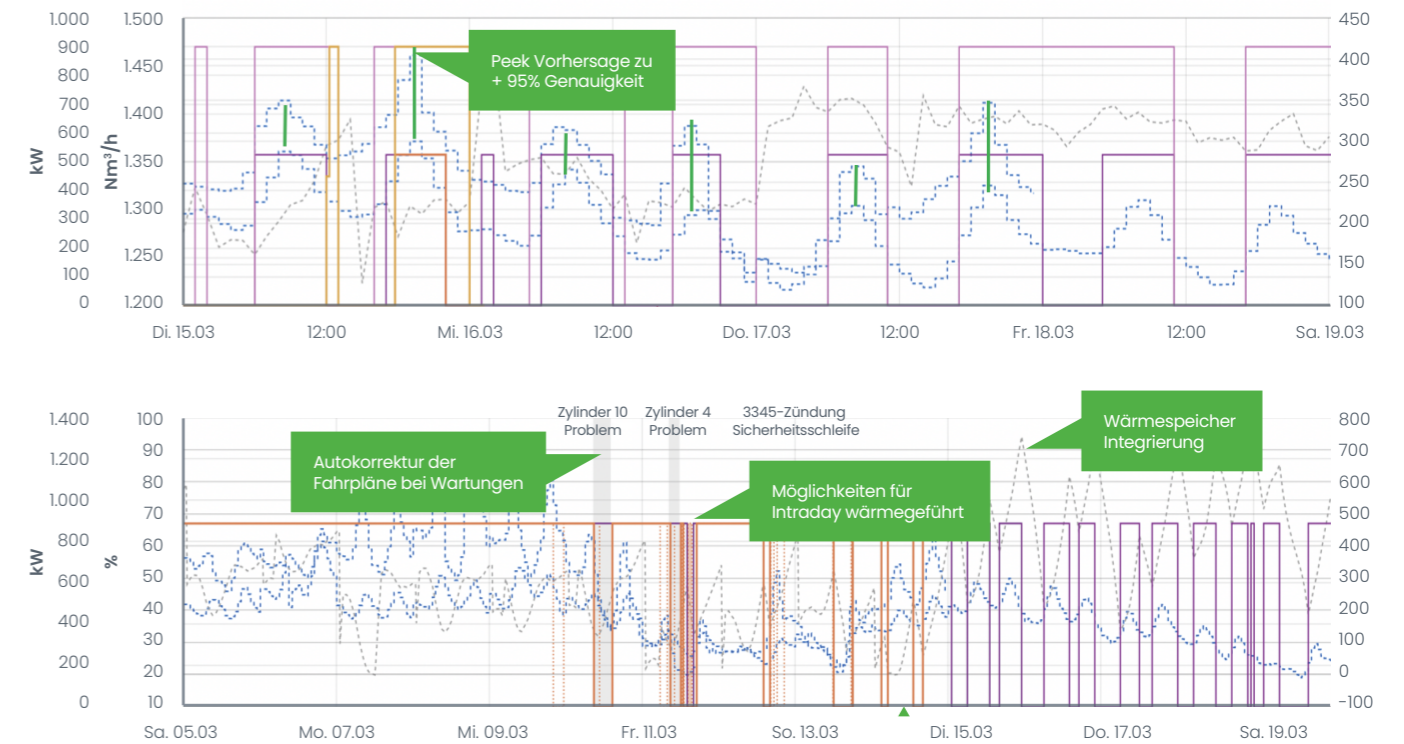
Denn um für die Zukunft aufgestellt zu sein, heißt das Zauberwort: optimierter Betrieb nach dem Bedarf des Strommarkts.

Eine strommarktorientierte Fahrweise bedingt ein grundlegend anderes KWK-Anlagenkonzept. Neben großen (Wärme-)Pufferspeichern für die zeitliche Entkopplung zwischen Bedarf und Erzeugung der Wärme benötigt die Anlage ein intelligentes Energiemanagement, das den Einsatz der Anlage zu den notwendigen Zeiten am Strommarkt einplant und ins Netz bringt. Außerdem ist es sinnvoll, die BHKW-Anlage so flexibel wie möglich zu gestalten, also mit möglichst geringen Start- und Stoppzeiten zu konzipieren. Das gelingt leichter mit hocheffizienten und auf den Day-Ahead und Intraday-Markt angepassten Motoren als mit anderen Optionen.

Durch große installierte Leistungen und niedrigere Laufzeiten der Blockheizkraftwerke (BHKW) lassen sich damit die gleichen Wärmemengen erzeugen wie mit „kleineren“ Dauerläufern. Auf den Betrieb ineffizienter separater Kesselanlagen kann dabei verzichtet werden. Und die höhere Leistung wird durch die flexible Fahrweise zu den Stunden der höchsten Strompreise refinanziert. Die nachfolgende Grafik zeigt ein Beispiel für eine flexible Fahrweise einer BHKW-Anlage, welche die Wirtschaftlichkeit anhand der Marktvorgaben optimiert.

Dass diese Anlagenauslegung nicht nur marktgetrieben ist, zeigen unter anderem die aktuelle Entwicklung der maximal förderfähigen 3.500 Vollbenutzungsstunden (Vbh) für Anlagen in der KWKG-Ausschreibung¹⁰. Diese jährlichen geförderten Gesamtstunden sollen gesetzlich noch bis auf 2.500 Vbh weiter herabgesetzt werden. Dennoch ist es dem Betreiber erlaubt, seine BHKW-Anlage über die maximal geförderten Stunden hinaus zu besonders wirtschaftlich attraktiven Zeiten zu betreiben.

Flexible Fahrweise einer BHKW-Anlage: Beispiel



Grafik 9: INNIO intern, 2022

⁹ Quelle: Umweltbundesamt, www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/hgp_statusquo_kraft-waermekopplung_final_bf.pdf

¹⁰ Quelle: Clearingstelle EEG/KWKG, www.clearingstelle-ee-g-kwkg.de/sites/default/files/2020-09/KWKG-200814-200808-web.pdf

3.2 KWK ZUR UNTERSTÜTZUNG DER VERSORGUNGSSICHERHEIT

bei Strom UND Wärme

KWK-Anlagen können also schon heute sowohl in neuen als auch in bestehenden Wärmenetzen zur Dekarbonisierung beitragen. Als flexible und effiziente Begleiterin ermöglicht die KWK den erneuerbaren Erzeugern die Integration in ein Wärmenetz. Gegenwärtig geht es darum, fossile Brennstoffe möglichst effizient zu nutzen, also im Vergleich zur ungekoppelten Wärmeerzeugung Primärenergie – und bei fossilen Brennstoffen damit Treibhausgasemissionen – einzusparen.

Perspektivisch werden die KWK-Anlagen auf erneuerbare Energieträger umgerüstet. Wasserstoff und weitere Synthesegase sind bereits in den Startlöchern, stehen jedoch gegenwärtig noch nicht in vollem Umfang für die Energiewirtschaft zur Verfügung.

Auf dem Land kann die Wärmewende derzeit schon mit hochflexiblen BHKW-Anlagen fortgeschrieben werden, die mit lokal erzeugtem Biogas betrieben werden. Dabei sollte ein Fokus auf der Verwertung der Reststoffe aus der Landwirtschaft gelegt werden. Als Ergebnis wären große Teile der ländlichen Gebiete in Deutschland klimaneutral mit Wärme versorgt!

Der Einsatz von Biomethan ist aus unserer Sicht ein sinnvoller Schritt, da es ohne Umrüstung in die bestehenden Pipelines eingespeist werden kann und für eine erhebliche Dekarbonisierung sorgt. Zudem bietet eine KWK-Anwendung den höchstmöglichen energetischen Nutzungsgrad (von bis zu 95%), der z. B. deutlich über jenem im Transportsektor (rund 25 bis 45%) liegt. Ein weiterer großer Vorteil von zukünftigen KWK-Anlagen besteht darin, dass die bestehenden Anlagenteile weiterverwendet werden können. Mit der Aufrüstung einer Anlage zu einem BHKW wird sie zukunftsfähig, also eine „No-Regret-Entscheidung“.

Seit Anfang 2022 werden Jenbacher Motoren außerdem mit einer „Ready for H₂“-Option¹¹ angeboten. Diese Modelle können mit bis zu 25% (vol) H₂ im Gasnetz betrieben werden. Mit der zunehmenden Verfügbarkeit von Wasserstoff können alle „Ready for H₂“-Neuanlagen und die meisten der derzeit installierten Jenbacher Motoren im Pipelinegasbetrieb auf den Betrieb mit 100% Wasserstoff umgerüstet werden. Die Motoren der Baureihe 4 werden bereits heute für den Betrieb mit 100% Wasserstoff angeboten. Ab 2025 wird voraussichtlich das gesamte Jenbacher Produktportfolio für den Betrieb mit 100% Wasserstoff ausgerollt.

Wir sind davon überzeugt, dass die Wachstumsraten für erneuerbare Energien aus technologischer Sicht nur dann umsetzbar sind, wenn parallel dazu auch die KWK weiter ausgebaut wird, um die Residuallast im Stromsektor abzudecken. Dabei unterstützen wir auch die Kombination von KWK mit lokalen Power-to-Heat- oder Wärmepumpen-Anlagen, um Überschussstrom sinnvoll und kosteneffizient aufzunehmen und Strom speziell dann bereitzustellen, wenn im Markt die höchste Nachfrage besteht. Dadurch können bestehende und neue KWK-Anlagen dazu beitragen, den Wärmesektor zu dekarbonisieren und gleichzeitig die Versorgungssicherheit – im gesamtdeutschen Stromsektor sowie in der lokalen Wärmeversorgung – zu gewährleisten.



¹¹ „Ready for H₂“ bedeutet, dass die Jenbacher Anlage grundsätzlich in Zukunft auf den Betrieb mit bis zu 100% Wasserstoff umgerüstet werden kann. Details wie Kosten und Zeitrahmen für eine solche Umrüstung können variieren und müssen individuell geklärt werden.

3.3 DIE NEUE ROLLE DER KWK

in der Strom- und Wärmewende

Bisher hat man klassisch zwischen der Grundlastversorgung durch große Atom-, Kohle-, aber auch Biomasse-(Heiz-)kraftwerke einerseits und den volatilen Mengen an Wind- und Solarenergie andererseits unterschieden.

Bereits jetzt und in Zukunft noch verstärkt stellen die erneuerbaren Energien die Grundlast dar, die allerdings deutlich volatiler erzeugt wird, weshalb flexible Kraftwerke die Versorgungssicherheit gewährleisten werden müssen. Hier stellen dezentrale hocheffiziente BHKWs die bessere Alternative dar, weil sie die Kraftstoffe (derzeit noch Pipelinegas, später klimaneutrale Gase) wesentlich effizienter in KWK nutzen als die getrennte Wärme- und Stromerzeugung. Hier gibt es Aufgaben bei den bestehenden KWK-Anlagenkonzepten als auch bei der Neukonzeption für erweiterte Wärmenetze.

Um diese neue Rolle übernehmen zu können, muss eine KWK-Anlage jedoch auch unter den neuen Rahmenbedingungen betrieben werden können. Dieser flexiblere Einsatz von klassischen BHKW-Anlagen erfordert aufgrund der höheren Komplexität eine technologische Unterstützung durch den Einsatz von Energiemanagementlösungen.

Die hohe Gesamteffizienz einer KWK-Anlage und die unterstützenden Eigenschaften von Jenbacher Energielösungen bieten hier einen Lösungsansatz für zukunftsfähige Anlagen.

INNIO stellt hier eine Lösung bereit, welche die neuesten Ansätze Künstlicher Intelligenz (KI) integriert, um die benötigte Wärme sicherzustellen und gleichzeitig die Wirtschaftlichkeit einer Anlage zu steigern. Dabei erlernt die intelligente Software nach Aufsetzen einer Gesamtanlage mit Wärmenetz und den Erzeugungsanlagen selbstständig die Optimierungsmöglichkeiten für den täglichen Betrieb.

Wir ermitteln für jedes einzelne Wärmenetzwerk kurzfristige sowie Gesamtjahres-Vorhersagen zu Wärmeverbrauch, Speicherfüllständen und Marktpreisprognosen – maßgeschneidert für die jeweilige Anwendung. Damit bieten wir optimierte Fahrpläne für eine Direktvermarktung und berücksichtigen dabei selbstverständlich auch individuelle Anlagenrestriktionen oder Wärmelieferungsverpflichtungen.



Grafik 11: INNIO intern, 2022

4.

BEST PRACTICE IN DEUTSCHLAND: VIER BEISPIELE

AUF KURS ZUR KLIMANEUTRALITÄT

Küstenkraftwerk Kiel als Ersatz von Kohle im großen Maßstab

In Kiel steht eine der modernsten und flexibelsten KWK-Anlagen Europas. Insgesamt 20 Jenbacher Motoren von INNIO erzeugen seit Beginn der Heizsaison 2019/20 Strom und Fernwärme für mehr als 73.500 Kieler Haushalte und tragen gleichzeitig wesentlich zur Netzstabilisierung in Norddeutschland bei.

Durch die stromgeführte Fahrweise des Küstenkraftwerks und die gleichzeitige Nutzung der anfallenden Wärme setzt die Anlage mit einem Gesamtwirkungsgrad von mehr als 92% neue Maßstäbe in der Kraftstoffnutzung. Dabei ermöglichen die eingesetzte Power-to-Heat-Technologie und ein 60 Meter hoher Wärmespeicher eine Entkopplung der Strom- und Wärmebereitstellung und tragen damit zur Flexibilität der Anlage bei. Verglichen mit dem kohlebefeueten Vorgängerkraftwerk verringerte sich der CO₂-Ausstoß durch den Technologiewechsel um 70% – das entspricht einer jährlichen Einsparung von knapp 1 Million Tonnen CO₂ bzw. 500.000 Autos, die nicht mehr auf den Straßen fahren.

Im nächsten Schritt arbeitet INNIO gemeinsam mit den Stadtwerken Kiel daran, das Küstenkraftwerk durch den Einsatz von grünen Gasen mit höherem Wasserstoffanteil in den kommenden Jahren klimaneutral zu machen. Jenbacher Motoren können bereits heute mit Wasserstoff betrieben werden – jetzt bedarf es noch der ausreichenden Verfügbarkeit dieses Energieträgers.



LEUCHTTURMPROJEKT FÜR DIE ENERGIEWENDE

HanseWerk Natur in Hamburg – 100% Wasserstoff realisiert



HanseWerk Natur, ein Unternehmen der E.ON-Gruppe, betreibt ein Flagship-Projekt in Hamburg. Der bestehende Jenbacher J416 Motor wurde von Erdgas auf Wasserstoff umgerüstet und kann nun mit variablen Wasserstoff-Erdgas-Mischungen mit bis zu 100% Wasserstoff betrieben werden.

Mit diesem Leuchtturmprojekt hat INNIO die Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff erstmals bei einem Motor in Industriegröße im Feld umgesetzt.

Das BHKW versorgt 30 Wohngebäude, eine Sport- und eine Kindertagesstätte sowie das Freizeitzentrum Othmarschen Park verlässlich mit jährlich 13.000 Megawattstunden Nahwärme. Der erzeugte Strom wird von Elektroautos in den Ladestationen im Parkhaus Othmarschen „getankt“ und in das örtliche Stromnetz eingespeist.

EIN „EXOT“ FÜR HÖCHSTE FLEXIBILITÄT

B.E.N.E. Möglingen

Ziel des lokalen Energieversorgers war es, ein komplett neues Nahwärmenetz für die Gemeinde Möglingen zu errichten, das eine Wärmeversorgung etabliert, die extrem ausfallsicher ist und auch auf lange Sicht als optimale Lösung mit hoher Effizienz überzeugen kann.

So wurde in der 11.000-Einwohner-Gemeinde mit dem Jenbacher J320 zunächst ein neues Blockheizkraftwerk mit einer Leistung von 999 kW elektrisch und 1.384 kW thermisch installiert.

Eine Kombination aus BHKW, drei Abgaswärmetauschern und einer Wärmepumpe ermöglicht höchste Flexibilität der Gesamtanlage sowie hohe Versorgungssicherheit.

Das Ergebnis kann sich sehen lassen: Dank eines Groß-Pufferspeichers mit 750 m³ lässt sich die Flexibilität für den strommarktgeführten Anlagenbetrieb umsetzen. Zudem ermöglichen Digitalisierung und Vollmonitoring eine Versorgungssicherheit von nahezu 100%. Extrem kurze Ausfallzeiten von maximal 30 Minuten garantieren zudem eine sehr hohe Handlungsfähigkeit.

Der Gesamtwirkungsgrad des BHKW samt der Wärmepumpe liegt bei 106,3%. Das BHKW ist im ersten Jahr rund 3.300 Vollbenutzungsstunden gelaufen, die Wärmepumpe etwa 2.300 Stunden. Das BHKW hat somit im ersten Jahr 4,567 Millionen kWh Wärme und die Wärmepumpe zusätzlich 1,016 Millionen kWh bereitstellen können. Zudem hat die Anlage rund 3,3 Millionen kWh Strom produziert.



FLEXIBEL UND NACHHALTIG MIT BIOMETHAN-BHKW

Stadtwerke Bad Säckingen

Die Stadtwerke Bad Säckingen haben ihr Heizkraftwerk (HKW) Süd um drei Jenbacher Motoren erweitert. Damit kann die Anlage flexibel auf den Strommarkt reagieren und die Wärmenetze versorgen.

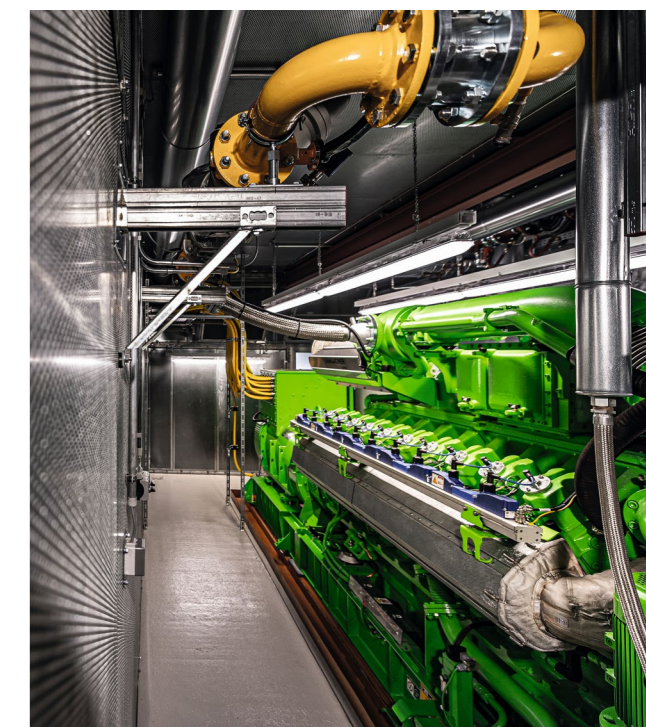
Die ursprüngliche Jenbacher BHKW-Anlage des Heizwerks Süd bestand aus einem Jenbacher J312 und einem J416 und wurde rein wärmegeführt, also abhängig vom Wärmebedarf im Fernwärmenetz betrieben. Zu dieser bestehenden Anlage mit insgesamt 1,65 MW elektrischer Leistung im Heizkraftwerk kamen 2020 drei Motoren mit insgesamt 4 MW hinzu. Insgesamt hat das HKW Süd in Bad Säckingen nun eine thermische Leistung von rund 6,2 MW und eine elektrische Leistung von 5,7 MW. Die Anlage läuft im Jahr rund 2.460 Stunden und erzeugt 14 Millionen kWh Strom sowie etwa 15 Millionen kWh Wärme.

Durch die Errichtung eines großen Pufferspeichers mit einem Fassungsvermögen von 1 Million Liter (1.000 m³) kann die Anlage nun stromgeführt betrieben werden. Das bedeutet, dass die einzelnen BHKW-Module abhängig vom Strombedarf im öffentlichen Netz und der Einspeisung von Sonnen- und Windstrom zu- bzw. abgeschaltet werden und damit die Stromversorgung auch in einer Dunkelflaute absichern. Denn die erzeugte Wärme kann zwischengespeichert und nach Bedarf in das Fernwärmenetz der Stadtwerke Bad Säckingen eingespeist werden.

Dieser Ausbau der BHKW-Anlage wurde als Flexibilisierungsmaßnahme nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) realisiert. Denn sowohl die bestehenden als auch die neuen BHKW-Module werden mit Biomethan betrieben und sind damit ein großer ökologischer Fortschritt. Der nächste Schritt zum Ziel einer CO₂-neutralen Stadt ist die Umstellung auf grünen Wasserstoff, sobald dieser in ausreichenden Mengen zur Verfügung steht.

Durch die Erweiterung um drei Jenbacher BHKW der Baureihe 4 verdreifachte sich die Leistung des Heizwerks Süd. Es können nun mehr als 4.000 Haushalte mit Strom und weitere 1.000 Haushalte mit Wärme versorgt werden.

Laut den Stadtwerken Bad Säckingen werden durch die gemeinsame Erzeugung von Strom und Wärme im biomethanbetriebenen Jenbacher BHKW rund 3.600 Tonnen CO₂-Emissionen gegenüber einer konventionellen Wärmeerzeugung mit Heizöl vermieden. Der produzierte Strom wird in das öffentliche Netz eingespeist, die dabei anfallende Wärmeenergie wird über das bestehende Fernwärmenetz zu den angeschlossenen Wohnungen und öffentlichen Einrichtungen transportiert.



5.

OUTLOOK WHITEPAPER II

5. OUTLOOK WHITEPAPER II

Wie plane ich eine zukunftsfähige Wärmeversorgung?

Der zweite Teil unserer Publikationsserie zur Zukunft der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) widmet sich ihrem Einsatz zur Unterstützung der Wärmewende. Fokus liegt dabei auf der Herausarbeitung der neuen Aufgaben von zukunftsfähiger KWK-Technologie und einer Identifizierung ihrer Potenziale. Damit richtet sich Whitepaper II an alle, die mit der Planung unserer Energiezukunft befasst sind – also an Planer in Stadtwerken, Kommunen (z. B. in Bauämtern) und Wohnungsbaugesellschaften, an Unternehmensberater sowie an Planer im Bereich Technische Gebäudeausrüstung.

Whitepaper II liefert einen Überblick über die aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen für den Einsatz und die Förderung von KWK-Anlagen in Deutschland als Basis für die Entwicklung oder den klimafreundlichen Umbau einer dezentralen Wärmeversorgung. Danach erfolgt eine Einordnung der KWK im Kontext der übergeordneten Wärmeplanung und die Beantwortung der Frage, wie diese Technologie auch in Zukunft in intelligenten Energiesystemen eingesetzt werden kann.

Flexible, effizient gemanagte strommarktgeführte KWK

In ihrer bisherigen Fahrweise wurden KWK-Anlagen wärmegeführt betrieben und primär zur Wärmeversorgung von einzelnen Gebäuden oder Industriebetrieben bzw. zur Einspeisung in Nah- und Fernwärmenetze eingesetzt. Ihre zukünftige Nutzung liegt nun in einer flexiblen, effizient gemanagten strom- bzw. strommarktgeführten Betriebsweise, die durch das Zusammenwirken mit weiteren Technologien, z. B. Wärmespeicher und Wärmepumpen, eine bedarfsorientierte und nachhaltige Wärmeversorgung ermöglicht.

Dabei erfordert vor allem die strommarktgeführte Betriebsweise unter Berücksichtigung einer sicheren Wärmeversorgung umfangreiche intelligente Energiemanagement-Lösungen, um die immer komplexer werdenden Anforderungen zu erfüllen. Für eine umfassende zukunftsfähige Wärmelösung sollten KWK-Anlagen deshalb von allen am Planungsprozess Beteiligten als Teil eines sektorübergreifenden Konglomerats unterschiedlicher Technologien gedacht und geplant werden. Hier punktet die KWK-Technologie nicht nur mit ihrer flexiblen Einsetzbarkeit zur Abdeckung der Residuallast, sondern auch durch optimierte Erlöse aus dem Stromverkauf.



**WHITEPAPER II:
WIE PLANE ICH EINE ZUKUNFTSFÄHIGE
WÄRMEVERSORGUNG?**

Erfahren Sie in unserem Whitepaper II für Planungsverantwortliche mehr über die neuen Aufgaben von zukunftsfähiger KWK-Technologie und über ihre Potenziale.

Die INNIO Group ist ein führender Anbieter von Energielösungen und Services, der Industrien und Gemeinden schon heute in die Lage versetzt, Energie nachhaltiger zu machen. Mit seinen Produktmarken Jenbacher und Waukesha sowie seiner digitalen Plattform myPlant bietet INNIO innovative Systeme für die Energieerzeugung und die Verdichtung. Damit können die Kund:innen nachhaltig Energie erzeugen und effizient agieren – und dabei erfolgreich durch eine sich schnell ändernde Energielandschaft aus traditionellen und grünen Energiequellen navigieren. Das Angebot ist individuell im Umfang und global im Maßstab. Mit seinen flexiblen, skalierbaren und resilienten Energielösungen und Services ermöglicht INNIO seinen Kund:innen, die Energiewende entlang der Energiewertschöpfungskette in ihrer eigenen Geschwindigkeit zu meistern.

INNIO hat seinen Hauptsitz in Jenbach (Österreich) und verfügt über weitere Hauptbetriebsstätten in Waukesha (Wisconsin, USA) und Welland (Ontario, Kanada). Ein Team aus mehr als 4.000 Expert:innen bietet über ein Servicenetzwerk in mehr als 100 Ländern Life-Cycle-Support für die mehr als 55.000 weltweit ausgelieferten Motoren.

Mit seinem ESG-Risiko-Rating belegte INNIO im März 2023 weltweit den ersten Platz unter den mehr als 500 von Sustainalytics bewerteten Maschinenbauunternehmen.

Weitere Informationen finden Sie auf der Website von INNIO unter www.innio.com.


Folgen Sie der INNIO Group und ihren Marken auf  (vormals Twitter) und .



ENERGY SOLUTIONS. EVERYWHERE, EVERY TIME.

© Copyright 2023 INNIO.

Informationsänderungen vorbehalten.

INNIO, **INNIO**, Jenbacher, , myPlant, Waukesha sind in der Europäischen Union sowie in verschiedenen Ländern geschützte und registrierte Marken (NAMEN) und dürfen ausschließlich durch INNIO GmbH & Co OG, deren Tochtergesellschaften und autorisierten Lizenznehmern benutzt werden. Die Liste ist exemplarisch, es besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit.

Mit sämtlichen Personenbezeichnungen und personenbezogenen Hauptwörtern meinen wir gleichermaßen alle Geschlechter.

„Ready for H₂“ bedeutet, dass die Jenbacher Anlage grundsätzlich in Zukunft auf den Betrieb mit bis zu 100% Wasserstoff umgerüstet werden kann. Details wie Kosten und Zeiträumen für eine solche Umrüstung können variieren und müssen individuell geklärt werden.

„Optimierung/optimieren“ bezieht sich auf die automatisiert erstellten Handlungsempfehlungen der myPlant Energiemanagement-Lösung zur Verbesserung des Status Quo von Direktvermarktung und ressourcenschonendem Anlagenbetrieb.

Jenbacher is part of the INNIO Group

