



CO₂ Luft-Wasser-Wärmepumpe.

Bild: Advansor AS

Zukunftsfähige Energiekonzepte für Strom und Wärme

Teil 2: Grundlagen, Fördermöglichkeiten und Einsatz von Hybridlösungen im kleineren und mittleren Leistungsbereich

Die Kombination von Blockheizkraftwerken (BHKW) und Wärmepumpen gewinnt zunehmend an Bedeutung in der effizienten und nachhaltigen Energieversorgung von Gebäuden. Diese Hybridlösung vereint die Stärken beider Technologien und bietet bei korrekter Fahrweise Vorteile gegenüber konventionellen Heizsystemen bei den Betriebskosten. Der zweite Teil unserer Serie beschäftigt sich mit den gesetzlichen Grundlagen, Fördermöglichkeiten und Einsatz im kleineren und mittleren Leistungsbereich.

BHKW-Generatoren gibt es als Synchron- (Inselbetrieb, Ersatzstromerzeugung) und Asynchronausführung (Netzparallelbetrieb) sowie wasser- oder auch luftgekühlt. Immer öfter werden Blockheizkraftwerke schlüsselfertig in speziellen Containern installiert, dies bringt gleich mehrere Vorteile mit sich:

- Hohes Maß an Standardisierung durch Produktion im Herstellwerk.
- Kompakter Aufbau und damit bestmögliche Ausnutzung von Fläche und Volumen.
- Schnelle Integrierbarkeit beim Betreiber (in der Regel sind Containeranlagen in nur wenigen Tagen inbetriebnahmebereit).
- Nutzung freier Außenflächen anstelle wertvoller Flächen innerhalb eines Gebäudes.
- Möglichkeit des schnellen Ab- und Wiederaufbaus.

Container erfüllen dabei auch die benötigten Anforderungen an Wind- und Schneelastzonen sowie die Anforderungen an den Schallschutz (geregelt in der TA-Lärm). Für sehr sensible Schallanforderungen kommen mitunter spezielle Betonschallhauben zum Einsatz.

Gesetzliche Pflichten zur Neuaufstellung der Wärmeversorgung

Der gemeinsame Einsatz von BHKW und Wärmepumpe wird durch verschiedene gesetzliche Rahmenbedingungen beeinflusst:

- Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG): Dieses Programm fördert u.a. die Installation von Wärmepumpen durch Zuschüsse oder zinsgünstige Kredite mit Tilgungszuschuss.
- Wärmeplanungsgesetz (WPG): Dieses Gesetz regelt verpflichtet die Länder und Kommunen, konkrete Pläne

zur Wärmeversorgung vorzulegen und kann daher den Einsatz von BHKW und Wärmepumpen in Wärmenetzen maßgeblich beeinflussen. Hier werden die Grundlagen für den klimaneutralen Umbau der Heizinfrastruktur gelegt.

- Erneuerbare-Energien-Gesetz: Das EEG regelt die Einspeisung und Vergütung von Strom aus erneuerbaren Energien und beeinflusst damit indirekt den Einsatz von BHKW-Anlagen.
- Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz: Das KWKG fördert speziell die Kraft-Wärme-Kopplung und damit den Einsatz von BHKW. Ziel ist die Erhöhung des Anteils der Stromerzeugung aus KWK-Anlagen. Das Gesetz definiert die Regelungen, die von der Abnahme von KWK-Strom bis zur Finanzierung der Zuschlagszahlungen reichen. Hier gibt es feste Zuschläge für die eingespeiste bzw. selbstver-

brauchte elektrische Energie, d. h. diese Förderung wird über die Laufzeit der KWK verteilt und reduziert die Betriebskosten. Weiterhin erhalten KWK-Betreiber die Energiesteuer auf den Brennstoff teilweise erstattet. Ebenfalls im Fokus sind die Förderung innovativer KWK-Systeme und der Ausbau von Wärme- und Kältenetze.

- Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW): Mit dem Gesetz sollen finanzielle Anreize geschaffen werden, damit Wärmenetzbetreiber in den Neubau von Wärmenetzen mit hohen Anteilen an erneuerbaren Energien investieren. Das BEW zielt darauf ab, die zeitaufwändige Umstellung bestehender Netze auf erneuerbare Energien und Abwärme und den Neubau vorwiegend erneuerbar gespeister Netze zuverlässig zu unterstützen. Eine Förderung wird gewährt, wenn mindestens 75 % der Arbeit übers Jahr aus erneuerbaren Quellen stammen, hier punktet die Wärmepumpe.

Im Bereich der Wärmepumpe ist die Betrachtungsweise bezüglich der Wahl des Kältemittels außerdem um die EU-Verordnung 2024/573 zu erweitern. Wird auf die Wärmequellen Wasser und Erde zugegriffen, ist die untere Wasserbehörde bzw. das Bergbauamt mit einzubeziehen. Wie beim BHKW sind die Vorgaben der TA-Lärm auch hier unbedingt einzuhalten, gleiches gilt für das Baurecht.

GEG-Vorgaben für erneuerbare Energien

Fällt die Anlage unter die Vorgaben des Gebäudeenergiegesetz (GEG), so schreibt dieses vor, dass mindestens 65 % des Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt werden müssen. Dies ist z.B. der Fall bei neuinstallierten Heizungen in Neubauten innerhalb von Neubaugebieten. Verbindlich wird der Einbau von Heizungen mit 65 % Erneuerbarer Energie in Großstädten mit mehr als 100000 Einwohnern spätestens nach dem 30.06.2026. In kleineren Städten tritt die Regelung spätestens nach dem 30.06.2028 in Kraft.

Der Nachweis wird hier über den Deckungsanteil der Wärmepumpe geführt, da die darüber erzeugte Wärmemenge zu 100 % als erneuerbare Energie angesehen wird.

Beim BHKW ist dies nur der Fall, wenn Biogas oder Wasserstoff eingesetzt werden. Wird konventionelles Erdgas eingesetzt, so zählt die erzeugte Wärme nicht als regenerativ. Bei bivalent parallelem oder bivalent-teilparallelem Betrieb muss der Leistungsanteil mindestens 30 % der Heizlast, bei bivalent-alternativem Betrieb mindestens 40 % des von der Wärmepumpen-Hybridheizung versorgten Gebäudes oder Gebäudeteils betragen. Die Anforderung gilt als erfüllt, wenn die Leistung der Wärmepumpe beim Teillastpunkt A nach der DIN EN 14825 bei bivalent parallelem oder bivalent teilparallelem Betrieb mindestens 30 % oder bei bivalent alternativem Betrieb mindestens 40 % der Leistung des Spitzenlasterzeugers entspricht. Der Teillastpunkt A ist bei Inverter geregelten Luft-Wasser-

Wärmepumpen bei A-7/W34 (Niedertemperaturanwendungen) bzw. bei A-7/W52 (Mitteltemperaturanwendungen) definiert.

In der Praxis bedeutet dies bei einer Heizlast von 100 kW, das die Leistung der Wärmepumpe bei dem definierten Teillastpunkt A mindestens 30 bzw. 40 kW zu betragen hat. Die Auslegung der Erzeuger hat nach dem spezifischen Lastprofil zu erfolgen.

Beeinflussung der Betriebsweise durch die Gesetzgebung

Es gibt direkte als auch indirekte Einflüsse auf die Betriebsweise durch unterschiedliche Gesetzgebungen. Das KWKG 2023 legt fest, dass die KWK-Zuschläge je nach Leistungsklasse für insgesamt 30 000 VBh (Vollbenutzungsstunden), aber pro Jahr eine Obergrenze der geförderten VBh gilt

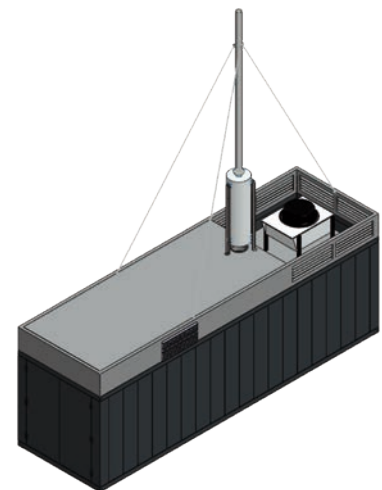
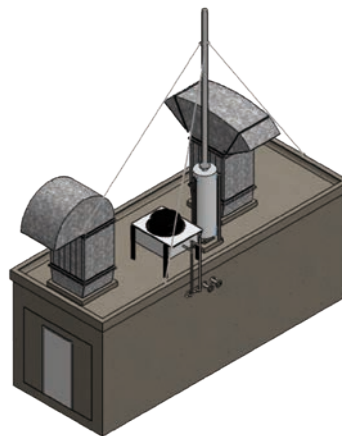


Bild 1: Containerlösung mit integrierten BHKW im Stahlcontainer (links) und in Betoneinhausung (rechts) sowie eine reale Installation im Stahlcontainer (unten).

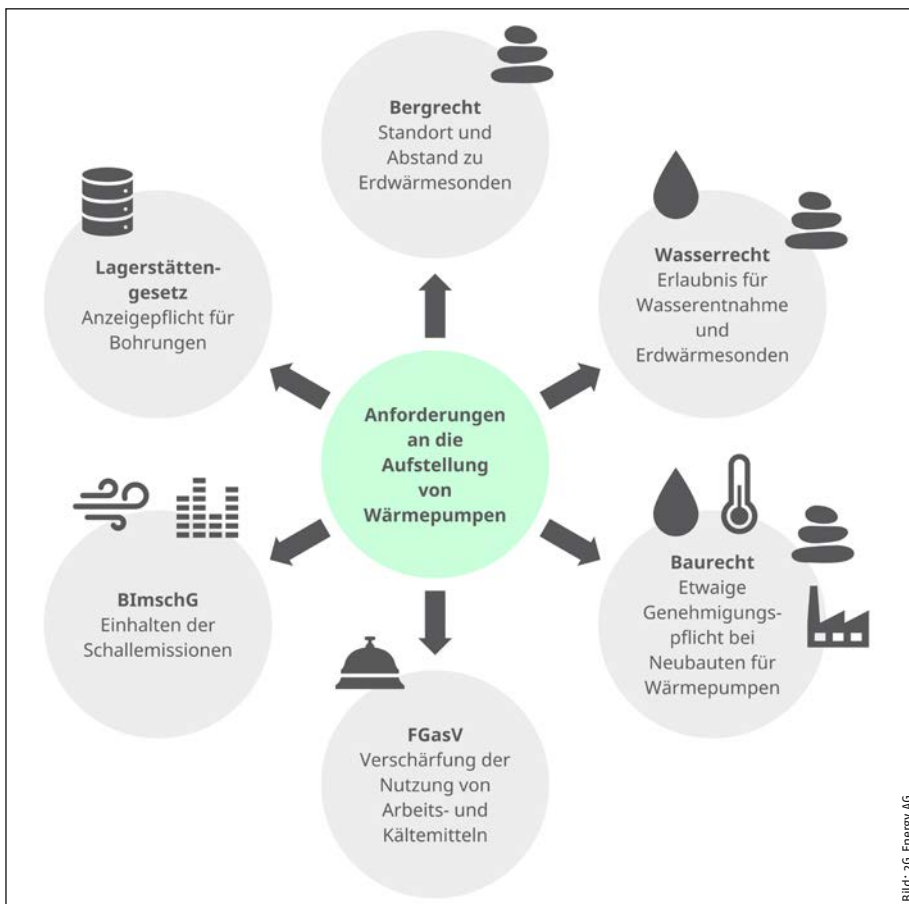


Bild 2: Anforderungen an die Aufstellung von Wärmepumpen.

(§ 8 (4) KWKG) gelten. Zum Beispiel werden maximal 4000 VBh in 2024 und 3500 VBh in 2025 gefördert; die förderfähigen VBh sinken auf 2500 h im Jahr 2030. Das beeinflusst die Amortisation und dadurch indirekt die Betriebsweise, die in Zukunft stärker flexibilisiert werden muss. Das GEG 2024 hingegen wird die Kombination KWK und Wärmepumpe dahingehend in der Betriebsweise beeinflussen, als dass vorgegebene Deckungsanteile durch die Wärmepumpe zu erzielen sind. Weiterhin wird es durch das Energiewirtschaftsgesetz, das in § 41a die Stromanbieter zum Angebot von dynamischen Stromtarifen verpflichtet, einen höheren Bedarf an einer flexibleren Fahrweise geben.

Wärme oder stromgeführte Fahrweise – oder doch beide?

Die Betriebsweise der Kombination von KWK plus Wärmepumpe ist Wärme- und/oder Stromgeführt, je nachdem welche Anforderungen der Investor hat. Bei der

Wärmeführung haben der Installateur als auch der Betreiber die Möglichkeit, die Deckungsanteile an der Wärmeerzeugung entsprechend über die Einstellungen zu beeinflussen. Bedingt durch die reduzierte Effizienz der Wärmepumpe bei niedrigen Außentemperaturen unterstützt das BHKW im Winter verstärkt, um die höheren Heizsolltemperaturen kostengünstig bereitzustellen und einen hohen Stromverbrauch der Wärmepumpe zu reduzieren bzw. zu decken. Bei höheren Außentemperaturen und hoher Leistungszahl ist die Wärmepumpe oftmals günstiger für die Wärmeversorgung, weshalb die Wärmepumpe dann vorrangig genutzt wird.

Unter Stromführung verstehen wir unterschiedliche Betriebsformen/-einstellungen: Es können einfache Schaltzeiten genutzt werden, um gezielt nur das BHKW oder nur die Wärmepumpe als auch die Kombination zu betreiben. Weiterhin kann mithilfe eines Leistungsmessgerätes das BHKW seine Leistung automatisch an den

Objektverbrauch (einschließlich Wärmepumpe) anpassen, um einen maximalen Eigenverbrauch zu erzielen. Die Regelmöglichkeit von BHKW ist mehrstufig oder stufenlos im Bereich von ca. 50 bis 100 % möglich, bei Wärmepumpen sind in der Regel von 30 bis 100 % leistungregelbar. Ab Anfang 2025 kann auch anhand dynamischer Stromtarife eine Entscheidung getroffen werden, wie das Objekt am kostengünstigsten mit Strom und Wärme versorgt wird. Dadurch wird die Flexibilität des Systems maximal ausgenutzt, um weitere Ersparnisse beim Kunden zu erzielen.

Zusammenfassung Steuerung und Regelung

Ein intelligentes Energiemanagement-System optimiert je nach Vorgabe den Betrieb:

- Priorisierung der Wärmepumpe bei günstigen Außentemperaturen,
- Zuschaltung des BHKW bei hohem Wärmebedarf oder niedrigen Temperaturen,
- Berücksichtigung von Strompreisen und Netzlast für wirtschaftlichen Betrieb.

Praxisbeispiel Kostendarstellung Kombi BHKW und Wärmepumpe

Die Investitionskosten für ein BHKW/WP-System sind höher als für konventionelle Heizsysteme. Jedoch amortisiert sich die Investition durch:

1. Reduzierte Energiekosten.
2. Einnahmen aus Stromeinspeisung.
3. Staatliche Förderungen für effiziente Technologien.

Die baulichen Maßnahmen sind breit gestreut und lassen sich nicht pauschal preislich benennen. Dennoch kann für die Installation einer KWK ca. 15 bis 20 % der Investitionskosten und für die Wärmepumpe aufgrund der Außenaufstellung und der örtlichen Gegebenheiten (Fundament, Länge der Leitungen, Schallschutz, Sicherheitsvorkehrungen wg. Vandalismus etc) mit 30 bis 50 % der Investitionskosten gerechnet werden. Ein Brennwertkessel ist in der Investition (= Produktpreis) günstiger und liegt bei weiteren Kosten für die Installation bei ca. 10 bis 15 % der Investition. Die hydraulischen Anforderungen sind bei einem Hybrid aus KWK + Wärmepumpe (+ Kessel)

Betriebskosten unterschiedlicher Systeme für einen Gewerbebetrieb mit 100.000 kWh/a Wärmebedarf und 20.000 kWh/a Strombedarf



Bild 3: Betriebskosten unterschiedlicher Systeme für einen Gewerbebetrieb mit 100000 kWh/a Wärmebedarf und 20000 kWh/a Strombedarf.

im Vergleich zu einem Hybrid aus Kessel + Wärmepumpe in den Kosten geringfügig höher.

Im Vergleich zu einem Hybridsystem aus Gasbrennwertkessel und Wärmepumpe erreicht ein Hybrid aus KWK + Wärmepumpe (+ Kessel) nennenswerte Einsparungen. Begründet liegt dies unter den aktuellen gesetzlichen und marktwirtschaftlichen Rahmenbedingungen durch den eigenerzeugten Strom, der den Zukauf vom Strom aus dem Netz reduziert und beim Einspeisen als auch beim Selbstverbrauch eine Vergütung erzielt. Bild 3 stellt die Betriebskosten und die Einsparungen gegenüber. Die Gas- und Wartungskosten steigen bei Nutzung einer KWK, jedoch werden die Vergütungen hier der Stromseite angerechnet, die folgerichtig deutlich sinkt. In Kombination mit einer PV-Anlage können weitere Potenziale für eine Kostenoptimierung und Autarkie erschlossen werden.

Eine passende Hydraulik zu vorab erwähnter Systemkonfiguration, inklusive einer Trinkwarmwasserbereitung mit einer Frischwasserstation, ist in Bild 4 dargestellt. Pufferspeicher haben unterschiedliche Aufgaben, die die Dimensionierung beeinflussen. Oft erfolgt die Speicherauslegung so, dass sie einen definierten Leistungsbereich abdecken, z. B. bei 800 l Speichervolumen bis ca. 100 kW Anlagenleistung. In Zeiten niedrigen Bedarfs ist die Mindestlaufzeit der angeschlossenen Er-

zeuger einzuhalten. Weiterhin ist eine Speicherung der Wärme zu ermöglichen, um bei Stillstand der Erzeuger ein schädliches Taktverhalten - insbesondere bei KWK und Wärmepumpe - zu vermeiden. Je nach Zielsetzung beeinflusst insbesondere die Größe des Pufferspeichers die Auslegung bzw. die Nutzung des Batteriespeichers. Ein kleiner Pufferspeicher führt in aller Regel dazu, dass das KWK überwiegend Wärme-orientiert gefahren werden muss. Mit größer werdendem Pufferspeicher kann die Strom-orientierte Fahrweise verstärkt ausgenutzt werden. Die Auslegung der Batterie orientiert sich an Erfahrungswerten, wobei Stromüberschuss, Reststrombedarf und Wärmebedarf berücksichtigt werden müssen. Es gibt keine

Auswirkung bei Preisänderungen von Primärenergien

Die Auswirkungen von Preisänderungen auf die Kosten von BHKW und Wärmepumpen sind unterschiedlich. BHKW sind generell stärker von Schwankungen der Brennstoffpreise betroffen. Sie benötigen kontinuierlich Brennstoffe wie Erdgas, Biogas oder Wasserstoff

zeuget einzuhalten. Weiterhin ist eine Speicherung der Wärme zu ermöglichen, um bei Stillstand der Erzeuger ein schädliches Taktverhalten - insbesondere bei KWK und Wärmepumpe - zu vermeiden. Je nach Zielsetzung beeinflusst insbesondere die Größe des Pufferspeichers die Auslegung bzw. die Nutzung des Batteriespeichers. Ein kleiner Pufferspeicher führt in

für den Betrieb. Steigende Gaspreise erhöhen direkt die Betriebskosten eines BHKW. Die Wirtschaftlichkeit hängt daher stark vom Verhältnis zwischen Brennstoff- und Strompreis ab.

Wärmepumpen sind weniger anfällig für Preisschwankungen bei Primärenergien, da sie hauptsächlich Umweltwärme als kostenlose Energiequelle nutzen. Es muss „nur“ der Antriebsstrom zugekauft werden. Steigende Strompreise wirken sich zwar auf die Betriebskosten aus, aber in geringerem Maße als Gaspreiserhöhungen bei BHKW. Eine Kombination beider Technologien kann helfen, die Risiken zu minimieren und die Versorgungssicherheit zu erhöhen.

Ausblick: Im abschließenden dritten Teil dieser Serie geben wir einen umfassenden Einblick in die Zusammenhänge zwischen negativen Strompreisen, Day-Ahead- und Intraday-Auktionen. Zudem wird erläutert, wie Unternehmen mit hohem Stromverbrauch diese Preismechanismen zu ihrem Vorteil nutzen können. ◀

Autor:
Dipl. Ing. (FH) Lars Keller, Fachautor,
Referent VDI 4645 Wärmepumpenanlagen

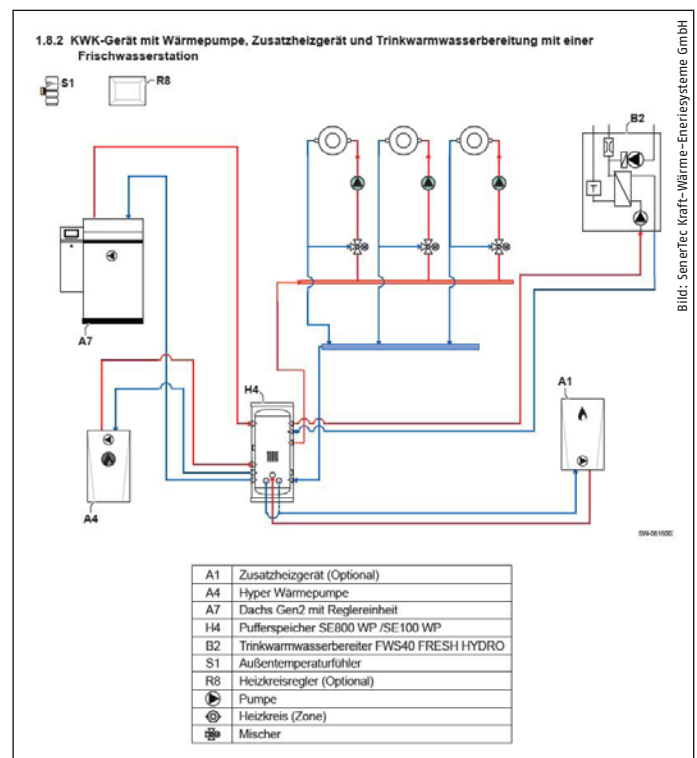


Bild 4: Mögliche Hydraulik zur Einbindung von BHKW, Wärmepumpe, Gastherme und Warmwasserbereitung (Frischwasserstation).