



# Best-Practice-Guide

---

## ABSORPTIONSTECHNOLOGIEN FÜR FERNWÄRME UND -KÄLTE

---

### Einleitung

Der vorliegende Best-Practice Guide zeigt die wichtigsten Ergebnisse zum Einsatz von Absorptionstechnologien in Fernwärme- und Fernkältenetzen. Ziel ist es, fundierte Grundlagen, typische Anwendungsbeispiele sowie Ergebnisse aus Pilot- und Demonstrationsprojekten darzustellen. Darüber hinaus werden Chancen und Herausforderungen dieser Technologien aufgezeigt, um Entscheidungsträger:innen, Planer:innen und Energieversorgungsunternehmen praxisrelevante Informationen zur Verfügung zu stellen.

## Rolle der Fernwärme- und Kälte

Die Wärmeversorgung nimmt in Österreich eine zentrale Rolle im Energiesystem ein. Rund 30 % des energietechnischen Endverbrauchs entfallen auf Raumwärme, Warmwasserbereitung und Klimatisierung (BMK, 2021). Aufgrund dieses hohen Anteils ist es strategisch entscheidend, Wärme effizient und zunehmend aus erneuerbaren Quellen bereitzustellen. Nur so lassen sich die Klimaziele erreichen und gleichzeitig die Versorgungssicherheit langfristig gewährleisten.

Fernwärme hat sich in den letzten Jahrzehnten als eine besonders komfortable, saubere und zunehmend klimafreundliche Form der Wärmeversorgung etabliert. Der Marktanteil der Nah- und Fernwärme hat sich seit 1990 verdreifacht und lag 2015 bei etwa 24 % des Gesamtwärmebedarfs in Österreich (BMK, 2021). Diese Entwicklung zeigt, dass Fernwärme eine Schlüsselrolle in der Transformation des Energiesystems spielt, insbesondere in urbanen Räumen und im industriellen Umfeld.

Die künftige Entwicklung der Fernwärme ist eng mit den Zielen der europäischen und nationalen Wärmewende verknüpft. Europäische Vorgaben wie die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED II) und die Energieeffizienzrichtlinie (EED) verlangen, den Anteil erneuerbarer Energien deutlich zu erhöhen und die Effizienz bestehender Anlagen spürbar zu verbessern. Die Europäische Union hat beschlossen, den Energieverbrauch bis 2030 gegenüber 2007 um 32,5 % zu reduzieren. Energieeffizienzmaßnahmen tragen dazu bei, Treibhausgasemissionen zu senken, die Versorgungssicherheit zu erhöhen und Importkosten für Energie zu verringern. Aus strategischer Sicht hat die Steigerung der Energieeffizienz daher höchste Priorität.

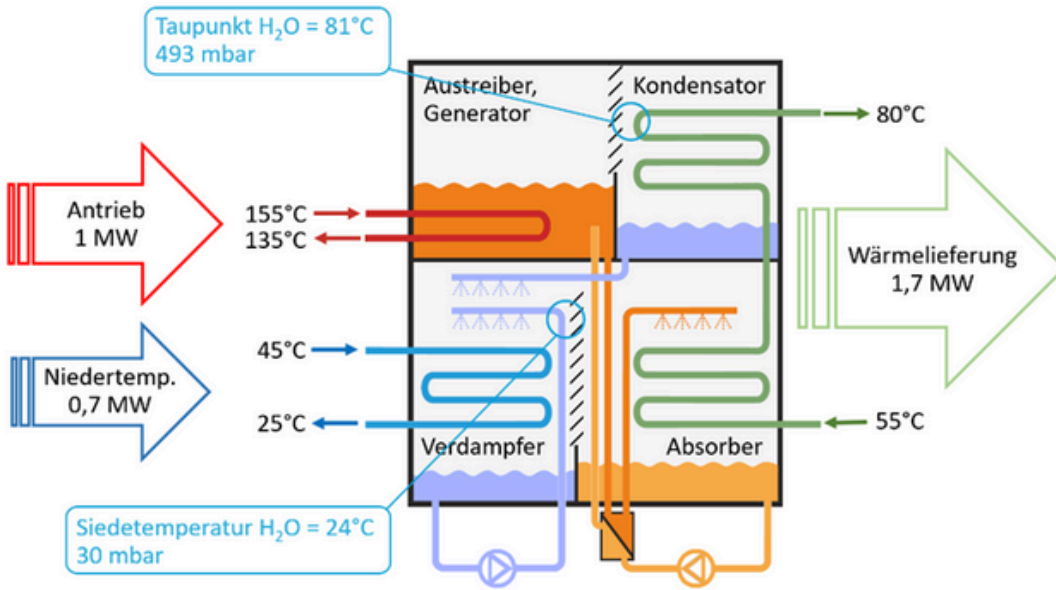
Vor diesem Hintergrund gilt die Fernwärme als ein zentrales Instrument der Wärmewende. Sie ermöglicht es, Abwärmequellen und erneuerbare Energien in großem Maßstab zu integrieren, Systemeffizienzen zu heben und Treibhausgasemissionen deutlich zu reduzieren. Besonders relevant ist die Weiterentwicklung hin zu niedrigeren Netztemperaturen, höheren Anteilen erneuerbarer Energien und innovativen Technologien wie Absorptionswärmepumpen und -kältemaschinen, die zusätzliche Effizienzgewinne versprechen (Euroheat & Power 2020; Connolly et al. 2014).

## Grundlagen der Absorptionstechnologien

Absorptionswärmepumpen und -kältemaschinen zählen zu den thermisch angetriebenen Wärmepumpentechnologien. Ihr Funktionsprinzip basiert auf der Verdampfung eines Kältemittels bei niedrigem Druck und dessen anschließender Absorption in einer Flüssigkeit. Durch diesen Prozess lassen sich Wärmeflüsse zwischen verschiedenen Temperaturniveaus realisieren und Abwärmequellen technisch nutzbar machen (Herold et al. 2016). Eine einstufige Lithiumbromid-Absorptionsmaschine (LiBr/H<sub>2</sub>O) dient als typisches Beispiel in Abb. 1. Sie besteht aus vier Rohrbündelwärmetauschern – Verdampfer, Absorber, Generator und Kondensator – sowie einem internen Plattenwärmetauscher zur Steigerung der Effizienz. Im Verdampfer wird Wasser im Vakuumbereich (< 1 bar absolut) verdampft und nimmt dabei Wärme aus einer Quelle niedriger Temperatur auf. Der Dampf wird im Absorber von einer konzentrierten Lithiumbromidlösung aufgenommen, wobei Bindungswärme freigesetzt wird, die an Heiz- oder Kühlkreisläufe abgeführt werden kann. Die verdünnte Lösung wird anschließend in den Generator gepumpt, wo sie durch Zufuhr von Wärme – etwa Heißwasser oder Dampf – wieder konzentriert wird. Das verdampfte Wasser gelangt in den Kondensator, kondensiert unter Wärmeabgabe und wird erneut in den Verdampfer zurückgeführt. Ein interner Wärmetauscher koppelt die Ströme thermisch und erhöht dadurch die Gesamtenergieeffizienz (Grossman 2002).

### LiBr Absorptions Wärmepumpe (single stage, COP 1,7 – 1,75)

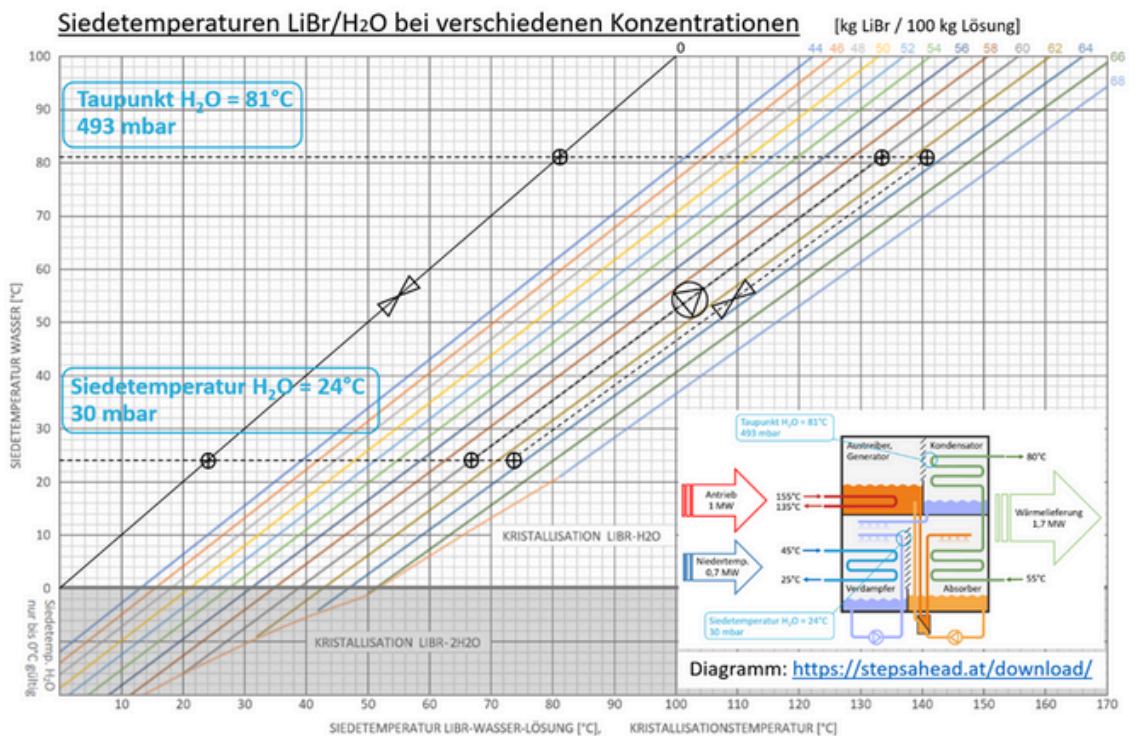
Abb. 1: Vereinfachtes Schema einer als Wärmepumpe betriebenen Single Stage Absorptionsmaschine mit beispielhaften Betriebstemperaturen und Wärmeströmen.  
Quelle: StepsAhead



Für den Betrieb als Wärmepumpe sind Antriebstemperaturen von etwa 100 °C oder höher erforderlich. Als Kältemaschine für Klimatisierungszwecke können auch niedrigere Temperaturen genügen. Der Coefficient of Performance (COP) liegt für einstufige LiBr-Absorptionswärmepumpen typischerweise bei ca. 1,7, während Absorptionskältemaschinen Werte um 0,7 erreichen (Ziegler 2002; Herold et al. 2016).

Da Wasser als Kältemittel im Vakuum verdampft, arbeiten LiBr-Maschinen stets unterhalb des atmosphärischen Drucks, was hohe Anforderungen an die Dichtheit stellt (Abb. 2). Der Stromverbrauch beschränkt sich auf Pumpen und Regelungstechnik und liegt in der Regel deutlich unter einem Prozent der bereitgestellten thermischen Leistung (Ziegler 2014).

Abb. 2: Siedetemperaturen von LiBr/H<sub>2</sub>O bei verschiedenen Konzentrationen  
Quelle: StepsAhead



## Arbeitsstoffpaare und Einsatzgrenzen

### LiBr/H<sub>2</sub>O-Systeme

Diese Systeme verwenden Wasser als Kältemittel und Lithiumbromid als Absorbens. Sie werden vor allem für Fernwärme- und Fernkälteanwendungen eingesetzt. Ihr Einsatz ist auf Kaltwassertemperaturen oberhalb von ca. 4–5 °C beschränkt, wobei moderne Systeme auch bis knapp 1 °C arbeiten können (Herold et al. 2016). Die hohe Korrosivität von LiBr erfordert den Zusatz von Inhibitoren, meist Lithium-Molybdat, das oberhalb von 200 °C zerfällt und dadurch seine Schutzwirkung verliert. Deshalb liegt die maximale Einsatztemperatur bei etwa 160 °C (Grossman 2002). Da die Systeme im Vakuumbereich betrieben werden, ist eine hohe Dichtheit erforderlich. Regelmäßig eingesetzte Vakuumpumpen entfernen nicht kondensierbare Gase. Ein ökologischer Vorteil besteht darin, dass LiBr/H<sub>2</sub>O-Systeme keine ozonabbauenden oder klimarelevanten Substanzen enthalten (Ziegler 2014).

### NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O-Systeme

Diese Systeme nutzen Ammoniak als Kältemittel und Wasser als Absorbens. Sie ermöglichen Kaltwassertemperaturen bis –60 °C, sind aber durch die kritische Temperatur des Ammoniaks von 132,3 °C in der oberen Einsatzgrenze beschränkt (Ziegler 2002). Aufgrund des höheren Druckniveaus von bis zu über 20 bar ist die Anlagentechnik deutlich aufwändiger. Für den Bereich der Fernwärme sind diese Systeme daher bislang nur von geringer Bedeutung (Grossman 2002). Aktuelle Forschung untersucht den Einsatz ionischer Flüssigkeiten als alternative Absorptionsmedien, die das Einsatzspektrum erweitern und Korrosionsprobleme reduzieren könnten (Kazi et al. 2021).

## Systemische und ökologische Aspekte

Für den Betrieb als Wärmepumpe sind Antriebstemperaturen von etwa 100 °C oder höher erforderlich. Als Kältemaschine für Klimatisierungszwecke können auch niedrigere Temperaturen genügen. Der Coefficient of Performance (COP) liegt für einstufige LiBr-Absorptionswärmepumpen typischerweise bei ca. 1,7, während Absorptionskältemaschinen Werte um 0,7 erreichen (Ziegler 2002; Herold et al. 2016).

Da Wasser als Kältemittel im Vakuum verdampft, arbeiten LiBr-Maschinen stets unterhalb des atmosphärischen Drucks, was hohe Anforderungen an die Dichtheit stellt. Der Stromverbrauch beschränkt sich auf Pumpen und Regelungstechnik und liegt in der Regel deutlich unter einem Prozent der bereitgestellten thermischen Leistung (Ziegler 2014).

## Typische Anwendungen von Absorptionstechnologien in Fernwärme- und Fernkältenetzen

### Absorptionswärmepumpe (AWP)

Die heute am weitesten verbreitete Anwendung von Absorptionswärmepumpen in Fernwärmenetzen ist die aktive Rauchgaskondensation in Heizwerken und Heizkraftwerken. Dabei wird die im Abgas enthaltene latente Wärme genutzt, die aufgrund des hohen Wassergehalts insbesondere bei Biomassefeuerungen und Müllverbrennungsanlagen vorliegt (Abb. 3). Mit Absorptionswärmepumpen lassen sich so Brennstoffnutzungsgrade deutlich über 110 % erzielen – ein Ergebnis, das mit konventionellen Kesseln ohne Wärmerückgewinnung nicht erreichbar ist. Gleichzeitig entstehen keine hohen Stromkosten wie bei elektrisch betriebenen Kompressionswärmepumpen (Ziegler 2014).

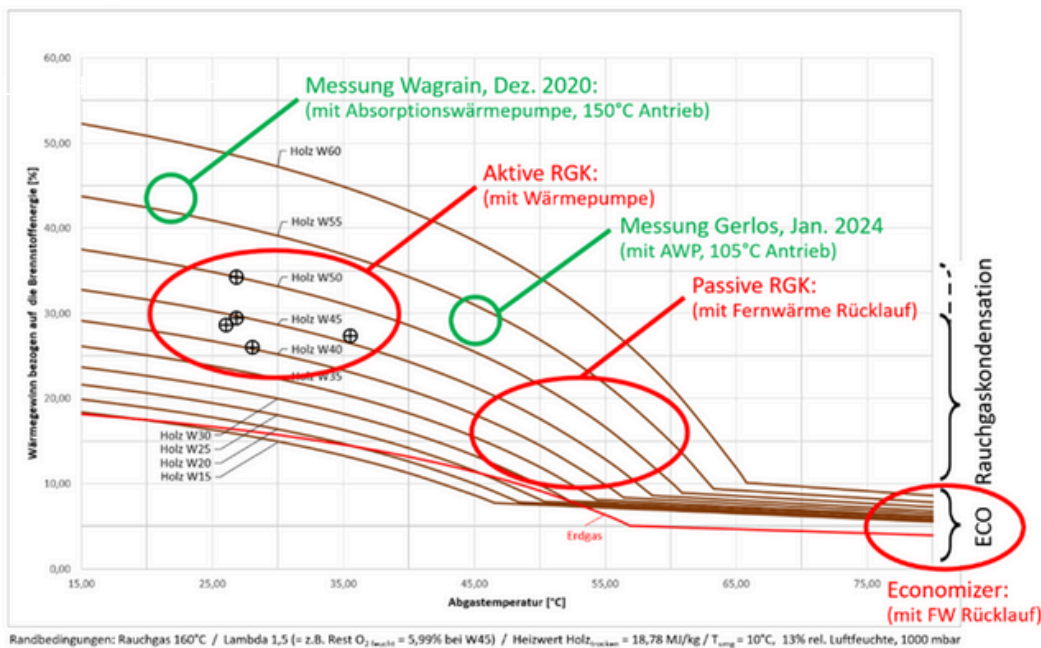
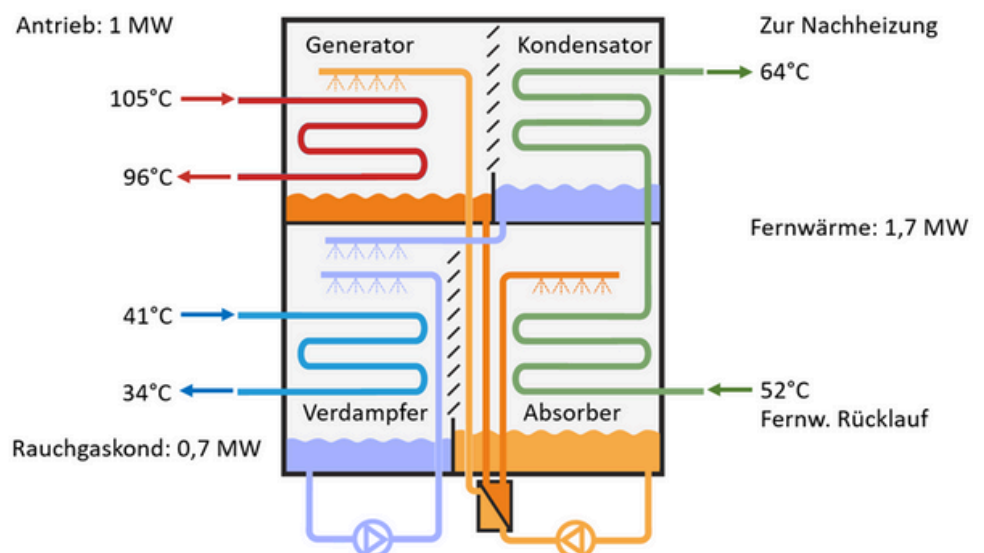


Abb. 3:  
Abgastemperatur im Verhältnis zum WärmegeWINN bezogen auf die Brennstoffmenge  
Quelle: StepsAhead

In der Praxis führt der Einsatz von AWP's in der Rauchgaskondensation häufig zu Leistungssteigerungen von 20-30 %, wodurch auch ein weiterer Ausbau von Fernwärmenetzen möglich wird, ohne dass größere Kessel, Brennstofflager oder zusätzliche Infrastruktur erforderlich wären.

Für eine maximale Ausnutzung der Kondensation ist ein möglichst kaltes Kaltwasser im Niedertemperaturkreis entscheidend. Typischerweise werden hierfür Antriebstemperaturen von 150-155°C eingesetzt. In diesem Fall kann die Kaltwassertemperatur bis zu 30 K unterhalb der Rücklauftemperatur des Fernwärmenetzes liegen. In kleineren Biomasseheizwerken mit < 5 MW Feuerungsleistung sind auch Systeme mit nur 105 °C Antriebstemperatur wirtschaftlich interessant, da sie nicht unter die Druckgeräterichtlinie fallen und die Investitionskosten geringer sind (Abb. 4).

Abb. 4: Schematische Darstellung 105°C Antriebstemperatur System  
Quelle: StepsAhead



Bei beiden Varianten – 150 °C oder 105 °C – heben AWP's die Rücklauftemperatur des Fernwärmenetzes an, erreichen aber meist nicht die volle Vorlauftemperatur. Deshalb ist in der Regel eine Nachheizung durch Kessel oder andere Wärmequellen erforderlich.

Für Netze mit hohen Rücklauftemperaturen steht die Technologie der Double-Lift-AWP (Abb. 5) zur Verfügung. Diese ermöglicht ebenfalls eine aktive Rauchgaskondensation, erreicht aber direkt die Vorlauftemperatur des Netzes. Der COP liegt hier bei rund 1,3, was zwar niedriger ist als bei einstufigen AWP's, aber den Vorteil bietet, dass auf eine zusätzliche Nachheizung verzichtet werden kann.

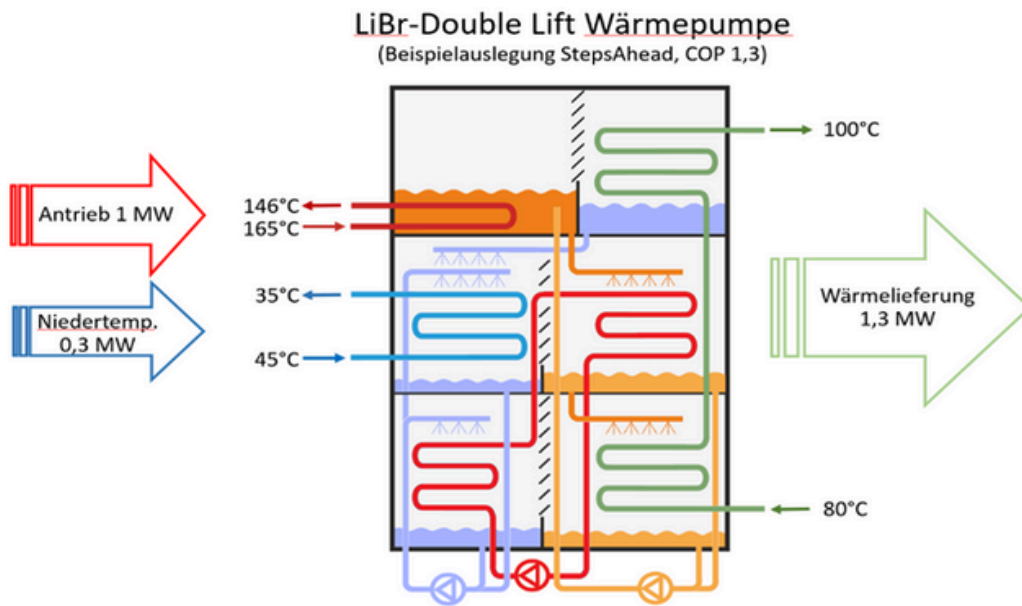


Abb. 5: Basisauslegung für Double-Lift Wärmepumpe  
Quelle: StepsAhead

Die Auswahl der geeigneten Systemkonfiguration erfordert stets eine detaillierte Analyse der Netzdaten. Faktoren wie Vor- und Rücklauftemperaturen, Rest-Sauerstoffgehalt im Rauchgas, Brennstofffeuchte und die jahreszeitliche Leistungscharakteristik müssen berücksichtigt werden. Entsprechende Simulationen und Berechnungen sind daher projektspezifisch notwendig und sollten von erfahrenen Fachplaner:innen durchgeführt werden.

Über die Rauchgaskondensation hinaus lassen sich AWPn auch bei einer Vielzahl weiterer industrieller Abwärmeequellen einsetzen. Besonders attraktiv sind Anwendungen, bei denen nicht nur Niedertemperaturabwärme, sondern auch höherwertige Wärme als Antriebsenergie zur Verfügung steht. Hierdurch ergeben sich Potenziale, die über die klassische Rauchgaskondensation hinausgehen (Henning & Palzer 2014).

### Absorptionskältemaschinen (AKMs)

Die Nutzung von LiBr-Maschinen als Kältemaschine ist insgesamt stärker verbreitet als ihr Einsatz als Wärmepumpe. Der wesentliche Unterschied liegt im Temperaturniveau: Bei AKMs wird Kälte auf niedrigem Niveau bereitgestellt, während die Abwärme auf einem höheren Niveau abgeführt wird. Single-Stage-AKMs erreichen einen COP von ca. 0,7. Damit können pro MW Antriebswärme nur etwa 0,7 MW Kälte gewonnen werden. Aus wirtschaftlicher Sicht ist diese Technologie daher vor allem dort interessant, wo die Antriebswärme kostenlos oder sehr günstig zur Verfügung steht – etwa aus industrieller Abwärme oder solarthermischen Anlagen (Grossman 2002).

Ein Nachteil gegenüber Kompressionskältemaschinen (Abb. 6) ist der erhöhte Rückkühlungsbedarf: Kühltürme für Absorptionsanlagen müssen etwa doppelt so groß dimensioniert sein. Dennoch bietet die Technologie Vorteile, wenn gleichzeitig Wärmeüberschüsse bestehen und elektrische Lastspitzen vermieden werden sollen.

Besondere Entwicklungen im Bereich der AKMs sind:

- LiBr-AKMs für niedrige Kaltwassertemperaturen (Abb. 7): Durch den Betrieb des Verdampfers mit leicht salzhaltigem Wasser sind Temperaturen bis  $-7\text{ °C}$  möglich. In Europa gibt es bereits Referenzen für Systeme mit  $1\text{--}2\text{ °C}$  Kaltwassertemperatur (Polen, Italien).
- Double-Lift-AKMs (Abb. 8): Sie ermöglichen die niedrigsten Kaltwassertemperaturen, erfordern jedoch ähnliche Antriebstemperaturen wie einstufige AKMs. Der COP ist in dieser Betriebsweise gering, was die Wirtschaftlichkeit einschränkt.

### LiBr Absorption Chiller (single stage, COP 0,70 – 0,75)

Abb. 6: Basisauslegung für Single-Stage Absorptionskältemaschinen  
Quelle: StepsAhead

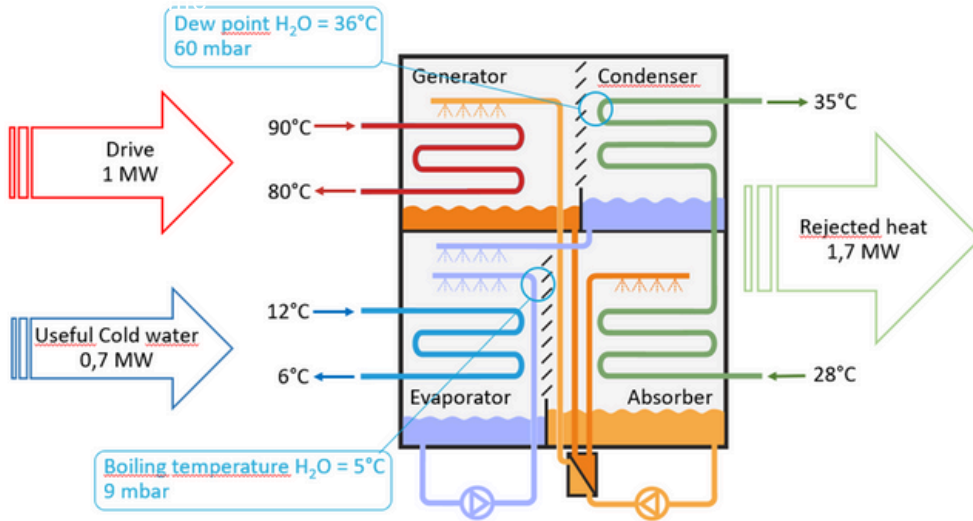
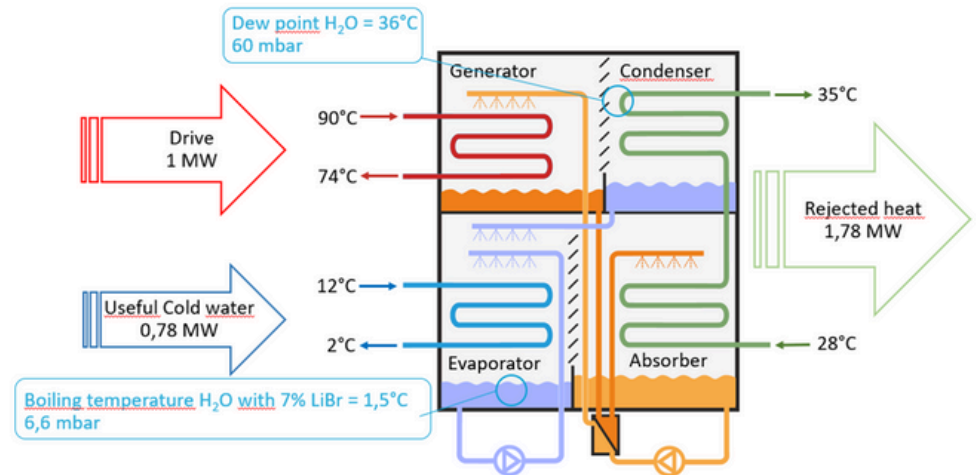


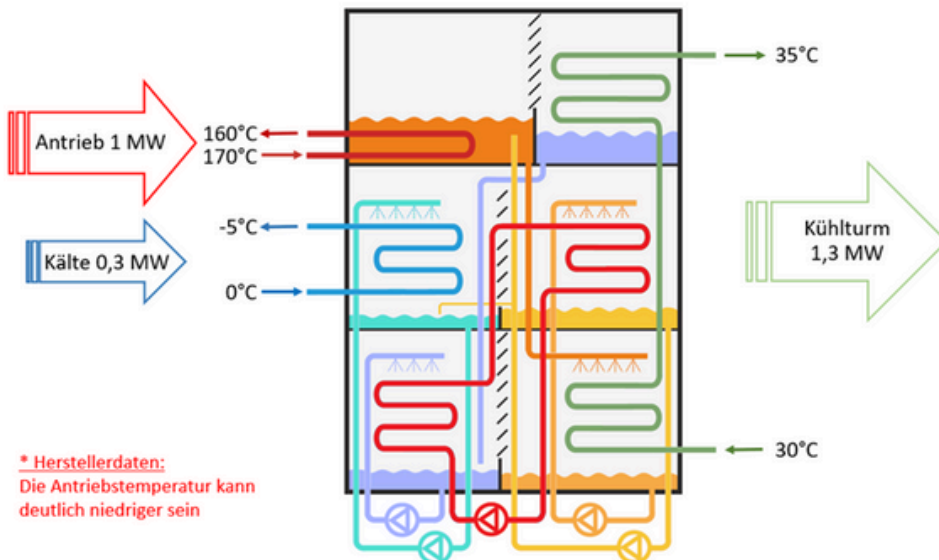
Abb. 7: Basisauslegung für Single-Stage Absorptionskältemaschinen mit niedrigen Kaltwassertemperaturen  
Quelle: StepsAhead

### LiBr Absorption Chiller for 2°C (single stage, COP 0,78)



### LiBr-Kältemaschine für -5°C (Beispiel mit Herstellerdaten\*, COP geschätzt 0,3)

Abb. 8: Basisauslegung für Double-Lift Absorptionskältemaschinen  
Quelle: StepsAhead



\* **Herstellerdaten:**  
Die Antriebstemperatur kann deutlich niedriger sein

Die Bedeutung niedriger Kaltwassertemperaturen für Fernkältenetze ist erheblich: Da die Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf klein ist, erfordert die Übertragung großer Leistungen sehr hohe Rohrdimensionen. Eine Absenkung der Vorlauftemperatur um wenige Kelvin kann daher die Übertragungsleistung deutlich steigern und die Netzökonomie verbessern (Ziegler 2014).

### Double-Stage-Absorptionsmaschinen (als AKM und AWP)

Absorptionswärmepumpen können durch die Integration eines zusätzlichen externen Wärmetauschers auch als Absorptionswärmetauscher (AWT) betrieben werden. In diesem Fall wird der antreibende Primärkreis im Generator genutzt, um den Absorptionsprozess anzutreiben (Abb. 9). Anschließend wird er über den externen Wärmetauscher bis auf eine übliche Rücklauftemperatur abgekühlt, bevor im Verdampfer eine weitere Absenkung erfolgt. Dadurch kann die Rücklauftemperatur der primären Seite unter das Niveau der sekundären Seite abgesenkt werden.

Je größer die Temperaturdifferenz zwischen der Vorlauftemperatur des primären und des sekundären Netzes ist, desto deutlicher fällt die zusätzliche Rücklaufabsenkung aus.

Die wirtschaftliche Bedeutung von AWTs zeigt sich in zwei zentralen Aspekten:

- Die Steigerung der Leitungskapazität ermöglicht einen weiteren Netzausbau, ohne bestehende Rohrleitungen vergrößern zu müssen.
- Der kältere Rücklauf schafft die Möglichkeit, zusätzliche Niedertemperaturquellen zu erschließen oder die Effizienz bestehender Wärmeenergieerzeugungsanlagen, etwa in Heizkraftwerken oder Geothermieanlagen, zu verbessern (Ziegler 2014).
- Die Technologie ist somit besonders relevant in Bestandsnetzen, die durch steigende Anschlussdichten oder Netzerweiterungen an Kapazitätsgrenzen stoßen.

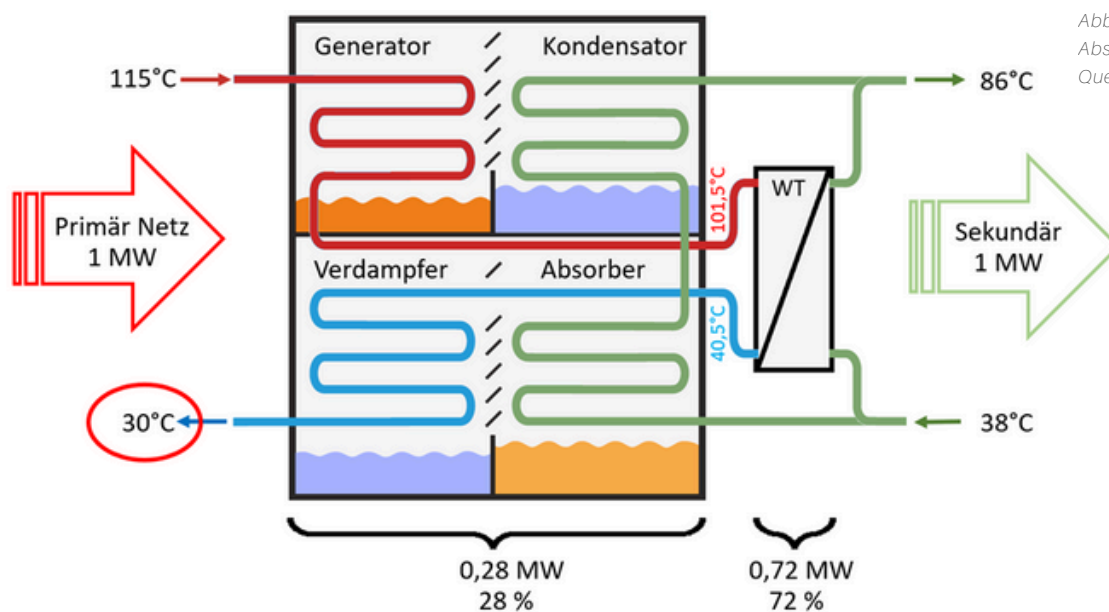


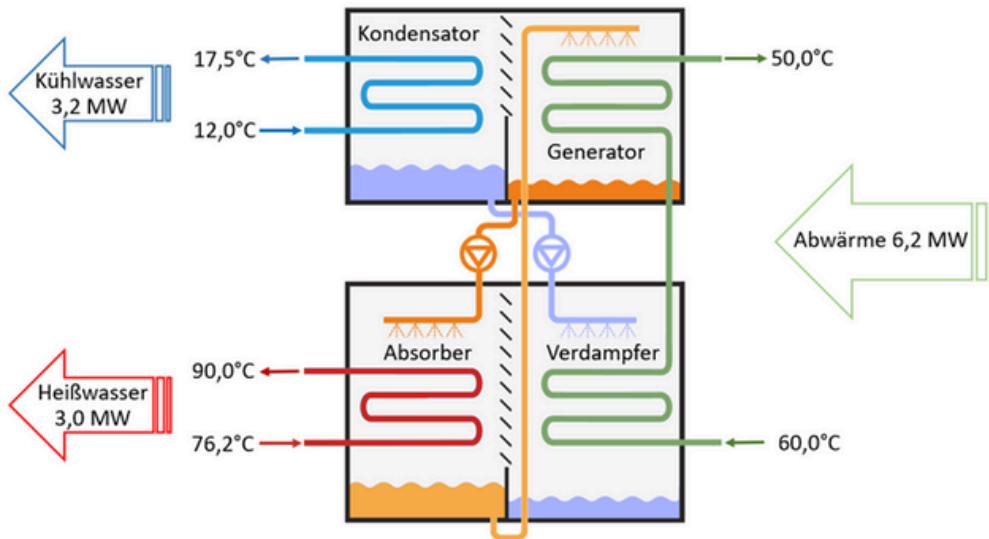
Abb. 9: Basisauslegung für Absorptionswärmetauscher  
Quelle: StepsAhead

### Wärmetrafo (Kategorie 2 AWP)

Ein weiteres Einsatzfeld thermisch angetriebener Absorptionssysteme ist der sogenannte Wärmetrafo (Kategorie-2-Absorptionswärmepumpe). Hierbei wird die Abwärme selbst als Antriebsenergie genutzt, um einen Teil dieser Wärme auf ein höheres Temperaturniveau anzuheben (Abb. 10). In typischen Systemen können etwa 48 % der aufgenommenen Abwärme in nutzbare Wärme höherer Temperatur transformiert werden. Der verbleibende Anteil von rund 52 % muss auf niedrigerem Temperaturniveau an die Umgebung abgeführt werden und geht damit verloren.

## LiBr-Wärme Transformator, Kategorie 2 Wärmepumpe (COP ca. 0,5)

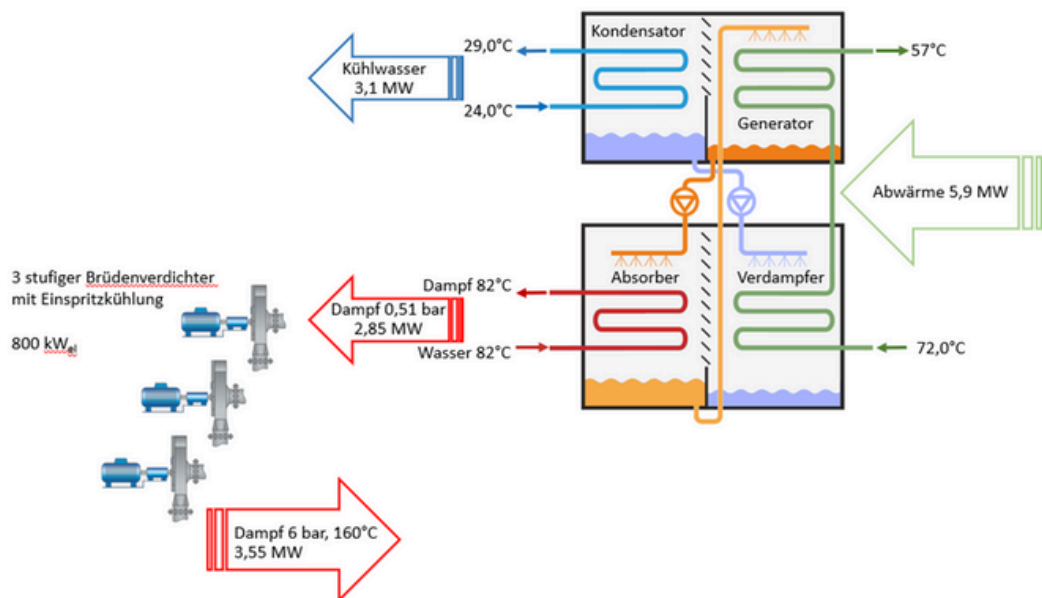
Abb. 10: Schematische Darstellung  
Wärme-Transformator  
Quelle: StepsAhead



Ein Anwendungsbeispiel ist die Nutzung von Prozessdampf (Abb. 11): Wird im Absorber Wasser im Vakuum verdampft, kann dieses durch eine nachgeschaltete Verdichtung als nutzbarer Prozessdampf wiedergewonnen werden. In einem praktischen Szenario lassen sich beispielsweise 2,85 MW Abwärme nutzen, um Wasser zu verdampfen. Mit einem dreistufigen Brüdenverdichter sind lediglich 0,8 MW elektrische Leistung erforderlich, um daraus insgesamt 3,55 MW Sattdampf bei 6 bar(a) zu erzeugen.

Abb. 11: Schematische Darstellung  
Brüdenkompression &  
Dekarbonisierungsstrategie  
Quelle: StepsAhead

## Kategorie 2 AWP + Brüdenkompression Abwärme mit AWP macht Dampf, Verdichter hebt das Druckniveau



Durch diese Kombination von Absorptions- und Verdichtungstechnik entsteht ein hocheffizientes Gesamtsystem, das insbesondere in der Industrie Anwendungspotenzial besitzt. Gleichzeitig sind Wärmetrafos mit hohen Investitionen und systembedingten Wärmeverlusten verbunden, weshalb eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung im Einzelfall notwendig ist (Herold et al. 2016).

## 155% Heizkessel (Kategorie 2 AWP)

Eine besondere Variante des Wärmetrafos stellt der sogenannte „155 % Heizkessel“ dar. Hierbei erfolgt die Wärmezufuhr im Generator nicht ausschließlich durch externe Abwärme, sondern zusätzlich durch direkte Befeuerung. Durch die Kopplung der Feuerung mit der Absorptionsmaschine können neben der direkten Wärme auch die Abgasverluste genutzt werden. Auf diese Weise entsteht ein System, das rechnerisch eine Brennstoffausnutzung von bis zu 155 % erreicht. Das Schema (Abb. 12) des „155 % Heizkessel“ verdeutlicht, wie die Integration der Absorptionstechnologie über den Generator und die Abwärmenutzung zusätzliche Effizienzgewinne ermöglicht, die mit klassischen Kesselsystemen nicht erreichbar wären. Der „155 % Heizkessel“ demonstriert, wie durch die geschickte Kombination aus konventioneller Verbrennung und Absorptionsprozessen innovative Hybridlösungen entstehen können, die sowohl den Energieverbrauch senken als auch die Effizienz der Wärmeerzeugung deutlich steigern (Herold et al. 2016).

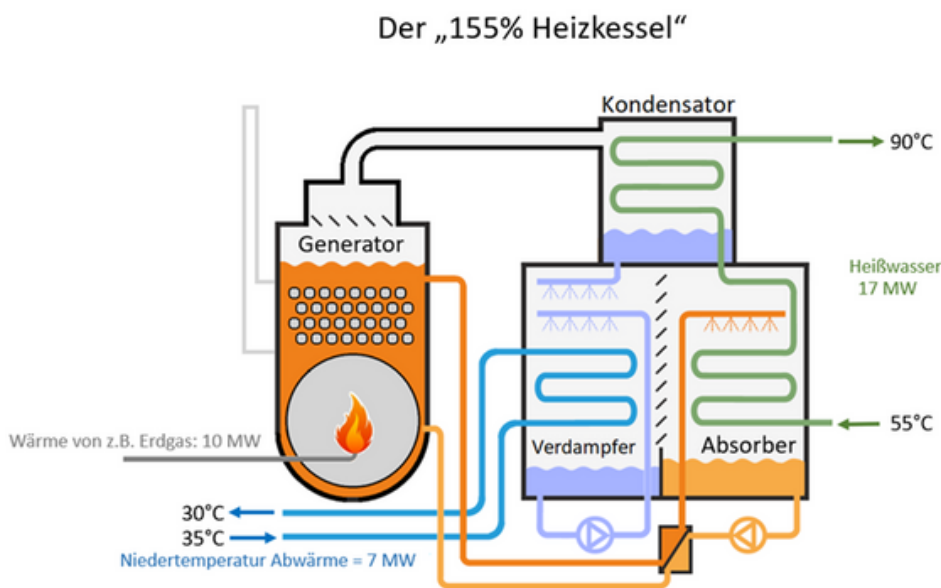


Abb. 12: Schema eines 155% Heizkessels.  
Quelle: StepsAhead

## Bewirtschaftung von Saisonwärmespeichern

Saisonale Wärmespeicher, wie sie beispielsweise in Dänemark seit Jahren im großtechnischen Maßstab genutzt werden, spielen eine zunehmend wichtige Rolle in der Fernwärme. Um diese Speicher wirtschaftlich betreiben zu können, ist eine möglichst große Temperaturspreizung zwischen Lade- und Entladebetrieb entscheidend. Typische Rücklauftemperaturen von etwa 60 °C sind hierfür jedoch nicht ausreichend und führen dazu, dass Speicher mit Wärmepumpen aktiv ausgekühlt werden müssen.

Absorptionswärmepumpen können in diesem Zusammenhang eine Lösung bieten, da sie in der Lage sind, die Temperaturspreizung zu vergrößern. Damit konkurrieren allerdings zwei potenzielle Nutzungen des Kaltwasserkreislaufs:

1. die Absenkung der Speichertemperatur zur Erhöhung der Speicherkapazität, und
2. die Rauchgaskondensation in der Feuerung, die ebenfalls von niedrigen Rücklauftemperaturen profitiert.

Das Spannungsfeld zwischen Speicherbewirtschaftung und Rauchgaskondensation erfordert eine sorgfältige systemische Abwägung und Simulation der Betriebsstrategien. Nur wenn Abwärme oder andere geeignete Antriebswärmequellen ausreichend zur Verfügung stehen, können Absorptionswärmepumpen den Betrieb saisonaler Speicher signifikant verbessern (Henning & Palzer 2014).

## Erkenntnisse aus den untersuchten Anwendungen

Im Rahmen des Projekts wurden vier zentrale Technologien auf Basis von Absorption untersucht und in Factsheets dokumentiert:

- Absorptionswärmepumpen (AWP) zur Rauchgaskondensation,
- AWP zur Nutzung von Sekundärkühlwasser,
- Absorptionskältemaschinen (AKM) in Fernkältenetzen,
- Absorptionswärmetauscher (AWT) zur Rücklaufabsenkung in Fernwärmenetzen.

Die Ergebnisse zeigen, dass Absorptionstechnologien in unterschiedlichen Kontexten einen wichtigen Beitrag zur Effizienzsteigerung, Dekarbonisierung und Flexibilisierung von Fernwärme- und Fernkältesystemen leisten können. Gleichzeitig bestehen deutliche Unterschiede hinsichtlich technischer Machbarkeit, ökonomischer Tragfähigkeit und systemischer Einbettung.

### Absorptionswärmepumpen zur Rauchgaskondensation

Die Nutzung von Rauchgaskondensationswärme mit AWP hat sich als robuste und technisch bewährte Lösung erwiesen. In Biomasse-Nahwärmenetzen konnten die Brennstoffnutzungsgrade um 20–30 % gesteigert werden, einzelne Anlagen erreichten Gesamtwirkungsgrade von über 115 %. Im Heizwerk Montafon wurde mit einer 150-°C-AWP ein Gesamtwirkungsgrad von 115 % erreicht. Systeme mit 105 °C Antriebstemperatur (z. B. Gerlos, Lermoos) sind technisch einfacher umzusetzen und vermeiden den Aufwand der Druckgeräterichtlinie, liefern aber etwas geringere Rückgewinne.

Ökologisch überzeugt die Technologie durch deutliche CO<sub>2</sub>-Einsparungen und eine effizientere Nutzung knapper Biomasseressourcen. Ökonomisch sind die Systeme vor allem bei hohen Volllaststunden und geförderten Investitionskosten attraktiv. Einschränkungen ergeben sich durch Platzbedarf und Abhängigkeit vom Brennstoffwassergehalt.



*Detaillierte Daten, technische Spezifikationen und weitere Referenzen sind im Factsheet „AWP Rauchgaskondensation“ enthalten.*

### Absorptionswärmepumpen zur Nutzung von Sekundärkühlwasser

Die Untersuchung am Standort Linz Mitte hat gezeigt, dass industrielles Sekundärkühlwasser ein bislang unterschätztes Potenzial für die Wärmebereitstellung bietet. In Linz Mitte wurde eine Anlage mit 8,6 MW thermischer Leistung konzipiert, die den Rücklauf des Fernwärmenetzes von 55 auf 70 °C anheben sollte. Mit einem COP von 1,86 und einer potenziellen jährlichen Wärmenutzung von bis zu 15 GWh hätte dies CO<sub>2</sub>-Einsparungen von 3.000 bis 4.000 Tonnen ermöglicht. Allerdings zeigte die Analyse auch die Grenzen auf: Die verfügbare Antriebstemperatur von lediglich 97 °C erwies sich als kritisch, da die thermodynamischen Grenzen der AWP dadurch nicht voll ausgeschöpft werden konnten. Wirtschaftlich wäre die Technologie insbesondere dann attraktiv, wenn günstigere oder überschüssige Hochtemperaturwärme – etwa aus Biomasse oder Solarthermie – zur Verfügung steht. Das Business Radar hebt die ökologischen Vorteile und die Nutzung bislang ungenutzter Wärmequellen hervor, verweist jedoch zugleich auf den hohen Integrationsaufwand, den Platzbedarf und die ökonomischen Unsicherheiten. Insgesamt bleibt das Bild ambivalent: technisch machbar und ökologisch sinnvoll, aber wirtschaftlich stark von den lokalen Randbedingungen abhängig.



*Detaillierte Analyse und Wirtschaftlichkeitsbewertung im Factsheet „AWP Sekundärkühlwasser“.*

## Absorptionskältemaschinen in Fernkältenetzen

Die Rolle von Absorptionskältemaschinen in Fernkältenetzen wurde ebenfalls untersucht. Sie nutzen Wärme zur Kälteerzeugung und eignen sich damit besonders für die Grundlastdeckung in Netzen mit konstantem Kühlbedarf. In einem geplanten Projekt in Linz sollte eine Anlage mit 700 kW Kälteleistung, betrieben mit Fernwärme bei 80 °C, realisiert werden. Der berechnete COP von 0,78 liegt im typischen Bereich, allerdings zeigte sich, dass die hohen Investitionskosten und der Rückkühlbedarf – der rund das 2,3-Fache der Kälteleistung beträgt – die Wirtschaftlichkeit erschweren. Ökologisch ist die Technologie dennoch interessant, da sie fossilen Strom substituiert, F-Gase vermeidet und durch geringen Strombedarf Netzlasten reduziert. Im ökonomischen Diskurs wird deutlich, dass Absorptionskälte vor allem in Nischenanwendungen tragfähig ist, etwa wenn kontinuierlich überschüssige Wärme verfügbar ist und Förderungen den Kapitaleinsatz abfedern. Das Business Radar bestätigt diese Einschätzung: Absorptionskälte ist kein universeller Ansatz, kann aber in Kombination mit Free Cooling, saisonalen Speichern oder hybriden Systemen mit Kompressionskälte erhebliche Vorteile generieren.



*Detaillierte Analyse und Wirtschaftlichkeitsbewertung im Factsheet „Absorptionskältemaschinen in Fernkältenetzen“.*

## Absorptionswärmetauscher in Gebietsumformerstationen

Eine gänzlich andere Stoßrichtung verfolgen Absorptionswärmetauscher, die nicht primär Wärme bereitstellen, sondern durch die Absenkung der primärseitigen Rücklauftemperatur die Netzkapazität erhöhen. Simulationen in Wiener Gebietsumformerstationen zeigten, dass die Transportkapazität bestehender Leitungen um bis zu 30 Prozent gesteigert werden kann, ohne zusätzliche Infrastruktur zu errichten. In einer Fallstudie mit einer 2,8-MW-Anlage wurde eine Unterkühlung von bis zu 20 K erreicht, wodurch der Primärmassenstrom um 22 % reduziert werden konnte. Damit eröffnen sich Möglichkeiten, Netzausbauten zu vermeiden, Pumpstrom zu senken und Wärmeverluste zu reduzieren. Auf der ökonomischen Seite stehen diesen Vorteilen allerdings höhere Investitionskosten, zusätzlicher Platzbedarf und erhöhter Druckverlust gegenüber. Das Business Radar bewertet AWTs dennoch als systemisch äußerst relevant, da sie in Netzen mit Kapazitätsengpässen eine Schlüsselrolle einnehmen können. Für eine breitere Umsetzung sind jedoch Pilotprojekte, Investitionsanreize und gezielter Wissenstransfer notwendig.



*Weitere technische Daten und Simulationsergebnisse siehe Factsheet „Absorptionswärmetauscher“.*

## Erkenntnisse von Referenzanlagen

### Absorptionswärmepumpen Kondensation von Rauchgas in Heiz(kraft)werken

#### Heizwerk Wagrain

- Inbetriebnahme: Oktober 2020
- Antriebsenergie: Heißwasser 150/130 °C (1,15 MW)
- Rauchgaskondensation: 32/22 °C (0,85 MW)
- Fernwärmeeinspeisung: Rücklaufanhebung 55/70 °C (2 MW)
- Ergebnis: Brennstoffnutzung um bis zu 49 % verbessert (Kundenmessung, Dez. 2020).



Abb. 13: Einhebung der Absorptionswärmepumpe, Bildquelle: StepsAhead

### Heizwerke Straß & Seekirchen

- Inbetriebnahme: Februar 2022 & Dezember 2022
- Antriebsenergie: Heißwasser 150/125 °C (0,7 MW)
- Rauchgaskondensation: 32/26 °C (0,5 MW)
- Fernwärmeeinspeisung: Rücklaufanhebung 59/72 °C (1,2 MW)
- Ergebnis: Baugleiche AWP's zu Wagrain, Effizienzsteigerung durch Rauchgaskondensation.



Abb. 14: Einbau der Absorptionswärmepumpe, Bildquelle: StepsAhead

### Heizwerk Gerlos (105 °C-System)

- Inbetriebnahme: Juli 2023
- Antriebsenergie: Warmwasser 105/95 °C (0,95 MW)
- Rauchgaskondensation: 45/35 °C (0,76 MW)
- Fernwärmeeinspeisung: Rücklaufanhebung 52/68 °C (1,71 MW)
- Ergebnis: 26,2 % zusätzliche Wärmerückgewinnung in der Heizsaison 2023/24.



Abb. 15: Einbau der Absorptionswärmepumpe, Bildquelle: StepsAhead

### Heizwerk Hjørring (Double-Lift-System)

- Inbetriebnahme: 2014
- Antriebsenergie: Heißwasser 170/160 °C (10 MW)
- Rauchgaskondensation: 20/10 °C (3 MW)
- Fernwärmeeinspeisung: Rücklaufanhebung 57/85 °C (13 MW)
- Ergebnis: Nutzung von sehr niedrigen Abgastemperaturen durch Double-Lift-Technik.



Abb. 16: Einbau der Absorptionswärmepumpe BROAD, Bildquelle: StepsAhead

Weitere Anlagen zur Aktiven Rauchgaskondensation in Heizwerken entstanden 2024 z.B. an den Standorten Lofer, Obertrum und Lermoos.

### Heizkraftwerk Klagenfurt Ost

- Inbetriebnahme: 2017
- Antriebsenergie: Heißwasser 130/120 °C
- Rauchgaskondensation: 45/35 °C
- Wärmeleistung: 23,4 MW
- Fernwärmeeinspeisung: Rücklaufanhebung 60/75 °C
- Ergebnis: größte Absorptionswärmepumpe Österreichs..



Abb. 17: Einbau der Absorptionswärmepumpe, Bildquelle: StepsAhead

### Heizkraftwerk Klagenfurt Nord

- Inbetriebnahme: Jänner 2018
- Antriebsenergie: Heißwasser 130/120 °C
- Rauchgaskondensation: 45/35 °C
- Wärmeleistung: 12,7 MW
- Fernwärmeeinspeisung: Rücklaufanhebung 60/80 °C
- Ergebnis: Brennstoffnutzung um ca. 20 % verbessert.



Abb. 18: Einbau der Absorptionswärmepumpe, Bildquelle: StepsAhead

### Heizwerk Klagenfurt Ost

- Inbetriebnahme: Q4 2023
- Antriebsenergie: Satteldampf 2,9 bar(a), 136 °C
- Rauchgaskondensation: 48/39 °C
- Wärmeleistung: 9,5 MW
- Fernwärmeeinspeisung: Rücklaufanhebung 61/82 °C
- Ergebnis: erste große dampfbetriebene AWP in Klagenfurt.



Abb. 19: Einbau der Absorptionswärmepumpe, Bildquelle: StepsAhead

## Absorptionswärmepumpen – Industrielle Abwärme

In industriellen Projekten ist es von besonderer Bedeutung, nicht nur die Absorptionswärmepumpe, sondern auch die betroffene industrielle Umgebung zu analysieren und bei Bedarf zu simulieren. Durch die große Vielfalt unterschiedlicher Randbedingungen gibt es eine große Bandbreite an möglichen Anwendungen.

### Ziegelproduktion Wienerberger

- Inbetriebnahme: Q1 2018
- Antriebsenergie: heiße Abluft (400 °C)
- Wärmeleistung: 3,8 MW
- Ergebnis: Abwärmenutzung aus Trocknerabluft; keine veröffentlichten Prozessdaten.



Abb. 20: Einbau der Absorptionswärmepumpe, Bildquelle: StepsAhead

In energieintensiven Industriebetrieben fallen Abwärmern mit unterschiedlichen Temperaturniveaus an. Mit Wärmepumpen können auch die Niveaus < 60°C für die Fernwärmeauskopplung genutzt werden. Da die Rahmenbedingungen (Temperaturniveaus, Gleichzeitigkeit von Abwärmeangebot und Nutzwärmebedarf) in jedem Betrieb anders sind, ist die genaue Planung der Anlagen wichtig. Meistens werden AWP in der Industrie mit Dampf angetrieben. In diesem Fall wird die Fernwärmeauskopplung auf 170% gesteigert.

### Sappi Gratkorn

- Inbetriebnahme: Q4 2023
- Antriebsenergie: Sattdampf 3,8 bar(a)
- Abwärmequelle: industrielles Kondensat 56/46 °C
- Wärmeleistung: 7,3 MW
- Fernwärmeeinspeisung: Rücklaufanhebung 68/93 °C
- Ergebnis: Sonderanfertigung für engen Technikraum, Integration in Grazer Fernwärme.



Abb. 21: Einbau der Absorptionswärmepumpe, Bildquelle: StepsAhead

### Binder, Tirol

- Anwendung: Holzindustrie (Spänetrocknung, feuchte Abluft)
- Heizleistung: 14 MW
- Ergebnis: Beispiel für großtechnische Integration in der Holzverarbeitung.



Abb. 22: Einbau der Absorptionswärmepumpe, Bildquelle: StepsAhead

## Absorptionskälteanlagen

In den Fernkältezentralen Hauptbahnhof und Spittelau in Wien laufen Kompressionskältemaschinen und je eine Absorptionskälteanlage.

### Fernkälte Wien Hauptbahnhof

- Inbetriebnahme: Q2 2024
- Kälteleistung: 1,05 MW
- Antriebsenergie: Warmwasser 90/75 °C
- Antriebsleistung: 1,5 MW
- Klima-Kaltwasser: 10,5/4,5 °C
- Kühlwasser: 37/29 °C
- Füllmenge LiBr: 1350 kg



Abb. 23: Einbau der Absorptionskälteanlage Wien Hauptbahnhof, Bildquelle: Wien Energie

### Fernkälte Spittelau

- Kälteleistung: 2 MW
- Inbetriebnahme: 2023
- Antriebsenergie Warmwasser 90/75°C
- Antriebsleistung: 2,91 MW
- Klima-Kaltwasser: 10/4 °C
- Kühlwasser: 35/25 °C

Wegen dem geringen COP von 0,7 muss die Antriebsenergie sehr günstig, am besten kostenlos zur Verfügung stehen. Das ist in heißen Klimazonen z.B. mit Solaranlagen möglich. Absorptionskälteanlage mit Solarantrieb unterstützt die Klimatisierung einer Schule in Arizona, USA. Im Landeskrankenhaus Mödling wird eine Kälteanlage betrieben, um Sommerlast für das Heizkraftwerk zu schaffen.

Projekte zu Absorptionswärmetauschern oder Absorptionswärmemetransformatoren sind in Europa nicht bekannt. Hier gibt es derzeit nur Anwendungen in China.

## Schlussfolgerungen & Ausblick

Der Einsatz von Absorptionstechnologien in Fernwärmenetzen bringt je nach Anwendungsfeld unterschiedliche Herausforderungen, aber auch Chancen mit sich. Gemeinsam ist allen Konzepten, dass sie Wärme als Antriebsenergie nutzen und damit den Strombedarf minimieren. Dadurch eröffnen sich neue Möglichkeiten für die Integration erneuerbarer Energien und industrieller Abwärme. Gleichzeitig stehen die hohen Antriebstemperaturen, die für Absorptionswärmepumpen und Absorptionswärmetauscher benötigt werden, in einem Spannungsfeld zu den Bestrebungen, die Netztemperaturen langfristig abzusenken. Daraus ergibt sich, dass die Technologien nicht universell einsetzbar sind, sondern kontextspezifisch geplant und bewertet werden müssen.



### Einsatz als Absorptionswärmetauscher

Die Senkung der Rücklauftemperaturen kann die Effizienz von Erzeugungsanlagen erheblich steigern, insbesondere in Kombination mit Geothermie. Wenn Austrittstemperaturen über 140 °C erreicht werden, erhöht eine niedrigere Rücklauftemperatur unmittelbar die Leistungsfähigkeit der Anlage. Da geothermische Systeme ganzjährig betrieben werden können, wirken sich die hohen Betriebsstunden positiv auf die Wirtschaftlichkeit von Absorptionswärmetauschern aus. Wie das Projekt gezeigt hat, konnte in Wiener Gebietsumformerstationen durch den Einsatz eines AWT die primärseitige Rücklauftemperatur um bis zu 20 K abgesenkt werden. Daraus resultierte eine Steigerung der Transportkapazität um rund 30 % bei gleichbleibender Infrastruktur. Neben der Geothermie eignen sich auch Netzabschnitte mit hohen Vorlauftemperaturen, etwa wenn aus kundenspezifischen Gründen oder aufgrund des Einsatzes von Absorptionskältemaschinen höhere Temperaturen benötigt werden. Hier entstehen Synergien, die den Einsatz von AWT besonders effizient machen. Allerdings sind höhere Investitionskosten, ein bis zu 50 % größerer Platzbedarf und technische Herausforderungen wie erhöhter Druckverlust zu berücksichtigen. Insgesamt zeigt sich, dass AWTs ein strategisches Instrument sind, um Kapazitätsengpässe zu überwinden und zusätzliche Niedertemperaturquellen in bestehende Netze einzubinden,



### Einsatz als Absorptionskältemaschine

Mit dem fortschreitenden Klimawandel und dem steigenden Kühlbedarf wächst auch das Potenzial von Absorptionskältemaschinen in städtischen Fernkältenetzen. Ihr zentraler Vorteil gegenüber konventionellen Kompressionskältemaschinen liegt im geringen Strombedarf, wodurch die Abhängigkeit von Strompreisschwankungen reduziert wird. Zudem erhöhen sie die Sommerlast in Fernwärmenetzen, was Überschüsse an Wärme im Netz nutzbar macht und Rückkühlungsbedarf reduziert.

Die Projektergebnisse zeigen jedoch auch klare Grenzen. Mit typischen Leistungsziffern (COP) von 0,7 bis 0,8 liefern AKMs zwar eine stabile Grundlast, erfordern aber eine Rückkühlung, die mehr als doppelt so hoch ist wie die erzeugte Kälteleistung. Ein Beispiel aus Linz verdeutlichte dies: eine geplante 700-kW-Anlage hätte technisch funktioniert, wurde aber aufgrund des fehlenden wirtschaftlichen Vorteils nicht realisiert. Wirtschaftlich tragfähig sind AKMs daher vor allem dann, wenn kontinuierlich günstige oder überschüssige Wärmequellen verfügbar sind – beispielsweise aus Müllverbrennungsanlagen oder industrieller Abwärme. Eine zusätzliche Herausforderung liegt in der saisonalen Verfügbarkeit hoher Antriebstemperaturen: Gerade im Sommer, wenn der Kühlbedarf am höchsten ist, sinken diese tendenziell ab.

Hinzu kommt der erhöhte Rückkühlungsbedarf, der lokal oft nur eingeschränkt gedeckt werden kann, etwa bei steigenden Flusstemperaturen. Daraus resultieren höhere Pumpstromkosten, die die Betriebskosten belasten. Perspektivisch sind hybride Konzepte, die Absorption und Kompression kombinieren, sowie die Kopplung mit Free Cooling oder saisonalen Speichern zentrale Ansätze, um die ökologischen Vorteile von AKMs auch wirtschaftlich besser nutzbar zu machen.



### Einsatz als Absorptionswärmepumpe

Besonders erfolgreich hat sich der Einsatz von Absorptionswärmepumpen zur Rauchgaskondensation erwiesen. In Biomasse-Nahwärmenetzen konnten damit die Brennstoffnutzungsgrade um 20 bis 30 Prozent gesteigert werden, in Einzelfällen wurden Gesamtwirkungsgrade von über 115 % erreicht. Diese Technologie ist technisch ausgereift, ökologisch vorteilhaft und ökonomisch attraktiv, sofern hohe Volllaststunden erreicht werden und Förderprogramme die Investitionen unterstützen.

Auch die Nutzung von industriellem Sekundärkühlwasser bietet Potenziale. Am Standort Linz Mitte wurde eine AWP mit 8,6 MW thermischer Leistung konzipiert, die jährlich bis zu 15 GWh Wärme hätte bereitstellen können. Mit einem COP von 1,86 und möglichen Einsparungen von rund 4.000 Tonnen CO<sub>2</sub> zeigt dieses Beispiel die technische Machbarkeit. Wirtschaftlich bleibt die Umsetzung jedoch abhängig von ausreichend hohen Antriebstemperaturen oder alternativen Antriebsquellen wie Solarthermie oder Biomasse.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Absorptionstechnologien wichtige Bausteine für die Weiterentwicklung von Fernwärme- und Fernkältesystemen darstellen, jedoch keine universelle Lösung bieten. Absorptionswärmepumpen sind insbesondere für die Rauchgaskondensation in Biomassenetzen erprobt und marktreif. Die Nutzung von Sekundärkühlwasser und die Anwendung von Absorptionskältemaschinen eröffnen ökologisch wertvolle Optionen, deren Wirtschaftlichkeit aber stark von den Rahmenbedingungen abhängt. Absorptionswärmetauscher wiederum stellen ein strategisches Werkzeug zur Netzoptimierung dar. Für eine breite Markteinführung dieser Technologien sind neben technischer Weiterentwicklung vor allem politische Rahmenbedingungen, gezielte Förderungen, Pilotprojekte und Wissenstransfer entscheidend. Nur so können die erheblichen ökologischen und ökonomischen Potenziale der Absorptionstechnologien in der Praxis nachhaltig erschlossen werden

### Verwendete Quellen

- BMK (2021): *Energie in Österreich 2021*. Bundesministerium für Klimaschutz, Wien.
- Connolly, D. et al. (2014): *Heat Roadmap Europe: Combining district heating with heat savings to decarbonise the EU energy system*. *Energy Policy* 65, 475-489.
- Euroheat & Power (2020): *District Heating and Cooling in Europe*. Brüssel.
- Grossman, G. (2002): *Absorption Heat Pump Systems*. Wiley.
- Herold, K., Radermacher, R., Klein, S. (2016): *Absorption Chillers and Heat Pumps*. CRC Press.
- Henning, H.-M., Palzer, A. (2014): *100% Erneuerbare Energien für Strom und Wärme in Deutschland*. Fraunhofer ISE.
- Kazi, S. N. et al. (2021): *Ionic liquids as absorbents in absorption refrigeration systems*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 135.
- Ziegler, F. (2002): *Comparative evaluation of thermally driven heat pumps and chillers*. *Int. J. Refrigeration* 25, 450-464.
- Ziegler, F. (2014): *Absorption Heat Pump Technology in District Heating*. *Energy Procedia* 61, 1960-1964.