

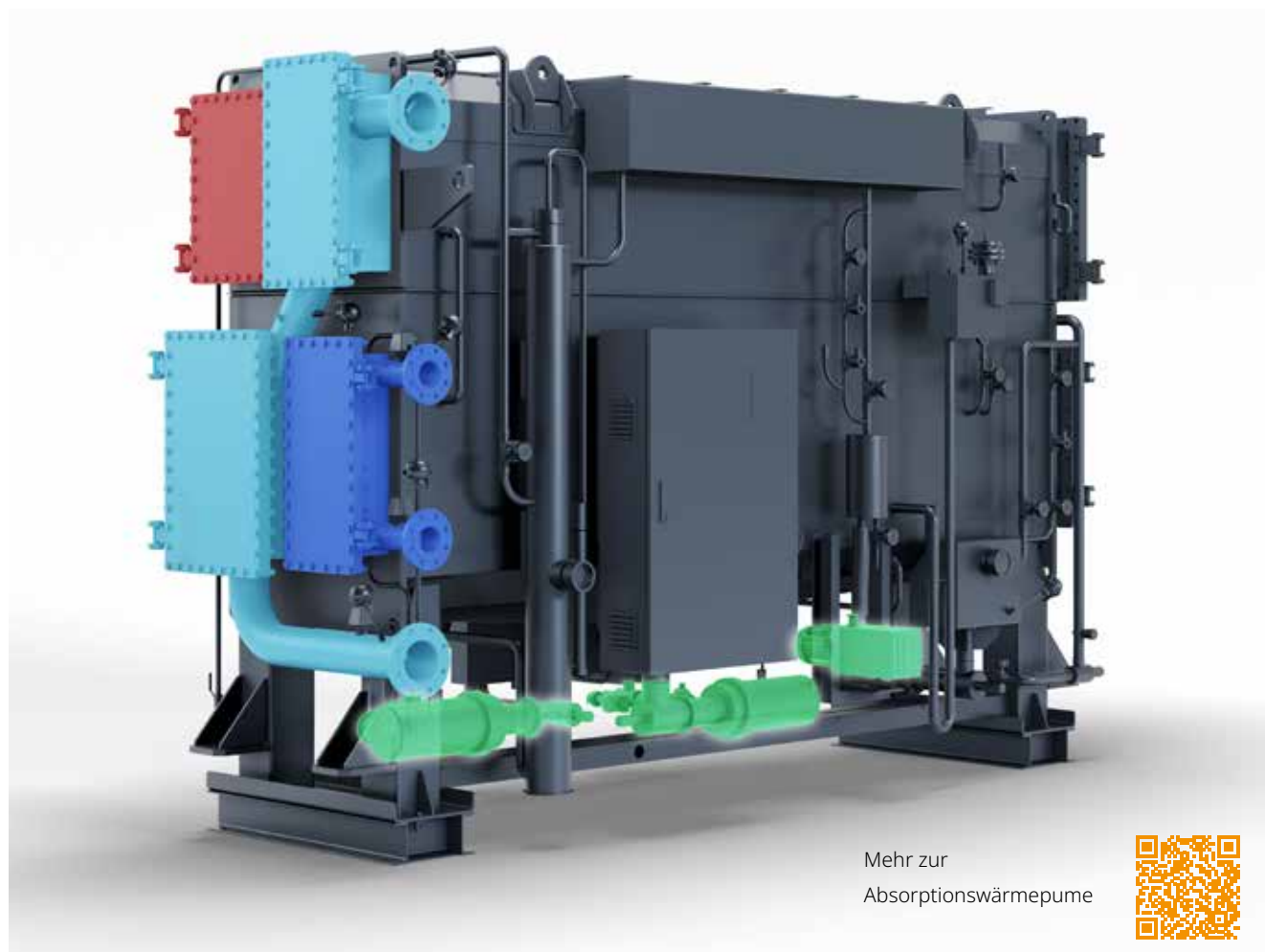


Maximale Effizienz für Biomasse-Heizwerke

Wärmerückgewinnung mittels Absorptionswärmepumpe
und aktiver Abgaskondensation



Schmid – Vorschubrostfeuerung UTSR-1600 visio



Mehr zur
Absorptionswärmepumpe

3-D Modell einer Absorptionswärmepumpe von STEPSAHEAD

Zusätzlicher Energiegewinn bei konstantem Brennstoffeinsatz – maximale Wärmerückgewinnung mittels Absorptionswärmepumpe

Mit einer optimierten Wärmerückgewinnung aus dem Abgas lässt sich die Effizienz von Biomasse-Heizwerken massiv steigern. Durch den kombinierten Einsatz von Abgaskondensationsanlagen und Absorptionswärmepumpen kann 20 – 40 % mehr Heizwärme aus derselben Brennstoffmenge erzeugt werden.

Das Abgas aus einer Biomassefeuerung enthält je nach Brennstofffeuchte ca. 10 – 25 Vol.-% Wasserdampf. In diesem Wasserdampf ist viel Wärme gespeichert, die bei der Kondensation wieder freigesetzt wird. Dabei werden je Tonne Wasserdampf ca. 670 kWh an Wärme abgegeben.

Für die Kondensation muss das Abgas unter seine Taupunkttemperatur abgekühlt werden. Je nach Brennstofffeuchte und Restsauerstoffgehalt im Abgas liegt diese Temperatur bei ca. 45 – 60 °C. Je weiter das Abgas in der Abgaskondensationsanlage abgekühlt werden kann, umso mehr Kondensationswärme kann gewonnen werden.

In der Praxis wird häufig der Wärmenetzzrücklauf zur Kühlung der Abgaskondensationsanlage genutzt. Dessen Temperatur liegt oftmals im Bereich von 55 – 60 °C und somit nahe an oder über der Taupunkttemperatur.

Unter diesen Bedingungen kann der Wasserdampf im Abgas nicht oder nur unzureichend kondensiert werden, die Abgaskondensationsanlage ist in ihrer Leistung limitiert oder gar nicht funktionsfähig.

Schmid energy solutions und STEPSAHEAD wollen Biomasse-Heizwerke maximal effizient gestalten. Durch die aktive Abgaskondensation mit einer Absorptionswärmepumpe wird die Effizienz gesteigert, zusätzliche Heizwärme nutzbar und die Abhängigkeit von der Wärmenetz-Rücklauftemperatur reduziert.

Vorteile mit neuester Steuerungsgeneration Revolution adaptive

Die neueste Feuerungsregelung Revolution adaptive von Schmid energy solutions ist in Kombination mit Kondensationsanlagen besonders vorteilhaft. Sie hält ohne Betreibereingriffe auch bei wechselnden Brennstoffqualitäten dauerhaft tiefe Restsauerstoffgehalte ein, was die Abgaskondensation verbessert, den Wassertaupunkt im Abgas anhebt und höhere Wärmeerträge ermöglicht. Dies erlaubt den wirtschaftlichen Betrieb von Absorptionswärmepumpen mit Warmwasserkesseln (105 °C) anstatt prüfpflichtigen Heisswasserkesseln, was Investitions- und Betriebskosten sowie -aufwände reduziert.

Kooperation Schmid energy solutions und STEPSAHEAD

Im Februar 2024 vereinbarten Schmid energy solutions und STEPSAHEAD eine Zusammenarbeit, um die aktive Abgaskondensation an Schmid-Heizkesseln als hocheffizientes Wärmeerzeugungssystem zu etablieren.

STEPSAHEAD-Absorptionswärmepumpen zur aktiven Abgaskondensation sind seit Jahren erfolgreich in Heizwerken und Industriebetrieben im Einsatz.

Mehr zu
Revolution adaptive



Mehr zu
STEPSAHEAD



Der Energiegewinn im Energiefluss-Diagramm

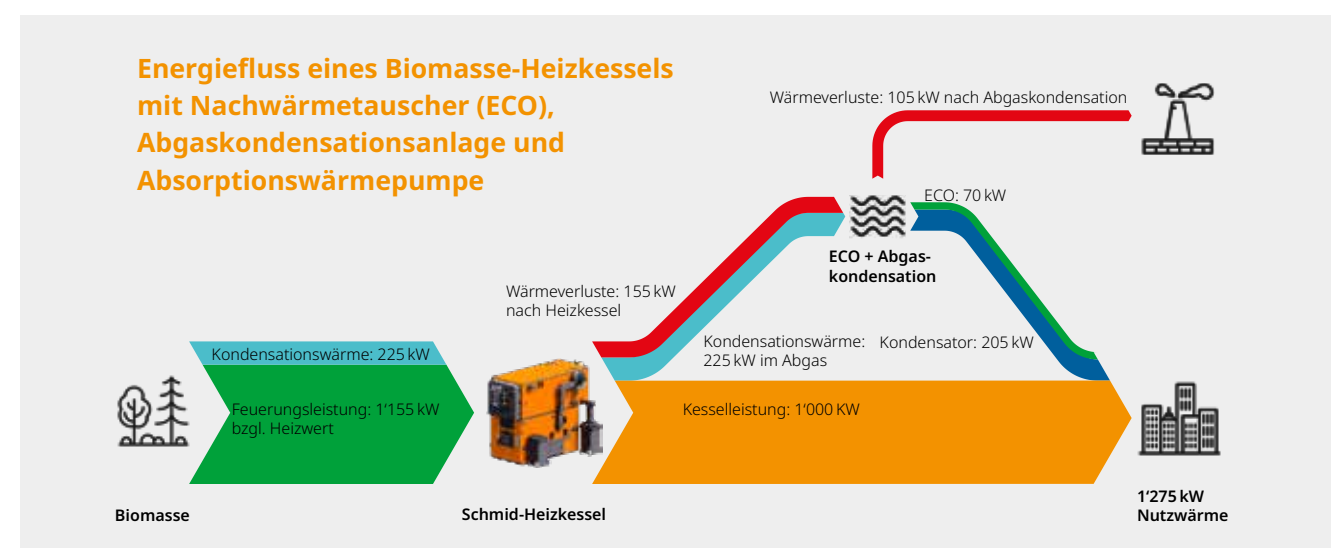
Für die Darstellung im Energiefluss wird jeweils ein Biomasse-Heizkessel mit einer Nenn-/Nutzleistung von 1'000 kW betrachtet.

Ein herkömmlicher Biomasse-Heizkessel ohne Nachwärmetauscher (ECO) und Abgaskondensationsanlage benötigt für 1'000 kW Nutzwärmeleistung eine Feuerungsleistung von etwa 1'155 kW. Die Verluste von 155 kW kommen durch Strahlungs- und chemische Verluste, vor allem aber durch die heissen Abgase zustande, die ungenutzt aus dem Kessel austreten. Die Verdampfungswärme der im Abgas dampfförmigen Feuchte von 225 kW bleibt ohne ECO und Abgaskondensationsanlage ungenutzt.

Ein ECO liefert zusätzlich etwa 70 kW und eine aktive Abgaskondensationsanlage mit Absorptionswärmepumpe weitere 205 kW Nutz-Wärmeleistung, bei gleichbleibender Feuerungsleistung (Brennstoffeinsatz 1'155 kW).

Diese hocheffiziente Anlage liefert dem Fernwärmenetz 1'275 kW Nutzwärme aus 1'155 kW Feuerungsleistung (bzgl. Heizwert), was einem Wirkungsgrad von ca. 110 % entspricht.

Wirkungsgrade über 100 % sind möglich, da der Heizwert die Kondensationswärme des Wasserdampfs im Abgas (225 kW) definitionsgemäss nicht berücksichtigt. Bezogen auf den Brennwert (1'380 kW) liegt der Wirkungsgrad bei etwa 93 % (1'275 kW / 1'380 kW).



Vorteile einer Absorptionswärmepumpe

Wärmepumpen können dazu genutzt werden, die in einer Abgaskondensationsanlage anfallende Niedertemperaturwärme in den Netzurücklauf zu übertragen, wenn die Netzurücklauf-temperatur zu hoch für eine zuverlässige Abgaskondensation ist. So kann die Niedertemperaturwärme von einer Temperatur von z.B. 48 °C auf 63 °C angehoben werden und in einen Wärmenetzurücklauf mit z.B. 55 °C eingebunden werden.

Schmid energy solutions und STEPSAHEAD nutzen für die Anhebung der Kondensationswärme eine Absorptionswärmepumpe.

Im Gegensatz zu einer Kompressionswärmepumpe, die einen elektrisch angetriebenen Kompressor benötigt, basiert die Absorptionswärmepumpe auf einem Absorptions- / Desorptionskreislauf mit Lithiumbromid-Salz und Wasser. Dieser wird mit heissem Wasser ($\geq 105 \text{ °C}$) angetrieben. Dadurch verbraucht die Absorptionswärmepumpe im Vergleich zur Kompressionswärmepumpe nur sehr wenig Strom ($< 1 \%$ der Wärmeleistung).

Das heisse Wasser für den Antrieb der Absorptionswärmepumpe wird vom Biomasse-Heizkessel bereitgestellt. Die Antriebswärme wird zusammen mit der Niedertemperaturwärme aus der Kondensationsanlage zur Erwärmung des Wärmenetz-Rücklaufs genutzt und als Heizwärme an das Netz abgegeben. Es entstehen somit keine nennenswerten Wärmeverluste.

Effizienz- und Leistungssteigerung, Reduktion der Betriebskosten

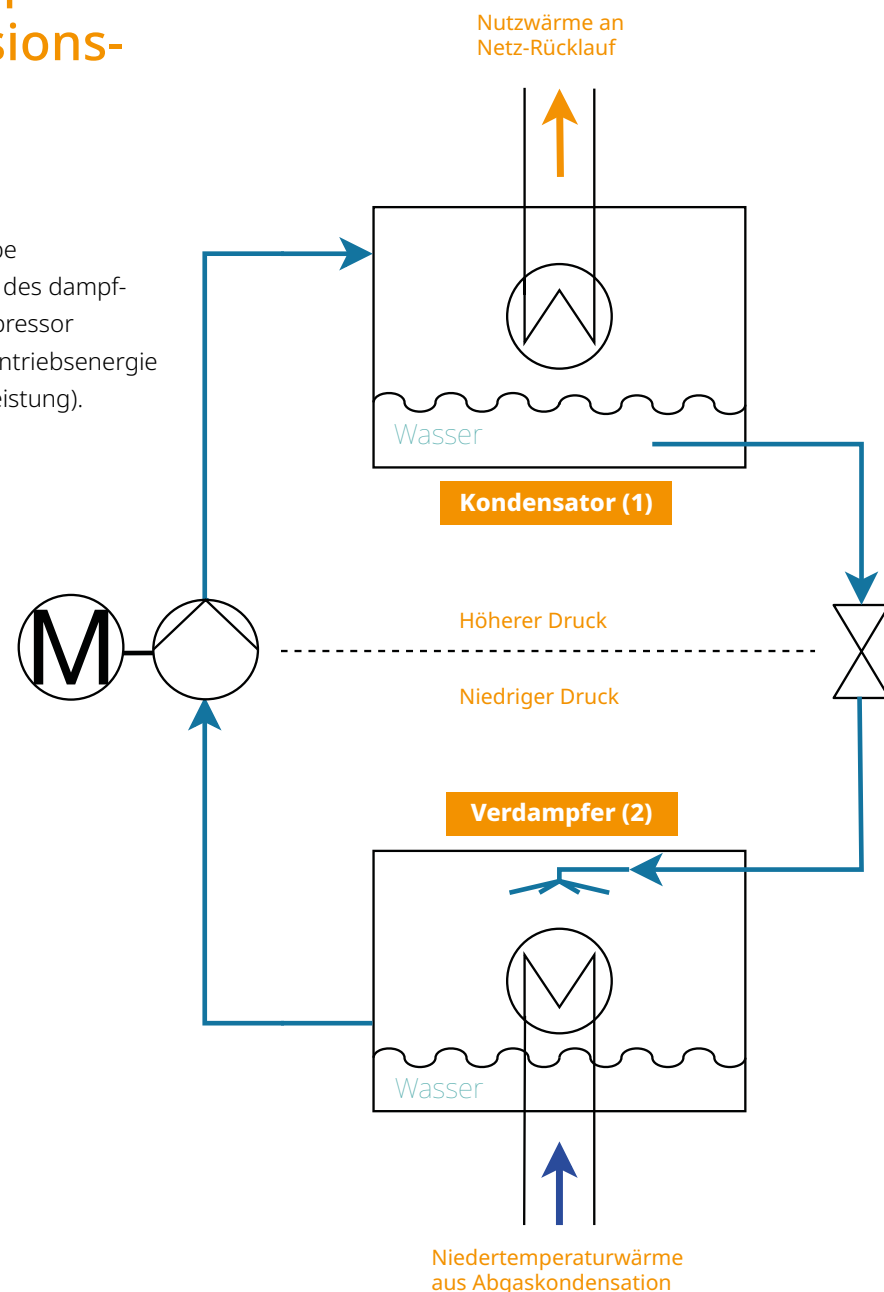
- Erhebliche Steigerung des Biomasse-Nutzungsgrads
- 20 – 40 % mehr Heizwärme aus der gleichen Menge Brennstoff – Leistungssteigerung des Heizwerkes
- Reduktion Brennstoffkosten je Einheit produzierter Heizwärme
- Geringer zusätzlicher Wartungs- und Instandhaltungsaufwand
- Hohe Teillastfähigkeit der Absorptionswärmepumpe (bis 10 % der Nennleistung)

Umweltfreundlich

- Stromverbrauch $< 1 \%$ der Wärmeleistung der Absorptionswärmepumpe (Kompressionswärmepumpen $> \text{ca. } 25 \%$)
- Unbedenkliche Betriebsstoffe Wasser und Lithiumbromid-Salz
- Betrieb der Absorptionswärmepumpe im Unterdruck: Kein Medienaustritt im Leckagefall
- Ressourcenschonung durch reduzierten Biomasse-Verbrauch
- Reduktion sichtbarer Dampfschwaden am Kamin durch effiziente Abgaskondensation
- Geräuscharmer Betrieb der Wärmepumpe

Funktionsprinzip einer Kompressionswärmepumpe

Bei der Kompressionswärmepumpe erhöht ein Kompressor den Druck des dampfförmigen Arbeitsmittels. Der Kompressor verbraucht dabei viel elektrische Antriebsenergie (> ca. 25 % der erzeugten Wärmeleistung).



1. Teilfunktion der Wärmepumpe Übertragung von Wärme

Wärmepumpen werden verwendet, um Wärme von einem tiefen auf ein höheres Temperaturniveau zu übertragen.

Wärmepumpen nutzen Verdampfung und Kondensation eines Arbeitsmittels zur Wärmeübertragung:

Kondensator (1):

Wärme wird abgegeben und das Arbeitsmittel kondensiert. Ähnliches geschieht an einem kalten Getränkeglas, an dem die Luftfeuchtigkeit kondensiert, Wärme aus der Luft an das Getränkeglas abgibt und sich dadurch langsam erwärmt.

Verdampfer (2):

Wärme wird zugeführt und das Arbeitsmittel verdampft. Dies ist vergleichbar mit dem Kochen von Wasser auf einer Herdplatte.

2. Teilfunktion der Wärmepumpe Erreichung von unterschiedlichen Temperaturniveaus bei Wärmezufuhr und -abgabe

Wärmepumpen arbeiten mit zwei Druckniveaus und beeinflussen so die Verdampfungs- und Kondensationstemperatur des Arbeitsmittels:

Analogie: Wasser kocht auf Meereshöhe bei 100 °C, auf 3000 m über Meer (reduzierter Luftdruck) bereits bei 90 °C.

Kondensator (1):

Höherer Druck = Hohe Kondensationstemperatur. Kondensation des Arbeitsmittels bei hoher Kondensationstemperatur unter Abgabe von Wärme.

Verdampfer (2):

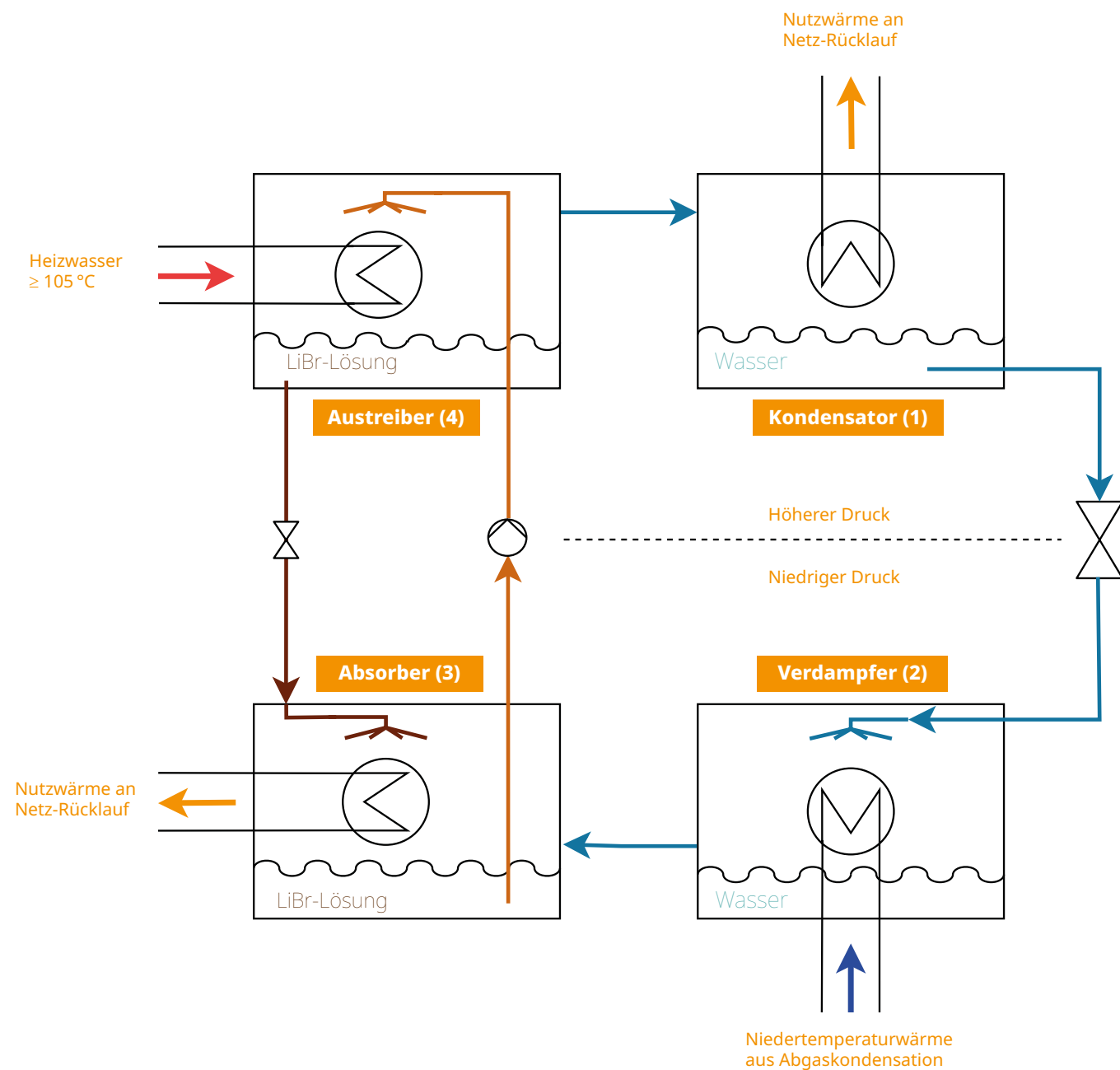
Niedriger Druck = Tiefe Siedetemperatur. Verdampfung des Arbeitsmittels bei niedriger Siedetemperatur unter Zuführung von Wärme.

Wärmepumpen-Kreislauf

Um den Druck im Verdampfer niedrig zu halten, muss der Arbeitsmitteldampf wieder in Richtung Kondensator abgeführt und dazu auf höheren Druck gebracht werden. Zur Förderung des Arbeitsmitteldampfes von tiefem auf höheren Druck wird Energie zugeführt.

Der Wärmepumpen-Kreislauf ist damit geschlossen und es kann somit durch unterschiedliche Druckniveaus im Verdampfer und Kondensator und Zufuhr von Förderenergie Wärme von einem tiefen (Verdampfer) auf ein höheres (Kondensator) Temperaturniveau gehoben werden.

Funktionsprinzip einer Lithiumbromid- Absorptionswärmepumpe



Die Absorptionswärmepumpe ist eine Wärmepumpenart, die mit Wärme (heissem Wasser) aus einem Biomasse-Heizkessel angetrieben wird. Sie verbraucht daher kaum Strom.

Eine Lithiumbromid-Absorptionswärmepumpe nutzt Wasser und Wasserdampf auf zwei verschiedenen Druckniveaus als Arbeitsmittel.

Ein geschlossener Absorptions- und Desorptionskreislauf mit einer Wasser-Lithiumbromid-(LiBr)-Lösung in Kombination mit einer kleinen Pumpe wirkt dabei wie ein Kompressor.

Das Arbeitsmittel Wasserdampf wird so von einem tiefen Druckniveau auf ein höheres Druckniveau gebracht. Dies geschieht in folgenden Schritten:

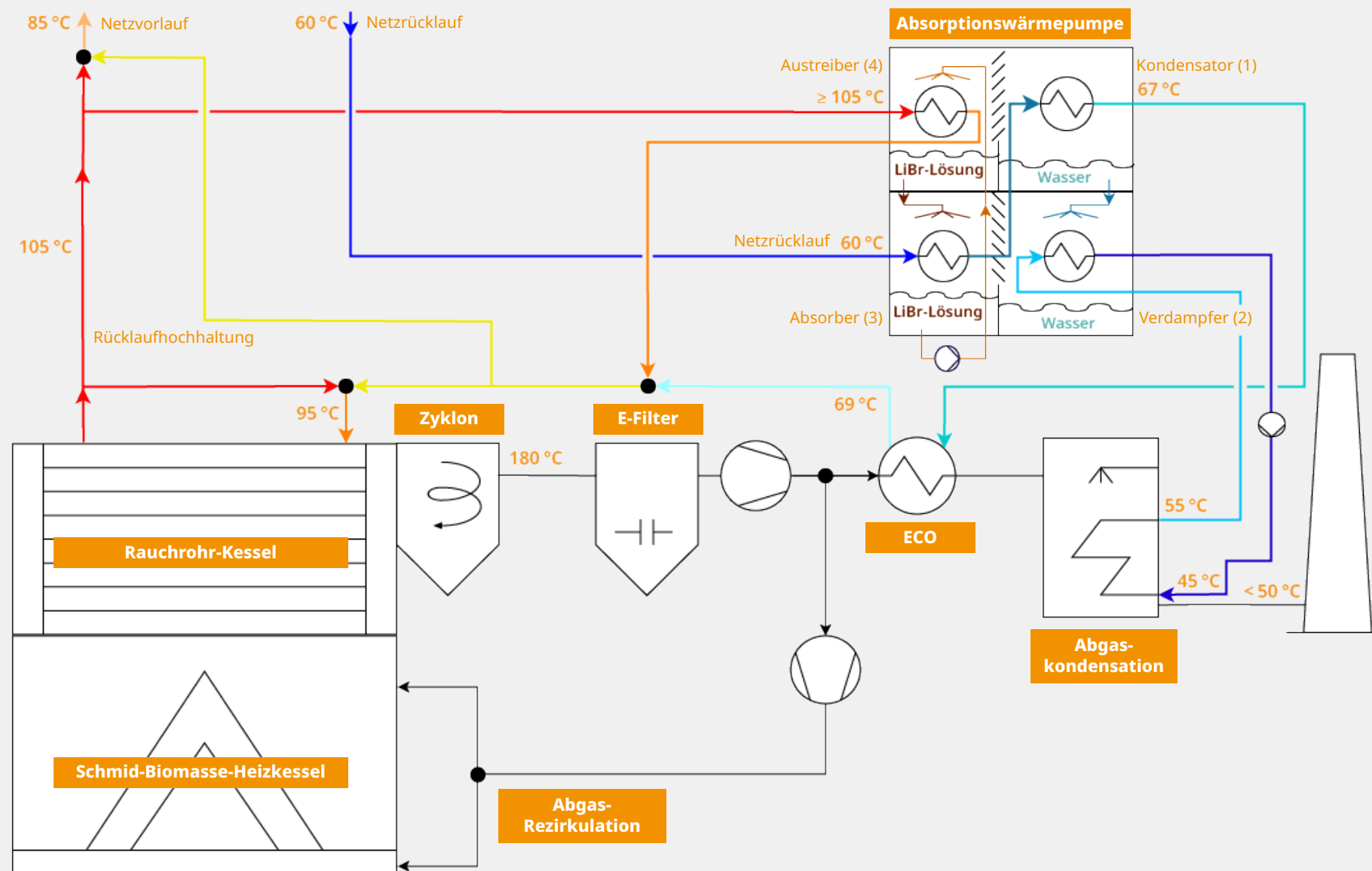
Absorption im Absorber (3):

Konzentrierte LiBr-Lösung absorbiert Wasserdampf, der im Verdampfer (2) entstanden ist. Dies ist vergleichbar mit Salz, welches Luftfeuchtigkeit absorbiert.

Eine kleine Pumpe erhöht den Druck der mit Wasserdampf verdünnten LiBr-Lösung und fördert diese in den Austreiber (4) mit einem erhöhten Druckniveau. Die Druckerhöhung der Lösung mittels Pumpe verbraucht viel weniger elektrische Energie als die Druckerhöhung von Dampf mittels Kompressor.

Freisetzung im Austreiber / Desorber (4): Um den Prozess aufrechtzuerhalten, muss die LiBr-Lösung wieder aufkonzentriert werden. Dazu wird sie erhitzt, sodass Wasserdampf freigesetzt wird. Zur Beheizung wird Heizwasser $\geq 105\text{ °C}$ verwendet, das vom Biomasse-Heizkessel bereitgestellt wird.

Die aufkonzentrierte LiBr-Lösung wird zurück in den Absorber (3) geleitet.



Das Heizwasser wird schliesslich im Biomassekessel auf 105 °C (oder auf bis zu 150 °C mit Heisswasserkessel) erwärmt.

Vorlauf Schmid-Biomasse-Heizkessel:

Ein Teil des Heizwassers aus dem Vorlauf des Biomasse-Heizkessels wird als Antriebsenergie mit 105 °C (oder bis zu 150 °C mit Heisswasserkessel) dem Austreiber (4) der Absorptionswärmepumpe zugeführt. Das in der Absorptionswärmepumpe abgekühlte Heizwasser wird anschliessend wieder in den Rücklauf zum Biomasse-Heizkessel eingebunden. Der andere Teil des Heizwassers aus dem Vorlauf des Biomasse-Heizkessels geht entweder in den Pufferspeicher oder wird mit Wasser aus dem Wärmenetzrücklauf auf die gewünschte Wärmenetzvorlauftemperatur von beispielsweise 80 – 90 °C heruntergemischt.

Kühlkreislauf Abgaskondensation:

Die Abgaskondensationsanlage ist über den Kühlkreislauf mit der Absorptionswärmepumpe verbunden. Diese stellt konstant ausreichend kaltes Wasser mit 45 °C für das kalte Ende der Abgaskondensationsanlage zur Verfügung, das mit etwa 55 °C wieder in den Verdampfer (2) der Absorptionswärmepumpe zurückgeführt wird.

Das Abgas wird von ca. 180 °C am Austritt des Heizkessels bis auf ca. 50 °C am Austritt der Abgaskondensationsanlage abgekühlt.

Bei Mehrkesselanlagen können aufgrund der guten Teillastfähigkeit der Absorptionswärmepumpe häufig mehrere Kessel auf eine Absorptionswärmepumpe geführt werden. Dabei können entweder die Abgasstränge auf eine Abgaskondensationsanlage zusammengeführt werden, oder der Kühlkreislauf aus dem Verdampfer (2) der Absorptionswärmepumpe wird auf mehrere Abgaskondensationsanlagen aufgeteilt und vor Eintritt in die Absorptionswärmepumpe wieder gesammelt.

Um die hohe Effizienz eines Heizsystems mit Absorptionswärmepumpe, Abgaskondensationsanlage und Biomasse-Heizkessel gewährleisten zu können, ist im ersten Schritt eine sorgfältige Auslegung und Dimensionierung erforderlich. Unser Fachteam übernimmt in Zusammenarbeit mit der Bauherrschaft die Auslegung, Planung und Installation.

Integration der Absorptionswärmepumpe in ein Schmid-Biomasse-Heizwerk

Die Einbindung der Absorptionswärmepumpe erfolgt in drei wasserhydraulischen Kreisläufen.

Die Absorptionswärmepumpe benötigt im Zusammenspiel mit der Feuerungsregelung Revolution adaptive eine minimale Antriebstemperatur von 105 °C. Höhere Antriebstemperaturen von bis zu 150 °C ermöglichen grössere Temperaturhübe und niedrigere Kondensationstemperaturen, was energetisch vorteilhaft ist. Antriebstemperaturen > 105 °C erfordern jedoch einen prüfpflichtigen Heisswasserkessel mit erhöhten Investitions- und Betriebskosten sowie -aufwänden. Der Einsatz eines Warmwasserkessels (≤ 105 °C Vorlauftemperatur) ist daher aus wirtschaftlichen und organisatorischen Gründen besonders bei Anlagen bis ca. 3 MW vorteilhaft. Bei grösseren Anlagen kann der Einsatz eines Heisswasserkessels mit Vorlauftemperaturen von bis zu 150 °C interessant sein.

Hydraulische Kreisläufe

(Temperaturen sind projektspezifische Beispiele)

Wärmenetzrücklauf:

Der Wärmenetzrücklauf (60 °C) durchströmt den Absorber (3) und den Kondensator (1) der Absorptionswärmepumpe und wird dabei um ca. 7 °C erwärmt. Er nimmt dabei die Niedertemperaturwärme aus der Abgaskondensation sowie die Antriebswärme aus dem Austreiber (4) auf. Nach der Absorptionswärmepumpe durchläuft der Wärmenetzrücklauf den Economizer und wird anschliessend dem Schmid-Biomasse-Heizkessel zugeführt. In den Anlagen kann auch ein Pufferspeicher an passender Stelle integriert sein.

Hohe Wirtschaftlichkeit

Schnelle Amortisierung und hohe Rentabilität sind das Ziel jeder Investition. Die Wirtschaftlichkeit der aktiven Abgaskondensationsanlage mit Absorptionswärmepumpe hängt von folgenden Kriterien ab:

- Volllaststunden pro Jahr
- Netzurücklauf- und Netzzurlauftemperaturen (ggf. Jahresgang)
- Brennstofffeuchte (ggf. Jahresgang)
- Verkaufspreis Wärme
- Abschreibungszeitraum und Zinssatz der Finanzierung

Weitere Kosten wie z.B. für Strom, zusätzlichen Wartungsaufwand und Servicekosten sind tief und spielen für die Wirtschaftlichkeit des Systems daher eine untergeordnete Rolle. Sie werden jedoch in unserer Wirtschaftlichkeitsberechnung beachtet. Auch die Kosten für zusätzliche Aufwendungen am Gebäude, die Elektroinstallation und die hydraulische Einbindung wurden berücksichtigt.

Beispiel

Nennleistung Heizkessel: 3'200 kW
 Ø Wassergehalt im Brennstoff: M 50
 Netzurücklauftemperatur: 58 °C
 Soll-Vorlauftemperatur: 90 °C
 Taupunkttemperatur Abgas: 60 °C
 (nach Kessel)

Eine Abgaskondensation ohne Absorptionswärmepumpe wird in dieser Konstellation nicht oder nur sehr schwach erreicht.

880 kW zusätzliche Wärmeleistung bei Volllast

Mit der aktiven Abgaskondensation in Kombination mit einer Absorptionswärmepumpe wird das Abgas in der Kondensationsanlage bis auf eine Temperatur von 46 °C abgekühlt und die Kondensationswärme kann genutzt werden. So stehen bei Volllast zusätzlich 880 kW Leistung zur Verfügung.

Amortisationsbeispiel

Finanzierungszinssatz: 3 %
 Wärmeverkaufspreis: 0.100 CHF / kWh (EUR / kWh)

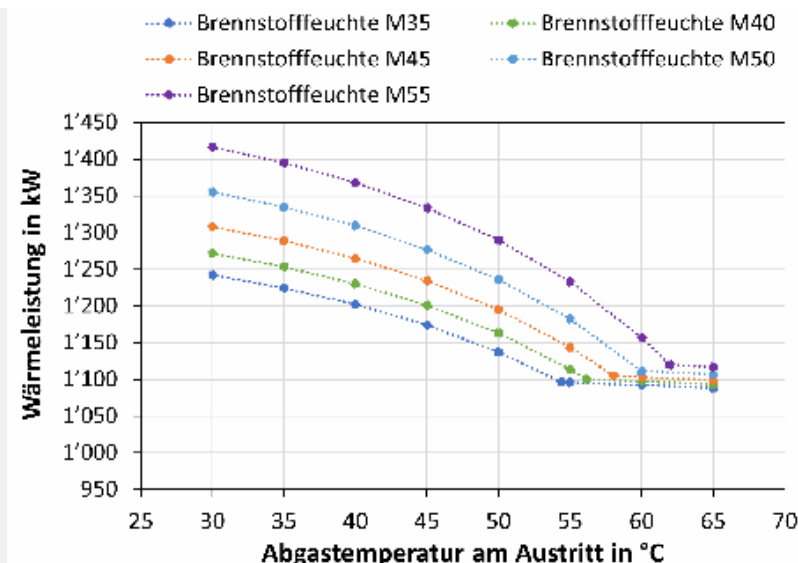
Volllaststunden: 3'000 Stunden
 Amortisationszeit: < 5 Jahre
 Anlagerendite*: > 10 % pro Jahr

Volllaststunden: 4'000 Stunden
 Amortisationszeit: < 4 Jahre
 Anlagerendite*: > 17 % pro Jahr

Volllaststunden: 5'000 Stunden
 Amortisationszeit: < 3 Jahre
 Anlagerendite*: > 24 % pro Jahr

* Über 10 Jahre Betriebszeit der Anlage

Gesamtwärmeleistung eines Biomasse-Heizkessels mit 1'000 kW Nennleistung und aktiver Abgaskondensation in Abhängigkeit der Abgastemperatur am Austritt.



Retrofit für bestehende Biomasse-Heizwerke

Auch bestehende Biomasse-Heizwerke (Ein- oder Mehrkesselanlagen) können mit einer aktiven Abgaskondensationsanlage und einer Absorptionswärmepumpe nachgerüstet werden, um bei gleichem Brennstoffeinsatz ihre Energieeffizienz zu maximieren und mehr Nutzwärme zu erzeugen.

Beim Retrofit ist die optimale Gestaltung des Systems aus bestehendem Biomassekessel, hydraulischem System und neuen Komponenten wie Economizer, Kondensationsanlage und Absorptionswärmepumpe entscheidend. Daher sind eine sorgfältige Auslegung und Dimensionierung aller Komponenten sowie notwendiger Umbauten an bestehenden Systemen erforderlich. Unser Fachteam übernimmt in Zusammenarbeit mit der Bauherrschaft die Auslegung, Planung, Lieferung, Installation sowie nötige Umbauten und Wartung.

Unsere Leistungen

- Beratung zu verschiedenen Optionen inkl. Wirtschaftlichkeitsrechnung
- Auslegung, Planung und Lieferung des Biomasse-Heizwerkes inkl. Economizer, Abgaskondensation und STEPSAHEAD-Absorptionswärmepumpe
- Koordination und Durchführung der Installation in Zusammenarbeit mit der Bauherrschaft
- Inbetriebnahme und Übergabe an den Betreiber inkl. Schulung
- Wartungspaket

Interessiert an einem Angebot?
Jetzt Termin vereinbaren.

info@schmid-energy.ch | +41 71 973 73 73



In Zusammenarbeit mit:

STEPSAHEAD
 OPTIMIZED INDUSTRIAL ENERGY SYSTEMS

SCHMID
 energy solutions

