

HLH

VDI fachmedien
www.hlh.de

Lüftung | Klima
Heizung | Sanitär
Gebäudetechnik

Organ des VDI für Technische Gebäudeausrüstung

Sonderdruck



Adsorptionskältemaschinen

**Betrieb mit Abwärmenutzung und netzdienlicher
Betrieb in Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung**

KÄLTE AUS WÄRME – SO FUNKTIONIERTS

WIRTSCHAFTLICH UND ENERGIEPOLITISCH SINNVOLL

Blockheizkraftwerke (BHKW) arbeiten nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung. Dadurch nutzen sie die eingesetzte Energie deutlich effizienter als dies bei der herkömmlichen, getrennten Versorgung mit Strom und Wärme möglich wäre. Viele BHKW-Betreiber fragen sich jedoch, was sie im Sommer mit der erzeugten Wärme anfangen sollen. Die ideale Antwort liefert hier die zusätzliche Integration einer Adsorptionskälteanlage. Denn die Umwandlung von überschüssiger Wärme in Kälte sorgt für eine optimale Auslastung des Systems während des gesamten Jahres – und kann so dessen Rentabilität verbessern. Entscheidend ist dabei eine intelligente Steuerung. Sie hilft dabei, das Gesamtsystem zu optimieren, indem sie die Erzeugung von Wärme, Strom und Kälte flexibel aufeinander abstimmt. Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung senkt nicht nur die Stromkosten signifikant: Sie entlastet auch die Kraftwerke und unterstützt den Ansatz zur dezentralen Energieversorgung. Die Anbindung an das Stromnetz bietet dabei zusätzliche Vorteile: Lastspitzen können durch Netzstrom abgedeckt werden, eine Überproduktion an Strom lässt sich ins Netz einspeisen – und durch Netzredundanz ist die Versorgung jederzeit gesichert.

Weitere Infos unter:
www.fahrenheit.cool
+49 89 340 762-25

 **FAHRENHEIT**
Cooling Innovation.

REFERENZ ADSORPTIONSKÄLTE – OEDING PRINT

Für Oeding ist das Thema Nachhaltigkeit die Grundlage für Zukunftsfähigkeit.

Zum Selbstverständnis des Druckereiunternehmens zählt im Besonderen die Verantwortung gegenüber Umwelt und Mitmenschen. Dementsprechend galt es, ein Energiekonzept zu entwickeln, das Treibhausemissionen sowie weitere Umweltbelastungen vermeidet und Res-

Das Ergebnis kann sich sehen lassen: Ein Energiehaus, mit Bewegungsmeldern um Beleuchtung und Heizung zu optimieren, welches die notwendige Energie für Heizung und Gebäudebetrieb selbst produziert. Diese Lösung basiert auf den drei Säulen Energie-Effizienz, Energie-Recycling und Energieerzeugung. Hinter diesen Punkten verbirgt sich ein umfangreiches Bündel an Maßnahmen unter

Einsatz modernster Technologien und Verfahren.

Für ein effektives Energie-Recycling bedient sich Oeding Print Technologien wie der Wärmerückgewinnung aus Produktionsprozessen, der Druckluftherzeugung und Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung sowie dem Speichern der dabei entstehenden Abwärme in Hoch- und Niedertempera-

turspeicher. Diese kommt anschließend zum Heizen der Lager- und Schleusenbereiche, zum Kühlen des Rechenzentrums oder zur Warmwasseraufbereitung zum Einsatz.

Die regenerativ ausgelegte Energie-Erzeugung funktioniert mittels einer Photovoltaik-Anlage, einer Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung mit eigenem Blockheizkraftwerk sowie einer Adsorptionskältemaschinen von FAHRENHEIT.

ANTRIEBS- WÄRMEQUELLE:

Blockheizkraftwerk

ANTRIEBS- TEMPERATUR

65 – 80°C

KÄLTELEISTUNG

20 kW

KÄLTE- TEMPERATUR

10 °C



Adsorptionskältemaschinen

Betrieb mit Abwärmennutzung und netzdienlicher Betrieb in Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Thermisch angetriebene (Adsorptions-)Kältemaschinen (AdKM) können mit einem verhältnismäßig geringen elektrischen Energieaufwand beziehungsweise mit einer hohen elektrischen Arbeitszahl Kälte bereitstellen. Wird die zum Antrieb erforderliche Wärme aus industrieller Abwärme bereitgestellt, ist diese Kältebereitstellung energetisch effizienter als die Kältebereitstellung über eine Kompressionskältemaschine (KKM). Wird die Wärme jedoch in Kraft-Wärme-Kopplung aus einem Blockheizkraftwerk (BHKW) bereitgestellt, ist die primärenergetische Bewertung sowohl von mehreren Teilwirkungsgraden als auch von den Primärenergiefaktoren für den eingesetzten Brennstoff und die erzeugte beziehungsweise bezogene elektrische Energie abhängig.

TEXT: Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferoth, Sascha Reißmann, Dipl.-Ing. (FH) Steffen Kühnert und Dr. Ursula Wittstadt

Eine umfangreiche Messkampagne im Sommer 2018 liefert unter realitätsnahen Randbedingungen in einer Laborumgebung detaillierte Energiekennzahlen für einen typischen Tagesgang des Kältebedarfs. Damit gelingt es, Teilenergiekennwerte für die Planungspraxis abzuleiten. Dabei wird zur besseren Übersicht im Folgenden die Arbeitszahl eines Tages als mittlere tägliche Leistungszahl EER berechnet.

Versuchsaufbau, -durchführung und Messwerte

Am Institut für Energiesystemtechnik der Hochschule Offenburg wird ein kleinskaliges Energieverbundsystem mit reversibler Wärmepumpe/Kältemaschine und Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung betrieben, (**Bild 1**). In Verbindung mit einem elektrischen Microgrid und einer Doppelklimakammer können hier innovative Betriebsführungsstrategien unter praxisnahen Laborbedingungen entwickelt und evaluiert werden [1]. Dabei eingesetzt werden marktverfügbare Komponenten:

- Blockheizkraftwerk SenerTec HR 5.1 mit 5,3 kW_{el} und 10,5 kW_{th}
- Adsorptionskältemaschine Fahrenheit eCoo NS mit 11,0 kW_{th,C}
- Reversible, wassergekühlte Wärmepumpe/Kältemaschine Daikin EWWP mit 13,0 kW_{th,C} und 16,6 kW_{th,H}
- Rückkühler / Außeneinheit ThermoFin eRec 10 mit 25 kW_{th} bei 27/32 und 36 °C/40 %
- Schichtenspeicher HelioTech mit je etwa 1 500 l als Wärme- und Kältespeicher

Strombezug und -erzeugung werden dem Microgrid entnommen, beziehungsweise für dieses bereitgestellt. Die von den beiden thermischen Speichern bereitgestellte Wärme- beziehungsweise Kälteleistung wird in einem Raumklimalabor genutzt beziehungsweise für diese Messkampagne an einen Prozessthermostaten abgegeben. Hier werden zwei Betriebskonzepte vergleichend bewertet:

- AdKM-Betrieb mit Stromerzeugung und Kältebereitstellung. In diesem Versuch wandelt das BHKW (fossile) Brennstoffenergie in Strom und

Wärme um. Der Strom wird für die Versorgung der Adsorptionskältemaschine inklusive Rückkühlwerk und Hilfskomponenten verwendet und überschüssige elektrische Energie in das Microgrid eingespeist. Das BHKW lädt den Warmwasserspeicher, aus dem die Adsorptionskältemaschine mit Wärme versorgt wird, um Kaltwasser zu erzeugen.

- KKM-Betrieb mit Strombezug und Kältebereitstellung. Hier wird die reversible Wärmepumpe als Kompressionskältemaschine betrieben. Dabei wird die benötigte elektrische Energie aus dem Microgrid bezogen.

In beiden Versuchsabläufen wird eine Solltemperatur im Kaltwasserspeicher von 12 °C vorgegeben und die bereitgestellte Kälte aus dem Kaltwasserspeicher entsprechend eines vorgegebenen Lastprofils entnommen. Dazu werden Rücklauftemperatur und Volumenstrom im Verbraucherkreis entsprechend eines typischen Lastverlaufs einer 13/18-Klimaanlage über einen Thermostat eingestellt. **Bild 2** zeigt das Energieflussdiagramm für die

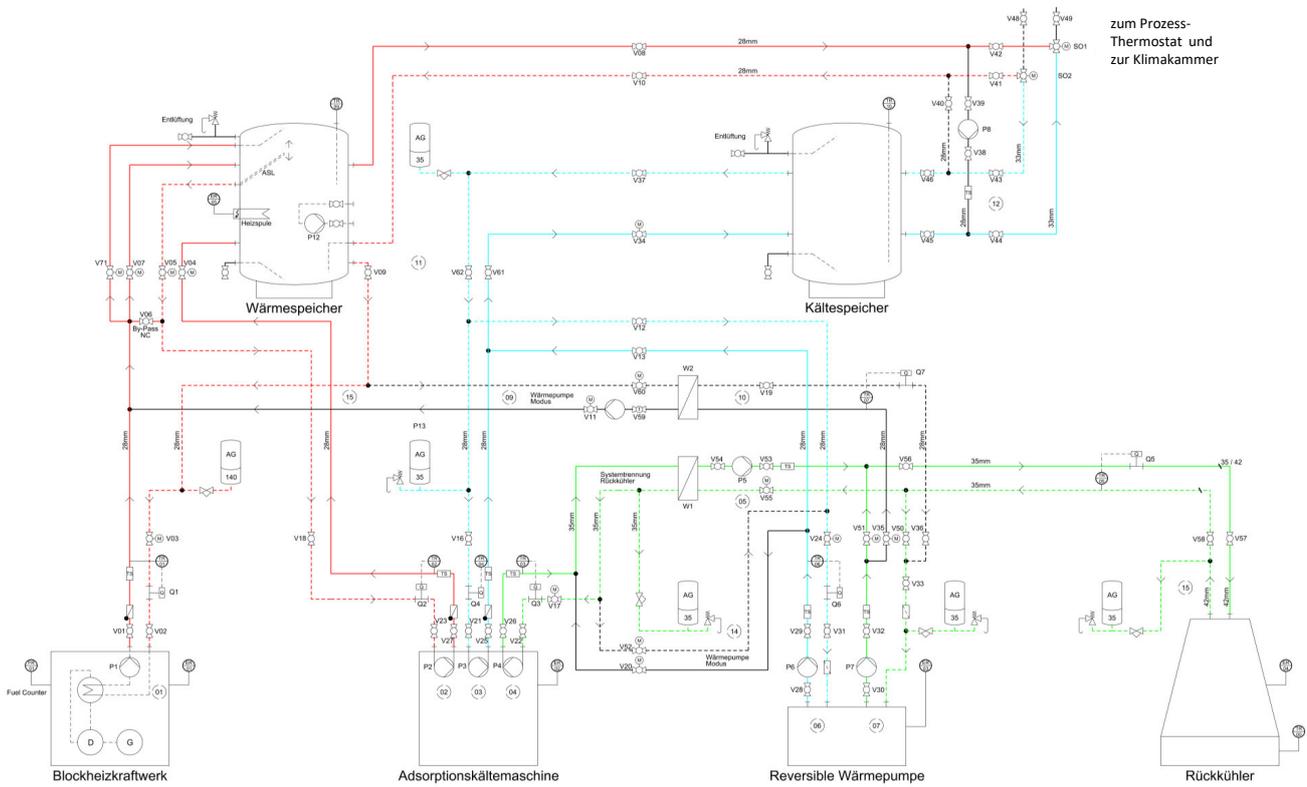


Bild 1: Vereinfachtes Rohrleitungs- und Instrumentierungsschema, ohne MicroGrid. Bild: Hochschule Offenburg

beiden Betriebskonzepte [1], ausgehend von der eingesetzten Endenergie bis zur bereitgestellten Nutzenergie.

Der Vergleich der Energieflüsse zeigt den deutlich geringeren Stromverbrauch zum Betrieb der Adsorptions- gegenüber der Kompressionskältemaschine. Wegen der höheren Abwärme der Adsorptionskältemaschine verbraucht das Rückkühlwerk allerdings deutlich mehr elektrische Energie als im KKM-Betrieb. Das Gesamtsystem mit Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung stellt neben der (aus der Wärme erzeugten) Kälte deutlich mehr elektrische Energie bereit als zum Betrieb der Adsorptionskältemaschine nötig.

Auswertung des Laborversuchs

Die Auswertung der Messdaten liefert wichtige Auslegungsgrößen für die Planungspraxis. Für die Kompressionskältemaschine gilt:

$$EER_{KKM} = \frac{Q_{KKM,th}}{W_{KKM,el}} \quad (1)$$

mit:

$Q_{KKM,th}$ erzeugte Kältemenge in kWh
 $W_{KKM,el}$ Strombezug, inklusive Hilfsstrom und Rückkühlwerk in kWh

Aufwendiger ist die Analyse der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung. Hier gilt für das Blockheizkraftwerk:

$$Q_{BHKW,th} = Q_{BHKW,BS} \cdot \eta_{BHKW,th} \quad (2)$$

$$W_{BHKW,el} = Q_{BHKW,BS} \cdot \eta_{BHKW,el} \quad (3)$$

$$\eta_{BHKW,ges} = \eta_{BHKW,el} + \eta_{BHKW,th} \quad (4)$$

mit:

$Q_{BHKW,BS}$ Brennstoffeinsatz in kWh_{BS}
 $Q_{BHKW,th}$ erzeugte Wärme in kWh_{th}
 $W_{BHKW,el}$ erzeugter Strom in kWh_{el}
 $\eta_{BHKW,el}$ elektrischer Wirkungsgrad in kWh_{el}/kWh_{BS}
 $\eta_{BHKW,th}$ thermischer Wirkungsgrad in kWh_{th}/kWh_{BS}

Die Adsorptionskältemaschine wird über die thermische und die elektrische Arbeitszahl bewertet:

$$Q_{AdKM,th} = Q_{BHKW,th} \cdot EER_{AdKM,th} \quad (5)$$

$$W_{AdKM,el} = Q_{AdKM,th} / EER_{AdKM,el} \quad (6)$$

mit:

$EER_{AdKM,th}$ thermische Arbeitszahl in kWh_{th,Kälte}/kWh_{th,Wärme}

$EER_{AdKM,el}$ elektrische Arbeitszahl in kWh_{th,Kälte}/kWh_{el}

Damit können die einzelnen Arbeitszahlen beziehungsweise Nutzungsgrade an diesem Versuchstag messtechnisch bestimmt werden:

- für die Kompressionskältemaschine: $EER_{KKM} = 3,6 \text{ kWh}_{th,Kälte} / \text{kWh}_{el}$
- für das Blockheizkraftwerk: $\eta_{BHKW,el} = 0,30 \text{ kWh}_{el} / \text{kWh}_{BS}$ und $\eta_{BHKW,th} = 0,56 \text{ kWh}_{th} / \text{kWh}_{BS}$
- für die Adsorptionskältemaschine: $EER_{AdKM,th} = 0,49 \text{ kWh}_{th,Kälte} / \text{kWh}_{th,Wärme}$ und $EER_{AdKM,el} = 10,4 \text{ kWh}_{th,Kälte} / \text{kWh}_{el}$

Ein direkter Vergleich der unterschiedlichen Konzepte zur Kälteerzeugung gelingt über eine primärenergetische Analyse. Unter Verwendung der aktuellen Primärenergiefaktoren [nach EnEV 2017]

- für Erdgas mit $PEF_{BS} = 1,1 \text{ kWh}_{prim} / \text{kWh}_{BS}$
- für Strombezug $PEF_{el,M} = 1,8 \text{ kWh}_{prim} / \text{kWh}_{el}$ (allgemeiner Strommix, insbesondere für den Strombezug bei KKM-Betrieb und AdKM-Betrieb in Abwärmenutzung)
- für Stromeinspeisung $PEF_{el,V} = 2,8 \text{ kWh}_{prim} / \text{kWh}_{el}$ (Verdrängungsstrom, insbesondere für die Stromeinspeisung aus Kraft-Wärme-Kopplung im AdKM-Betrieb)

ergeben sich in diesem Laborversuch primärenergetische Arbeitszahlen von

- $EER_{AdKM,prim} = 0,73 \text{ kWh}_{th,Kälte} / \text{kWh}_{prim}$ für die Adsorptionskältemaschine und
- $EER_{KKM,prim} = 2,0 \text{ kWh}_{th,Kälte} / \text{kWh}_{prim}$ für die Kompressionskältemaschine.

Betrieb mit Abwärmenutzung und in Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Die vorliegende Messkampagne im Labor analysiert und vergleicht den Betrieb einer Kompressionskältemaschine und einer Adsorptionskältemaschine in Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung zur Bereitstellung von 13/18-Klimakälte über einen Kaltwasserspeicher mit 12 °C an einem typischen Sommertag.

Zunächst ist bemerkenswert, dass die Arbeitszahlen sowohl der Kompressions- als auch der Adsorptionskältemaschine in diesem Betriebspunkt hoch sind und in guter Näherung den Produktdaten der Hersteller entsprechen. Damit ist eine insgesamt gute Betriebsführung im Versuch nachgewiesen. Und zwar mit optimierten Reglereinstellungen an der Kompressionskältemaschine, am Blockheizkraftwerk und an der Adsorptionskältemaschine, an den beiden Speichern sowie am Rückkühlwerk. Damit ist es zulässig, die Laborversuche für die typische Anwendung im Bereich der Klimatechnik mit $\vartheta_{VL} = 13 / \vartheta_{RL} = 18$ zu verallgemeinern.

Werden die oben eingeführten Größen und Gleichungen zusammengeführt und primärenergetisch bewertet, können die Bestimmungsgleichungen für die Arbeitszahlen verallgemeinert werden:

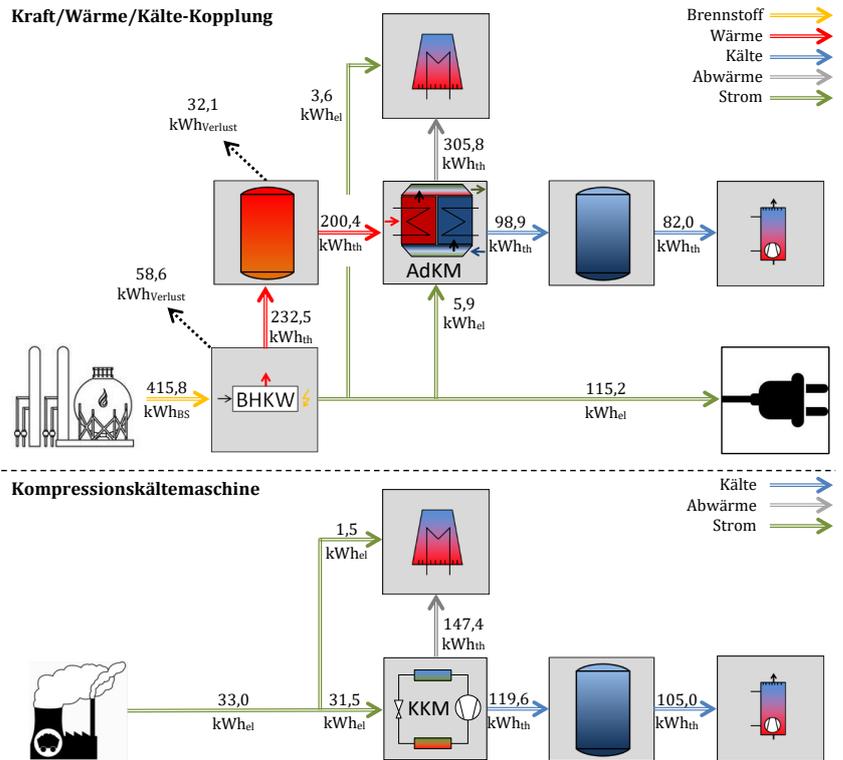


Bild 2: Energieflussbild (Tagesenergien) für die beiden Kältemaschinen gemäß Messkampagne im August 2018. Bild: Hochschule Offenburg

	$EER_{AdKM,prim}$	$EER_{KKM,prim}$	
Abwärmenutzung	5,8	2,0	$\text{kWh}_{th,Kälte} / \text{kWh}_{prim}$
Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung	2,1	2,0	$\text{kWh}_{th,Kälte} / \text{kWh}_{prim}$

Tabelle 1: Arbeitszahlen für die Kälteerzeugung im Vergleich, mit Primärenergiefaktoren nach EnEV 2017.

	Sommer (Kältebedarf)	Winter (Wärmebedarf)
Strombezug	Kompressionskältemaschine	Wärmepumpe
Stromeinspeisung	Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung	Blockheizkraftwerk

Tabelle 2: Betriebszustände beim netzdienlichen Betrieb.

$$EER_{KKM,prim} = \frac{EER_{KKM}}{PEF_{el,M}} \quad (7)$$

mit $PEF_{el,M} = 1,8 \text{ kWh}_{prim} / \text{kWh}_{el}$ für Strombezug (Strommix)

$$EER_{AdKM,prim} = \frac{EER_{AdKM,th} \cdot \eta_{BHKW,el}}{PEF_{BS} - [\eta_{BHKW,el} - (1 - \eta_{BHKW,el}) \cdot EER_{AdKM,th} / EER_{AdKM,el}] \cdot PEF_{el,V}} \quad (8)$$

mit $PEF_{el,V} = 2,8 \text{ kWh}_{prim} / \text{kWh}_{el}$ für Stromeinspeisung (Verdrängungsstrom)

Dabei sind zwei typische Einsatzbereiche von Adsorptionskältemaschinen relevant, siehe **Tabelle 1**. Bei reiner Abwärmenutzung (hier bei Antriebstemperaturen von 70 bis 80 °C) ist die thermisch angetriebene Kälteerzeugung einer Kompressionskältemaschine aufgrund des deutlich geringeren Strombedarfs primärenergetisch deutlich überlegen. Die Kälteerzeugung in Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung ist primärenergetisch dann etwas günstiger als die Kompressionskältemaschine, wenn das Blockheizkraftwerk einen hohen elektrischen Wirkungsgrad erreicht. BHKWs mit einer elektrischen Leistung von mehr als 100 kW_{el} erreichen elektrische Wirkungsgrade von über $\eta_{el} = 37\%$ und Gesamtwirkungsgrade von rund 90 %. Gleichzeitig verbessert sich die thermische Arbeitszahl auf 0,55 aufgrund der (gegenüber dem Laborversuch) geringeren spezifischen Wärmeverluste.

Netzdienlicher Betrieb von Energieverbundsystemen

Die Betriebsanalyse der unterschiedlichen Kälteerzeugungssysteme (für die Bereitstellung von Klimakälte) führt auf drei zentrale Ergebnisse:

- Eine Adsorptionskältemaschine erzielt eine deutlich höhere Energieeffizienz als eine Kompressionskältemaschine, wenn Abwärme (auf einem ausreichend hohen Temperaturniveau) als Antriebsenergie zur Verfügung steht.
- Die Kompressionskältemaschine profitiert von einem niedrigen Primärenergiefaktor für Strom.
- Die primärenergetische Arbeitszahl $EER_{AdKM,prim}$ reagiert sehr sensitiv auf den elektrischen Wirkungsgrad des BHKWs, siehe Gl. (8). Bereits ein geringfügig höherer (elektrischer) Wirkungsgrad verschiebt die Bilanz deutlich von der Kompressionskältemaschine hin zur Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung.

Darüber hinaus ist damit zu rechnen, dass sich in den kommenden Jahren der Primärenergiefaktor

- für den Verdrängungsstrom $PEF_{el,V}$ (aus Spitzenlast- und Reservekraftwerken) technologiebedingt kaum verändern,
- für den Strommix $PEF_{el,M}$ (bei Ausbau der regenerativen Stromerzeugung) jedoch weiter sinken wird.

- Perspektivisch sinkt ebenfalls der Primärenergiefaktor für Brennstoffe PEF_{BS} , wenn insbesondere Erdgas durch Power-to-Gas substituiert wird.

Werden in einem (größeren) KWKK-Verbundsystem ein Blockheizkraftwerk (mit Adsorptionskältemaschine) und eine reversible Wärmepumpe/Kältemaschine eingesetzt (Bild 1), können im Jahresverlauf vier Betriebszustände gewählt werden (**Tabelle 2**). Damit ist es möglich – auch in Verbindung mit thermischen Speichern, die für Laufzeiten von ein bis zwei Stunden ausgelegt werden – einen netzdienlichen Betrieb zu realisieren. Wird dazu beispielsweise ein modell-prädiktiver Regler eingesetzt, der neben den zurückliegenden und aktuellen Messwerten auch Prognosen über die Lastsituation im Stromnetz und den (wetterabhängigen) Heiz- oder Kühlbedarf berücksichtigt, kann jeweils ein Betrieb

- mit Strombezug (mit reversibler Wärmepumpe/Kompressionskältemaschine) bei großem Stromangebot oder
- mit Stromeinspeisung (mit BHKW-Betrieb und Adsorptionskältemaschine) bei geringem regenerativen Stromangebot

realisiert werden. Wird der netzpunktspezifische Strompreis als Kriterium für die Lastsituation im lokalen Nieder- beziehungsweise Mittelspannungsnetz in der Optimierungsfunktion berücksichtigt, kann sowohl im Heiz- als auch im Kühlbetrieb ein energiewirtschaftlich optimierter Betrieb realisiert werden, indem Lastschwankungen (durch volatile regenerative Prosumer oder große Einzelverbraucher) bereits auf lokaler oder regionaler Ebene ausgeglichen werden.

Fazit

Messungen im Labor für Energieverbundsysteme an der Hochschule Offenburg weisen das große Potenzial für Adsorptionskältemaschinen im Bereich der Prozess- und Klimakälte auf.

- Adsorptionskältemaschinen, die mit Abwärme betrieben werden, erreichen im realen Betrieb elektrische Arbeitszahlen von über 10 kWh_{th,Kälte}/kWh_{el}.
- Adsorptionskältemaschinen können in Energieverbundsystemen mit Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung netzdienlich betrieben werden. Dabei kann entweder der Primärenergiefaktor oder der (zeitlich variable) Preis der Energie-

träger als Optimierungskriterium für die Betriebsführung genutzt werden.

In beiden Fällen erhöhen Adsorptionskältemaschinen die Energieeffizienz deutlich und reduzieren die Betriebskosten. Und zwar im Energiekonzept vor Ort und im übergeordneten Energiesystem. ■

DANKSAGUNG

Diese Studie wurde durch die „Forschungsallianz Oberrhein zu den technischen Grundlagen der Nachhaltigkeit“ mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg finanziert. Im Rahmen dieser Studie wurde auch die Regelung der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung optimiert. Die Autoren danken Dr. Ferdinand Schmidt und Aditya Desai (KIT Karlsruhe), Carsten Hindenburg (Hindenburg Consulting) sowie Doreen Acker (Fahrenheit GmbH) für intensive Diskussionen und tatkräftige Unterstützung. Ferner danken wir unseren Industriepartnern SenerTec Center GmbH in Lautenbach, Iseemann Ingenieur GmbH in Haslach und der Elektrizitätswerk Mittelbaden AG & Co. KG für die Bereitstellung der Anlagenkomponenten sowie für die Finanzierung der Prozessautomation.

LITERATUR

- [1] Dieser Beitrag ist eine Kurzfassung eines in der Zeitschrift GJ erschienenen Fachartikels (Pfafferott, J., Reißmann S.: Messtechnische Evaluation von thermisch und elektrisch angetriebener Kälteerzeugung. GJ 140 (2019). ISSN 2195-643X). Darin werden Anlagentechnik, Versuchsaufbau, Methodik, Messdaten und energiewirtschaftliche Analyse detailliert vorgestellt.



Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferott

ist Professor für Thermodynamik, Mess- und Regelungstechnik, Wärmever-sorgung und Klimatechnik am Institut für Energiesystemtechnik (INES) der Hochschule Offenburg.
Bild: Hochschule Offenburg



Sascha Reißmann, B.Eng.

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Energiesystemtechnik (INES) der Hochschule Offenburg.
Bild: Hochschule Offenburg

Dipl.-Ing. (FH) Steffen Kühnert

leitet den Bereich Technik und Produktion bei der Fahrenheit GmbH.

Dr. Ursula Wittstadt

ist Projektleiterin im Bereich Forschung und Entwicklung bei der Fahrenheit GmbH.

FORSCHEN FÜR NACHHALTIGE ENERGIETECHNIK



Im Fokus der Forschungsaktivitäten am Institut für Energiesystemtechnik (INES) steht die Entwicklung und Evaluation von Systemen zur nachhaltigen Energienutzung.

Das INES bietet ein Dach für fünf Forschungsgruppen:

- ABT - Advanced Building Technology
- EES - Elektrische Energiespeicherung
- NET - Nachhaltige Energietechnik
- NEW - Nachhaltige Energiewirtschaft
- PVT - Photovoltaik-Technik

In den Laboren am INES werden Systemaspekte der Energieerzeugung, -verteilung und -nutzung messtechnisch und mit Hilfe numerischer Methoden untersucht. Mit dem Ziel, die Energieeffizienz in der gesamten Energieumwandlungskette zu verbessern, Ressourcen zu schonen, erneuerbare Energien vorrangig zu nutzen und unsere Strom-, Wärme- und Kälteversorgung energiewirtschaftlich zu optimieren.

KÜHLEN MIT ADSORPTIONSTECHNIK



Praxiserprobt
mit über 700
Installationen



Bis zu **80%**
weniger
Stromkosten



Vielfach
patentierte
Technologie



Kältemittel
reines Wasser



Wartungsarm
& langlebig

Kälte aus **Wärme**
vom **Technologie-**
führer

Weitere Infos unter
www.fahrenheit.cool oder
+49 89 340 762-25



FAHRENHEIT

Cooling Innovation.