

Die von Dr. Tina Hermann entwickelte Wärmepumpe kann die Energie aus der Verbrennung von Holz in Biomassekesseln zurückgewinnen.

Forschungsprojekt: Wärmepumpe steigert Effizienz von Biomassekesseln in Nahwärmenetzen

OSKAR GEHT AN BREBISORP

Der Wirkungsgrad von Biomassekesseln steigt um bis zu 30 %, wenn sie mit einer Absorptionswärmepumpe gekoppelt sind. Dieses System hat ein Forschungsteam der Hochschule München im Projekt „BreBiSorp“ entwickelt. Mit dabei war die Ingenieurin Dr. Tina Hermann, die jetzt für ihre Promotion den Oskar-von-Miller-Preis der Hochschule München erhalten hat.

„Und der Oskar geht an ...“ hieß es am 10. April 2025 zum zehnten Mal im Hörsaal der Hochschule München (HM) in der nach Oskar von Miller benannten Feierstunde. Mit dem Hollywood-Oscar hat der Namensgeber Oskar von Miller (1855–1934) nichts zu tun, dafür erlangte er seine Berühmtheit durch technischen Erfindergeist als Elektrotechniker, Wasserkraftpionier und Begründer des

Deutschen Museums in München. Er schaffte es als Erster, elektrischen Strom über lange Strecken zu übertragen und baute das seinerzeit größte Wasserkraftwerk der Welt am bayerischen Walchensee. Heute prämiert der Oskar-von-Miller-Preis herausragende Leistungen an der Hochschule München in den Bereichen Studienabschlüsse, Lehre, Forschung (www.hm.edu/forschung) und der Zusammenarbeit mit externen Partnern und Partnerinnen. Diesen anderen Oskar, eine kleine weiße Figur, erhielt nun 2025 die Energietechnikerin Dr. Tina Hermann für ihre Doktorarbeit in der Kategorie Promotion. Darin geht es um eine neuartige, thermisch angetriebene Absorptionswärmepumpe, die selbst bei hohen Rücklauftemperaturen Energie aus dem Abgas zurückgewinnt.

Das Forschungsprojekt BreBiSorp

Im experimentellen Teil von Hermanns Promotion zum Thema „Absorptionswärmepumpe für die Brennwertnutzung in

an Biomassekesseln“ entstanden verschiedene Versuchsanlagen, bis hin zu einer maßstabsgerechten Absorptionswärmepumpe. Selbst Hand anzulegen hatte die Forscherin, die für nachhaltige und erneuerbare Energieversorgung brennt, für eine Promotion an der HM und der TU München gewinnen können. Worum geht es im „BreBiSorp“? Durch Effizienzsteigerung bei Kesseln in Nahwärmenetzen soll das Projekt zum Gelingen der Energiewende beitragen. Biomassekessel, die mit Holzpellets oder Hackschnitzel betrieben werden, sind eine wichtige Option für die Wärmeversorgung und damit für die Energiewende im Wärmesektor. Der Brennstoff Holz steht aber nur begrenzt zur Verfügung. Umso wichtiger war es für die Wissenschaftler des Projekts „BreBiSorp“, ihn für das Einspeisen in das Nahwärmenetz vor Ort möglichst effizient zu nutzen. Durch den Einsatz einer thermisch angetriebenen Wärmepumpe können auch größere Anlagen,

die oftmals Wärmenetze mit höheren Rücklauftemperaturen versorgen, von dieser Brennwerttechnik profitieren – damit erzielen sie eine deutlich bessere Energieausbeute.

Höhere Brennwertnutzung

Das Forschungsteam um Prof. Dr. Christian Schweigler vom CENERGIE, dem Competence Center Energieeffiziente Gebäude und Quartiere an der HM (www.cenergie.hm.edu), verfolgt dazu den Ansatz der Brennwertnutzung in Verbindung mit einer Absorptionswärmepumpe (AWP). Deshalb vereint das Projektkürzel „BreBiSorp“ die Anfangsbuchstaben der Begriffe „Brennwertnutzung“, „Biomassekessel“ und „Sorptionswärmepumpe“.

Die Entwicklung der speziellen Absorptionswärmepumpe zielt auf Biomasse-Heizsysteme mit Wärmeleistungen im mittleren Bereich bis etwa 75 kW bis zu großen Anlagen mit einigen 100 kW. Bei der Brennwertnutzung soll das Biomassekessel-Rauchgas von circa 140 °C auf etwa 20 °C abkühlen. Dabei wird der Taupunkt unterschritten, der Wasserdampf kondensiert und gibt dabei Wärme ab. Damit wird je nach Wassergehalt des Biomasse-Brennstoffs eine Wirkungsgradsteigerung bis zu 30 % erreicht gegenüber dem herkömmlichen Betrieb.

Anpassung auf Biomasse-Nahwärmenetze

Um diesen zusätzlichen Energiegewinn aus dem Abgas zu ermöglichen, muss die Rücklauftemperatur im Heizsystem deutlich unterhalb des Taupunkts liegen. Viele Nahwärmenetze haben jedoch Rücklauftemperaturen um 50 °C. Um diese Temperaturdifferenz zu überbrücken, setzen die Forscher die Absorptionswärmepumpe ein. Diese hebt das niedrige Temperaturniveau an, um die aus dem Abgas gewonnene Wärme in das Wärmenetz einspeisen zu können. Die im Rahmen des Projektes von Hermann entwickelte, angepasste Absorptionswärmepumpe soll als Zusatzgerät in großen Stückzahlen die Biomassekessel in Nahwärmenetzen ergänzen. Diese Wärmepumpenart funktioniert anders als die heiß diskutierte elektrische Kompressionswärmepumpe, denn

sie kommt ohne elektrische Verdichtung aus. Sie benötigt dafür eine Wärmequelle, um die Wärme auf ein höheres Temperaturniveau zu „pumpen“. Die AWP im Projekt bezieht ihre Antriebswärme aus der abgezweigten Wärmeabgabe des Biomassekessels.

Absorption

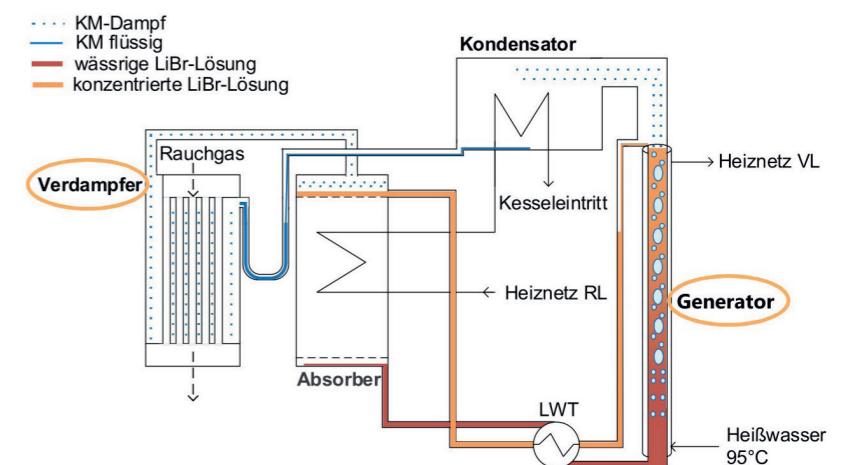
Wie bei der Kompressionswärmepumpe wird auch in der Absorptionswärmepumpe zunächst ein Kältemittel durch Umgebungswärme verdampft. Anschließend gelangt es gasförmig in den „thermischen Kompressor“, bestehend aus Absorber, Lösungspumpe, Austreiber und Expansionsventil. Im Absorber wird das Kältemittelgas in einer Flüssigkeit gelöst. Dabei entsteht Wärme (Absorptionswärme), die an den Heizkreis abgegeben wird.

Mit Kreativität Prozesspumpe eingespart

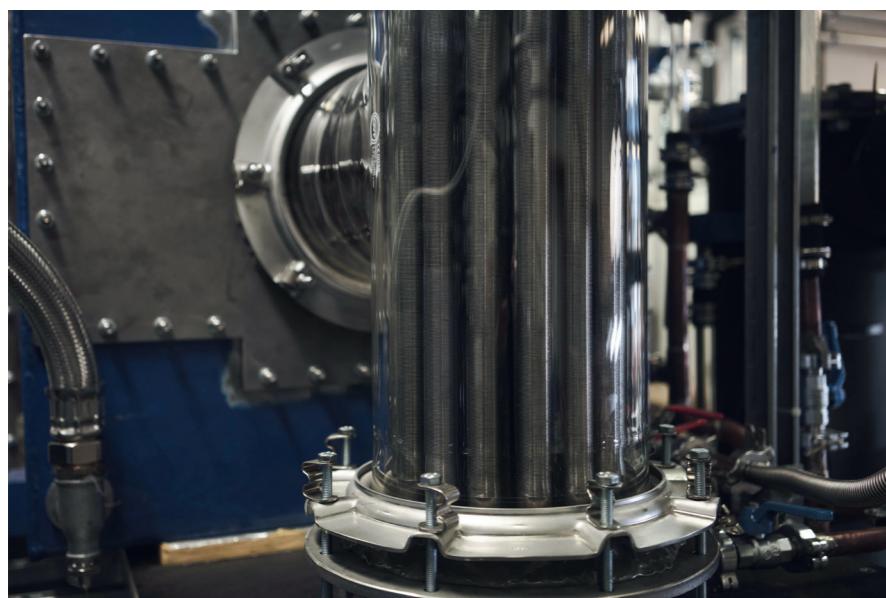
Die Umsetzung der Wärmepumpe bot der Ingenieurin Tina Hermann immer wieder Herausforderungen, die Kreativität und neuartige Ansätze erforderten. Doch die enge Verknüpfung von Theorie und Praxis machte das Projekt für sie spannend und abwechslungsreich. „Die Einbindung der Wärmepumpe in das Wärmeversorgungssystem ermöglicht eine optimale Ausnutzung des Brennstoffs. Der Wärmepumpenkreislauf wird mit Wärme aus dem Kessel angetrieben und kommt ohne interne Prozesspumpen aus“, erklärt Hermann. Das durchdachte Konzept macht diese Pumpen überflüssig und ermöglicht so ein System, das weniger Strom verbraucht und so besonders umweltfreundlich ist.



Im Labor wurde das System Absorptionswärmepumpe für Wärmerückgewinnung auf Funktion und Effizienz getestet.



Das Konzept der Absorptionswärmepumpe verzichtet auf mechanische Pumpen für Lösungsmittel und Kältemittel.



Die Wärmeübertrager der Absorptionskältemaschinen werden im Hinblick auf die Verwendung von Wasser als Kältemittel bei niedrigen Betriebsdrücken überwiegend als Fallfilmapparate ausgeführt, mit horizontalen oder gewickelten Rohrbündeln. Sie übertragen die Wärme für die anschließende Brennwertnutzung.

„Bei der aktuellen Entwicklung wird der Kreislauf der thermisch angetriebenen Wärmepumpe nach dem sogenannten Thermosiphon-Prinzip ausgeführt“, sagt Tina Hermann. Die Wissenschaftler haben die Wirkung des Betriebskonzepts mit Thermosiphon-Austreiber und Betrieb des Verdampfers ohne Kältemittelumlaufpumpe auf die internen Parameter des Kreislaufs sorgfältig untersucht und optimiert. Im Thermosiphon-Austreiber wird eine Lithium-bromid-Lösung durch Erwärmung zum Sieden gebracht, wobei Dampfblasen entstehen und die Flüssigkeit ohne mechanische Pumpe zirkuliert. Der Auftrieb der Blasen und die hydrostatische Druckdifferenz treiben den Umlauf an, Reibungs- und Beschleunigungsverluste wirken bremsend. Oben wird Dampf abgeschieden und kondensiert, die Flüssigkeit kehrt ins Reservoir zurück. Druck und Siedetemperatur sinken entlang des Siederohres. Durch den besonderen Aufbau der Wärmepumpe ist ein robuster Betrieb mit geringem Wartungsaufwand möglich. Künftig soll diese angepasste Absorptionswärmepumpe als Zusatzgerät die Biomassekessel ergänzen.

Bearbeitungsschritte des Forschungsvorhabens im Überblick
– Wärmetechnisches Konzept, Auslegung des Wärmepumpenkreislaufs,

- Modifikation des Biomassekessels für die Ankopplung der Sorptionswärmepumpe: Wärmeauskopplung aus dem Biomassekessel,
- Auslegung des Brennwert-Wärmetauschers,
- Entwicklung von kreislauftechnischen Details der Sorptionswärmepumpe wie dem Natur-Umlaufaustreiber, unterstützt durch Laborversuche,
- Betriebskonzept für minimalen Regelungsaufwand,
- Konzeption der Sorptionswärmepumpe für geringe Herstellkosten und robusten Betrieb,
- Auslegung und Konstruktion der Sorptionswärmepumpe,
- Errichtung und Betrieb einer Demonstrationsanlage.

Vom Modell zum Versuchsaufbau

Nach dem Bau des Modellsystems im Labor wurde im nächsten Schritt eine Versuchsinstallation vor Ort beim Projektpartner Scherdel Energietechnik (www.energiotechnik.scherdel.com) in Marktredwitz/Oberfranken aufgebaut, um den Betrieb mit einem Hackschnitzel-Heizkessel zu erproben.

Ziel des Forschungsprojektes war es, weiter an einer technisch und wirtschaftlich möglichst günstigen Kopplung der Absorptionswärmepumpe für bessere Brennwertnutzung zu forschen. Scherdel Energietechnik ist Spezialist für Ab-



Für ihre Arbeit erhielt Dr. Tina Hermann (links) den Oskar-von-Miller-Preis in der Kategorie „Promotion“ der Hochschule München.

sorptionstechnologie und betreibt eine eigene Sparte dafür.

Kleine Änderungen mit großer Wirkung

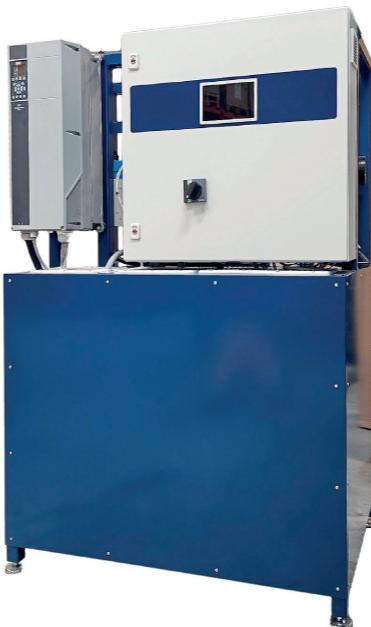
In ihrer Doktorarbeit empfiehlt Tina Hermann für weiterführende Arbeiten, die Charakterisierung des Strömungsverhaltens des Thermosiphon-Austreibers weiter zu vertiefen, um den Betriebsbereich hin zu höheren Lösungskonzentrationen zu erweitern. Für den realen Einsatz der AWP sollte eine praxisnahe Versuchsanlage mit Kopp lung an einen Biomasseheizkessel untersucht werden. Es gibt auch noch Optimierungsbedarf für die Konfiguration und die Anordnung der Apparate, um die AWP noch kompakter zu gestalten. Bei ihrem Forschungsprojekt hat Hermann an der Laboranlage überrascht, dass kleine Änderungen oft eine sehr große Wirkung haben konnten. Jetzt geht sie aus dem universitären Umfeld in die Industrie. „Ich bleibe aber im Bereich der Forschung und Entwicklung, das war mir wichtig, und dort fühle ich mich auch gut aufgehoben.“ Seit September 2024 arbeitet Tina Hermann bei Linde Engineering als Prozessingenieurin. Die vollständige Doktorarbeit ist auf dem Medien- und Publikationsserver der Technischen Universität München veröffentlicht unter mediatum.ub.tum.de/download/1743903/1743903.pdf.

Foto: Johannes Lesser, Julia Bergmeister

Foto: varmeco

EXERGIEMASCHINE MIT 100 kW

Temperatur-Booster



Die neue eXergiemaschine „eXm-max“.

Der Idealzustand einer Heizungsanlage, eine möglichst große Temperaturspreizung zwischen der Vor- und Rücklauftemperatur, wird selten erreicht – es sei denn etwa mit der eXergiemaschine, die varmeco und ihr Schweizer Partner BMS-Energietechnik entwickelt haben. Bisher waren eXergiemaschinen mit einer maximalen Leistung von 3 kW (Wandgerät eXm-compact) bis 40 kW (Standgerät eXm-pro) erhältlich. Nun erweitert die neue eXm-max das Leistungsspektrum um eine 100-kW-Version. Die große Ausführung eignet sich u.a. für Krankenhäuser und Sportstätten, gewerblich genutzte Anlagen oder große Wohngebäude.

Oben heiß und unten kühl

Bei einer eXergiemaschine handelt es sich um eine spezielle Wasser-/Wasser-Wärmepumpe. Sie entnimmt einem Schicht-Heizspeicher Wasser auf mittlerem Temperaturniveau, erwärmt davon einen Teil und speichert ihn oben im Speichersystem wieder ein. Der andere Teil wird herabgekühlt und im untersten Speicherbereich eingebracht. So stellt die eXergiemaschine einen heißen Vorlauf zu Verbrauchern und einen kühlen Rücklauf zu Wärmequellen sicher. Auf welchen Wert bzw. wie stark die Tempe-

ratur jeweils angehoben und abgesenkt werden soll, lässt sich einstellen. So kann der jeweiligen Anwendung bestmöglich entsprochen werden.

Hoher Wirkungsgrad

Bei vielen Anwendungen der eXergiemaschine ist die Temperaturanhebung der Haupteffekt. Dies gilt etwa bei der Abwärmenutzung, bei Wärmepumpenheizungen mit Warmwasserbereitung oder Hochtemperatur-Heizkreisen oder auch bei Solarthermie-Anlagen und PVT-Kollektoren. Diese Aufgabe erledigt die eXm-max sehr sparsam. Als Nacherhitzer für die Warmwasserbereitung soll diese 100-kW-Version einen COP (Coefficient of Performance) von etwa 6 bei einem System mit W45-35/W50-65 erreichen. Vergleicht man den Stromverbrauch mit dem eines einfachen Elektroheizstabs, benötigt die eXergiemaschine also nur ungefähr ein Sechstel der Energie.

Erster Einsatz:

Abwärmenutzung im Hotel

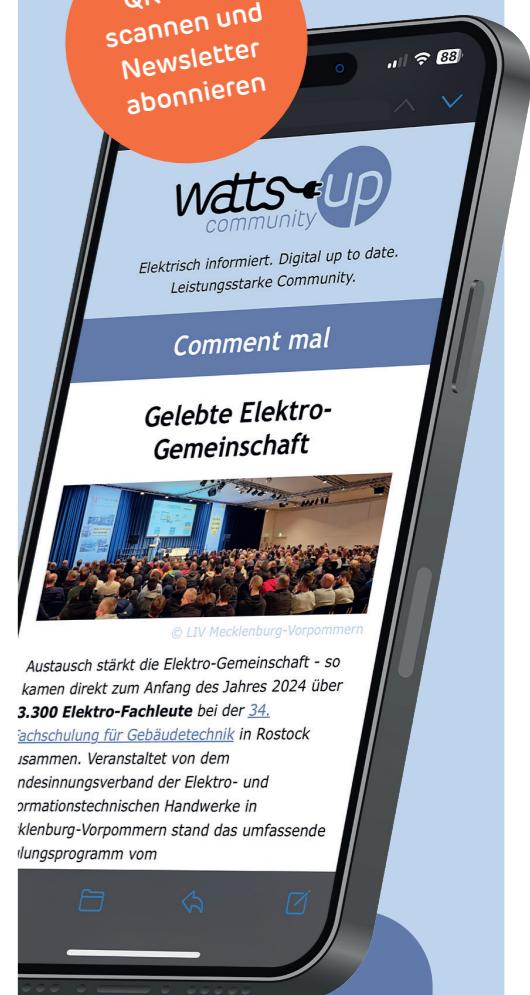
Der erste Praxiseinsatz der eXm-max steht kurz bevor: Ab diesem Frühling soll sie in einem Hotel Abwärme zu Nutzwärme machen. Dazu wird die Abwärme der Klima- und Kältetechnik, die bei etwa 35 °C anfällt, einem Schichtspeicher zugeführt. Die eXergiemaschine hebt die Wärme auf ein Temperaturniveau von 65 °C, sodass die Abwärme sogar für die hygienische Warmwasserbereitung genutzt werden kann und die Hotelausgaben für Primärenergie sinken. Gleichzeitig wird der Rücklauf zu den Klima- und Kälteanlagen wirkungsvoll gekühlt, was den Betrieb aktiver Rückkühlwerke überflüssig macht.

exergiemaschine.com



Die neue leistungsstarke Wissens- und Netzwerkplattform für die Elektro-Handwerke.

QR-Code scannen und Newsletter abonnieren



www.wattsup.de