

Wärmepumpen meistern auch hohe Temperaturen

Grosse Wärmepumpen mit bis zu einigen 1000 kW Leistung könnten noch vermehrt umweltschonende Wärme für industrielle Prozesse und Wärmeverbünde bereitstellen. So das Fazit einer Studie.



Blick in die Produktion der Härtereier Gerster AG in Egerkingen (SO). Das Unternehmen hat fast eine halbe Million Franken in eine Wärmepumpe investiert und konnte damit den Energieverbrauch für Komfortwärmeerzeugung massiv reduzieren. Über Einsparungen bei den Energiekosten ist die Investition binnen knapp zehn Jahren amortisiert.

Foto: Gerster AG

Im Wohnbereich sind Wärmepumpen zur Erzeugung von Heizwärme und Warmwasser weit verbreitet. In rund 90% aller Schweizer Neubauten kommen Wärmepumpen zum Einsatz. Mit der Technologie können Öl- und Gasheizungen substituiert und die Dekarbonisierung vorangetrieben werden; durch die Nutzung von Umgebungs- und Erdwärme kommen Wärmepumpen mit einem Minimum an Strom aus. Wärmepumpen werden auch in der Industrie eingesetzt, und zwar nicht nur für die Beheizung der Betriebsgebäude, sondern auch für die industriellen Prozesse. Diese machen

55% des Energiebedarfs der Industrie aus. Die notwendigen Temperaturen zur Wärmebereitstellung für Prozesse können 80 °C und mehr betragen, sind also in der Regel deutlich höher als für die Beheizung von Räumen auf 20 °C. Damit eine Wärmepumpe solch hohe Temperaturen effizient und damit wirtschaftlich liefern kann, braucht sie Wärmequellen von 30 °C und mehr, beispielsweise Abwärme, die bei Prozessen im eigenen Betrieb anfällt, dies möglichst konstant und in ausreichender Menge. Wichtig ist in jedem Fall, dass die Wärmeströme in einem Betrieb zu-

erst analysiert werden und der energetisch geeignete Einsatzbereich der Wärmepumpe eruiert wird. Dies erfolgt beispielsweise mit einer Pinch-Analyse (vgl. Kasten auf Seite 43). «Ist eine geeignete Wärmequelle vorhanden, können Wärmepumpen Prozesswärme bis 90 °C zuverlässig bereitstellen», sagt Cordin Arpagaus, Wärmepumpenspezialist an der Interstaatlichen Hochschule für Technik Buchs (NTB). «Heute sind vereinzelt auch Hochtemperaturwärmepumpen auf dem europäischen Markt, die Prozesswärme bis rund 160 °C zur Verfügung stellen.»

Industrielles Potenzial unterschätzt

Prozesswärme wird hauptsächlich mittels fossiler Brennstoffe erzeugt. Doch auch in der Industrie hat die umweltfreundliche Wärmepumpentechnologie in den letzten Jahren Fuss gefasst. Gemäss Statistik der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS) wurden im Jahr 2019 knapp 24 000 Wärmepumpen verkauft, davon 181 mit einer Heizleis-



«Das neue Softwaretool erlaubt eine optimale Auslegung von industriellen Wärmepumpen.»

Anna Wallerand, Wissenschaftlerin am Institut für Industrieprozesse und Energiesysteme (IPESE) der ETH Lausanne (EPFL).

tung von 100 kW und mehr, wie sie in grossen Wohn- und Verwaltungsgebäuden, in Wärmeverbänden und in der Industrie zum Einsatz kommen. Für die begrenzten Stückzahlen nennt Cordin Arpagaus drei Gründe: «Die Anschaffung eines Heizkessels ist günstiger, und er ist einfacher zu installieren; die in der Regel günstigeren Betriebskosten einer Wärmepumpe werden dabei nicht berücksichtigt. Kommt hinzu, dass manche Energieverantwortliche von Industrieunternehmen und Planer leistungsfähigen Wärmepumpen ganz einfach noch zu wenig Beachtung schenken. Die Anwender verfügen oft nicht über die Informationen, um den Wechsel zu erneuerbaren Wärmeerzeugungstechnologien zu vollziehen.»

Cordin Arpagaus und Stefan Bertsch vom Institut für Energiesysteme an der NTB haben in einer vom Bundesamt für Energie unterstützten Studie 29 Anwendungen von grösseren Wärmepumpen, darunter 15 in der Industrie, erfasst und untersucht. Diese Beispiele zeigen die Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten in der Praxis. Viele davon stammen aus der Lebensmittelindustrie, wo die Wärmepumpen Warmwasser, Heissluft und Prozesswärme liefern, weitere Anlagen befinden sich in der verarbeitenden Industrie. Die Anlagen waren überwiegend seit 2007 in Betrieb genommen worden und verfügen typischerweise über Wärme- und/oder Kühlleistungen von mehreren 100 kW bis einigen 1 000 kW.

Prozesswärme bis 165 °C

Eine wichtige Erkenntnis aus den Fallbeispielen der Studie: Dank dem Einsatz von Wärmepumpen lässt sich der Energieverbrauch um 30 bis 40% senken, wie die Studienautoren auf der Grundlage der verfügbaren Firmenauskünfte schreiben. In Einzelfällen wie beispielsweise der Härterei Gerster AG in Egerkingen (SO) liegen die Einsparungen sogar

noch deutlich höher: Statt wie früher zwei Gasboiler stellt heute eine 260-kW-Wärmepumpe bis zu 65 °C heisses Wasser zum Heizen zur Verfügung. So können jährlich 800 MWh Gas eingespart werden, während die Wärmepumpe, die nun die Wärme liefert, mit 190 MWh Strom auskommt. Als Wärmequelle nutzt die Wärmepumpe die Abwärme aus der Produktion von Kühlwasser.

Herkömmliche Wärmepumpen stossen bei 90 bis 100 °C an ihre Grenzen. So erreichen nur drei Wärmepumpen in den 29 Fallstudien der NTB-Untersuchung knapp über 90 °C (nämlich diejenige in der Berg-Käserei Gais im Appenzellerland, in der Getränkeabfüllung bei der GVS Landi AG in Schaffhausen-Herblingen und im Schlachthaus Zürich). Um

das Einsparpotenzial im Bereich der Industrie auch bei höherem Temperaturbedarf auszuschöpfen, müssten in Zukunft vermehrt Wärmepumpen eingesetzt werden, die Prozesswärme im höheren Temperaturbereich bei über 100 °C bereitstellen.

Abwärme aus Kühlprozessen

Potenzielle industrielle Anwendungen für Hochtemperatur-Wärmepumpen sind gemäss NTB-Schlussbericht «die Heissluftzeugung und Luftvorwärmung für Trocknungsprozesse (d.h. Holz, Papier, Klärschlamm, Stärke, Ziegel und Tierfutter) durch Abwärmenutzung feuchter Abluft oder die Prozessdampferzeugung zur Sterilisation und Pasteurisation von Lebensmitteln (z.B. Milch, Getränke, Saft)». Eine geeignete Wärmequelle ist die Abwärme aus Kühlanlagen (Kondensationswärme der Kältemaschinen), wie das in der Lebensmittelindustrie oft der Fall ist. Andere Wärmequellen sind Abwärme aus industriellen Prozessen und von Druckluftkompressoren, aber auch Abwasser oder Abluft aus Trocknungsprozessen.

Können Wärmepumpen in einem industriellen Kontext eingesetzt werden, wo gleichzeitig ein Bedarf an Kälte und Wärme besteht, resultiert daraus eine besonders effiziente und wirtschaftliche Gesamtlösung. Das zeigt das Beispiel des Pharmazulieferers Bachem AG (Bubendorf/BL). Hier stellen zwei Ammoniakwärmepumpen Kaltwasser als Prozesskälte mit 8 °C bereit. Die Abwärme aus dem Kühlprozess wird von einer

«Die Industrie spürt den Druck der Öffentlichkeit, die Energieeffizienz zu erhöhen und die CO₂-Emissionen zu senken.»

Cordin Arpagaus, Wärmepumpenforscher am Institut für Energiesysteme an der NTB Interstaatlichen Hochschule für Technik Buchs



dritten Wärmepumpe zu Heizwärme und Warmwasser aufbereitet – dies bei einer hohen Leistungszahl (Coefficient of performance, COP) von 7,1 (im Betriebspunkt W38/W71, also Quelltemperatur 38 °C und Senktemperatur bei 71 °C). Aus einer Kilowattstunde (kWh) Strom resultieren somit 7,1 kWh Wärme. Der Durchschnitt des COP lag bei den unter-

suchten Anlagen in den 29 Fallstudien bei rund 4.0 (bei einem Temperaturhub von 50 Kelvin).

Wirtschaftlich trotz höheren Investitionskosten

Eine Wärmepumpe hat, bezogen auf eine Kilowattstunde bereitgestellter Wärme, höhere Investitionskosten als eine Gasheizung. Wegen der sehr effizienten Energienutzung ist eine Wärmepumpe über den gesamten Lebenszyklus hinweg jedoch mitunter gleich wirtschaftlich oder sogar noch wirtschaftlicher als eine Gasheizung.

Cordin Arpagaus erhält immer wieder Anfragen aus der Industrie, die sich für den Einsatz von Hochtemperatur-Wärmepumpen interessiert. Einmal ist es ein grosser Schweizer Detailhändler, ein anderes Mal ein Vitaminhersteller aus der Nordwestschweiz, dann sind es Energieberater, Planungsbüros oder Wärmepumpenhersteller. «Die Industrie spürt den Druck der Öffentlichkeit, die Energieeffizienz zu erhöhen und die CO₂-Emissionen zu senken. Industrielle Wärmepumpen mit höheren Vorlaufemperaturen werden in den nächsten Jahren weiter an Bedeutung gewinnen», ist der NTB-Forscher überzeugt.

Benedikt Vogel im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

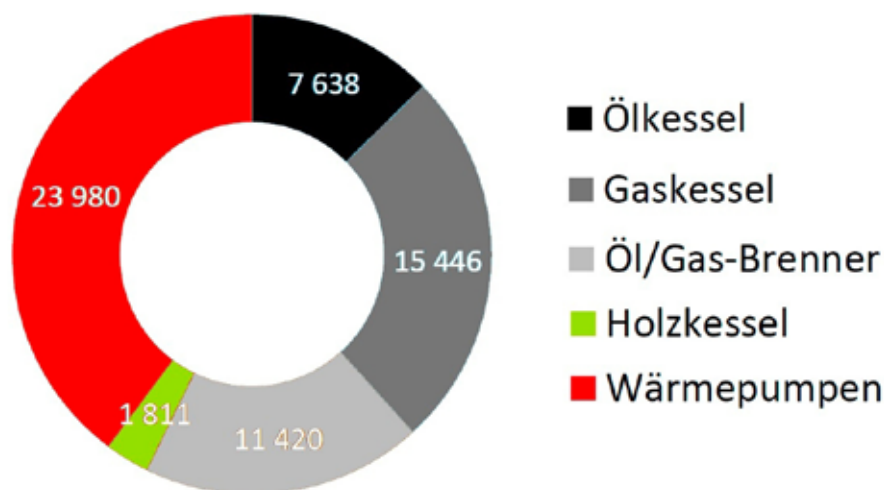
Infos:

Den Schlussbericht zum NTB-Forschungsprojekt «Industrial Heat Pumps in Switzerland – Application Potentials and Case Studies» finden Sie unter <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=41721>.

Informationen zur Erforschung industrieller Wärmepumpen unter dem Dach der IEA (Annex 48 «Industrial Heat Pumps»): <https://heat-pumpingtechnologies.org/annex48/> Weiterführende Informationen finden Sie in Dr. Cordin Arpagaus' Buch: Hochtemperatur-Wärmepumpen. Marktübersicht, Stand der Technik und Anwendungspotenziale. VDE-Verlag 2019.

Auskünfte erteilt Stephan Renz (info@renz-consulting.ch), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Wärmepumpen und Kälte.

Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Wärmepumpen und Kälte finden Sie unter www.bfe.admin.ch/EC-WP-KaelteE



Wärmepumpen stehen bei den in der Schweiz verkauften Heizsystemen (Stückzahlen) an der Spitze.

Grafik: FWS/bearbeitet C. Arpagaus

ETH Lausanne entwickelt Planungstool für industrielle Wärmepumpen

Das im Haupttext vorgestellte Forschungsprojekt ist Teil eines internationalen Forschungsprogramms der Internationalen Energieagentur (IEA) zu industriellen Wärmepumpen (bekannt als «Annex 48: Industrial Heat Pumps»). Zum gleichen Forschungsprogramm gehört ein zweites Schweizer Projekt unter dem Titel «Integrated industrial heat pump systems», das Forscherinnen und Forscher der ETH Lausanne (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, EPFL) durchgeführt haben.

Aus dieser ebenfalls vor Kurzem abgeschlossenen Studie ist ein Software-Werkzeug hervorgegangen, das die Planung von industriellen Wärmepumpen optimiert. Das Tool erlaube «eine optimale Auslegung von industriellen Wärmepumpen», sagt Studienhauptautorin Anna Wallerand. «Unsere Software ermittelt für den konkreten Anwendungsfall Planungsgrössen wie Leistung und Temperaturhub, zeigt den optimalen Aufbau mehrstufiger Wärmepumpen einschliesslich der zugehörigen Temperaturniveaus, und es schlägt dem Planer geeignete Kühlmittel und Kompressoren vor.»

Mit dem Werkzeug kann die Integration von Wärmepumpen verbessert wer-

den, was nach Auskunft der Forscherin den Kostenaufwand um 5 bis 30% senken kann. Es kann auch vermieden werden, dass Wärmepumpen falsch eingesetzt werden; dass sie zum Beispiel Abwärme nutzen, die unter energetischen Gesichtspunkten besser direkt (und damit ohne Einsatz einer Wärmepumpe) im Produktionsprozess herangezogen würde (z.B. über einen Wärmetauscher).

Grundlage für den Einsatz des Tools ist eine Pinch-Analyse, die alle Energieflüsse der involvierten Prozesse nachzeichnet und damit den idealen Integrationspunkt der Wärmepumpe identifiziert. Für die Pinch-Analyse steht marktreife Software zur Verfügung (<https://pinch-analyse.ch/>). Das Software-Tool der EPFL, mit dem darüber hinaus die geeignete Wärmepumpe konfiguriert wird, ist bisher noch ein akademisches Forschungsergebnis. Bis Wärmepumpenplaner es nutzen können, muss die Benutzerfreundlichkeit verbessert werden. BV

Der Schlussbericht zum Projekt «Integrated industrial heat pump systems» der EPFL ist abrufbar unter <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=38624>