



Wie sich die automatisierungstechnischen Herausforderungen einer neuartigen, thermisch extrem flexiblen und leistungsstarken Wärmepumpe galant meistern ließen

Rotierende Effizienz

Mit der Erfindung der Rotations-Wärmepumpe sorgte das heimische Unternehmen Ecop Technologies für weltweites Aufsehen in der Wärmepumpen-Szene. Die patentierte Technologie, die sich speziell für den industriellen Einsatz eignet, kann Temperaturbereiche in einer Bandbreite von -20° bis 150° C abdecken und dabei eine um bis zu 100% höhere Leistungsperformance als herkömmliche Wärmepumpen erreichen. Möglich macht das der angewandte thermodynamische Kreisprozess, der nicht auf dem üblichen Carnot- sondern auf dem Joule-Prozess basiert. Um den in den Griff zu kriegen, braucht es ausgeklügelte Sensorik, Aktorik und Steuerungstechnik. Letztere kommt vom Salzburger Automatisierungshersteller Sigmatek, den der Zufall mit Ecop zusammenbrachte, und der sich aufgrund seines ausgereiften Portfolios sowie vor allem seines außergewöhnlichen Supports rasch als der ideale Partner für das junge Unternehmen herausstellte. Nach mehrjähriger Entwicklungs- und Optimierungsarbeit sowie erfolgreichem Referenzbetrieb einer 700-kW-Pilotanlage startet man nun mit Vertrieb und Produktion so richtig durch. Von Thomas Reznicek

Die neuartige, mit insgesamt 59 weltweit gültigen Patenten gesicherte Technologie schafft laut Ecop, was keine andere kann: Je nach Anwendungsfall ist mit der Rotations-Wärmepumpe in der Praxis ein Coefficient of Performance (COP) zwischen 4 und 7 über den besonders großen Temperaturbereich von -20° bis zu 150° C möglich – theoretisch wäre sogar ein COP von über 10 erreichbar. „Das ist der entscheidende Unterschied zu herkömmlichen Wärmepum-

pen, die meist ein Temperaturlimit von rund 95° C haben und die COP-Werte zwischen 2,5 und 5 nur im Bereich von $\pm 10^{\circ}$ C des jeweils optimalen Betriebspunkts, für den sie ausgelegt sind, erzielen. Darüber oder darunter sinkt der COP stark ab“, erklärt Andreas Hingel, MSc. BA, der gemeinsam mit Firmengründer Ing. Bernhard Adler die Geschäftsführung von Ecop Technologies verantwortet. „Wir haben ein hochgradig disruptives, einzigartiges Produkt mit extrem hoher Effizienz und somit

Wirtschaftlichkeit – es gibt nichts Vergleichbares am Markt.“ Die Idee für die einzigartige Technologie kam Bernhard Adler im Rahmen seines Maschinenbau-Studiums an der TU Wien – noch währenddessen gründete er 2007 die Firma Ecop Technologies. Der Clou seiner Lösung, für die der leidenschaftliche Thermodynamiker zunächst von vielen belächelt wurde, liegt in der Nutzung eines einphasigen thermodynamischen Kreisprozesses – bedeutet: Anders als bei herkömmlichen Wärme-

pumpen bleibt das Arbeitsmedium stets gasförmig, und dadurch gibt es keine Energieverluste durch die Änderung des Aggregatzustands. Verdichtet wird durch die Rotation des gesamten Systems. „Wir nutzen kein umweltbelastendes Kältemittel sondern ein absolut ungiftiges und nicht brennbares Edelgasgemisch, das wir aus der Umgebungsluft gewinnen“, wirft Andreas Hingel einen von mehreren Umweltaspekten ein. „Unsere revolutionäre Technologie bringt also nicht nur signifikant höhere Wirkungsgrade sondern auch keinerlei Risiken für die Umwelt mit sich.“

Die Funktionsweise im Detail

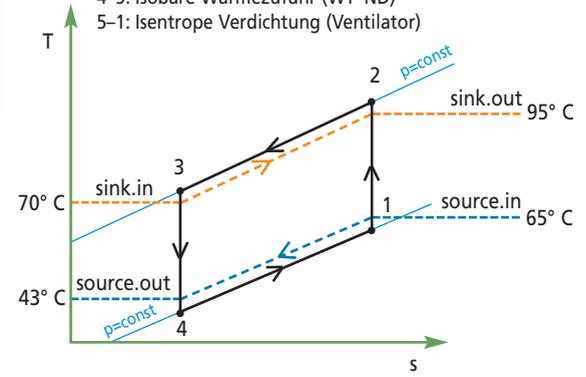
Die Ecop-Technologie basiert nicht auf dem in der Wärmepumpen-Branche etablierten Carnot-Prozess sondern auf dem Joule-Prozess – und zwar linksläufig angewandt (siehe T-s-Diagramm). Da es zu keinem Phasenübergang des stets gasförmigen Arbeitsmediums kommt, lässt sich eine Effizienz in der Verdichtung von über 99% erreichen. „Diese extrem hohe Verdichtung ist Voraussetzung, damit wir den Joule-Prozess überhaupt verwenden können“, verrät Andreas Hingel. Der geschlossene Kreislauf, in dem das Arbeitsmedium angetrieben von einem Ventilator zirkuliert, rotiert als Ganzes um eine Achse. Die Wärmepumpe besteht aus mehreren Wärmetauschern, die in unterschiedlichen Abständen zur Rotationsachse positioniert sind. Die durch die Rotation entstehende Fliehkraft komprimiert das Arbeitsmedium – je größer der Abstand zur Rotationsachse umso stärker die



„Wir haben uns deshalb für Sigmatek entschieden, weil das Produkt all unsere Anforderungen erfüllt und der Kundensupport einfach top ist. Hier werden wir auch als kleines Unternehmen ernst genommen.“

Andreas Hingel, MSc. BA,
Geschäftsführer von
Ecop Technologies.

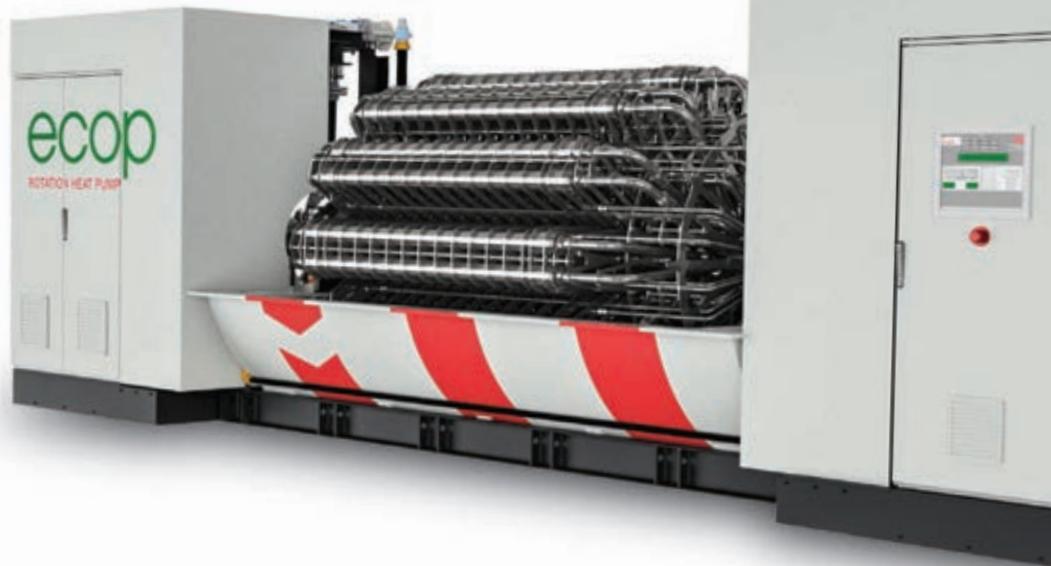
- 1–2: Isentrope Verdichtung
- 2–3: Isobare Wärmeabfuhr (WT–HD)
- 3–4: Isentrope Entspannung
- 4–5: Isobare Wärmezufuhr (WT–ND)
- 5–1: Isentrope Verdichtung (Ventilator)



Der von Ecop genutzte thermodynamische Kreisprozess basiert auf dem linksläufigen Joule-Prozess – ein Novum in der Wärmepumpen-Szene.

Kompression. Aufgrund der Druckzunahme im achsfernen Bereich kommt es zur Temperaturerhöhung des Gases, der Wärmetauscher gibt die derart gewonnene Wärme in die sogenannte »Senke« ab. Das abkühlende Gas entspannt und ändert zusätzlich seine Temperatur aufgrund der Strömung entgegen der Fliehkraft auf ein niedrigeres Niveau, sodass es an der »Quelle« über den achsnahen Wärmetauscher wieder Wärme aufnehmen kann. Je nach Rotationsgeschwindigkeit – die Drehzahl beträgt bis zu 1.800 min⁻¹ – ergibt sich zwischen dem äußeren und dem inneren Bereich ein unterschiedliches Druckverhältnis. Dieses Kompressions- und Expansionsdruckverhältnis lässt sich demnach über die Drehzahl verändern – und damit indirekt eine frei wählbare Temperaturdifferenz zwischen Niederdruckseite (»Quelle«) und Hochdruckseite (»Senke«) regeln. Die Drehzahlvariabilität des Ventilators wiederum ermöglicht es, den Durchfluss und damit die übertragbare Wärmeleistung unabhängig von der Temperaturerhöhung zu steuern. „Unsere Technologie bietet also eine maximale Flexibilität hinsichtlich des thermischen In- und Outputs «

Die »Rotation Heat Pump K7« von Ecop Technologies bringt 700 kW thermische Leistung über den weiten Temperaturbereich von -20° bis 150° C. Der Clou der extrem effizienten Lösung: Der geschlossene Kreislauf, in dem das ungiftige Arbeitsmedium angetrieben von einem Ventilator zirkuliert, rotiert als Ganzes mit bis zu 1.800 min⁻¹ um eine Achse.



mit ein und derselben Anlage, die Anpassung erfolgt im Wesentlichen über die Rotationsgeschwindigkeit der Wärmepumpe. Das bietet besondere Vorteile vor allem dann, wenn die Temperaturniveaus von »Quelle« und »Senke« nicht konstant sind“, zeigt Andreas Hingel den USP auf. „Die Rotations-Wärmepumpe erfordert allerdings im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen einen höheren Automatisierungsaufwand.“

scher Leistung hoch skaliert. Um die mit unserer Technologie mögliche Flexibilität voll ausschöpfen zu können, braucht es eine komplexe Mess-Steuer-Regeltechnik und eine funktionelle und qualitativ hochwertige Steuerungsarchitektur als starkes Rückgrat der Automatisierung.“ Die fand Ecop beim Salzburger Automatisierungshersteller Sigmatek – und zwar per Zufall: Die Inhaber beider Unternehmen lernten einander

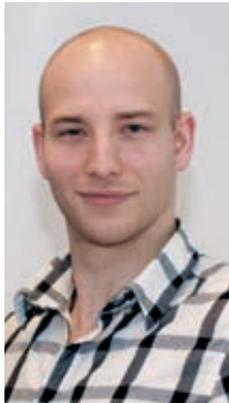
Freiheiten – das kam uns bei der Umsetzung unserer Prozesssteuerung sehr entgegen“, lobt Georg Kaltenbaek. „Der Support seitens Sigmatek war auch bei der Softwareprogrammierung ausgezeichnet und vor allem unkompliziert. Man kann bei diesem Hersteller stets direkt mit einem kompetenten Techniker reden und erhält rasch konkrete Hilfestellung.“ Für die realisierte Pilotanlage »Rotation Heat Pump K7« – die läuft übrigens seit über zwei Jahren beim Biomasse-KWK-Anlagenbetreiber Bioenergie in der Buckligen Welt – stieg man dann auf die neue »S-Dias«-Steuerungsgeneration um. „Das war der nächste logische Schritt. Die kompakte Bauform der »S-Dias«-Reihe kommt uns sehr entgegen und spart wertvollen Platz im Schaltschrank“, begründet Georg Kaltenbaek. Als HMI-Gerät ist Sigmateks Multitouch-Panel »ETT 1233« im Ein-



Die »S-Dias«-Steuerungstechnik von Sigmatek punktet mit hoher Performance, kompakter Bauform sowie mit zahlreichen kleinen, durchdachten Details, wie beispielsweise die LED-Statusanzeige der I/Os.

„Die objektorientierte Programmierung mit dem Engineeringssystem »Lasak« lässt einem beim Programmieren viele Freiheiten – das kam uns bei der Umsetzung unserer Prozesssteuerung sehr entgegen.“

Georg Kaltenbaek,
Elektroingenieur bei
Ecop Technologies.



sozusagen im Wartezimmer am Patentamt kennen und kamen ins Gespräch. Bernhard Adlers Rotations-Wärmepumpe weckte rasch das Interesse von »Erfindergeist« Andreas Melkus, einer der Gründer und geschäftsführenden Gesellschafter von Sigmatek. „Die Art und Weise, wie man seitens Sigmatek auf uns zugegangen ist, und das persönliche Engagement von Andreas Melkus, der in unserer Entwicklung eine zukunftsorientierte, nachhaltige Greentec-Lösung erkannte, war einfach großartig“, erinnert sich Georg Kaltenbaek. „Wir standen zu dem Zeitpunkt ja noch relativ am Anfang, und es war nicht klar, in welche Richtung sich diese Technologie entwickeln wird. Sigmatek glaubte aber an uns und stellte die ersten Steuerungskomponenten – damals noch aus der »C-Dias«-Baureihe – kostenlos zur Verfügung.“

Die Automatisierungstechnik

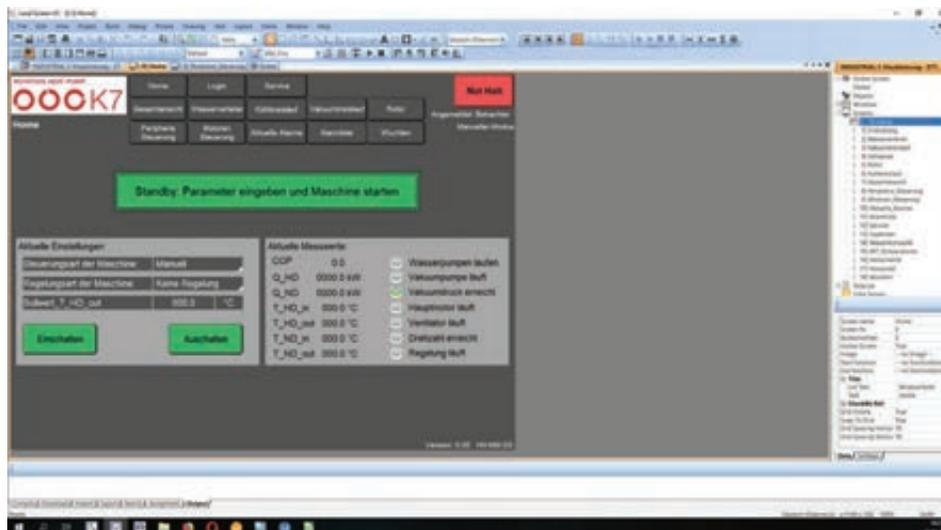
Georg Kaltenbaek und sein Team konnten in Folge die Steuerung intensiv testen und sich mit der Sigmatek-Technologie sowie der objektorientierten Programmierung mit dem All-in-One-Engineeringtool »Lasak« vertraut machen. „Das System lässt einem beim Programmieren viele

Freiheiten – das kam uns bei der Umsetzung unserer Prozesssteuerung sehr entgegen“, lobt Georg Kaltenbaek. „Der Support seitens Sigmatek war auch bei der Softwareprogrammierung ausgezeichnet und vor allem unkompliziert. Man kann bei diesem Hersteller stets direkt mit einem kompetenten Techniker reden und erhält rasch konkrete Hilfestellung.“ Für die realisierte Pilotanlage »Rotation Heat Pump K7« – die läuft übrigens seit über zwei Jahren beim Biomasse-KWK-Anlagenbetreiber Bioenergie in der Buckligen Welt – stieg man dann auf die neue »S-Dias«-Steuerungsgeneration um. „Das war der nächste logische Schritt. Die kompakte Bauform der »S-Dias«-Reihe kommt uns sehr entgegen und spart wertvollen Platz im Schaltschrank“, begründet Georg Kaltenbaek. Als HMI-Gerät ist Sigmateks Multitouch-Panel »ETT 1233« im Einsatz, die darauf aufgesetzte Visualisierung wurde mit »Lasak Screen« erstellt. Die systeminterne Kommunikation läuft über den Ethernet-Feldbus Varan, als Schnittstelle zu anwenderseitigen Leitsystemen steht OPC-UA zur Verfügung. „Die OPC-UA-Integration ist ein gutes Beispiel dafür, wie unkompliziert bei Sigmatek alles von statten geht. Man braucht einfach nur die Lizenzierung durchführen, und schon läuft die Schnittstelle“, beschreibt Georg Kaltenbaek den einfachen Ablauf. Apropos Schnittstelle: Die Pilotanlage wurde vom Fraunhofer Institut als unabhängige Prüfstelle getestet. Für die Ankopplung des spezifischen Messequipments war Modbus-Kommunikation erforderlich. „Diese Busanbindung hatten wir bis dahin noch nicht implementiert. Ein Anruf bei Sigmatek reichte aus, und das Problem war im Nu gelöst“, bringt Georg Kaltenbaek ein weiteres konkretes Beispiel für den Top-Support des Salzburger Herstellers.

Die Anwendungsfelder

Für seine Rotations-Wärmepumpe sieht Ecop eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten. Wirtschaftlich besonders sinnvoll ist sie dort, wo Abwärme beispielsweise von industriellen Maschi-

nen und Anlagen zur Verfügung steht und wirtschaftlich genutzt werden soll, anstatt sie teuer zu kühlen. „Das ist ein sehr wichtiges Zukunftsthema, da der mit Abstand größte Energiebedarf in Industrie und produzierendem Gewerbe auf die Erzeugung von Wärme für technische Prozesse entfällt und damit auch den Bedarf an Strom bei weitem übertrifft“, weiß Andreas Hingel. „Prozesswärme ist für viele Unternehmen ein bedeutender Kostenfaktor. Die europäische Energieeffizienzrichtlinie schreibt Unternehmen zudem vor, bis zum Jahr 2020 20% des Primärenergiebedarfes einzusparen. Gleichzeitig beschränkt die »F-Gas-Verordnung« massiv den Einsatz von Kältemitteln.“ Als ein mögliches Einsatzgebiet nennt der Ecop-Geschäftsführer Trocknungsprozesse, wie sie in vielen Industrien – z.B. bei der Ziegelherstellung, der Lebensmittelverarbeitung und der Papierproduktion – vorkommen. Dabei lässt sich mit Hilfe der Rotations-Wärmepumpe die Lufttemperatur für den Trocknungsvorgang erhöhen und gleichzeitig die Umgebungsluft für einen anderen Prozessschritt abkühlen – kontinuierlich elektronisch optimiert gesteuert. „Ebenso gut kann Abwärme aus anderen Prozessen eingesetzt werden, wie etwa im Fall unserer Pilotanlage bei Bioenergie“, ergänzt Andreas Hingel. „Das Biomassekraftwerk erzeugt neben 16 Mio. kWh Strom rund 33.000 MWh Wärme pro Jahr und versorgt damit öffentliche und private Gebäude der Region. Die Abwärme aus dem Kondensator der Dampfturbine wurde früher über Ventilatoren an die Umgebung abgegeben. Daher bot es sich an, auch diese Wärmequelle zu nutzen. Weil die Temperatur



Als HMI-Gerät kommt Sigmateks Multitouch-Panel »ETT 1233« zum Einsatz, die darauf aufgesetzte Visualisierung wurde mit »Lasal Screen« erstellt.

der Abwärme zwischen 42° C im Winter und 60° C im Sommer variiert, eignet sich unsere Rotations-Wärmepumpe dafür ideal. Die Wärmepumpe hebt mit der nun genutzten Abwärme die Rücklauftemperatur des Fernwärmenetzes an. Dadurch sinkt der Energieaufwand zum Erreichen der erforderlichen Vorlauftemperatur.“

Die Zukunftsaussichten

Bei Ecop stehen die Zeichen aktuell voll auf Expansion: Das 30 Mitarbeiter zählende Unternehmen mit Entwicklung in Wien und Produktion in Neuhofen an der Krems/Oberösterreich startet heuer mit den Vertriebsaktivitäten in der D-A-CH-Region voll durch. „Wir befinden uns in einer starken Wachstumsphase und bekommen täglich Anfragen – teilweise rund um den Globus“, blickt Andreas Hingel optimistisch in die Zukunft. „Parallel arbeiten wir bereits an der Weiterentwicklung der Rotations-Wärmepumpe mit 2 MW und noch höheren Temperaturen.“