

# **EIN NEUARTIGER ROTATIONSWÄRMEPUMPEN-PROZESS ZUR VERSORGUNG VON LATENTER PROZESSWÄRME UNTER NUTZUNG SENSIBLER WÄRMEQUELLEN**

**Gerald ZOTTER<sup>1</sup>, Bernhard ADLER<sup>2</sup>, Andreas LAENGAUER<sup>3</sup>, Wolfgang SANZ<sup>4</sup>**

## **Motivation**

Weltweit ist die Industrie einer der größten Energieverbraucher (28 % [1], wobei 75 % des industriellen Energiebedarfs für Prozesswärme aufgewendet werden (52 % im Nieder- und Mitteltemperaturbereich [2]). Aufgrund des zu niedrigen Temperaturniveaus können Industrieanlagen jedoch nicht direkt mit industrieller Abwärme (<80 °C) oder gar mit Fernwärme (<100°C) versorgt werden. Diese Situation kann durch den Einsatz von Hochtemperatur-Wärmepumpen (HT-HP) verbessert werden, indem das Temperaturniveau von Ab- und Fernwärme angehoben wird, was zu einer Energieeffizienzsteigerung im industriellen Bereich führt [3], [4], [5]. Allerdings benötigt die Industrie für die Prozesswärmeversorgung bis zu 200 °C Dampf oder Hochdruckwasser. Daher sollte die HT-HP sehr flexibel sein, um einerseits latente oder sensible Wärme bereitzustellen. Durch den Einsatz einer temperaturflexiblen Wärmepumpe könnte daher in fast allen Industriezweigen ein erheblicher Teil des Erdgasverbrauchs und damit der CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden.

## **Rotationswärmepumpe und Kreislauf**

In der Rotationswärmepumpe (RWP) [6], [7] wird als Arbeitsmittel („Kältemittel“) ein Edelgasgemisch eingesetzt und über Zentrifugalkräfte komprimiert und expandiert, wodurch ein so genannter linksläufiger Joule-Prozess (liJP) gefahren werden kann, welcher im ganzen Arbeitsbereich im einphasigen Bereich arbeitet. Die Wärmeaufnahme (Niederdruck-Wärmetauscher) und -abgabe (Hochdruck-Wärmetauscher) erfolgt beim liJP (unter Vernachlässigung von Druckverlusten) bei einem Temperatursprung (je nach spez. Wärmekapazität, Wärmeleistung und Massenstrom). Wenn die Grädigkeit im Hoch- und Niederdruck-Wärmetauscher gering und der Temperatursprung des Arbeitsstoffgemisches ähnlich der Spreizung der externen Wärmeträgermedien der Senke und Quelle sind, können die Exergie-Verluste in der Wärmeübertragung möglichst gering gehalten werden. Dieser Prozess eignet sich besonders gut, wenn eine endliche Wärmequelle, wie z.B. industrielle Abwärme oder Fernwärme, vorliegt [8] und für die Prozesswärmeversorgung Hochdruckwasser oder Thermoöl eingesetzt wird.

Die RWP bietet damit sehr gute Voraussetzungen für das Erreichen hoher Senkentemperaturen (von bis zu 250 °C). Es gibt weder Probleme mit der Schmierung noch mit dem verwendeten Arbeitsmittel in Bezug auf Entflammbarkeit, Toxizität, Treibhauspotenzial (GWP) oder langlebige Chemikalien (PFAS).

## **Neue Rotations-Wärmepumpe und neuer Wärmepumpen-Kreislauf**

Durch die Verwendung eines neuen Rotordesigns mittels eines diffusionsgebundenen Wärmetauschers (dgWT) [9], in dem Hoch- und Niederdruckwärmetauscher integriert sind und der sehr hohen Druck- und Temperaturniveaus standhalten kann, kann die Rotationsgeschwindigkeit des Systems im Vergleich zur aktuellen Konstruktion und damit der Temperaturhub maßgeblich erhöht werden. Diese einzigartige Konstruktion ermöglicht es, die Wärme während der Kompression auf die Senke zu übertragen oder bei der Expansion aus der Quelle aufzunehmen. Dadurch kann der Rotor für verschiedene Anwendungen und Prozesse entworfen werden. Zum Beispiel kann der Rotor so ausgelegt werden, dass er eine sehr hohe Temperaturspreizung oder eine sehr geringe Temperaturspreizung auf der Senken- und/oder Quellenseite bietet. Dies ermöglicht z.B. einen Prozess – der s.g. Adler/Zotter/Längauer-Prozess (AZL-P), siehe Abb.1 - der sich für die Bereitstellung von

---

<sup>1</sup> ECOP Technologie GmbH, 1230 Wien, Perfektastraße 73/TopA1, +43 650 891 891 5., gerald.zotter@ecop.at, <https://www.ecop.at/de/home/>

<sup>2</sup> ECOP Technologie GmbH, 1230 Wien, Perfektastraße 73/TopA1, bernhard.adler@ecop.at,

<sup>3</sup> ECOP Technologie GmbH, 1230 Wien, Perfektastraße 73/TopA1, andreas.laengauer@ecop.at,

<sup>4</sup> TTM/TU Graz, 8010 Graz, Infeldgasse 25/A, wolfgang.sanz@ugraz.at, <http://www.ttm.tugraz.at>

Dampf (sensible Wärme für Speisewassererwärmung und latente für Verdampfung) mittels der Nutzung von einer sensiblen (Ab-)Wärmequelle eignet. Der Prozess verläuft wie folgend, von 1 nach 2 mit einer polytropen Verdichtung in einem Axial-Ventilator (zur Überbrückung der Druckverluste und der Divergenz der Isobaren), von 2 nach 3 isentrope Verdichtung durch die Zentrifugalkräfte und die Radiusverengung in einem Rohr; von 3 nach 4 isotherme Wärmegabe im dgWT bei gleichzeitiger Druckerhöhung durch Radiusverengung der Kanäle, 4 nach 5 isobare Wärmeabgabe im dgWT da die Strömungskanäle konstant bleiben, 5 nach 6 isentrope Expansion, 6 nach 1 isobare Wärmeaufnahme bei konstantem Radius. Der Vorteil des AZL-P gegenüber dem Perkin/Evans-Prozess [10] ist, dass die Exergieverluste in den WTs geringer sind, da die Temperaturniveaus des Prozess besser zu den externen passt.

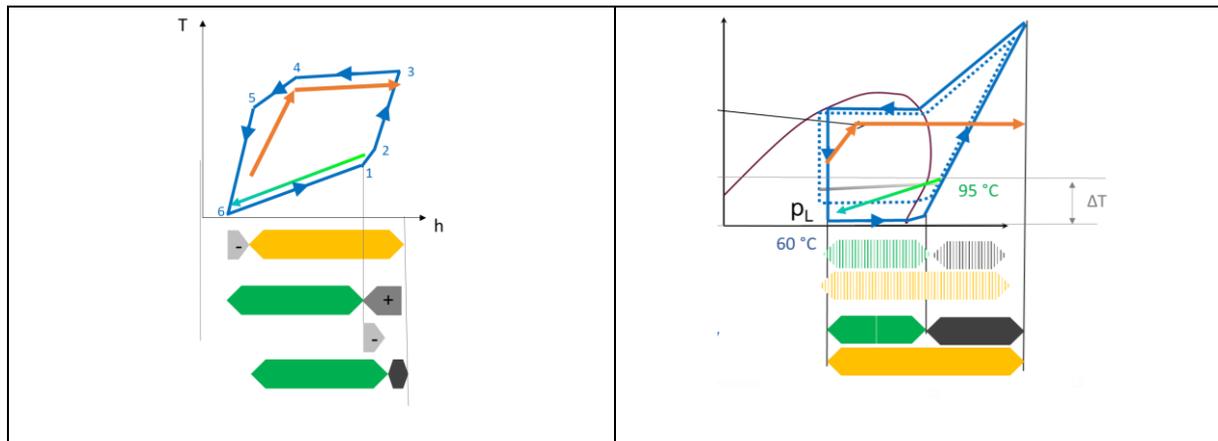


Abbildung 1: Vergleich des COPs zwischen dem AZL-Kreislauf (Links) und dem Perkin/Evans-Kreislauf [10] (rechts) für Wärmequelle mit hohen Temperaturspreizungen: Links: AZL-Cycle und rechts Perkin/Evans-Cycle im Temperatur/Enthalpie-Diagramm (in Blau der Prozess, Orange: Wärmesenke, Grün: Wärmequelle; Schwarz: elektr. Leistungsaufnahme); der COP ist das Verhältnis der orangen Länge zur schwarzen Länge (gilt für beide Zyklen)

## Referenzen

- [1] Gallichon, I., Dennery, P., Julien, E., Wiedmer, D., Martin, E., Toukong, B., Brochier, J. B. (2017): Fostering Renewable Energy integration in the industry, IEA RE TCP 2017
- [2] Philibert, C. (2017): Solar Paypack, 2017, based on IEA statistics and calculation by IRENA, [www.solarpaces.org/new-iea-report/](http://www.solarpaces.org/new-iea-report/)
- [3] Zotter, G., Rieberer, R. (2014): Steigerung der Energieeffizienz in Österreichs Industrie durch innerbetriebliche Abwärmenutzung mittels Wärmepumpensystemen anhand zweier Beispiele in Proc.: 13. Symposium Energieinnovation, 12.-14.2.2014, Graz/Austria
- [4] Wilk, V., Lauerer, M. and Helminger, F. (2019) "Decarbonization of industrial processes with heat pumps," in 25th IIR International Congress of Refrigeration, Montreal, 2019.
- [5] De Boer, R., Marina, A., Zühlsdorf, B., Arpagaus, C., Bantle, M., Wilk, V., Elmeaard, B., Corberan J. and Benson, J. (2020): "Strengthening Industrial Heat Pump Innovation, Decarbonizing Industrial heat," White Paper, 2020.
- [6] Adler, B., Riepl, S., & Ponweiser, K. (2011). Centrifugal Compression Turbo Heat Pump Made By ECOP. In 10th IEA Heat Pump Conference 2011 (pp. 1–11). <http://hdl.handle.net/20.500.12708/6639>
- [7] B. Adler and R. Mauthner, "Rotation Heat Pump (RHP)," in 12th IEA Heat Pump Conference, Rotterdam, 2017.
- [8] Zotter, G., Adler, B., Seidnitzer-Gallien, C., Längauer, A. (2023b): Usage of a special heat pump to supply the industry with district heat: rotational heat pump, 9th International Conference on Smart Energy Systems on 12-13 September 2023 in Copenhagen
- [9] Längauer, A., Adler, B., (2023) High temperature test results and application cases of Rotation Heat Pump, , in Proc. of the 14th IEA Heat Pump Conference, 15-18 May 2023, Chicago, Illinois
- [10] Perkins, J. (1834), "Apparatus and means for producing ice, and in cooling fluids. patent for it, assigned on August 14, 1834