

## Wissenswertes für Planungsingenieure der Gebäude- und Energietechnik: Kälteanlagen und Wärmepumpen unter Umwelt- und Effizienzgesichtspunkten

Kolloquium der Fakultät Angewandte Naturwissenschaften, Energie- und Gebäudetechnik

Was haben Kälteanlagen und Wärmepumpen mit den aktuellen Fragen bei der Energiewende und beim Klimaschutz zu tun? Und was sollten Ingenieure der Energie- und Gebäudetechnik bei ihren Planungen in diesem Zusammenhang beachten? – Darauf gab der Vortrag vom 8. Dezember 2021 eine Antwort, der beim digital abgehaltenen Kolloquium der Fakultät Angewandte Wissenschaften, Energie- und Gebäudetechnik (AN) der Hochschule Esslingen gehalten wurde. Unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Thomas Rohrbach waren 150 Teilnehmer dabei, als M.Sc. Ben Petzoldt vom Unternehmen Carrier Klimatechnik GmbH über das Thema „**Aktuelle Planungsthemen zu Kälteanlagen und Wärmepumpen**“ referierte.

Der Vortragende machte deutlich, dass die Wärme- und Kälteversorgung bei der Planung von Gebäuden künftig einen wachsenden Stellenwert einnehme: So sollen elektrische Wärmepumpen, mit grünem Strom betrieben, eine zentrale Rolle bei der künftigen Gebäudewärmeversorgung spielen. Es sei dabei wichtig, dass die Kältemittel in den Maschinenkreisläufen mit den Anforderungen der F-Gase-Verordnung kompatibel seien, mit der der Umweltschutz weiter verbessert und den Vorgaben der Europäischen Union (EU) gerecht werden solle. Dabei gehe es um den Erhalt des Ozonschildes in höheren Luftschichten, ebenso wie um die Auswirkungen von Kältemitteln auf die Klimaerwärmung. Abhängig von den verschiedenen Aufgabenstellungen von Kälteanlagen und Wärmepumpen, müssten die zu wählenden Kältemittel thermodynamisch passgenau mit den jeweils eingesetzten Verdichtern – Scrollverdichtern, Schraubenverdichtern, Schraubenverdichtern mit Frequenzumrichtern, Kolbenverdichtern und Turboverdichtern – zusammenwirken.

### Natürliche Kältemittel ohne Chlor und Fluor

Jüngst habe die EU ein Energie- und Klimapaket formuliert, dessen Zielsetzungen auf das Jahr 2030 bezogen seien. Dabei würden eine Verbesserung der Energieeffizienz um 27 Prozent, die Verminderung von Treibhausgasemissionen um 40 Prozent und ein Anteil erneuerbarer Energien von 27 Prozent angestrebt. Dies wirke sich in erheblichem Umfang auf die Industrie aus. Ein wesentlicher Baustein hierzu sei die F-Gase-Verordnung, die seit 2015 in Kraft sei und in der begrenzende Fristen für den Einsatz fluorierter Kohlenwasserstoffe genannt würden. Dies betreffe Verbote bestimmter Kältemittel bei neuen Anlagen, wie auch den schrittweisen Ersatz von eingesetzten Kältemitteln bei der Wartung und Instandhaltung.

Die Verbote beträfen vor allem die kommerzielle Kältetechnik, soweit die Kältemittel ein globales Treibhauspotenzial (GWP) von 2500 aufwiesen. (Zum Vergleich: Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) hat ein GWP von eins.) Seit 2020 hätten die meisten Kältemittel in neuen kommerziellen Anlagen ein GWP von weniger als 150 aufzuweisen; dies gelte ab 2025 auch für neue Raumluftklimaanlagen mit einer Kälteleistung von weniger als drei kW, während andere Anlagen nicht betroffen seien, weil sie bereits Kältemittel mit einem GWP von weniger als 2500 aufwiesen. Das in Supermärkten verwendete Kältemittel HFKW 404A habe ein GWP von 3922, während R410A und R134a, die verbreitet in der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik verwendet würden, ein GWP von 2088 bzw. 1430 hätten. Das neue HFO-Kältemittel R1234ze habe dagegen ein GWP von kleiner als eins.

Natürliche Kältemittel (KM und HFO) seien langfristig die richtigen Kältemittel; hierzu gehörten z. B. CO<sub>2</sub> (R744), das klassische Kältemittel Ammoniak (NH<sub>3</sub>: R717), Propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>: R290) und Wasser (H<sub>2</sub>O: R718). Allerdings lägen dabei die Systemkosten bzw. Investitionskosten heute noch erheblich über

denen von Anlagen mit konventionellen Kältemitteln; auch seien Fragen der Brennbarkeit und der Auswirkungen auf die Gesundheit zu beachten. Die Umstellung und der wirtschaftliche Wettbewerb müssten im Einklang stehen; auf dem Weg zur langfristigen Lösung gebe es einige Alternativen in der Übergangszeit. Lösungen seien etwa die Kältemittel R32, R454a, R1234ze, R1234yf, R513a, R515b, R1233zd und R1234yf.

### **Hochtemperatur-Wärmepumpen für die Industrie**

Neben den mengenmäßig besonders stark verbreiteten Anlagen mit einem Kompressions-Kaltdampfprozess seien Absorptionskältemaschinen und -wärmepumpen eine weitere technische Möglichkeit. Ein interessanter Markt seien Prozesswärmeanwendungen in der Industrie im Temperaturbereich von 70 bis etwa 110 °C, bei denen sich so genannte Hochtemperatur-Kompressions- und -Absorptionswärmepumpen als effiziente technische Lösungen erweisen könnten. Diese könnten z. B. industrielle Abwärme auf niedrigerem Temperaturniveau nutzen und auf ein für die Prozesswärmeanwendung nötiges höheres Temperaturniveau bringen. Allerdings sei stets im Einzelfall zu prüfen, ob sich für solche Anwendungen geeignete wirtschaftliche Bedingungen finden könnten.

### **Schallschutz bei Kälte- und Wärmepumpenanlagen**

Ein weiteres Thema für den Planungsingenieur sei der Schallschutz bei Kälte- und Wärmepumpenanlagen. Die Herausforderung sei, die vorgegebenen Schalldruckpegel für Maschinen und damit Kälteanlagen einzuhalten. Aus der Schalleistung sei der Schalleistungspegel zu ermitteln. Dieser Begriff bezeichne die gesamte durch eine Schallquelle in alle Richtungen ausgesandte Luftdruckänderung. Da die abgestrahlte Schalleistung nicht messtechnisch erfasst werden könne, werde dieser Wert aus Schalldruckmessungen in einem definierten Abstand zur Schallquelle rechnerisch ermittelt. Der Schalldruckpegel (bzw. Schalldruck) bezeichne den messtechnisch erfassbaren Pegel, der durch eine Schallquelle in einem bestimmten Abstand verursacht werde.

Als Faustformel gelte, dass sich bei zwei gleichen Schallquellen der Schalldruckpegel um drei dB(A) erhöhe. Damit das durchschnittliche menschliche Gehör ein Geräusch als doppelt so laut empfinde, müsse die Schallabstrahlung um zehn dB stärker sein. Bei punktförmigen Schallquellen nehme der Schalldruckpegel um sechs dB pro Abstandsverdopplung ab.

Ab 30 kW Kälteleistung sei eine kostengünstige Reduzierung z. B. durch Schallkulissen im Lüftungskanal für beliebige Schalldruckpegel möglich. Bei größeren Anlagen sei eine Schallschutzwand, bei kleineren Anlagen auch eine Schalleinhausung möglich.

### **Effizienzorientierte Betriebsweise wichtig**

Weiter ging M.Sc. Ben Petzoldt auf Fragen von Effizienzdefinitionen ein, wobei er z. B. das Saisonale Effizienzverhältnis (SEER: Seasonal Energy Efficiency Ratio) und das saisonale energetische Leistungsverhältnis (SEPR: Seasonal Energy Performance Ratio) ansprach. Solche Werte seien wichtig bei Klimaanwendungen, da dort der Schwerpunkt auf der Effizienz bei niedrigen Lasten liege. Demgegenüber liege der Schwerpunkt bei industriellen Prozessanwendungen mit Ganzjahresbedarf auf einer hohen Effizienz bei 80 bis 100 Prozent Last.

Effizienzsteigernd seien auch Kaltwasserkreisläufe, die von der üblichen Auslegung auf Vorlauf- und Rücklauftemperaturen von 6/12°C nach oben abwichen: Z. B. habe die Paarung 8/14 °C eine Effizienzverbesserung von 4,1 Prozent zur Folge. Schließlich erwähnte M.Sc. Ben Petzoldt auch die

positiven Auswirkungen von Pufferspeichern in Kälte- und Wärmepumpenanlagen: Damit ließen sich die Anlagen-Laufzeiten verlängern, die Bedarfsanpassung und Regelgenauigkeit erhöhen sowie die Vorteile einer hydraulischen Weiche nutzen. Künftig gehe es auch um Langzeitspeicher zur Minimierung von Spitzenlasten und zur Speicherung von Überkapazitäten bei der Grünstromerzeugung.

Esslingen, 20. Dezember 2021

Verantwortlich für den Text: Prof. Dr. –Ing. Werner Braun  
Fakultät Angewandte Naturwissenschaften, Energie- und Gebäudetechnik