

Vorwort

Seit Mitte des neunzehnten Jahrhunderts wurden industrielle Kältemaschinen immer populärer. Vor der Entstehung der chemischen Industrie waren natürliche Kältemittel wie Ammoniak, Kohlendioxid, Ethylether, Schwefeldioxid oder Wasser die einzig verfügbaren Kältemittel. Für Haushaltskühlschränke fehlte allerdings ein ungiftiges, nicht brennbares und bei annehmbaren Drücken arbeitendes Sicherheitskältemittel. Dieses wurde in den 1930er-Jahren durch die Erfindung der Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW) weltweit verfügbar. Bis auf wenige industrielle Anwendungen, die weiterhin Ammoniak als Kältemittel verwendeten, und Kälteanlagen in der Petrochemie, welche weiterhin mit Kohlenwasserstoffen betrieben wurden, schwenkte die gesamte Kältebranche auf FCKW und teilhalogenierte Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (HFCKW) um. Anfang der 1970er-Jahre zeigte sich, dass die FCKW das Ozon in der Stratosphäre abbauen. Dadurch war der natürliche UV-Schutz der Erde gefährdet. Als Reaktion hierauf folgte 1987 das Montreal Protokoll, welches weltweit die Verwendung von FCKW und HFCKW verbietet.

Als Ersatzstoffe für die FCKW bot die chemische Industrie in relativ kurzer Zeit die HFKW bzw. HFCKW an. Doch auch diese sind nicht ohne Einfluss auf die globale Umwelt – sie haben überwiegend sehr hohe Treibhauspotenziale, viele tausendmal mehr als CO₂. Bereits bei der Einführung der HFKW regte sich Widerstand gegen diese synthetischen „Ersatzkältemittel“. Mithilfe der EU F-Gas-Verordnung soll die Verwendung von HFKW eingeschränkt werden. Durch den Kigali-Zusatz zum Montreal-Protokoll wird der HFKW-Ausstieg seit 2016 weltweit geregelt.

Als Alternative zu den HFKW brachte die chemische Industrie seit den 2000er-Jahren sogenannte HFO (Hydrofluorolefine) auf den Markt. Diese haben eine Doppelbindung zwischen zwei Kohlenstoffatomen und sind deshalb recht instabil. In der Atmosphäre zerfallen sie innerhalb weniger Tage. Auch mit dem Sauerstoff aus der Luft gehen sie bei den richtigen Temperaturen exotherme Reaktionen ein, d. h., die meisten HFO sind brennbar. Die meisten HFO bilden in der Atmosphäre Trifluoressigsäure (TFA – Trifluoroacetic acid), das mittels Wasser aus der Atmosphäre ausgewaschen wird, sei es durch Regen, Nebel, Tau oder Schnee. Ist TFA erst einmal im Oberflächenwasser angekommen, verbleibt es über Jahrtausende im Wasser. TFA gelangt somit auch im Lauf der Zeit in das Grundwasser und gefährdet unser aller Süßwasserreservoirs.

Wie es bereits der 1995 verstorbene norwegische Kältetechnik-Professor Gustav Lorentzen 1993 auf einem IIR-Arbeitstreffen in Gent formulierte: *„In der gegenwärtigen Situation, in der die FCKW und in einer etwas längeren Perspektive die HFCKW durch ein internationales Abkommen verboten werden, scheint es nicht sehr logisch, sie durch eine andere Familie verwandter Halogenkohlenwasserstoffe zu ersetzen, die HFKW, die der Natur ebenso fremd sind.“*

Genauso wenig sinnvoll ist es heute, die in vielen Ländern im Abwärtstrend befindlichen HFKW durch ungesättigte HFKW (HFO) zu substituieren. Die umweltfreundlichen Alternativen sind seit über 100 Jahren bekannt. Diese sind in alphabetischer Reihenfolge:

- Ammoniak,
- Kohlendioxid,
- Kohlenwasserstoffe,

- Luft oder evtl. N₂O (Distickstoffmonoxid, Lachgas) gemischt mit Kohlendioxid für Niedertemperaturanwendungen (< -50 °C) und
- Wasser.

Sie alle kommen seit Millionen von Jahren in der Natur vor. Daher entstehen durch ihre Emissionen keine unbekanntes Veränderungen in der Natur, wie z. B. seinerzeit der Abbau der Ozonschicht durch die FCKW. Es dauerte über 40 Jahre von der Erfindung der FCKW bis zur Entdeckung des Ozonabbaus durch diese synthetisch erzeugten Stoffe und weitere 20 Jahre, bevor entsprechende Maßnahmen zur Verringerung von FCKW-Emissionen ergriffen wurden. Heute, im Jahr 2024, ist die Ozonschicht aufgrund der im Montreal-Protokoll festgelegten Maßnahmen auf dem Weg, sich zu regenerieren, und es wird erwartet, dass sie bis zum Jahr 2050 wieder so ist, wie vor der massiven Emission von FCKW und HFCKW.

Jedes der natürlichen Kältemittel hat seine bevorzugte Anwendung. Dementsprechend werden sie in eigenen Kapiteln behandelt, für die jeweils Expertinnen und Experten gewonnen werden konnten. Dass die Kapitel dadurch nicht komplett einheitlich sind, haben wir gerne in Kauf genommen.

Dieses Buch ist Herrn Professor Dr.-Ing. Johannes Reichelt gewidmet, der sich seit den 1990er-Jahren sehr für den Einsatz von natürlichen Kältemitteln engagiert. Die Herausgeber und Autoren spenden ihre Honorare der von Johannes Reichelt 2001 gegründeten Valerius-Füner-Stiftung, die nach dem ersten Professor benannt ist, der 1948 die Kältetechnik an der Hochschule Karlsruhe eingeführt hat. Die Valerius-Füner-Stiftung unterstützt die Studierenden der Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnik an der Hochschule Karlsruhe.

Ein besonderer Dank geht an Andy Pearson und Daniel Colbourne aus Großbritannien, die die englische Ausgabe unseres Buchs bereichert haben. Die entsprechenden Ergänzungen wurden in diese zweite Auflage der deutschen Version übernommen. Herausgeber, Autoren und Verlag bedanken sich herzlich bei Prof. Dr.-Ing. Stephan Lehr von der Berufsakademie Sachsen und Jiyun Akyol von der Hochschule Karlsruhe für ihr gründliches Gegenlesen des gesamten Manuskripts. Ganz besonders bedanken sich die Autoren und Herausgeber bei Bernd Hansemann vom VDE Verlag, der durch seinen unermüdlichen und stets positiven Einsatz alle Auflagen und Ausgaben dieses Buchs erst ermöglicht hat. Ebenfalls geht unser Dank natürlich an unsere Leser, die durch den Erwerb des Buchs unsere Studierenden unterstützen.

Karlsruhe

Ludwigsburg

Assamstadt

Michael Kauffeld

Michael Eckert

Volker Siegismund