

Die Entwicklung der Kältemittel

Als der VDKF 1962 gegründet wurde, waren R12, R22 und R717 die dominierenden Kältemittel in Deutschland. Die maschinelle Kälteerzeugung war zu der Zeit rund 100 Jahre alt. Die Geschichte der Kältetechnik zeigt, dass die Wahl des Kältemittels die Entwicklung oft maßgeblich gefördert oder auch gehemmt hat. Dieser Beitrag soll den Kältemitteln gewidmet sein: Rückblick* auf die Entwicklung vom Anfang bis heute und insbesondere mit Schwerpunkt Deutschland.

* kein Anspruch auf Vollständigkeit

Definition, Anforderungen... Kältemittel

Als Kältemittel werden Arbeitsstoffe bezeichnet, die in Kältemaschinen den Wärmetransport übernehmen und in der Regel einen geschlossenen Kreisprozess durchlaufen (Englisch: Refrigerant, Französisch: Fluide frigorigènes, Italienisch: Fluido frigorigeno, Spanisch: Fluido frigorifico, Schwedisch: Kuldemedium).

Die Brauchbarkeit eines Fluids als Kältemittel hängt von seinen physikalischen, thermodynamischen, chemischen, physiologischen, wirtschaftlichen und ökologischen Eigenschaften ab. Die Anforderungen an ein ideales Kältemittel sind kaum bei einem Fluid zugleich anzutreffen, so dass immer Kompromisse eingegangen werden müssen und für die jeweilige Anwendung das geeignete Fluid ausgewählt und eingesetzt wird.

Grundsätzlich kann jeder Stoff als Kältemittel verwendet werden, der bei technisch erreichbaren Drücken verflüssigt und bei den gewünschten tiefen Temperaturen verdampft werden kann. Voraussetzung ist lediglich, dass bei den Stoffen die kritische Temperatur und der kritische Druck ausreichend weit oberhalb und die Erstarrungstemperatur unterhalb der üblichen Betriebsbedingungen liegen. Ausnahmen sind überkritische Anwendungen wie z. B. beim Einsatz von R744.

Tatsächlich konnten sich aber nur wenige Stoffe als Kältemittel in der Praxis behaupten. Dies lag an den vielfältigen Anforderungen, die z.B. an die physikalischen und chemischen Eigenschaften zu stellen sind und die durch die Konstruktion und Arbeitsweise der Kältemaschinen bestimmt werden.

Eine entscheidende Rolle spielen ferner die physiologischen Eigenschaften der Kältemittel und ihrer Spaltprodukte in ihrer Wirkung auf Mensch und Tier sowie ihr Einfluss auf das Kühlgut. Heute wird dem Verhalten der Kältemittel in der Umwelt große Bedeutung beigemessen.

Alle Bedingungen zusammen ergeben Einschränkungen, die nur noch von wenigen Stoffen erfüllt werden können [Plank, 1956, S. 4]:

„Ein ideales Kältemittel, das alle erwähnten Forderungen erfüllt, ist bisher nicht gefunden worden und wird wahrscheinlich auch in Zukunft nicht zu finden sein. Man wird sich daher von Fall zu Fall damit begnügen müssen, die jeweils wichtigsten Anforderungen erfüllt zu sehen und sich mit den nicht erfüllbaren, so gut es geht, abzufinden. So wird z. B. im Großkältemaschinenbau Ammoniak (R717) im größten Umfang verwendet, obwohl es ein giftiges Kältemittel ist und sowohl Kupfer als auch Kupferlegierungen chemisch stark angreift. Seine thermischen Eigenschaften sind aber ausgezeichnet. Man sieht daher beim Bau von Ammoniakanlagen von der Verwendung von Kupfer gänzlich ab und vermeidet Ammoniak grundsätzlich bei Klimaanlageanlagen in Wohn- und Aufenthaltsräumen. Auch in Haushaltskühlschränken benutzt man es nicht, weil bei solchen Kleinanlagen die umlaufende Kältemittelmenge bei Ammoniak infolge seiner hohen Verdampfungswärme so klein wird, dass die Regelung der Kälteleistung Schwierigkeiten bereitet.“

Im Anhang befindet sich eine Übersicht zur Einteilung der Kältemittel sowie Erläuterungen zu den verwendeten Begriffen.

Vor 1930

Die Geschichte der Kältetechnik hat gezeigt, dass die Wahl des Kältemittels die Entwicklung oft maßgeblich gefördert oder auch gehemmt hat. In den Anfängen der maschinellen Kälteerzeugung vor 1875 hatten die Kaltluft- und Absorptionsmaschinen eine Vorzugsstellung gegenüber den Verdichter-Dampfkältemaschinen, da bei diesen der feuergefährliche Arbeitsstoff Diethylether ($C_2H_5)_2O$ verwendet wurde, der von den Anwendern mit Recht abgelehnt wurde. Auch der vorgeschlagene Methylether konnte den Verdichter-Kältemaschinen noch nicht zum Durchbruch verhelfen.

Erst als durch LINDE 1876-77 das Kältemittel R717 verwendet wurde, begann der Siegeszug der Verdichter-Dampfkältemaschinen durch die ganze Welt. Dieses Kältemittel hat sich seit den Anfängen der Kältetechnik behaupten können und besitzt in der Industriekälte bis heute eine Vorrangstellung. Neben R717 bürgerten sich bis in die 20er Jahre des letzten Jahrhunderts weitere Kältemittel ein, ohne die Vormachtstellung von R717 beeinträchtigen zu können. Es seien nur Schwefeldioxid (SO_2), Ethylchlorid (C_2H_5Cl), Kohlendioxid (CO_2) sowie speziell für Temperaturen bis -75 °C Distickstoffoxid (N_2O) und Ethan (C_2H_6) genannt. Vergleiche auch hierzu [Plank, 1938, S. 1-3, Plank, 1954, S.52-56 und Plank, 1956, Vorwort]

Jahr	Name	Stoffname	Andere Namen	Chemische Formel	Nr.	Sicherheitsgruppe	Siedetemperatur °C	Anwendug
1834	Perkins	Diethylether	Ether, Ethylether	C ₄ H ₁₀ O	R610	"3"	35	Mech Kompr.
1856	Harrison							
1844	Gorrie	Luft			R729			Gaskälte
1859	Carré, F	Ammoniak		NH ₃	R717	B2L	-33	Absorption
1864	Tellier	Dimethylether	Methylether	C ₂ H ₆ O	E170	A3	-25	Mech Kompr.
1874	Linde							
1874	Pictet	Schwefeldioxid		SO ₂	R 764	B1	-10	Mech Kompr.
1876	Linde	Ammoniak		NH ₃	R717	B2L	-33	Mech Kompr.
1878	Vincent	Methylchlorid	Chlormethan Chlormethyl	CH ₃ CL	R40	B2	-24	Mech Kompr.
1881	Linde	Kohlendioxid		CO ₂	R744	A1	-78*	Mech Kompr.
1886	Windhausen							
1912	Linde	Distickstoffoxid	Distickstoffmonoxid	N ₂ O	R744A		-90	Mech Kompr.
1916	Linde	Ethan	Äthan	C ₂ H ₆	R170	A3	-86	Mech Kompr.
1920er		Dichlorethylen		C ₂ H ₂ CL ₂	R1130	B		Klima Turbo
		Ethylchlorid	Chlorethan	C ₂ H ₅ CL	R160	"3"	12,3	

Übersicht Kältemittel „Vor 1930“

Ab 1930 [Sheridan,1999]

Bei der intensiven Suche nach neuen, ungefährlichen Kältemitteln kam der Durchbruch Ende der 20er Jahre, als man u. a. organische Fluoride untersuchte und feststellte, dass die Stoffe Dichlordifluormethan (R12) und Trichlorfluormethan (R11) als Arbeitsstoffe für Kältemaschinen besonders geeignet waren. Ihre Herstellung sowie die von Dichlortetrafluorethan (R114), Trichlortrifluorethan (R113) und Chlordifluormethan (R22) wurde in den folgenden Jahren/Jahrzehnten aufgenommen. Diese Kältemittel der Fluorkohlenwasserstoffreihe haben damals eine neue Ära in der Kältetechnik eingeleitet. Sie sind bekanntlich nicht entflammbar, bilden keine explosiven Gemische mit Luft, sind ungiftig, reiz- und geruchlos und dadurch paniksicher, haben keinen schädlichen Einfluss auf Lebensmittel und weisen neben guter chemischer Stabilität auch gute thermodynamische Eigenschaften auf.

Ihre Einführung ermöglichte es, vollkommen ungefährliche Kälteanlagen zu bauen. Damit war der Kältetechnik der Weg frei gemacht, ihre Anwendung erheblich auszuweiten und immer stärker in Haushalt, Lebensmittelherstellung, Medizin, Gewerbe, Bergbau, Transportwesen und Industrie mit Kühl- und Klimaanlage vorzudringen.

1928 Thomas Midgley und Albert Henne entdecken die **Möglichkeiten** der fluorierten Kohlenwasserstoffe

1930 R11 R12 Herstellung begann

1932 R113 R114 Herstellung begann

1935 R22 (Durchbruch 1938, Entdeckung Teflon, R22 ist das Vorprodukt),
R22 in Europa erst ab den 50er Jahren

1957~ Kennzeichnungssystem Zifferncode „R..“ wurde von ASHRAE offiziell übernommen

Europa/Deutschland:

1950er R12 Durchbruch in Europa für Kühlschränke anstatt R764 und R40

1950+60er R500, R502, R13, R13B1, R503

1963 R11, R12, R113, R22 Produktion in Dordrecht/Holland startet

Die am weitesten verbreiteten Kältemittel waren R12 und R22. Neben diesen reinen Fluorkohlenwasserstoffen kamen azeotrope Gemische zum Einsatz: R500 (73,8 % R12/ 26,2% R152) wurde seit Anfang der fünfziger Jahre, R502 (48,8 % R22/ 51,2 % R115) seit Ende der sechziger Jahre eingesetzt.

US-amerikanische Anlagenbauer kamen nach Europa, um den Markt zu erschließen. Manche amerikanischen Anlagen/Geräte bekamen wegen der unterschiedlichen Netzfrequenz (50 statt 60 Hz) jedoch Probleme mit den Verdichtern, die Kälteleistung war entsprechend geringer. Das daraufhin entwickelte R500, ein Azeotrop, beseitigte das Problem. R502 als Ersatz für R22 in der gewerblichen Tiefkühlung für Lebensmittelkonservierung und -transport wurde eingeführt, u.a. um die hohen Verdichtungsendtemperaturen von R22 zu vermeiden.

In der folgenden Tabelle die Kältemittel, die bis zu den 80er Jahren entwickelt wurden, aufsteigend nach der kritischen Temperatur.

Kältemittel Symbol	Siede- temp. °C	Krit. Temp. °C	Krit. Druck M Pa
R503	-87,8	18,42	4,2803
R23	-82,02	26,14	4,8320
R13	-81,40	28,85	3,8790
R13B1	-58,70	67,10	3,9700
R115	-39,25	79,95	3,1290
R502	-45,2	81,51	4,0168
R22	-40,81	96,15	4,9900
R500	-33,6	102,09	4,1683
R12	-29,75	111,97	4,1361
R717	-33,33	132,25	11,3330
R114	3,59	145,68	3,2570
R11	23,71	197,96	4,4076
R113	47,58	214,06	3,3922

Übersicht Kältemittel „1970-80er“ [Jakobs, 2021b]

Außer R717 wurden alle anderen Kältemittel durch Fluorkohlenwasserstoffe verdrängt.

Auf ganz anderen Anwendungsfeldern, z.B. der Textilreinigung, traten die FCKW ebenfalls in Aktion. In Deutschland baute man neue Generationen von Textilreinigungsmaschinen mit R113. Damit bot sich die Möglichkeit, Reinigungsbetriebe in Geschäftszentren einzurichten, die mit den gebräuchlichen Lösemitteln Perchlorethylen und Schwebbenzin nicht zugänglich waren.

In einem weiteren Sektor hielten leistungsfähige, mit FCKW-Treibmitteln aufgeschäumte Isolierschäume verbreitet Einzug in das Bauwesen.

Ab 1970 [Sheridan,1999]

Der Concorde-Faktor Anfang der siebziger Jahre: Während sich die Nachfrage nach FCKW und HFCKW Produkten in allen bedeutenden Märkten Anfang der siebziger Jahre weiterhin verstärkte, fanden auf anderen Gebieten Entwicklungen statt, die diese Produkte bald in einer völlig unerwarteten Weise ins Scheinwerferlicht der öffentlichen Aufmerksamkeit rücken sollten. In jenen Jahren stand die Concorde vor der Aufnahme des Flugbetriebs, und man sprach über eine neue Generation von Überschallpassagierflugzeugen.

Dadurch wurde eine lebhafte Diskussion über die möglicherweise schädlichen Wirkungen anthropogener (vom Menschen bewirkter) Emissionen auf die obere Atmosphäre ausgelöst.

Ungefähr zur gleichen Zeit beschäftigte sich Professor James Lovelock in England mit der Erforschung der Luftströmungen in der oberen Atmosphäre. Dazu verwendete er Fluorkohlenstoffverbindungen. Dank deren Stabilität konnte Lovelock die globalen Luftbewegungen verfolgen. Er entwickelte auch eine Methode, minimale Konzentrationen der Fluorkohlenstoffverbindungen in der Atmosphäre zu bestimmen.

Dr. Ray McCarthy, damals Leiter des „FREON“ Laboratoriums von Du Pont, hatte Interesse an Lovelocks Arbeiten gewonnen. Als Ergebnis eines zufälligen Treffens mit diesem und mit Lester Machtha von der NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) im Jahre 1971 stellte er eine Übersicht aller Fluorkohlenstoffverbindungen zusammen, die seit den dreißiger Jahren produziert worden waren. Als Chemiker war er fasziniert von der Tatsache, dass bisher keine natürliche „Senke“ für diese Gase bekannt war. Professor Lovelocks Beobachtungen ließen den Schluss zu, dass sich im Wesentlichen alle je hergestellten Fluorkohlenstoffverbindungen in der Atmosphäre akkumulieren würden.

Auch andere Wissenschaftler begannen, ihre Aufmerksamkeit auf die möglichen Auswirkungen industrieller Abgase auf die stratosphärische Ozonschicht zu lenken. Im Jahre 1974 haben Mario Molina und Sherry Rowland (University of California) eine Hypothese aufgestellt, die dann später als das „FCKW-Ozon-Problem“ bekannt wurde. Aufgrund der „Konvention zum Schutz der Ozonschicht“, die im März 1985 in Wien vereinbart wurde und dem daraus folgenden „Montreal Protocol on substances that deplete the ozone layer“ im September 1987 war die Kälte- und Klimatechnik erstmals seit dem Bestehen dieser Industrie durch das Verbot der Herstellung und Nutzung von FCKW Kältemitteln mit schwerwiegenden Problemen konfrontiert. Die Bundesrepublik Deutschland war das erste Land, das mit seiner FCKW-Halon-Verbots-Verordnung bereits 1991 auch den Ausstieg aus dem besonders wichtigen Kältemittel R22 zum 1.1.2000 vorgesehen hatte, obwohl internationale Regelungen der UNEP mit dem Jahre 2020 und die Europäische Gemeinschaft mit dem Jahre 2015 wesentlich spätere Ausstiegstermine für HFCKW vorgesehen hatten. Der Ausstieg aus dem Kältemittel R22 war noch bis in das Jahr 2015 für die deutsche Kälte- und Klimatechnik ein wichtiges Arbeitsthema und funktionierende Anlagen mit R22 wird man auch noch viele Jahre danach in Deutschland antreffen.

Dieser Ausstieg aus der Nutzung eines Kältemittels wird von der Ankündigung bis zur letzten noch eingesetzten Anlage wohl fast 30 Jahre dauern.

Ab 1990 [Jakobs, 2021b]

Die Umstellung auf Kältemittel, die keinen Einfluss mehr auf die Ozonschicht haben (kein ODP), wurde umfassend in den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts in Deutschland durchgeführt.

R11	R134a
R12	R22
R13	R23
R112	R401A/B
R113	R409A/B
R114	R413A
R115	R404A
...	R407A/B/C
R500	R410A
R501	R508A/B
R502	
R503	R290
R504	R600a
R505	R717
R506	R1270

Übersicht Kältemittel ab 1992 – 2000

Die Umstellung auf ODP-freie Stoffe wurde u.a. mit R134a und vielfach mit den neuen Gemischen der „400er Reihe“ erreicht. Das Interesse, Stoffeigenschaften durch Mischungen zu verbessern, war bereits seit den 70er Jahren ein Anliegen der Forschung, insbesondere auch für den Einsatz bei Wärmepumpen.

Nach dem „FCKW-Ozon-Problem“ wurde die Reduzierung der Treibhausgasemissionen mit der Verabschiedung des Kyoto-Protokolls im Jahre 1997 und die daraus folgenden EU-Ziele und Verordnungen die nächste große Herausforderung für die Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnik. Hierbei spielen neben den direkten Emissionen von klimawirksamen Stoffen die indirekten Emissionen durch den Energieaufwand beim Betreiben der Anlagen eine große Rolle. Die Möglichkeiten, durch den Einsatz von z. B. Wärmepumpen oder durch Abwärmenutzung von Kälteanlagen die direkten Emissionen bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen drastisch zu reduzieren, stellen eine große Herausforderung dar, die unsere Branche angenommen hat.

1987: Unterzeichnung des Montreal-Protokolls: Verbot der Herstellung und Nutzung von Stoffen mit ODP

1991: Halonverbotsverordnung in Deutschland

1997: Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls (Ziel: globale Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 5,2% im Zeitraum 2008-2012, freiwillige Beschränkungen); Diverse EU-Verordnungen stehen an.

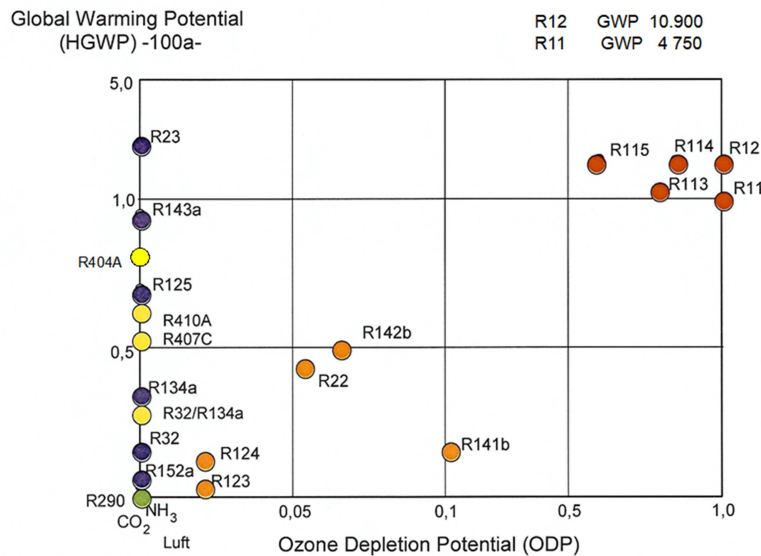
2006: EU 842/2006 F-Gas-V EU 2006 /40 Richtlinie

2008: Chemikalien-Klimaschutzverordnung

2014: EU 517/2014 F-Gas-V

2017: Chemikalien-Klimaschutzverordnung

Ozone Depletion Potential (ODP) und Global Warming Potential (GWP)



Vergleich von Kältemitteln in Bezug auf GWP und ODP (Formate der Achsen beachten)

Die obige Darstellung gibt einen Überblick über die durch das Montreal-Protokoll verbotenen Stoffe mit ODP größer Null und die damaligen Ersatzstoffe mit deren HGWP Werten. Die Formate der Achsen wurden gewählt, um alle betroffenen Stoffe in einer Darstellung zeigen zu können. Man beachte die HGWP Werte von R22 und von dem Ersatzstoff R404A und den gleichzeitig sehr geringen ODP Wert von R22.

 R11 R12 R13 R112 R113 R114 R115 ... R500 R501 R502 R503 R504 R505 R506 	R134a R22 R23 R401A/B R409A/B R413A R404A R407A/B/C R410A R508A/B R290 R600a R717 R1270	R134a R23 R236fa R227ea R413A R404A R407A/B/C R410A R422D R507A R508A/B R170 R290 R600a R717 „R723“ R1270	R134a R23 R236fa R227ea R413A R404A R407A/C/F R410A R417B R422D R427A R438A R507A R508A/B R170 R290 R600a R717 R744 „R723“ R1270 HFO 1234yf
---	--	---	--

Übersicht Kältemittel ab 1992 ab 2000 ~2006 ~2012

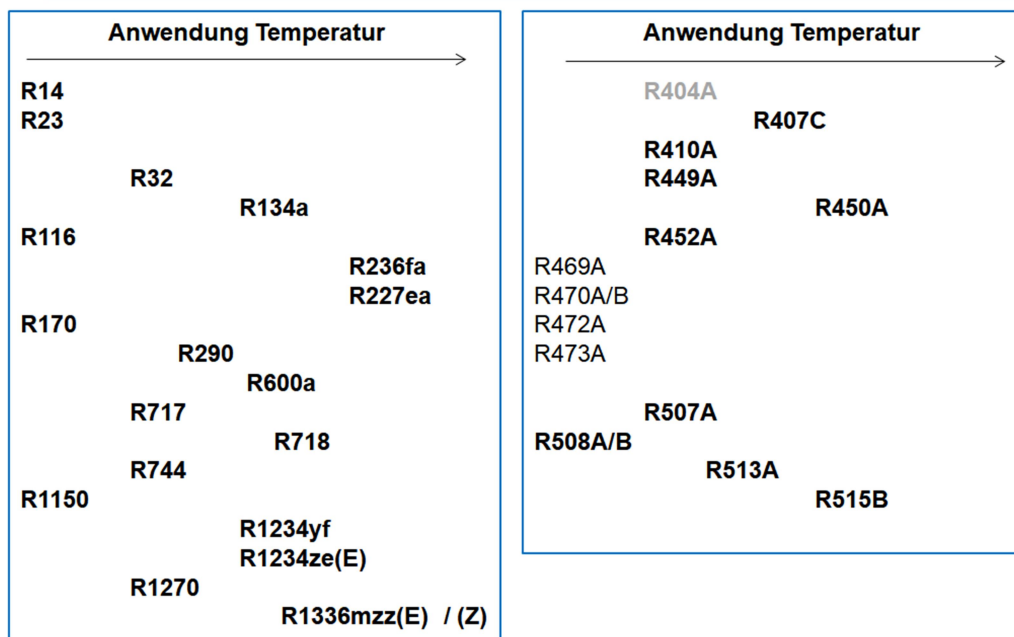
In der weiteren Entwicklung von Kältemitteln mit dem Ziel, niedrige GWP Werte zu erreichen, wurden neben den Gemischen die Kohlenwasserstoffe KW wie z.B. R290 und die Stoffe aus der 11+12+1300er Reihe wie z.B. R1150, R1234yf, R1270 und deren Gemische eingesetzt.

Bereits seit den 90er Jahren wurde bei den Kühl- und Gefriergeräten für den Haushalt das Kältemittel R600a als Ersatz für R134a eingesetzt. Dies war in der Kältetechnik der Wiederbeginn mit brennbaren Kältemitteln zu arbeiten.

Stand 2021 [Jakobs, 2021a,b]

Die Webseite von ASHRAE [ASHRAE 2021] ist wohl die gute Übersicht über alle Fluide, die als Kältemittel in Frage kommen. Derzeit findet man dort u.a.:

Zeotrope Nr. 400-473A	116 insgesamt	94 aktuelle (kein ODP)	davon 35 mit einem/zwei HFO Komponenten
Azeotrope Nr. 500-516A	20 insgesamt	12 aktuelle (kein ODP)	davon 6 mit einem/zwei HFO Komponenten
11+12+1300er Reihe	10 insgesamt	7 HFO	



Übersicht ausgewählter Kältemittel 2021

In der Übersicht ist eine **Auswahl** der derzeit im Markt genutzten/möglichen Kältemittel und Kältemittelgemische aufgeführt. In der linken Tabelle findet man die reinen Stoffe, in der rechten die Gemische. In den Tabellen sind die Fluide nach ihren Anwendungen → Siedetemperatur geordnet.

Beispiele: R14: -128 °C R23: -82 °C R236fa: -1 °C R404A: -46 °C R515B: -19 °C

Schlussfolgerungen

Der Rückblick auf rund 160 Jahre Kältemittelentwicklung zeigt ein „Auf und Ab“. Von brennbaren, toxischen, gefährlichen zu Stoffen, die nicht entflammbar sind, keine explosiven Gemische mit Luft bilden, ungiftig, reiz- und geruchlos sind und damit erst den Durchbruch der Kältetechnik in alle Lebensbereiche ermöglichten.

50 Jahre später dann die Erkenntnis, dass diese Stoffe die Ozonschicht zerstören. Weitere 20 Jahre später die Erkenntnis, dass die Erderwärmung durch diese und neu gefundene Stoffe beeinflusst wird. Hieraus entstand die Notwendigkeit, sich wieder mit allen Stoffen, ob brennbar oder toxisch, auseinanderzusetzen. Die notwendigen technischen Umsetzungen sind vorhanden. Gleichzeitig müssen der Energiebedarf der Kälte und die damit verbundenen CO₂-Emissionen reduziert werden, hierbei spielt die Kältemittelauswahl wieder eine entscheidende Rolle. Das TEWI-Konzept oder die noch weiterreichende Eco-Effizienz-Analyse sind hilfreiche Werkzeuge für die Auswahl.

Eine Erkenntnis ist weiterhin zu beachten: Alle Stoffe, die als Kältemittel eingesetzt oder vorgesehen sind, (Ausnahme Wasser und Luft) haben in irgendeiner Form bekannte oder noch nicht bekannte Eigenschaften, die sich auf unsere Umwelt auswirken können.

Die Kältemittel haben bei der Diskussion um die aktuellen und zukünftigen Aufgaben der Kälte-, Klima- und Wärmepumpentechnologien weiterhin eine besondere Bedeutung. Das FCKW-Ozon-Problem ist seit 2000 in Deutschland durch das Verbot für R22 in Neuanlagen abgeschlossen.

Die aus dem Kyoto-Protokoll abgeleiteten „EU F-Gase-Verordnungen“ von 2006 und 2014 und die damit verbundenen deutschen Verordnungen haben vielfältige Aufgaben für die Kälte in unserem Land gebracht. Rückblickend kann man sicherlich sagen, dass diese erfolgreich gemeistert wurden, auch wenn bereits manche Diskussion leider nicht mehr faktenorientiert geführt wird. Die CO_{2äquiv.} Reduktionen gemäß der geltenden F-Gas-V ist bisher in Europa planmäßig umgesetzt worden. Es besteht keine Notwendigkeit die Verordnung zu verschärfen.

Betrachtet man die heutigen zur Verfügung stehenden Kältemittel bzw. Kältemittelgemische, stellt man fest, dass wir im Vergleich zu den Möglichkeiten in den früheren Jahrzehnten eine sehr zufriedenstellende Vielfalt haben. Dies ist darauf zurückzuführen, dass heute fast alle Kältemittelgruppen genutzt werden können und

man mit den Gemischen Eigenschaften sinnvoll anpassen kann. Für die jeweilige Anwendung sollte unter Berücksichtigung aller Anforderungen eine fundierte Auswahl des Kältemittels möglich sein.

Einteilung der Kältemittel und verwendete Begriffe

Man unterscheidet bei den Kältemitteln nach ihrer Herkunft:

Organische Chemie	Kohlenstoffchemie (Alkane, Alkene) Beispiele: Methan, Ethan, Propan, Butan, Pentan, ... und deren Abkömmlinge
Anorganische Chemie	Kohlenstofffreie Verbindungen (mit einigen Ausnahmen wie z.B. CO ₂) Beispiele: H ₂ , N ₂ , O ₂ , NH ₃ , SO ₂ , H ₂ O, ...

Die heute verwendete Nomenklatur findet man in der DIN EN 378-1 und im ASHRAE Standard 34 Namenszusätze/Ausnahmen:

- "a" = unsymmetrisch (ohne "a" = Symmetrisch) bei reinen Kältemittel
- A,B,C = Varianten bei Gemischen mit leicht veränderter Zusammensetzung

0-50er	Reihe	Methan	Halogenierte Kohlenwasserstoffe	(z.B. R12, R22, R50)
100er	Reihe	Ethan	Halogenierte Kohlenwasserstoffe	(z.B. R113, R115, R134a, R170)
200er	Reihe	Propan		(z.B. R218, R290)
300er	Reihe	Cyclische organische Verbindungen	(R C318)	(Abkömmlinge von Isobutan)
400er	Reihe	zeotrope Kältemittelgemische		(z.B. R404A, R407C,...)
500er	Reihe	azeotrope Kältemittelgemische		(z.B. R502, R507A,...)
600er	Reihe	Kohlenwasserstoffe		(z.B. R600, R600a,...)
700er	Reihe	Anorganische Stoffe		(z.B. R717, R744,...); (Zahl nach der 7 ist die Molmasse)
11+12+1300er	Reihe	Ungesättigte organische Verbindungen		(z.B. R1150, R1234yf, R1270)

Folgende Abkürzungen/Bezeichnungen werden verwendet:

Abkürzung	Bezeichnung	Beispiel
FCKW	Vollhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe	R11, R12
HFCKW	Teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe	R22
HFKW	Teilfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe	R134a
PFKW	Perfluorierte Kohlenwasserstoffe	R14, R116
KW	Kohlenwasserstoffe	R218, R290, R600a
HFO	Ungesättigte Fluorkohlenwasserstoffe	R1234yf, R1336mzz(Z)
Toxikologie	A,B	ASHRAE Standard 34
Brennbarkeit	1, 2L, 2, 3	ASHRAE Standard 34
ODP	Ozon Depletion Potential	
GWP	Global Warming Potential	
GWP	2500 hoch; 1500 niedrig; 750/150 sehr niedrig (allgemeine Erkenntnis)	
HGWP	Maß für den Treibhauseffekt bezogen auf R-11, dessen Wert mit 1,0 als Basis gesetzt ist.	

Literaturhinweise

[ASHRAE, 2021]	ASHRAE Refrigerant Designations, Stand 25.5.2021, https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines/ashrae-refrigerant-designations aufgerufen am 5.1.22
[Jakobs, 2021a]	Application of new HFO and Low GWP-Blends in Europe, Keynote 5, 2nd IIR International Conference on HFO Refrigerants and Blends, Osaka, 16-18.6.2021
[Jakobs, 2021b]	DKV-Kältemittelseminar, Darmstadt (intern), 2021
[Plank, 1938]	[Plank, 1938] Plank, Rudolf, Amerikanische Kältetechnik, 2. Bericht, Neue Kältemittel, S.1-21, VDI-Verlag GmbH, Berlin NW 7, 1938
[Plank, 1954]	Plank, Rudolf, Handbuch der Kältetechnik, Bd. 1, (Entwicklung der Kältemaschinen, S.42-69), (Die Brauereien, S. 133-136), Springer Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1954
[Plank, 1956]	Plank, Rudolf, Handbuch der Kältetechnik, Bd. 4, Die Kältemittel, Springer Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1956
[Sheridan, 1999]	Siebzig Jahre Sicherheit, Die Kälte und Klimatechnik 10-12/1999, 1-2/2000