

Thermophysikalische Eigenschaften und Korrosionsverhalten von Kälteträgern

Frank Hillerns, Hamburg

Seit etwa 1930 sind die guten kältetechnischen Eigenschaften fluorierter Chlorkohlenwasserstoffe (FCKW) bekannt, was in der Folgezeit zur weitgehenden Verdrängung der bis dato verwendeten Kältemittel führte. 1974 wurde erstmals über die negativen Auswirkungen der FCKW auf die Ozonschicht berichtet [1], zwölf Jahre später der Ausstieg aus der FCKW-Technologie offiziell beschlossen [2], [3]. Die alternativ verwendeten chlorfreien FKW besitzen kein Ozonabbaupotential (ODP = 0), sind aber aufgrund ihres Treibhauspotentials (GWP) ebenfalls kritisch zu bewerten.

Kälteanlagen mit Direktverdampfung weisen aufgrund der oft beträchtlichen Mengen an FCKW/FKW ein großes direktes Treibhauspotential auf, dessen Ausmaß durch die Leckagerate sowie die Art des Kältemittels bestimmt wird. Indirekte Systeme bieten den Vorteil wesentlich geringerer Füllmengen, wodurch auch der Einsatz natürlicher Kältemittel wie Ammoniak oder Propan (ODP und GWP = 0) wieder möglich wird. Allerdings schlagen zusätzliche Installationskosten für Pumpen und Wärmetauscher des Sekundärkreises sowie die zur Zirkulation des Mediums erforderlichen Energie in Form

eines höheren indirekten Treibhauspotentials zu Buche. Diese Faktoren sind jedoch durch optimierte Kälteträger positiv zu beeinflussen. Der vorliegende Aufsatz soll einen Überblick über die derzeit zur Verfügung stehenden Medien vermitteln, wobei die Diskussion von in der Lebensmittelkühlung einsetzbaren, einphasigen Flüssigkeiten auf Wasserbasis im Vordergrund steht.

Kälteträger – Aufbau und allgemeine Anforderungen

Die praktische Nutzung der an sich hervorragenden Wärmeübertragungseigenschaften reinen Wassers ist bei Normdruck auf den Temperaturbereich von 0–100 °C begrenzt. Für Anwendungen unterhalb 0 °C ist der Zusatz einer den Gefrierpunkt des Wassers herabsetzenden Komponente erforderlich. Diese muß diverse Anforderungen erfüllen:

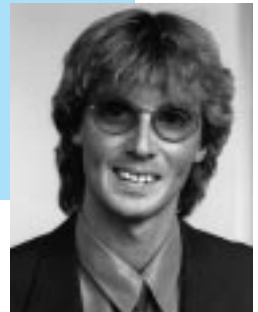
- ähnlich günstige volumetrische Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit, Viskosität wie Wasser,
- vollständige, homogene Löslichkeit in Wasser,
- Frostschutz bis –60 °C bei möglichst geringer Konzentration,
- chemische Beständigkeit unter Betriebsbedingungen,
- Verträglichkeit mit Metallwerkstoffen und Dichtungsmaterialien,
- Ökologische Verträglichkeit, biologische Abbaubarkeit,
- Medium soll nicht brennbar sein,
- günstiges Preis-/Leistungsverhältnis.

Die in der Praxis überwiegend verwendeten wäßrigen Kälteträger – synthetische Fluids und Wärmeträger auf Mineralölbasis sollen an dieser Stelle nicht betrachtet werden – lassen sich hinsichtlich der Gefrierpunktserniedrigenden Komponente in drei Gruppen einteilen.

Lösungen **anorganischer Salze** wie Natriumchlorid oder Calciumchlorid

zum Autor

Dr. Frank Hillerns
Forschung und Entwicklung,
Tyforop Chemie GmbH,
Hamburg



(CaCl₂) bildeten die erste Kälteträger-Generation. Diese klassischen „Kühlsolen“ besitzen vorteilhafte Wärmeübertragungseigenschaften, sind ungiftig, billig und vermitteln tiefe Gefrierpunkte bei relativ geringer Salzkonzentration. Der praktische Einsatz beschränkt sich jedoch auf einfach ausgeführte Kühlsysteme (keine Mischinstallation, keine Erwärmung der Sole). Andernfalls ist die Aggressivität gegenüber Metallen und Verbundstellen auch durch Korrosionsinhibitoren (s. u.) nicht kontrollierbar.

Einwertige Alkohole wie Methanol und Ethanol bewirken ebenfalls bemerkenswerte Gefrierpunktserniedrigungen, jedoch reduzieren niedrige Siedepunkte bzw. hohe Flüchtigkeit sowie die Toxizität (Methanol) deren Anwendungsmöglichkeiten. Dagegen sind die **mehrwertigen** Vertreter Monoethylenglykol (MEG) bzw. Monopropylenglykol (MPG) bei ähnlichen Gefrierpunkten schwerflüchtig und erhöhen so die Siedepunkte ihrer wäßrigen Lösungen. Verglichen mit anorganischen Salzsolen ist die Korrosivität sehr viel geringer, so daß Glykol/Wassergemische auch als Wärmeträger in thermischen Solaranlagen fungieren können. Ethylengly-

	H ₂ O	MeOH	EtOH	MEG	MPG	CaCl ₂	K-acetat	K-formiat
Aggregatzustand	flüssig	flüssig	flüssig	flüssig	flüssig	fest	fest	fest
Dichte ρ [g/cm ³]	0.998	0.792	0.789	1.113	1.036	2.216	1.570	1.910
Schmelzpkt. [°C]	0	-98	-115	-13	-44	772	292	165
Siedepunkt [°C]	100	64	78	198	188	1600	440 Zers.	360 Zers.
Flammpunkt [°C]	entfällt	12	12	111	102	entfällt	entfällt	entfällt
Eisflockenpkt [°C] in 30 % Lösung in 40 % Lösung	- -	-19 -30	-15 -23	-17 -26	-14 -23	-55 +11 !	-20 -38	-25 -40
Siedepunkt [°C] in 30 % Lösung in 40 % Lösung	- -	82 76	84 82	103 105	102 104	103 105	104 106	104 106
Für Lebensmittelkühlung geeignet	> 0 °C	nein	ja	nein	ja	ja	ja	ja
Wassergefährdungsklasse	entfällt	1	1	1	1	1	1	1

Tabelle 1 Eigenschaften gefrierpunktserniedrigender Substanzen im Vergleich zu Wasser [8]

kol besitzt bessere Wärmeübertragungseigenschaften und ist deutlich billiger als Propylenglykol, weist aber ein gesundheitsschädliches Potential auf. Darum kommt für den Einsatz im Lebensmittelbereich nur das toxikologisch unbedenkliche Propylenglykol in Frage.

Lange standen für die Lebensmittelkühlung nur leistungsfähige, jedoch korrosive anorganische Salzsolen oder aber thermophysikalisch unbefriedigende, wenn auch materialverträgliche „Glykolsolen“ zur Verfügung. Einen Ausweg aus diesem Dilemma bieten die in jüngster Zeit entwickelten Kälte-träger auf Basis **organischer Salze**. 1994 wurde erstmals ein solches, auf eine Abkühlungsgrenze von -40 °C eingestelltes Medium in einer Supermarkt-Kälteanlage [4] eingesetzt und der Branche unter dem Namen TYFOXIT® 1.20 vorgestellt. Hierbei handelt es sich um eine inhibierte Lösung des Lebensmittelzusatzstoffes Kaliumacetat (mit einer Dichte von 1,20 g/cm³), die gute kälte-technische Eigenschaften mit geringer Korrosivität kombiniert. In der Folgezeit fand TYFOXIT® in einer Vielzahl unterschiedlicher Applikationen des Nahrungsmittelsektors Verwendung, siehe u. a. [5], [6], [7]. 1996 entstand im Zuge weiterer Entwicklungsarbeiten die Produktreihe TYFOXIT® F20-60. Basisstoff ist hier das ebenfalls lebensmittelunbedenkliche Kaliumformiat, dessen wäßrige Lösungen gegenüber denen des Kaliumacetates nochmals deutlich weniger viskos sind. Die Kennzahlen bezeichnen dabei die mit der jeweiligen Formulierung erreichbare Abkühlungsgrenze.

Einige charakteristische Eigenschaften der zuvor genannten Grundstoffe sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Zur Wassergefährdungsklasse ist zu bemerken, daß mit Inkrafttreten der VwVwS vom 17. Mai 1999 die WGK 0 weggefallen ist. Vormals als „im allgemeinen nicht wassergefährdend“ eingestufte Substanzen wie Ethanol, Calciumchlorid, MEG und MPG sind nunmehr

durchweg als „schwach wassergefährdend“ klassifiziert.

Thermophysikalische Eigenschaften

Die energetische Leistungsfähigkeit eines Mediums ist durch seine volumetrische Wärmekapazität $C_p \cdot \rho$, spezifische Wärmeleitfähigkeit λ sowie dynamische Viskosität η festgelegt. Bei Vergleich der Kenngrößen lebensmittelunbedenklicher, für die Tiefkühlung bis -40 °C geeigneter Kälte-träger (55%iges MPG/Wassergemisch, 28%ige CaCl₂-Lösung, TYFOXIT® 1.20, TYFOXIT® F40) ergeben sich für $C_p \cdot \rho$ bzw. λ nur geringfügige Differenzen. Dagegen besteht hinsichtlich der dynamischen Viskosität zwischen der Propylenglykol-Lösung und den anderen Kälte-trägern bei einer Arbeitstemperatur von -30 °C ein gravierender Unterschied, wie Bild 1 verdeutlicht. η bestimmt maßgeblich das Strömungsverhalten im Wärmetauscher sowie den Druckverlust. Je höher die Viskosität eines Kälte-trägers ist, desto mehr Pumpleistung wird erforderlich, um turbulente Strömung beizubehalten.

Wie von Enkemann und Kruse gezeigt [9], ist anhand der genannten thermophysikalischen Eigenschaften eine energeti-

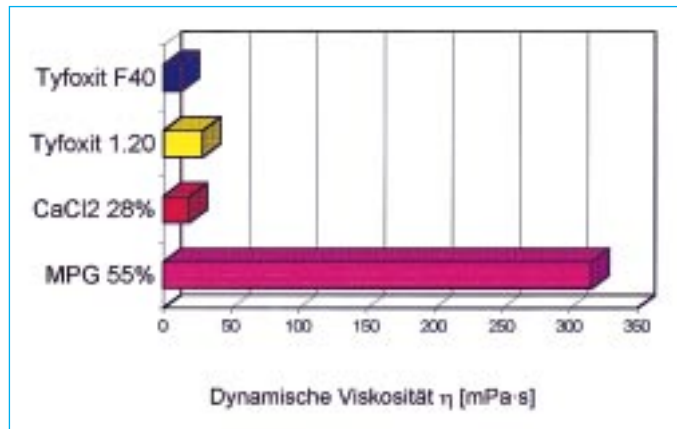


Bild 1 Dynamische Viskosität lebensmittelunbedenklicher Kälte-träger bei -30 °C

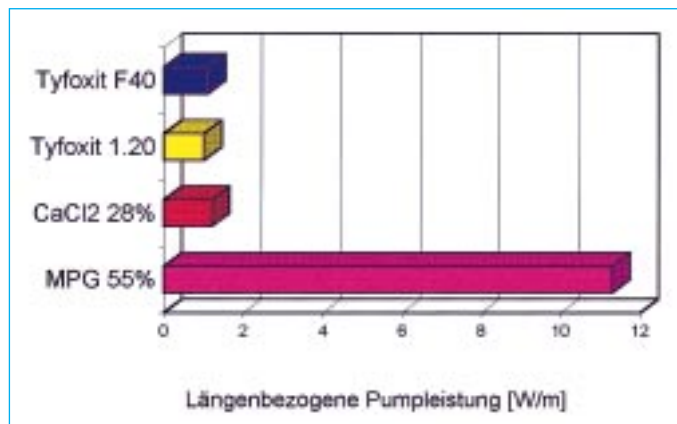
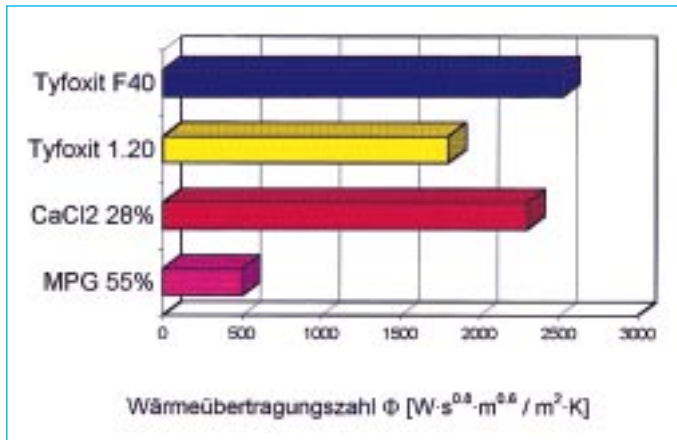


Bild 2 Längenbezogene Pumpleistung lebensmittelunbedenklicher Kälte-träger bei -30 °C, Kälteleistung 10 kW, DN 35 x 1.5

Bild 3 Wärmeübertragungszahl lebensmittelunbedenklicher Kälte-träger bei -30 °C



sche Bewertung von Kälte-trägern möglich. Dabei wurde der für die Zirkulation im Sekundärkreis notwendige Energieaufwand berücksichtigt, indem die theoretisch erforderlichen Pumpleistungen zur Überwindung der Reibungsverluste im geraden Rohr miteinander verglichen wurden. Als Maß für die Effizienz der Wärmeübertragung, welche über die Höhe der Verdampfungstemperatur den Energieverbrauch des Primärkreises beeinflusst, wurden des weiteren die Wärmeübertragungskennzahlen F ermittelt. Die Abbildungen 2 und 3 verdeutlichen die Vorteile, die Kälte-träger auf Acetat- bzw. Formiatbasis gegenüber MPG/Wassergemisch besitzen:

F20–60 Fertigmischungen bereits eingearbeitet.

Kältetechnische Systeme werden aus Kostengründen selten in einem einheitlichen Werkstoff ausgeführt. Die verschiedenen Anlagenteile bestehen aus Metallen bzw. Legierungen wie Kupfer, Messing, Edelstahl, Stahl, Grauguß oder Guß-Aluminium. Leider ist bislang keine Substanz mit universeller Schutzfunktion bekannt, so daß ein Inhibitorpaket, bestehend aus mehreren organischen und anorganischen Verbindungen, erforderlich wird. In Tabelle 2 sind einige typische Vertreter aufgeführt, deren Wirkung zumeist auf der Ausbildung dünner Schutzfilme auf den

Metalloberflächen beruht. Weiterhin enthalten Glykol-Konzentrate noch ca. vier Prozent Wasser zum Lösen der Inhibitoren, sowie Härtestabilisatoren, Entschäumer und ggf. Farbstoffe.

Bei der Entwicklung eines effizienten Korrosionsschutzes sind diverse Faktoren zu berücksichtigen. So lassen sich durch Kombination geeigneter Substanzen bei richtiger Dosierung und Abstimmung auf den Basisstoff des Kälte-trägers positive Synergismen erzielen. Andererseits können sich Inhibitoren unter ungünstigen Umständen gegenseitig neutralisieren. Neben der Wirksamkeit sind weiterhin ökologische Verträglichkeit und Ungiftigkeit unabdingbar; Stoffe mit wassergefährdendem Potential (Nitrit, Amin, Phosphat) finden darum in TYFO-Produkten keine Verwendung.

Zur experimentellen Überprüfung der antikorrosiven Eigenschaften von Kälte-trägern existieren mehrere standardisierte Prüfverfahren, von denen der Glassware-Test nach ASTM D 1384 [10] technisch am häufigsten angewendet wird. Dieser, ursprünglich zur Prüfung von Kfz-Frostschutzmitteln entwickelte Versuch liefert bei vertretbarem Zeit- und Materialaufwand wertvolle Informationen, welche die Grundlage für weitergehende Untersuchungen in Labor und Praxis bilden.

Im Verlauf des Tests werden exakt gewogene, mit einer Bohrung versehene Metallplättchen in einem Gestell auf einem isolierten Stab hintereinander angeordnet. Kupfer, Weichlot und Messing werden durch Messing-Distanzstücke, Stahl, Grauguß und Guß-Aluminium durch Stahl-Distanzstücke jeweils leitend verbunden, die entstandenen „Pakete“ jedoch voneinander isoliert. Der Prüfkörper wird in das Medium gebracht und der Ansatz zur Steigerung der Korrosionsgeschwindigkeit

Korrosionsverhalten von Kälte-trägern

Ein für die Praxistauglichkeit eines Kälte-trägers gleichermaßen wichtiges Merkmal wie Frostschutz und Wärmeübertragung ist dessen Verträglichkeit mit den im Kälteanlagenbau verwendeten Werkstoffen. Bekanntlich wirkt bereits Wasser auf Metalle korrosiv. Ursächlich hierfür sind vorrangig die Konzentration an gelöstem Sauerstoff, der pH-Wert sowie der Gehalt an Fremdionen (Härtebildner, Chloride usw.). Bei wäßrigen Lösungen der im vorangegangenen Abschnitt diskutierten Grundstoffe ist generell ein starker Anstieg der Korrosivität zu verzeichnen. Zumindest im Falle der Glykole und organischen Salze kann diesem Effekt aber durch geeignete Schutzstoffe – sogenannte Inhibitoren – begegnet werden. Diese sind in die handelsüblichen MEG- bzw. MPG-Konzentrate (Markennamen z. B. TYFOCOR®, TYFOCOR® L), in TYFOXIT® 1.25 Konzentrat sowie in die TYFOXIT®

Korrosionsinhibitor	Schutzwirkung / Funktion
Benzotriazol/Tolyltriazol	Kupfer, Messing, Weichlot
Natriumbenzoat	Stahl, Grauguß
Borax	Stahl, Grauguß, Alkaliereserve
Carbonsäuresalze	Stahl, Grauguß
Alkalisilikate/Stabilisator	Aluminium, Gußaluminium

Tabelle 2 Inhibitoren für den Einsatz in Kälte-/Wärme-trägern



Bild 4 Erscheinungsbild von Metallkupons gem. ASTM D 1384 nach beendetem Korrosionstest

keit 14 Tage lang unter Einleitung von Luft auf 88 °C erhitzt. Nach Versuchsende erfolgt zunächst eine visuelle Beurteilung. Anlauffarben sind zulässig, metallische Überzüge, Lochfraß und Ausblühungen dürfen nicht auftreten. Qualitative Mängel sind auf diese Weise schnell erkennbar, wie die in Abb. 4 dargestellten Testkupons eines unzureichend inhibierten Ethylenglykols, verglichen mit TYFOCOR®, belegen.

Anschließend werden die Kupons gereinigt und erneut gewogen. Für Kupfer, Messing, Stahl und Grauguß gilt ein maxi-

Werte der reinen Lösungen verdeutlichen, daß nur inhibierte Kälte-träger die korrosionstechnischen Anforderungen erfüllen.

Mit Hilfe ausgereifter Inhibitorsysteme gelingt es, die Korrosionsraten fast aller Werkstoffe auf ein akzeptables Maß zu reduzieren. Allerdings ist Weichlot gegenüber Kälte-trägern auf Acetat- bzw. Formiatbasis nicht beständig, so daß Lötverbindungen mit Kupfer- oder Silber-Hartlot vorgenommen werden sollten. Zwar sind Glykol/Wassergemische diesbezüglich unkritisch. Weichlot-Flußmittel enthalten jedoch zumeist Chloride, die zu

Medien, der im Sinne eines umfassenden Schutzes für die innerhalb des Kühlkreislaufes befindlichen Metalle alkalisch eingestellt ist. Der Abbau der Zinkschicht verläuft abhängig von der Höhe des pH-Wertes mit unterschiedlicher Schnelligkeit; moderat bei Glykollösungen (pH 7,5–8,5), rapide – und im Falle von Außenverzinkungen mit unerfreulichem Erscheinungsbild – bei Acetat- und Formiatsolen. Kommt bei Installations- oder Entlüftungsarbeiten Kälte-träger mit verzinkten Flächen in Kontakt, so ist das betroffene Areal darum umgehend durch Spülen mit viel Wasser zu reinigen.

Material	H ₂ O		Ethylenglykol			Propylenglykol		Kaliumacetat		Kaliumformiat	
	destilliert	rein 28 %	rein 52 %	COR 52 %	rein 55 %	COR L 55 %	rein 40 %	Tyfox. 1.20	rein 40 %	Tyfox. F40	
Kupfer	0.01	0.02	0.02	0.0003	0.01	0.0006	0.06	0.002	0.08	0.006	
Weichlot	0.03	1.39	0.38	k. A.	0.41	0.0003	0.35	0.18	0.66	0.20	
Messing	0.003	0.11	0.02	0.0003	0.02	0.0003	0.06	0.0005	0.02	k. A.	
Stahl	0.27	0.32	0.47	0.0007	0.50	k. A.	0.17	k. A.	0.92	k. A.	
Grauguß	0.64	1.04	0.77	k. A.	0.81	k. A.	0.13	k. A.	0.88	k. A.	
Guß-Alu	0.32	1.26	0.26	0.003	0.37	0.002	0.19	k. A.	0.23	k. A.	

Tabelle 3 Abtragsraten [mm/a] nicht inhibierter/inhibierter Kälte-träger gem. ASTM D 1384

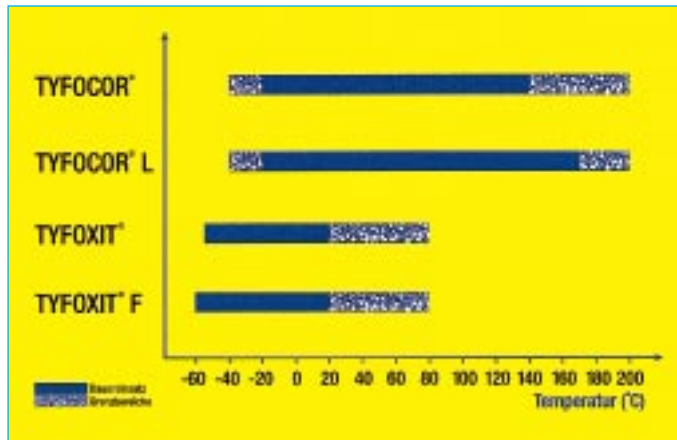
maler Abtrag von 2 g/m², für Weichlot und Guß-Aluminium 3 g/m². In Tabelle 3 sind die Ergebnisse für Lösungen reiner Basisstoffe im Vergleich zu den jeweiligen inhibierten Kälte-trägern aufgeführt. Dabei wurde von g/m² in die anschaulichere Einheit mm/Jahr umgerechnet. Werte ≤ 0,01 mm/a sind unbedenklich und darum grün markiert (k. A.: kein Abtrag). Die fast durchweg zu hohen, in Rot gehaltenen

Lochfraß führen können und unbedingt durch sorgfältige Reinigung aus dem System entfernt werden müssen. Das zur Spülung bzw. zur Verdünnung der Glykol-Konzentrate verwendete Wasser darf dabei einen Chloridgehalt von 100 mg/kg nicht überschreiten. Verzinkter Stahl ist gegenüber den diskutierten Kälte-trägern ebenfalls nicht beständig. Hierfür verantwortlich ist in erster Linie der pH-Wert der

Hinweise zur optimalen Anwendung von Kälte-trägern

Lebensdauer und störungsfreier Betrieb einer Kälteanlage hängen in hohem Maße von der Korrosionsbelastung ihrer Komponenten ab. System und Kälte-träger müssen darum optimal aufeinander abgestimmt sein. Abgesehen von der Qualität des Mischwassers ist beim Kälte-träger vorrangig auf korrekte Anwendungskonzentration zu achten. Andernfalls führt eine zu geringe Konzentration der Inhibitoren zu unvollständiger Belegung der Metalloberflächen, lokale Korrosion wäre die Folge. Darum gelten für TYFOCOR® zwanzig und für TYFOCOR® L 25 Volumenprozent als untere Einsatzgrenze, jeweils einer Frostsicherheit von –10 °C entsprechend. Bei TYFOXIT® sind 60 Vol.-% einzuhalten. Die TYFOXIT® F20–60 Formulierungen sind unverdünnt zu verwenden. Weiterhin ist die Vermischung unterschiedlicher Kälte-träger unbedingt zu vermeiden, da sonst wie erwähnt unerwünschte chemische Reaktionen zwi-

Bild 5 Temperatureinsatzgrenzen von TYFO-Kälte-/Wärmeträgern



schen einzelnen Inhibitoren stattfinden können.

Von anlagentechnischer Seite wird die Korrosionsbelastung durch die Betriebsbedingungen bestimmt. Wichtige Einflußgrößen sind hier Materialauswahl und -verarbeitung, Beschaffenheit der Werkstoffoberflächen sowie Sauerstoff- und Temperaturbelastung. Eine Mischinstallation stellt wegen der elektrochemischen Potentialdifferenzen generell ein höheres korrosionstechnisches Risiko als eine ausschließlich in einem einzigen Werkstoff ausgeführte Anlage dar. Zwar sind diese Verhältnisse bei fachgerechter Werkstoffauswahl und Installation beherrschbar. In der Praxis treffen jedoch häufig mehrere ungünstige Faktoren zusammen, die auch das leistungsfähigste Inhibitorsystem binnen kurzer Zeit überfordern. Oft sind z. B. Stahlrohrwandungen auch nach Spülung der fertiggestellten Anlage noch teilweise von Korrosionsprodukten oder Zunderschichten bedeckt. Die Bildung eines einheitlichen Schutzfilmes wird dadurch unmöglich. Der reinigende Effekt, den Kälte-träger wegen ihrer gegenüber Wasser geringeren Oberflächenspannung besitzen, macht sich hier zwar positiv bemerkbar. Allerdings können abgelöste Partikel zu Abrasion an Oberflächen und in Gleitring-dichtungen führen oder sich in Bereichen geringer Strömungsgeschwindigkeit ablagern. Abhilfe schaffen an der tiefsten Stelle des Systems vorzusehende Schmutzfänger bzw. by-pass-Filter

Die Anwesenheit von Sauerstoff im Kälte-träger bewirkt eine enorm gesteigerte Korrosionsbelastung sämtlicher Metalle. Deshalb sind kälte- und wärmetechnische Anlagen sinnvollerweise als geschlossene

Systeme zu konzipieren. Durch sachgemäße Installation und Entlüftung kann dann die im Medium gelöste O₂-Konzentration im Idealfall gegen Null geführt werden. Der bei Befüllung anfangs vorhandene Sauerstoff reagiert mit den Inhibitoren bzw. wird in Korrosionsprozessen verbraucht. Ist der Sauerstoff „aufgezehrt“, kommen diese Vorgänge zum Stillstand.

Auch die Temperatur spielt eine wichtige Rolle. Chemische Reaktionen – und damit auch Korrosionsvorgänge – laufen im allgemeinen um so schneller ab, je höher die Temperatur ist. Nach der Van't Hoff'schen Regel bewirkt eine Steigerung von 10 °C eine Zunahme der Reaktionsgeschwindigkeit um den Faktor 2–3.

Es ist zu betonen, daß die Vielzahl der Einflüsse, die auf Kälte-/Wärmeträger einwirken können, experimentell niemals vollständig erfaßt werden kann. Unter Berücksichtigung des Murphy'schen Gesetzes – „*Alles, was schiefgehen kann, geht schief*“ – sind darum im Hinblick auf die thermische Belastbarkeit unter Praxisbedingungen die in Bild 5 dargestellten Temperatureinsatzgrenzen einzuhalten:

Glykol/Wassergemische besitzen gegenüber Acetat- und Formiaten unbestreitbar den Vorteil einer wesentlich höheren thermischen Belastbarkeit. Sie sind darum z. B. für die Wärmerückgewinnung oder als Solar-Wärmeträger prädestiniert. Die energetischen Vorteile der Kälte-träger auf Basis organischer Salze kommen ab etwa –10 °C entscheidend zur Geltung, wobei moderate Temperaturbelastungen – etwa durch Abtauprozesse in der Lebensmittelkühlung – getragen werden. So sind TYFOXIT® 1.15–1.24 (Abkühlungsgrenze –20 bis –55 °C) und TYFOXIT® F20–60 über einen Bereich von –55 (–60) bis +80 °C verwendbar, wobei die Obergrenze von der Werkstoffauswahl abhängt. Bei vollständig in Edelstahl ausgeführten Anlagen sind Temperaturspitzen

von +80 °C ohne weiteres möglich, während in Mischinstallationen +50 (+60) °C nicht überschritten werden sollen.

Es liegt auf der Hand, daß die vielfältigen Anforderungen, die an Kälte-träger gestellt werden, eine regelmäßige laboranalytische Kontrolle erforderlich machen. Auf diese Weise können im System aufgetretene Veränderungen schnell erkannt und ggf. Korrekturmaßnahmen eingeleitet werden. Die für den Anwender kostenlosen Untersuchungen erfassen dabei diverse Parameter wie Dichte, pH-Wert und Inhibitorkonzentration und sollten mindestens in jährlichen Abständen durchgeführt werden.

Zusammenfassung

Seit einiger Zeit stehen mit den modernen Kälte-trägern auf Basis organischer Salze lebensmittelunbedenkliche, ökologisch verträgliche Medien zur Verfügung, die im Vergleich zu Glykol/Wassergemischen deutlich günstigere energetische Eigenschaften besitzen. Hinsichtlich des Korrosionsverhaltens sind bei entsprechender anlagentechnischer Abstimmung bis auf Weichlot und Zink alle gängigen Metallwerkstoffe einsetzbar. Mit Hilfe dieser Kälte-träger können die Investitions- und Betriebskosten indirekter Kühlsysteme vermindert bzw. die ökonomische Konkurrenzfähigkeit dieser Anlagenkonzeption gegenüber der Direktverdampfung erhöht werden. Die Entwicklung von TYFOXIT® und TYFOXIT® F mag somit als ein Beitrag zur weiteren Verringerung der FCKW und FKW gelten. □

Literatur

- [1] Molina u. Rowland, Nature 249, 810 (1974)
- [2] Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen; Menschlicher Einfluß auf das Klima; S. 33–35, Bonn: Theres-Druck 1987
- [3] Chemie in unserer Zeit 21, 141–150 (1987)
- [4] Supermarkt Edeka 2000, 31139 Hildesheim, eröffnet 1994
- [5] S. Haaf; Erster Supermarkt mit Propen-Kälteanlage eröffnet – Umweltfreundliches Kälteanlagenkonzept von Linde; Die KÄLTE und Klimatechnik 9/1996, S. 652 ff.
- [6] B. Schultiz, R. Handschuh, O. Rinner; Luftführung und Feuchtregelung in einem Fleischwerk; Luft und Kälte-technik 5/1997, S. 214 ff.
- [7] E. Ochsner; FCKW-freie Lebensmittelkühlung; Die Kälte u. Klimatechnik, 4/1996, S. 247 ff.
- [8] Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry; 5th ed. Weinheim, Vol A 10 (1987) 101–115, Vol A 22 (1993) 163–171
- [9] Th. Enkemann, H. Kruse; Minderung des Energieverbrauchs indirekter Systeme durch Auswahl von Kälte-trägern; Luft- und Kälte-technik 10/97, S. 472–476
- [10] Standard Test Method for Corrosion Test for Engine Coolants in Glassware, ASTM D1384 – 97a