Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 112 (1994)
Heft: 25

Artikel: Propan als Kältemittel: ein Kältemittel für die Zukunft
Autor: Flück, Arthur
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-78467

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Propan als Kältemittel

Ein Kältemittel für die Zukunft

Seit sich bestätigt hat, dass die FCKW- und HFCK-Kältemittel über den Abbau des Ozons in der Stratosphäre (Schutz vor UV-B-Strahlung) das Klima verändert haben, sind Alternativen gesucht. Altbekannte Kältemittel Ammoniak und Propan stehen wieder zur Diskussion. Letzteres ist schon mehr als 50 Jahre im Einsatz und wurde allein wegen seiner Brennbarkeit aus der allgemeinen Anwendung als Kältemittel verdrängt. Bei genauerer Betrachtung der Stoffdaten erscheint das Propan – Verminderung des Sicherheitsrisikos vorausgesetzt – als geradezu geeigneter Ersatzstoff für die Kältemittel.

Nachdem mit R 134a bereits ein Ersatzstoff für das Kältemittel R 12 gefunden wurde, erscheint eine genauere

VON ARTHUR FLÜCK, ZÜRICH

Betrachtung der Eigenschaften von Propan als Ersatzstoff für das Kältemittel R 22 und R 502 sinnvoll. Bei diesen Überlegungen wird einem in Erinnerung gerufen, dass Propan ja bereits als Brenngas für Feuerzeuge, Camping-Heizungen und -Kochherde, Fondue-Brenner usw. seit langer Zeit bedenkenlos verwendet wird.

Es darf mit grosser Sicherheit gefolgert werden, dass für kleinere Mengen (bis 1 kg) kein erhöhtes Risiko besteht. Da bei einer Temperatur von 20°C die Dichte p' = 0,50 kg/dm³ für flüssiges Propan beträgt, ergibt eine Füllmenge von 1 kg bereits 2,0 Liter Kältemittelvolumen, mit welchem die Apparate aus der Serienproduktion grösstenteils abgedeckt werden können. Im Vergleich mit R 134a benötigt Propan weniger als 50% des Füllgewichtes, um das gleiche Füllvolumen zu erreichen, und hat dazu eine erheblich grössere Kälteleistung.

Physikalische Daten

Aus Tabelle 1 kann entnommen werden, dass sich sowohl das Molekulargewicht als auch die Dichte deutlich unter deren der Sicherheitskältemittel befinden, welche sich auf das Füllvolumen positiv auswirken.

Allgemeine Eigenschaften von Propan

Umweltverträglichkeit

Wie die chemische Formel in Tabelle 1 zeigt, ist Propan ein reiner Kohlenwasserstoff und besitzt kein Ozonabbaupotential (ODP) und praktisch auch keine Treibhauspotentiale (HGWP) und erfüllt damit die Hauptanforderungen für das Kältemittel der Zukunft. Im weiteren ist es nicht wassergefährdend und leicht und kostengünstig zu entsorgen.

	Chemische Formel	Mol Gew	Dichte ρ"[kg/m³] [1 bar / 0°C]	Spez.Wärmekapazität cp [kJ/m³ K] bei15°C	Krit Druck/Temp [bar / °C]
Propan (R 290)	C_3H_8	44.09	1.95	3.25	43.6 / 96.8
R 12	CF_2CL_2	120.92	5.35	3.30	40.1 / 111.5
R 134a	$CH_2F\text{-}CF_3$	102.03	5.54	–	40.64 / 101.15
R 22	CHF_2CL	86.48	3.85	2.49	49.3 / 96.0
R 502	$CHF_2CL\text{-}CF_2CL\text{-}CF_3$	111.60	4.98	–	41.2 / 82.7
R 717	NH_3	17.03	0.77	0.45	113.0 / 132.4

Tabelle 1. Physikalische Daten verschiedener Kältemittel

Technische Eigenschaften

☐ Wie schon erwähnt, ist Propan eine reine Kohlenwasserstoffverbindung und damit frei von giftigen Zerzetzungsprodukten, wie sie bei höheren Temperaturen bei den FCKW entstehen können.

☐ Im Zusammenhang mit Feuchtigkeit im Kältekreislauf ergibt sich keine Säurebildung. Daraus resultiert eine höhere Lebensdauer von Schmierölen und Verdichtern.

☐ Die bessere Löslichkeit im Schmieröl bewirkt zudem eine problemlose Ölrückführung auch bei tiefen Verdampfungstemperaturen.

☐ Propan ist preiswert, gut zu entsorgen und in grossen Mengen verfügbar. Bei Raffinerieprozessen gilt es als Abfallprodukt.

Thermodynamische Eigenschaften

☐ In Bild 1 sind die Dampfdruckkurven der verschiedenen Kältemittel gegenübergestellt. Bei tieferen Temperaturen (im Verdampfungsbereich) sind die Kurven von R 22 und Propan fast identisch.

☐ Bei höheren Temperaturen (im Verflüssigungsbereich) verläuft die Propankurve flacher und sorgt damit für kleinere Druckdifferenzen (Bild 2) zwischen Verdampfungs- und Verflüssigungsdruck. Diese Tatsache ermöglicht eine Wärmetransformation über höhere Temperaturdifferenzen.

☐ Bei den Kältemitteln R 12 und R 134a ist das Ergebnis umgekehrt; hier wird das Druckverhältnis bei R 134a grösser im Vergleich zu R 12. Dies bedeutet eine höhere Belastung des Verdichters und damit Nachteile bei höheren Temperaturdifferenzen.

☐ Ein flacherer Verlauf der Dampfdruckkurve führt zudem zu höher möglichen Verflüssigungstemperaturen gegenüber R 22 und R 502 und damit zu höheren Vorlauftemperaturen im Heizwasserkreislauf, was für die Wärmepumpe-Anwendung interessant ist.

☐ In Bild 3 ist die theoretische Leistungszahl ε in Funktion, von der Verflüssigungstemperatur dargestellt. Hieraus ist ersichtlich, dass Propan im Vergleich mit R 22, R 134a, R 502 und R 717 bessere Werte aufweist. Einzig R 12 zeigt hier günstigere Werte.

☐ Bei der volumetrischen Kälteleistung in Bild 4, in Abhängigkeit von der Verflüssigungstemperatur, zeigt sich, dass die Kältemittel R 22, R 502 und

R 7/7 über den Werten von Propan liegen. Die Kältemittel R 12 und R 134a liegen deutlich unter den Propanwerten, d.h. dass das Hubvolumen im Verdichter gegenüber letzteren Kältemitteln um rund 30% kleiner bemessen werden kann und damit die Investitionskosten reduziert werden.

☐ Ein weiterer Vorteil von Propan liegt in der tieferen Verdichterendtemperatur (Bild 5) gegenüber NH_3 und R 22. Dadurch wird der Einsatz eines «Inneren Wärmetauschers» möglich, welcher die Wärme aus der Kondensatflüssigkeit an das Sauggas überträgt und dadurch eine Verbesserung der Leistungszahl bewirkt.

☐ Im weiteren zeigt Propan ein besseres Wärmeübergangsverhalten bei Dampf und Flüssigkeit, was wiederum eine Verkleinerung der Austauscherflächen bewirkt.

Sicherheitsrisiken

Das wohl einzige Argument gegen die Verwendung von Propan ist dessen Brennbarkeit. Aus diesem Grunde wurde es, bis zum Erscheinen des «Öko-Kühlschrankes Foron» der dkk in Scharfenstein im Jahre 1992, in der kältetechnischen Anwendung weitgehend vergessen. Mit dem Risiko hinsichtlich Brennbarkeit wurde zunächst auch der erwähnte Kühlschrank von den Propangegnern abgelehnt. Zwischenzeitlich haben auch grosse Kühlschrankhersteller auf das Kältemittel Propan/Butan eingeschwenkt.

Wie die Praxis und der Untersuchungsbericht von IKET, Essen, im Auftrage des RWE zeigen, ist das hochgespielte Risiko mit einfachen technischen Mitteln wesentlich reduzierbar. Bei Kältemittelmengen unter 1 kg, wie dies bei Kühlschränken, Klimageräten, Klein-Wärmepumpen usw. der Fall ist, ist das Risiko sehr klein und zudem leicht beherrschbar.

Im weiteren ist daran zu erinnern, dass Propan bereits für sehr viele Anwendungsfälle in den unterschiedlichsten Bereichen der Haus- und Freizeittechnik, seit Jahren als Brenngas Verwendung findet. Als eine der bekanntesten Anwendungen sei hier das Gasfeuerzeug erwähnt.

Die Zündtemperatur von Propan liegt bei 470°C und die Explosionsgrenze bei 2,1 bis 9,5 Volumen-%. Der MAK-Wert, von 1000 ppm, und die Sicherheitsbestimmungen für Personen entsprechen weitgehend den Bestimmungen für R 22, ausser der Brennbarkeit und dem damit verbundenen Rauchverbot.

Das Dichteverhältnis von Propan zu Luft (Luft = 1) beträgt 1,56 und ist damit

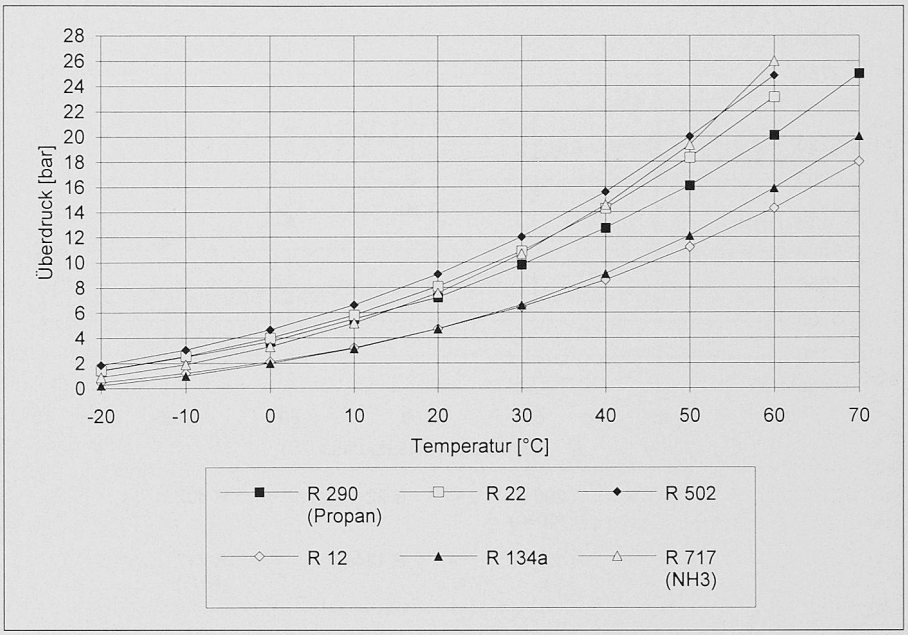


Bild 1. Dampfdruckkurven

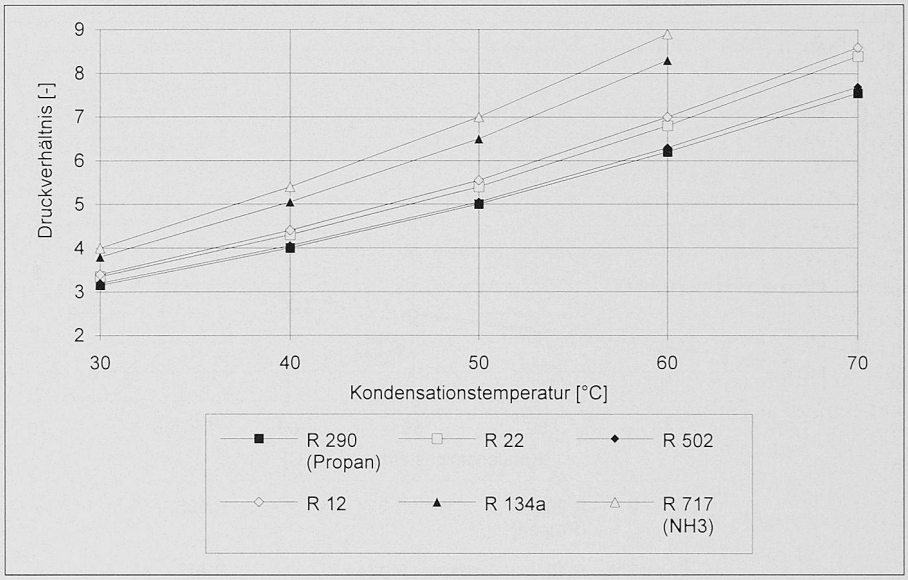


Bild 2. Druckverhältnisse, Verdampfungstemperatur, $t_o = -10°C$

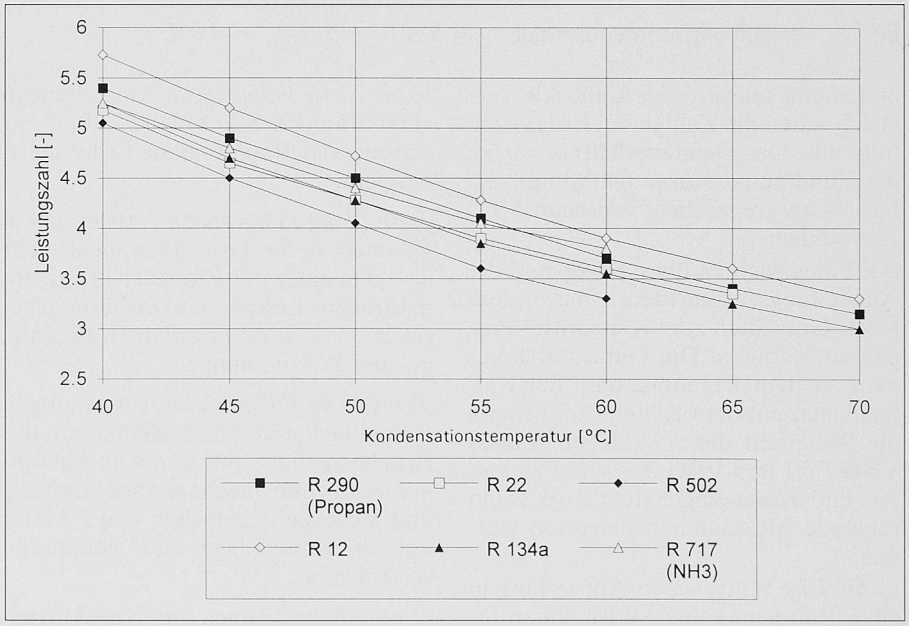


Bild 3. Leistungszahlen, Verdampfungstemperatur, $t_o = -10°C$, isentrope Verdichtung

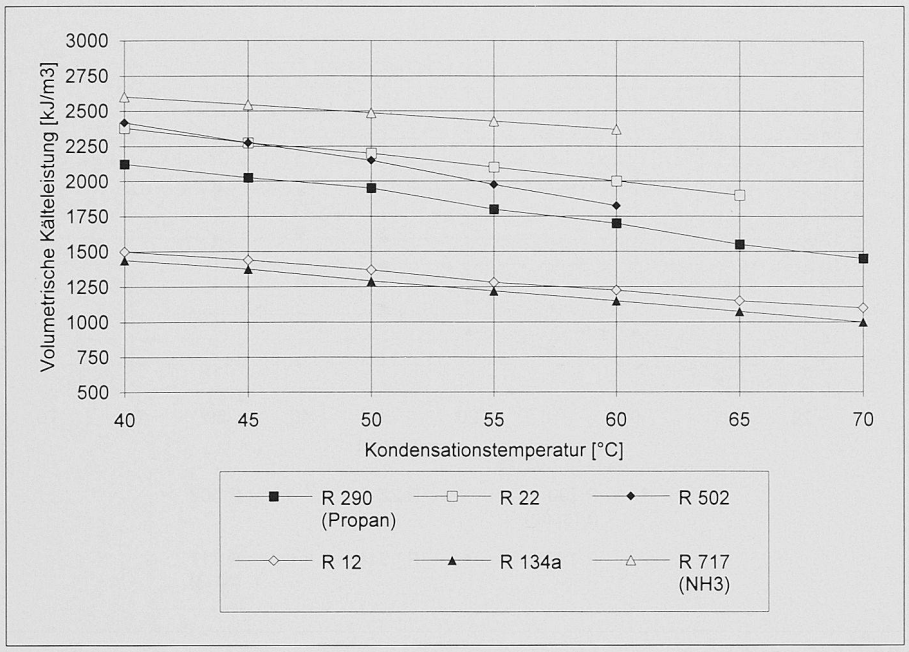


Bild 4. Volumetrische Kälteleistung, $t_{oü}$ = 5 K, t_{cu} = 5 K, t_o = –10°C.

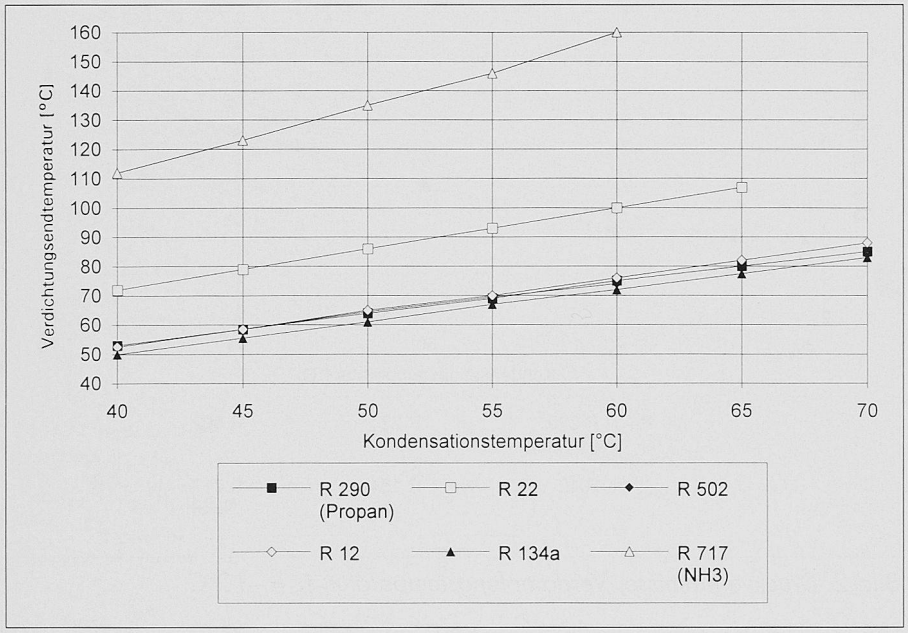


Bild 5. Verdichtungsendtemperatur, $t_{oü}$= 5 K, t_c = 5 K, t_o = –10°C

bedeutend schwerer als Luft. Als Vergleich sehen die Zahlen bei Erdgas wie folgt aus: Das Dichteverhältnis = 0,64, die Zündtemperatur = 640°C und die Explosionsgrenze liegt zwischen 5 bis 14 Volumen-%.

Bei Füllgewichten über 2,5 kg sind die Aufstellungsvorschriften aus dem RWE-Gutachten zum Kältemittel Propan zu befolgen. Die Gutachter kommen zu dem Ergebnis, dass bei Kälteanlagen mit dem Kältemittel Propan die Sicherheit dieser Anlagen gemäss VBG 1 § 1 und VBG 20 § 4 auf andere Art und Weise eingehalten wird, wenn folgende Massnahmen getroffen werden:

a) bis 1 kg Füllgewicht: Aufstellung in allen Räumen, keine Massnahmen erforderlich.

b) bis 2,5 kg Füllgewicht: Aufstellung in allen Räumen mit Möglichkeiten zur Lüftung des Raumes ohne Sicherheitsbereich.

c) bis 25 kg Füllgewicht: Aufstellung in Räumen, deren Fussboden nicht mehr als 1,5 m unter der Erdgleiche liegt, mit natürlicher Lüftung und Sicherheitsbereichen von 2 Meter um die Kälteanlage oder Wärmepumpe.

d) bis 25 kg Füllgewicht: Aufstellung in Räumen, deren Fussboden unter der Erdgleiche liegt, nur in einem Maschinenraum mit mechanischer Lüftung und Sicherheitsbereichen von 2 Meter um die Kälteanlage oder gekapselte Ausführung.

e) bis 100 kg Füllgewicht: Nur Aufstellung im Freien oder Aufstellung in Räumen auf und über Erdgleiche mit natürlicher oder mechanischer Lüftung und Sicherheitsbereichen von 2 Meter um die Kälteanlage oder Wärmepumpe.

f) über 100 kg Füllgewicht: Nur Aufstellung im Freien oder Aufstellung in Räumen auf und über Erdgleiche mit natürlicher oder mechanischer Lüftung und Sicherheitsbereichen von 10 Meter um die Kälteanlage oder Wärmepumpe.

Zusammenfassung

Die vorangehenden Ausführungen zeigen, dass Propan durchaus eine Berechtigung hat, als das Kältemittel für die Zukunft diskutiert zu werden.

Das durchaus interessante Einsatzgebiet liegt bei den kleineren Anlagen unter 1 kg Füllgewicht; hier sind keine speziellen Sicherheitsvorkehrungen zu treffen. Dieser Bereich wird grösstenteils durch Serienprodukte wie Kühlschränke, Kühlvitrinen, Klein-Klimageräte, Klein-Wärmepumpen usw. abgedeckt und kann damit auch aus fertigungstechnischer Sicht – wobei hier vorwiegend die Dichtigkeit des Kältemittelkreislaufes angesprochen ist – dem Risiko «Brennbarkeit» weitgehend entsprechen.

Grundsätzlich ist zu empfehlen, dass bei neu zu entwickelnden Geräten die Füllgewichte minimal zu halten sind. Diesem Ziel kann mit dem Einsatz von Plattenwärmetauschern weitgehend entsprochen werden. Im weiteren muss auf eine fachmännische Verarbeitung geachtet werden, damit möglichst keine Undichtheiten am Kältekreislauf auftreten.

Bei mittleren Kälteleistungen, wie Kolbenkaltwassersätzen, ist der richtigen Wahl der Maschinenräume Beachtung zu schenken, um auch diesen Leistungsbereich für Propan erschliessen zu können. Bei diesen Anlagen müssen

Literatur

[1] *W. Maake, H.-J. Eckert, Pohlmann:* Taschenbuch der Kältetechnik, Band 1 und 2, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe, 1988.

[2] *N. Krug, P. Caspers, H. Kern, P. Hincke:* Sicherheitstechnisches-Gutachten über den Einsatz von Propan (R 290) als Kältemittel in Kälteanlagen und Wärmepumpen, IKET, Essen, 1993.

[3] *A. Meyer:* Problemlos, stromsparend und umweltfreundlich: Reine Kohlenwasserstoffe als Kältemittel in Haushaltgeräten, ddk Scharfenstein GmbH, Scharfenstein, 1992.

[4] Hoechst, Frankfurt a.M., Kältemittel Hoechst, 1992.

die Sicherheitsbestimmungen unbedingt beachtet werden. Bei grösseren Leistungen ist der Einsatz von Propan nicht mehr so interessant, da hier die Sicherheitsaspekte bereits massgeblich dominieren und sich auch auf die Investitionskosten negativ auswirken. Unter den bis heute bekannten Kältemitteln werden wohl hier R 134a und Ammoniak am problemlosesten für die Zukunft sein.
Für die Zukunft wäre weiter zu empfehlen, dass, wenn heute R 22-Anlagen installiert werden, diese nach den Sicherheits-Richtlinien für Propan erstellt werden sollten, um später eine kostengünstigere Umstellung auf Propan zu ermöglichen. Hierbei ist vorwiegend auf den richtigen Standort der Maschinenräume zu achten. Die praktische Machbarkeit eines Austausches von R 22 auf R 290 ist, nach heutigen Erkenntnissen, bedeutend problemloser als die von R 12 auf 134a. Ein Eingriff in den Kältekreislauf ist nicht notwendig.

Es ist zu hoffen, dass das durchaus mit R 22 vergleichbare Kältemittel Propan nicht nur beim «Öko-Kühlschrank» seine Schlagzeilen macht, sondern auch bei anderen Seriengeräten eine ähnliche Popularität erreicht – und damit zum Kältemittel der Zukunft wird.

Adresse des Verfassers: *A. Flück*, Masch. Ing. ETH, Enfog AG, Clausiusstrasse 41, Postfach, 8033 Zürich.

Qualitätssicherung im Schweizer Bauwesen

In Heft Nr. 45/93 des «Schweizer Ingenieur und Architekt» wurde über den damaligen Stand der Bestrebungen zur Einführung der Qualitätssicherung (QS) im Schweizer Bauwesen berichtet. In der Zwischenzeit sind weitere Schritte erfolgt, über die nachfolgend informiert wird.

Ein wichtiger Beitrag: Das Merkblatt SIA 2007

An der Sitzung des QS-Forums der Verbände vom 15. Dezember 1993 in Zürich konnte das Merkblatt SIA 2007, Qualitätssicherung im Bauwesen – Beitrag zu Interpretation der Normen ISO 9000–9004 (SN EN 29000–29004), genehmigt werden. Nach einer letzten redaktionellen Bearbeitung liegt es nun gedruckt vor. Die französische Fassung wird zurzeit vorbereitet.

Was bringt das Merkblatt der Praxis?

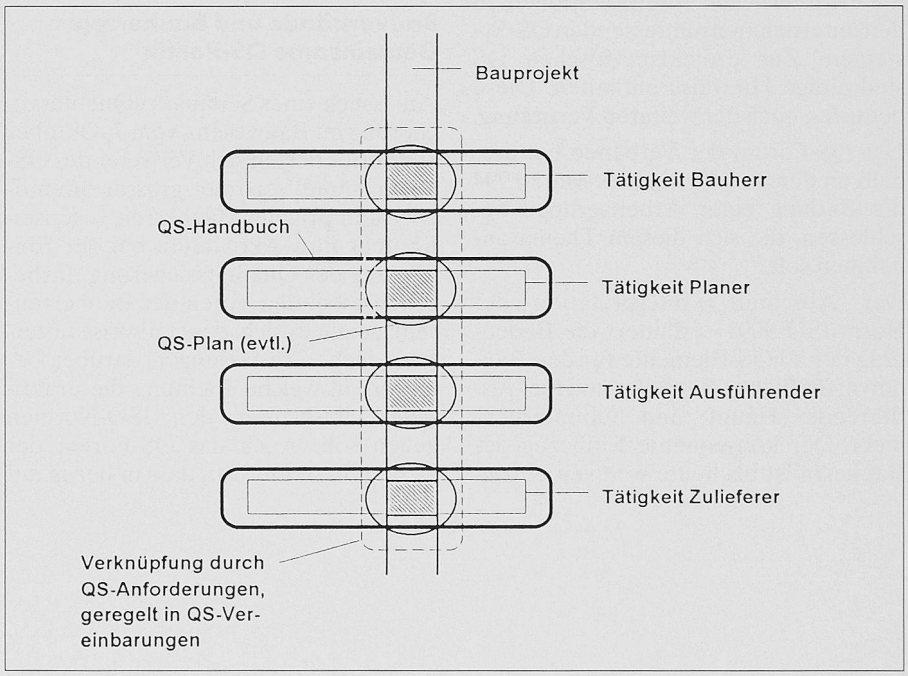
Bekanntlich wurden die der QS zugrundeliegenden ISO-Normen für Industriezweige mit stationären Herstellungsbetrieben und repetitiven Produktionsmethoden entwickelt. Diese Voraussetzungen sind im Bauwesen in der Regel nicht erfüllt. Trotzdem ist eine Anwendung dieser Normen auch im Bauwesen möglich und sinnvoll. Die Norminhalte bedürfen allerdings der Interpretation, um in der Praxis verstanden zu werden. Dies ist denn auch das Ziel, welches das QS-Forum mit der Publikation des Merkblattes SIA 2007 verfolgt.

Da es schon öfters zu Missverständnissen über das Wesen der QS gekommen ist, lohnt es sich, hiezu aus dem Vorwort zu zitieren:

QS-Systeme sind Organisationshilfsmittel, Führungsinstrumente, welche dazu dienen sollen, die technischen, organisatorischen und menschlichen Faktoren, welche die Qualität beeinflussen, optimal einzusetzen. QS-Systeme sollen einen Beitrag zur Effizienzsteigerung der Unternehmen leisten. Letztlich muss es das Anliegen jedes Unternehmens sein, Produkte oder Dienstleistungen anzubieten, welche die Erfordernisse und Erwartungen des Kunden, einschlägige Normen, Spezifikationen, gesetzliche und andere Forderungen der Gesellschaft erfüllen und zu einem konkurrenzfähigen Preis und zu Kosten realisiert werden, die einen Gewinn ermöglichen.

Viele Elemente der QS sind denn auch seit Jahrzehnten in der schweizerischen Bauwirtschaft eingeführt – gedacht sei u.a. an die Arbeitsweise nach bewährten Normen und Ordnungen der Standesorganisationen – auch wenn sie sich nicht explizit auf die ISO-Normen beziehen. Darauf gilt es aufzubauen und die QS-Normen als Chance, als Hilfsmittel zu verstehen, seit Jahren Geübtes zu hinterfragen und zu überprüfen, bestätigt zu finden oder gegebenenfalls neu auszurichten.

Das Merkblatt umfasst 13 grau getönte und 47 weisse Seiten. Die ersteren sind für den Leser gedacht, der sich in kur-



Zusammenhang zwischen unternehmensumfassenden und projektspezifischen QS-Systemen (aus Merkblatt SIA 2007)