

Apparate für die Kältetechnik*

Während sich in den vergangenen Jahren die gegenseitige Produktionsabstimmung einzelner Hersteller und die innerbetriebliche Rationalisierung durch konsequente Anwendung des Baukastenprinzips im Messeangebot wiederspiegeln, wurden in diesem Jahr mehrfach Gemeinschaftsentwicklungen verschiedener Firmen von einzelnen, neuen Gerätetypen gezeigt. Daneben war als Trend zu erkennen, daß anstelle von Einzelstücken aus der Fertigung in verstärktem Maße Problemlösungen für Gesamtanlagen durch Modelle und Schemabilder dargestellt wurden. Am weitesten ging man in dieser Richtung auf dem Stand von *BBC-York*, Mannheim, wo praktisch nur zum technischen Gespräch eingeladen wurde.

Bei einer Reihe von Firmen wurden Verbesserungen hinsichtlich der Umweltfreundlichkeit der Anlagen in den Vordergrund gestellt. So sind die sehr kompakten Kältesätze der *Luwa GmbH*, Frankfurt/M., jetzt bis zu den größten Leistungen wahlweise luftgekühlt lieferbar. Bei den Absorptionskältemaschinen wird von der *Linde AG*, Sürth, auf die günstige Beheizungsmöglichkeit durch Abfallenergie in

Form von Dampf, Heißwasser oder Produktgase (neben der ebenfalls billigen Primärenergie Öl) und von der *Borsig GmbH*, Berlin, auf die neuerdings mögliche Luftkühlung der Absorber und Kondensatoren in den Anlagen dieses Herstellers besonders hingewiesen. Von der *Balcke-Dürr AG*, Ratingen, werden Naturzug-Trockenkühltürme in Seilnetzkonstruktion propagiert, die für jede derzeit mögliche Kraftwerksleistung dimensioniert werden können. Die Wärmeaustauschfläche der Kühltürme wird von Rippenrohrelementen gebildet, durch die das zu kühlende Wasser oder der zu kondensierende Dampf strömen. Der Kühlmantel besteht aus einem rein zugbeanspruchten, vorgespannten Seilnetz, das lediglich eine Verkleidung erhält, unten in einem Zug-Fundamentring endet und oben durch einen Hubring und Radialseile mit einem konzentrisch angeordneten Stahlbeton-Tragmast verbunden ist. Vorteile dieser Neukonstruktion sind u. a. die künftige Ausbaufähigkeit zu größeren Leistungen, eine schnelle Montage und die Möglichkeit einer einfachen Demontage.

Eine Verschiebung des Arbeitsbereichs zu tieferen Temperaturen ist bei den Anlagen zum Schnellgefrieren und zur Gefriertrocknung von organischen Produkten, insbesondere Lebensmitteln, festzustellen, wobei verschiedene Gase und Flüssigkeiten bis hin zum flüssigen Stickstoff als Kühlmittel dienen und meist in direkten Kontakt mit dem Gefriergut gebracht werden. Bei einigen Firmen war am Angebot eine verstärkte Beachtung des immer umfangreicherem Trans-

* Berichterstatter: Dr.-Ing. D. Gorenflo, Institut für Technische Thermodynamik u. Kältetechnik der Univ. Karlsruhe (TH), Richard-Willstätter-Allee 2.

portes und der Lagerung von Flüssiggas zu erkennen, da man offenbar mit einer Belebung des Marktes für Geräte und Anlagen zur Behandlung tiefgekühlter Gase und Flüssigkeiten bei Temperaturen bis ca. -160°C (flüssiges Erdgas) rechnet. Auf dem Gebiet der Tieftemperaturtechnik fiel hauptsächlich das Bestreben zur Vereinfachung der Anlagen hinsichtlich Betrieb und Wartung auf, während bei der Laborkälte im wesentlichen die Regelung der Apparate vielseitiger und besser wurde, wobei man sich der modernsten Verfahren bedient.

Tiefgefrieren und Gefriertrocknung

Von der Fa. *Airco Cryogenics*, Irvine/Calif. (USA), wurde eine neue Tiefgefrieranlage für Bandfroster entwickelt, in der gereinigte und getrocknete Luft als Kühlmedium dient. Die Luft wird aus dem Froster angesaugt, in zwei Turbokompressoren verdichtet, durch einen Gegenströmer geleitet und in einer Expansionsturbine entspannt, die einen der beiden Kompressoren antreibt. Mit ca. -130°C gelangt die entspannte Luft in den Bandfroster, um dort Gefriertemperaturen von -60 bis -80°C (bei Bedarf auch tiefer) aufrechtzuerhalten. Typische Kälteleistungen für die Anlage liegen bei $1 \cdot 10^6$ bis $2 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}$.

Bei ähnlich tiefen Temperaturen arbeitet der neue „Schock-Froster“ der Fa. *Buse*, Bad Honnigen. Hierbei wird flüssiges CO_2 auf das Kühlgut gesprührt, das auf einem wendelförmig angeordneten Band aus rostfreiem Stahl durch den gekühlten Raum transportiert wird (vgl. Abb. 1). Neben der Verdampfungswärme

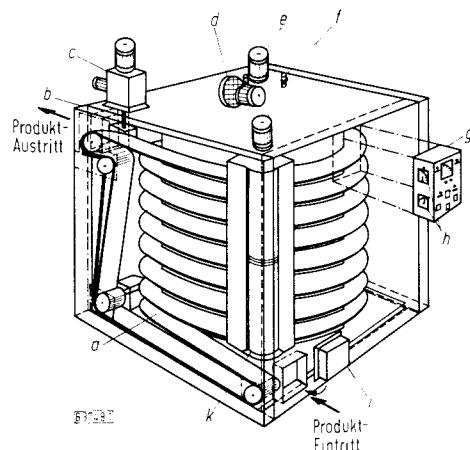


Abb. 1. Schock-Froster „System Buse“; *a* Förderband, *b* Kühlzelltür, *c* Antriebsmotor, *d* Absauggebläse, *e* Motoren der Umlaufgebläse, *f* Steuerventil, *g* Schaltschrank, *h* Temperaturregler, Temperaturschreiber, *i* Klappe, *k* Umlaufgebläse.

(Fa. *Buse*, Bad Honnigen)

fungswärme von CO_2 , die bei ca. -60°C zur Verfügung steht, wird auch die fühlbare Wärme des CO_2 -Gases, das durch Umlaufgebläse angenähert im Gegenstrom zum Gefriergut geführt werden kann, zur Kühlung ausgenutzt. Neben der guten Anpassungsmöglichkeit der Gefrierbedingungen an verschiedene Produktarten wird als Vorteil des Gerätes die keimhemmende Wirkung von CO_2 genannt, die die Haltbarkeit von Nahrungs- und Genußmitteln verlängert.

Von der *KHD Industrieanlagen AG Humboldt-Wedag*, Köln, wurde das neue „Palla-Tiefkältemahlsystem“ vorgestellt, das in Zusammenarbeit mit der Fa. *Air Products* entstanden ist. Das Verfahren beruht darauf, daß fast alle Stoffe bei sehr

tiefen Temperaturen stark verspröden und dadurch leicht mahlbar werden. Als Kältemittel dient flüssiger Stickstoff bei der Siedetemperatur von -196°C . Der Stickstoff wird aus einem Vorratsbehälter dem Vorkühlbunker und der Palla-Schwingmühle zugegeben, deren Mahlraum gasdicht geschlossen und sehr gut wärmeisoliert ist (vgl. Abb. 2). Dabei

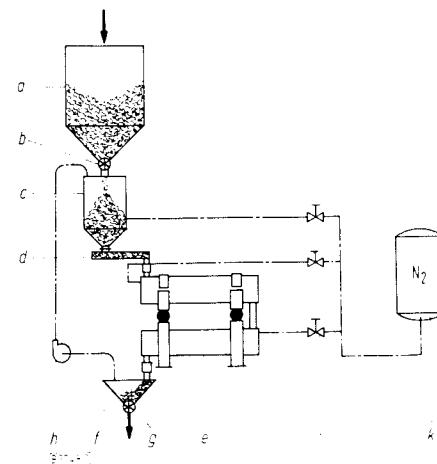


Abb. 2. Schematische Darstellung des Cryopalla-Tiefkältemahlsystems; *a* Aufgabebunker, *b* Zellenradschleuse, *c* Vorkühlbunker, *d* Dosierschnecke, *e* Schwingmühle, *f* Feingutbehälter, *g* Zellschleuse, *h* Ventilator zur Kaltgasrückführung, *i* N_2 -Zuteilung, *k* Flüssigkeit/Gas-Behälter; der verwendete Stickstoff hat folgende Kenndaten: Reinheit 99,999 Vol.-%, Taupunkt -76°C , Siedetemperatur $-195,8^{\circ}\text{C}$, spez. Gewicht des Gases $1,2505 \text{ kg/Nm}^3$, Verdampfungswärme $59,6 \text{ kcal/Nm}^3$, spez. Wärme $0,31 \text{ kcal/Nm}^3 \text{ K}$.

(KHD Industrieanlagen AG Humboldt-Wedag, Köln)

ist von Vorteil, daß der Stickstoff das Mahlgut vor Oxidation schützt und beim Mahlen leicht entzündlicher Stoffe eine Explosion ausschließt. Durch das neue Tiefkältemahlsystem können weichzähe, hochelastische und wärmeempfindliche Stoffe sowie Stoffe pflanzlicher und tierischer Herkunft, die bei normaler Mahltemperatur durch Verflüchtigung ätherischer Öle an Wert einbüßen, wirtschaftlich und ohne Wertverlust fein- und feinstzerkleinert werden.

Ein ähnliches Problem wird von der bei der *Linde AG*, Sürth, im Schema gezeigten Zerstäubungskühlwanlage gelöst. Diese Anlagen dienen der Herstellung von feinkörnigem Pulver aus Stoffen, die bei Umgebungstemperatur fest und nicht mahlbar sind, wie z. B. Paraffine, Wachse, Fette und Emulgatoren. Die Substanzen werden über den Schmelzpunkt erhitzt, durch Hochdruck-Dralldüsen in einen Kaltluftstrom von ca. -30°C eingesprühnt und danach von der im Kreislauf geführten Luft abgetrennt. Mit einem Trägermedium vermischt kann das Pulver ohne Beeinträchtigung der Rieselfähigkeit für längere Zeit gelagert werden.

Eine verbesserte Labor-Gefriertrocknungsanlage des Typs GT 2 wurde von der *Leybold-Heraeus GmbH & Co.*, Köln, entwickelt. Der Hersteller garantiert für die Anlage eine Leistung von 2 kg Wassersublimation in 24 h. Beispielsweise können bei Kolbentrocknung bis zu 8 Kolben mit je 300 ml Produkt angeschlossen werden, wobei der Druck in der Beladungsphase nicht über 0,6 Torr ansteigt. Zu der Anlage wird ein vielseitiges Programm an Zusatzgeräten angeboten, wie z. B. ein Heizplatten-Gestell mit max. ca. 2000 cm^2 Stellfläche, eine Apparatur zum Verschließen von Flaschen unter Vakuum, ein Rechen mit 8 einzeln absperrbaren Anschlägen, ein Spin-Freezer mit stufenlos regelbarer Drehzahl bis 2000 U/min u. a.

Flüssiggas-Transport

Auf mehreren Ausstellungsständen wurden der Seetransport und die allgemeine Behandlung tiefsiedender Gase in flüssiger Form angesprochen. So wurde von der *Liquid Gas Anlagen Union GmbH*, Remagen, in Zusammenarbeit mit der Werft *Blohm & Voss AG* ein Großgastanker für 125 000 m³ flüssiges Erdgas entwickelt, der ein neues modulares Tanksystem enthält. Das System besteht aus zylindrischen, horizontal und querschiffs angeordneten Tankzellen von 5 bis 6 m Durchmesser, die untereinander verbunden sind. Aus Sicherheitsgründen handelt es sich bei den Tanks um Druckbehälter, die drucklos betrieben werden und die lediglich an den Doppelbodenauflagern mit dem Schiffskörper in Kontakt stehen. Die Serienfertigung der Tankzellen und die Vormontage zu Groß-Tanksektionen kann in Fertigungsstätten des Behälterbaues und parallel dazu in der Werft die Herstellung des Schiffskörpers durchgeführt werden, was zu kurzer Gesamtbauphase und zu wirtschaftlichen Fertigungskosten führt.

Während beim Transport aller Flüssiggase bei Siedetemperatur eine Kälteanlage zur Rückverflüssigung des infolge von Wärmeeinfall verdampfenden Teils der Ladung benötigt wird, kann im Falle von Erdgas der entstehende Dampf auch zum Antrieb des Schiffes durch einen Gasmotor verwendet werden. Der erste Groß-Diesel-Gas-Motor dieser Art mit einer Leistung von 20 000 PS, der ohne Leistungsänderung wahlweise mit Gas oder Öl betrieben werden kann, wurde jetzt von der *Sulzer AG*, Winterthur, gebaut. Der Motor ist für einen Flüssiggastanker mit 29 000 m³ Ladekapazität bestimmt.

Eine einstufige Radialpumpe, Typ TO 4, zur Förderung von 15 m³ flüssigen Sauerstoffs/h bei einer Förderhöhe von 180 m O₂ wurde von der *Linde AG*, Sürth, ausgestellt. Die Pumpe besitzt eine verschleißfreie Labyrinthdichtung, eine gemeinsame Welle mit dem Antriebsmotor und ölfreie Drehzahlumsetzung durch Frequenzumformer. *Linde* liefert derartige Radialpumpen in ein- und mehrstufiger Bauart für die Förderung verschiedener tiefkalter Flüssigkeiten, wie z. B. Kohlenwasserstoffe, Argon, Stickstoff und Sauerstoff.

Tieftemperaturtechnik, Laborkälte

Die *Linde AG*, und die *Philips Elektronik Industrie GmbH*, Hamburg, zeigten als Gemeinschaftsentwicklung eine neue, leicht transportable Flüssig-Sauerstoff-Anlage, Typ LOX 30 (vgl. Abb. 3), die 30 kg/h flüssigen Sauerstoff mit einer Reinheit von 99,5 Mol-% (Atmungsqualität) erzeugt. Die Anlage hat einen Platzbedarf von ca. 15 m², ein Gesamtgewicht von 5 t und besteht aus vier Kompakteinheiten, die durch flexible Leitungsschläuche untereinander verbunden sind und dadurch einfach montiert und demontiert werden können. Bei dem Verfahren wird Umgebungsluft durch einen mehrstufigen Kolbenkompressor verdichtet, in Wärmeaustauschern und in periodisch wechselnden Molekularsieb-Adsorbern vorgekühlt und gereinigt, in einem Philips-Kryogenerator PPG 400 mit nachgeschaltetem Kondensator verflüssigt und über ein Drosselventil einer Rektifikationskolonne zugeführt, aus der unten flüssiger Sauerstoff in einen Vorratsbehälter strömt, während oben stickstoff-reiches Restgas abgeführt wird. Vorteilhaft sind bei der Anlage die kompakte Bauweise, die einfache Transportfähigkeit und die problemlose Montage, auch von ungelernten Kräften. Als Anfahrzeit werden ca. 3 h und als ununterbrochene Laufzeit bis 1500 h angegeben.

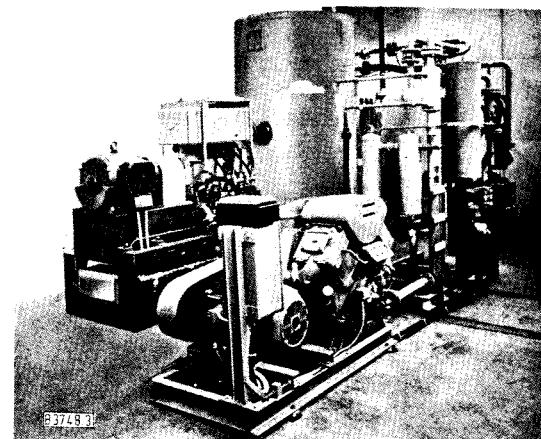


Abb. 3. Transportfähige Sauerstoff-Erzeugungsanlage, Typ LOX 30, für 30 kg/h flüssigen Sauerstoff bei 99,5 Mol-% O₂ (Atmungsqualität).

(Gemeinschaftsentwicklung der *Linde AG*, Höllriegelskreuth, und der Fa. *Philips*, Eindhoven/Niederlande)

Einen neuen Kryogenerator, der insbesondere für die Verwendung als Kryopumpe konzipiert wurde, stellte die Firma *Philips*, Hamburg, aus. Die sehr kompakte zweistufige Maschine vom Typ K 20 leistet in der Vorstufe 80 W bei 100 K und in der Endstufe 10 W bei 20 K. Als Vakuumpumpe beträgt die Saugleistung bei 10⁻³ Torr 5000 l/s. Ab 10⁻⁶ Torr ist die Pumpzeit praktisch unbegrenzt. Die Maschine eignet sich für den Einsatz in Versuchsanlagen unterschiedlichster Art; besonders empfohlen wird sie für Aufdampfanlagen (Chargenbetrieb).

Der Helium-Verflüssiger PLHe 212 von *Philips* wurde in einzelnen Komponenten verbessert und zu einem Vielzweckgerät ausgebaut. So können lediglich durch Auswechseln der Kältemaschine Leistungen von 4; 12 und 261 flüssiges Helium/h erzielt werden bzw. im Kühlbetrieb Kälteleistungen von 15; 40 und 80 W bei 4,4 K. Um die Bedienung zu vereinfachen und den Platzbedarf zu verringern, wurden der Steuerschrank und der Kryostat in einem gemeinsamen Schrank untergebracht, der sämtliche Überwachungs- und Bedienungselemente trägt.

Ein Kleingerät zur Kühlung von Proben bei der Untersuchung von Stoffeigenschaften wurde von *Cryogenic Technology, Inc.*, Waltham/Mass. (USA), entwickelt (vgl. Abb. 4). Die Kälteerzeugung erfolgt nach dem Gifford-McMahon-Prozeß, wobei eine Kälteleistung von 1 W bei 10 K erreicht wird. Durch eine regelbare Gegenheizung können beliebige ProbenTemperaturen zwischen ca. 17 K und Umgebungstemperatur eingestellt werden. Als besonderes Anwendungsgebiet wird die Tieftemperatur-Spektroskopie genannt, wobei handelsübliche Spektrometer eingesetzt werden können.

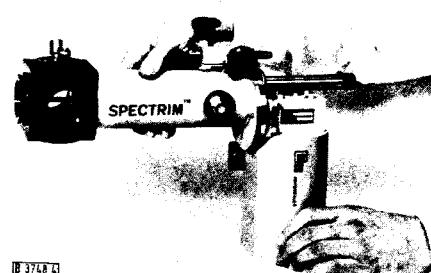


Abb. 4. Spektrum-Kühlzusatz zur Kryospektroskopie. (Cryogenic Technology, Inc., Waltham, Mass./USA)

Bei den Klimaprüfschränken der *Ernst Vötsch Kälte- & Klimatechnik KG*, Frommern, wird die Temperatur- und Feuchteregelung jetzt in Steckkarten-Einschubtechnik ausgeführt. — Die Regelheizungen der Kryostate von *Haake*, Karlsruhe, werden wahlweise mit 2-Punkt-Regelung oder einem Regler mit PI-Charakteristik ausgestattet, der an-

stelle des Phasenanschnittverfahrens mit der für das Labor ungünstigen, starken Netzbeeinflussung nun nur noch jeweils halbe Netzwellen zur Regelung ausnützt. Von der *Colora Meßtechnik GmbH*, Lorch, wird zu den Thermostaten ein Programmgeber angeboten, mit dem u.a. ein bestimmter zeitlicher Temperaturverlauf vorgewählt werden kann. [B 3748]