



Die Umweltprobenbank für Human-Organproben Münster ist Teil der Umweltprobenbank des Bundes, in der Umwelt- und Humanproben gesammelt, auf umweltbezogene Stoffe untersucht und bei tiefer Temperatur gelagert werden, damit sie jederzeit in unverändertem Zustand verfügbar sind.

Der Kälte-Klima-Fachbetrieb Emde in Münster wurde kürzlich mit einer nicht alltäglichen Aufgabe betraut: An den Universitätskliniken in Münster wurde ihm der Zusammenbau und die Montage von drei mehrstufigen fahrbaren Kompaktkälteanlagen anvertraut, die wechselseitig in der Lage sind, menschliche Organproben, die unterschiedlichen Umweltbelastungen ausgesetzt waren, in einer Tiefkühlzelle bei einer konstanten Temperatur von $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Vorraum als Schleuse $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$) dauerhaft zu lagern. Nicht flüssiger Stickstoff ist hierbei das Kühlmedium, sondern die Tieftemperatur-Kältemittel KLEA 404A (Vorraum) und KLEA 508 (Hauptraum). Hierzu bestehen an den Universitätskliniken in Münster schon seit 1980 praktische Erfahrungen.

Die Umweltprobenbank für Human-Organproben Münster (organisatorisches Kürzel: UPB-Hum) ist Teil der Umweltprobenbank des Bundes, in der Umwelt- und Humanproben gesam-

Mit KLEA 508 Lagerung von Organproben bei $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$

Umweltprobenbank (Datenbank) für Human-Organproben an den Universitätskliniken in Münster

melt, auf umweltbezogene Stoffe untersucht und bei tiefer Temperatur gelagert werden, damit sie jederzeit in unverändertem Zustand verfügbar sind. So die offizielle Konzeption.

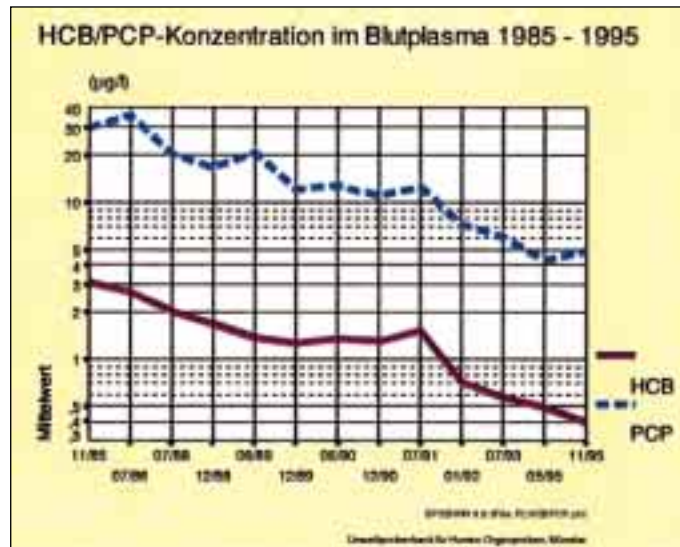
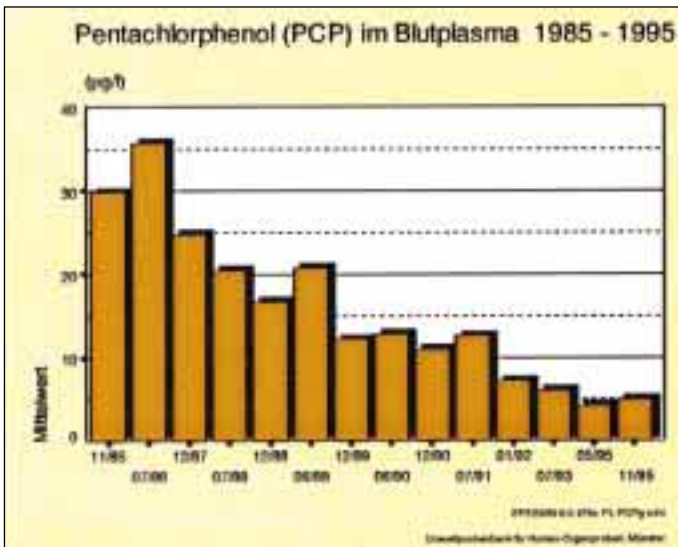
Die UPB-Hum ist im Haushalt des Bundesumweltministeriums – und dort unter der fachlichen Zuständigkeit des Umweltbundesamtes Berlin – logistisch in die Medizinischen Einrichtungen der Westfälischen Wilhelms-Universität als selbständige Institution eingebunden. Im Zusammenhang mit dem an Kälteanlagenbauermeister Ralf Emde vergebenen „Kühlauftrag“ ist es für den Fachleser, der sich ja in den zurückliegenden 10 Jahren besonders intensiv mit Umweltbelastungen auseinan-

derzusetzen hatte, vielleicht besonders interessant, wenn KK im Zusammenhang mit der noch darzustellenden Kältetechnik einmal etwas näher Umweltaspekte, die uns als Menschen betreffen, als Bezugspunkt dieses Fachbeitrags behandelt. Hier darf deshalb der Deutlichkeit wegen aus der Aufgabendarstellung der Umweltprobenbank für Human-Organproben Münster auszugsweise zitiert werden:

„Die Umwelteinflüsse auf den Menschen, die in der persönlichen Belastung erkennbar sind, werden in der Umweltprobenbank für Human-Organproben nach entsprechender standardisierter Gewinnung durch analytische Untersuchungen und in der Dokumen-



In gemeinsamer Teamarbeit wurde die neue (zusätzliche) Kälteanlage mit dem Kältemittel KLEA 508 konzipiert. Im Bild von links: Kälteanlagenbauermeister Ralf Emde (er hat die Anlage erstellt), Dr. Rolf Eckard, stellvertretender Leiter der Umweltprobenbank für Human-Organproben an den Universitätskliniken Münster, Kälteanlagenbauermeister Vincent Milsch (er hat den kältetechnischen Teil der Anlage entworfen), Abteilungsleiter Kälte-Klimatechnik an den Uni-Kliniken Münster, und Kälteanlagenbauermeister Franz-Josef Drieling, Technische Beratung Kältemittel bei der Westfalen AG in Münster.



Von 1985 bis 1995 ging die Belastung des Menschen durch Hexachlorbenzol (HCB) und das Holzschutzmittel Pentachlorphenol (PCP) um nahezu 90 % zurück. Im einzelnen ist der mittlere HCB-Gehalt im Blut von 2,5 auf 0,2 Nanogramm (milliardstel Gramm) pro Milliliter (cm³) zurückgegangen; die PCP-Belastung im Mittel von 30 auf nur noch 4,5 Nanogramm pro Milliliter Blut. Beide Stoffe sind chemisch verwandt, schwer abbaubar, für den Menschen gesundheitsschädlich und inzwischen verboten. HCB wurde früher als Weichmacher und Saatbeizmittel verwendet, PCP hat pilztötende Wirkungen und wurde vor allem als Holzschutzmittel eingesetzt.

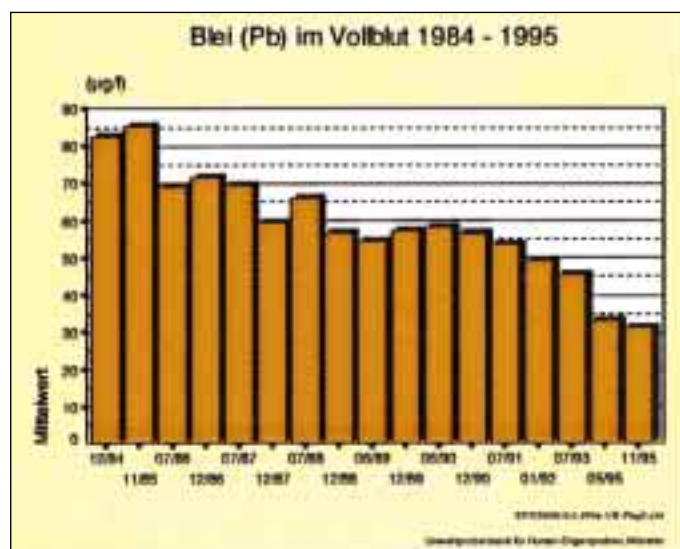
tation des individuellen Lebens festgehalten und dann zusätzlich unter verlässlichen Bedingungen für eine spätere Nutzung aufbewahrt. Unter strenger Gewährleistung des Datenschutzes werden Informationen zur Probenbeschreibung der Human-Organproben einschließlich der Analysewerte in der angegliederten Datenbank verwaltet und wissenschaftlich ausgewertet. Die Untersuchungen der Umweltprobenbank für Human-Organproben dienen sowohl einer aktuellen Bestandserhebung als auch langfristig dem Schutz des Menschen in seiner von ihm selbst gestalteten Umwelt.“

Zu den eigentlichen Aufgaben und Zielen der Umweltprobenbank für Human-Organproben erklärt deren stellvertretender Leiter, Dr. Rolf Eckard, gegenüber der KK:

„Für die Belastung des Menschen mit Schadstoffen in Haaren, Blut, Urin, Sperma, Muttermilch und ähnlichen Proben werden Durchschnittswerte ermittelt. Durch wiederholte Untersuchungen von vergleichbaren Personengruppen in regelmäßigen Zeitabständen lassen sich langfristig Trends analysieren. Die Feststellung solcher Langzeittrends in der Belastung des Menschen ist wichtig für die Entwicklung gesetzlicher Maßnahmen und deren Erfolgskontrolle.“

Die Konzentration der zur Zeit als Schadstoffe bekannten Substanzen werden laufend überwacht, so daß frühzeitig bestehende Zusammenhän-

Der mittlere Bleigehalt im Blut sank von etwa 80ng/ml (1984) innerhalb von 10 Jahren um mehr als die Hälfte auf 31 ng/ml (1995) als direkte Folge des Benzinbleigesetzes von 1971, zuletzt geändert 1994, das in den vergangenen Jahren zu einer stufenweisen Reduzierung des Bleigehaltes im Ottomotor-Kraftstoff führte.



ge zum Auftreten bestimmter Krankheiten erkennbar werden. Mit der Langzeit-Lagerung der gesammelten Proben unter verlässlichen Bedingungen wird die Voraussetzung geschaffen, auch zu irgendeinem späteren Zeitpunkt weitere Untersuchungen durchzuführen oder aber nach Jahrzehnten mit verbesserter Meßtechnik zu wiederholen. Welche Umwelt-Veränderungen anhand der Ergebnissen der in Münster vorgenommenen wissenschaftlichen Untersuchungen für die Human-Belastungen erfolgen können, verdeutlichen beispielhaft die hier abgebildeten Diagramme im Zusammenhang mit der empirischen Schadstoffbelastung des Menschen durch

Blei, Hexachlorbenzol und durch das Holzbehandlungsmittel Pentachlorphenol (PCP) für die Jahreszeiträume 1985 bis 1995.

Die Kaltlagerung bei -80 °C

Schon im Jahr 1974 gab es Voruntersuchungen zur Tiefkühl Lagerung von Human-Organproben an der Universität Münster. Anfangs diente flüssiger Stickstoff als Kühlmedium, heute werden diese Vorratstanks aus Sicherheitsgründen parallel zu den Tiefkühl-Kälteanlagen in Funktion gehalten. Seit 1980 verfügt die Probenbank für Human-Organproben Münster über eine bis heute einzigartige begehbare Tiefkühlkammer von 34 m³ Rauminhalt

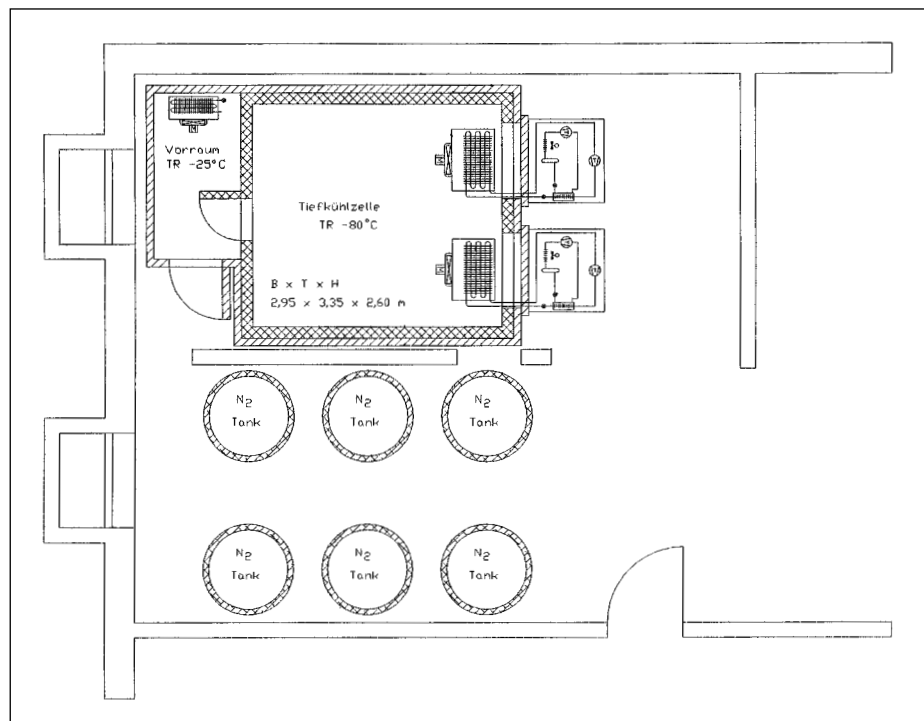
als zentrale Bank für die Langzeitlagerung von Humanproben. Hier lagern bei $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis heute ca. 300 000 (!) Einzelproben, und jedes Jahr kommen neue Proben hinzu. Dies ist der Grund, warum jetzt eine zusätzliche Tiefkühlkammer – in Form einer begehbaren Tiefkühlzelle – zusätzlich erstellt wurde. Die 1980 installierte Tiefkühlkammer, deren 2stufige Kälteanlage seinerzeit Kälteanlagenbauermeister Franz-Josef Drieling – heute Technischer Berater für Kältemittel bei der Westfalen AG – montieren „durfte“, verfügte ursprünglich über die Kältemittel R 22 (erste Stufe) und R 13 (zweite Stufe) und wurde wegen der besseren Effizienz späterhin umgerüstet auf die Kältemittel R 502 (erste Stufe) und R 503 (zweite Stufe) und so auch heute problemlos betrieben, wie die hier veröffentlichten Fotos eindrucksvoll ausweisen.

Das neue Tiefkühlagerungs-Projekt wurde von Kälteanlagenbauermeister Vincent Milsch höchstpersönlich ausgearbeitet. Er ist Abteilungsleiter Kälte- und Klimatechnik in den Universitätskliniken Münster. Von den 6 Turbokompressoren-Kaltwassersätzen bis hin zum Blutbank-Kühlschrank, Vincent Milsch zeichnet für die gesamte Technik und Störfallvorsorge innerhalb der Universitätskliniken hauptverantwortlich. Somit auch für die Kaltlagerungs-Technik in der Umweltprobenbank. Dieses Mal hat Kälteanlagenbauermeister Milsch die mehrstufigen Kälteanlagen selbst konzipiert, insbesondere hat er – seine Erfahrungen mit der „alten“ Tiefkühlanlage nutzend – den Gegenstromwärmetauscher aus rund gewickeltem Kupferrohr zur Vermeidung möglicher Probleme im Bereich der Druckdifferenz – selbst berechnet, dimensioniert und dann bauen lassen.

Ein wichtiges Essential war die Auswahl neuer chlorfreier umweltfreundlicher Kältemittel. R 502 und R 503 sind out, was also „anstatt“ nun nehmen? Hier nun die Lösung für die Hochdruckstufe:

KLEA 508 von ICI

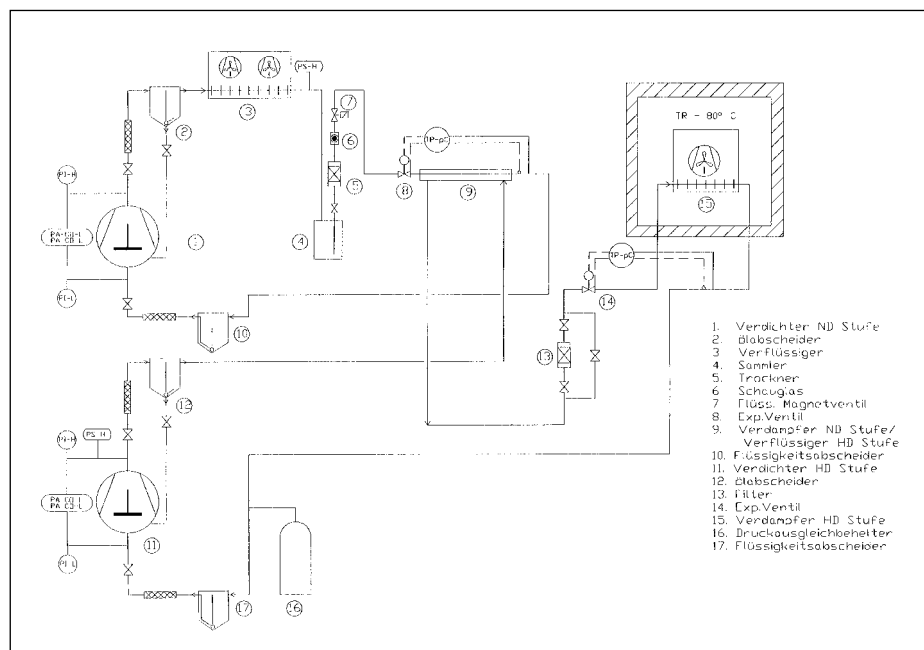
KLEA 508 ist ein nicht-entzündliches, azeotropes Kältemittel ohne Ozonbaupotential. Es besteht aus R 23 (39 %) und R 116 (61 %) und kann als Drop-In (!) für R 503 eingesetzt werden. Das von ASHRAE in A 1 klassifizierte Kältemittel hat eine äußerst geringe Toxizität. Die empfohlene Ar-



Grundriß Funktionsraum der Umweltprobenbank für Human-Organproben Münster. Darin eingezeichnet die Tiefkühl-Kältekammer sowie die Stickstofftanks für die äußerste Notversorgung.

beitsplatzkonzentration ist 1000 ppm, das ist der gleiche Wert wie bei R 503. Über die jeweiligen physikalischen Eigenschaften gibt Tabelle 1 Auskunft. KLEA 508 von ICI und Westfalen AG kann in neuen und bestehenden Anlagen eingesetzt werden. Seine Eigenschaften sind mit denen von R 503 ver-

gleichbar, so daß bei Umrüstungen nur geringfügige Veränderungen an der Anlage vorgenommen werden müssen. Die mit R 503 verwendeten Öle zeigen eine sehr ähnliche Löslichkeit mit KLEA 508 und können nach Angaben von ICI in vielen Fällen auch mit KLEA 508 verwendet werden. KLEA



1. Verdichter ND Stufe
2. Ölabscheider
3. Verflüssiger
4. Sammler
5. Trockner
6. Schweißgas
7. Flüss. Magnetventil
8. Exp.Ventil
9. Verdampfer ND Stufe/ Verflüssiger HD Stufe
10. Flüssigkeitsabscheider
11. Verdichter HD Stufe
12. Ölabscheider
13. Filter
14. Exp.Ventil
15. Verdampfer HD Stufe
16. Druckausgleichsbehälter
17. Flüssigkeitsabscheider

Ri-Fließbild der Spezial-Tiefkühlanlage mit Hoch- und Niederdruckstufe. Alles montiert auf einem gemeinsamen fahrbaren Chassis.



So geht's richtig. Die komplette 2stufige Tiefkühl-Kälteanlage ist auf einem fahrbaren Chassis anschlussfertig montiert und wird von außen hinten an die Tiefkühlzelle heran- und der Ventilatorluftkühler durch die Isolarelemente hineingeschoben. Abdichtung perfekt, keine Schwitzwasserbildung, Innentemperatur im Betrieb $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

508 ist mit den in R 503-Anlagen verwendeten Werkstoffen verträglich. Verglichen mit R 23 zeigt KLEA 508 niedrigere Temperaturen am Verdichterauslaß. Dies wirkt sich positiv auf die Lebensdauer der Anlage aus. Weiterhin bietet KLEA 508 sowohl eine hohe Kälteleistung als auch eine gute Leistungszahl und ist nicht zuletzt daher bereits ein sehr erfolgreiches Kältemittel im biomedizinischen Einsatz und im

Bereich der Gefriertrocknung, wie ICI auf Rückfrage der KK-Redaktion mitteilt. Führende Anlagenhersteller, wie zum Beispiel Sanyo (stellen nicht nur Klimageräte her), sollen KLEA 508 bereits serienmäßig in entsprechenden Geräten weltweit verwenden.

Automatisch abgetaut wird nicht
Das zu erfahren, ist auch für den kältetechnischen Fachmann zunächst eine

Überraschung. Tatsächlich aber logisch. Unabhängig davon, daß bei einer Lagertemperatur von $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ eine kaum relevante rel. Luftfeuchte anzutreffen ist, ist ein Reifbefall an den Ventilatorluftkühlern andererseits nach einer gewissen Betriebszeit nicht zu verhindern. Wie nun abtauen? In einem Tiefkühlagerraum mit einer Temperatur von $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (kann man mit Schutzkleidung versehen sogar fotografieren)



Es ist verboten, den Innenraum der Tiefkühlzellen alleine zu betreten. Von außen wird der Innenraum über einen Fernsehmonitor überwacht. Kältetechnischer Abteilungsleiter Vincent Milsch zeigt auf die Spezialkameras, die im Innenraum montiert sind und die sich von außen steuern lassen.



Der stellvertretende Leiter der Umweltprobenbank für Human-Organproben Münster, Dr. Rolf Eckard, erläutert KK-Aufgaben und -Ziele des Umweltprojektes: „Für die Belastung des Menschen mit Schadstoffen in Haaren, Blut, Urin, Sperma, Muttermilch und ähnlichen Proben werden Durchschnittswerte ermittelt. Durch wiederholte Untersuchungen von vergleichbaren Personengruppen in regelmäßigen Zeitabständen lassen sich langfristige Trends analysieren. Die Feststellung solcher Langzeittrends ist wichtig für die Entwicklung gesetzlicher Maßnahmen und deren Erfolgskontrolle. In der Tiefkühlzelle, vor der ich hier stehe, werden bis heute 300 000 Einzelproben bei -80°C gelagert – und jedes Jahr kommen neue Proben hinzu. Deshalb benötigen wir für unsere wissenschaftliche Arbeit dringend die neue Tiefkühlkammer, damit unsere Arbeit weitergehen kann.“

darf man zum Zweck des Abtauens nicht einfach „heizen“. Weder elektrisch, geschweige denn mit Heißgas. Was also tun?

Die richtige Lösung wurde unter Anleitung von Abteilungsleiter Milsch in der Technischen Abteilung der Universitätskliniken Münster für die Umweltprobenbank wie folgt gefunden: die 2stufige Kälteanlage (der Vorräum besitzt eine separate Kälteanlage) wird komplett auf einem fahrbaren Chassis montiert (siehe Fotos), und zwar so, daß der Ventilatorluftkühler wie ein Stopferaggregat über das Chassis hinausragt.

Solchermaßen wird das ganze Chassis von hinten an die Tiefkühlzelle heran- und der Ventilatorluftkühler über Dichtungselemente in den zu kühlenden Raum hineingeschoben. Eingeschaltet – und schon wird ohne

Tabelle 1 Ein Vergleich der physikalischen Eigenschaften von R 503 und KLEA 508.

Physikalische Eigenschaften		
	R-503	KLEA 508
Zusammensetzung (Masse-%)	60 % R-23 40 % R-13	39 % R-23 61 % R-116
Siedepunkt bei 1 atm, $^{\circ}\text{C}$	-67,66	-65,68
Dichte des gesättigten Dampfes bei 1 atm, kg/m^3	6,00	6,73
Dichte der gesättigten Flüssigkeit bei 1 atm, kg/m^3	1475	1566
Verdampfungsenthalpie bei 1 atm, kJ/kg	179,39	163,15
Kritische Temperatur, $^{\circ}\text{C}$	19,4	13,2
Kritischer Druck, bar abs.	43,57	40,6
Kritische Dichte, kg/m^3	964	965
Adiabatenkoeffizient c_p/c_v bei -34°C	1,21	1,15
max. Arbeitsplatzkonzentration, ppm (ICI Empfehlung)	1.000	1.000

Schwitzwasserbildung (das ist das besondere Uni-Klinik-Know-how) abgekühlt. Dies tun zwei fahrbare Kälteanlagen zyklisch abwechselnd, zeitlich auch unterschiedlich, je nach Lagerabkühlbedarf. Wie wird nun abgetaut? Ganz einfach: mehrmals im Jahr wird die Ventilatorluftkühler-Einheit mit dem gesamten Kältechassis aus der Tiefkühlzelle herausgezogen – und dann wird eben ohne elektrische kW-Leistung „natürlich“ enteist. Und nun

kommt's: die Kühlfunktion des einen Kältechassis übernimmt dann eine dritte „Vorratseinheit“ – und so geht es dann jährlich problemfrei rundum. Eine weitere Besonderheit an der Tiefkühlzelle selbst: Niemand darf allein die Zelle betreten, immer nur zwei Personen. Zusätzlich beobachtet eine dritte Person das Verhalten der Personen im Innenraum der Tiefkühlkammer über ein Bildschirmgerät (siehe Abbildung). Dazu ist innerhalb der Tiefkühlkammer eine Spezialkamera (siehe



Diese „ältere„ Spezial-Tiefkühlanlage wurde 1980 für eine bis heute einzigartige begehbare Tiefkühlkammer (-80°C bis -85°C Innenraumtemperatur) von 34 m^3 Inhalt erstellt und seinerzeit vom heutigen Kältemittel-Fachberater (KLEA-Kältemittel) Franz-Josef Drieling montiert. Das war sein Meisterstück. Kältemittel damals: R 22 für die erste Stufe, R 13 für die zweite Stufe. Zwischenzeitlich schon einmal umgerüstet und durch die Kältemittel R 502 und R 503 ersetzt.



Hier ist der Beweis, daß der Chronist und Fotograf die Tiefkühlzelle betreten hat – und das bei einer Temperatur von $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hat er sich „schlimmer“ vorgestellt, aber bei trockener Kälte kann man es darin für eine kurze Zeit zum „Abkühlen“ schon aushalten. Ganz links im Kälte-Dunst Kälteanlagenbauermeister Vincent Milsch.

Abbildung) erfaßt, die sich auch von außen steuern läßt. $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ sind eben auch für Human-Organen und -Extremitäten nicht von „Pappe“.

Die Tiefkühlkammer als Bestandteil der Umweltprobenbank Münster

Folgende Technik für die Tieftemperaturlagerung von Human-Organproben wurde im Universitätsklinikum Münster vom Kälte-Klima-Fachbetrieb Emde (Münster) installiert.

Tiefkühlzelle

Fabrikat Viessmann, Isolierstärke 200 mm.

Innenabmessungen des Hauptlager-raumes:

- Breite: 2,95 m,
- Tiefe: 3,35 m,
- Höhe: 2,60 m,
- Rauminhalt: 25,70 m³.
- Raumtemperatur: $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Innenabmessungen des Vorräum-es als Schleuse:

- Breite: 1,10 m,
- Tiefe: 2,07 m,
- Höhe: 2,60 m,
- Rauminhalt: 5,92 m³.
- Raumtemperatur $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Kälteanlagen

Tiefkühlvorraum $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$

Erforderliche Kälteleistung: 1,4 kW bei $t_0 = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $t = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Die Kälteanlage besteht im wesentlichen aus einem Maneurop/Danfoss-Verdichter Typ MGE 32 und einem Ventilatorluftkühler Typ SGA 32, Fabrikat KÜBA.

Kältemittel: KLEA 404A, Füllmenge 2,7 kg.

Tiefkühlraum $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$

Erforderliche Kälteleistung der Niederdruckstufe: 7 kW bei $t_0 = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $t = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Die Kälteanlage besteht im wesentlichen aus einem Maneurop/Danfoss-Verdichter Typ MGL 50 (Antriebsleistung 4,6 kW) und einem selbstgebauten Gegenstromwärmetauscher.

Kältemittel: KLEA 404A, Füllmenge ca. 4,8 kg.

Für die Hochdruckstufe wird ein Maneurop/Danfoss-Verdichter Typ MT 100 (Antriebsleistung 7,6 kW) eingesetzt sowie ein Ventilatorluftkühler Typ SGA 71, Fabrikat KÜBA. Die Verdampfungstemperatur beträgt $t_0 = -88\text{ }^{\circ}\text{C}$ und die Verflüssigungstemperatur $t = -35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Als Kältemittel findet KLEA 508 Verwendung, die Füllmenge beträgt ca. 8,7 kg.

Noch einmal sei darauf hingewiesen: Für die Aufrechterhaltung der Dauertieftemperatur in der Kühlkammer sorgt ein abgestuftes, mehrfach abgesichertes Kältesystem: Es sind jeweils zwei Kälteanlagen im Einsatz, wobei jede allein in der Lage ist, die geforderte Temperatur von $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ zu halten. Die Kälteanlagen können bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung durch ein Notstromaggregat versorgt werden; sollte das Notstromaggregat ausfallen, kann flüssiger Stickstoff von $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ direkt in die Kühlkammer eingeleitet werden.

KK glaubt, mit diesem Beitrag eine nicht sehr alltägliche Kälteanwendung ausreichend verständlich beschrieben zu haben. Was nicht so direkt im Detail erwähnt wurde, läßt sich aber auch anhand der Abbildungen durch den Fachleser nachvollziehen. Wer mehr wissen möchte, sollte sich mit der KK-Redaktion, den Firmen ICI und Westfalen AG oder auch direkt mit Kälteanlagenbauermeister Ralf Emde in Münster in Verbindung setzen. P. W.