

*Damit die Leistungswerte stimmen*

## Neues Wärmeübertrager-Testzentrum bei KÜBA in Baierbrunn

*Küba Kältetechnik GmbH konnte im Jahre 2002 ein neues Testzentrum in Baierbrunn in Betrieb nehmen. Auf 1000 m<sup>2</sup> Fläche wurde in einer umgebauten Halle eine ganz neue Prüftechnik installiert, die es ermöglicht, die im Unternehmen entwickelten Wärmeübertrager und andere Kälte- und Klimakomponenten hinsichtlich ihrer Leistungsparameter und ihres Betriebsverhaltens umfassend zu prüfen. KK hatte Gelegenheit, das ganze von innen zu sehen und nutzt nun die Möglichkeit, ihre Leser darüber zu informieren.*

### Neues F+E-Testzentrum

Für den Berichterstatter gewann das Thema auf der IKK 2002 an Interesse. Er wurde auf dem Küba-Messestand mit Bildern konfrontiert, die den Messestand umrahmten. Es waren Bilder vom neuen Testzentrum für Wärmeübertrager in Baierbrunn und von den dort installierten

Ausrüstungen. Der erste Eindruck fand dann auch im letzten IKK-Messereport der KK Berücksichtigung, aber eben nur als zusammenfassende Erwähnung. Es wurde in Nürnberg aber auch verabredet, das Testzentrum von Küba in Baierbrunn zu besichtigen und darüber einen ausführlicheren Report anzufertigen.

Dieser reizvollen Aufgabe stellte sich der Berichterstatter gern und fand sich sodann am 5. Dezember 2002 in Baierbrunn ein, wo er von Marketingmanager Michael Münch und dem Leiter des Testzentrums Dipl.-Ing. Ceslovas Kizlauskas mit der neuen Technik vertraut gemacht wurde. Was er bei der Küba sah und erfuhr, ist tatsächlich eine Information an die KK-Leser wert.

Die Vorschriften von Eurovent, DIN EN 327, DIN EN 328 und DIN EN 1048 haben das Ziel, vergleichbare und nachprüfbar Leistungswerte für die kältetechnischen Wärmeübertrager und ihre Lüfter zu dokumentieren. Im Zusammenhang mit dieser Zielstellung war es für Küba schnell klar, sich als bedeutender Hersteller mit einem Jahresumsatz von mehr als 35 Mio. Euro bei der Entwicklung und Prüfung der Verdampfer, Verflüssiger, Luftkühler und Rückkühler ganz vorn aufzustellen. Man nahm viel Geld in die Hand und installierte in einer umgebauten Lagerhalle auf ca. 1000 m<sup>2</sup> neue Meß- und Prüftechnik im Wert von ca. 1,2 Mio. €. Hinzu kamen

die nicht unerheblichen Bauleistungen. Im Ergebnis entstand ein F+E-Testzentrum, in dem alle Küba-Produkte für alle Kältemittel und Betriebsbedingungen untersucht werden können.

Unter der Leitung von Dipl.-Ing. Ceslovas Kizlauskas arbeiten zwei Ingenieure und zwei Techniker an den Anlagen.

Das sind

- Luftmeßstrecken für die Bestimmung der Luftmengen bei den Lüfterbetriebspunkten der Wärmeübertrager,
- eine Doppelzellenprüfkammer und zwei Prüfkammern in einschaliger Bauweise für die Bestimmung der kältetechnischen Leistungsparameter der Wärmeübertrager,
- Ausrüstungen zur Gewährleistung des kältetechnischen Betriebes und
- umfangreiche Meßwerterfassungs- und -auswertungstechnik.

Alles ist aufeinander abgestimmt und erlaubt die Prüfung der gesamten Produktpalette von Küba. Und diese Produktpalette mit ihrem hohen technologischen Standard erfordert eine derart moderne Prüftechnik. Wie bei einer Betriebsbegehung zu sehen war, sind die Blech- und Rohrfertigung, die Farbgebung als Pulverbeschichtung und die Reinigungsprozesse so gestaltet, daß jeder Wärmeübertrager den Anforderungen der künftigen Bedarfsträger entspricht.

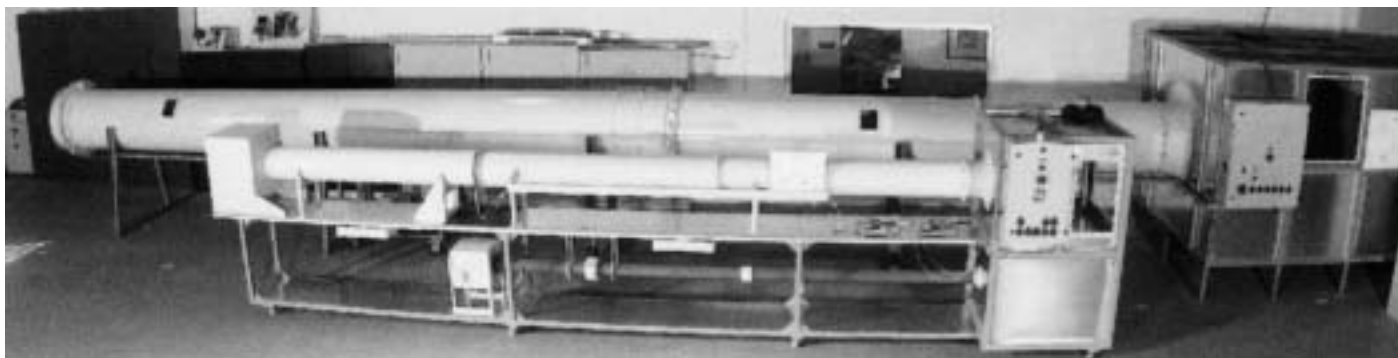


Bild 1 Die drei Luftmeßstrecken zur Ermittlung der Luftmengen, die von den Wärmeübertragerlüftern gefördert werden

## Die Luftmeßstrecken

Die Lüfterkennlinien haben ganz entscheidenden Einfluß auf die Leistungsfähigkeit der Verdampfer und Verflüssiger. Deshalb stehen die Luftmeßstrecken zur Ermittlung der Lüfterkennlinien, Druckabfälle und Luftvolumenströme nicht nur räumlich im Testzentrum am Anfang. Die Lüfter-Wärmeübertrager-Pakete werden im allgemeinen komplett getestet. Damit umgeht man das Problem, daß die Lüfterkennlinie vom Einzel-Lüfter und die luftseitige Wärmeübertrager-Kennlinie für sich ermittelt nicht einfach zusammengefaßt werden können. Denn die realen Strömungsbedingungen stimmen im zusammengebauten Zustand nicht mit den Einzelermittlungen überein.

In Bild 1 sind die drei Luftmeßstrecken zu sehen, wobei sie im Falle ihrer Benutzung aus der „Bereitschaftsstellung“ genommen und in die Arbeitsstellung gerückt werden. Die mittlere Meßstrecke bedient Luftvolumenströme von 100 bis 2100 m<sup>3</sup>/h, die kleine darunter angeordnete bietet den Anschluß nach unten bis zu 45 m<sup>3</sup>/h, während die große Meßstrecke Luftvolumenströme bis ca. 8000 m<sup>3</sup>/h bewältigt. Die Luftmengenmessung erfolgt mit Normblenden, wobei jeder Meßstrecke mehrere unterschiedliche Blendendurchmesser zugeordnet sind, so daß für jeden Meßbereich eine hohe Meßgenauigkeit erreicht wird.

Die Meßstrecken entsprechen den heutigen Anforderungen an rationellen und präzisen Einstell-Parametern. Am Eintritt der Luft in die Meßstrecke befindet sich eine Ausgleichskammer, an deren Vorderseite der Prüfling angeordnet wird. Das ist im Normalfall ein Verflüssiger oder ein Verdampfer mit seinem Lüfter. Lüfter oder Wärmeübertrager können auch separat geprüft werden.

Auf der dem Prüfling gegenüber liegenden Seite der Ausgleichskammer schließt sich der Meßkanal an, dessen Durchmesser auf den entsprechenden Luftmengenbereich abgestimmt ist. Die Ausgleichskammer gewährleistet auf der Luftaustrittsseite des Prüflings eine weitgehend homogene Strömung, wie es im optimalen Fall auch bei der praktischen Anwendung des Wärmeübertragers der Fall sein sollte. Der zu prüfende Wärmeübertrager kann sowohl mit saugendem Lüfter, wie in Bild 2 dargestellt, oder drückendem Lüfter ausgeführt sein.

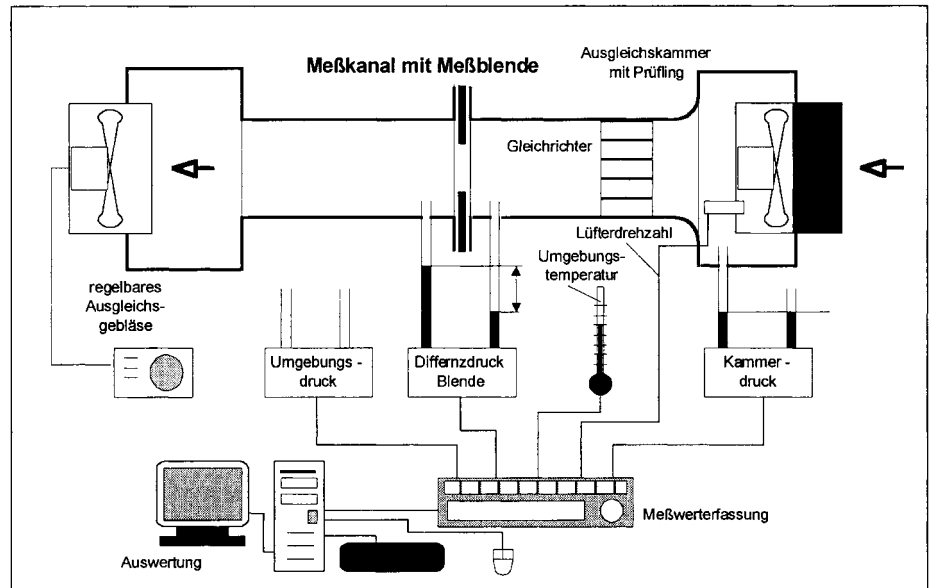


Bild 2 Schematischer Funktionsaufbau der Luftmeßstrecken (nicht maßstäblich)

Am Prüfling wird die Drehzahlmeßstelle für die Lüfterdrehzahl installiert und in der Meßkammer wird, bei Lüfterkennlinien- und Druckabfallmessungen, der eingestellte oder sich einstellende Druck gemessen. In der in Bild 2 gezeigten Anordnung wird ein Wärmeübertrager mit seinem Lüfter am Nennbetriebspunkt geprüft. In diesem Falle muß nach dem Lüfter wieder der Umgebungsdruck herrschen, so daß die Druckdifferenz  $\Delta p = 0$  herrscht (Freiblasbedingung). Die richtige Druckeinstellung erfolgt mittels des drehzahlstellbaren Ausgleichsgebläses am Ende der Meßstrecke. Dieses Gebläse muß auch die Druckverluste am Strömungsgleichrichter am Beginn der Meßstrecke und an der Meßblende sowie die Strömungsdruckverluste in der Meßstrecke selbst kompensieren.

Eine weitere Meßstelle ist die Differenzdruckmessung an der Meßblende als Maß für den Luftvolumenstrom, zu dessen Ermittlung noch zusätzlich der Umge-

bungsdruck und die Umgebungstemperatur selbst gemessen werden müssen. Die fünf Meßwerte werden von der Meßwert erfassungsanlage zusammengeführt und im anschließenden Meßcomputer ausgewertet und visualisiert.

Die Messung der Wärmeübertragerkennwerte an der Luftmeßstrecke ist Voraussetzung für die weitere Prüfung der Wärmeübertrager in einer der Leistungsmeßkammern.

## Die Prüfkammern

Die Prüfkammern dienen zur Ermittlung der Leistungsparameter von Wärmeübertragern bei den zu gewährleistenden Bedingungen bezüglich Verdampfungs- oder Verflüssigungstemperatur bei den entsprechenden Kühlraum- bzw. Umgebungstemperaturen. Weiterhin dienen sie zur Funktionsprüfung bezüglich Bereifungs- und Abtauverhalten, Luftverteilungsverhalten und Zuverlässigkeitsbedingungen.



Bild 3 Blick in den mittleren Prüfraum durch die geöffneten Türen. Es ist die Doppelwandigkeit der Prüfkammern zu erkennen

Eine davon ist als Doppelzellenprüfkammer ausgeführt, was man auch Thermo-boxkammer nennt. Das Meßprinzip beruht darauf, daß man die Prüfkammer zur Umgebung hin thermisch völlig isoliert und dann innerhalb der Kammer die Leistung eines Verdampfers dadurch genau ermitteln kann, daß man elektrisch oder anderweitig so stark gegenheizt, daß man den Sollwert der Raumtemperatur erreicht. Die sehr genau ermittelbare elektrische Heizleistung ist dann gleich der Kälteleistung des Verdampfers einschließlich seines Lüfters. Die zweite Messung der Leistung als Kontrollverfahren erfolgt mittels des Kältemittelmassestroms, mit dem man den Verdampfer zur Erreichung der Raumtemperatur versorgt, und seiner Enthalpiedifferenz.

Im Raum zwischen den beiden Kammern wird mittels einer speziellen Kälteanlage immer die Temperatur erzeugt, die dem Sollwert des Prüfraumes entspricht, so daß keinerlei Wärmeaustausch mit der Umgebung erfolgen kann. Dazu sind die Fußböden der Kammern unterlüftet. Notwendige Wärmebrücken sind auf ein Minimum reduziert und so ausgeführt, daß ihr Einfluß auf die Meßgenauigkeit vernachlässigbar ist.

Insgesamt stehen drei Prüfkammern zur Verfügung, in der Volumenabstufung 3 m<sup>3</sup>, 30 m<sup>3</sup> und 300 m<sup>3</sup> Rauminhalt. Dabei ist die kleine Kammer nicht doppelwandig ausgeführt, da man diese in die Doppelzelle hineinstellen kann und dadurch die thermische Isolierung erreicht. Man kann Leistungswerte zwischen 400 W und 120 kW prüfen. Zum Einsatz kommen entsprechend der verschiedenen Einsatzbereiche und Anwendungsgebiete die Kältemittel R 404A, R 507 und NH<sub>3</sub>. Eine Erweiterung für das in der Entwicklung und ersten praktischen Anwendungen genutzte Kältemittel CO<sub>2</sub> ist noch vorgesehen.

Im Bild 3 ist ein Blick in die mittlere Prüfkammer gezeigt, die doppelten Türen sind Ausdruck der Doppelwandigkeit. Innerhalb der Kammer ist links oben ein zu prüfender Verdampfer zu sehen und am Fußboden ein transportabler Gegenheizer.

Bei der Prüfung von Verflüssigern und Rückkühlern nach DIN EN 327 und DIN EN 1048 in der großen Zelle wird die gleiche Verfahrensweise gewählt, nur muß dann gegengekühlt werden. Das geschieht mit Eiswasser.

Für die normgerechte Verdampferprüfung ist die Luft in der Prüfkammer so weit zu entfeuchten, daß der Verdampfer trocken geprüft werden kann. Dazu gibt es



Bild 4 Luftkühlerprüfstand entsprechend DIN EN 328-Bedingungen mit Entfeuchtungskühlern im Vordergrund, dahinter dem zu prüfenden NH<sub>3</sub>-Luftkühler und der elektrischen Gegenheizung an der Wand



Bild 5 Betriebsprüfung eines Luftkühlers durch Simulation des Kühlbetriebes und der Abtauung unter realen Bedingungen

in der großen Kammer den Entfeuchtungswärmeübertrager, der ebenfalls von außen mit Kältemittel versorgt wird und die Luft auf den erforderlichen Taupunkt bringt. In den kleineren Zellen wird die Luft mittels Trockenperlen entfeuchtet.

Zu den Funktionsprüfungen gehört vorrangig die Prüfung des Vereisungs-

und Abtauverhaltens. Dazu muß der zur Leistungsprüfung gegenläufige Prozeß realisiert werden, indem die Luft in der Kammer mittels eines elektrisch beheizten Wasserbeckens auf nahezu 100 % befeuchtet wird. Mit dieser feuchten Luft als Eintrittsluft für den Verdampfer vereist der Verdampfer immer mehr und dabei kann man den Verlauf der Verdampfungstemperatur und der Kälteleistung verfolgen, bis der Grenzwert erreicht ist. Anschließend wird nach dem vorgesehenen Verfahren abgetaut und die sich dabei einstellenden Parameter können wiederum zeitlich genau zugeordnet verfolgt werden. Als Abtauverfahren sind elektrische Abtauung, Heißgasabtauung, Umluftabtauung und Abtauung mit Warmsole anwendbar. Im Bild 5 ist diese Prüfung zu sehen, im Vordergrund stehen das Befeuchtungsbecken und der Gegenheizer, im Hintergrund der zu prüfende Luftkühler mit Heißgas-Abtauung.

Die Prüfkammern sind so ausgerüstet, daß die Versorgung mit allen Medien erfolgen kann: elektrische Anschlüsse mit der jeweils erforderlichen Spannung und Frequenz, die verschiedenen Kältemittel sowie Wasser oder Wasser-Glykol-Gemisch für indirekte Kühler oder Rückkühler.



Bild 6 Maschinenraum für die Kältemittel R 404A und R 507

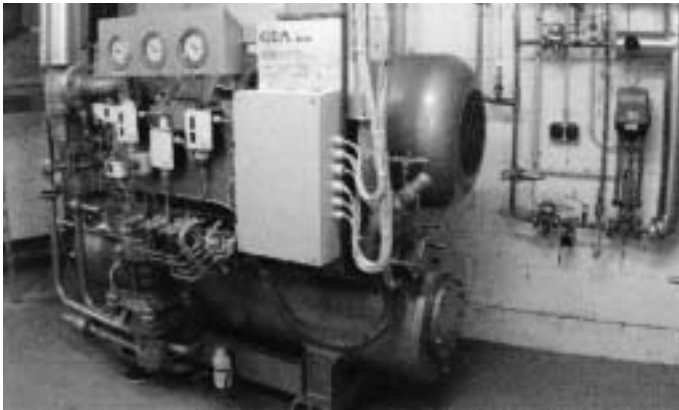


Bild 7  
Verdichterstation  
für die Versorgung  
der Prüfobjekte  
mit NH<sub>3</sub>

## Die Maschinenausrüstung

Die Maschinenausrüstung für die Prüfkammern ist auf den ersten Blick hin schon beeindruckend, bei näherem Hinsehen sogar exzellent. Für die Kälteversorgung der zu prüfenden Wärmeübertrager und für die Entfeuchtungswärmeübertrager wurden für jedes Kältemittel entsprechende Verdichterstationen aufgebaut, die sich für die Abdeckung des zu prüfenden weit gespreizten Leistungsbereiches eignen. Für R 404A und R 507 sind Verdichterstationen mit 4 bzw. 6 Verdichtern installiert, die diese Bedingung durch Betrieb der jeweils erforderlichen Verdichterschaltzahl gut entsprechen. Zur Feineinstellung der benötigten Kälteleistung stehen Zylinderbankabschaltung für den Großteil der Hubkolbenverdichter und Frequenzumformerregelung jeweils eines Verdichters zur Verfügung. Die parallel arbeitenden Verdichterstationen sind mit Feinölabscheidung, Ölausgleich,

Pressostaten und Manometern ausgestattet, die den zuverlässigen Betrieb der Anlagen und die Überwachung des Betriebszustandes vollkommen gewährleisten.

Die NH<sub>3</sub>-Kälteanlage soll als leistungsfähigste Einrichtung beispielhaft etwas näher beschrieben werden. Sie wird von einem GEA Grasso-Schraubenverdichter mit Kältemittel versorgt. Der Verdichter ist von einem polumschaltbaren Motor mit der Leistung 90 kW angetrieben, dessen Antriebsenergie über einen Frequenzumformer eingespeist wird. Zusammen mit der eingebauten Schiebersteuerung lässt sich die erzeugte Kälteleistung sehr feinstufig bzw. stufenlos an den Leistungsbedarf des Prüflings anpassen.

Mit der NH<sub>3</sub>-Anlage lassen sich direkt gekühlte trocken arbeitende Verdampfer ebenso prüfen wie Verdampfer im Pumpenbetrieb und Verflüssiger. Zudem ist auch der Betrieb mit Kälteflüssigkeit

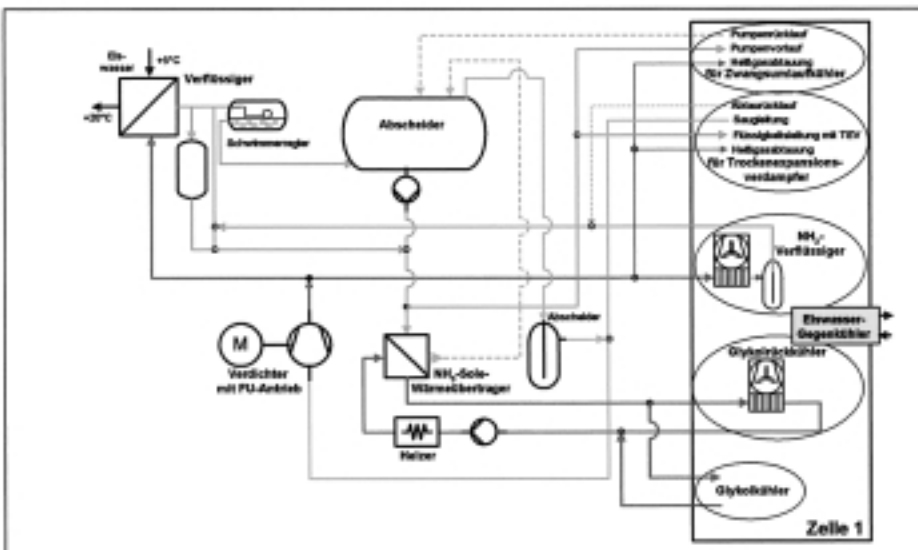


Bild 8 Vereinfachtes Funktionsschema für die NH<sub>3</sub>-Kälteanlage in der großen Prüfzelle

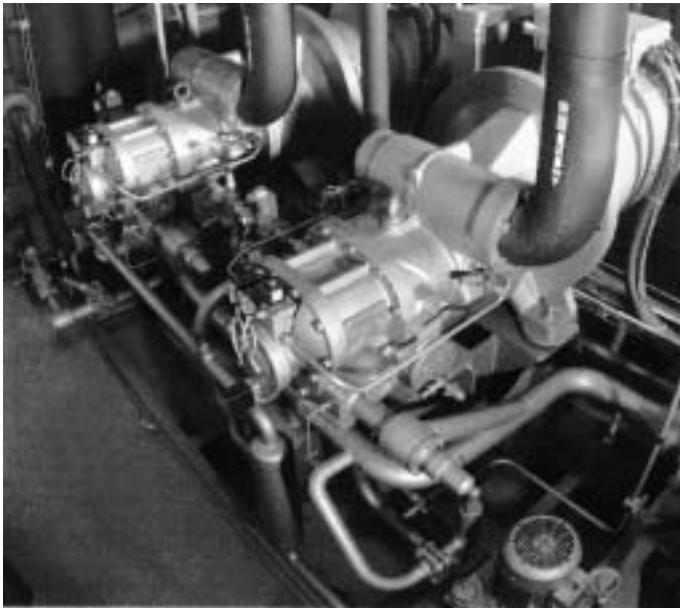


Bild 9  
GEA Grasso-Duopack-  
Verdichtersatz  
für die Eiswasser-  
bereitstellung

Beim Verlassen der kältetechnischen Betriebsräume fiel dem Berichterstatter noch ein wesentliches Objekt ins Auge: Ein gegossenes Erzeugnisschild, wie es noch vor Jahrzehnten zu jeder neuen Maschine gehörte, heute meist durch Klebefolien ersetzt. Es gibt Zeugnis vom Errichter der Anlage, und so schön wie das Schild ist, siehe Bild 10, so ansehenswert ist die Anlage auch in allen ihren Teilen. Sie kann sich nämlich auch handwerklich sehen lassen, und von dem, der diese Handwerkskunst beherrscht, zeugt diese Tafel.

### Die Meßausrüstung

Wenn es schon bei der Beschreibung der Prüfeinrichtungen nur möglich war, die wesentlichsten Komponenten mit ihren wichtigsten Funktionen darzustellen, trifft diese Beschränkung ganz besonders auch für die Meßtechnik zu. Sie ist auf dem neuesten Stand der Sensortechnik und der Auswertungssoftware und liefert mit dem Meßablauf zeitgleich bewertbare Meßergebnisse. Diese werden in Zahlenform oder als Kurvenverläufe visualisiert und der Meßtechniker kann während der Versuche bei Unregelmäßigkeiten der Ergebnisse unmittelbar eingreifen, ohne bis auf den Versuchsabschluß warten zu müssen und erst dann den Versuch zu wiederholen.

In den Flüssigkeitsleitungen der Kältekreisläufe sind durchweg Massestromzähler installiert, um die zweite Leistungsaussage neben den durch Gegenheizung bzw. Gegenkühlung ermittelten Werten zu bestimmen. Um ausreichende Meßgenauigkeit zu gewährleisten, sind bei den leistungsgeregelten Kälteanlagen die Meßleitungen in parallele Stränge unterschiedlichen Durchmessers und damit unterschiedlicher Leistungswerte auf-

(Wasser-Glykol-Gemisch) möglich, so daß auch Luftkühler und Rückkühler für indirekte Kältekreisläufe geprüft werden können.

Die NH<sub>3</sub>-Prüfanlage ist einzigartig in Europa und offensichtlich auch die erste Einrichtung, in der Leistungsmessungen von Verdampfern im Pumpenbetrieb explizit möglich sind.

Schließlich gibt es noch eine weitere NH<sub>3</sub>-Kälteanlage im neuen Testzentrum auf der Basis eines GEA Grasso-Duopack-Verdichtersatzes, der für die Eiswasserproduktion benutzt wird. Das Eiswasser wird zur Kühlung aller Plattenwärmeübertrager in den Prüfkreisläufen benutzt, dient zur Kältebereitstellung für die Gegenkühlung bei der Verflüssiger- und Rückkühlerprüfung und klimatisiert Küba-Büros.

Es soll hier auch nicht unerwähnt bleiben, daß die Küba-Verdampfer natürlich

mit dem Küba-CAL-Verteiler mit Kältemittel versorgt werden. Die Küba-Entwickler sind überzeugt, daß sie mit diesem Produkt, das auch Trennverteiler genannt wird, eine einzigartige Lösung für ihre Verdampfer in der Hand haben, die mit verantwortlich für die guten Ergebnisse ihrer Produkte ist.



Bild 10 Diese Testanlage wurde errichtet von der AMBERGER KÜHLTECHNIK

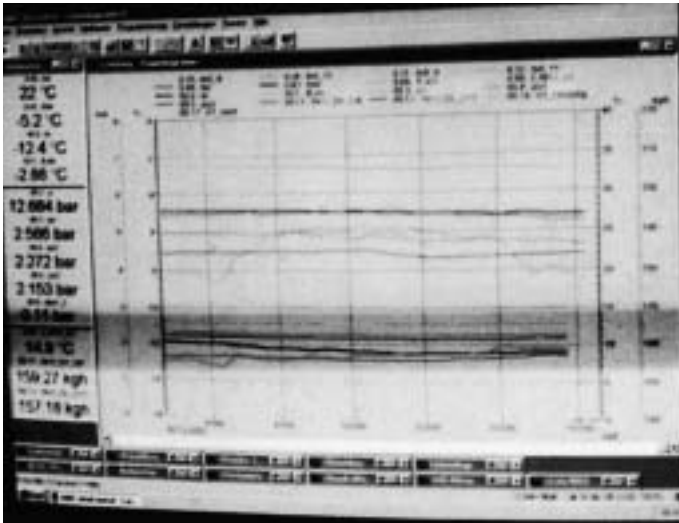


Bild 11 Meßwertanzeige am Computer

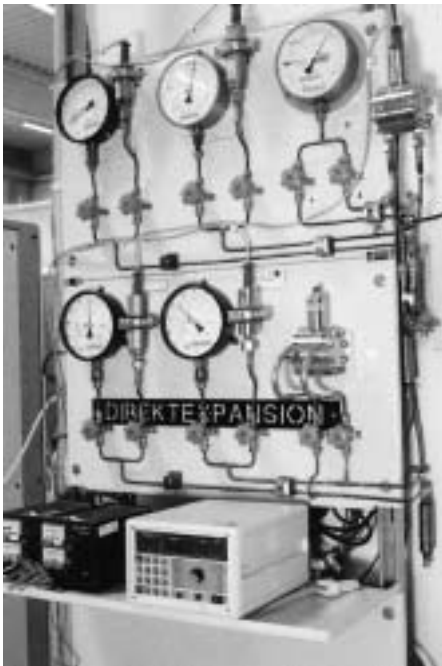


Bild 12  
Kontrollstation  
für die Kältemittel-  
zustände außerhalb  
der Prüfkammer

gesplittet, und in jedem Strang ist jeweils der Massestromzähler installiert, der den optimalen Meßbereich ergibt. Insgesamt sind 16 Zähler eingebaut. Daran ist ein weiteres Mal zu erkennen, welchen Wert die Planer des Testzentrums um Ceslovaz Kizlauskas auf exakte Ergebnisse gelegt haben.

Die Temperaturen werden generell mittels Thermoelementen ermittelt, bei der Temperaturbestimmung im Flächenprofil vor bzw. hinter einem Wärmeübertrager mit im Raster angeordneten Meßstellen. Die Erfassung der Drücke und vor allem der kleinen Differenzdrücke im Luftstrom geschieht mittels Drucksensoren, die ein Ausgangssignal ergeben, mit dem die Meßwerterfassungsanlage arbeiten kann.

Und trotzdem ist es angenehm zu sehen, wie überall noch ablesbare Manometer und Thermometer installiert sind, um die Betriebszustände unmittelbar vor Ort feststellen zu können. Mit diesen abschließenden Eindrücken von der installierten Prüftechnik konnte der Berichtersteller davon sehr überzeugt das Küba-F+E-Testzentrum verlassen. U. A.