

Eisvogel

Klimatisierung geparkter Flugzeuge mittels Lkw-Kühlsystemen



Wenn auf die Hilfsturbine nicht zurückgegriffen werden kann, oder soll, kommt das externe mobile System zum Einsatz

Dipl.oec. Steffen Klein,
Combitherm GmbH, Fellbach,
Geschäftsführer

Dipl.-Ing. (FH) Martin Schmid,
Combitherm GmbH, Fellbach,
Projektingenieur

Dipl.-Ing. Dirk Padel,
Lechmotoren GmbH, Altenstadt,
Projektleiter

Die Versorgung geparkter Flugzeuge mit vorbehandelter Luft aus externen Klimaaggregaten ist eine Aufgabe, die seit den 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts weltweit zunehmend in den Blickpunkt von Fluggesellschaften und Flughafenbetreibern rückt.

Grundsätzlich sind alle Flugzeugtypen sowohl in der Luft als auch am Boden autark von externen Systemen zur Stromversorgung und Klimatisierung. Während des Fluges stellen Geräte, welche durch die Hauptturbinen angetrieben werden, alle benötigten Funktionen sicher. Sobald das Flugzeug seine Parkposition erreicht hat, schaltet der Pilot von den Hauptturbinen auf die Hilfsturbine, die sogenannte Auxiliary Power Unit (APU) um, die während des Bodenaufenthaltes alle Stromversorgungs- und Klimatisierungsfunktionen übernimmt. Es ist heute an nahezu allen Großflughäfen Standard, die geparkten Flugzeuge an die Flughafenstromversorgung anzuschließen. Die APU hat dann im Wesentlichen

noch die Aufgabe, die Klimatisierung des Flugzeuges sicherzustellen.

Problematik der internen Klimatisierung

Die Notwendigkeit externer Klimasysteme ergibt sich im Wesentlichen aus zwei Gründen:

Zum einen kann die APU aufgrund eines technischen Defekts ausfallen; dies hat auf die Flugfähigkeit des Flugzeuges keinen Einfluss, weshalb der Fehler nicht sofort behoben werden muss.

Zum anderen setzte mit dem global zunehmenden Umweltbewusstsein eine Diskussion über die Energieeffizienz der Hilfsturbine ein.

Die Hilfsturbine übernimmt am Boden alle Stromversorgungs- und Klimatisierungsfunktionen





Das mobile Klimasystem bei der Kühlung eines Airbus A340 am Frankfurter Flughafen

Die APU eines mittelgroßen Verkehrsflugzeuges benötigt je Stunde ca. 100 kg Kerosin, was einem Primärenergiegehalt von ca. 1000 kWh entspricht. Bei einem Jumbo Jet B 747 kann der Kerosinverbrauch der Hilfsturbine bis zu 500 kg pro Stunde betragen. Dieser Energieaufwand steht in keinem Verhältnis zum erzielten Nutzen, der reinen Klimatisierung des stehenden und über weite Zeiträume leeren Flugzeuges, sofern die Turbine nicht zusätzlich zur Stromversorgung benötigt wird. Ein weiterer, zunehmend wichtig werdender Punkt

ist die Schallemission der APU, die sich auf großen Flughäfen zu einem in weiter Umgebung wahrnehmbaren Lärm summieren kann. Vielerorts wird der Einsatz von Hilfsturbinen daher von der örtlichen Behörde eingeschränkt oder verboten.

Externe Systeme – Überblick

Um die oben geschilderten Probleme zu vermeiden oder zu beheben, werden nun verschiedene Systeme zur externen Klimatisierung eingesetzt.

1. Vom Flughafen wird über eine Zentrale mit Heiz- und Kühlgeräten konditionierte Frischluft über

ein Kanal-Schlauch-System zu den verschiedenen Flugzeugen gebracht.

Nachteilig ist hier, dass ein weitverzweigtes Luftsystem zu jeder Abstellposition aufgebaut werden muss und die Verluste auf dem Weg von der Zentrale zum Flugzeug immens sind.

2. Ein verbreitetes System ist es, unter jeder Passagierbrücke (Finger) ein Klimagerät mit integriertem Ventilator, Heizung und Kältemaschine anzubringen, das die behandelte Frischluft über einen flexiblen Schlauch in das Klimasystem des Flugzeuges bringt.

Da jeder Finger mit einem eigenen Gerät ausgerüstet werden muss, sind die Investitionskosten vergleichsweise hoch. Des Weiteren können außerhalb des Terminalbereiches geparkte Flugzeuge nicht erreicht werden.

3. Um die Nachteile der vorgenannten Systeme zu vermeiden, werden an vielen Flughäfen sogenannte mobile Klimasysteme eingesetzt. Sie sind entweder als Anhänger konzipiert und werden von den vorhandenen Zugmaschinen zu den geparkten Flugzeugen gebracht oder sind als selbstfahrende Einheiten auf Lkw montiert und somit in jeder Hinsicht autark von anderen Hilfssystemen. Im Folgenden wird dargestellt, wie derartige Truck Cooling Units konzipiert sind.

Grundlagen der Flugzeugklimatisierung

Die grundlegenden Anforderungen an die Klimatisierung von Passagier-Flugzeugen unterscheiden sich nicht wesentlich von denen an Konzertsäle, Kinos oder Versammlungsräume, wo sich ebenfalls viele Menschen auf relativ engem Raum aufhalten.

Die entsprechende Spezifikation für externe Systeme wird von den Flugzeugherstellern bereit gestellt und

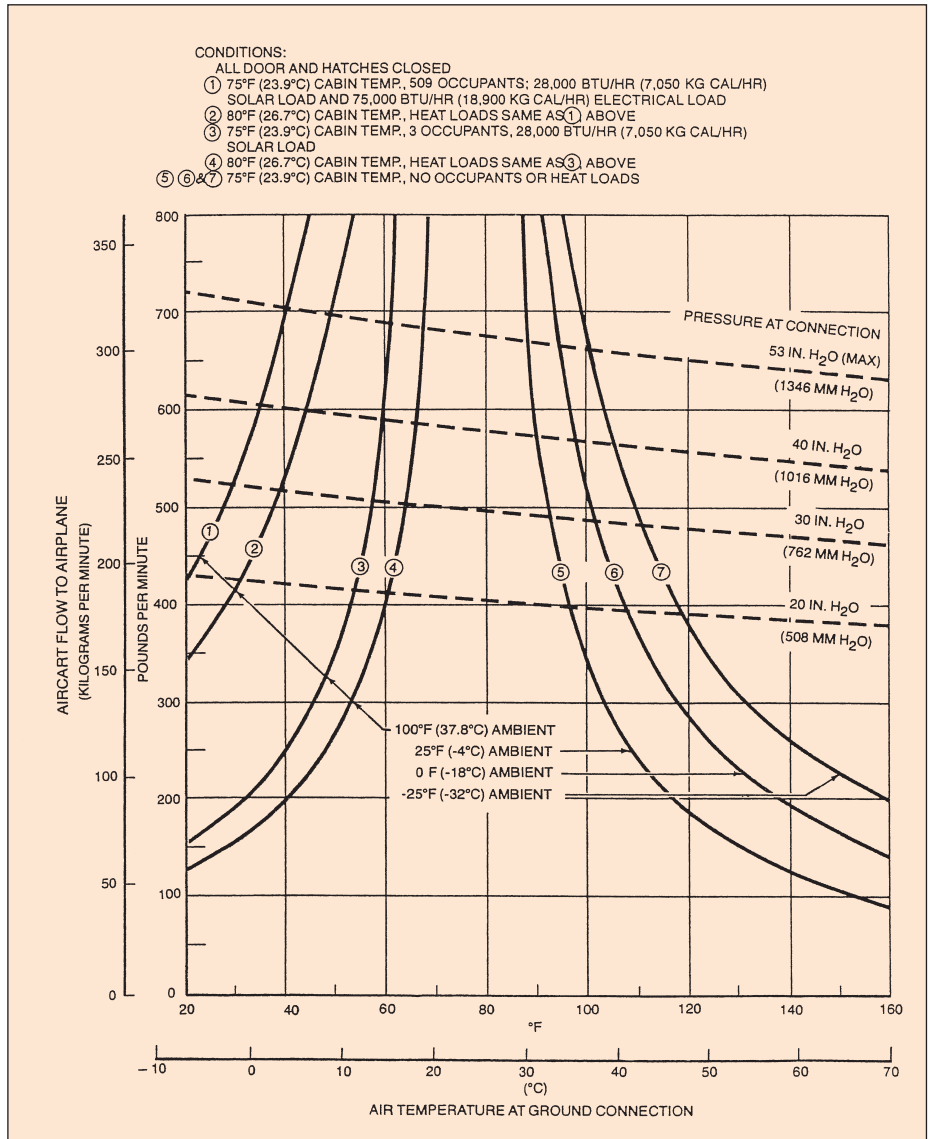
muss von den Klimasystem-Herstellern umgesetzt werden. Da unterschiedliche Flugzeuggrößen und -typen verschiedene Parameter implizieren, erfolgt die Auslegung der mobilen Klimasysteme auf den größten Flugzeugtyp. Dies ist derzeit die Boing B 747-400 mit einer maximalen Passagierkapazität von ca. 550 Personen und einem zu klimatisierenden Raumvolumen von ca. 1000 m³. Für kleinere Flugzeugtypen müssen mittels intelligenter Regelsysteme die Leistungen entsprechend deren Spezifikationen angepasst werden.

Die höchsten Anforderungen an das Raumklima fallen während des Ein- und Ausstiegs der Passagiere an. Beide Vorgänge dauern bei großen Verkehrsflugzeugen ca. 15 bis 30 Minuten, können sich aber bei Verzögerungen in Abfertigung bei Start und Landung erheblich verlängern. Während dieser Zeit müssen bei ausgeschalteter Hilfsturbine die externen Systeme alle Funktionen übernehmen.

Besonderheiten der Flugzeugklimatisierung

Die Klimatisierungsfunktionen be-

Überprüfung der Luftaustrittstemperatur im Inneren des Flugzeugs durch Steffen Klein, Combitherm



schränken sich bei internen wie externen Systemen auf das Heizen und Kühlen, wobei externe Systeme natürlich den örtlichen Klimagesgebenheiten angepasst werden. So wird beispielsweise in skandinavischen Ländern keine Kühlfunktion installiert werden und auf der arabischen Halbinsel keine Heizfunktion nötig sein.

Befeuchtung wird nie vorgesehen; die Entfeuchtung erfolgt unregelmäßig im Rahmen der Luftabkühlung, stellt aber in den Tropen und Subtropen wie z.B. im südasiatischen Raum eine wesentliche Komfortfunktion dar.

Aufgrund der großen Passagierdichte in der Flugzeugkabine ist ein hoher Frischluftbedarf gegeben, der

Anforderungen an die Luftverteilung in einer Boing 747-400

durch einen mindestens 8–10fachen stündlichen Luftwechsel erzielt wird. Bei großen Flugzeugtypen wie der B 747 werden so mindestens 10000 kg/h Frischluft benötigt. Externe Systeme zur Flugzeugklimatisierung blasen daher die konditionierte Luft als reine Außenluft in die Flugzeugkabine, die Einblastemperaturen liegen bei max. 60 °C im Heizbetrieb und ca. 5 °C im Kühlbetrieb.

Der Kapitän hat dann im Cockpit die Möglichkeit, über Temperaturregelungen und Umluftbeisaltungen die Kabinenluft zu mischen und zu verteilen. Das Luftverteilersystem im Flugzeug ist so konzipiert, dass möglichst wenig Platz und Gewicht

dafür in Anspruch genommen werden muss. Als Folge der resultierenden geringen Kanalquerschnitte sind die Druckverluste in den Kanälen sehr hoch, weshalb die externen Klimasysteme einen Luftvordruck bis zu 8000 Pa erzeugen müssen

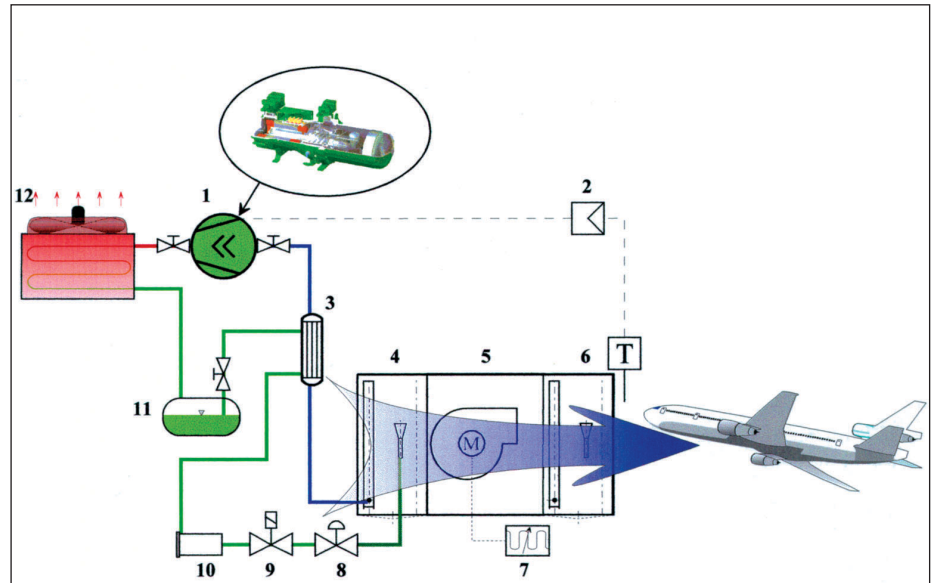
Die Marktsituation

Der Einsatzschwerpunkt mobiler Klimatisierungssysteme liegt in den USA und im Nahen Osten. Mit der zunehmenden wirtschaftlichen Entwicklung im Fernen Osten wird diese Region sich ebenfalls zu einem Hauptabsatzmarkt entwickeln.

In Zentraleuropa mit Deutschland ist der Einsatz externer Klimaaggregate aufgrund der klimatischen Gegebenheiten nicht weit verbreitet; Vorschriften, die ein Verwendungsverbot der Hilfsturbine aus ökologischen und Lärmschutz-Gründen vorsehen, sind noch nicht entwickelt.

Die derzeit dominanten Anbieter auf dem Markt sind amerikanische Flughafenausstattungsfirmen, die aufgrund ihres großen Heimatmarktes auch in entsprechend großen Stückzahlen produzieren können.

In Deutschland wurden nun Lkw-



Funktionschema der Truck Air Conditioning Unit

gestützte Flugzeugklimasysteme unter der Regie der Fa. Lechmotoren, Altenstadt, entwickelt, wobei die Fa. Zink, Landsberg, für den Fahrzeugaufbau verantwortlich zeichnet und die Fa. Combitherm, Fellbach, das Know-how und die Komponenten für den Kälteprozess beigesteuert.

Konzeption der Truck Air Conditioning Units (TRACU)

Basis der TRACUs ist ein Fahrgestell der Fa. MAN, auf den ein Aufbau mit den folgenden, eingebauten Komponenten gesetzt wird:

- Generator, der über Nebenantrieb

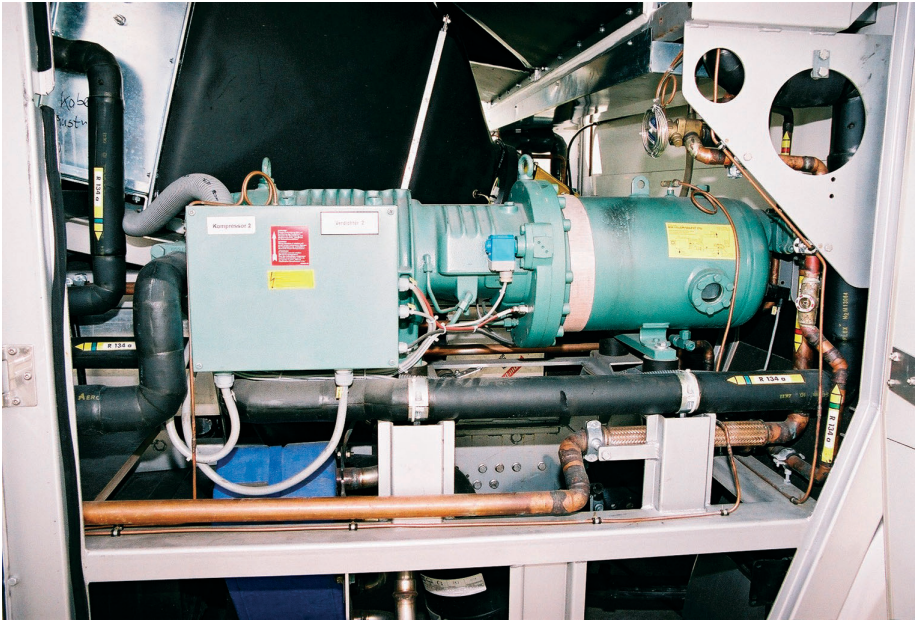
vom Fahrmotor angetrieben wird und die Stromversorgung aller ausschließlich elektrisch angetriebenen Komponenten übernimmt.

- Hochleistungsgebläse mit Kanalsystem zur Außenluftansaugung und Anschluss an das Flugzeug mittels eines flexiblen Schlauches.
- Luftkühlanlagen mit hocheffizienten Kompaktschraubenverdichtern, Luftverdampfer, Luftverflüssiger und Präzisionsregelung der Luftaustrittstemperatur.
- Heizungssystem über Motorabwärme mittels Heizungspumpe und Luftheritzer im Lüftungskanal, zusätzliches elektrisches Heizregister und durch die Komprimierung der zugeführten Luft.

Um die unterschiedlichen Außen-temperaturbedingungen am Einsatzort zu berücksichtigen, wurden zwei verschiedene TRACU-Varianten entwickelt, die sich im Wesentlichen durch die bereitgestellte Kälteleistung und den dadurch erforderlichen größeren Stromgenerator unterscheiden. Die Standardvariante ist ausgelegt bis zu Außenbedingungen von +40 °C/40 % rel. Feuchte, die Tropen- und Wüstenausführung bis zu +55 °C/40 % rel. Feuchte.

Technische Daten

Lkw	Standard	Tropenausführung
Typ	14.185 LC	18.185 LC
Zul. Gesamtgewicht in to	14	18
Motorleistung in kW	200	300
Zul. Höchstgeschwindigkeit in km/h	80	80
Generator		
Max. Leistung in KVA	180	240
Netz in V/Hz/Ph	480/60/3	480/60/3
Ventilator		
Max. Luftmenge in kg/h	11.000	11.000
Leistungsaufnahme in kW	42	42
Max. externe Pressung in Pa	10.500	10.500
Kühlung		
Max. Kühlleistung in kW	240	285
Max. Leistungsaufnahme in kW	130	184
Regelung	15–100 % stufenlos	
Hubvolumen in m ³ /h	548	622
Feuchtkugel Auslegung in °C	22	31



Die Kältetechnik im Inneren der TRACU musste unter äußerst beengten Platzverhältnissen installiert werden



zeug ca. 5 °C Austrittstemperatur im Kühlfall erreicht werden soll – ohne dass der Verdampfer vereist – ist eine präzise Temperaturregelung in Verbindung mit einem stufenlos geregelten Schraubenverdichter notwendig. Im Gegensatz zu einer Heißgasbypass-Regelung wird neben einer höheren Genauigkeit auch noch eine wesentlich bessere Wirtschaftlichkeit erreicht, da die Anlage bei den sehr häufig vorkommenden mittleren und kleineren Flugzeugtypen – sogenannten wide body und narrow body aircrafts – auch bei Teillast sehr effizient arbeitet.

Die zu klimatisierenden Flugzeugtypen sind an jedem Flughafen der Erde ähnlich, weshalb jede TRACU-Variante alle, zum Teil sehr unterschiedliche Anforderungen der Flugzeuge abdecken muss. In der Praxis reicht die Einsatzbandbreite vom 20-Passagier-Propellerflugzeug bis zu der bereits erwähnten B 747-400.

Um auf die unterschiedlichen Frischluftmengen und Druckverluste reagieren zu können, ist das Außenluftgebläse im Lkw mehrstufig ausgelegt. Da bei jedem Flug-

Das Fahrzeug arbeitet völlig autark und unabhängig von anderen Hilfsystemen und ist daher ideal für den flexiblen Betrieb an den verschiedenen Parkplätzen auf dem Flughafen geeignet. Daneben besitzt das Fahrzeug eine komplette Straßenzulassung des TÜV und kann am öffentlichen Straßenverkehr teilnehmen.

Die Bedienung und Überwachung aller wesentlichen Funktionen erfolgt im Führerhaus der Lkw-Kabine, wobei der Fahrer und Bediener

der TRACU die Einstellungen mit dem Kapitän des betreffenden Flugzeugtyps abstimmt. Die automatische Anpassung der Systemkomponenten und -leistungen an die getroffene Vorauswahl erfolgt dann durch ein elektronisches Regelungs- und Steuersystem.

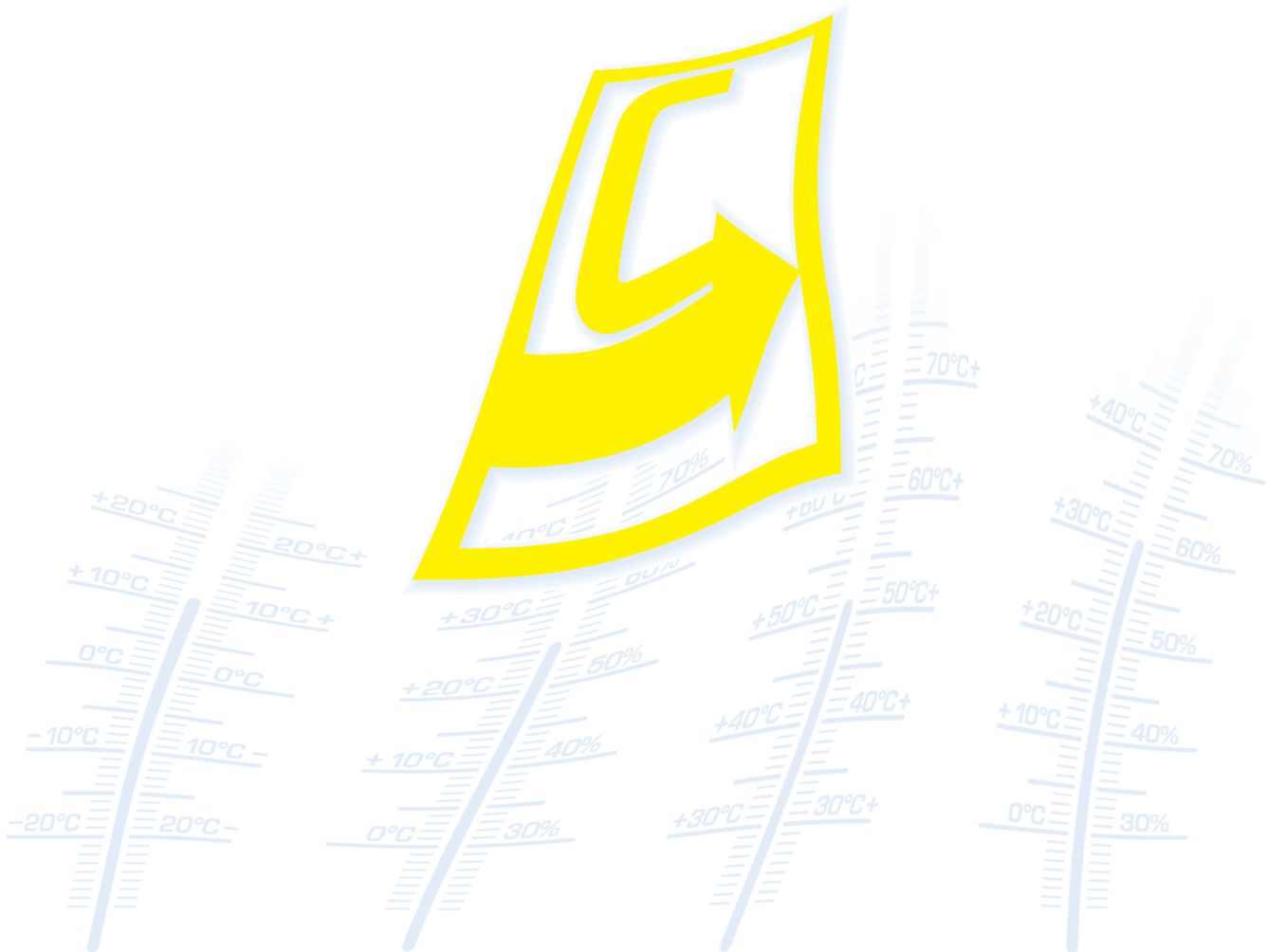
Der Einsatz im Flughafenbereich erfordert eine außerordentlich robuste Konstruktion, um die Schwingungen im fahrenden Lkw zu kompensieren. Der Betrieb an ständig wechselnden Einsatzorten und unter verschiedenen Temperaturbedingungen fordert das eingesetzte Material auf überdurchschnittliche Weise. Es kommen daher nur sehr hochwertige Komponenten aus überwiegend deutscher Produktion zum Einsatz. So wird der Stromverbraucher von der Fa. Lechmotoren speziell für diesen Anwendungsfall hergestellt, die Schraubenverdichter stammen aus der Produktion der Fa. Bitzer, Sindelfingen, und die besonders schwingungsempfindlichen Lamellenwärmetauscher werden von der Fa. Güntner, Fürstenfeldbruck, hergestellt.

Die vorgestellten TRACUs sind ein flexibles und umweltschonendes Klimatisierungssystem für geparkte Flugzeuge auf dem neuesten Stand der Technik. Durch geringfügige Anpassungen sind weitere Anwendungen im Bereich der Leihkälte für Veranstaltungen oder bei Umbauten denkbar. ■



Combi**therm**

APPARATE- UND ANLAGENBAU



Kältetechnik ■ Wärmepumpentechnik ■ Wärmerückgewinnung ■ Energietechnik ■ Kältemittel-Umrüstungen ■ Wartung und Service

COMBITHERM GmbH ■ Friedrichstraße 14 ■ 70736 Fellbach

Telefon (0711) 951918-0 ■ Fax (0711) 951918-40 ■ E-mail: info@combitherm.de ■ www.combitherm.de