

Sonderdruck aus

# hoch zwei Technik

Das vertiefende Magazin zur  
Lüftungs- Klima- Kältetechnik

2  
2010

Das  
Magazin  
zur cci

© 2010 Promotor Verlag,  
Borsigstraße 3, D-76185 Karlsruhe,  
Telefon 07 21/5 65 14-0, Fax 07 21/5 65 14-50,  
www.cci-promotor.de, verlag@cci-promotor.de  
Alle Rechte vorbehalten.  
Vervielfältigung nur mit Genehmigung des Verlags.



## Menerga GmbH

Gutenbergstr. 51  
45473 Mülheim an der Ruhr  
Tel.: (+49) 2 08/99 81-0  
Fax.: (+49) 2 08/99 81-1 10  
www.menerga.com  
info@menerga.com

## Weltraumforschung in der Wüste

### Klimasystem für Radioteleskope in 5.100 Metern Höhe

In der chilenischen Atacama-Wüste sollen im Rahmen des astronomischen ALMA-Forschungsprojekts 66 Teleskope Bilder von bisher unerforschten Teilen des Weltraums liefern. Angesichts der extremen Einsatzbedingungen ist der einwandfreie Betrieb der Teleskope allerdings nur mit einem ausgeklügelten Klimasystem möglich, das die empfindliche Technik vor den großen Temperaturschwankungen schützt und gleichzeitig möglichst wenig Energie verbraucht. In diesem weltweit ausgeschriebenen Projekt setzte sich Know-how „Made in Germany“ durch.

Mit einem Investitionsvolumen von 650 Mio. € gehört das Atacama Large Millimeter Array (ALMA) zu den größten erdgebundenen und nicht militärischen Astronomieprojekten in diesem Jahrhundert. Hier haben sich die Europäische Südsternwarte, die amerikanische National Science Foundation und das National



Der Autor

Jürgen Röben,  
Geschäftsführer der  
Menerga GmbH;  
Mülheim

Astronomy Observatory of Japan zusammengeschlossen, um Erkenntnisse über die ersten zwei Milliarden Lebensjahre des Universums zu gewinnen. Dazu sollen in mehreren Stufen insgesamt 66 Radioantennen auf dem 5.100 m hochgelegenen Chajnantor Hochplateau in der nordchilenischen Atacama-Wüste aufgestellt werden. Mit Hilfe eines Riesentransporters werden die 100 Tonnen schweren Anlagen dabei auf einer Fläche von 7 km<sup>2</sup> verteilt.

### Klimatisierung unter extremen Bedingungen

Die extremen Wetterverhältnisse auf dem Chajnantor Plateau machen eine eigene Klimatisierung des beweglichen Teleskopteils unabdingbar. Bei direkter Sonneneinstrahlung erhitzen sich die Oberflächen auf 30 bis 40 °C, während im



Der Kaltwassererzeuger mit freier Kühlung wurde im Schatten unterhalb der ersten Wartungsebene positioniert.

Schatten zur selben Zeit Minustemperaturen herrschen können. Angesichts der unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe kann es ohne entsprechende Klimatechnik zu einem thermischen Verzug kommen, der reproduzierbare Messungen unmöglich macht. Gleichzeitig müssen die Wärmelasten im Antenneninnern abgeführt werden, um ein Überhitzen der Empfängerkabine und ihrer computergesteuerten Messinstrumente zu verhindern. Neben der starken Sonneneinstrahlung galt es, weitere Einflussfaktoren zu berücksichtigen. So ist die Luft in 5.100 m Höhe nur etwa halb so dicht wie auf Normalnull. Unter diesen Bedingungen können viele für den europäischen Markt üblichen Standardbauteile – etwa im Bereich der Ventilatoren – nicht verwendet werden, was den Einsatz spezieller Komponenten und eine spezifische Auslegung der Klimatechnik erforderlich machen. Zudem muss ein Teil der Anlagen in der Empfängerkabine angeordnet werden. Da diese bei der Ausrichtung des Teleskops frei in allen drei Dimensionen bewegt wird, mussten auch die Klimageräte in allen möglichen Positionen voll funktionsfähig bleiben.

### Vorgaben

„Ziel war es, innerhalb der Empfängerkabine das ganze Jahr über eine Temperatur von 16 bis 22 °C sicherzustellen. Zum Schutz der Ausrüstung sollte dabei der vorgegebene Temperatursollwert mit einer Toleranz von 1 K eingehalten werden, wobei sich die Kabinentemperatur in Übergangphasen um nicht mehr als 1 K pro Stunde verändern durfte“, erläutert Ralph Berger, Leiter der Forschung und Entwicklung bei Menerga, die hohen Anforderungen. „Darüber hinaus sollte der Stromverbrauch des Klimasystems so gering wie möglich gehalten werden, weil die Teleskope auf dem sehr isolierten Chajnantor Plateau in 28 km Entfernung von der 2.000 m tiefer liegenden Basisstation aufgestellt werden und damit eine eigene Energieversorgung benötigen.“

### Kälteerzeugung mit freier Kühlung

Insgesamt fallen thermische Lasten von 8,45 kW an. Mit 6,45 kW wird der Großteil der Lasten in der Kabine durch den Empfänger (1,25 kW), der die empfangenen Daten aufzeichnet, sowie durch die Schränke



Zwei Umluftgeräte sorgen in der Empfängerkabine für eine Temperatur zwischen 16 und 22 °C.

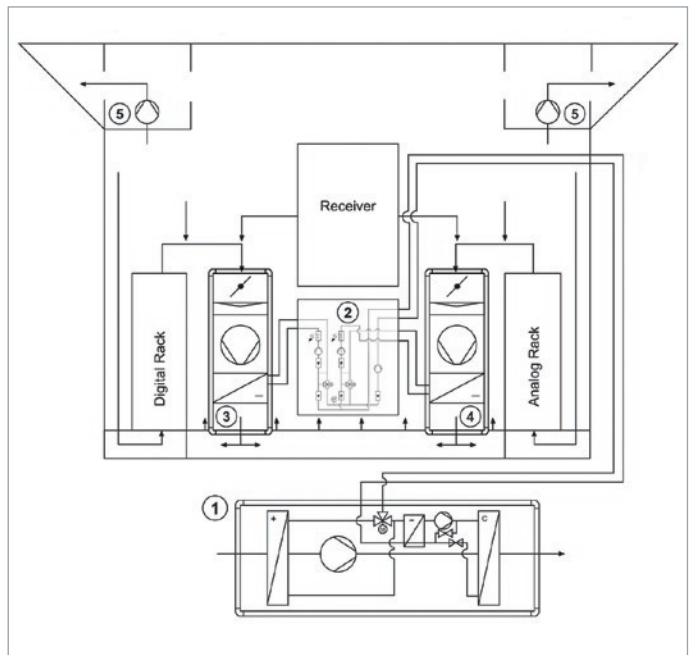


Ralph Berger, Leiter Forschung und Entwicklung bei Menerga, Mülheim, nimmt den Glykolverteilungsschrank in Betrieb.

für die digitale (3,0 kW) und analoge (2,2 kW) Messausrüstung verursacht. Etwa 2 kW entstehen durch äußere Einflüsse wie Strahlung und natürliche Konvektion. Zur Abdeckung der Lasten entschied man sich für eine Kombination aus konventioneller Kompressionskälte und freier Kühlung, die in einem externen Kaltwassererzeuger zusammengeführt wurden. Das Klimasystem besteht aus fünf

Hauptbestandteilen (siehe untenstehendes Schema):

- Ein Kaltwassererzeuger als unterhalb der Empfängerkabine angebrachte Außeneinheit mit der Möglichkeit zur freien Kühlung
- Ein Glykolverteilungssystem zwischen dem Kaltwassererzeuger und den beiden internen Lüftungsgeräten
- Zwei Umluft-Luftbehandlungseinheiten für die digitalen und analogen Mess- und



Das Klimasystem besteht aus den Komponenten:  
 (1) Externer Kaltwassererzeuger  
 (2) Glykolverteilungssystem  
 (3) Umluftgerät für digitale Mess- und Aufzeichnungsinstrumente  
 (4) Umluftgerät für analoge Mess- und Aufzeichnungsinstrumente  
 (5) Ventilatoren zur Luftverteilung.



Beim Atacama Large Millimeter Array (ALMA) werden insgesamt 66 Radioantennen zu einem riesigen Teleskop zusammengeschaltet.



Die Glykolschläuche werden im Außenbereich von einem flexiblen, gepanzerten Rohr vor Umwelteinflüssen geschützt.

Aufzeichnungsinstrumente sowie den Empfänger

– Zwölf Ventilatoren zur Luftverteilung im oberen Teil der Empfängerkabine

#### Kaltwassererzeuger

Bei Vor-/Rücklauftemperaturen von 4/12 °C wurde die Außen-einheit für eine Kühlleistung bis 11,1 kW ausgelegt. Diese erzeugt die benötigte Kälte tagsüber rein mechanisch, wobei der leistungsgeregelte Verdichter bei einer Außentemperatur von 30 °C eine maximale elektrische Leistungsaufnahme von 5,0 kW erreicht. In der Nacht kann die gesamte Kälteleistung ab einer Außentemperatur von -5 °C rein über freie Kühlung erbracht werden. In beiden Fällen benötigt der freilaufende Radialventilator bei einem maximalen Luftvolumenstrom von 6.300 m³/h und einer mittleren Filterverschmutzung lediglich 2,1 kW Strom.

#### Glykolverteilungssystem

Als Kälte-träger wird in den Teleskopen ein Glykol-Wasser-Gemisch eingesetzt, das über flexible Schläuche zwischen dem Kaltwassererzeuger und dem zentral in der Empfängerkabine angeordneten Glykolverteilerschrank transportiert

und von dort an die Umluftgeräte verteilt wird. Im Außenbereich werden die 10 m langen Schläuche von einem gepanzerten Rohr ummantelt, das Schutz vor den extremen Umwelteinflüssen bis hin zu Sandstürmen bietet.

Im Glykolverteilerschrank wird die für die Versorgung der beiden Umluftgeräte notwendige Hydraulik mit Pumpen, Steuer-ventilen sowie den Absperrvorrichtungen für die Wartung zusammengefasst. Hier befinden sich auch die für die Beheizung der Kabine zuständigen elektrischen Heizelemente. Mit einer Leistung von jeweils 3,0 kW wird das Glykol-Wasser-Gemisch bei Bedarf erwärmt und fließt dann durch die kombinierten Kühl-/Heizregister der Umluftgeräte.

#### Luftbehandlung und -verteilung

In der Empfängerkabine sorgen zwei Umluftgeräte für die richtige Temperierung und Verteilung der Luft. Das Hauptaugenmerk gilt dabei den beiden Schränken für die digitale und analoge Messausrüstung, die sehr sensible Instrumente beinhalten. Um die Ausrüstung vor dem Überhitzen zu schützen, darf sich die zur Kühlung verwendete Raumluft auf dem

Weg durch den Schrank um nicht mehr als 10 K erwärmen. „Dementsprechend mussten wir Luftvolumenströme von mindestens 1.100 m³/h für den analogen bzw. 1.500 m³/h für den digitalen Schrank sicherstellen“, so Berger.

Aus diesem Grund ist jeweils ein Luftbehandlungsgerät über einen kurzen Kanal mit dem zugehörigen Ausrüstungsschrank verbunden. Die kühle Raumluft wird am Boden ange-

saugt, nimmt dann auf dem Weg durch den Schrank die Abwärme der Messelektronik auf und gelangt schließlich über den Kanal in die Luftbehandlungseinheit. Dabei werden dem Abluftstrom bis 1.500 m³/h Raumluft beigemischt, sodass jedes Umluftgerät insgesamt eine Luftleistung bis 3.000 m³/h erbringt.

Die Zuluft wird von der Unterseite der Umluftgeräte in einen Doppelboden geblasen und

### Enge Zusammenarbeit sichert Erfolg

Bei der Entwicklung des Klimasystems für die ALMA-Teleskope handelt es sich um ein außergewöhnliches und anspruchsvolles Projekt, das nur in enger Zusammenarbeit mit den Auftraggebern durchgeführt werden konnte. Mit der Aufgabe, ein geeignetes Klimasystem zu entwickeln, wandte sich die mit dem Entwurf und Bau der Teleskope beauftragte Vertex Antennentechnik GmbH, Duisburg, bereits im Jahr 2000 an den Klima- und Lüftungstechnikhersteller Menerga, Mülheim. Grundlage für die Zusammenarbeit war die Bereitschaft Menergas, auch langfristige Vorhaben zu begleiten und gleichzeitig die Lieferung des gesamten Klimasystems mit Fernüberwachung aus einer Hand zu garantieren. 2003 bestand der Prototyp den ersten Praxistest. Nach der Inbetriebnahme der Klimatechnik durch Mitglieder des Entwicklungsteams bestätigte sich, dass das System bei Einhaltung aller Vorgaben eine Energieeinsparung von 30 % pro Anlage gegenüber dem ursprünglichen Konzept erzielt. Dementsprechend erhielt Menerga Mitte 2006 den Zuschlag für die Ausrüstung von zunächst 25 Radioteleskopen. Im November 2009 konnten zum ersten Mal drei Radioantennen auf dem Chajnantor Plateau im Verbund betrieben werden. In diesem Jahr soll die Antennenzahl erhöht und 2011 mit den wissenschaftlichen Untersuchungen begonnen werden.

## Golfball aus 15 km Entfernung

Die Radioantennen empfangen Millimeter- und Submillimeterwellen im Bereich zwischen Radiowellen und Infrarotstrahlen und sollen im Verbund ein einziges großes Teleskop von mehreren Kilometern Durchmesser bilden. Zu diesem Zweck können alle Antennen gleichzeitig auf ein Objekt ausgerichtet werden. Der bewegliche Teil des Teleskops besteht aus einer staubdicht geschlossenen Einheit mit dem 12 m durchmessenden Parabolspiegel und der Empfängerkabine, in der die Auswertungs elektronik und Kommunikationstechnik untergebracht sind. Um die erforderliche Messgenauigkeit zu erreichen, müssen die Radioantennen auf 1/3.600 Winkelgrad genau positioniert werden – präzise genug, um einen Golfball aus 15 km Entfernung anzupeilen.



Die 100 Tonnen schweren Teleskope werden im Basislager zusammengesetzt und dann mit Riesentransportern zum 28 km entfernten Hochplateau gebracht. (Alle Abb. Menerga)

gelangt über insgesamt 20 Bördendurchlässe wieder in den Raum. Für die Luftverteilung im oberen Teil der Empfänger kabine sorgen zwölf an der Decke montierte Axialventilatoren. Über kurze gekrümmte Luftkanäle versorgen diese den über der Kabine liegenden Antennenkegel sowie den Empfänger. Allein zur Kühlung des Empfängers ist unter den Einsatzbedingungen ein Luftstrom von 1.600 m<sup>3</sup>/h erforderlich.

### Modifikationen für Wüste & Forschung

Nachdem das Klimakzept festgelegt war, ging es darum, die Lüftungs- und Kälteanlagen an die besonderen Einsatzbedingungen in 5.000 m Höhe sowie in einem hochsensiblen Forschungsumfeld anzupassen. Es zeigte sich, dass die Ventilatorentechnik modifiziert werden musste. „Neben der Anpassung der Ventilatoren an die geringe Luftdichten standen vor allem die Schall- und elektromagnetischen Wellen im Vordergrund. Diese können ohne entsprechende Maßnahmen einen verzerrenden Einfluss auf die Messergebnisse ausüben“, erläutert Berger. „Deshalb haben wir besonders leise, freilaufende

Ventilatoren eingesetzt und die Gehäuse der Inneneinheiten mit einer zusätzlichen Schalldämmung versehen.“

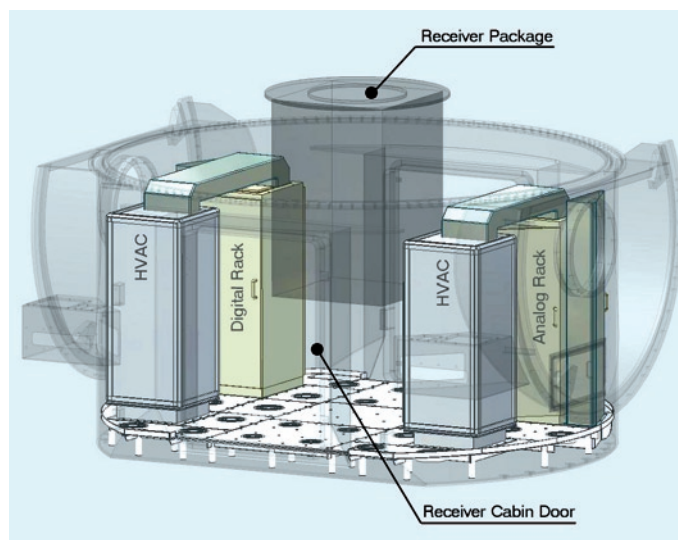
Anspruchsvoller waren die Anforderungen an die Frequenzumformer. Die freie Drehzahlanpassung der Ventilatoren mit Hilfe der Frequenzumformer ist für den

üblichen Werten für die elektromagnetische Strahlung liegen.

### Internetbasierter Fernzugriff – Klimatechnik an Basislager

Angesichts der isolierten Lage der Radioteleskope war die Fernsteuerung und -überwa-

rateinsätze auf das für einen einwandfreien Betrieb erforderliche Minimum reduziert bleiben“, so Berger. „Da sich das technische Personal jedes Mal vom 2.000 m tiefer gelegenen Basislager auf den Weg machen muss, können so Zeit und Kosten in einem erheblichen Umfang eingespart werden.“ Zu diesem Zweck wurde ein internetbasierter Datenlogger integriert, der den Fernzugriff auf das Klimasystem in Echtzeit ermöglicht. „Über die vom ALMA-Konsortium eingerichtete Funkanbindung können sich sowohl die Techniker in der Basisstation als auch wir selbst von Mülheim aus auf jedes Teleskop aufschalten und über die Langzeitdatenerfassung den Status des Klimasystems analysieren“, so Berger. „Der Datenlogger ist in die Regelung eingebunden und sendet Wartungs- oder Störmeldungen per E-Mail oder SMS an beliebige Empfänger.“ Betriebsinformationen, wie Systemdruck der Glykolverteilung oder Verschmutzungsgrad der Filter in den Innen- und Außeneinheiten, stehen so allen Beteiligten zur Verfügung. ■



Der bewegliche Teleskopteil muss angesichts der extremen Wetterverhältnisse und der hohen inneren Wärmelasten klimatisiert werden.

energiesparenden Betrieb der Anlagen unerlässlich. Der zugehörige Schaltschrank musste gemäß militärischer Sicherheitsbestimmungen abgeschirmt werden, die weit über den sonst in der Klimatechnik

chung der Klimatechnik über das Internet eine Grundvoraussetzung für den Einsatz der Anlagen. „Wir hatten die Vorgabe, mit Hilfe unserer Kommunikationstechnik sicherzustellen, dass Wartungs- und Repa-