



# Umweltschonende Kraftpakete

Hybride Rückkühlung – optimaler Energie- und Wasserverbrauch für wirtschaftliches Kühlen

Nicht nur in der Automobilindustrie ist die Hybridtechnik weiter auf dem Vormarsch. Auch die Kälte- und Klimabranche macht sich deren Vorteile zunutze. Das Zusammenwirken von Nass- und Trockenkühlung bildet die Grundlage der leistungsstarken und effizienten Rückkühltechnologie. Das ist nicht nur ressourcenschonend sondern auch lukrativ für den Anlagenbetreiber. Nachfolgender Artikel beschreibt die technischen Hintergründe des Systems und zeigt dessen Einsatzgebiete.

Hybride Rückkühler wurden speziell für hohe Leistungsanforderungen bzw. für Anwendungen mit niedrigsten Temperaturniveaus im Medienkreis entwickelt. Ein entscheidender Vorteil liegt in der Möglichkeit, das Kühlwasser auf eine Austrittstemperatur zu bringen, die unter der Außentemperatur liegt, z.B. Außentemperatur: 35 °C, Medieneintritt: 30 °C, Mediaustritt: 25 °C.

## Vorteil: automatischer Betriebswechsel

Die Funktionsweise des Hybriden Rückkühlers ist durch die Synergie aus einem sensiblen und einem latenten Wärmeübergang gekennzeichnet. Überschreitet die durch den Temperaturfühler gemessene Austrittstemperatur eine definierte Grenze, wählt diese automatisch die benötigte Betriebsweise. Beim sensiblen Wärmeübergang, also im Trockenbetrieb, wird die Wärme konvektiv an die Umgebungsluft abgegeben. Der Kühler arbeitet dabei vom niedrigsten Außenlufttemperaturbe-

reich bis zu einem definierten Umschalt- punkt wie ein konventioneller Rückkühler, meist in einem Temperaturbereich zwischen 2 bis 20 °C. Über einen Großteil des Jahres können damit, gegenüber der Verdunstungskühlung, sehr große Mengen an Wasser eingespart werden. Darin liegt die Wirtschaftlichkeit dieses Kühlverfahrens.

Steigt die Temperatur über eine festgelegte Grenze, wird ein Teil der Lamellenoberfläche durch Berieselung mit Wasser benetzt. Die Wärme wird damit zum einen Teil durch thermische Konvektion und zum anderen latent, als nicht sichtbarer Wasserdampf, an die Umgebungsluft abgegeben. Es wird also der Trockenbetrieb von einer Nassfunktion überlagert und das Kühlwasser wird dabei unter Ausnutzung der Verdunstungsenergie unter die Temperatur der Umgebungsluft, frei von sichtbaren Dampfschwaden, abgekühlt. Mit steigender Temperatur nehmen der Benetzungsgrad und damit auch die Verdunstungsmenge stetig zu. Ist der maximale Benetzungswert erreicht, arbeitet der Hybride Rückkühler aus-

schließlich als Verdunstungskühler. Gegenüber der herkömmlichen Trockenkühlung kann durch dieses Zusammenwirken eine Effizienzsteigerung um das Drei- bis Vierfache erzielt werden. Bei gleicher Anlagenleistung werden damit die Betriebskosten gesenkt und die Schallwerte verringert.

Die Intensität beider Betriebsarten richtet sich nach den klimatischen Bedingungen am Aufstellort und nach, bereits während der Auslegung, festgelegten Einflussgrößen wie der absehbare Jahrestemperaturgang und die Lastcharakteristik der Gesamtanlage. Im weiteren Textverlauf wird dieser Aspekt nochmals genauer analysiert.

## Sicherstellen der Wasserqualität

Die Qualität des Benetzungswassers stellt ein äußerst wichtiges Kriterium zur störungsfreien Funktion des Hybriden Rückkühlers dar. Im Nassbetrieb wird ein großer Teil der applizierten Wassermenge verdunstet. Da bei diesem Prozess nur reines Wasser verdunstet, nimmt der Salz- und Verschmutzungsgehalt des Umlauf-

wassers stetig zu. Diese sogenannte Eindickung kann nur mit einem partiellen Wasseraustausch begrenzt werden. Ein Teil des Wassers wird dabei dem Abwassernetz zugeführt und durch Wasser mit einem geringeren Salzgehalt bzw. einem geringeren Härtegrad ersetzt.

Um diesen Wasseraustausch jederzeit gewährleisten zu können wird vorausgesetzt, dass eine Frischwasserversorgung sich in unmittelbarer Nähe befindet. Deren Dimensionierung hängt sowohl von den örtlichen Gegebenheiten der Hausinstallation als auch den benötigten Wassermengen in Abhängigkeit der thermodynamischen Auslegungen ab. Die Abschlammung wird über eine Leitfähigkeitsmessung geregelt durchgeführt. Da besonders bei Neuinstallationen die Möglichkeit der Abgabe von Kupferionen besteht, ist die Zulaufleitung des Benetzungswassers nicht in Kupfer auszuführen.

Da die Lamellen verschiedenen Einflüssen der Umgebungsluft, wie Salze, Blütenpollen und Verschmutzungen, ausgesetzt sind, kann es zu mehr oder weniger starken Ablagerungen kommen, die zu Korrosionserscheinungen führen können. Aus diesem Grund ist der Einsatz eines Korrosionsschutz- und Dispergiermittels notwendig. Da Ablagerungen, Schlamm und Biofilme Nährstoffe für Bakterien wie Legionellen bilden und deren unkontrolliertes Wachstum unbedingt zu vermeiden ist, wird der stoßweise Einsatz eines Biozids empfohlen. Grenzwerte und Hintergründe beschreiben die Richtlinien VDMA 24649, VDI 3803 und 6022.

Um Salzablagerungen weitestgehend vorzubeugen und Korrosionsschäden auszuschließen, sollte der Wasserqualität eine hohe Beachtung geschenkt werden. Dabei wird grundsätzlich in zwei aufbereitete Wasserarten unterschieden.

● **Vollentsalztes Frischwasser**

Der große Vorteil von Wasser, das mit einer Umkehrosmose-Anlage aufbereitet wurde, liegt im vollständig entfernten Salzgehalt. Die Gefahr von Salzablagerungen ist bei dieser Betriebsweise also minimal. In Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen, kann deshalb vollentsalztes Wasser 8 bis 12-fach eingedickt und der Wasserverbrauch damit sehr gering gehalten werden.

● **Enthärtetes Frischwasser**

Lässt es die Rohwasserqualität zu, kann die Enthärtung über eine Ionenaustauscher-Anlage stattfinden. Hier erfolgt le-



Bei der Hybriden Rückkühlung werden Nass- und Trockenkühlung in einem Gerät vereint.

diglich der Austausch der härtebildenden Kalzium- und Magnesiumionen gegen Natriumionen. Eine Verringerung der Konzentration anderer Wasserinhaltsstoffe und damit auch der Leitfähigkeit und des pH-Wertes findet nicht statt. Um den wirtschaftlichen Betrieb des Hybridkühlers sicherzustellen, sollte deshalb eine 3-fache Eindickung des Benetzungswassers nicht überschritten werden.

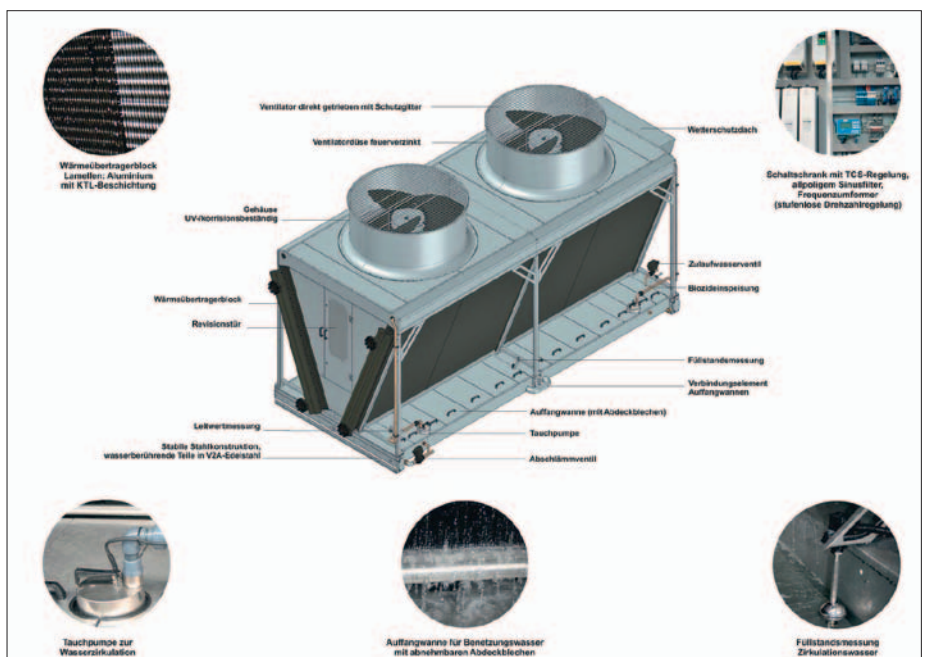
Hinsichtlich der Gefahr von Korrosionen richtet sich der zulässige Eindickungsgrad stark nach dem Gesamtsalzgehalt und dem Chloridgehalt des Benetzungswassers. Ein zu hoher Chloridgehalt kann die elektrische Leitfähigkeit des Benetzungswassers stark beeinflussen.

Um Frostschäden vorzubeugen, wird der komplette Wasserkreislauf ab einer Außentemperatur unter 4 °C automatisch

geleert. Aufgrund der frostsicheren Eigenschaften des Kühlmediums ist eine Entleerung des Kältekreislauf-Rohrsystems nicht notwendig.

**Geringer Platzbedarf bei hoher Effizienz**

Verglichen mit einem reinen Trockenkühler ist es möglich, die Werte der Kühlwassertemperatur unter die der Außentemperatur abzusenken. Mit Reduzierung der Kühlwassertemperatur sinkt die Aufnahmeleistung des Verdichters. Dies führt zu einer Steigerung des EER-Wertes der Kältemaschine und erhöht gleichzeitig die Energieeffizienz der Gesamtanlage. Durch die individuelle Anpassung der Kühler an vorgegebene Schallwerte, ist auch eine Aufstellung in besonders schallsensiblen Umgebungen möglich.



Aufbau einer Hybriden Rückkühlanlage.



Um Salzablagerungen weitestgehend vorzubeugen und Korrosionsschäden auszuschließen, sollte der Wasserqualität eine hohe Beachtung geschenkt werden.

Ist der Einsatzort durch eine besonders geringe Aufstellfläche charakterisiert, bekommt der Hybride Rückkühler sehr oft den Vorzug vor Trockenkühlern. Aufgrund der hybriden Funktionsweise ist er bei gleicher Leistung kompakter. Je nach projektspezifischer Anwendung sind dabei Platzeinsparungen bis zu 60% möglich.

### Sicherer Einsatz – auch in Krankenhäusern

In Krankenhäusern und Forschungseinrichtungen ist der Kühlbedarf nicht ausschließlich auf die Raumklimatisierung begrenzt. Sowohl der Betrieb diverser hochsensibler Maschinen als auch die Aufbewahrung von Medikamenten erfordert eine besondere Auslegung der klimatechnischen Anlagen. Das Hauptaugenmerk gilt hierbei den besonderen Hygieneanforderungen. Da das Benetzungswasser direkt auf das Lamellenpaket appliziert wird und dabei eine Schwadenbildung vermieden wird, kann ein Legionellenrisiko auf ein Minimum reduziert werden. Ergänzend ist es dennoch notwendig, das Umlaufwasser mit einem Biozidgemisch zu versetzen.

### Klimatisieren von sensiblen Bereichen

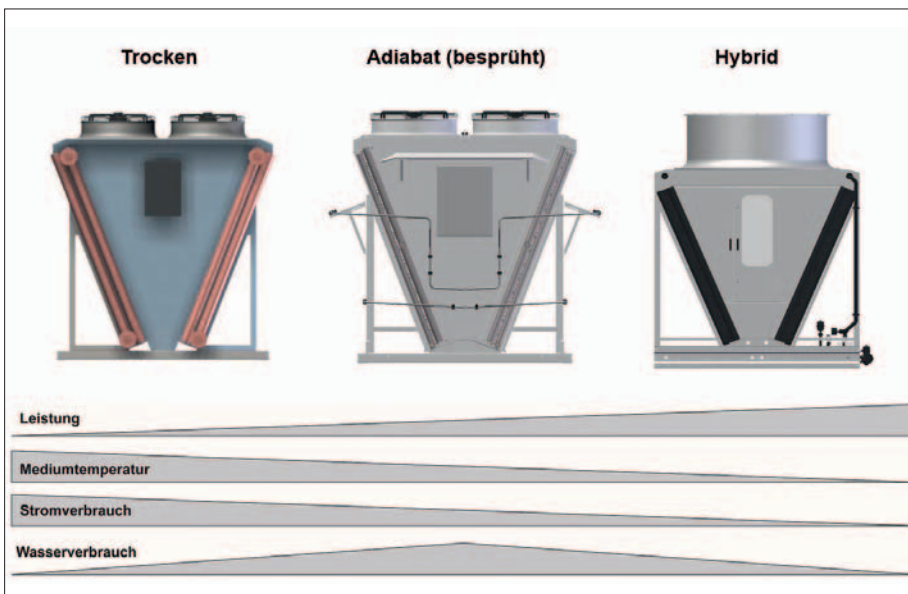
Einem steigenden Strombedarf sieht sich auch die Prozesstechnik gegenüber. Als Beispiel sei an dieser Stelle ein Rechenzentrum genannt, dessen Kühlsystem einen nicht unerheblichen Anteil des Gesamtstromverbrauchs einnimmt. Deshalb ist es notwendig, diesen durch effiziente Technologien zu senken. Mit dem Einsatz eines Hybriden Rückkühlers ist es in Mitteleuropa fast über das gesamte Jahr möglich, auf die energieintensivere Kältemaschine zu verzichten. Bei der sogenannten Freikühlung übernimmt der Hybrid direkt die Abkühlung des Kaltwassers. Mit Wegfall der Kältemaschine beschränkt sich der Leistungsbedarf damit auf den der Rück-

kühlung, woraus sich eine Einsparung von etwa 90% ergibt. Die erreichbare Kaltwassertemperatur liegt dabei ca. 4K über der Feuchtkugeltemperatur, welche die Kühlgrenze bildet. Rechenzentren sind meist durch hohe Leistungsanforderungen bei relativ geringen Platzverhältnissen gekennzeichnet. Die Speicherung wichtiger Daten erfordert höchste Sicherheit, die nur durch die konstante Funktion der Serversichergestellt werden kann. Hybride Rückkühltechnik findet deshalb oft in redundanter Ausführung Anwendung.

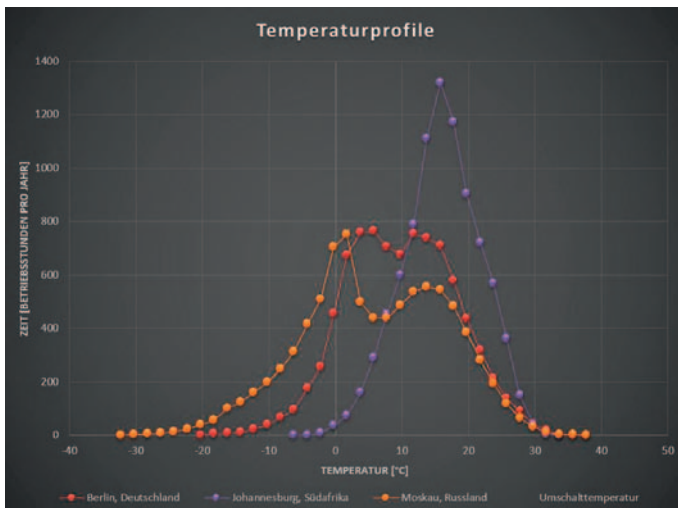
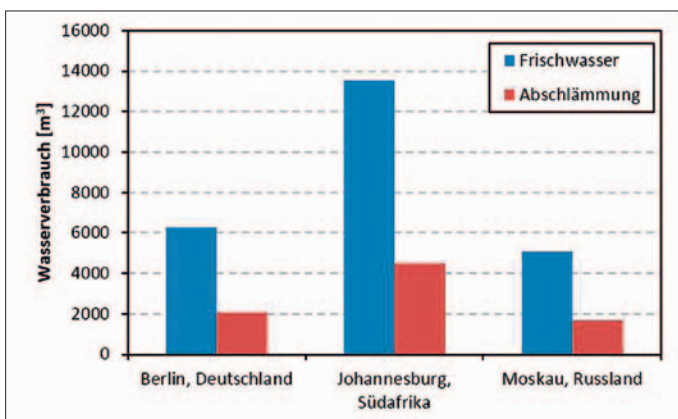
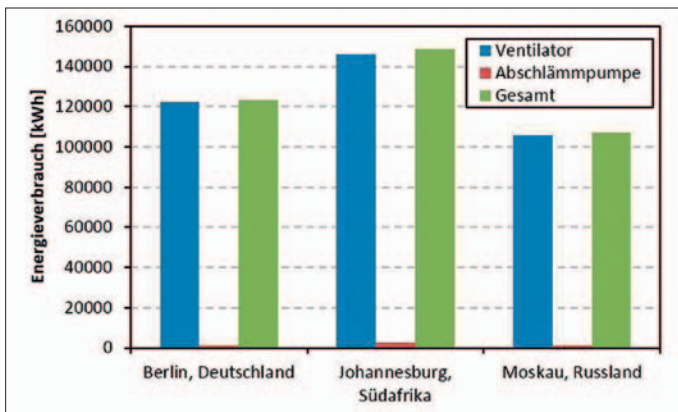
Einen weiteren bedeutenden Anwendungsbereich der Technologie stellt die Werkzeug- und Automatisierungstechnik dar. Für den Produktionsprozess von wesentlicher Bedeutung, sowohl für die Antriebeinheiten der Maschinen als auch für Werkzeugsysteme, ist die ganzjährige Versorgung mit Kühlwasser auf einem gleichmäßigen Temperaturniveau, um eine prozessangepasste Werkzeugoberflächentemperatur zu gewährleisten. Bereits geringe Abweichungen von der Solltemperatur können am Werkzeugkopf während des Bearbeitungsprozesses zu Toleranzen führen. In speziellen Anwendungen der Kunststoffindustrie, wie dem Spritzgussverfahren, werden die Gussformen gekühlt, um ein Ankleben des Werkstoffs zu vermeiden. Über die Regelkomponenten des Hybriden Rückkühlers kann die Ventilator Drehzahl stufenlos angepasst und die Schalthysterese sehr gering gehalten werden. Das positive Resultat ist eine optimale Leistungsanpassung an den tatsächlichen Bedarf.

### Betonkernaktivierung – eine sinnvolle Ergänzung

Mehr und mehr steht bei Gebäudeplanungen nachhaltiges Bauen im Fokus. Das Ziel ist eine Optimierung der Betriebskosten durch einen besonders niedrigen Energieverbrauch, beispielsweise durch eine Betonkernaktivierung. Diese kostengünstige Methode zum Kühlen und Heizen von Gebäuden nutzt die Fähigkeit von Betondecken und -wänden, thermische Energie zu speichern und bei Bedarf abzugeben. Um über das ganze Jahr hinweg gleichmäßige Raumtemperaturen zu gewährleisten ist es notwendig, im Heizfall Warmwassertemperaturen von max. 28 °C bereitzustellen. Im Kühlfall liegt die minimale Kaltwassertemperatur der Bauteilaktivierung bei 18 °C und kann somit ohne betriebskostenintensive Kältemaschine direkt über einen Hybriden Rückkühler betrieben werden. Immer häufiger ist die Kombination bei-



Ein Vergleich zwischen drei Arten der Rückkühlung soll die Vorteile der Hybriden Technologie verdeutlichen.



Vergleich eines Hybriden Rückkühlers mit gleichen Auslegungswerten für Berlin, Johannesburg und Moskau. Hier wird deutlich, wie entscheidend der zukünftige Aufstellort für die Anlageneffizienz ist.

der Systeme ein fester Bestandteil moderner Architektur, z. B. in Büro- und Verwaltungsgebäuden.

Als Beispiel für die Würdigung solch vorausschauender Planungen sei an dieser Stelle eine mögliche Zertifizierung nach dem LEED-Modell zu nennen. Seit mehr als 10 Jahren setzt dieses weltweit anerkannte Zertifizierungssystem Maßstäbe bei der Planung ökologisch außerordentlich leistungsstarker Gebäude. Mit seinen Standards steht das Verfahren für Bewusstsein, Effizienz und gesunde Nutzungsparameter sogenannter „Green Buildings“.

Für durch LEED ausgezeichnete Unternehmen gilt diese Zertifizierung als wichtiger Image-Bestandteil.

## Grenzen der Technologie bei der Planung beachten

Trotz erheblicher Vorteile gegenüber konventionellen Lösungen sind auch der Hybriden Rückkühlung gewisse Grenzen gesetzt. Zunächst ist zu beachten, dass die Investitionskosten eines solchen Systems höher liegen. Die aufwendigere Konstruktion und Fertigung der Geräte mit größtenteils kostenintensiveren Materialien und Beschichtungen sind Gründe dafür. Grundsätzlich ist es bei der Auslegung daher immer erforderlich, einen Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen verschiedenen Lösungen anzustellen. Nicht in jedem Fall ist der Hybride Rückkühler einer anderen Lösung vorzuziehen. Eine entscheidende Rolle spielen der zukünftige Installationsort des Systems und die damit verbundenen Jahrestemperaturen. Weitere maßgebende Faktoren sind die örtlichen Bezugskosten für Energie und Wasser und die Wasserqualität.

Die Diagramme zeigen den Vergleich eines Hybriden Rückkühlers mit gleichen Auslegungswerten für Berlin (Deutschland), Johannesburg (Südafrika) und Moskau (Russland) und einer Leistung von

2277 kW bei einer Außentemperatur von 35 °C und einer Feuchtkugeltemperatur von 22 °C. Das Wärmeträgermedium soll von 35 °C auf 30 °C gekühlt werden. Ab einer Temperatur von 17 °C schaltet der Hybrid automatisch in den benetzten Betrieb um. Für Moskau würde dies nur für ca. 1579 Betriebsstunden pro Jahr (18%) der Fall sein. In Berlin liegt dieser Anteil mit 1845 Betriebsstunden pro Jahr (21%) nur geringfügig höher. In Johannesburg würde der Hybride Rückkühler fast zur Hälfte des Jahres benetzt betrieben werden, was in einer Verdopplung des Wasserverbrauchs resultiert.

## Referenz: Süßwarenhersteller mit vorbildlichem Energiemanagement

Die Zentis GmbH & Co. KG mit Hauptsitz in Aachen zählt zu den größten fruchtverarbeitenden Unternehmen Europas. Die Herstellung von Konfitüren und Fruchtzubereitungen erfordert einen hohen Energie- und Wasseraufwand. Das Ziel des Unternehmens ist es deshalb, aus ökologischen und ökonomischen Motiven heraus, den Energieverbrauch zu minimieren. Frei nach dem Motto „Wer aufhört besser zu werden hat aufgehört gut zu sein.“ galt Gleiches auch für den Ausbau der bestehenden KWK-Anlage im Sommer 2015. Lediglich 20% des Strombedarfs werden nun noch

vom regionalen Versorger gedeckt. Der eigene Strom wird durch mehrere Blockheizkraftwerke erzeugt. Eines der BHKWs wird mit einem 12-Zylinder-Gasmotor mit einer Leistung von 1300 kW betrieben. Die dabei entstehende Abwärme, die sonst ungenutzt an die Umgebung abgeführt werden müsste, wird als Antriebsenergie zur Erzeugung von Kaltwasser über eine Wasser-Lithiumbromid-Absorptionskältemaschine genutzt. Das System kühlt während der Verarbeitung erhitzte Fruchtzubereitungen von 90 auf ca. 20 °C herunter.

Das Anlagenkonzept wurde in enger Zusammenarbeit zwischen der Zentis GmbH & Co. KG und der ONI Wärmetrafo GmbH ausgearbeitet, die anschließend das komplette Anlagensystem realisierte. Die thermofin GmbH lieferte mit einem Hybriden Rückkühler der Baureihe „THDD“ eine Schlüsselkomponente für den Kreislauf der Absorptionskältemaschine. Eine besondere Herausforderung stellte der Transport des Gerätes dar. Mit einem Leergewicht von ca. 14 000 kg und Abmessungen von 13,0 x 3,0 x 5,0 m (L x B x H) zählt es zu den größten seiner Bauart. ■

Autor: Karolin Hemp, Marketing thermofin GmbH

Bilder: thermofin GmbH



Bei der Zentis GmbH & Co. KG wurde ein Kühler der thermofin-Baureihe „THDD“ installiert. Mit einem Leergewicht von ca. 14 000 kg und Abmessungen von 13,0 x 3,0 x 5,0 m (L x B x H) zählt es zu den größten seiner Bauart.