

*... in Fluid Management*



# Kühlung muss sein

# Kühlung muss sein

Wer arbeitet, dem wird warm, speziell dann, wenn er in einem heissen Umfeld seine Tätigkeit verrichtet. Er schwitzt. Doch für Linderung ist rasch gesorgt: Ein kühler Drink oder ein Sprung ins Nass helfen, die negativen Folgen der Hitze abzuschwächen. Was aber geschieht mit Hydraulikanlagen und den elektrischen Schaltschränken von Maschinen und Systemen?

Um es vorwegzunehmen: Viele Hydraulikanlagen oder Schaltschränke leiden, sind überfordert, gestresst und erfüllen ihren Zweck nur noch teilweise. Einige geben den Geist sogar ganz auf. Damit solches vermieden werden kann, muss die Anlage mittels Luft, Wasser oder Kältemittel gekühlt werden. Dabei gibt es für jede Anwendung das richtige Konzept.

## Kühlung von Flüssigkeiten mit Luftkühlern

Die optimale Ölarbeitstemperatur einer Werkzeugmaschine liegt in den meisten Fällen bei 50 bis 60°C. Ist die Temperatur des Öls zu hoch, altert es schneller und ist für viele Funktionen zu viskös. Dadurch entsteht hohe Leckage. Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, Öle zu kühlen. Eine davon erfolgt mittels der Umgebungsluft. Für die Mehrheit der Hydrauliksysteme wird ca. 60 bis 70% der installierten Energie in mechanische Arbeit umgewandelt. Die restlichen 30 bis 40% werden durch Reibung und Druckverluste in Wärme umgewandelt. Durch diesen relativ schlechten Wirkungsgrad entsteht eine hohe Öltemperatur, welche für das Öl und die Komponenten im Hydrauliksystem unerwünscht ist.

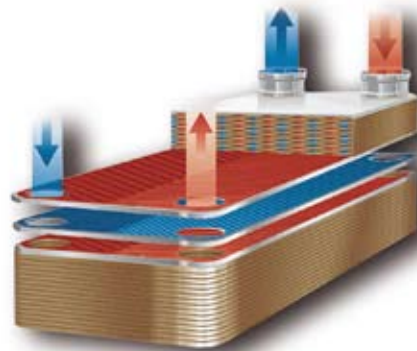
## Die Anwendung bestimmt den Kühlertyp

An Abkantpressen beispielsweise entstehen im Rücklauf unterschiedliche Ölvolumenströme und Druckspitzen. Dies wäre für einen im Rücklauf montierten Luft-Ölkühler sehr schlecht, weil er einem hohen Druck standhalten und zudem für einen viel höheren Volumenstrom ausgelegt sein müsste. Hier empfiehlt es sich, einen Nebenstromkühler mit angebaute geräuscharmer Umwälzpumpe einzusetzen. Der Kühler arbeitet autonom im Nebenstrom und wird mittels des im Öltank eingebauten Thermostaten bei zu hoher Öltemperatur ein- und auch wieder ausgeschaltet. Bei anderen Werkzeugmaschinen wie z.B. Schleifmaschinen kann mit einem Luft-Ölkühler das Hydraulik- oder Spindelöl kostengünstig gekühlt werden. Die Elektromotoren sind standardmässig bis 50- und 60-Hz-Ausführung erhältlich. Dies ist für den Export von grossem Vorteil. Baumaschinen oder Kommunalfahrzeuge müssen immer kompakter und leichter konstruiert werden. Somit fehlt dann oft der Platz für einen vernünftigen grossen Hydraulik-Öltank. Um die Ölerwärmung in den Griff zu bekommen, können Luft-Ölkühler eingesetzt werden. Wenn gleichzeitig das Wasser des Motors gekühlt werden muss, empfiehlt es sich, einen Kombikühler

vorzusehen. Es können aber auch Hydraulikmotoren eingesetzt werden. Die Kühler sind standardmässig mit einem Anschluss für den Thermostaten und auf Wunsch mit einem externen Bypass ausgerüstet. Der direkt angebaute Klemmkasten mit Relais findet immer mehr Anwendung, weil kundenseitig nur noch die Speisung anzuschliessen ist. Kombikühler werden ganz speziell auf die Bedürfnisse und die Einbauverhältnisse des Fahrzeugs abgestimmt. Damit die Luftlamellen – ganz spezifisch beim mobilen Einsatz – nicht zu schnell verstopfen, verwendet man Waschbrettlamellen mit einer Teilung von 5 mm. Der Einbau eines Luftkühlers empfiehlt sich überall dort, wo das  $\Delta T$  ( $T_{\text{Öl}} - T_{\text{Luft}}$ ) grösser 20°C akzeptiert werden kann. Luftkühler sind im Vergleich zu einem Wasserkühler etwas teurer, jedoch im Betrieb kostengünstiger.

## Wärmetauscher

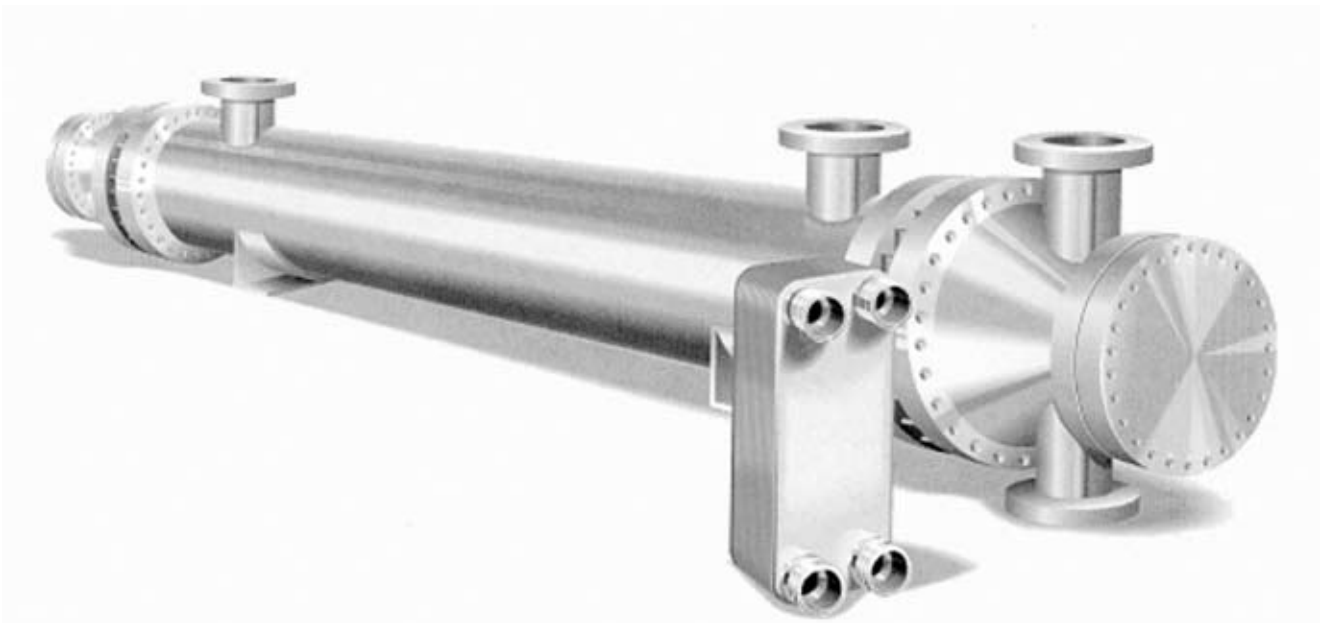
Die Aufgabe eines Wärmetauschers besteht darin, Wärme von einem flüssigen Medium (meist Hydrauliköl) auf ein anderes Medium (meist Wasser) zu übertragen, ohne dass sich diese zwei Medien berühren oder vermischen.



Hauptsächlich stehen hierzu zwei unterschiedliche Wärmetauscher-Bauarten zur Verfügung: *Rohrbündel-Wärmetauscher* und *Plattenwärmetauscher*. Obwohl gelötete Plattenwärmetauscher bereits seit einigen Jahrzehnten bekannt sind, wurden sie in der Hydraulik erst in den letzten 10 – 15 Jahren entdeckt und eingesetzt. Dank vieler Vorteile haben sie inzwischen jedoch die Rohrbündel-Wärmetauscher auf diesem Einsatzgebiet fast völlig verdrängt.



Der gelötete Plattenwärmetauscher.



... und im Vergleich zu einem Rohrbündel-Wärmetauscher. Um die Wärmemenge von 120 kW übertragen zu können, muss dieser Wärmetauscher bei einem Durchmesser von 200 mm 2250 mm lang sein und im Betrieb 130 kg wiegen, im Gegensatz zu 18 kg des gelöteten Plattenwärmetauscher.

### Das Funktionsprinzip des gelöteten Plattenwärmetauschers

Mit einer, der thermodynamischen Aufgabe entsprechenden Plattenanzahl, wird das Plattenpaket gebildet. Die Wärmetauscher bestehen aus bis zu 200 profilierten Platten aus Edelstahl, die mit Kupfer im Vakuumverfahren verlötet werden. Da jede zweite Platte um 180° in der Ebene gedreht auf die vorherige Platte gelegt wird, entstehen zwei voneinander getrennte Strömungsräume. Üblicherweise durchströmen die zwei am Wärmeaustausch beteiligten Medien den Plattenwärmetauscher im Gegenstromverfahren. Die Geometrie der Kanäle sorgt für eine turbulente Durchströmung, was im Vergleich mit anderen Systemen zu drei- bis fünfmal höheren Wärmeübertragungskoeffizienten schon bei geringen Volumenströmen führt. Herkömmliche Ölkühler werden üblicherweise mit einem Verhältnis Ölstrom/Kühlwasserstrom von 2:1 ausgelegt, Plattenwärmetauscher hingegen optimal mit 5:1 oder sogar bis 10:1. Der Wasserverbrauch und damit die laufenden Betriebskosten wurden folglich mit dem Plattenwärmetauscher bei wassergekühlten Hydraulikanlagen wesentlich verbessert. Die hohe Leistungsfähigkeit der Plattenwärmetauscher eröffnet neue Möglichkeiten für Ölkühlsysteme. So ist es möglich, mit sehr kleinen Temperaturdifferenzen zwischen den Eingangstemperaturen der beiden Medien beziehungsweise hohen Differenzen zwischen der Eingangs- und Ausgangstemperatur des gleichen Mediums zu arbeiten.

### Kompakte Bauweise und niedriges Gewicht bei hohen zuverlässigen Temperaturen und Drücken

Gelötete Plattenwärmetauscher weisen einen minimalen Platzbedarf auf, der oftmals nur 30% desjenigen beträgt, welche Rohrbündel-Wärmetauscher beanspruchen. Dies deshalb, weil sie praktisch nur aus Wärmeübertragungsflächen bestehen, welche zudem eine kompakte Bauform bilden. Gewichtseinsparungen bis zu 80% und der geringe Inhalt sind weitere Vorteile. Durch die Vielzahl

der Berührungspunkte der profilierten Platten – die eine Art Fischgrätmuster bilden – ergibt sich bei der Hartlötung ein extrem stabiles Plattenpaket. Zuverlässige Betriebsdrücke bis 30 bar bei Berstdrücken von meist über 100 bar sind dank diesem besonderen Design möglich. Gelötete Plattenwärmetauscher besitzen keine Dichtungen und lassen sich dadurch in einem grossen Temperaturbereich einsetzen.

### Unempfindlich gegen Verschmutzung und Korrosion

Bei turbulenter Durchströmung in freien Kanälen mit glatter Oberfläche kommt es nicht zu extremen Geschwindigkeitsreduzierungen und damit auch nicht zur Gefahr von Ablagerungsbildungen. Im Gegensatz hierzu kann es bei Rohrbündel-Wärmetauschern, die häufig mit laminarer Durchströmung arbeiten, zu extrem niedriger Geschwindigkeit an der Oberfläche kommen, was die Ablagerung von Schmutzpartikeln begünstigt. Hochwertige Materialien, wie säurebeständige Edelstahlplatten, Werkstoff Nr. 1.4401, und Kupfer oder Nickel als Lötmaterial ergeben exzellente Beständigkeit gegen Korrosion, auch bei relativ schlechter Wasserqualität.

### Kostensparnis

Der gelötete Plattenwärmetauscher ist in den meisten Fällen erheblich kostengünstiger als andere Wärmetauscher. Dies liegt nicht nur an dem günstigeren Einstandspreis, sondern auch an der einfacheren Einbauart. Neben einer grossen Auswahl an gelöteten Plattenwärmetauscher stehen auch geschraubte Plattenwärmetauscher mit NBR-, EPDM- oder Viton-Dichtungen zur Verfügung. Luftkühler oder Wärmetauscher ermöglichen es, die thermische Stabilität zum Beispiel von Werkzeugmaschinen sicherzustellen. Wenn aber im Sommer und Winter konstante Medientemperaturen von  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  gefordert werden, muss ein Kühlsystem eingebaut werden. Die gängigsten Geräte sind die Wasser- und Ölkühlsysteme, auch «Chiller» genannt.

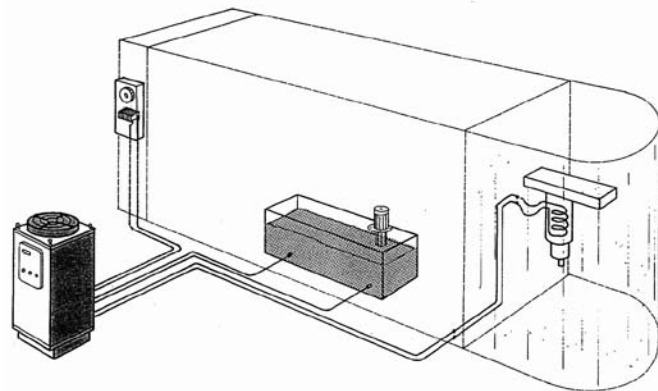
## Wasser- und Ölkühlsysteme

Diese eignen sich beispielsweise für die Kühlung von Hochfrequenz-Spindeln von Hochleistungsbohrmaschinen zur Verarbeitung von Leiterplatten. In diesem Bereich sind sehr enge Fabrikationstoleranzen von lediglich  $\pm 0,002$  mm gefordert. Die Wassertemperatur muss bei der Hochfrequenzspindel konstant gehalten werden, damit sich diese nicht überhitzt. Folgedessen gewährleistet eine konstante Wassertemperatur die verlangte Genauigkeit der gebohrten Leiterplatten auch bei hohen Spindelgeschwindigkeiten.

Damit die hohe Arbeitsgenauigkeit von Werkzeugmaschinen und anderen Maschinen gewährleistet wird, verlangt diese nach konstanten Spindelöl-, Schmieröl- oder Getriebetemperaturen. Ein optimales Kühlresultat hängt von vielen Faktoren ab. Nur durch eine exakte Analyse der Gegebenheiten kann für jede Anwendung die optimale Lösung gefunden werden. Moderne Kühlsysteme helfen mit, die Betriebskosten zu senken, denn gekühlte Maschinen und Werkzeuge sind langlebiger und arbeiten präziser. Durch gezielte Kühlung können höhere Stückzahlen bei verbesserter Qualität produziert werden. Mit einem Kühlsystem können auch mehrere Kühlkreisläufe mit verschiedenen Medien und unterschiedlichen Mediumtemperaturen gekühlt werden. Ein Beispiel: Bei einer Werkzeugmaschine wird mittels eines Kühlsystems das Spindel- und Getriebeöl abgekühlt. Gleichzeitig kann mit Wasser der Schaltschrank über einen Luft/Wasser Wärmetauscher abgekühlt werden.

## Schaltschrankklimatisierung

Zu Zeiten der elektromechanischen Steuerungen reichten in den meisten Fällen Lüftungsschlitze, um die Wärme aus dem Schaltschrank zu führen. Durch diese Lüftungsschlitze gelangte aber nicht nur Kühlluft, sondern auch Staub in den Schaltschrank. Durch die isolierende Wirkung



Werkzeugmaschine mit Spindel- und Getriebeöl-Kühlung und zusätzlicher Schaltschrank-Kühlung mit Wasser über einen Luft/Wasser-Wärmetauscher

des Staubes auf den Elektronikteilen kam es zu Überhitzungen. Dies führte über kurz oder lang zu einem Ausfall. Die heutigen Werkzeugmaschinen werden durch moderne Elektronik gesteuert. Die Elektronik der heutigen Steuerungstechnik wird immer kleiner und leistungsfähiger. Damit steigen die installierten Verlustleistungen in den Schaltschränken an. Aber auch die Sensibilität der elektronischen Bauelemente in den Schaltschränken gegenüber Temperatur und externen Einflüssen, wie Staub und Feuchtigkeit, nimmt zu.

Deshalb ist es notwendig, eine gleichmäßige, stabile Temperaturverteilung in einem Schaltschrank zu haben. Die richtige Schaltschrank-Betriebstemperatur ist die Voraussetzung für eine lange Lebensdauer der elektronischen Komponenten. Stillstandzeiten werden vermieden. Denn: Stillstand einer Produktionsanlage bedeutet Produktionsausfall, und Produktionsausfall ist stets mit hohen Kosten verbunden. Die richtige Betriebstemperatur in einem Schaltschrank beträgt je nach eingebauten Komponenten zwischen 30 und 50°C. Für den Konstrukteur oder Elektrotechniker stellt sich bereits in der Konstruktions- und Entwicklungsphase die Frage zum Temperaturverhalten im späteren Anwendungsbereich.



Wasser- und Ölkühlsystem, auch «Chiller» genannt

**1) Einsatz eines Kühlgerätes,  
wenn  $T_{\text{Schaltschrank}} < T_{\text{Aussen}}$**

Liegt die Umgebungstemperatur « $T_{\text{Aussen}}$ » beispielsweise deutlich über der gewünschten Schaltschrank-Innen-temperatur, kommen Kühlgeräte zum Einsatz. Sie arbeiten nach dem Prinzip einer Kompressionskältemaschine. Als Kühlmedium wird ein Kältemittel verwendet. Damit kann die Schaltschranktemperatur, unabhängig von der Umgebungstemperatur, immer konstant gehalten werden.

**2) Einsatz eines Luft-Wasser Wärmetauschers,  
wenn  $T_{\text{Schaltschrank}} < T_{\text{Aussen}}$**

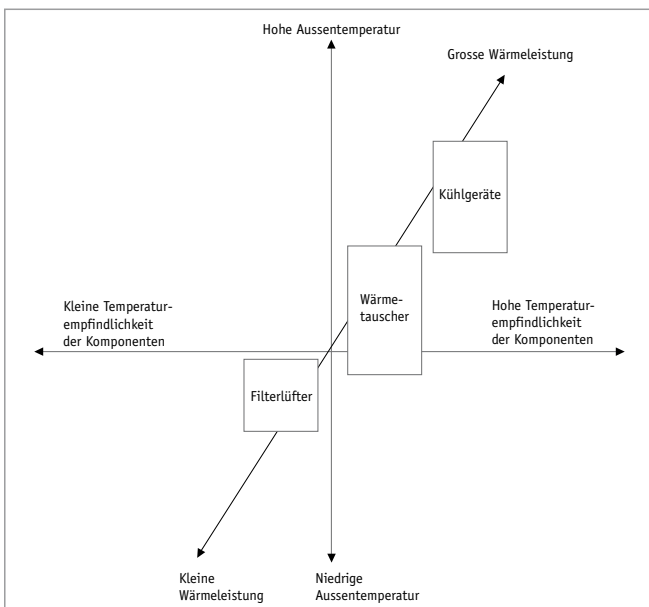
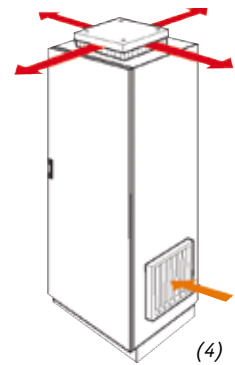
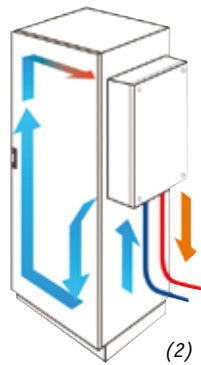
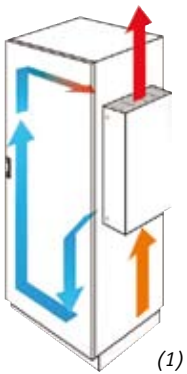
Bei diesen Wärmetauschern erfolgt die Kühlung der Schaltschrank-Innenluft über ein Kühlelement. Die abgeführte Wärme im Schaltschrank wird nicht an die Umgebung abgegeben, sondern durch eine Wasserrücklaufleitung wegtransportiert und kann zum Beispiel durch eine Wärmerückgewinnungsanlage wieder genutzt werden. Vielfach wird diese Art von Schaltschrank-Klimatisierung verwendet, wenn nebst der Elektronik auch noch andere Bereiche wie Hydrauliköl, Getriebeöl oder Hochfrequenzspindeln mit Wasser gekühlt werden. In den meisten Fällen wird das notwendige kühle Wasser durch ein Wasser-Kühlsystem «im geschlossenen Kreislauf» erzeugt.

**3) Einsatz eines Luft-Luft Wärmetauschers,  
wenn  $T_{\text{Schaltschrank}} > T_{\text{Aussen}}$**

Luft-Luft Wärmetauscher verfügen über zwei vollständig voneinander getrennte Luftkreisläufe. Die installierten Komponenten sind von äusseren Einflüssen geschützt. Bei diesen indirekten Schaltschrank-Kühlgeräten überträgt ein Wärmeaustauschpaket die aus dem Schaltschrank aufgenommene Wärme an die kühlere Umgebungsluft.

**4) Einsatz eines Filterlüfters oder Dachlüfters,  
wenn  $T_{\text{Schaltschrank}} > T_{\text{Aussen}}$**

Filterlüfter in Kombination mit einem baugleichen Austrittsfilter garantieren eine gleichmässige Temperaturverteilung in einem Schaltschrank. Sie werden vor allem dann eingesetzt, wenn kleine Wärmeleistungen abgeführt werden müssen. Die Grenzen von Filterlüftern sind erreicht, wenn im Umfeld des Schaltschranks mit grossem Staubanfall, Feuchtigkeit oder chemischen Stoffen zu rechnen ist. In diesem Fall kommen Luft-Luft Wärmetauscher zum Einsatz.



Eine erste Annäherung über die Art des Einsatzes einer Schaltschrankklimatisierung erhält man aus folgendem Diagramm.

Diagramm: Schaltschrankklimatisierung in Abhängigkeit von Temperaturempfindlichkeit, Aussentemperatur und Wärmeleistung

**Olaer (Schweiz) AG**  
Bonnstrasse 3 - 3186 Düdingen  
**Tel. : +41 26 492 70 00 - Fax : +41 26 492 70 70**  
**info@olaer.ch - www.olaer.ch**

**Olaer Austria GmbH**  
Wachtelstrasse 25 - A-4053 Haid  
**Tel. : +43 7229 803 06 - Fax : +43 7229 803 06-21**  
**info@olaer.at - www.olaer.at**

**Olaer CZ s.r.o.**  
Videnská 125 - CZ-61900 Brno  
**Tel. : +420 5 47 1256-01-10 - Fax : +420 5 47 1256 00**  
**info@olaer.cz - www.olaer.cz**

**Olaer (Schweiz) AG Magyar ország Fióktelepe**  
Skalézi út 13/B - H - 2509 Esztergom  
**Tel. : +36 (70) 943 8114 - Fax : +36 (33) 319 954**  
**zsolt.spendel@olaer.hu - www.olaer.hu**



Hydrospeicher - Wärmetauscher - Kühler - Pumpen - Wasser- und Öl-Kühlsysteme Chiller - Schaltschrank-Klimatisierung -  
Hydraulikfilter - Hochdrucktechnik - Wasser/Abwasser/Chemie

