



Als Faustregel gilt:  
Etwa 10% bis 50% der elektrisch installierten Leistung einer Hydraulikanlage geht durch Reibung in den Pumpen, Ventilen und Drosselstellen verloren.

# Weg mit der Wärme

## Tips zum richtigen Einsatz von Wärmetauschern

Bei der Konstruktion von Hydraulikanlagen gewinnt die Kühlung zunehmend an Bedeutung. Bei der Auswahl eines geeigneten Wärmetauschers dürfen jedoch nicht nur die reinen Leistungsdaten berücksichtigt werden. Vielmehr spielen Umgebungsbedingungen und oft auch gesetzliche Vorschriften eine Rolle. Zur einfacheren Auslegung und Auswahl eines Wärmetauschers gibt Universal Hydraulik wichtige Tips.



fluid technik  
6/1999  
Deutschland

Bei der Übertragung von Energie entstehen immer Verluste. Bei Hydraulikanlagen führen diese Verluste zu einer unerwünschten Erwärmung der Anlagen. Dadurch kommt es zu einer vorzeitigen Alterung der eingesetzten Hydraulikölen und zu einem verstärkten Verschleiß an den Komponenten der Anlagen. Außerdem läßt die Positioniergenauigkeit bei zunehmender Öltemperatur nach. Dies kann zu Fehlfunktionen der Hydraulik führen.

All dies macht deutlich, daß eine effiziente Kühlung für die Funktion und die Verfügbarkeit einer Hydraulikanlage ebenso wichtig ist wie eine gute Filtration.

### Einige Auswahlkriterien

Bei der Auswahl eines geeigneten Wärmeaustauschers sind verschiedene Punkte zu beachten.

Hierzu gehören:

- die erforderliche Kühlleistung
- das verfügbare Kühlmedium
- das verwendete Kühlverfahren
- die bauliche Gegebenheiten
- die gesetzliche Vorschriften (Unfallverhütung, Arbeitsschutz, Gewässerschutz)

### Effiziente Kühlung entscheidet über Funktion

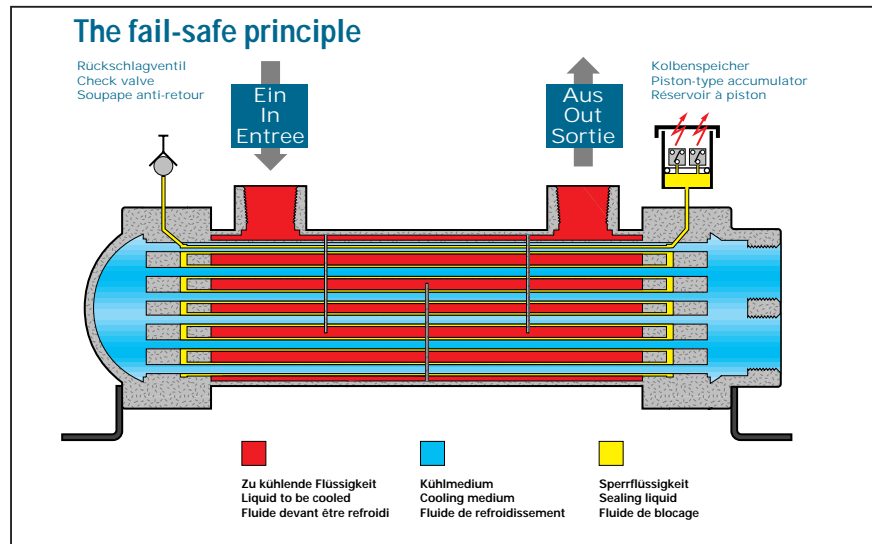
Im folgenden sollen einige technischen Grundlagen für die Auswahl und die Auslegung eines Wärmeaustauschers und die gängigsten Bauformen dargestellt werden.

Der klassische Wärmetauscher ist der Rohrbündelwärmetauscher. Er besteht aus einem Mantelrohr, durch das das Hydrauliköl geführt wird und einem Bündel aus dünnen Rohren, das sich im Mantelrohr befindet.

Die exakte Ermittlung der erforderlichen Kühlleistung ist in der Regel relativ aufwendig. Daher geht man normalerweise davon aus, dass etwa 10 % bis 50 % der elektrisch installierten Leistung einer Hydraulikanlage durch Reibung in den Pumpen, Ventilen und Drosselstellen verloren gehen. Diese Verlustleistung muß durch den Wärmeaustauscher wieder abgeführt werden. Sind in dem Gesamtsystem weitere äußere Wärmequellen vorhanden, durch die das Hydrauliköl erwärmt werden kann, so müssen diese auch bei der Festlegung des Kühlleistungsbedarfes berücksichtigt werden. Als Kühlmedium steht meist Wasser oder Luft zur Verfügung. Die Wahl des Mediums hängt daher von den örtlichen Gegebenheiten ab.

- Steht Wasser zur Verfügung?
- Wieviel Wasser kann zur Kühlung verwendet werden?
- Wie wird das Wasser aufbereitet?
- Wie hoch ist die Umgebungstemperatur?
- Welche Lärmpegel müssen eingehalten werden?
- Wie sauber ist die Umgebung am Standort des Kühlers?

Hinzu kommt, daß durch die Wahl des Kühlmediums auch die späteren Betriebskosten beeinflußt werden. Bei der Wahl des Kühlverfahrens unterscheidet man zwischen der Kühlung des rücklaufenden Mediums z.B. Öl und der Kühlung in einem separaten Nebenstromkreis. Die Kühlung im Nebenstrom hat den Vorteil, daß immer ein konstanter Ölstrom durch den Wärmeaustauscher fließt. Dadurch wird das System kontinuierlich gekühlt und



gefährliche Druckspitzen, die den Wärmeaustauscher beschädigen könnten, vermieden.

### Grundlagen der Auslegung

Wärmeaustauscher werden in der Regel mit Hilfe von Auslegungsprogrammen ausgewählt, die an Hand der vorgegebenen Betriebsparameter aus einer Reihe von standardisierten Baugrößen einen geeigneten Wärmeaustauscher auswählen. Dabei sind die Wärmeübergangszahl, die mittlere Temperaturdifferenz und die erforderliche Austauschfläche von besonderer Bedeutung.

### Die Wärmeübergangszahl

Mit der Wärmeübergangszahl wird der Wärmeübergang zwischen den beiden Medien in einem Wärmeaustauscher beschrieben. Sie wird nicht nur von der Wärmeleitfähigkeit und der Viskosität der Medien beeinflusst, sondern auch von den Strö-

Eine zuverlässige Trennung von Prozeß- und Kühlmedium kann durch den Einsatz von Sicherheitswärmetauschern gewährleistet werden. Bilder: Universal Hydraulik mungsverhältnissen. Damit ist die Wärmeübergangszahl auch von der Konstruktion des Wärmeaustauschers abhängig. Vereinfacht kann man sagen, daß sich die Kühlleistung eines Wärmeaustauschers bei zunehmender Viskosität verschlechtert, während sie sich bei einer zunehmend turbulenten Strömung verbessert.

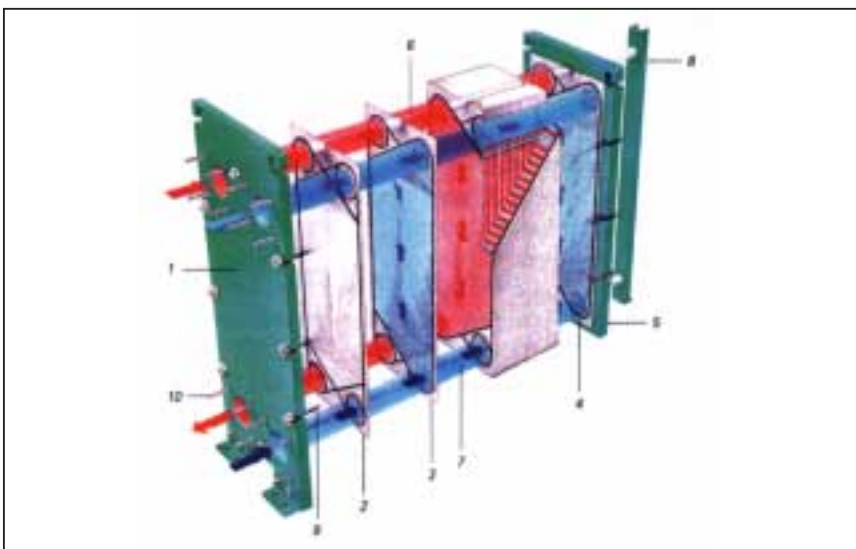
### Die mittlere Temperaturdifferenz

Die mittlere Temperaturdifferenz ergibt sich aus den Eintritts- und Austrittstemperaturen der beiden Medien im Wärmeaustauscher. Auch hier gilt, daß sich die Kühlleistung mit zunehmender Temperaturdifferenz verbessert.

### Die erforderliche Austauschfläche

Die erforderliche Austauschfläche ergibt sich aus der gewünschten Kühlleistung, der Wärmeübergangszahl und der mittleren Temperaturdifferenz. Sie ist daher auch stark von der Bauform des Wärmeaustauschers abhängig. Somit ist ein Vergleich von Wärmeaustauschern unterschiedlicher Bauformen nur an Hand der Austauschfläche nicht möglich.

Der Einsatz von Plattenwärmetauschern empfiehlt sich bei kleinen Temperaturdifferenzen. In solchen Fällen sind Plattenwärmetauscher meist kompakter und preiswerter als Rohrbündelwärmetauscher.



## Bauformen

Neben den thermodynamischen Anforderungen muß ein Wärmeaustauscher auch bestimmte strömungsmechanische, schwingungs- und sicherheitstechnische Forderungen erfüllen. Dies hat im Laufe der Zeit zu verschiedenen Bauformen geführt, die im folgenden näher erläutert werden sollen.

### Rohrbündelwärmetauscher

Der klassische Wärmeaustauscher ist der sogenannte Rohrbündelwärmetauscher. Er besteht aus einem Mantelrohr, durch das das Hydrauliköl geführt wird und einem Bündel aus dünnen Rohren, daß sich in dem Mantelrohr befindet. Durch dieses Rohrbündel fließt das Kühlmedium. Durch die vergleichsweise großen Spalte zwischen den Rohren zeichnen sich diese Wärmeaustauscher durch einen geringen Druckverlust auch bei großen Volumenströmen oder hochviskosen Ölen aus. Sie sind daher besonders geeignet für Anwendungen im Bereich der Schmiertechnik. Da die Strömung in und um die Kühlwasserrohre in der Regel keine starken Turbulenzen aufweist, ist die Wärmeübergangszahl bei Rohrbündelwärmetauscher relativ gering. Entsprechend groß muß die Austauschfläche gewählt werden, um die gewünschte Kühlleistung zu erreichen. Dies führt oft zu sehr großen Kühlern von einigen Metern Länge.



Eine Weiterentwicklung der Öl-Luftkühler sind die sogenannten Nebenstrom-Kühleinheiten. Diese Einheiten lassen sich oft auch mit einem zusätzlichen Filter ausstatten, so daß sich Nebenstromkühlung und -filtration sehr einfach in einem Gerät vereinigen lassen.



### Sicherheitswärmetauscher

Kühlen mit Wasser führt immer zu Problemen, wenn es durch Schäden am Wärmetauscher zu einer Vermischung der beiden Medien kommt. In der Regel entstehen in solchen Fällen erhebliche Kosten durch Stillstandszeiten und die dann erforderlichen Reparatur- und Wartungsarbeiten. Werden Oberflächengewässer verschmutzt, drohen zusätzlich noch hohe Geldstrafen und Auflagen durch die Umweltbehörden.

Eine zuverlässige Trennung der beiden Medien kann durch den Einsatz von Sicherheitswärmetauschern gewährleistet werden. Bei diesen Wärmeaustauschern befinden sich die Rohre, durch die das Kühlmedium fließt, in zusätzlichen Schutzrohren. Der Spalt zwischen den Kühlmedien- und den Schutzrohren ist mit einer Sperrflüssigkeit gefüllt, die einen guten Wärmeübergang gewährleisten soll. Der Druck in der Sperrflüssigkeit wird permanent überwacht, so daß man eine Leckage leicht an der Veränderung dieses Drucks erkennen kann. So ist es möglich einen defekten Wärmeaustauscher rechtzeitig auszutauschen, bevor Wasser in die Hydraulikanlage eindringen kann oder es zu einer Verschmutzung des Kühlwasser kommt.

### Rohrbündelwärmetauscher mit Lamellen

Um die Effizienz der Rohrbündelwärmetauscher zu verbessern, wurden verschiedene Konzepte entwickelt um die Austauschfläche dieser Wärmeaustauscher zu vergrößern und gleichzeitig die Baulän-

Bei der Auswahl eines Öl-Luftkühlers müssen stets die Lärmgrenzwerte beachtet werden, die sich zum Beispiel aus dem Arbeitsschutz oder aus baurechtlichen Vorschriften ergeben.

ge zu verkleinern. Eine Beispiel hierfür sind Rohrbündelwärmetauscher bei denen auf die Kühlrohre dünne Aluminiumlamellen aufgezogen werden. Dadurch entstehen gleichzeitig enge Spalte in denen starke Turbulenzen entstehen, die wiederum den Wärmeübergang verbessern. Allerdings steigt durch die Aluminiumlamellen der Druckverlust im Wärmeaustauscher. Sie sind daher nur für mittlere Viskositäten geeignet. Aufgrund ihrer kompakten Bauform werden sie häufig im Bereich der Industriehydraulik eingesetzt.

### Plattenwärmetauscher

Noch kompakter als Rohrbündelwärmetauscher mit Lamellen sind die sogenannten Plattenwärmetauscher. Hierbei fließen die Medien zwischen mehreren hintereinander angeordneten Platten. Diese Platten sind mit einer Prägung versehen, so daß enge Strömungskanäle entstehen. Das führt zu einer stark turbulenten Strömung und damit zu einem guten Wärmeübergang. Der Einsatz von Plattenwärmetauschern empfiehlt sich daher auch stets bei kleinen Temperaturdifferenzen, da in solchen Fällen Plattenwärmetauscher meist kompakter und preiswerter sind als Rohrbündelwärmetauscher.

Auch bei den Plattenwärmetauschern wurden im Laufe der Zeit verschieden Typen entwickelt, die sich im wesentlichen durch die Verbindung der einzelnen Platten miteinander unterscheiden.

### Gelöteter Plattenwärmetauscher

Bei den gelöteten Plattenwärmetauschern sind die Platten durch eine Kupfer oder Nickel Auflage mit einander verlötet. Dies erlaubt eine preiswerte Serienfertigung. Die

engen Kanäle zwischen den Platten bewirken jedoch einen höheren Druckverlust als bei Rohrbündelwärmetauschern. Dadurch ist es bei großen Volumenströmen oft erforderlich eine große Anzahl von Platten zu verwenden, um den Druckverlust zu senken. Das führt dazu, daß der Vorsprung gegenüber dem Rohrbündelwärmetauscher zum Teil wieder aufgehoben wird.

Darüber hinaus können die Kanäle zwischen den Platten bei schlechter Aufbereitung des Kühlwassers leicht verstopfen. Dadurch verschlechtert sich nach und nach die Kühlleistung des Plattenwärmetauschers. Aufgrund des Aufbaus lassen gelötete Plattenwärmetauscher jedoch nur bedingt reinigen.

### Geschraubter Plattenwärmetauscher

Im geschraubten Plattenwärmetauscher werden die Platten in einen Rahmen eingehängt und über zwei Druckplatten miteinander verspannt. Dies hat den Vorteil, daß sich die Platten demontieren lassen. Dadurch kann der Wärmeaustauscher gereinigt und bei Bedarf durch den Einbau von zusätzlichen Platten erweitert werden. Durch verschiedene Prägungen lassen sich geschraubte Plattenwärmetau-

schers in Bezug auf den Druckverlust und die Wärmeübergangszahl optimieren. Allerdings gilt auch hier, daß bei großen Temperaturdifferenzen ein Rohrbündelwärmetauscher unter Umständen die bessere Alternative ist.

### Öl-Luftkühler

Bei den bisher beschriebenen Wärmeaustauschern wird stets Wasser als Kühlmedium verwendet. Wasser ist jedoch ein zunehmend teurer werdendes Gut, so daß oft Luft zur Kühlung eingesetzt wird. Insbesondere wenn keine Kühlwasserversorgung vorhanden ist. Bei Öl-Luftkühlern wird Kühlluft mit Hilfe eines Ventilators durch ein Kühlnetz gesaugt. Aufgrund der schlechten thermischen Eigenschaften ist Luft jedoch nur bedingt als Kühlmedium geeignet. Dieser Nachteil muß durch einen großen Volumenstrom und eine große Austauschfläche ausgeglichen werden. Ein Öl-Luftkühler benötigt daher mehr Platz als ein Rohrbündel- oder Plattenwärmetauscher mit einer vergleichbaren Kühlleistung.

Ein weiterer Nachteil ist die zu Teil erhebliche Lärmbelastung, die von einem Öl-Luftkühler ausgehen kann. Daher sind bei der Auswahl eines Öl-Luftkühlers auch stets die

Lärmgrenzwerte zu beachten, die sich zum Beispiel aus dem Arbeitsschutz oder aus baurechtlichen Vorschriften ergeben.

Bei der Aufstellung eines Öl-Luftkühlers ist zu beachten, daß für eine ausreichende Frischluftzu- und abfuhr gesorgt ist. Andernfalls besteht die Gefahr, daß sich die Umgebung erwärmt und der Wärmeaustauscher keine ausreichende Kühlleistung mehr erreicht.

### Nebenstrom-Kühleinheiten

Eine Weiterentwicklung der Öl-Luftkühler sind die sogenannten Nebenstrom-Kühleinheiten, bei denen der Motor neben dem Ventilator auch eine Pumpe antreibt, mit der das Hydrauliköl durch den Wärmeaustauscher gefördert wird. Diese Einheiten lassen sich oft auch mit einem zusätzlichen Filter ausstatten, so daß sich Nebenstromkühlung und -filtration sehr einfach in einem Gerät vereinigen lassen. Allerdings gelten für die Nebenstrom-Kühleinheiten die gleichen Einschränkungen wie sie bereits für Öl-Luftkühler genannt wurden.

### Zusammenfassung

Bei der Planung und Konstruktion von Hydraulikanlagen gewinnt die Kühlung zunehmend an Bedeutung. Bei der Auswahl eines geeigneten Wärmeaustauschers müssen jedoch nicht nur die reinen Leistungsdaten berücksichtigt werden, vielmehr spielen Umgebungsbedingungen und oft auch gesetzliche Vorschriften eine Rolle. Durch die Beschreibung einiger Auslegungsg Grundlagen und der verschiedenen Bauformen mit Ihren Vor- und Nachteilen in diesem Beitrag, sollte die Aufgabe erleichtert werden.

*Autor: Dipl.-Ing. Martin Schneewis, Universal Hydraulik GmbH*

Bei gelöteten Plattenwärmetauschern sind die Platten durch eine Kupfer- oder Nickelaufgabe miteinander verlötet. Dies erlaubt eine preiswerte Serienfertigung.



**Universal Hydraulik GmbH**

Siemensstr. 33

D-61267 Neu-Anspach

Telefon 0 60 81 / 94 18 - 0

Telefax 0 60 81 / 96 02 20

eMail [info@universalhydraulik.com](mailto:info@universalhydraulik.com)

[www.universalhydraulik.com](http://www.universalhydraulik.com)