

# Basiswissen Wärmeübertrager

Wärmeübertrager dienen zur Erwärmung, Abkühlung, Verdampfung oder Kondensation von Medien unterschiedlicher Temperaturen. Die grundsätzliche Funktion besteht darin, die Wärmeenergie eines Mediums mit einem höheren Temperaturniveau auf ein Medium mit einem geringeren Temperaturniveau zu übertragen.

Der Wärmetransport verläuft gemäß dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik stets vom Medium mit der höheren Temperatur zum Medium der niedrigeren Temperatur.

Wärmeübertrager werden eingesetzt in der Energietechnik, der chemischen Industrie und der Lebensmittelindustrie, aber auch für die Computertechnologie und den Automobilsektor sind Wärmeübertrager von großer Bedeutung. Die Wärmeübertragung kann sowohl Hauptprozess als auch Hilfsprozess sein. Je nachdem, ob die beteiligten Medien in direkten Kontakt kommen oder nicht, unterscheidet man in direkte und indirekte Wärmeübertrager.

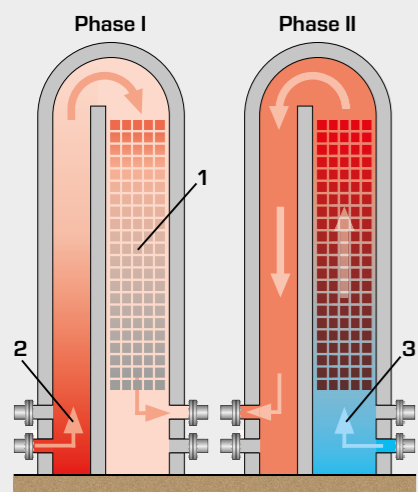
## Einteilung der Wärmeübertrager nach dem Arbeitsprinzip

### indirekte Wärmeübertrager

#### Regeneratoren

- Winderhitzer in Hochöfen
- Rotationswärmeübertrager

In **Regeneratoren** werden thermische Speicher **abwechselnd** vom heißen und kalten Medium durchströmt. Die Wärmeübertragung erfolgt indirekt, da der zu übertragende Wärmestrom zunächst an ein Speichermedium übertragen und dann zeitverzögert an das Zielmedium abgegeben wird.



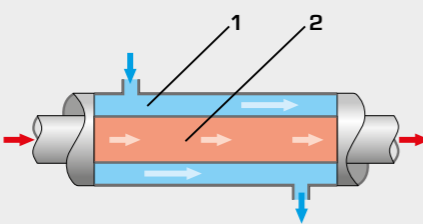
Winderhitzer im diskontinuierlichen Betrieb

**Phase I:** Speicher­masse 1 wird durch Rauchgas 2 erhitzt,  
**Phase II:** kalte Luft 3 wird an der zuvor aufgewärmten Speicher­masse vorbeigeführt und wärmt sich dabei auf

#### Rekuperatoren

- Doppelrohr-Wärmeübertrager
- Rohrbündel-Wärmeübertrager
- Platten-Wärmeübertrager

**Rekuperatoren** werden **gleichzeitig** von zwei Medien stationär durchströmt. Die Medienströme können im Gleichstrom, Gegenstrom und Kreuzstrom geführt werden. Zwischen den Medienströmen befindet sich eine Trennwand, die als Übertragungsfläche dient. Die Wärmeübertragung erfolgt indirekt vom heißen Medium an die Trennwand und von der Trennwand an das kalte Medium, ohne Zeitverzögerung.



Doppelrohrwärmeübertrager im Gleichstrombetrieb

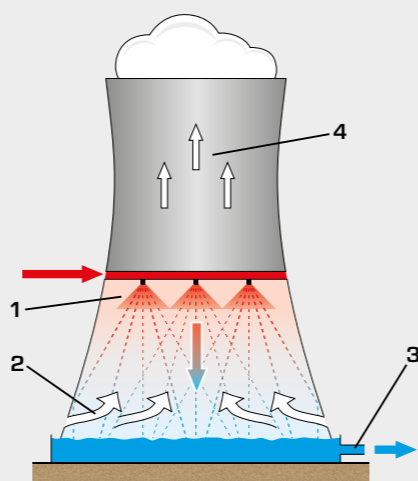
- 1 äußeres Rohr,
- 2 inneres Rohr;
- heißes Medium,
- kaltes Medium

### direkte Wärmeübertrager

#### Mischwärmeübertrager

- Nasskühlturm
- Zwischenkühlung in Walzwerken

**Mischwärmeübertrager** bringen zwei Medien mit unterschiedlicher Temperatur **in Berührung** und vermischen diese. Die Wärme- und Stoffübertragung erfolgt direkt.



Nasskühlturm

- 1 Sprühnebel aus heißem Wasser,
- 2 Lufteintritt,
- 3 gekühltes Wasser,
- 4 feuchte Luft

Als **Arbeitsmedien** kommen meist Flüssigkeiten oder Gase zum Einsatz, in besonderen Fällen auch verdampfende Flüssigkeiten oder kondensierende Dämpfe.

## Bauart von Wärmeübertragern

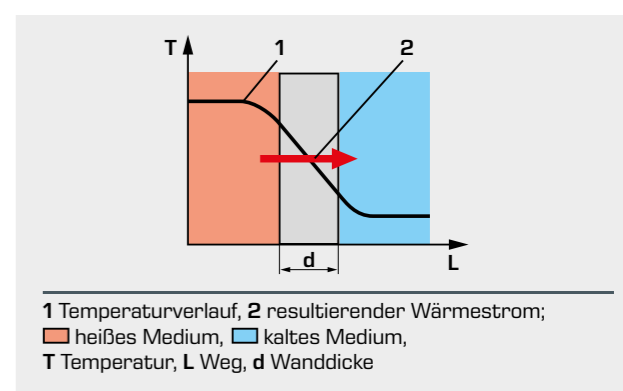
Aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen wurden unterschiedliche Bauarten für Rekuperatoren, mit teilweise stark unterschiedlichen Funktionsweisen, entwickelt.

Bauart	Anwendung / Medien	Vor- und Nachteile
<p>Doppelrohr-Wärmeübertrager</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nutzung bei geringer Kühl-/ Heizleistung</li> <li>■ Übertragung zwischen zwei Flüssigkeiten</li> <li>■ geeignet für hochviskose Fluide</li> </ul>	<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ einfache Bauart</li> <li>■ hohe Drücke können übertragen werden</li> <li>■ problemlose Reinigung</li> </ul> <p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ große Bauart, hohe Kosten pro Wärmeübertragungsfläche</li> </ul>
<p>Rohrbündel-Wärmeübertrager</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nutzung bei sehr großem Temperatur- und Druckbereich</li> <li>■ Übertragung zwischen Flüssigkeiten und Gasen, zwischen zwei Flüssigkeiten oder zwischen zwei Gasen</li> </ul>	<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ einfacher Aufbau</li> <li>■ ideal bei Wärmeübertragung von Dampf auf Wasser</li> </ul> <p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ große Bauart</li> </ul>
<p>Platten-Wärmeübertrager</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nutzung auch bei minimalen Temperaturdifferenzen</li> <li>■ Übertragung zwischen Flüssigkeiten und Gasen, zwischen zwei Flüssigkeiten oder zwischen zwei Gasen,</li> <li>■ mit und ohne Phasenänderung</li> </ul>	<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ große Austauschfläche durch Prägung der Plattenoberfläche</li> <li>■ kompakte Bauweise, geringe Füllmenge</li> <li>■ guter Wärmeübergang durch turbulente Strömung</li> </ul> <p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ hoher Druckverlust</li> <li>■ wartungsintensiv</li> </ul>

## Wärmeübertragung

Der gesamte übertragene Wärmestrom hängt direkt von der Übertragungsfläche ab. Aus diesem Grund werden unterschiedliche Wandgeometrien (z. B. Rippen) verwendet, um die Übertragungsfläche zu vergrößern. Die Wärmeübertragung gliedert sich in drei Abschnitte: Den Wärmeübergang vom heißen Medium an die Wand, die Wärmeleitung durch die Wand und den Wärmeübergang von der Wand an das kalte Medium.

Der Wärmeübergang vom Medium zur Wand bzw. von der Wand zum Medium ist u. a. von der Stoffart, der Strömungsgeschwindigkeit und den Aggregatzuständen der Medien abhängig. Die Wärmeleitung in der Wand hängt von der Wanddicke und dem Wandmaterial ab, beschrieben durch den Wärmedurchgangskoeffizienten  $k$  oder den längenbezogenen Wärmedurchgangskoeffizienten  $k^*$ .



1 Temperaturverlauf, 2 resultierender Wärmestrom;  
heißes Medium, kaltes Medium,  
T Temperatur, L Weg, d Wanddicke

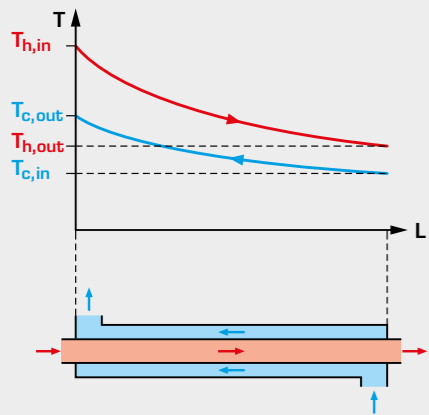
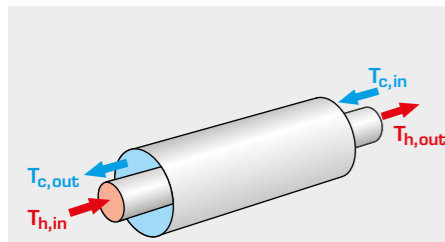
## Basiswissen

## Wärmeübertrager

## Strömungsführungen im Wärmeübertrager

Je nach Bauweise der Wärmeübertrager kann die Strömungsführung im Gerät unterschiedlich sein. Die beiden Medienströme werden jedoch nie vermischt, es findet nur eine Wärmeübertragung zwischen den Medien statt.

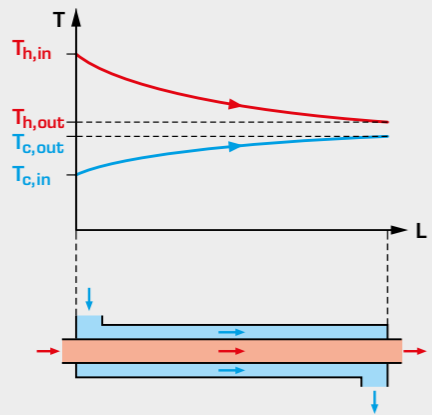
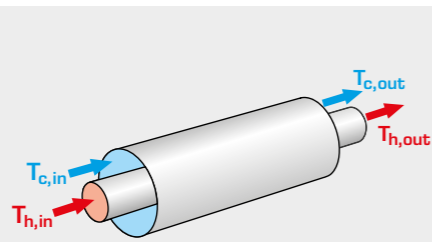
Die möglichen Strömungsführungen sind Gegen-, Gleich- und Kreuzstrom oder Kombinationen aus diesen.



Temperaturprofile im **Gegenstrombetrieb** eines Doppelrohr-Wärmeübertragers

Im **Gegenstrombetrieb** strömen zwei Medien in entgegengesetzter Richtung aneinander vorbei. Die Eintrittsstelle des einen Mediums ist die Austrittsstelle des gegenläufigen Mediums.

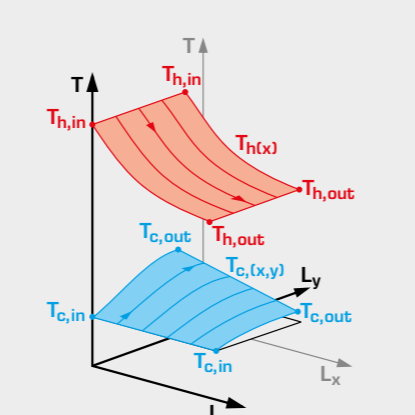
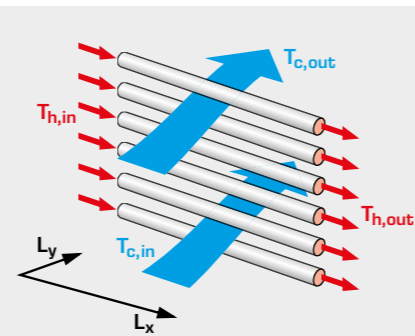
Bei sehr guter Auslegung des Wärmeübertragers kann die Austrittstemperatur der kalten Seite sogar höher als die Austrittstemperatur der heißen Seite werden.



Temperaturprofile im **Gleichstrombetrieb** eines Doppelrohr-Wärmeübertragers

Bei einem Betrieb des Wärmeübertragers im **Gleichstrom** strömen beide Medien in dieselbe Richtung und treten an derselben Stelle in den Wärmeübertrager ein.

Die Austrittstemperatur der kalten Seite kann maximal der Austrittstemperatur der heißen Seite entsprechen.



Temperaturprofil bei einzelner Rohrreihe mit einseitig quergemischtem **Kreuzstrom**

Im **Kreuzstrombetrieb** kreuzen sich die Richtungen der Medien.

Der Kreuzstrom wird im Besonderen für die exakte Temperierung von temperaturempfindlichen Produkten verwendet.

Um die Vorteile aller Strömungsführungen zu nutzen, sind Kombinationen der Grundformen gebräuchlich. Für eine schnelle und sichere Temperierung großer Mengen an aggressiven Chemikalien kommt z.B. ein mehrgängiger Rohrbündel-

Wärmeübertrager im Kreuzgegenstrom-Betrieb zum Einsatz. Platten-Wärmeübertrager, die im Gegenstrom betrieben werden, verwendet man häufig, wenn eine platzsparende Bauform erforderlich ist.

In der Praxis werden Wärmeübertrager entweder **ausgelegt**, **nachgerechnet** oder **bewertet**.

Bei der **Auslegung** wird die Übertragungsfähigkeit bei bekannten Stoffströmen und Temperaturen ermittelt, so dass die Geometrie eines optimalen Wärmeübertragers bestimmt werden kann.

Beim **Nachrechnen** werden die Austrittstemperaturen der Medien und der übertragene Wärmestrom bestimmt. Dadurch wird kontrolliert, wie weit die Austrittstemperaturen des ausgewählten Wärmeübertragers von den benötigten oder begrenzenden Austrittstemperaturen abweichen. Auch die Nachrechnung bereits bestehender Wärmeübertrager zum Vergleich mit realen Messdaten ist üblich.

Die **Bewertung** ermöglicht eine Aussage über die Über- oder Unterdimensionierung des gewählten Wärmeübertragers im Falle eines Einbaus in den Prozessvorgang. Bei der Bewertung eines Wärmeübertragers betrachtet man dessen geometrische Daten sowie alle prozesstechnischen Daten.

Das Kapitel Wärmeübertrager betrachtet zunächst den Wärmeübergang zwischen der Oberfläche eines Körpers und einem Fluid. Weiterhin werden dann indirekte Wärmeübertrager, Rekuperatoren, mit ihren unterschiedlichen Bauarten sowie ein Nasskühlturm als Beispiel für einen direkten Wärmeübertrager vorgestellt. Eine Besonderheit stellt die Wärmeübertragung mit Hilfe der Wirbelschichttechnik dar, die hier an einem Wirbelschichtreaktor untersucht wird.

Themen	GUNT-Produkte
<b>Wärmeübergang</b>	
Erzwungene Konvektion	WL 314
Parallele Strömung	WL 314.01
Gemischte Strömung	WL 314.02
Strömungsprofile	WL 314.03
<b>Indirekte Wärmeübertragung – Rekuperatoren</b>	
Rohr-Wärmeübertrager	WL 312.01
Doppelrohr-Wärmeübertrager	WL 302, WL 308, WL 110.01, WL 315C
Platten-Wärmeübertrager	WL 110.02, WL 315C
Rohrbündel-Wärmeübertrager	WL 110.03, WL 315C
Rührbehälter mit Doppelmantel und Rohrschlange	WL 110.04, WL 315C
Rippenrohr-Wärmeübertrager	ET 300, WL 312.02, WL 312.03, WL 315C
<b>Direkte Wärmeübertragung</b>	
Nasskühlturm	WL 320
<b>Wärmeübertragung in der Wirbelschicht</b>	
Wärmeübertragung in der Wirbelschicht	WL 225