

# Modulverschweißte Plattenwärmeübertrager in der Kältetechnik

## Referent:

Hr. Schenker  
Geschäftsführer  
thermowave  
Gesellschaft für Wärmetechnik mbH

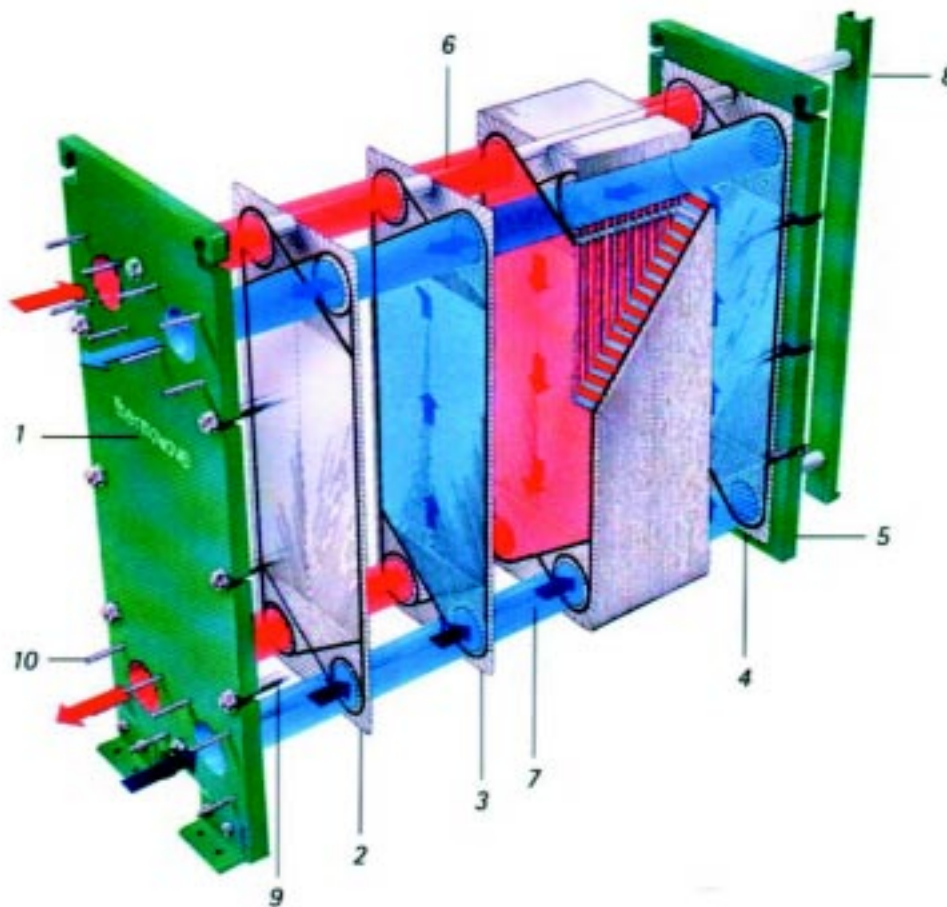
Der Plattenapparat besteht aus geprägten Profilplatten, die durch Zuganker zwischen einer fest stehenden und einer beweglichen Druckplatte lösbar zusammen- gespannt werden und zwischen oberer und unterer Tragstange angeordnet sind.

Für die unterschiedlichsten Anwendungsbereiche stehen Platten mit Dichtungen und geschweißte Module mit verschiedenen Prägungen zur Verfügung. Die Medien können im Gegen- und Gleichstrom geführt werden. Entsprechend den Betriebsbedingungen werden medien- und temperaturresistente Dichtungen in kleberfreier oder geklebter Ausführung eingesetzt.

## 1. Aufbau und Funktion des Plattenwärmeübertragers

Abb. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Plattenwärmeübertragers in Explosionsdarstellung.

[Abb. 1]



- |                                      |                          |                                   |
|--------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 1 feststehende Druckplatte           | 4 Endplatte              | 8 Stütze                          |
| 2 Anfangsplatte                      | 5 bewegliche Druckplatte | 9 Spannschraube mit Verdrehschutz |
| 3 Wärmeübertragerplatte mit Dichtung | 6 obere Tragstange       | 10 Stehbolzenanschluß             |
|                                      | 7 untere Tragstange      |                                   |

Die an der Wärmeübertragung beteiligten Medien werden über Anschlüsse an der Gestell- und / oder Deckelplatte in das Plattenpaket geführt. Durch parallele Anordnung der Platten entstehen Kanäle zur Verteilung der Medien in die Plattenspalte und zur Abführung aus dem Wärmeübertrager.

Platten mit unterschiedlichen Prägestrukturen können so miteinander kombiniert werden, daß die zur Verfügung stehenden Druckdifferenzen durch Turbulenzbildung optimal für den Wärmetransport ausgenutzt werden. Durch den Einbau von Schaltplatten können die Medien mehrmals durch einen Plattenspalt geführt werden und länger am Wärmeübertragungsprozeß teilnehmen. Damit lassen sich in einem sehr kompakten Apparat hohe NTU - Werte und kleine Temperaturdifferenzen zwischen kaltem und warmem Medium erzielen.

## 2. Vorteile des Plattenwärmeübertragers

Der Plattenwärmeübertrager zeichnet sich durch zahlreiche Vorteile aus, z. B.

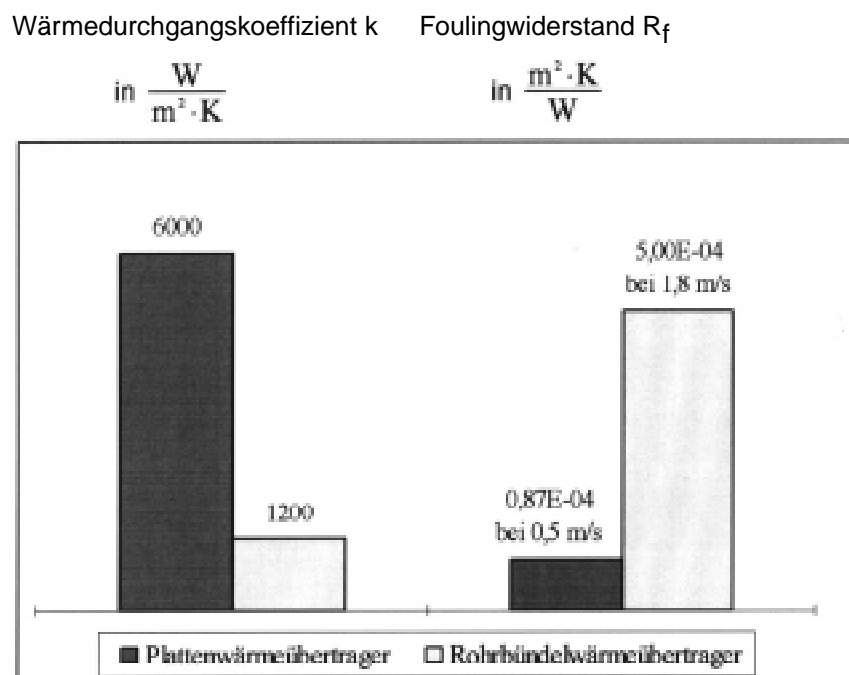
- Geringer Platzbedarf: Durch seine kompakte Bauweise ist der Einbauraum und das Gewicht des Plattenwärmeübertragers um bis zu 80 % kleiner

gegenüber einem vergleichbaren Rohrbündelwärmeübertrager.

- Hohe Wärmeübertragerleistung: Das in die Platten eingepresste Prägemuster bildet enge Strömungskanäle, in denen große Turbulenzen auftreten. Die ständige Verwirbelung der Durchflußmedien führt zu hohen Wärmeübergangskoeffizienten und zu einer schnellen Temperaturdurchdringung der Medien [Abb. 2].

- Geringe Kältemittelfüllmenge: In Abhängigkeit von Bauart und Wärmeübertragerleistung sind geringe Kältemittelfüllmengen realisierbar. Das ist besonders bei Verwendung von Ammoniak bedeutsam.

- Geringe Verschmutzungsneigung: Durch die im Plattenspalt vorherrschende turbulente Strömung werden Schmutzteilchen und mitgeführte Partikel sehr viel länger in Schwebelage gehalten als bei konventionellen Wärmeübertragern. Hohe Scherkräfte an der glatten, wärmeübertragenden Wand minimieren die Anlagerung von Foulingschichten und erzeugen damit einen hohen Selbstreinigungseffekt [Abb. 2].



[Abb. 2]

Vergleich zwischen Rohrbündel- und Plattenwärmeübertrager unter gleichen Einsatzbedingungen bei Flüssig/Flüssig - Anwendungen

- Hohe Korrosionsbeständigkeit: Dichtungs- und Plattenwerkstoffe werden unter Berücksichtigung der Temperaturen und korrosiven Eigenschaften der am Wärmeübertragungsprozess beteiligten Medien ausgewählt. Die Platten bestehen nur aus hochwertigen Edelstählen und Sonderlegierungen.

- Baukastensystem: Der gesamte Apparat besteht aus standardisierten Einzelteilen und ist größtenteils durch Schraubverbindungen zusammengefügt. Die dadurch erzielte Flexibilität ermöglicht nachträgliche Leistungsanpassungen durch Veränderung des Plattenpakets.

- Einfache Wartung: Zur Inspektion läßt sich der Plattenwärmeübertrager durch Lösen der Zuganker leicht öffnen. Die Platten können auf der gedichteten Seite direkt gereinigt werden. Bei Bedarf besteht die Möglichkeit, einzelne Platten oder Module auszutauschen. Werden kleberfrei befestigte Dichtungen eingesetzt, können diese im Rahmen einer Wartungsperiode leicht gewechselt werden.

- Wirtschaftlichkeit: Durch die Serienproduktion der Einzelteile wird ein sehr gutes Preis-Leistungs-Verhältnis erzielt. Teure Spezialdichtungen werden durch die Laserschweißnaht substituiert. Ein Plattenwärmeübertrager mit lasergeschweißten Modulen bietet gegenüber vollverschweißten Apparaten aufgrund seines deutlich geringeren Herstellungsrisikos Preisvorteile.

### 3. Lasergeschweißte Module

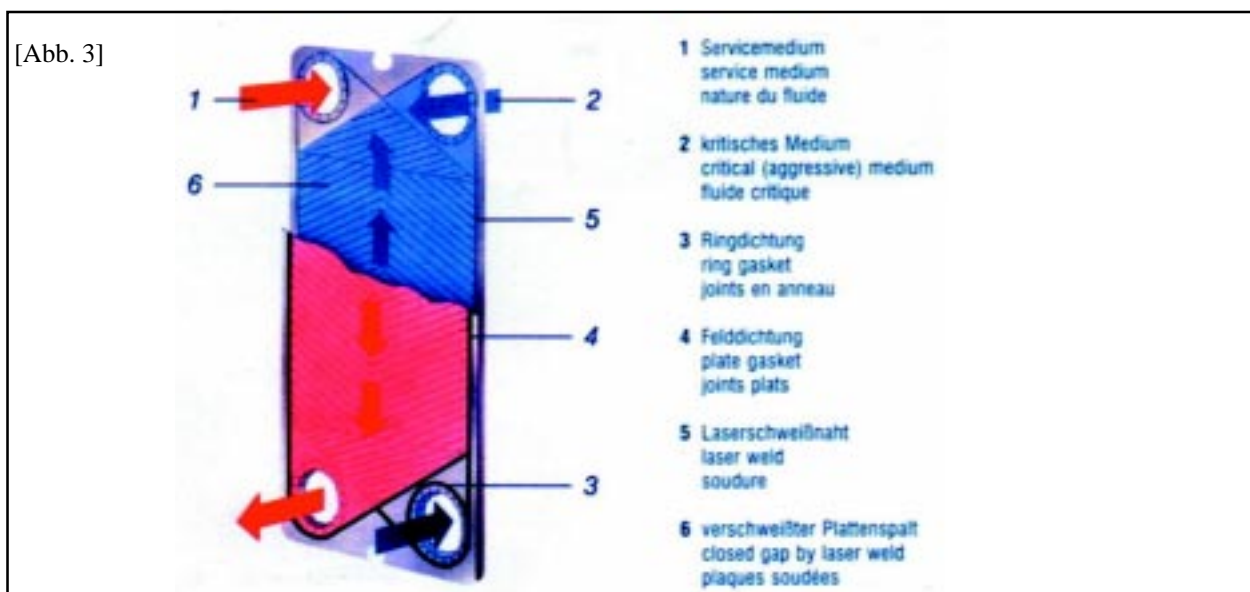
Für viele Aufgaben mit schwierigen Medien bzw. kritischen Prozeßparametern konnte bisher mit ausschließlich gedichteten Plattenwärme-

übertragern keine optimale Lösung angeboten werden, da hier die Einsatzgrenzen im wesentlichen durch das Dichtungsmaterial bestimmt sind. Mit der Entwicklung von lasergeschweißten Modulen ergeben sich, vor allem in der Kältetechnik, neue Anwendungsgebiete, da bei der Konstruktion die gestellten Umwelt- und Sicherheitsansprüche berücksichtigt wurden.

Zwei Wärmeübertragungsplatten werden in einer Laseranlage zu einem gasdichten Modul verschweißt [Abb. 3]. Dadurch entsteht ein hermetisch nach außen abriegelger Strömungskanal, in dem das aggressive oder für die Dichtung kritische Medium fließt. Zwei Ringdichtungen aus speziellen hochresistenten Werkstoffen, die den Übergang von einem Modul zum nächsten gewährleisten, sind die einzigen Dichtungen, die mit dem aggressiven Medium in Berührung kommen. Die Abdichtung des Strömungsraumes für das weniger kritische Medium erfolgt durch Dichtungen aus den üblichen Elastomeren, die für den konkreten Anwendungsfall festgelegt werden. Die Dichtungen werden kleberfrei befestigt oder eingeklebt.

Eine doppelte Schweißnaht bzw. eine doppelte Dichtung im Bereich der Durchtrittsöffnungen verhindert die Vermischung der beiden Medien. Bei einer eventuell auftretenden Leckage ist das austretende Produkt sofort feststellbar.

Beim Einsatz von Modulen bleibt die vorteilhafte Flexibilität des Plattenwärmeübertragers erhalten. Durch den Austausch bzw. nachträglichen Einbau von Plattenpaaren kann der Wärmeübertrager optimal an Leistungsänderungen angepaßt werden.



Geschweißte Module können bei Betriebstemperaturen von  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $160^{\circ}\text{C}$  und bei Betriebsdrücken bis 32 bar eingesetzt werden.

In Tabelle 1 sind die wichtigsten Merkmale der lasergeschweißten Module zusammengefaßt.

[Tab. 1]

## **Vorteile von lasergeschweißten Modulen**

### **1. Funktionalität**

- *Kritisches Medium fließt im lasergeschweißten Plattenspalt*
- *Servicemedium fließt im gedichteten Spalt*
- *Flexibilität des Plattenwärmeübertragers bleibt durch gedichteten Spalt erhalten*
  - *manuelle Reinigung der gedichteten Seite möglich*
  - *Austausch von geschweißten Modulen kein Problem*
  - *nachträgliche Erweiterung oder Änderung des Plattenpakets möglich*

### **2. Sicherheit**

- *Stark erhöhte Sicherheit gegenüber gedichteten Plattenwärmeübertragern durch Laserschweißnaht anstatt FELD-Dichtung*
- *Schweißung ohne Zusatzwerkstoff ergibt hohe Resistenz gegenüber Leckagen bei starken Temperaturgradienten (gleiche Längenausdehnungskoeffizienten von Plattenmaterial und Laserschweißnaht)*
- *Außen liegende Laserschweißnaht steht nicht unter Betriebsdruck*
- *Doppelte Schweißnaht im Übergangsbereich verhindert Produktvermischung*
- *Restrisiko vergleichbar mit dem des vollverschweißten Plattenwärmeübertragers, da vollverschweißte Apparate*
  - *unflexibel sind und z. B. bei Einfrieren bersten können*
  - *bei unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten von Plattenmaterial und Schweißnaht zu Rissen neigen, wenn starke Temperaturgradienten auftreten*
  - *bei Rissen komplett ersetzt werden müssen*
- *Geringe Füllmengen führen zu einer deutlichen Reduzierung des in einer Anlage enthaltenen Volumens an kritischen Stoffen*

### **3. Wirtschaftlichkeit**

- *Ersatz teurer Dichtungsmaterialien durch Laserschweißnaht*
- *Preisgünstiger als vollverschweißte Plattenwärmeübertrager*
- *Geringe Füllmenge ermöglicht Einsparungen bei Peripherieeinrichtungen*

---

#### 4. Hybridmodule für die Kältetechnik

Für die verschiedenen Anwendungen innerhalb der Kältetechnik, wie z. B.

- überflutete Verdampfung
- Verdampfung mit Direkteinspritzung
- Enthitzung
- Kondensation
- Kondensation mit Kondensatunterkühlung
- Ölkühlung etc.

wurden Dünn- und Dickschichtplatten mit unterschiedlichen Prägestrukturen (Prägetiefe  $t_p$ , Wellenlänge  $\alpha$ , Prägewinkel  $\beta$ ) entwickelt. In Tabelle 2 sind die derzeit lieferbaren Plattentypen aufgelistet.

Dickschichtplatten (Baureihe StandardLine) weisen die folgenden Merkmale auf:

- Prägetiefen von 3,5 bis 4,0 mm
- kurze thermische Länge (niedrige NTU-Werte)
- universell einsetzbares Profil
- große Volumenströme
- geringe Druckverluste
- auch für zähe und scherempfindliche Medien geeignet
- bei Teilchen bis zu einer Größe von max. 3 mm einsetzbar
- schonende Produktbehandlung
- besonders geeignet für Zweiphasenströmungen

Demgegenüber sind Dünnschichtplatten (Baureihe PowerLine) durch folgende Eigenschaften charakterisiert:

- Prägetiefen von 2,0 bis 2,5 mm
- flacher Prägewinkel
- hohe thermische Länge (hohe NTU-Werte)
- geringes Füllvolumen
- sehr hohe Wärmeübertragungswerte
- hoher Wirkungsgrad
- für homogene und dünnflüssige Medien

Üblicherweise werden entweder nur Dickschichtplatten oder nur Dünnschichtplatten in einen Apparat eingebaut. Eine Besonderheit der Baureihe ThermoLine besteht nun darin, daß beide Plattentypen trotz unterschiedlicher Prägetiefe zu einem

Hybridmodul kombiniert werden können.

Für viele Anwendungen in der Kältetechnik ergeben sich dadurch erhebliche Vorteile:

Bei Verdampfung wird durch die PowerLine-Platte eine intensive Verwirbelung des flüssigen Kältemittels erzeugt. Dadurch setzt die Verdampfung sofort nach Eintritt des Kältemittels in den Plattenspalt ein. Insbesondere bei engen Temperaturdifferenzen zwischen Kältemittel und Kälteträger können damit hohe Wärmeübertragungswerte erreicht werden. Der bei der Verdampfung entstehende Kältemitteldampf reduziert bei allzu engen Spalten jedoch den Wärmeübergang im oberen Teil der Platte, kann jedoch bei der Verwendung von Hybridmodulen über die relativ weiten Kanäle der StandardLine-Platte druckverlustarm ausströmen. Auf diese Weise läßt sich kältemittelseitig ein relativ hoher Wärmeübergang bezogen auf den Druckverlust erreichen.

Bei der Kondensation kann das voluminöse Heißgas über die StandardLine-Platte tief in den Plattenspalt eindringen und sich schnell über die kalte Plattenwand verteilen. Bei der Verwendung einer StandardLine W-Platte (mit einem steilen Prägewinkel) besteht darüber hinaus noch der Vorteil, daß das sich bildende Kondensat zügig aus dem Plattenspalt abfließen kann und die kalte Wand nicht durch einen dicken Flüssigkeitsfilm blockiert.

#### 5. Einsatzbereiche

Plattenwärmeübertrager mit lasergeschweißten Modulen werden seit vielen Jahren als

- Verdampfer mit Schwerkraftumlauf
- Verdampfer mit Direkteinspritzung
- Enthitzer
- Kondensator
- Kondensator mit Kondensatunterkühlung
- Ölkühler

innerhalb der in Abschnitt 3 genannten Anwendungsgrenzen eingesetzt.

[Tab. 1]

Plattentyp	Prägetiefe $t_p$ Blechdicke $s$		Prägewinkel $\beta$	
	$s$ (mm)	$t_p$ (mm)	H	W
PowerLine PL	0,6..0,8	2...2,5	30°	-
StandardLine SL	0,6..0,8	3,5...4	30°	60°

Plattengröße	PowerLine	StandardLine
TL 90	PH	SW
TL 150	PH	SW
TL 250	PH	SH/SW
TL 400	-	SH/SW
TL 500	PH	SH/SW
TL 650	-	SH/SW
TL 850	-	SH/SW

Übersicht  
Plattenstrukturen



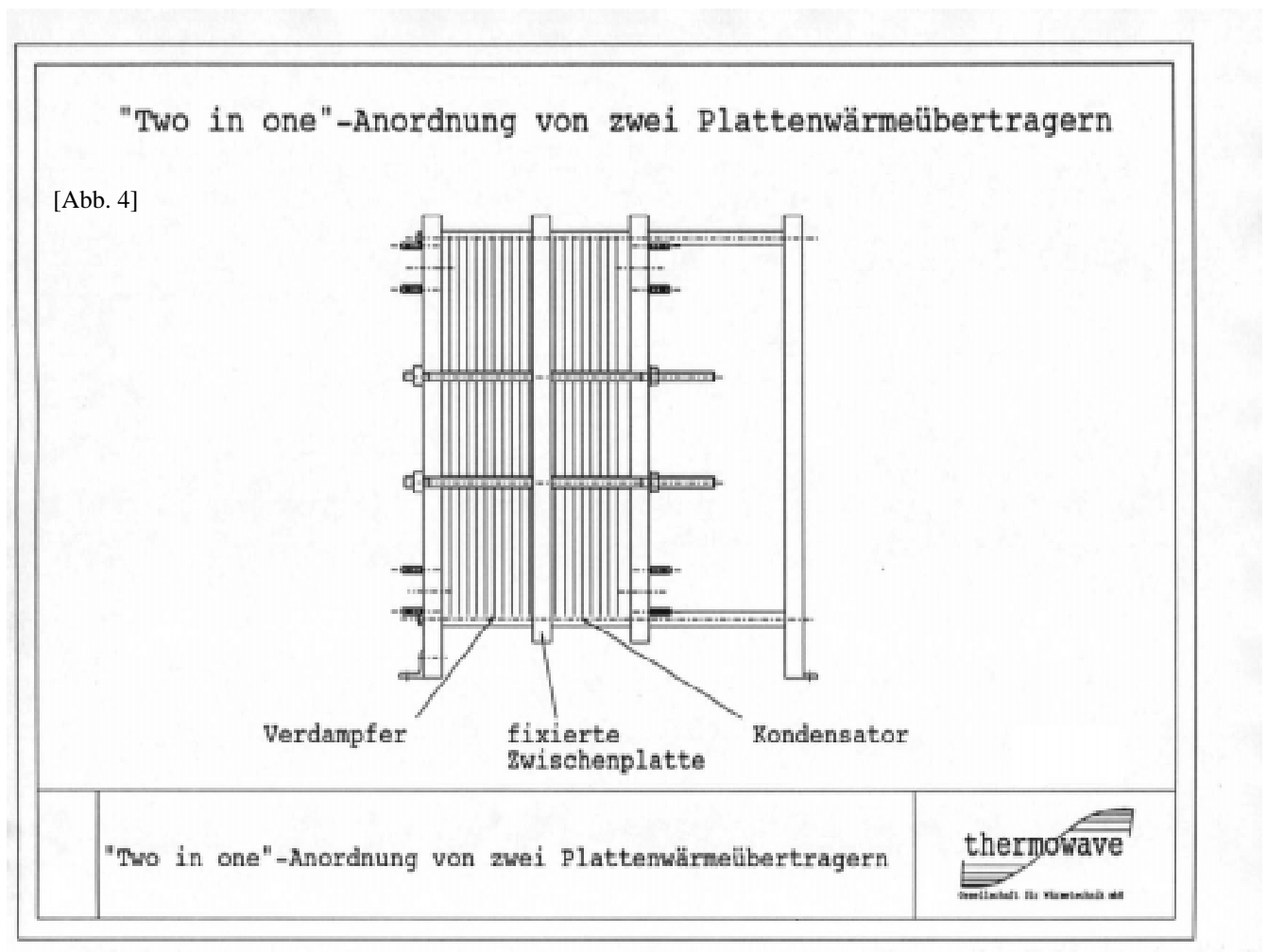
Für einen energetisch optimierten Kälteanlagentyp eines Kunden wurde nun ein kompakter Kaskadenverdampfer entwickelt, in dem mehrere Verdampferstufen in einem Gestell angeordnet werden.

## 6. Kompakter Kaskadenverdampfer

### 6.1 Alte Ausführung

Bisher wurde in einem Plattenapparat nur die Verdampfungs- und Überhitzungsenthalpie einer Verdampfungsstufe in einem Apparat zur Produktabkühlung genutzt. Wollte ein Kunde jedoch sein Produkt unter die bei einstufiger Verdampfung erreichbare Temperatur abkühlen, so musste für eine mehrstufige Abkühlung ein weiterer Plattenapparat

aufgestellt werden. Die einzige Alternative für eine zweistufige Abkühlung ist die Two in One –Lösung [Abb. 4], also zwei Plattenpakete in einem Gestell. Bei einem dritten Abkühlungsschritt war jedoch in jedem Fall ein weiterer Plattenwärmeübertrager mit eigenem Gestell erforderlich. Der entscheidende Nachteil für den Anwender liegt dabei in dem hohen Platzbedarf und den überproportional steigenden Kosten je Abkühlungsstufe durch den erheblichen Rohrleitungsaufwand zur Verbindung der einzelnen Stufen. Dabei müssen die Medien -je nach Aufstellung des dritten Apparatesteilweise um den Apparat herumgeführt werden müssen. Auch die Führung der Ammoniakleitungen ist nicht einfach.



Dies bedeutet erhebliche Kosten für den Kunden für Rohrleitungsbau und Isolierung.

### **6.2 Neue Lösung: Kompakter Kaskadenverdampfer**

thermowave entwickelte für einen Kunden einen kompakten dreistufigen Kaskadenverdampfer. Abb. 5 verdeutlicht das Prinzip. Die dabei zu überwindenden Probleme

- druckverlustarme Produktführung von Stufe zu Stufe
- Kältemittleinspritzung in der zweiten Stufe im Winkel von 90°
- sichere Entölung des Kältemittels in jeder Stufe
- Gestell mit Zwischenrahmen zur Einhaltung eines Gegenstroms durch alle Stufen

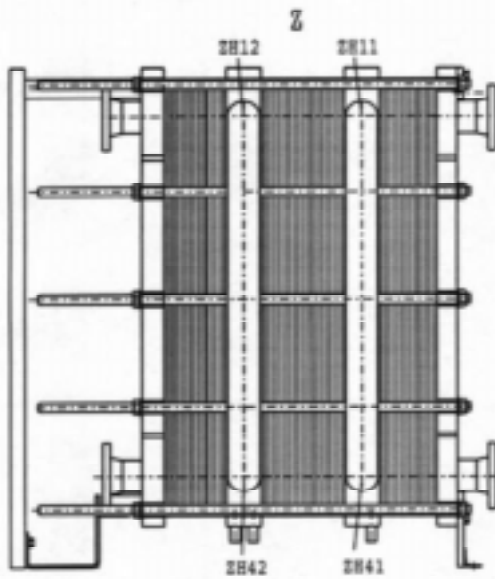
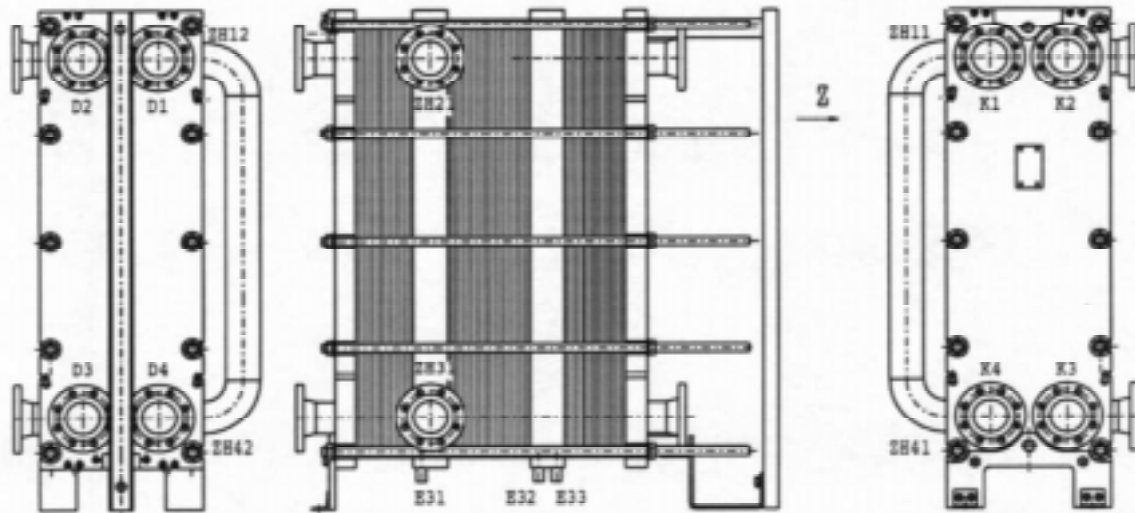
konnten alle zufriedenstellend gelöst werden.

In dem neu konzipierten Kaskadenverdampfer wird das Produkt nacheinander durch alle drei Stufen geführt, während das verdampfende Kältemittel (Ammoniak) aus drei Verdichtern jeweils mit passender Verdampfungstemperatur für jede Stufe extra bereitgestellt wird. Der Produktweg verläuft von K1 zu ZH41, dann außen entlang zu ZH11 durch die zweite Stufe, verläßt diese bei ZH42, passiert dann über ZH12 die dritte Stufe und verläßt den Apparat bei D4. Das Ammoniak wird an der Stirnseite des Apparats nach dem Einspritzventil geradeaus durch eine spezielle Lanze bei K3 in das erste Plattenpaket geleitet und bei K2 abgesaugt. In der mittleren Stufe wird das bei ZH31 eingespritzte Ammoniak um 90° umgelenkt, bevor es durch die Lanze im Plattenpaket verteilt und anschließend bei ZH21 abgesaugt wird. Das Ammoniak für die letzte Stufe wird über die Druckplatte bei D3 eingespritzt und bei D2 abgesaugt. Besonders wichtig ist die Abscheidung des Kältemaschinenöls in jeder Stufe. Über die Entölungsstützen E31, E32 und E33 kann überschüssiges Öl vor dem Eintritt in die Plattenpakete abgezweigt werden.

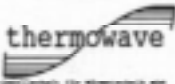
Durch die kompakte Anordnung von drei Plattenpaketen in einem Apparat wird der energetische Vorteil der Kaskadenschaltung mit einer erheblichen Einsparung an Rohrleitungen und einer weiter verringerten Kältemittelmenge verbunden.



[Abb 5]



	Medium/Media		Anschlüsse/Connections					Temp. (°C)
			Pos.	DN	PN	Typ.	Material	
1	AMMONIA	ein/in	K 3	100	40	IIIa	C 22.8	8.0
1	AMMONIA	aus/out	K 2	100	40	IIIa	C 22.8	13.0
4	PROP. GLYCOL 25%	ein/in	K 1	100	40	IIIa	C 22.8	20.0
4	PROP. GLYCOL 25%	aus/out	ZH41	100	40		C 22.8	11.3
2	AMMONIA	ein/in	ZH31	100	40	IIIb	C 22.8	1.3
2	AMMONIA	aus/out	ZH21	100	40	IIIb	C 22.8	4.3
4	PROP. GLYCOL 25%	ein/in	ZH11	100	40		C 22.8	11.3
4	PROP. GLYCOL 25%	aus/out	ZH42	100	40		C 22.8	4.5
3	AMMONIA	ein/in	D 3	100	40	IIIa	C 22.8	-4.0
3	AMMONIA	aus/out	D 2	100	40	IIIa	C 22.8	-1.0
4	PROP. GLYCOL 25%	ein/in	ZH12	100	40		C 22.8	4.5
4	PROP. GLYCOL 25%	aus/out	D 4	100	40	IIIa	C 22.8	-1.0
4	PG-DRAINAGE	aus/out	K 4	100	40	IIIa	C 22.8	
1	OIL-DRAINAGE	aus/out	E 31	25	25	R	St 37.0	
2	OIL-DRAINAGE	aus/out	E 32	25	25	R	St 37.0	
3	OIL-DRAINAGE	aus/out	E 33	25	25	R	St 37.0	



Hersteller für Wärmetauscher und  
Erhitzer L. 9524 Berg

Hersteller/Manufacturer

Plattenwärmeübertrager/plate heat exchanger

Typ/Type **TL 500 KCXL**

