



Für Wärmepumpen und Kälteanlagen

Hohe spezifische Verdampfungsleistung durch Hochleistungs-Verdampferrohre mit strukturierter Oberfläche

Einfacher Aufbau, somit preisgünstiger als Rohrbündel-Verdampfer

Garantiert gleichbleibende Leistung durch gleichmäßige Kältemittelverteilung

Verbesserte Umströmung der Verdampferrohre durch sternförmige Abstandshalter

Im Vergleich zu herkömmlichen Systemen besonders geeignet für Wärmeträger mit Glykollzusätzen.

Verwendung

Truko-Koaxial-Hochleistungs-Verdampfer werden in

- Wärmepumpen
- Kälte- und Kühlanlagen
- Wärmerückgewinnungsanlagen
- Klimaschränken
- Temperiergeräten

zur Verdampfung von Kältemitteln verwendet.

Beschreibung

Wirtschaftliche und leistungsfähige Kältemittel-Verdampfer werden seit langem mit Rippenrohren oder Rohren mit besonderer Oberflächenstruktur ausgerüstet, durch die der Wärmeübergang von der Rohrwand an das verdampfende Kältemittel entscheidend verbessert wird.

Bei den von KM-Schmöle hergestellten Truko-Koaxial-Verdampfern wird der Wärmeübergang durch die Verwendung von Hochleistungs-Verdampferrohren mit strukturierter Oberfläche und durch eine geeignete Ausbildung der Strömungswege auf der Kältemittel- und Heizmediumseite optimiert. Außerdem wird das für den Wärmeübergang günstige Gegenstromprinzip verwirklicht.

Truko-Koaxial-Verdampfer bestehen je nach Größe aus einem oder mehreren Verdampferrohren in einem Mantelrohr. Dieses Rohrsystem wird durch Biegen zu Wendeln oder anderen Bauformen verarbeitet.

Der Mantelraum der Verdampfer wird mit dem Heizmedium Wasser oder Wärmeträgern mit Glykollzusätzen beaufschlagt.

Durch die Verdampferrohre fließt im Gegenstrom das verdampfende Kältemittel. Bei entsprechender Einstellung des Expansionsventils wird eine Überhitzung des entstehenden Kältemitteldampfes um einige Grad erzielt. Somit kann dem Kompressor stets trockener Kältemitteldampf zugeführt werden.

Ein bewährtes Verteilersystem sorgt für eine gleichmäßige Verteilung des Kältemittels auf die einzelnen Hochleistungs-Verdampferrohre und sichert gegenüber herkömmlichen Systemen die hohe spezifische Verdampfungsleistung.

Durch Abstandshalter wird das Schwingen der Verdampferrohre im Mantelraum verhindert. Außerdem wird dadurch die gleichmäßige Beaufschlagung der Verdampferrohre durch das Heizmedium erreicht.

Für den Leistungsbereich bis ungefähr 57 kW werden 6 Standard-Verdampfer in Wendelform geliefert. Abmessungen und Richtleistungen dieser Verdampfer sind Bild 1 zu entnehmen.

OSCHMÖLE	Truko® - Koaxial-Hochleistungs-Verdampfer	OSCHMÖLE
-----------------	--	-----------------

Werkstoffe und Einsatzbereich

Für Truco-Koaxial-Verdampfer werden folgende Werkstoffe verwendet:

Komponente	Ausführung Kupfer		Ausführung Kupfer-Nickel	
	Werkstoff	Norm	Werkstoff	Norm
Mantelrohr	SF-Cu	DIN 1787	CuNi10Fe1Mn	DIN 17664
Verdampferrohre	SF-Cu	DIN 1787	CuNi10Fe1Mn	DIN 17664
Anschlußteile mit Kältemittel beaufschlagt	SF-Cu	DIN 1787	SF-Cu	DIN 1787
Anschlußteile mit Heizmedium beaufschlagt	SF-Cu	DIN 1787	CuNi10Fe1Mn	DIN 17664
Lot	L-Ag2P	DIN 8513	L-Ag45Sn	DIN 8513

Tabelle 1

Werkstoffe der Truco-Koaxial-Verdampfer

Truco-Koaxial-Verdampfer aus Kupfer eignen sich zur Verdampfung von Kältemitteln mit Heizmedien wie Kreislaufwasser, Grundwasser sowie Wärmeträger mit Glykölzusätzen. Bei erhöhter Korrosionsbeanspruchung – z. B. bei Meerwasser oder Wasser aus Flüssen und Binnenseen – kann die Ausführung Kupfer-Nickel gewählt werden. Die Eignung des verwendeten Heizmediums für den gewählten Werkstoff (Kupfer oder Kupfer-Nickel) ist vom Anwender im Einzelfall zu prüfen.

Betriebsbedingungen	Zulässiger Einsatzbereich	
	Mantelraum	Rohrraum
Druck	≤ 16 bar	≤ 25 bar
Temperatur	≤ 90 °C	≤ 140 °C

Tabelle 2

Zulässiger Einsatzbereich der Truco-Koaxial-Verdampfer

Einbauhinweise

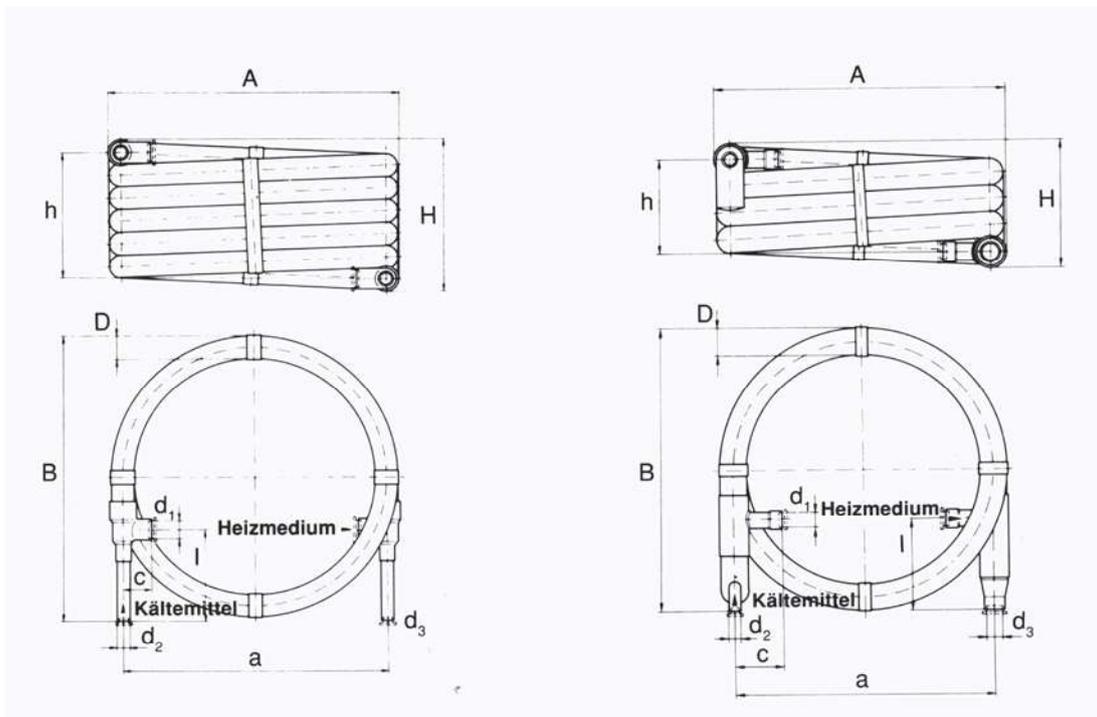
Beim Einbau der Truco-Koaxial-Verdampfer in Wärmepumpen und Kälteanlagen sind die einschlägigen Vorschriften und die zu erwartenden Betriebsbedingungen zu berücksichtigen. Zur Erreichung der angegebenen Verdampfungsleistungen sind die Verdampfer waagrecht einzubauen. Die Kältemittel-Eintrittsleitung ist an den Verdampfer oben anzuschließen. Durch den waagerechten Einbau wird auch die Entleerung der Heizmediumseite der Verdampfer ermöglicht.

Um den Einfluß des unvermeidlichen kältemittelseitigen Druckabfalls auf das Regelverhalten des Expansionsventiles auszuschalten, empfiehlt sich der Einbau von Expansionsventilen mit äußerem Druckausgleich.

Die Anschlüsse der Verdampfer sind so ausgeführt, daß sie durch Kapillarlötung mit handelsüblichen Leitungsrohren nach DIN 1786 bzw. DIN 59753 verbunden werden können. Die Lötarbeiten sind mit der gebotenen Sorgfalt und niedrigschmelzenden Hartloten auszuführen.

Prüfung

Die Truco-Koaxial-Verdampfer werden kältemittelseitig mit Stickstoff unter einem Druck von 28 bar abgedrückt. Außerdem werden die Verdampfer mit mehreren Innenrohren einem Helium-Dichtheitstest unterzogen.


Truko-Koaxial-Verdampfer in Einrohrausführung

 VS 2 - 6E
 VS 4 - 12E

Truko-Koaxial-Verdampfer in Mehrrohrausführung

 VS 7 - 17E VS 14 - 35E
 VS 10 - 24E VS 20 - 51E

Auswahl:

Typ	EDV-Nr.	Richtleistung*		Heiz- medium durchsatz \dot{V} m ³ /h	Anschlußmaße			Einbaumaße								Gewicht ca. kg
		Wasser	Anti- frogen N		Heiz- medium	Kältemittel		A	B	H	a	c	h	l	D	
		\dot{Q}_w kW	\dot{Q}_a kW		d ₁ mm	d ₂ mm	d ₃ mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
VS 2-6 E Sf-Cu	171.3301	7,8	5,5	1,2	18 i. ø	15 ä. ø	15 ä. ø	340	340	130	300	30	91	100	26	4,5
VS 4-12 E Sf-Cu	171.3302	10,5	7,1	1,5	28 i. ø	22 ä. ø	22 ä. ø	485	485	205	435	41	158	120	35	13,5
VS 7-17 E Sf-Cu	171.3303	16,7	11,2	3,0	28 i. ø	16 ä. ø	22 i. ø	435	485	160	380	100	105	184	42	10,5
VS 10-24 E Sf-Cu	171.3304	27,0	18,6	3,0	28 i. ø	16 ä. ø	22 i. ø	505	540	205	450	100	147	184	42	16,4
VS 14-35 E Sf-Cu	171.3305	40,9	28,0	5,0	35 i. ø	22 ä. ø	28 i. ø	600	605	205	530	110	135	204	54	23,5
VS 20-51 E Sf-Cu	171.3306	57,3	40,0	5,2	42 i. ø	22 ä. ø	35 i. ø	680	630	235	600	110	155	217	62	37,6
VS 2-6 E Cu-Ni	171.3311	7,8	5,5	1,2	18 i. ø	15 ä. ø	15 ä. ø	340	340	130	300	30	91	100	26	4,5
VS 4-12 E Cu-Ni	171.3312	10,5	7,1	1,5	28 i. ø	22 ä. ø	22 ä. ø	485	485	205	435	41	158	120	35	13,5
VS 7-17 E Cu-Ni	171.3313	16,7	11,2	3,0	28 i. ø	16 ä. ø	22 i. ø	435	485	160	380	100	105	184	42	10,5
VS 10-24 E Cu-Ni	171.3314	27,0	18,6	3,0	28 i. ø	16 ä. ø	22 i. ø	505	540	205	450	100	147	184	42	16,4
VS 14-35 E Cu-Ni	171.3315	40,9	28,0	5,0	35 i. ø	22 ä. ø	28 i. ø	600	605	205	530	110	135	204	54	23,5
VS 20-51 E Cu-Ni	171.3316	57,3	40,0	5,2	42 i. ø	22 ä. ø	35 i. ø	680	630	235	600	110	155	217	62	37,6

*bezogen auf folgende Betriebsdaten und den Werkstoff SF-Cu:

- Kältemittel = R 22
- Verdampfungstemperatur ϑ_v = 0 °C
- Dampfgehalt am Verdampfereintritt x = 0,25
- Überhitzungstemperatur $\Delta\vartheta_{\bar{u}}$ = 5 K
- Heizmedium = Wasser/Antifrogen N (34 Vol. %)
- Heizmedium-Eintrittstemperatur ϑ_e = 12 °C

Bild 1:

Abmessungen und Richtleistungen der Truko-Koaxial-Hochleistungs-Verdampfer

Bis dato wurden vom Lieferanten keine aktuellen Daten zur Verfügung gestellt (Kältemittel).

OSCHMÖLE	Truko® - Koaxial-Hochleistungs-Verdampfer	OSCHMÖLE
-----------------	--	-----------------

Wärmetechnische Auslegung

Die übertragbaren Verdampfungsleistungen \dot{Q}_v der Truco-Koaxial-Hochleistungs-Verdampfer können bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen mit Hilfe der Diagramme 1 bis 12 ermittelt werden. Diese Diagramme wurden nach eigenen Messungen für folgende Betriebsbedingungen aufgestellt:

- Kältemittel = R 22
- Sattdampf Temperatur am Verdampferaustritt ϑ_v = 0 °C
- Überhitzungstemperatur $\Delta\vartheta_u$ = 5 K
- Dampfgehalt am Verdampfereintritt x = 0,25
- Heizmedium = Wasser oder Antifrogen N (34 Vol. %)
- Eintrittstemperaturen ϑ_e = 6, 9, 12, 15 °C
- Strömungsgeschwindigkeit v = 0,5 – 1,5 m/s

Zur Umrechnung auf die Kältemittel R 12, R 502 und andere Verdampfungstemperaturen können die in folgender Tabelle erfaßten Korrekturfaktoren f_v verwendet werden:

Korrekturfaktoren f_v

Kältemittel	Verdampfungstemperatur ϑ_v		
	+5°C	0°C	-5°C
R 12	1,05	0,93	0,88
R 22, R 502	1,03	1,00	0,96

Tabelle 3:
Korrekturfaktoren f_v

Die tatsächliche Verdampfungsleistung ergibt sich dann aus folgender Beziehung:

$$\dot{Q}_{\text{eff}} = f_v \cdot \dot{Q}_v \quad [\text{kW}] \quad (1)$$

Die Austrittstemperatur u_a des Heizmediums kann nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$J_a = J_e - \frac{\dot{Q}_{\text{eff}} \cdot 3600}{\dot{V} \cdot r \cdot c_p} \quad [^\circ\text{C}] \quad (2)$$

Der Wirkungsgrad des Verdampfers ergibt sich aus der Beziehung:

$$h = \frac{J_e - J_a}{J_e - J_v} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3)$$

Der Wirkungsgrad oder besser Nutzungsgrad ist definitionsgemäß das Verhältnis aus genutzter Wärmemenge und maximal nutzbarem Wärmemengenangebot.

Druckverlust

Der Druckverlust Δp der Truco-Koaxial-Verdampfer kann Diagramm 13 als Funktion des Wasserdurchsatzes V_w bzw. Diagramm 14 als Funktion des Antifrogen-Durchsatzes V_{an} entnommen werden.

Berechnungsbeispiel

Gegeben sind folgende Betriebsdaten:

- Kältemittel = R 12
- Sattdampf Temperatur am Verdampferaustritt ϑ_v = - 5 °C
- Verdampfungsleistung \dot{Q}_{eff} = 26,7 kW
- Heizmedium = Wasser
- Eintrittstemperatur ϑ_{we} = 10 °C

Bis dato wurden vom Lieferanten keine aktuellen Daten zur Verfügung gestellt (Kältemittel).

OSCHMÖLE	Truko® - Koaxial-Hochleistungs-Verdampfer	OSCHMÖLE
-----------------	--	-----------------

Zunächst ist zu berücksichtigen, daß die Diagramme 1 bis 12 für das Kältemittel R 22 bei einer Satttdampf-temperatur von $\vartheta_v = 0^\circ \text{C}$ am Austritt des Verdampfers aufgestellt wurden.

Für die Benutzung dieser Diagramme ist es daher erforderlich, die Verdampfungsleistung nach der Formel

$$\dot{Q}^v = \frac{\dot{Q}^{\text{eff}}}{f_v}$$

zu berechnen.

Aus dieser Beziehung ergibt sich mit $f_v = 0,89$ eine scheinbare Verdampfungsleistung von $Q_v = 30 \text{ kW}$.

Mit dieser scheinbaren Verdampfungsleistung und der Temperaturdifferenz $\vartheta_{w*} - \vartheta_v = 15 \text{ K}$ kann der erforderliche Wasserdurchsatz V_w mit Hilfe der Diagramme 4 und 5 ermittelt werden. Die Wasser-Austrittstemperatur ϑ_{wa} und der Wirkungsgrad η errechnen sich aus den Gleichungen (2) und (3).

Es ergibt sich:

Typ	Wasserdurchsatz	Wasser- Austrittstemperatur	Wirkungsgrad	Druckverlust wasserseitig
	V_w	ϑ_{wa}	η	Δp_w
	m^3/h	$^\circ\text{C}$	%	bar
VS 10-24 E	2,70	1,5	57	0,26
VS 14-35 E	2,85	1,9	54	0,10

Tabelle 4: Ergebnis des Berechnungsbeispiels

Die endgültige Auswahl muß der Anlagenhersteller also in jedem Einzelfalle danach treffen, welche der folgenden Alternativen er bevorzugt:

- a) einen günstigeren Wirkungsgrad bei noch akzeptablem wasserseitigen Druckverlust, woraus sich niedrigere Komponentenkosten ergeben, oder
- b) einen geringeren wasserseitigen Druckverlust bei etwas niedrigerem Wirkungsgrad, was – durch die Verwendung einer kleineren leistungsschwächeren Wasser-Umwälzpumpe – zu niedrigeren Betriebskosten führt.

Alternative	Wirkungsgrad	Druckverlust wasserseitig	Komponenten- kosten	Betriebskosten	Verdampfer- größe
a	höher	höher	niedriger	höher	VS 10-24 E
b	niedriger	niedriger	höher	niedriger	VS 14-35 E

Tabelle 5: Kriterien für die Auswahl von Truko-Koaxial-Verdampfern

Nomenklatur

c_p	kJ/kgK	spezifische Wärmekapazität
f	-	Korrekturfaktor
Q	kW	Leistung
V	m^3/h	Durchsatz
v	m/s	Strömungsgeschwindigkeit
x	-	Dampfgehalt am Verdampfereintritt
ϑ	$^\circ\text{C}$	Temperatur
$\Delta\vartheta$	K	Temperaturdifferenz
Δp	bar	Druckverlust
η	%	Verdampferwirkungsgrad
ρ	kg/m^3	Dichte

Indizes

a	Austritt
an	Antifrogen
e	Eintritt
eff	effektiv
k	Kondensation
ü	Überhitzung
v	Verdampfung
w	Wasser

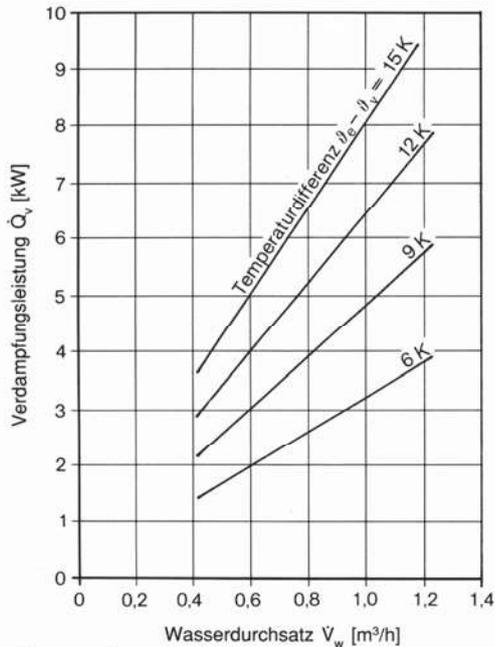
Diagramm:


Diagramm 1:
Verdampfungsleistung
des Truko® -Koaxial-Verdampfers Typ VS 2-6 E
Heizmedium: **Wasser**

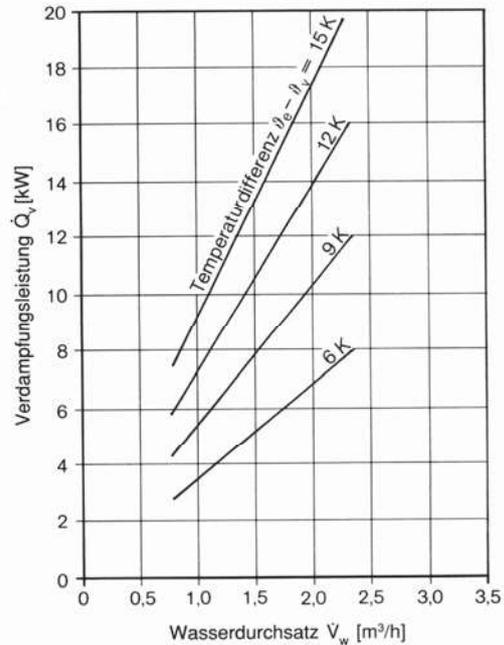


Diagramm 2:
Verdampfungsleistung
des Truko® -Koaxial-Verdampfers Typ VS 4-12 E
Heizmedium: **Wasser**

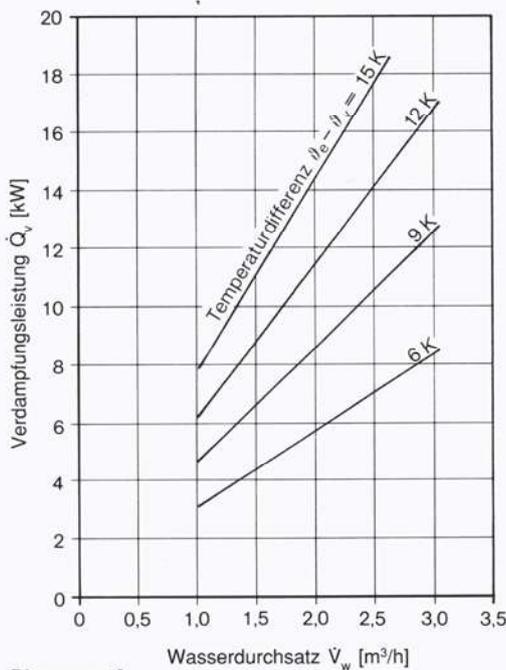


Diagramm 3:
Verdampfungsleistung
des Truko® -Koaxial-Verdampfers Typ VS 7-17 E
Heizmedium: **Wasser**

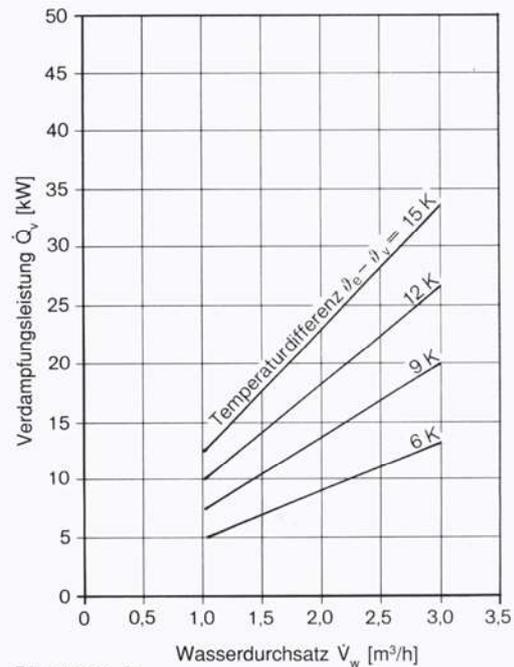


Diagramm 4:
Verdampfungsleistung
des Truko® -Koaxial-Verdampfers Typ VS 10-24 E
Heizmedium: **Wasser**

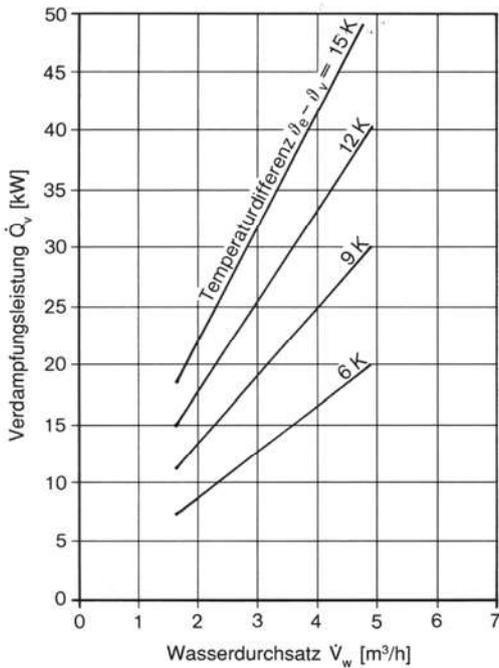
Diagramm:


Diagramm 5:
Verdampfungsleistung
des Truco®-Koaxial-Verdampfers Typ VS 14-35 E
Heizmedium: **Wasser**

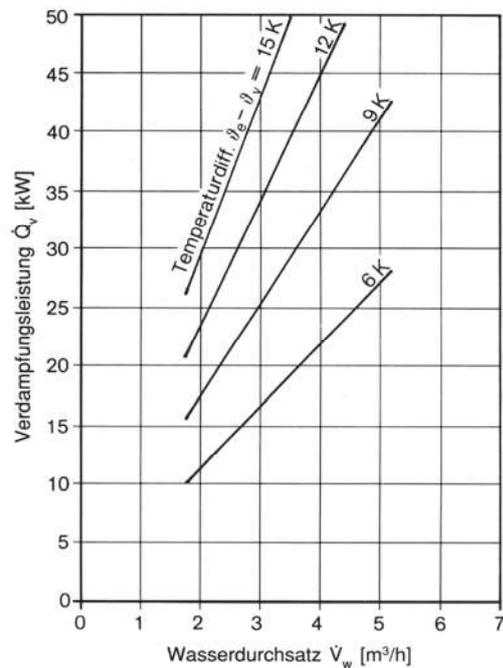


Diagramm 6:
Verdampfungsleistung
des Truco®-Koaxial-Verdampfers Typ VS 20-51 E
Heizmedium: **Wasser**

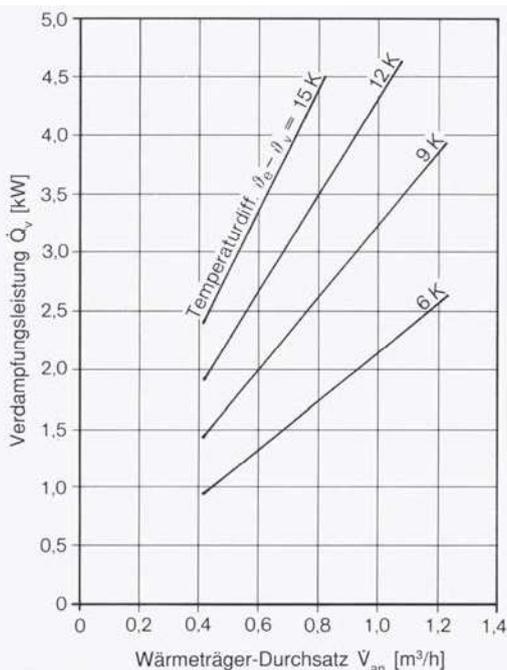


Diagramm 7:
Verdampfungsleistung
des Truco®-Koaxial-Verdampfers Typ VS 2-6 E
Heizmedium: **Antifrogen N (34 Vol. %)**

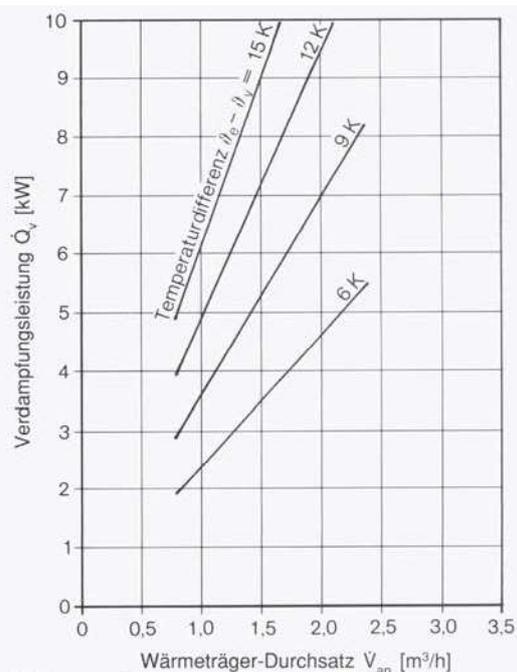


Diagramm 8:
Verdampfungsleistung
des Truco®-Koaxial-Verdampfers Typ VS 4-12 E
Heizmedium: **Antifrogen N (34 Vol. %)**

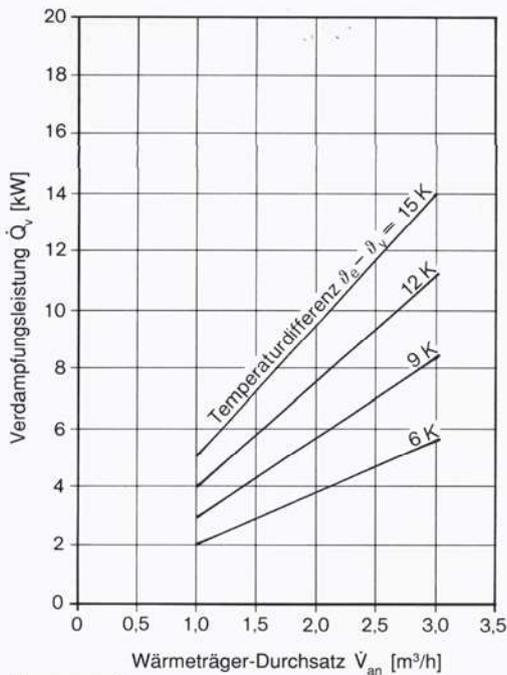
Diagramm:


Diagramm 9:
Verdampfungsleistung
des Truko® -Koaxial-Verdampfers Typ VS 7-17 E
Heizmedium: **Antifrogen N** (34 Vol. %)

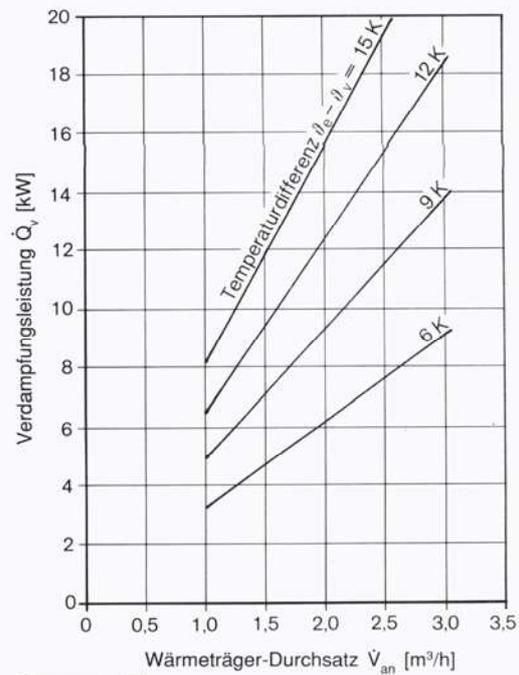


Diagramm 10:
Verdampfungsleistung
des Truko® -Koaxial-Verdampfers Typ VS 10-24 E
Heizmedium: **Antifrogen N** (34 Vol. %)

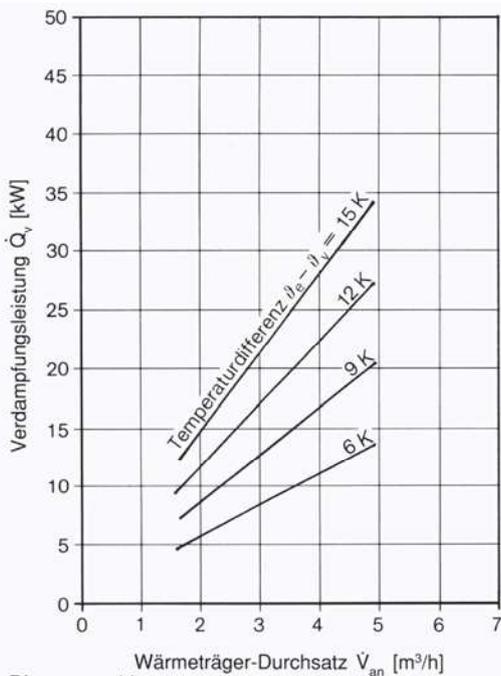


Diagramm 11:
Verdampfungsleistung
des Truko® -Koaxial-Verdampfers Typ VS 14-35 E
Heizmedium: **Antifrogen N** (34 Vol. %)

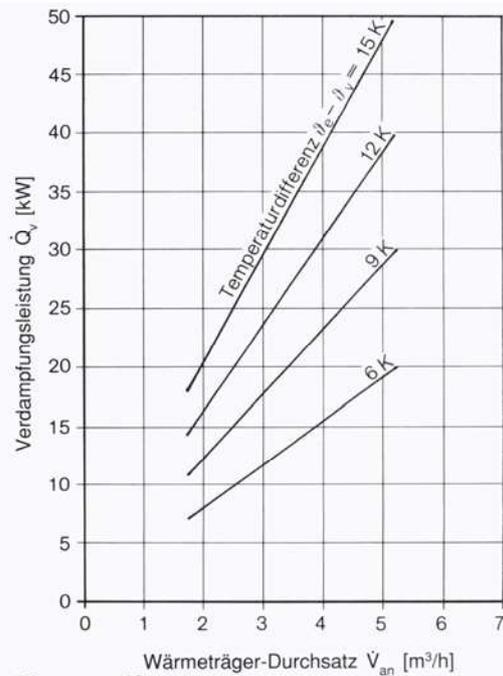


Diagramm 12:
Verdampfungsleistung
des Truko® -Koaxial-Verdampfers Typ VS 20-51 E
Heizmedium: **Antifrogen N** (34 Vol. %)

Diagramm:
