

LASERFIN® - Rippenrohre

Die flexibelste Rippenrohrfamilie der Welt

- 100 % Flexibilität - Material von Rohr und Rippenband frei kombinierbar
- 100 % Verschweißung - Optimaler Wärmedurchgang von Rippe und Rohr
- 100 % Spaltfreiheit - Laserverschweißung des Rippenfußes mit dem Kernrohr
- Hohe Korrosionsbeständigkeit bei aggressiven Medien durch unterschiedliche Materialkombinationen
- Lange Lebensdauer bei voller Leistung durch die untrennbare 100% Laserverschweißung
- Einfache Formgebung der Rippenrohre durch optimale Biege- und Wendelbarkeit der Rippenrohre
- Kompakte Bauform der Wärmetauscher durch große Wärmeaustauschflächen der Rippenrohre
- Geringes Gewicht der Wärmetauscher durch Reduzierung der benötigten Rohrreihen
- Standard Rohr Werkstoffe Edelstahl 1.4301 (TP304), 1.4404 (TP316L), 1.4571 (TP316Ti)
- Standard Rippen Werkstoffe Edelstahl 1.4301 (TP304), 1.4404 (TP316L), 1.4571 (TP316Ti)
- Kupfer (Cu-DHP), Aluminium (Al99,5 EN AW-1050A) und viele weitere Werkstoffe auf Anfrage

LASERFIN®-Rippenrohre

Verwendung

Die ausschließlich von Schmöle GmbH hergestellten Laserfin Rippenrohre eignen sich für Wärmetauscher aller Art zur Kühlung und Erwärmung von Gasen und Flüssigkeiten. Die langjährigen erfolgreichen Serien- und Projektlieferungen von Laserfin Rippenrohren zeigt, dass sich dieses, mit modernster Lasertechnik hergestellte Produkt, besonders für folgende Anwendungsbereiche eignet:

Kraftwerksbau

- Kühltürme bzw. Kühlwasserrückkühlanlagen mit Trocken-, Trocken / Naß- bzw. Naß-Betrieb
- Natriumkühler für Schnellbrüter-Kraftwerke
- Rauchgaskühlung und -erwärmung in REA und DENOX-Anlagen

Chemieanlagen

- Wärmetauscher aller Art zur Kühlung und Erwärmung von Gasen und Flüssigkeiten
- Wärmetauscher für Salpetersäureanlagen (HNO₃), z. B. für die Düngemittelindustrie

Wärmerückgewinnungsanlagen

- Rauchgaskühler

Heizungsindustrie

- Primär-Wärmetauscher in Gas- und Ölheizkesseln
- Sekundär-Wärmetauscher zur Brauchwassererwärmung in Gaskondensations- bzw. Brennwertkesseln

Maschinen- und Anlagenbau

- Wärmetauscher zur Gaskühlung von Industrieöfen
- Wärmetauscher zur Beheizung von Bädern
- Ölkühler für Vakuumanlagen, Schiffsanlagen, Pumpen etc.
- Wärmetauscher zur Ölvorwärmung

Beschreibung

Im großen Einsatzbereich von Wärmetauschern gibt es eine Vielzahl von Anwendungen, bei denen die Verwendung von Rippenrohren zu einer optimierten Apparatekonstruktion führt. Als Beispiel seien hier Trockenkühltürme im Kraftwerksbau und Wärmetauscher in der chemischen Industrie für direkte Prozessanwendungen erwähnt.

Aufgrund langjähriger Erfahrung in der Fertigung von Rippenrohren und aufgrund der erweiterten Anforderungen an das Rippenrohr konnte Schmöle vor mittlerweile zwanzig Jahren das Laserfin Rippenrohr als absolutes Novum in der Rippenrohr Technologie präsentieren.

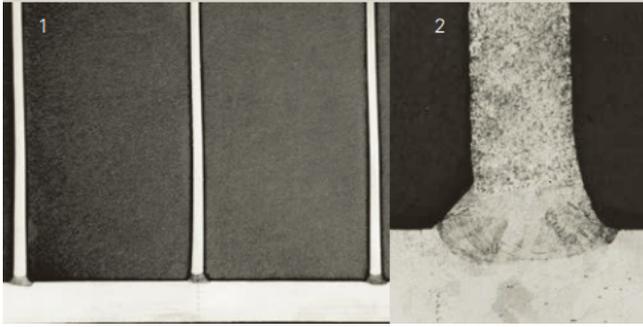
Lasergeschweißte Rippenrohre von Schmöle werden durch spiralförmiges Bewickeln von Rohren mit Bändern aus Standard- und Sonderedelstählen hergestellt.

Das hochkant aufgesetzte Rippenband wird am Fuß durch ein von Schmöle patentiertes Laserschweißverfahren ohne Zusatzwerkstoff spaltfrei mit der Rohrwand verschweißt.

Der Lasereinsatz bringt beim Schweißen von Rippenrohren durch seine gute Fokussierbarkeit des Strahls, die hohe Leistungsdichte im Fokus und berührungslose Leistungsübertragung auf die Schweißteile sehr spezifische Vorteile, insbesondere:

- dünne, durchgehende Schweißnaht
- kleine wärmebeeinflusste Zone
- kurze Erwärmungsdauer
- geringe Gefügeveränderung
- kein Materialverzug
- hohe Form- und Maßhaltigkeit
- hohe Schweißgeschwindigkeit
- keine Verunreinigung der Schweißnaht, da die Laserschweißung unter Schutzgas erfolgt

Vorteile



Laserfin-Rippenrohr Code 05 50 25

Die Bilder 1 und 2 zeigen Schliffe von Laserfin-Rippenrohren.

- Bild 1 - Abmessungen
 - Rohrwanddicke = 1,5 mm
 - Rippendicke = 0,4 mm
 - Rippenhöhe = 12,5 mm
 - Rippenteilung = 5 Rippen/Zoll
- Bild 2 - Größenverhältnisse zwischen Rohrwanddicke, Rippendicke und wärmebeeinflusster Zone, die nur eine Tiefe von 0,2 mm hat.

- Kleine wärmebeeinflusste Zone beim Laserschweißen, dadurch Materialeinsparung an Rohr und Rippe im Vergleich zu herkömmlichen Schweißverfahren möglich
- Verschweißungsmöglichkeit unterschiedlicher Werkstoffe von Rohr und Band
- Wirtschaftliche Herstellung von hochberippten Rohren aus Standard- und Sonderedelstählen sowie Nickelbasis-Legierungen
- Spaltfreie Verschweißung und damit verbunden eine hohe Sicherheit gegen Korrosionsangriffe am Übergang Rohr/Rippe = Vermeidung von Spaltkorrosion!
- Nur geringe Anlauffarben

Werkstoffe

Im Normalfall werden für Rohr und Band gleiche oder ähnliche Werkstoffe verwendet. Rippenrohre aus verschiedenen Rohr- und Bandwerkstoffen auf Anfrage.

Es handelt sich hierbei nur um eine Werkstoffauswahl. Andere Werkstoffe (z.B. C-Stähle, Aluminium, Buntmetalle, Titan und Sonderedelstähle) auf Anfrage.

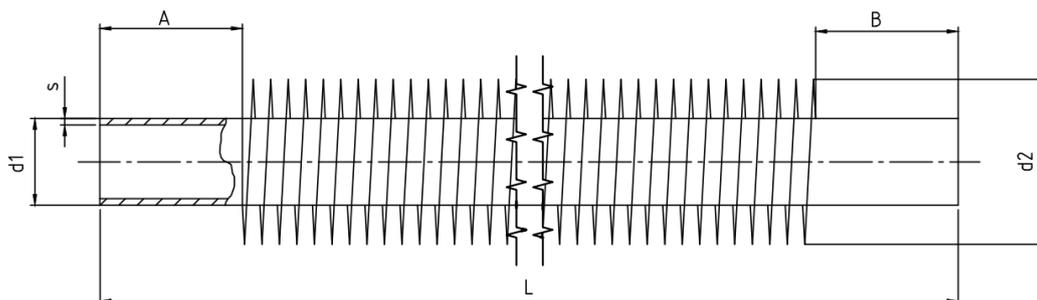
Laserfin Rippenrohre von Schmöle werden vorwiegend aus folgenden Werkstoffen hergestellt:

Werkstoff- bezeichnung DIN	Werkstoff- nummer DIN	Rohr					Band	
		Produktnorm	AISI/ SAE	Vergleichbare US-Werkstoffe		Norm	Norm	
				UNS	ASTM-Norm			
Chrom-Nickel- Stähle				geschweißt	nahtlos			
X5CrNi18-10	1.4301	DIN EN 10217-7	TP304	S30400	A249	A213	DIN EN 10088	
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	DIN EN 10217-7	TP316L	S31603	A249	A213	DIN EN 10088	
X2CrMoTi18-2	1.4521	DIN EN 10296-2	AISI444	S44400	-	A213	DIN EN 10088	
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	DIN EN 10217-7	TP316Ti	S31635	A249	A213	DIN EN 10088	

LASERFIN®-Rippenrohre

Abmessungen*

Schmöle Code-Nr.	Ausgangsrohr		Rippenrohr								Ungefähres Gewicht G kg/m
	Außen-Ø d1 mm	Wanddicke s1 mm	Außen-Ø d2 mm	Rippen- höhe hr mm	Mittlere Rippendicke δr mm	Innenquer- schnitt qi cm2	Rippenteilung		Außenober- fläche Aa m2 / m	Flächen- verhältnis Aa/Ai -	
							1/Zoll	mm			
13 18 08	8	0,75	18	5,0	0,5	0,33	13	1,95	0,248	10,8	0,55
13 25 15	15	1,2	25	5,0	0,5	1,25	13	1,95	0,389	8,9	1,06
13 33 15	15	1,2	33	9,0	0,6	1,25	13	1,95	0,773	18,2	2,08
09 38 18	18	1,5	38	10,0	0,4	1,77	9	2,82	0,697	13,9	1,62
11 38 18	18	1,5	38	10,0	0,4	1,77	11	2,31	0,839	16,7	1,84
11 30 20	20	1,2	30	5,0	0,5	2,43	11	2,31	0,423	6,9	1,24
13 30 20	20	1,2	30	5,0	0,5	2,43	13	1,95	0,489	8,0	1,37
09 38 20	20	1,5	38	9,0	0,6	2,27	9	2,82	0,669	11,7	2,09
11 38 20	20	1,5	38	9,0	0,6	2,27	11	2,31	0,804	14,1	2,40
11 40 20	20	1,5	40	10,0	0,4	2,27	11	2,31	0,901	15,9	2,00
11 35 25	25	1,5	35	5,0	0,5	3,80	11	2,31	0,510	6,74	1,70
13 35 25	25	1,5	35	5,0	0,5	3,80	13	1,95	0,589	7,76	1,85
11 43 25	25	1,5	43	9,0	0,6	3,80	11	2,31	0,946	12,8	2,88
13 43 25	25	1,5	43	9,0	0,6	3,80	13	1,95	1,104	15,0	3,24
09 45 25	25	1,5	45	10,0	0,4	3,80	9	2,82	0,878	12,0	2,13
11 45 25	25	1,5	45	10,0	0,4	3,80	11	2,31	1,055	14,4	2,40
09 50 25	25	1,5	50	12,5	0,4	3,80	9	2,82	1,144	15,7	2,55
11 50 25	25	1,5	50	12,5	0,4	3,80	11	2,31	1,381	19,0	2,92
13 40 30	30	1,5	40	5,0	0,5	5,73	13	1,95	0,689	7,4	2,19
13 48 30	30	1,5	48	9,0	0,6	5,73	13	1,95	1,269	14,1	3,77
11 50 30	30	1,5	50	10,0	0,4	5,73	11	2,31	1,210	13,5	2,81
11 55 30	30	1,5	55	12,5	0,4	5,73	11	2,31	1,570	17,6	3,38



*Rippenteilung je nach Kombination von 5 - 13 Rippen/Zoll möglich, auf Anfrage auch < 5 Rippen/Zoll

Lieferformen



- in geraden Längen Längen bis 12.000 mm
- mit unberippten Rohrenden
- mit unberippten Zwischenstücken
- in gebogener Ausführung
- in Wendelform

Werkstoffkombinationen

Rohr	Band
Edelstahl	Edelstahl
Edelstahl	Aluminium
Edelstahl	Kupfer
C-Stahl	C-Stahl
C-Stahl	Aluminium
Kupfer	Kupfer
Kupfer	Aluminium
Kupfernickel	Kupfer
Kupfernickel	Aluminium
Titan	Titan
Titan	Kupfer

Dimensionen

- Rohraußendurchmesser 8 - 50 mm
- Rippenaußendurchmesser 18 - 80 mm
- Rippenteilung 5 - 13 Rippen/Zoll
- Rippenhöhe 5 - 17 mm
- Rippendicke 0,4 - 1,0 mm
- Maximale Rippenrohrlänge 12.000 mm

Ausführung der Berippung

Die Rippe und Rohr sind durchgehend miteinander verschweißt. Die Rippenteilung kann auf der Rohrlänge variieren, z.B. von 9 bis 13 Rippen/Zoll.

Bei Bandunterbrechung (z. B. bei Wechsel der Bandrolle) kann das Rohr ein unberipptes Zwischenstück von ≤ 6 Rippenteilungen pro 2 m Berippungslänge haben, d. h. maximal 2 % der Berippungslänge können unberippt sein.

Wärmeübergang

Die Wärmeübergangsfunktion $Nu/Pr^{0,333}$, bezogen auf die äußere Wärmeübergangszahl α_a bei erzwungener Strömung von Gasen durch Laserfin-Rippenrohrbündel mit versetzter Rohr-anordnung, kann mit Hilfe des Diagramms 1 und der Gleichung (4) ermittelt werden.

Die in Diagramm 1 eingezeichnete Kurve entspricht folgender Gleichung für Laserfin Rippenrohre mit einem Rohraußendurchmesser von 20 mm, einem Rippenaußendurchmesser von 40 mm und einer Rippendicke von 0,4 mm.

$$Nu/Pr^{0,333} = 1,013 Re^{0,382} \quad [-] \quad (1)$$

Die äußere Wärmeübergangszahl α_a für Luft ist in Abhängigkeit von der Reynoldszahl direkt aus Diagramm 2 zu entnehmen.

Die Strömungsgeschwindigkeit v_e bezieht sich auf den engsten Strömungsquerschnitt f_e im Laserfin-Rippenrohrbündel.

Der Einfluss des Rippenwirkungsgrades η auf die äußere Wärmeübergangszahl α_a ist in den Diagrammen 1 und 2 und den Gleichungen (1) bis (6) bereits berücksichtigt.

Strahlungszahl

In der äußeren Wärmeübergangszahl α_a ist der Einfluss der Wärmestrahlung auf den Wärmeübergang nicht berücksichtigt. Wie Diagramm 3 zeigt, ist dieser bei Gas-temperaturen unterhalb 100 °C im allgemeinen unbedeutend. Er ist jedoch nicht mehr zu vernachlässigen, wenn größere Temperatur-differenzen vorliegen. In diesem Fall kann der äußeren Wärmeübergangszahl α_a die Strahlungszahl α_s hinzuaddiert werden.

Druckverlust

Der Druckverlust Δp bei Querstrom von Gasen durch Laserfin Rippenrohrbündel mit versetzter Rohranordnung errechnet sich aus folgender Gleichung:

$$\Delta p = \zeta * \rho / 2 * v_e^2 * n \quad [\text{Pa}] \quad (7)$$

Der Widerstandsbeiwert ζ ist Diagramm 4 zu entnehmen.

Rippenwirkungsgrad

Diagramm 5 zeigt den Rippenwirkungsgrad η von Edelstahl in Abhängigkeit von der äußeren Wärmeübergangszahl α_a mit der Rippendicke δ_r als Parameter.

Aus Diagramm 5 ist ersichtlich, dass für einen Betriebspunkt $\alpha_a = 60 \text{ W/m}^2\text{K}$ bei einer Halbierung der Rippenbanddicke von 0,8 mm auf 0,4 mm der Rippenwirkungsgrad η nur um 17% sinkt.

Unter Ausnutzung der bei Laserfin-Rippenrohren möglichen Materialeinsparungen ergibt sich z. B. bei Verwendung einer Rippendicke von 0,4 mm ein wesentlich günstigeres Preis-Leistungs-Verhältnis gegenüber konventionell geschweißten Rippenrohren mit Rippendicken von 0,8 mm oder mehr.

Nomenklatur		
a	m^2/s	Temperaturleitfähigkeit
d1	mm; m	Rohraußendurchmesser
f _e	cm^3	engster Strömungsquerschnitt
h _R	mm	Rippenhöhe
m	1"/; mm	Rippenteilung
n	-	Rohrreihenzahl
s	mm	Rohrwanddicke
t	s	Zeitpunkt des Temperaturverlaufs
v _e	m/s	Strömungsgeschwindigkeit
α_a	$\text{W/m}^2\text{K}$	äußere Wärmeübergangszahl
α_s	$\text{W/m}^2\text{K}$	Strahlungszahl
δ_r	mm	Rippendicke
Δp	Pa	Druckverlust
ζ	-	Widerstandsbeiwert
η	-	Rippenwirkungsgrad
ϑ_g	°C	Gastemperatur
ϑ_g	°C	Rohrtemperatur
ϑ_g	°C	Wassertemperatur
λ	W/mK	Wärmeleitfähigkeit
ν	m^2/s	kinematische Viskosität
ρ	kg/m^3	Dichte

Die eingezeichneten Kurven entsprechen folgenden Gleichungen:

• **Rippendicke 0,8 mm**
 $\alpha a = 1,624 * Re^{0,362} \quad [W/m^2 K] \quad (2)$

• **Rippendicke 0,4 mm**
 $\alpha a = 1,374 * Re^{0,363} \quad [W/m^2 K] \quad (3)$

• **Es bedeuten:**

$Nu = \alpha a * d1 / \lambda$	Nußeltzahl (4)
$Pr = \nu / a$	Prandtlzahl (5)
$Re = Ve * d1 / \nu$	Reynoldszahl (6)

Diagramm 1:

Wärmeübergang bei erzwungener Strömung von Gasen durch Laserfin-Rippenrohrbündel mit versetzter Rohranordnung

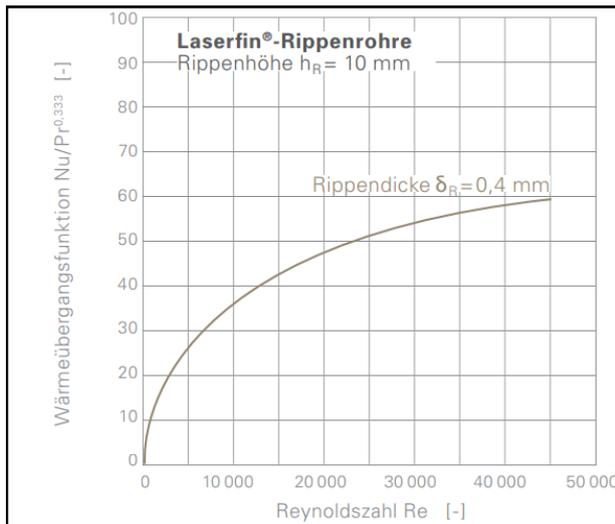


Diagramm 2:

Äußere Wärmeübergangszahl αa bei erzwungener Strömung von Luft durch Laserfin-Rippenrohrbündel mit versetzter Rohranordnung

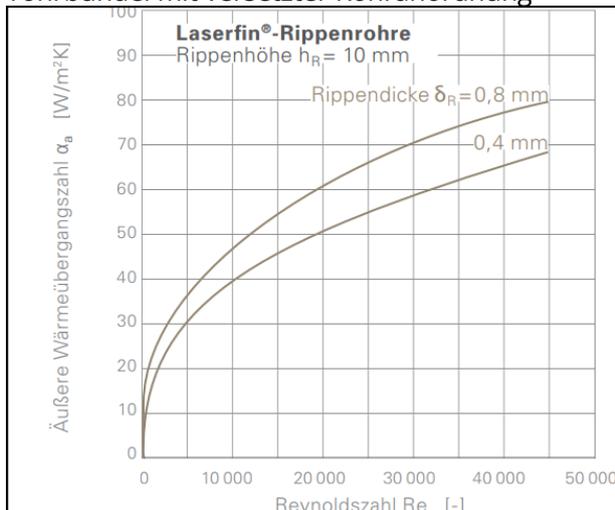


Diagramm 3:

Einfluss der Wärmestrahlung auf den Wärmeübergang

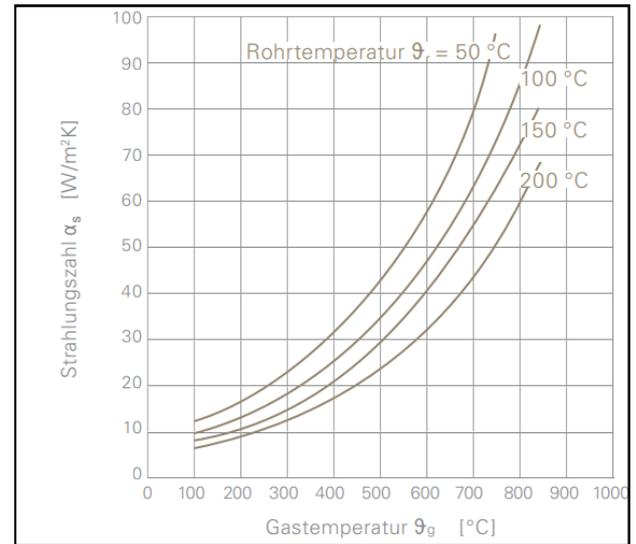


Diagramm 4:

Druckverlust ΔP bei Querstrom von Gasen durch Laserfin-Rippenrohrbündel mit versetzter Rohranordnung

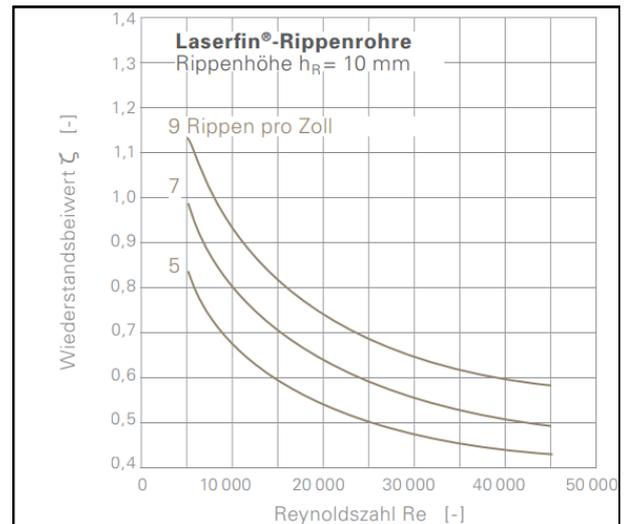
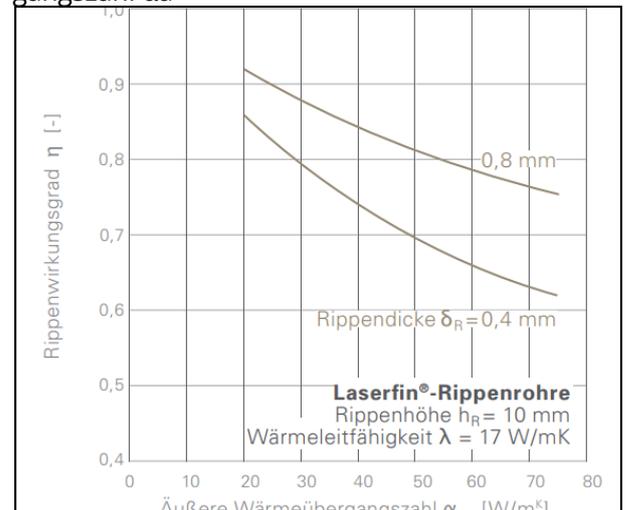


Diagramm 5:

Rippenwirkungsgrad η von Edelstahl in Abhängigkeit von der äußeren Wärmeübergangszahl αa



Darstellung des Wärmeflusses durch die Finite-Elemente-Methode

Durch die 100 %-Verschweißung von Rohr und Rippenband ergibt sich im Vergleich zu kleineren Verschweißungsgraden ein wesentlich verbesserter Wärmefluss bei Einsatz von Laserfin Rippenrohren. Um hier sowohl ein qualitative als auch eine quantitative Aussage machen zu können, ist mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) eine vergleichende Untersuchung durchgeführt worden.

Es wurde der Wärmefluss von Rippenrohren mit einem Luftspalt von 0,05 mm zwischen Rohr und Rippenfuß (Verschweißungsgrad 0 %) mit dem Wärmefluss von spaltfrei verschweißten Laserfin Rippenrohren (Verschweißungsgrad 100%) verglichen.

Der Temperaturverlauf, beginnend mit 250 °C an der Rippenspitze, wird in den untenstehenden Diagrammen 6 und 7 (Verschweißungsgrad 0 %) sowie 8 und 9 (Verschweißungsgrad 100%) im Vergleich dargestellt.

Die durch das Laser-Schweißverfahren ermöglichten wesentlich geringeren Materialdicken von Rippe und Rohrwand, sowie die 100 %-Verschweißung ergeben erhebliche Material- und damit Gewichtsersparungen bei Verwendung von Laserfin Rippenrohren im Vergleich zu konventionell verschweißten Rippenrohren.

Diese Materialeinsparungen führen nicht nur zu geringeren Wärmetauscher Kosten, sondern auch zu weiteren Vorteilen im Sinne kleinerer und kostengünstigerer Gesamtanlagen.

Diagramm 10 zeigt den idealen Temperaturverlauf in einem Laserfin Rippenrohr im Vergleich zu einem nicht verschweißten Rippenrohr.

Der FEM-Analyse wurden folgende Basisdaten zugrunde gelegt:

- | | | |
|------------------------------------|------------|---|
| • Rohrdurchmesser | d1 | 25 mm |
| • Rohrwanddicke | s | 1,5 mm |
| • Rippenhöhe | h | 10,0 mm |
| • Rippendicke | δ_r | 0,4 mm |
| • Innenmedium | | Turbulent strömendes Wasser |
| • Ausgangstemperatur Innenmedium | | 20°C |
| • Zeitpunkt des Temperaturverlaufs | t | 57 s nach Beginn der Energieeinbringung |

Diagramm 6:
Wärmefluss durch Rippenrohre
Verschweißungsgrad 0%

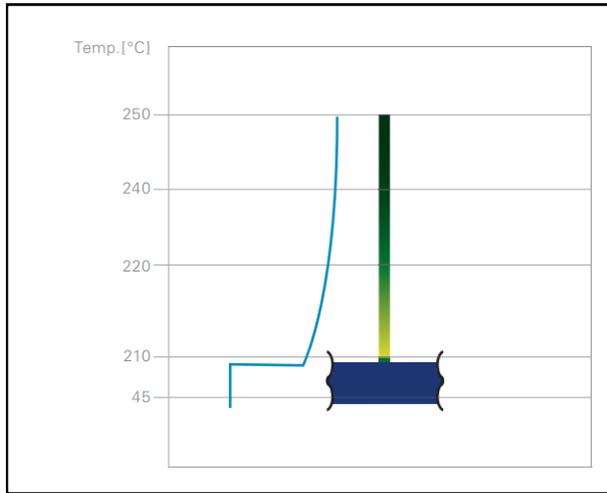


Diagramm 7:
Wärmefluss durch Laserfin Rippenrohre
Verschweißungsgrad 100%

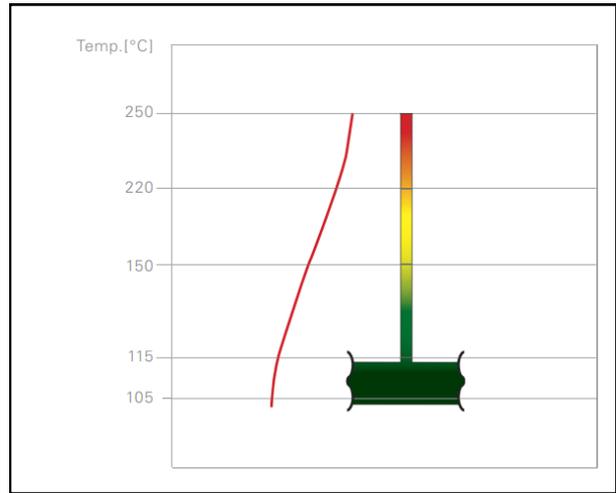


Diagramm 8:
Wärmefluss durch Rippenrohre
Verschweißungsgrad 0%

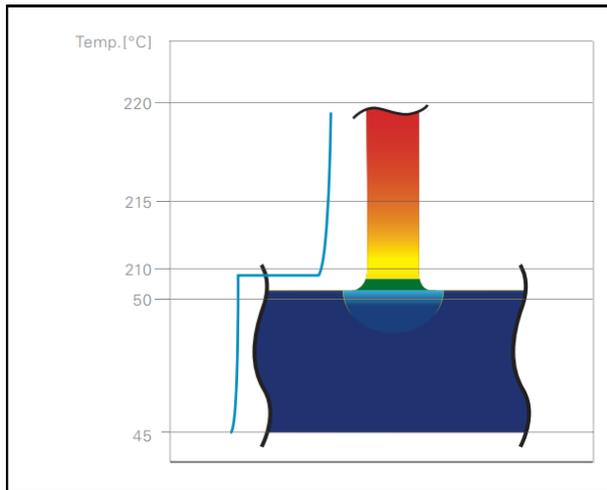


Diagramm 9:
Wärmefluss durch Laserfin Rippenrohre
Verschweißungsgrad 100%

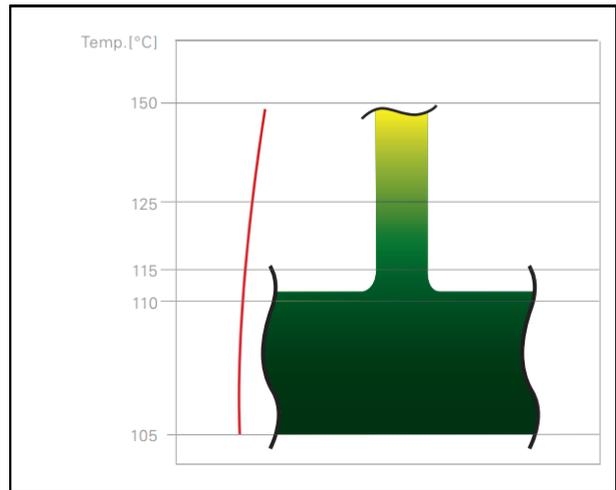
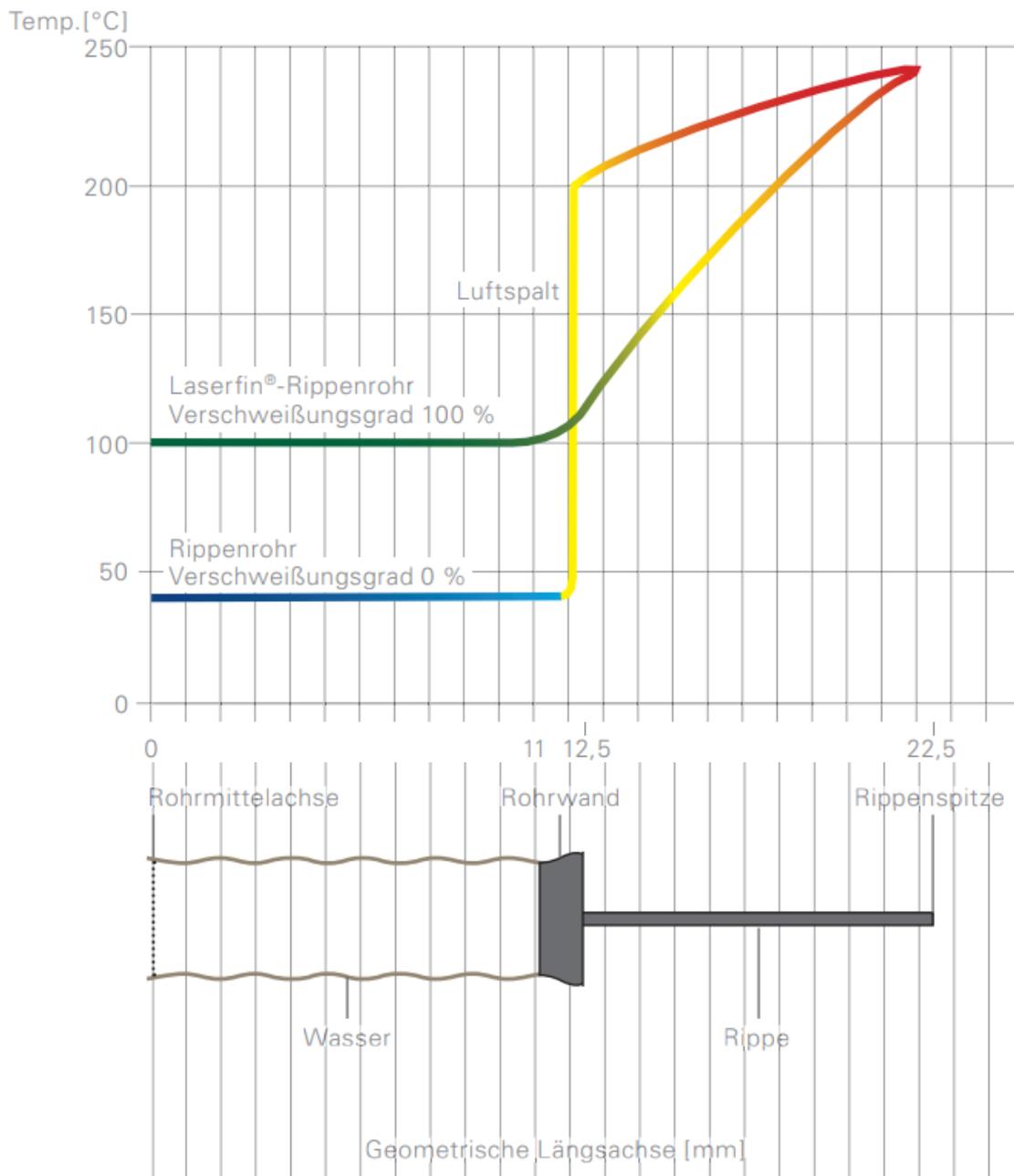


Diagramm 10:
 Temperaturverlauf in Rippenrohren Vergleich
Verschweißungsgrad 100% zu 0%



Prüfungen

Ausgangsrohre

- Prüfungen: nach Basisnormen
- Abnahmeprüfzeugnis APZ 3.1 nach EN 10204

Rippenrohre

- Prüfungen: nach Basisnormen
- Abnahmeprüfzeugnis APZ 3.1 nach EN 10204

Zulassung

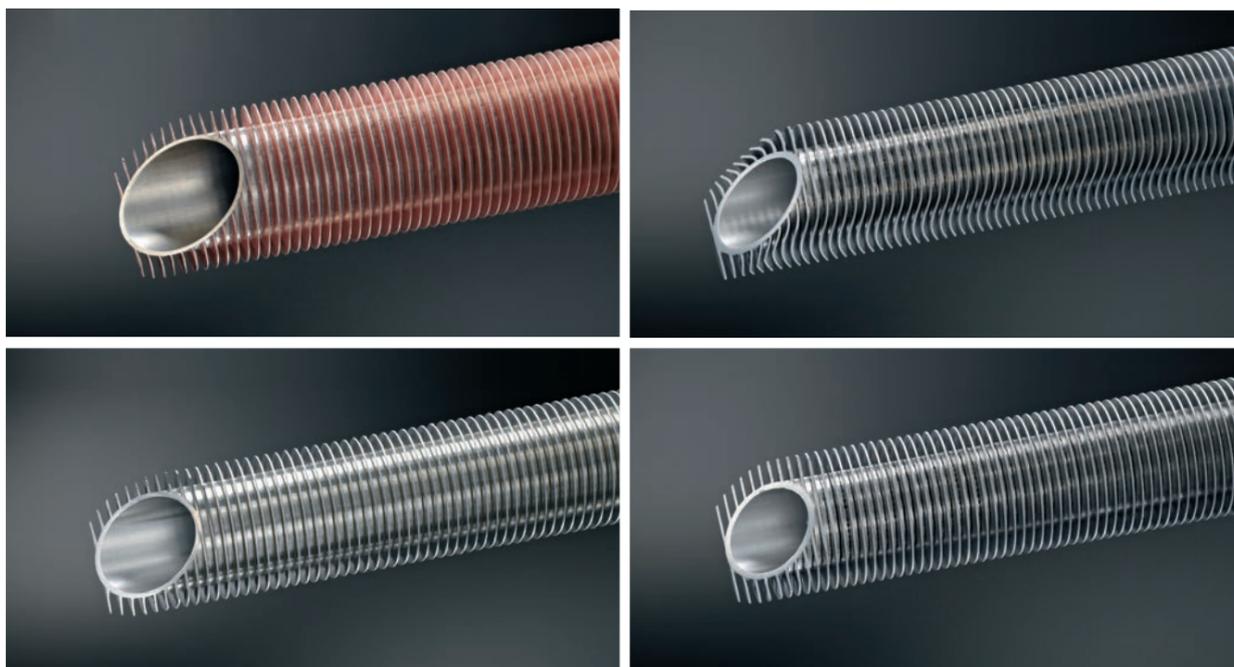
TÜV WPQR

- Auf Kundenwunsch kann eine TÜV Schweißverfahrensprüfung durchgeführt werden
- WPQR gemäß DGR 97/23/EG - DIN EN ISO 15614-11, AD 2000 HP 2/1

Rohr-Code-Nummer

Schmöle-Code-Nr. 5 40 20

- Rippenteilung 5 Rippen/Zoll
- Rippenaußendurchmesser 40 mm
- Rohraußendurchmesser 20 mm



In dieser Produktbeschreibung wurden eigene Untersuchungen und die einschlägige Literatur berücksichtigt. Sie wurde mit der gebotenen Sorgfalt zusammengestellt.

Unabhängig davon sollte die Eignung des Produktes unter den tatsächlichen Betriebsbedingungen überprüft werden. Dies gilt insbesondere für die Eignung des gewählten Werkstoffes für den vorgesehenen Einsatzfall. Die einschlägigen Normen und Vorschriften für den Betrieb von Wärmetauschern sind zu beachten.

Gern stehen wir Ihnen beratend zur Verfügung. Änderungen behalten wir uns vor, insbesondere wenn sie die Qualität des Produktes verbessern, die Leistungsfähigkeit erhöhen oder die Herstellung vereinfachen.

SCHMÖELE

Werk Westick
SCHMÖLE GmbH
Westicker Straße 84
58730 Fröndenberg

Werk Ardey
SCHMÖLE GmbH
Ardeyer Straße 15
58730 Fröndenberg



Wir beraten Sie gerne.

Tel.: +49 2373 975 500
info@schmoele.de

www.schmoele.de

Ein Unternehmen der Surikate Gruppe

Stand: April 2024
843 d