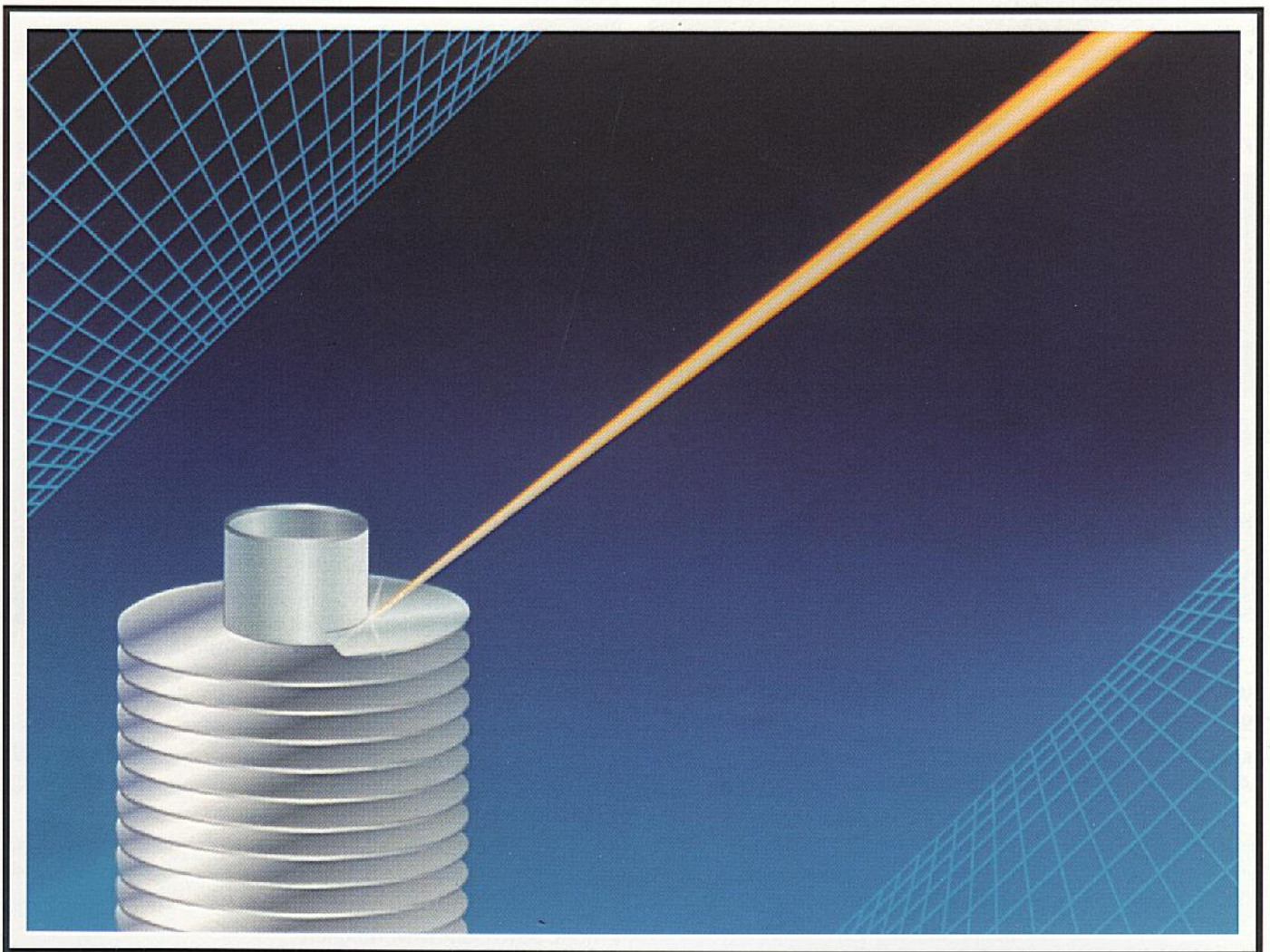


Laserfin[®]-Rippenrohre aus Standard- und Sonderedelstählen

843 d



- ▶ Verwendung von Standard- und Sonderedelstählen, Aluminium, Titan und Buntmetallen für Rohr und Rippe
- ▶ Spaltfreie Verschweißung von Rohr und Rippe zur Vermeidung von Spaltkorrosion
- ▶ Hohe Wirtschaftlichkeit durch Materialeinsparung gegenüber herkömmlichen Schweißverfahren
- ▶ Schweißung ohne Zusatzwerkstoff
- ▶ Kombinationsmöglichkeit verschiedener Werkstoffe für Rohr und Rippe auf Anfrage

Laserfin®-Rippenrohre aus Standard- und Sonderedelstählen

Verwendung

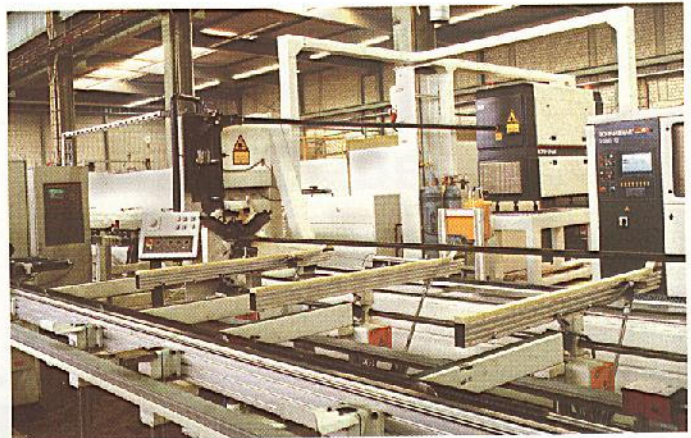
Die ausschließlich von KME Schmöle GmbH hergestellten Laserfin-Rippenrohre eignen sich für Wärmetauscher aller Art zur Kühlung und Erwärmung von Gasen und Flüssigkeiten.

Aufgrund ihrer hohen Korrosionsbeständigkeit können Laserfin-Rippenrohre insbesondere für solche Anwendungen eingesetzt werden, in denen

- ▶ Langlebigkeit
- ▶ Umweltschutz
- ▶ Beständigkeit gegen aggressive Medien gefordert werden.

Die erfolgreiche Markteinführung von Laserfin-Rippenrohren zeigt, dass sich dieses mit modernster Laser-Technik hergestellte Produkt besonders für nachstehende Anwendungsbereiche eignet:

Beschreibung



Laser-Rippenrohr-Schweißanlage

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 kann KME Schmöle ein absolutes Novum in der Rippenrohr-Technologie präsentieren:

»Das Laserfin®-Rippenrohr«

Lasergeschweißte Rippenrohre von KME Schmöle werden durch spiralförmiges Bewickeln von Rohren mit Bändern aus Standard- und Sonderedelstählen hergestellt. Das hochkant aufgesetzte Rippenband wird am Fuß durch ein von KME Schmöle patentiertes Laser-Schweißverfahren 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 in Rohr und Rippe
- ▶ hoher Nutzungsgrad der Wärme zur Nahtbildung
- ▶ hohe Schweißgeschwindigkeit
- ▶ keine Verunreinigung der Schweißnaht, da die Laser-Schweißung unter Schutzgas erfolgt

Die kleine wärmebeeinflusste Zone, verbunden mit dünnen Schweißnähten, verhindert einen Verzug im Material. Dies führt zu hoher Form- und Maßhaltigkeit des geschweißten Rippenrohres.

Kraftwerksbau	Kühltürme bzw. Kühlwasser-Rückkühlanlagen 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 (HNO ₃), z. B. für die Düngemittelindustrie
Heizungsindustrie	Primär-Wärmetauscher in Gasheizkesseln Sekundär-Wärmetauscher zur Brauchwassererwärmung in Gaskondensations- bzw. Brennkesseln
Wärmerückgewinnungsanlagen	Rauchgaskühler
Maschinen- und Anlagenbau	Wärmetauscher zur Gaskühlung von Industrieöfen Wärmetauscher zur Beheizung von Bädern Ölkühler für Vakuumanlagen, Schiffsanlagen, Pumpen etc. Wärmetauscher zur Ölvorwärmung

* z. B. Kühltürme mit Flusswasserkühlung, wenn verzinkte Kohlenstoffstahlrohre aus Umweltschutzgründen (Verbot der Schwermetalleinleitung) nicht eingesetzt werden dürfen.

Vorteile

- ▶ 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

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

Bild 1 zeigt die Abmessungen eines Laserfin-Rippenrohres:

- ▶ Rohrwanddicke $s = 1,5 \text{ mm}$
- ▶ Rippendicke $\delta_R = 0,4 \text{ mm}$
- ▶ Rippenhöhe $h_R = 12,5 \text{ mm}$
- ▶ Rippenteilung $m = 5 \text{ Rippen/Zoll}$

Bild 2 zeigt insbesondere die Größenverhältnisse zwischen Rohrwanddicke, Rippendicke und wärmebeeinflusster Zone, die eine Tiefe von nur 0,2 mm hat.

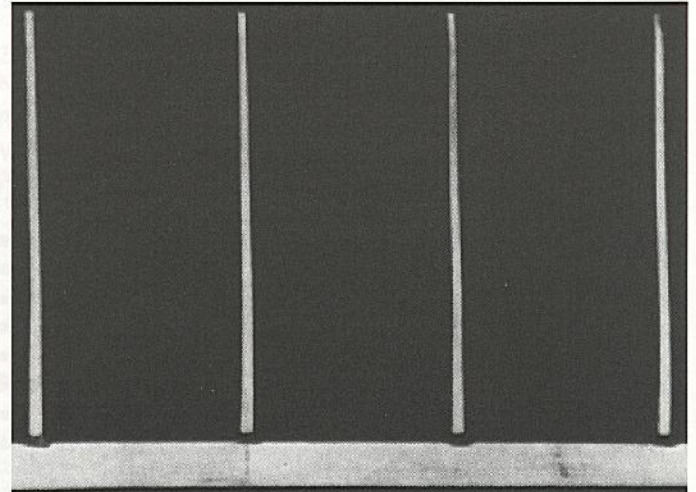


Bild 1:
Laser-Rippenrohr von KME Schmöle (Code-Nr. 5 50 25)

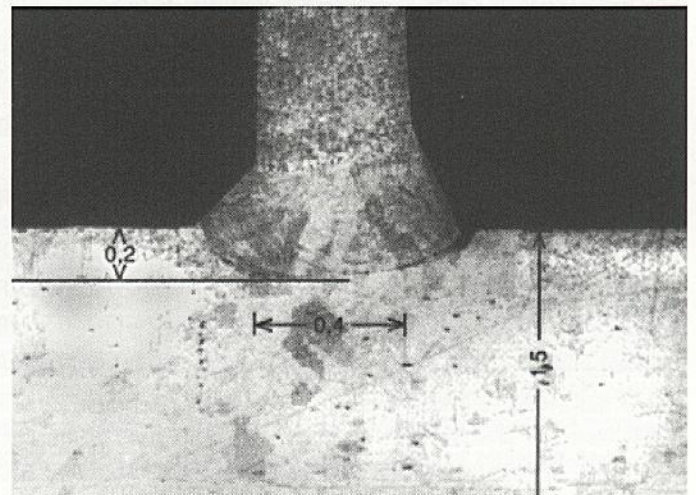


Bild 2:
Größenverhältnisse zwischen Rohrwanddicke, Rippendicke und wärmebeeinflusster Zone eines Laserfin-Rippenrohres

Werkstoffe

Laserfin-Rippenrohre von KME Schmöle werden vorwiegend aus folgenden Werkstoffen hergestellt:

Werkstoffbezeichnung DIN	Werkstoffnummer DIN	Rohr Produktnorm	Vergleichbare US-Werkstoffe				Band Produkt-norm
			Grade	UNS- Bezeichnung	ASTM-Norm		
					geschweißt	nahtlos	
Chrom-Nickel-Stähle							
X 5 CrNi 18 10	1.4301	DIN EN ISO 1127	TP 304	S 30400	A 249	A 213	DIN EN 10088
X 2 CrNi 19 11	1.4306	DIN EN ISO 1127	TP 304 L	S 30403	A 249	A 213	DIN EN 10088
X 5 CrNiMo 17 12 2	1.4401	DIN EN ISO 1127	TP 316	S 31600	A 249	A 213	DIN EN 10088
X 2 CrNiMo 17 13 2	1.4404	DIN EN ISO 1127	TP 316 L	S 31603	A 249	A 213	DIN EN 10088
X 2 CrNiMo 18 14 3	1.4435	DIN EN ISO 1127	TP 316 L	S 31603	A 249	A 213	DIN EN 10088
X 5 CrNiMo 17 13 3	1.4436	DIN EN ISO 1127	TP 316	S 31600	A 249	A 213	DIN EN 10088
X 2 CrNiMoN 17 13 5	1.4439	DIN EN ISO 1127	TP 317 LN	S 31726	–	–	DIN EN 10088
X 6 CrNiTi 18 10	1.4541	DIN EN ISO 1127	TP 321	S 32100	A 249	A 213	DIN EN 10088
X 6 CrNiMoTi 17 12 2	1.4571	DIN EN ISO 1127	TP 316 Ti	S 31635	–	–	DIN EN 10088

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.

 Vorzugswerkstoffe

Laserfin®-Rippenrohre aus Standard- und Sonderedelstählen

Abmessungen

Dimensionen

Rohraußendurchmesser	8,0 - 50,0 mm
Rippenaußendurchmesser	17,0 - 80,0 mm
Rippenteilung (werkstoffabhängig)	3 - 13 Rippen pro Zoll
Rippenhöhe	4,0 - 17 mm
Rippendicke	0,4 - 1,0 mm

Maximal lieferbare Rohrlängen 12,0 m

Werkstoffkombinationen
Rohr - Band

- Edelstahl - Edelstahl
- Edelstahl - Aluminium
- Edelstahl - Kupfer
- C-Stahl - C-Stahl
- C-Stahl - Aluminium
- Cu-Ni-Leg. - Kupfer
- Cu-Ni-Leg. - Aluminium
- Titan - Titan



Laserfin-Rippenrohre von KME Schmöle können u. a. in folgenden Abmessungen hergestellt werden:

KME-Schmöle-Code-Nr.	Ausgangsrohr		Rippenrohr			Rippenteilung		Innenquerschnitt q_i cm ²	Außenoberfläche A_a m ² /m	Flächenverhältnis A_a/A_i -	ungefähres Gewicht*** G gesamt kg/m
	Außen- ϕ d_1 mm	Wanddicke s mm	Außen- ϕ d_5 mm	Rippenhöhe h_R mm	mittlere Rippendicke** δ_R mm	m					
						1/Zoll	mm				
5 27 15	15,0	1,2	27,0	6,0	0,4	5	5,08	1,25	0,21	5,3	0,66
7 27 15	15,0	1,2	27,0	6,0	0,4	7	3,63	1,25	0,28	6,9	0,76
9 27 15	15,0	1,2	27,0	6,0	0,4	9	2,82	1,25	0,34	8,6	0,86
5 40 20	20,0	1,5	40,0	10,0	0,4	5	5,08	2,27	0,44	8,3	1,27
7 40 20	20,0	1,5	40,0	10,0	0,4	7	3,63	2,27	0,60	11,1	1,51
9 40 20	20,0	1,5	40,0	10,0	0,4	9	2,82	2,27	0,74	14,0	1,74
5 45 25	25,0	1,5	45,0	10,0	0,4	5	5,08	3,80	0,52	7,5	1,56
7 45 25	25,0	1,5	45,0	10,0	0,4	7	3,63	3,80	0,70	10,1	1,83
9 45 25	25,0	1,5	45,0	10,0	0,4	9	2,82	3,80	0,87	12,7	2,11
5 50 25	25,0	1,5	50,0	12,5	0,4	5	5,08	3,80	0,67	9,7	1,79
7 50 25	25,0	1,5	50,0	12,5	0,4	7	3,63	3,80	0,91	13,1	2,16
9 50 25*	25,0	1,5	50,0	12,5	0,4	9	2,82	3,80	1,14	16,5	2,52
5 55 30	30,0	1,8	55,0	12,5	0,4	5	5,08	5,47	0,76	9,2	2,30
7 55 30	30,0	1,8	55,0	12,5	0,4	7	3,63	5,47	1,03	12,4	2,71

* Die Berippbarkeit mit bestimmten Bandwerkstoffen ist im Einzelfall zu prüfen

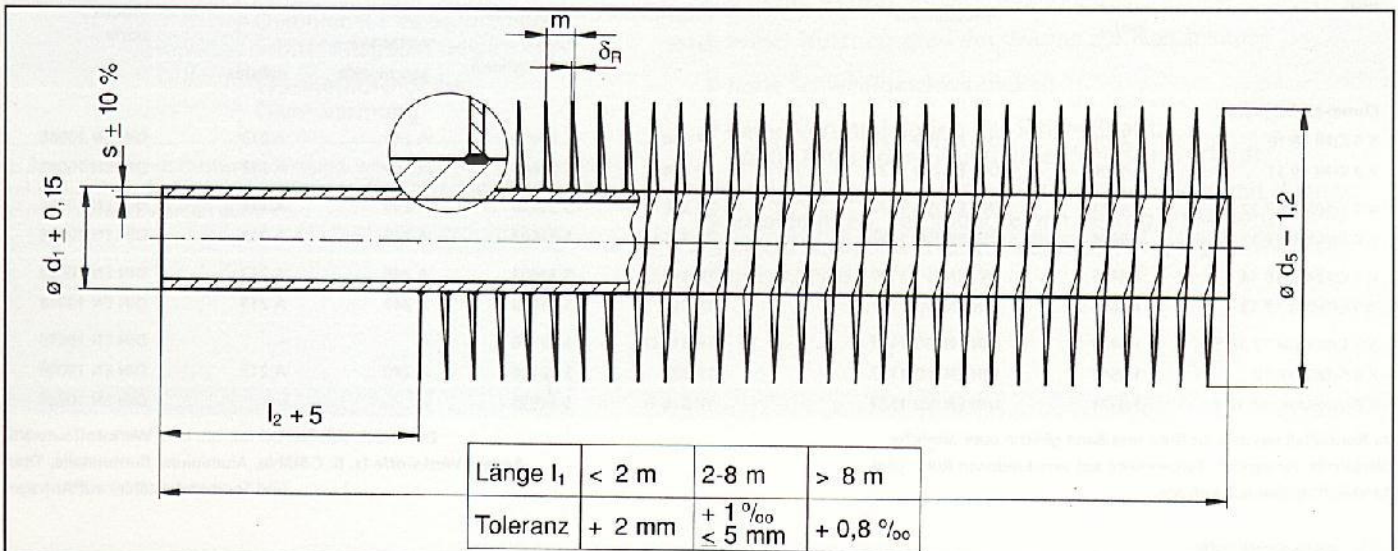
** Rippendicke > 0,4 mm auf Anfrage

*** = 7,9 kg/dm³

Andere Abmessungen und Werkstoffkombinationen auf Anfrage

Vorzugsabmessungen

Toleranzen



Lieferformen

- ▶ in geraden Längen bis 12,0 m
- ▶ mit unberippten Rohrenden
- ▶ mit unberippten Zwischenstücken
- ▶ in gebogener Ausführung
- ▶ als Rohrwendel

Ausführung der Berippung

Rippe und Rohr sind durchgehend miteinander verschweißt.

Die Rippenteilung kann auf der Rohrlänge variieren (z. B. 5 ±10 R/1").

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.

Zulassungen

Laserfin-Rippenrohre von KME Schmöle sind folgenden Verfahrensprüfungen durch den RWTÜV unterzogen worden:

Werkstoff-bezeichnung DIN	Werkstoff-nummer DIN	Prüf-Nr.	Datum
X 6 CrNiMoTi 17 12 2	1.4571	4/24000 510/4	9. 3. 1988
X 2 CrNiMoN 17 13 5	1.4439	4/24002 115/40	8. 7. 1988
X 2 CrNiMoN 17 12	1.4909	4/24006 911/0	24. 1. 1990
X 2 CrNi 19 11	1.4306	4/24008 888/3	1. 3. 1990

Laserfin-Rippenrohre von KME Schmöle aus dem Werkstoff X 2 CrNiMoN 17 13 5 (Werkstoff-Nr. 1.4439/Grade TP 317 LN) wurden mit Genehmigung der Deutschen Bundesbahn im Gemeinschaftskraftwerk Neckarsulm (GKN) für flusswasser-gekühlte Transformatoren-Hybrid-Kühltürme (Kühlwasser-Rückkühlanlagen) eingesetzt.

Prüfungen

Ausgangsrohre

- ▶ Prüfungen: nach Basisnorm
- ▶ Abnahmeprüfzeugnis: APZ nach DIN EN 10204-3.1. B

Rippenrohre

- ▶ Prüfungen: nach Vereinbarung
- ▶ Abnahmeprüfzeugnis: APZ nach DIN EN 10204-3.1. B

Bevorratung von Ausgangsmaterial

Zur Verkürzung der Lieferzeit bemühen wir uns, folgendes Material zu bevorraten:

Rohre

Werkstoff-bezeichnung DIN	Werkstoff-nummer DIN	Abmessung mm	Ausführung	Produkt-norm
X 6 CrNiMoTi 17 12 2	1.4571	20 x 1,5	geschweißt	DIN EN ISO 1127
X 6 CrNiMoTi 17 12 2	1.4571	25 x 1,5	geschweißt	DIN EN ISO 1127

Band

Werkstoff-bezeichnung DIN	Werkstoff-nummer DIN	Rippenhöhe mm	Banddicke mm	Produkt-norm
X 2 CrNiMo 17 13 2	1.4404	10 und 12,5	0,4	DIN EN 10088
X 6 CrNiMoTi 17 12 2	1.4571	10 und 12,5	0,4	DIN EN 10088

Soweit Lagerbestand und Fertigungskapazitäten vorhanden, können die in der gegenüberliegenden Tabelle als „Vorzugsabmessungen“ bezeichneten Rippenrohrabmessungen kurzfristig gefertigt werden.

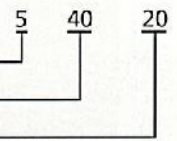
Rohr-Code-Nummer

KME Schmöle-Code-Nr.

Rippenteilung 5 Rippen/Zoll

Rippen-Außendurchmesser 40 mm

Rohr-Außendurchmesser 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.

KME Schmöle GmbH

Laserfin®-Rippenrohre aus Standard- und Sonderedelstählen

Wärmeübergang

Die Wärmeübergangsfunktion $Nu/Pr^{0,333}$, bezogen auf die äußere Wärmeübergangszahl α_a bei erzwungener Strömung von Gasen durch Laserfin-Rippenrohrbündel mit versetzter Rohranordnung, 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:

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

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

Die eingezeichneten Kurven entsprechen folgenden Gleichungen:

▶ Rippendicke 0,8 mm
 $\alpha_a = 1,624 \cdot Re^{0,362} \quad [W/m^2K] \quad (2)$

▶ Rippendicke 0,4 mm
 $\alpha_a = 1,374 \cdot Re^{0,363} \quad [W/m^2K] \quad (3)$

Es bedeuten:

$$Nu = \frac{\alpha_a \cdot d_1}{\lambda} \quad \text{Nußeltzahl} \quad (4)$$

$$Pr = \frac{v}{a} \quad \text{Prandtlzahl} \quad (5)$$

$$Re = \frac{V_e \cdot d_1}{v} \quad \text{Reynoldszahl} \quad (6)$$

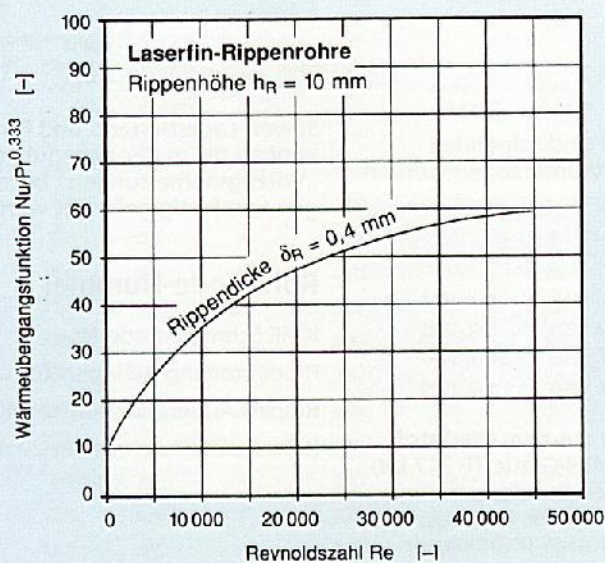


Diagramm 1: Wärmeübergang bei erzwungener Strömung von Gasen durch Laserfin-Rippenrohrbündel mit versetzter Rohranordnung

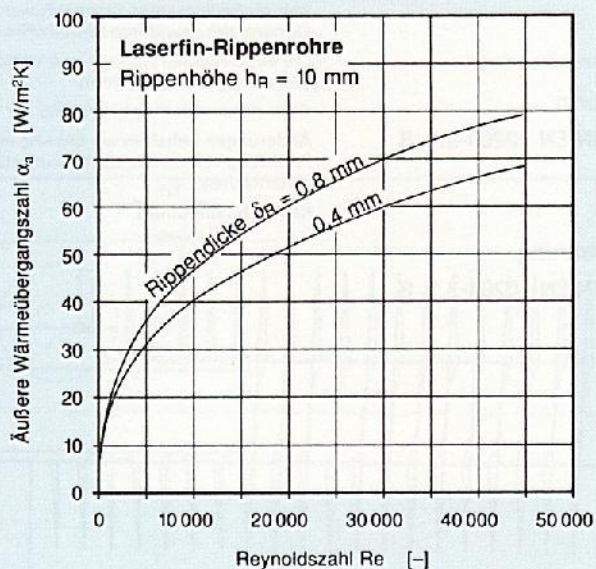


Diagramm 2: Äußere Wärmeübergangszahl α_a bei erzwungener Strömung von Luft durch Laserfin-Rippenrohrbündel mit versetzter Rohranordnung

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 Gastemperaturen unterhalb 100 °C im allgemeinen unbedeutend. Er ist jedoch nicht mehr zu vernachlässigen, wenn größere Temperaturdifferenzen vorliegen. In diesem Fall kann der äußeren Wärmeübergangszahl α_a die Strahlungszahl α_s hinzuaddiert werden.

Druckverlust

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

$$\Delta_p = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v_e^2 \cdot n \quad [\text{Pa}] \quad (7)$$

Der Widerstandsbeiwert ζ ist Diagramm 4 zu entnehmen.

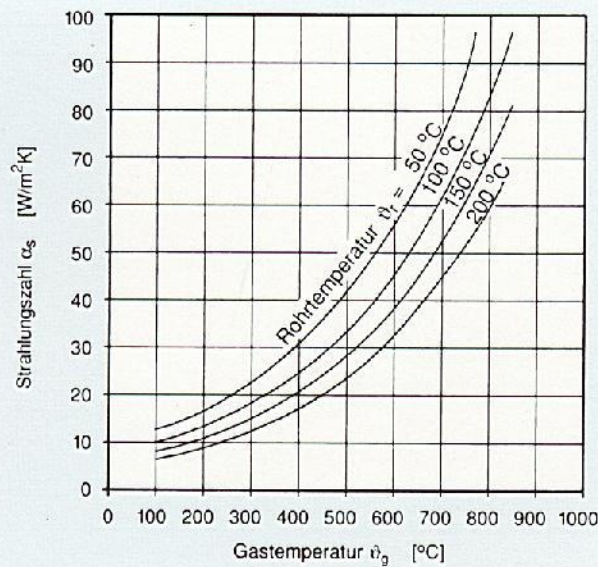


Diagramm 3: Einfluss der Wärmestrahlung auf den Wärmeübergang

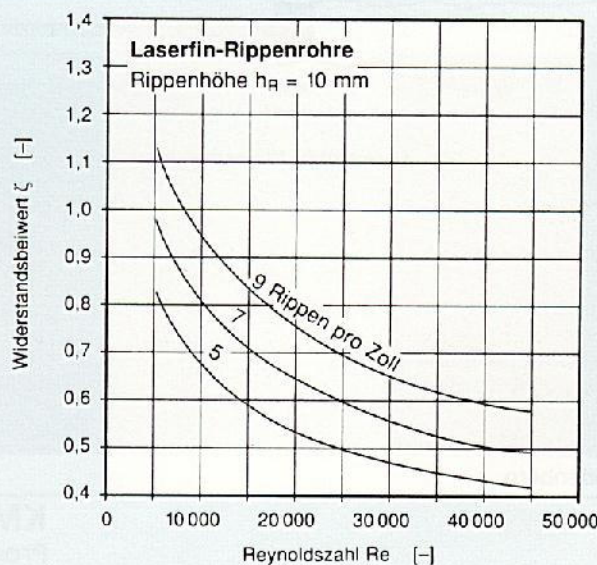


Diagramm 4: Druckverlust Δ_p bei Querstrom von Gasen durch Laserfin-Rippenrohrbündel mit versetzter Rohranordnung

Laserfin®-Rippenrohre aus Standard- und Sonderedelstählen

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.

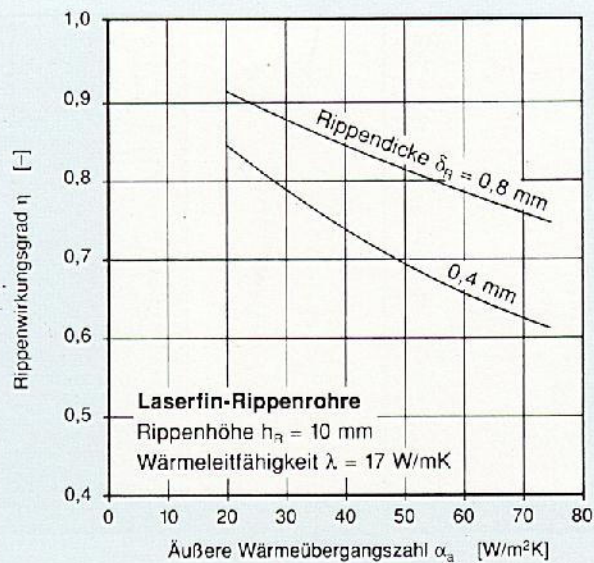


Diagramm 5:

Rippenwirkungsgrad η von Edelstahl in Abhängigkeit von der äußeren Wärmeübergangszahl α_a

Nomenklatur

a	m²/s	Temperaturzahl	α_a	W/m²K	äußere Wärmeübergangszahl
d_1	mm; m	Rohraußendurchmesser	α_s	W/m²K	Strahlungszahl
f_e	cm'	engster Strömungsquerschnitt	δ_R	mm	Rippendicke
h_R	mm	Rippenhöhe	Δp	Pa	Druckverlust
m	1/"; mm	Rippenteilung	ζ	-	Widerstandsbeiwert
n	-	Rohrreihenanzahl	η	-	Rippenwirkungsgrad
s	mm	Rohrwanddicke	ϑ_g	°C	Gastemperatur
t	s	Zeitpunkt des Temperaturverlaufs	ϑ_r	°C	Rohrtemperatur
V_e	m/s	Strömungsgeschwindigkeit im engsten Querschnitt	ϑ_w	°C	Wassertemperatur
			λ	W/mK	Wärmeleitfähigkeit
			ν	m²/s	kinematische Viskosität
			ρ	kg/m³	Dichte

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 Rippen- spitze, wird in den untenstehenden Diagrammen 6 und 7 (Verschweißungsgrad 0 %) sowie 8 und 9 (Verschweißungsgrad 100 %) im Vergleich dargestellt.

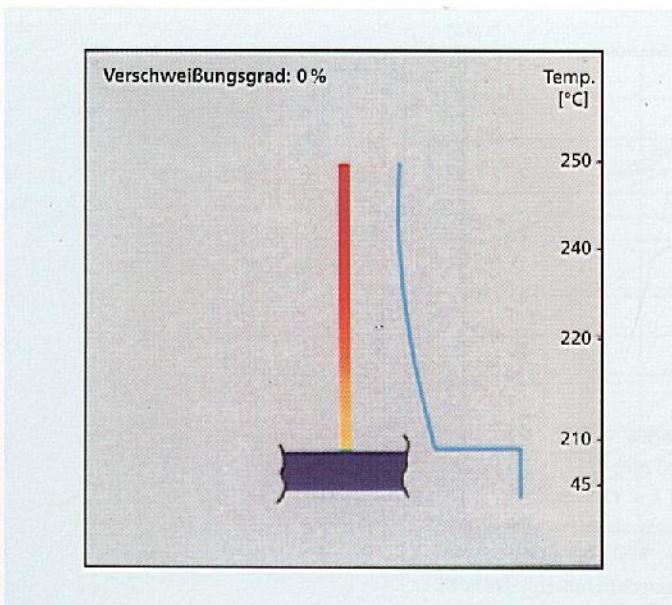


Diagramm 6:
Wärmefluss durch Rippenrohre:
Verschweißungsgrad 0 %

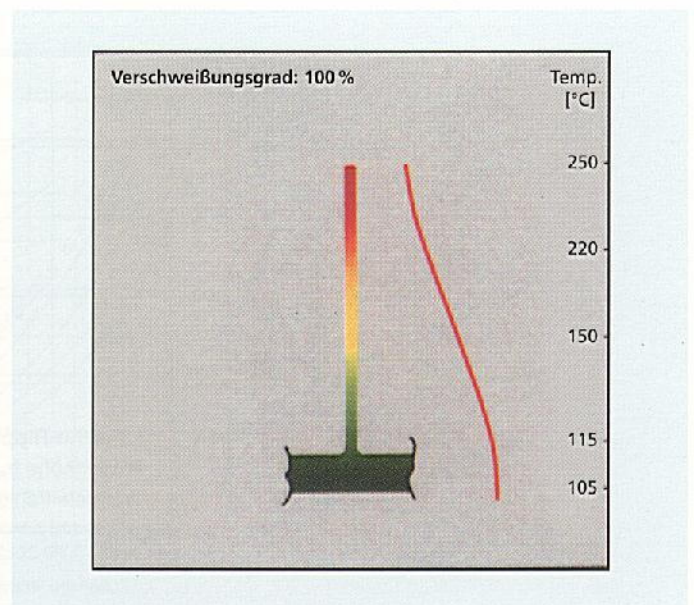


Diagramm 8:
Wärmefluss durch Laserfin-Rippenrohre:
Verschweißungsgrad 100 %

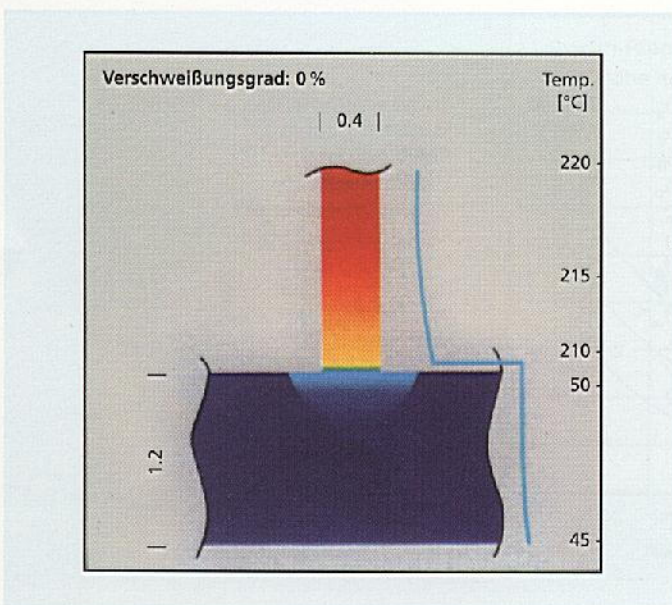


Diagramm 7:
Wärmefluss durch Rippenrohre:
Verschweißungsgrad 0 %

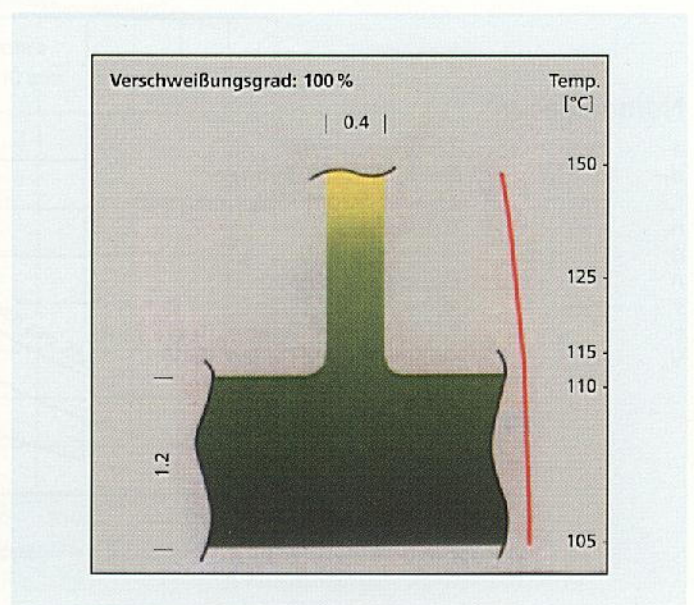


Diagramm 9:
Wärmefluss durch Laserfin-Rippenrohre:
Verschweißungsgrad 100 %

Laserfin®-Rippenrohre aus Standard- und Sonderedelstählen

Der FEM-Analyse wurden folgende Basisdaten zugrunde gelegt:

- ▶ Rohraussendurchmesser $d_1 = 25,0 \text{ mm}$
- ▶ Rohrwanddicke $s = 1,5 \text{ mm}$
- ▶ Rippenhöhe $h_R = 10,0 \text{ mm}$
- ▶ Rippendicke $\delta_R = 0,4 \text{ mm}$
- ▶ Innenmedium = turbulent strömendes Wasser
- ▶ Ausgangstemperatur des Innenmediums $\vartheta_w = 20,0 \text{ °C}$
- ▶ Zeitpunkt des Temperaturverlaufs $t = 57,3 \text{ s}$ nach Beginn der Energieeinbringung

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

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

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

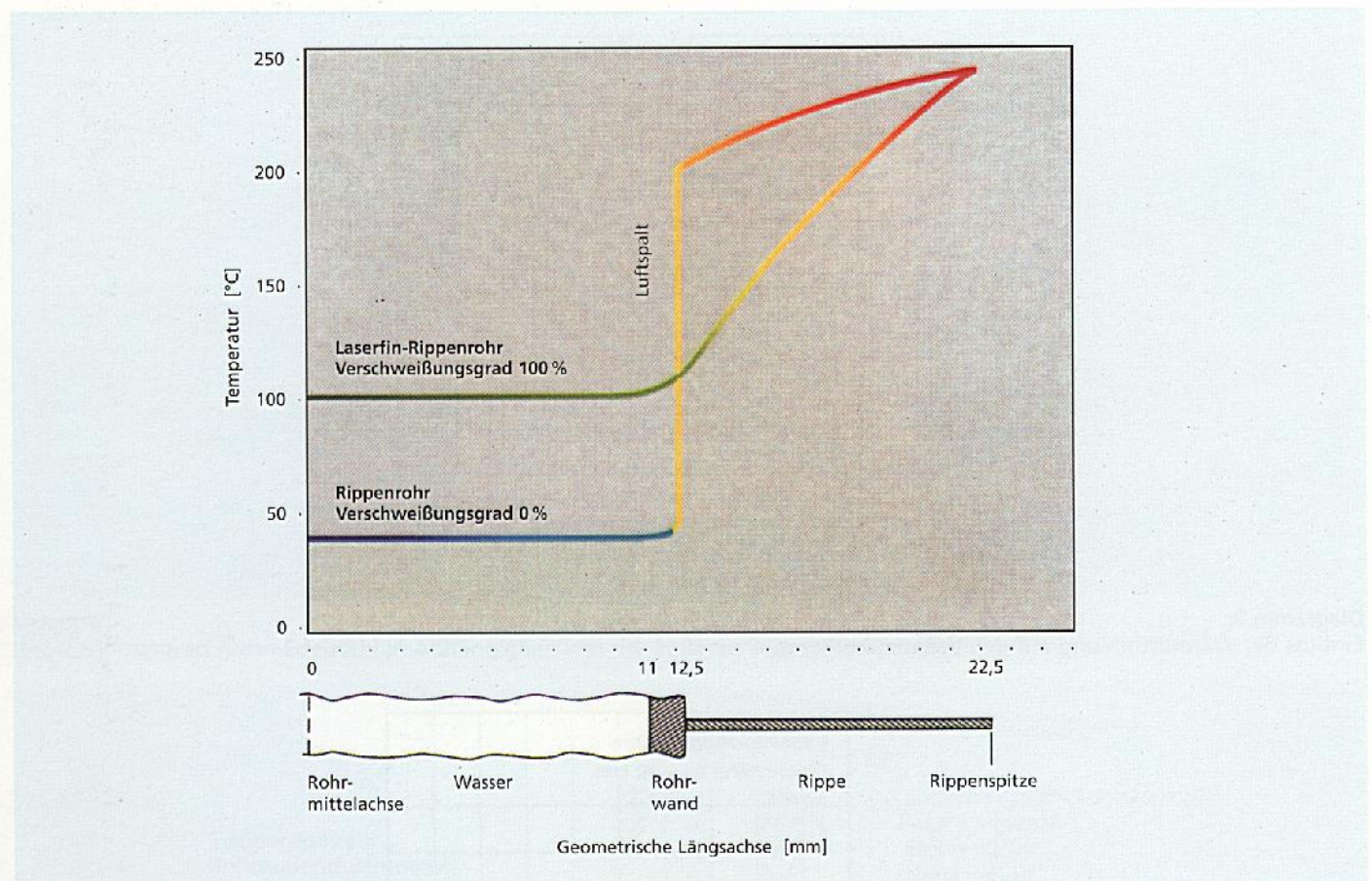


Diagramm 10:
Temperaturverlauf in Rippenrohren

Eine Übersicht über das komplette KME Schmöle-Rippenrohrprogramm erhalten Sie auf Anforderung (Prospekt Nr. 820 d).

 **SCHMÖLE**

SCHMÖLE GMBH
Westicker Str. 84
58730 Fröndenberg
DEUTSCHLAND
Telefon +49 (0) 23 73 / 97 55 00
Telefax +49 (0) 23 73 / 97 57 20
www.schmoele.de · info@schmoele.de