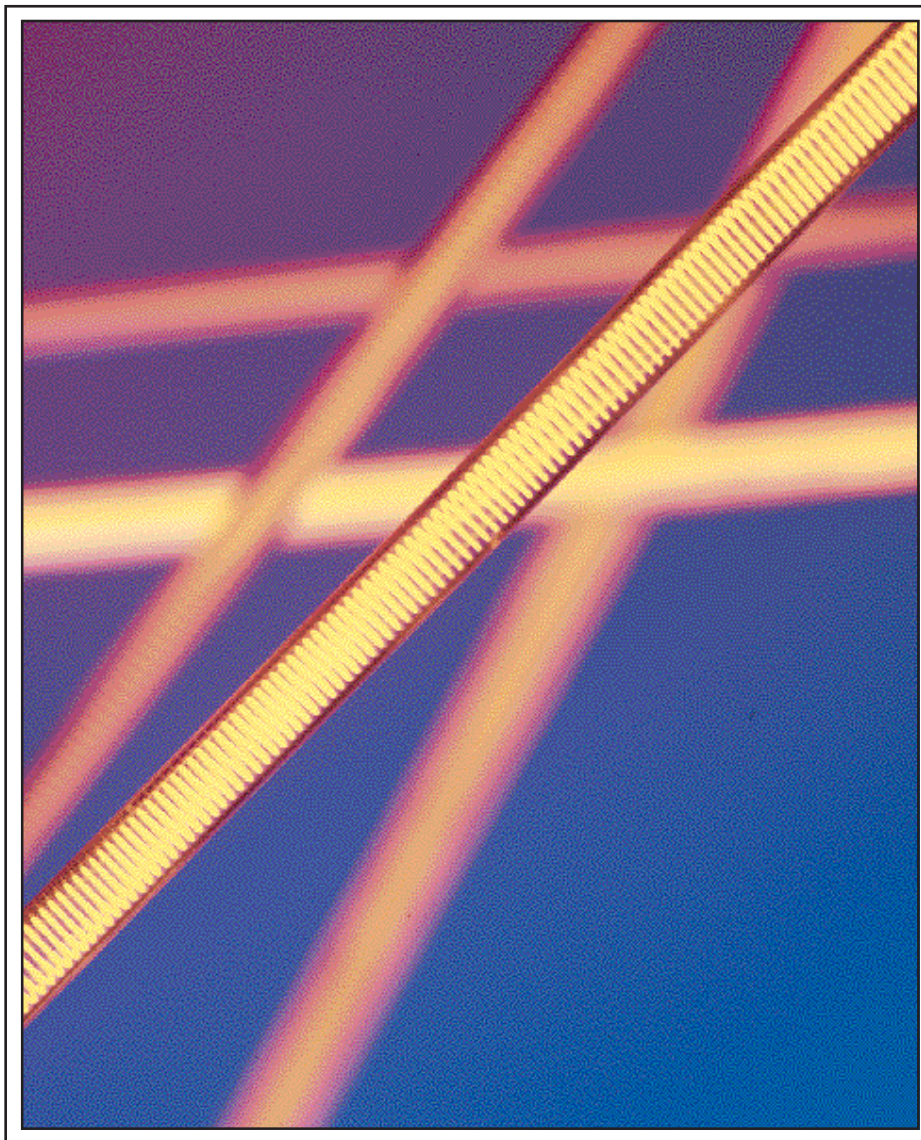


KANTHAL

Heizleiterlegierungen

Handbuch



Copyright Kanthal AB
Katalog 1-A-2-2 01. 97 3000

® KANTHAL, NIKROTHAL und
ALKROTHAL sind eingetragene
Warenzeichen der Kanthal AB in
Schweden und anderer Länder

Satz: DTP, Design & Media,
Hallstahammar

Druck: Primatryck, Hallstahammar,
Schweden

Inhaltsverzeichnis

Heizleiterlegierungen von Kanthal	4
Beschreibung der Heizleiterlegierungen.....	4
Ferritische Legierungen (FeCrAl)	4
Austenitische Legierungen (NiCr, NiCrFe)	5
Kanthal/NiFe	5
Physikalische und mechanische Eigenschaften	6
KANTHAL-Legierungen	6
NIKROTHAL-Legierungen	8
KANTHAL oder NIKROTHAL ?	9
Lebensdauer	12
Elemente in Elektrogeräten	13
Eingebettete Elemente	14
Unterstützte Elemente	18
Frei hängende Elemente	22
KANTHAL A, AF, AE, Draht	27
KANTHAL A, AF, AE, Flachdraht	28
KANTHAL D, Draht	30
KANTHAL D, DT, Flachdraht	31
ALKROTHAL 14, Draht	33
ALKROTHAL 14, Flachdraht	34
KANTHAL 70, 52, Draht	36
NIKROTHAL 80, 70, Draht	38
NIKROTHAL 60, Draht	39
NIKROTHAL 40, 20, Draht	40
NIKROTHAL 80, 60, 40, Flachdraht	41
Lieferformen	43

Heizleiterlegierungen von KANTHAL

Dieses Handbuch enthält alle technische Basisdaten über unsere Heizleiterlegierungen KANTHAL und NIKROTHAL für alle Anwendungsbereiche.

Um Sie bei Beheizungsfragen zu unterstützen, geben wir Ihnen mit einigen Design- und Anwendungsbeispielen Hilfestellung zur Auswahl der richtigen Legierung. Für weitergehende Fragen bieten wir Ihnen auch gerne die Beratung vor Ort an. Mit 26 Niederlassungen und 25 Repräsentanten ist Kanthal weltweit auch in Ihrer Nähe.

Neben den in dieser Broschüre beschriebenen Produkten stellen wir auch Präzisionsdrähte für Widerstands Anwendungen, Heizsysteme für den Industrieofenbau sowie Thermobimetalle her.

Mit unserer weltweiten Präsenz, unserer breit gefächerten Produktpalette und unserem Know-How sind wir in allen

Beheizungsfragen ein kompetenter Gesprächspartner. Unsere Forschungs- und Entwicklungsabteilung ist stets mit neuen Herausforderungen beschäftigt, die vom Markt an uns gestellt werden. In partnerschaftlicher Zusammenarbeit mit unseren Kunden entwickeln wir neue Lösungen für die Zukunft. Kerngeschäft sind unsere Heizleiterlegierungen bis 1425 °C, die wir in zwei Hauptbereiche unterteilen. Zum einen die ferritischen Legierungen mit dem Markennamen KANTHAL und ALKROTHAL, zum anderen die austenitischen Legierungen, die unter dem Markennamen NIKROTHAL auf dem Markt eingeführt sind. Für Widerstands Anwendungen führen wir daneben noch zwei Typen von Nickel-Eisen-Legierungen, KANTHAL 70 und KANTHAL 52.

Beschreibung der Heizleiterlegierungen nach Draht-Temperaturbereichen

Ferritische Legierungen (FeCrAl)

Bis 1425 °C (2595 °F). **KANTHAL APM** ist eine pulvermetallurgisch hergestellte Legierung. Aufgrund der wesentlich verbesserten Warm- und Kriechfestigkeit bringt der Einsatz dieses Materials überall da Vorteile, wo besondere Anforderungen an die Formstabilität, z. B. bei frei hängenden Elementen, gestellt werden.

Durch die geringe Widerstandsveränderung (Alterung) wird eine längere Elementlebensdauer erreicht. KANTHAL APM verfügt über ein ausgezeichnetes Oxidationsverhalten und bietet damit auch in korrosiven Atmosphären einen guten Schutz. Durch die gute Oxidhaftung (kein Absprühen) wird die Verunreinigung von Glühgut und Ofenatmosphäre verhindert.

Bis 1400 °C (2550 °F). **KANTHAL A-1** ist eine Heizleiterlegierung, die vorzugsweise in Hochtemperaturöfen der Keramik-, Glas-, Stahl- und Elektronikindustrie verwendet wird.

Bis 1350 °C (2460 °F). **KANTHAL A** wird in der Elektrowärme-Industrie eingesetzt, wo es besonders auf einen hohen spezifischen Widerstand und gute Oxidationsbeständigkeit bei hohen Temperaturen ankommt.

Bis 1300 °C (2370 °F). **KANTHAL AF** wird dort empfohlen, wo besonders hohe Anforderungen an die Warmfestigkeit gestellt werden. Bei hohen Lebensdauern oberhalb 1300 °C (2370 °F) Drahttemperatur empfehlen wir KANTHAL A-1 aufgrund der besseren Oxidationsbeständigkeit.

Bis 1300 °C (2370 °F). **KANTHAL AE** wurde speziell für extreme Anforderungen bei Strahlungselementen, z. B. in Glas-Kochplatten und Quarzrohrstrahlern entwickelt. KANTHAL AE besitzt außergewöhnliche Formfestigkeitseigenschaften bei Spiralen mit einem großen Wendel-/Drahtdurchmesser-Verhältnis.



Bild 1. Haarfön beheizt mit einem Runddraht-Element auf Mikanit-Träger



Bild 2. Keramik-Kochmulde mit KANTHAL AE-Wendeln für Glas-Kochplatten

Bis 1300 °C (2370 °F). **KANTHAL D** ist aufgrund des hohen spezifischen elektrischen Widerstands, der niedrigen Dichte, kombiniert mit einer vergleichsweise hohen Temperaturbeständigkeit gegenüber austenitischen Legierungen, für die verschiedensten Anwendungen in der Elektroindustrie bestens geeignet.

Bis 1100 °C (2010 °F). **ALKROTHAL** ist besonders für den Einsatz in Vor- und Bremswiderständen geeignet. Auch für Heizelemente in niedrigen Temperaturbereichen, z. B. für Heizkabel, ist Alkrothal eine kostengünstige Alternative.

Austenitische Legierungen (NiCr, NiCrFe)

Bis 1200 °C (2190 °F). **NIKROTHAL 80** ist die Spitzenqualität unter den austenitischen Heizleiterlegierungen. Wegen seiner einfachen Verarbeitbarkeit und hohen Warmfestigkeit findet NIKROTHAL 80 in der Elektrowärme-Industrie vielfältige Anwendung.

Bis 1250 °C (2280 °F). **NIKROTHAL 70** ist besonders geeignet für Heizelemente im Industrieofenbau. Auch bei reduzierenden Atmosphären ist NIKROTHAL 70 sehr gut geeignet und bietet guten Schutz gegen Grünfäule.

Bis 1150 °C (2100 °F). **NIKROTHAL 60** verfügt über gute Korrosionsbeständigkeit, gute Oxidationseigenschaften und sehr gute Formstabilität sowie eine gute Beständigkeit auch bei gewissen kontrollierten Atmosphären. Auch für den Einsatz in Rohrheizkörpern sowie für frei hängende Elemente ist NIKROTHAL 60 gut geeignet.

Bis 1100 °C (2010 °F). **NIKROTHAL 40** findet weitreichende Anwendung in allen Bereichen der Haushaltgeräte-Industrie sowie für andere industrielle Einsätze.

Bis 1050 °C (1920 °F). **NIKROTHAL 20** findet hauptsächlich Verwendung für Anschlußenden von Chrom-Nickel-Elementen bei relativ niedrigen Temperaturen. Auch der Einsatz für Heizelemente bei niedrigen Temperaturen ist möglich.

KANTHAL/NiFe

Bis 600 °C (1110 °F). **KANTHAL 70 und 52** sind Legierungen mit einem niedrigen spezifischen Widerstand und einem hohen Temperaturkoeffizienten. Bedingt durch den PTC-Effekt (positiver Temperaturkoeffizient) werden diese Legierungen vornehmlich für Widerstands Anwendungen zur Temperaturbegrenzung eingesetzt.

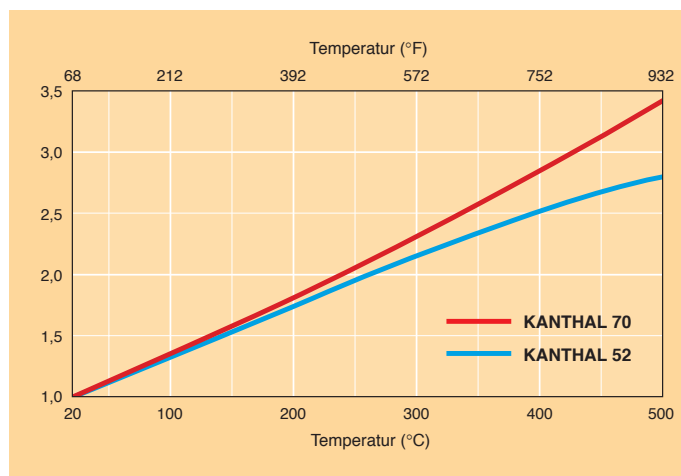


Bild 3. Verhältnis Warm- zu Kaltwiderstand. Temperaturfaktor.

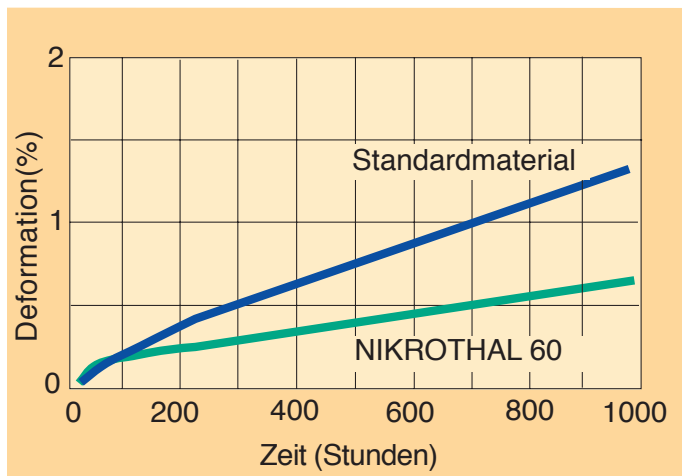


Bild 4. Zeitbezogene Verlängerung von NIKROTHAL 60 verglichen mit Standardmaterial. Getestet wurde ein Draht, Ø 4 mm, mit einer Belastung von 1,5 MPa



Bild 5. NIKROTHAL 60 mit verbesserter kombinierter Oxidationseigenschaft und Formstabilität. Gezeigt wird eine typische Anwendung: frei hängende Elemente in einem Wäschetrockner.

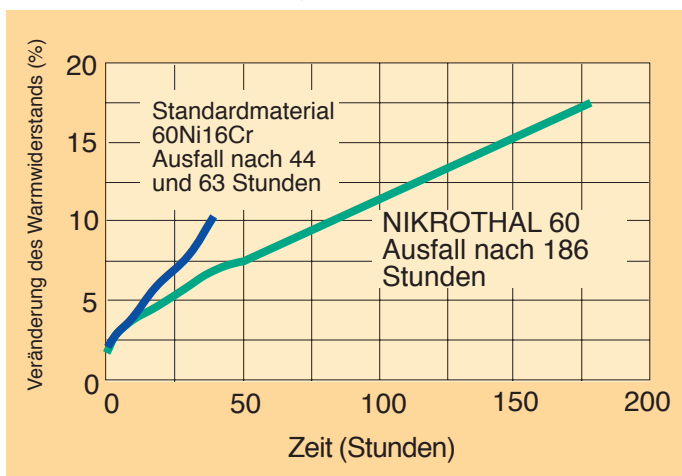


Bild 6. Lebensdauer und Warmwiderstandsveränderung für 60Ni16Cr-Legierungen bei einer konstanten Leistung von 200 W. Zyklischer Betrieb von 2 Minuten AN und 2 Minuten AUS.

Physikalische und mechanische Eigenschaften KANTHAL-Legierungen

Heizleiterlegierungen	APM	A-1	A	AF	AE
Max. Anwendungstemperatur im Dauerbetrieb (Elementtemp. in Luft), °C, °F	1425...2595	1400...2550	1350...2460	1300...2370	1300...2370
Richtanalyse, % Cr Al Fe	5,8		22 Rest	5,3	
Dichte, g/cm ³ lb/in ³	7,10...0.256		7,15...0.258		
Spezifischer elektrischer Widerstand bei 20 °C, Ω mm ² m ⁻¹ bei 68 °F, Ω/cm ²	1,45...872		1,39...836		
Temp. Faktor des elektrischen Widerstandes, C _t 250 °C 480 °F 500 °C 930 °F 800 °C 1470 °F 1000 °C 1830 °F 1200 °C 2190 °F	1,00 1,01 1,03 1,04 1,04		1,01 1,03 1,05 1,06 1,06		
Längenausdehnungskoeffizient K ⁻¹ 20-100 °C 68-210 °F 20- 250 °C 68- 480 °F 20- 500 °C 68- 930 °F 20- 750 °C 68-1380 °F 20-1000 °C 68-1830 °F			– 11·10 ⁻⁶ 12·10 ⁻⁶ 14·10 ⁻⁶ 15·10 ⁻⁶		
Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C, W m ⁻¹ K ⁻¹ 122 °F, Btu in ft ² h ⁻¹ F ⁻¹			11...76		
Spezifische Wärmekapazität bei 20 °C Btu lb ⁻¹ F ⁻¹ , 68 °F			0,46 0.110		
Schmelzpunkt, ca. °C, °F	1500...2730				
Mechanische Festigkeit*, ca. Zugfestigkeit, N mm ⁻² psi	680...98600**	760...110200	725...105200	700...101500	720...104400
Streckgrenze, N mm ⁻² psi	470...68200**	545...79000	550...798000	500...72500	520...75400
Härte, ca. Hv	230	240	230		
Bruchdehnung, ca. %	20**	20	22	23	20
Zugfestigkeit bei 900 °C, N mm ⁻² bei 1650 °F, psi. Verformungsrate 6,2 x 10 ⁻² min ⁻¹	40 5800	34 4900		37 5400	34 4900
Kriechfestigkeit*** bei 800 °C, N mm ⁻² bei 1470 °F, psi bei 1000 °C, N mm ⁻² bei 1830 °F, psi bei 1100 °C, N mm ⁻² bei 2010 °F, psi bei 1200 °C, N mm ⁻² bei 2190 °F, psi	8,2...1190 – – –	1,2...170 0,5...70 – –		– – 0,7...100 0,3...40	1,2...170 – – –
Magnetische Eigenschaften	magnetisch (Curie-Punkt bei ca. 600 °C 1100 °F)				
Strahlungsfaktor (bei vollkommen oxidierten Oberflächen)	0,70				

* Die angegebenen Werte sind für Abmessungen von ca. 1 mm 0,04 in Durchmesser gültig.

** 4,0 mm 0,16 in. Kleinere Abmessungen haben eine höhere Festigkeit und Härte während für größere Abmessungen die entsprechenden Werte niedriger liegen.

*** Ermittelt aus einer beobachteten Verlängerung in einem Kanthal-Standard-Testofen. 1% Ausdehnung nach 1000 Stunden Prüfdauer.

Heizleiterlegierungen	D	ALKROTHAL	K 70	K 52
Max. Anwendungstemperatur im Dauerbetrieb (Elementtemp. in Luft), °C, °F	1300... 2370	1100...2010	600...1110	600...1110
Richtanalyse, % Cr Al Fe Ni	22 4,8 Bal –	15 4,3 Rest –	– – Rest 70	– – Rest 52
Dichte, g/cm ³ lb/in ³	7,25...0.262	7,28...0.263	8,45...0.305	8,20...0.296
Spezifischer elektrischer Widerstand bei 20 °C, Ω mm ² m ⁻¹ bei 68 °F, Ω/cm ²	1,35...812	1,25...755	0,21...126	0,37...223
Temp. Faktor des elektrischen Widerstandes, C _t 250 °C 480 °F 500 °C 930 °F 800 °C 1470 °F 1000 °C 1830 °F 200 °C 2190 °F	1,01 1,03 1,06 1,07 1,08	1,03 1,05 1,10 1,11 –	2,05 3,40 – – –	1,93 2,77 – – –
Längenausdehnungskoeffizient K ⁻¹ 20-100 °C 68-210 °F 20- 250 °C 68- 480 °F 20- 500 °C 68- 930 °F 20- 750 °C 68-1380 °F 20-1000 °C 68-1830 °F		– 11·10 ⁻⁶ 12·10 ⁻⁶ 14·10 ⁻⁶ 15·10 ⁻⁶	15·10 ⁻⁶ – – – –	10·10 ⁻⁶ – – – –
Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C, W m ⁻¹ K ⁻¹ 122 °F, Btu in ft ² h ⁻¹ °F	11...76	16...110	16...110	17...120
Spezifische Wärmekapazität bei 20 °C Btu lb ⁻¹ °F ⁻¹ , 68 °F		0,46 0.110	0,52 0.120	0,50 0.120
Schmelzpunkt, ca. °C, °F		1500...2730	1430...2610	1435...2620
Mechanische Festigkeit*, ca. Zugfestigkeit, N mm ⁻² psi	670...97200	630...91400	640...92800	610...88500
Streckgrenze, N mm ⁻² psi	485...70300	455...66000	340...49300	
Härte, ca. Hv	230	220	–	–
Bruchdehnung, ca. %	23	22	30	
Zugfestigkeit bei 900 °C, N mm ⁻² bei 1650 °F, psi. Verformungsrate 6,2 x 10 ⁻² min ⁻¹	34 4900	30 4300	– –	– –
Kriechfestigkeit*** bei 800 °C, N mm ⁻² bei 1470 °F, psi bei 1000 °C, N mm ⁻² bei 1830 °F, psi bei 1100 °C, N mm ⁻² bei 2010 °F, psi bei 1200 °C, N mm ⁻² bei 2190 °F, psi	0,5...70 – –	1,2...170 1...140 – –	– – – –	– – – –
Magnetische Eigenschaften		magnetisch (Curie-Punkt ca. 600 °C 1100 °F)	magnetisch bis zu °C/°F (Curie-Punkt) 610...1130 530...990	
Strahlungsfaktor (bei vollkommen oxidiert Oberfläche)		0,70	–	

* Die angegebenen Werte sind für Abmessungen von ca. 1 mm 0.04 in Durchmesser gültig.

** 4,0 mm 0.16 in. Kleinere Abmessungen haben eine höhere Festigkeit und Härte während für größere Abmessungen die entsprechenden Werte niedriger liegen.

*** Ermittelt aus einer beobachteten Verlängerung in einem Kanthal-Standard-Testofen. 1% Ausdehnung nach 1000 Stunden Prüfdauer.

Physikalische und mechanische Eigenschaften NIKROTHAL-Legierungen

Heizleiterlegierungen	N 80	N 70	N 60	N 40	N 20
Max. Anwendungstemperatur im Dauerbetrieb (Elementtemp. in Luft), °C, °F	1200...2190	1250...2280	1150...2100	1100...2010	1050...1920
Richtanalyse, %					
Cr	20	30	15	20	24
Al	–	–	–	–	–
Fe	–	–	Rest	Rest	Rest
Ni	80	70	60	35	20
Dichte, g/cm ³ lb/in ³	8,30...0.300	8,10...0.293	8,20...0.296	7,90...0.285	7,80...0.281
Spezifischer elektrischer Widerstand bei 20 °C, Ω mm ² m ⁻¹ bei 68 °F, Ω/cm ²	1,09...655	1,18...709	1,11...668	1,04...626	0,95...572
Temp. Faktor des elektrischen Widerstandes, C _t					
250 °C 480 °F	1,03	1,03	1,05	1,08	1,12
500 °C 930 °F	1,04	1,05	1,08	1,15	1,21
800 °C 1470 °F	1,04	1,04	1,10	1,21	1,28
1000 °C 1830 °F	1,05	1,05	1,11	1,23	1,32
1200 °C 2190 °F	1,07	1,06	–	–	–
Längenausdehnungskoeffizient K ⁻¹					
20-100 °C 68-210 °F	–	–	–	–	–
20- 250 °C 68- 480 °F	15·10 ⁻⁶	14·10 ⁻⁶	–	16·10 ⁻⁶	16·10 ⁻⁶
20- 500 °C 68- 930 °F	16·10 ⁻⁶	15·10 ⁻⁶	–	17·10 ⁻⁶	17·10 ⁻⁶
20- 750 °C 68-1380 °F	17·10 ⁻⁶	16·10 ⁻⁶	–	18·10 ⁻⁶	18·10 ⁻⁶
20-1000 °C 68-1830 °F	18·10 ⁻⁶	17·10 ⁻⁶	–	19·10 ⁻⁶	19·10 ⁻⁶
Wärmeleitfähigkeit bei 20 °C, W m ⁻¹ K ⁻¹ 122 °F, Btu in ft ² h ⁻¹ °F ⁻¹	15...104	14...97	–	13...90	–
Spezifische Wärmekapazität bei 20 °C Btu lb ⁻¹ °F ⁻¹ , 68 °F	–	0,46 0.110	–	0,50 0.119	–
Schmelzpunkt, ca. °C, °F	1400...2550	1380...2515	1390...2535	1380...2515	1380...2515
Mechanische Festigkeit*, ca. Zugfestigkeit, N mm ⁻² psi	810...117500	820...118900	730...105900	675...97900	675...97900
Streckgrenze, N mm ⁻² psi	420...60900	430...62400	370...53700	340...49300	335...48600
Härte, ca. Hv	180	185	180	180	160
Bruchdehnung, ca. %	30	30	35	35	30
Zugfestigkeit bei 900 °C, N mm ⁻² bei 1650 °F, psi. Verformungsrate 6,2 x 10 ⁻² min ⁻¹	100 14500	120 17400	100 14500	120 17400	120 17400
Kriechfestigkeit*** bei 800 °C, N mm ⁻² bei 1470 °F, psi bei 1000 °C, N mm ⁻² bei 1830 °F, psi bei 1100 °C, N mm ⁻² bei 2010 °F, psi bei 1200 °C, N mm ⁻² bei 2190 °F, psi	15 4 – –	– – – –	15 4 – –	20 4 – –	20 4 – –
Magnetische Eigenschaften	unmagnetisch		schwach magnetisch	unmagnetisch	
Strahlungsfaktor (bei vollkommen oxidierter Oberfläche)	0,88				

* Die angegebenen Werte sind für Abmessungen von ca. 1 mm 0.04 in Durchmesser gültig.

** 4,0 mm 0,16 in. Kleinere Abmessungen haben eine höhere Festigkeit und Härte während für größere Abmessungen die entsprechenden Werte niedriger liegen.

*** Ermittelt aus einer beobachteten Verlängerung in einem Kanthal-Standard-Testofen. 1% Ausdehnung nach 1000 Stunden Prüfdauer.

KANTHAL oder NIKROTHAL?

Höhere Betriebstemperatur in Luft. KANTHAL A-1 hat eine maximale Anwendungstemperatur von 1400 °C (2550 °F); NIKROTHAL 80 hat eine maximale Anwendungstemperatur von 1200 °C (2190 °F).

Längere Lebensdauer. KANTHAL-Elemente haben bei gleichen Betriebsbedingungen in Luft eine 2 bis 3mal höhere Lebensdauer als NIKROTHAL-Elemente.

Höhere Oberflächenbelastung. Die höhere zulässige Betriebstemperatur sowie die längere Lebensdauer lassen eine höhere Oberflächenbelastung bei KANTHAL-Elementen zu.

Bessere Oxidationseigenschaften. Das sich auf KANTHAL-Legierungen bildende Al_2O_3 -Oxid besitzt eine bessere Haftfähigkeit, weshalb die Gefahr des Absprühens von Oxiden wesentlich geringer ist. Weiterhin ist das Al_2O_3 -Oxid eine bessere Diffusionssperre und ein besserer elektrischer Isolator sowie widerstandsfähiger in aufkohlenden Atmosphären verglichen mit dem Cr_2O_3 -Oxid, das sich auf NIKROTHAL-Legierungen bildet.

Geringere Dichte. Die Dichte von KANTHAL-Legierungen ist niedriger als die von NIKROTHAL-Legierungen. Dies bedeutet, daß aus dem gleichen Materialgewicht eine größere Anzahl Elemente gefertigt werden kann.

Höherer spezifischer elektrischer Widerstand. Der höhere Widerstand von KANTHAL-Legierungen erlaubt es, einen größeren Materialquerschnitt zu wählen, der ebenfalls zu einer Verbesserung der Lebensdauer beiträgt. Dies ist besonders bei relativ dünnen Drähten wichtig. Andererseits erreicht man beachtliche Materialeinsparungen bei gleichbleibendem Materialquerschnitt. Weiterhin werden KANTHAL-Legierungen weniger durch Kaltverformung beeinflusst, so daß eine hierdurch bedingte Wärmebehandlung ausschließlich bei NIKROTHAL 80 erforderlich ist.

Höhere Streckgrenze. Die höhere Streckgrenze von KANTHAL-Legierungen bedeutet beim Drahtwickeln eine geringere Querschnittsveränderung.

Bessere Beständigkeit gegen Schwefel. Bei schwefelhaltigen Verunreinigungen der Atmosphäre oder der Heizleiteroberfläche, z.B. bei eingebetteten Elementen, sind die KANTHAL-Legierungen weniger empfindlich gegen Heißkorrosion als Nickel-Chrom-Legierungen. Speziell NiCr-Legierungen werden unter solchen Bedingungen stark angegriffen.

Vorteile der NIKROTHAL-Legierungen

Höhere Warm- und Kriechfestigkeit. NIKROTHAL-Legierungen besitzen eine höhere Warm- und Kriechfestigkeit als KANTHAL-Legierungen. KANTHAL APM, AF und AE zeigen in dieser Beziehung jedoch ein besseres Verhalten als andere KANTHAL-Materialien, d. h., die Formstabilität ist wesentlich verbessert, jedoch nicht so gut wie bei NIKROTHAL.

Höhere Duktilität nach längerem Betreiben. NIKROTHAL-Legierungen bleiben auch nach längerem Betreiben duktil.

Höherer Emissionswert. Vollkommen oxidierte NIKROTHAL-Legierungen haben ein höheres Wärmestrahlen-Emissionsvermögen. Hieraus folgt, daß bei gleicher Oberflächenbelastung die Oberflächentemperatur von NIKROTHAL-Elementen etwas niedriger ist.

Unmagnetisch. Für bestimmte Niedertemperatur-Anwendungen wird unmagnetisches Material vorgezogen. NIKROTHAL-Legierungen sind unmagnetisch, mit Ausnahme von NIKROTHAL 60, das bei niedrigen Temperaturen schwach magnetisch ist. KANTHAL-Legierungen sind oberhalb 600 °C (1100 °F) unmagnetisch.

Bessere Korrosionsbeständigkeit. NIKROTHAL-Legierungen haben allgemein eine bessere Korrosionsbeständigkeit als nicht oxidierte KANTHAL-Legierungen. Ausnahmen: schwefelhaltige Atmosphäre und bestimmte kontrollierte Gasatmosphären.

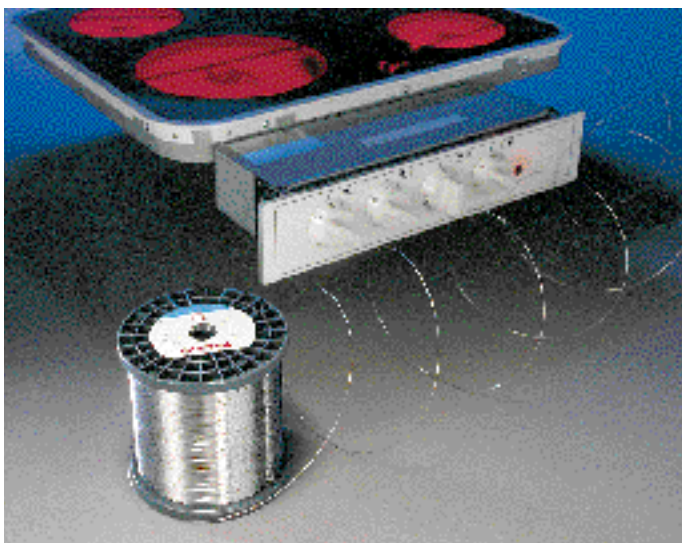


Bild 7. KANTHAL AE-Heizleiterdraht für Strahlungselemente in Glas-Kochplatten und Quarzrohrstrahlern.

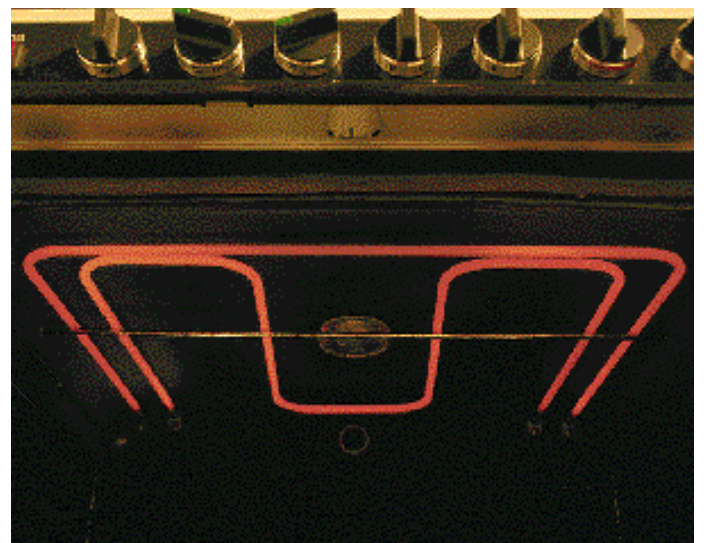


Bild 8. NIKROTHAL 80 wird besonders bei hohen Anforderungen an die Verarbeitbarkeit und Warmfestigkeit eingesetzt.

Materialeinsparung mit KANTHAL-Legierungen

Aufgrund der niedrigeren Dichte und des höheren spezifischen elektrischen Widerstandes wird bei einer vorgegebenen Leistung weniger Material benötigt, wenn man KANTHAL-Legierungen anstelle einer NIKROTHAL-Legierung einsetzt. Bei einer großen Zahl von Anwendungen bringt dies beträchtliche Einsparungen an Gewicht und Elementkosten.

Beim Umstellen von NiCr- zu KANTHAL-Legierungen gibt es zwei Möglichkeiten: es kann entweder die Materialabmessung beibehalten werden, wobei man die Oberflächenbelastung ändert oder bei entsprechend geänderter Abmessung kann die Oberflächenbelastung beibehalten werden. In beiden Fällen wird man mit KANTHAL-Legierungen weniger Gewicht benötigen als mit NiCr-Legierungen.

Umstellung	Gewichtseinsparung (%) bei gleichbleibendem Drahtdurchmesser	Gewichtseinsparung (%) bei gleicher Oberflächenbelastung
NiCr 80/20 → KANTHAL D	31	6
NiCrFe 60/15 → KANTHAL D	25	7
NiCrFe 35/20 → KANTHAL D	20	4

Tabelle 1: Materialeinsparung mit KANTHAL-Legierungen bei 700 °C (1290 °F)

Beispiel: Rohrheizkörper mit Aluminiummantel für Kaffeemaschine

Spannung: 220 V
 Leistung: 650 W
 Beheizte Rohrlänge: 339 mm (13.3 in)
 Wendeldurchmesser: 2,6 mm (0.102 in)

Elementdaten	NiCrFe 60/15	KANTHAL D
Kaltwiderstand R ₂₀	85,8	90,0
Drahtdurchmesser, mm (in)	0,22 (0.009)	0,22 (0.009)
Oberflächenbelastung, W/cm ² (W/in ²)	32,0 (206.4)	37,1 (239.3)
Drahtgewicht, g (oz)	0,916 (0.032)	0,700 (0.025)
Anzahl der Elemente aus 1 kg	1091	1429

Gewichtseinsparung: $\frac{0,916 - 0,700}{0,916} = 23,7\%$ $\frac{0,032 - 0,025}{0,032} = 23,7\%$



Bild 9 Kanthal AB, Hallstahammar/Schweden

Lebensdauer

Heizleiterlegierungen bilden unter der Bedingung von Temperatur und Zeit ein Oberflächenoxid aus, das die weitere Oxidation des Materials herabsetzt. Um diese Funktion zu unterstützen, ist es wichtig, daß das Oxid dicht ist und als Diffusions-sperre dient. Die Oxidschicht sollte ferner dünn und fest haftend sein, auch bei zyklischem Betrieb.

Die schützende Oxidschicht auf KANTHAL-Legierungen wird bei Temperaturen über 1000 °C (1830 °F) als Aluminiumoxid ausgebildet. Das Oxid ist hellgrau, während es bei niedrigeren Temperaturen unter 1000 °C etwas dunkler ist. Das Aluminiumoxid besitzt ausgezeichnete elektrisch isolierende Eigenschaften und ist resistent gegen die meisten chemischen Verbindungen.

Das sich auf NIKROTHAL-Legierungen ausbildende Oxid besteht hauptsächlich aus Chromoxid. Die Farbe ist dunkel und die elektrische Isolationseigenschaft ist geringer als die von KANTHAL-Legierungen. Das Chromoxid ist weniger fest haftend als Aluminiumoxid und unterliegt der Gefahr des Absprühens. Resultate aus Lebensdauerests von KANTHAL- und NIKROTHAL-Legierungen sind in Tabelle 2 angegeben. In dieser Tabelle wurde als Vergleichswert ein KANTHAL A1-Draht mit 1200 °C (2190 °F) als 100 % angegeben. Zahlreiche praktische Anwendungen zeigen ebenfalls eine wesentlich längere Lebensdauer von KANTHAL-Elementen gegenüber solchen aus NiCr-Heizleiterdraht.

	1100 °C (2010 °F)	1200 °C (2190 °F)	1300 °C (2370 °F)
KANTHAL A-1	340	100	30
KANTHAL AF	465	120	30
KANTHAL AE	550	120	30
KANTHAL D	250	75	25
NIKROTHAL 80	120	25	–
NIKROTHAL 70	150	30	–
NIKROTHAL 60	95	25	–
NIKROTHAL 40	40	15	–

Tabelle 2: Relative Lebensdauerwerte für KANTHAL- und NIKROTHAL-Legierungen (gemäß ASTN-Test mit Drahtdurchmesser 0,7 mm (0.028 in)).

Maximal zulässige Elementtemperatur nach Drahtdurchmesserbereichen

Die maximal zulässige Temperatur einer Heizleiterlegierung ist abhängig von der Materialabmessung und der Umgebungsatmosphäre. Die angegebenen Maximaltemperaturen gelten nur für größere Draht- bzw. Bandabmessungen. Als allgemeine Regel

gilt: Elemente, die mit höchster zulässiger Temperatur betrieben werden, sollen bei Draht mindestens 3 mm (0.12 in) im Durchmesser und bei Band nicht weniger als 2 mm (0.08 in) Dicke haben.

Durchmesser, mm (in)	0,15-0,40 (0.0059-0.0157)		0,41-0,95 (0.0061-0.0374)		1,0-3,0 (0.039-0.118)	
	°C	(°F)	°C	(°F)	°C	(°F)
KANTHAL AF	900-1100	(1650-2010)	1100-1225	(2010-2240)	1225-1275	(2240-2330)
KANTHAL A	925-1050	(1700-1920)	1050-1175	(1920-2150)	1175-1250	(2150-2300)
KANTHAL AE	950-1150	(1740-2100)	1150-1225	(2100-2240)	1225-1250	(2240-2300)
KANTHAL D	925-1025	(1700-1880)	1025-1100	(1880-2010)	1100-1200	(2010-2190)
NIKROTHAL 80	925-1000	(1700-1830)	1000-1075	(1830-1970)	1075-1150	(1970-2100)
NIKROTHAL 60	900-950	(1650-1740)	950-1000	(1740-1830)	1000-1075	(1830-1970)
NIKROTHAL 40	900-950	(1650-1740)	950-1000	(1740-1830)	1000-1050	(1830-1920)

Tabelle 3: Maximal zulässige Temperatur als eine Funktion des Drahtdurchmessers

Korrosionsbeständigkeit

Allgemein kann gesagt werden, daß Korrosion, verursacht z. B. durch Handschweiß, Elementbefestigungs- bzw. Elementträgermaterial oder andere korrosive Verschmutzungen die Elementlebensdauer beträchtlich verkürzen kann.

Wasserdampf. Wasserdampf kann zu einer verkürzten Lebensdauer von Elementen führen.

Halogene. Hierzu gehören: Fluor, Chlor, Brom und Jod. Schon Spuren dieser Stoffe können bei relativ niedrigen Temperaturen starke Angriffe auf allen Heizleiterlegierungen hervorrufen.

Schwefel. In schwefelhaltigen Atmosphären haben die KANTHAL-Eisenbasis-Legierungen eine bedeutend bessere Beständigkeit als nickelhaltige Heizleiterlegierungen. Besonders in oxidierenden schwefelhaltigen Gasen hat das KANTHAL-Material eine gute Lebensdauer. In reduzierenden schwefelhaltigen Gasen wird die Lebensdauer beeinträchtigt. NIKROTHAL-Legierungen sind empfindlich gegen Schwefel.

Salze und Oxide. Die Salze der Alkalimetalle, Borverbindungen, usw. in höheren Konzentrationen können die Oxidbildung stören und sind deshalb für das Heizleitermaterial schädlich.

Metalle. Einige geschmolzene Metalle, wie z. B. Zink, Aluminium und Kupfer reagieren mit den Heizleiterlegierungen. Deshalb sollten Heizelemente vor Spritzern aus geschmolzenem Metall geschützt werden.

Keramisches Trägermaterial. Besonders zu beachten ist die Auswahl von keramischem Trägermaterial bei direkter Berührung mit dem Heizleiterdraht. Schamottesteine zur Drahtunterstützung sollten einen Aluminiumanteil von mindestens 45 % haben. In Hochtemperaturwendungen ist die Anwendung von Silimanit und hochtonerdehaltigen Schamottesteinen zu empfehlen. Der Gehalt an freier Kieselsäure, d. h. an ungebundenem Quarz, sollte generell gering sein, da Kieselsäure bei hohen Temperaturen mit dem Oberflächenoxid reagiert. Eisenoxid senkt den Schmelzpunkt der Keramik.

Wasserglas als Binder ist für Heizleitermaterial äußerst schädlich und unbedingt zu vermeiden.

Einbettmassen. Die meisten im Handel befindlichen Einbettmassen sowie keramische Fasern sind für KANTHAL- und NIKROTHAL-Materialien geeignet, wenn sie Aluminiumoxid, Aluminiumsilikat, Magnesiumoxid und Zirkonoxid enthalten.

Elemente in Elektrogeräten

Eingebettete Elemente

Bei eingebetteten Elementen ist der Heizleiter vollkommen umgeben von festem oder körnigem Isolationsmaterial.

Unterstützte Elemente

Der Heizleiter, normalerweise in Form einer Wendel, wird entweder von einem elektrisch isolierenden Träger gehalten oder ist in Rillen oder Bohrungen derartiger Materialien gelagert. Im allgemeinen sind KANTHAL AE, KANTHAL AF und NIKROTHAL 80 die besten Materialien. Um Verformungen von horizontalen Wendeln zu vermeiden, sollte die Drahttemperatur die in Diagramm 10 angegebenen Werte nicht übersteigen.

Metallummantelte Elemente

KANTHAL D ist am besten geeignet für Rohrheizkörperanwendungen mit einer Rohrtemperatur unterhalb 700 °C. Darüber hinaus ist NIKROTHAL 40 und NIKROTHAL 80 bei höheren Manteltemperaturen zu empfehlen. Der Einsatz von KANTHAL-Legierungen gegenüber Nickel-Chrom bietet folgende Vorteile

- 20 bis 30 % Gewichtseinsparung bei gleichem Drahtdurchmesser
- Gleichmäßigere Temperaturverteilung am Element und niedrigere maximale Drahttemperatur. Dies bedeutet, daß das Element kurzfristig höher belastet werden kann (wichtig bei Trockenkochen)
- Engere Leistungstoleranzen. Leistung und Temperatur bleiben konstanter, bedingt durch den niedrigeren Temperaturfaktor von Chrom-Eisen-Aluminium vergleichen zu Nickel-Chrom.
- Längere Lebensdauer bei hoher Oberflächenbelastung. Hierdurch ist eine zuverlässige Lebensdauervorhersage möglich.
- Einfachere Herstellung bei KANTHAL-Elementen bei einem hohen Meterwiderstand, da ein dickerer Drahtdurchmesser verwendet werden kann.
- Höhe Korrosionsbeständigkeit.

Frei hängende Elemente

Der Draht liegt an zwei Isolationspunkten auf und unterliegt dabei der mechanischen Belastung des eigenen Elementgewichts, der eigenen Federkraft und in manchen Fällen auch externen Kräften. In diesen Fällen sind die Legierungen NIKROTHAL 80, NIKROTHAL 60, KANTHAL D und KANTHAL AF zu empfehlen.

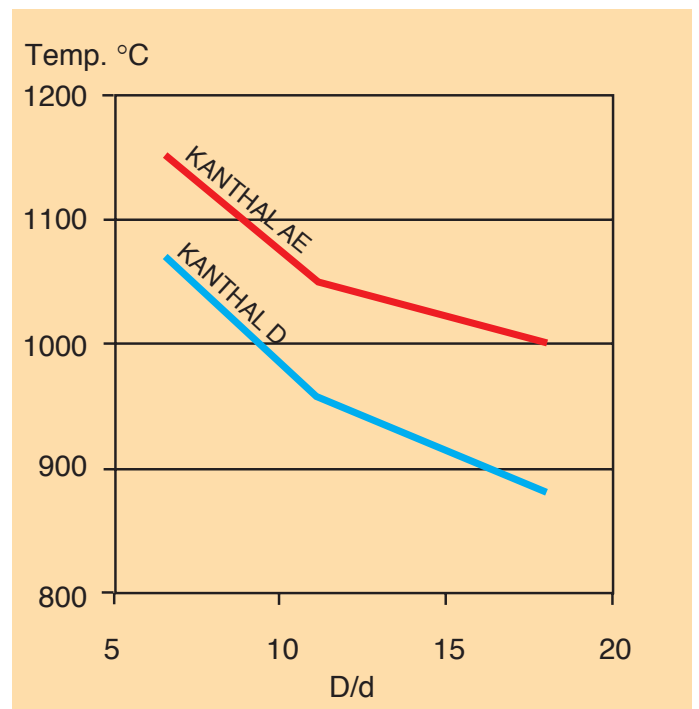


Bild 10. Zulässige D/d-Verhältnisse als Funktion der Heizleitertemperatur

Eingebettete Elemente

Rohrheizkörper

Ausführung

Die Heizwendel ist von dem umgebenden Metallrohr durch ein feinkörniges Material (MgO) isoliert. Das Rohr ist meist in eine runde, ovale oder dreieckige Form gepreßt. Die Anschlußbolzen können entweder auf beiden Seiten oder nur auf einer Seite herausgeführt werden.

Empfohlene Legierung

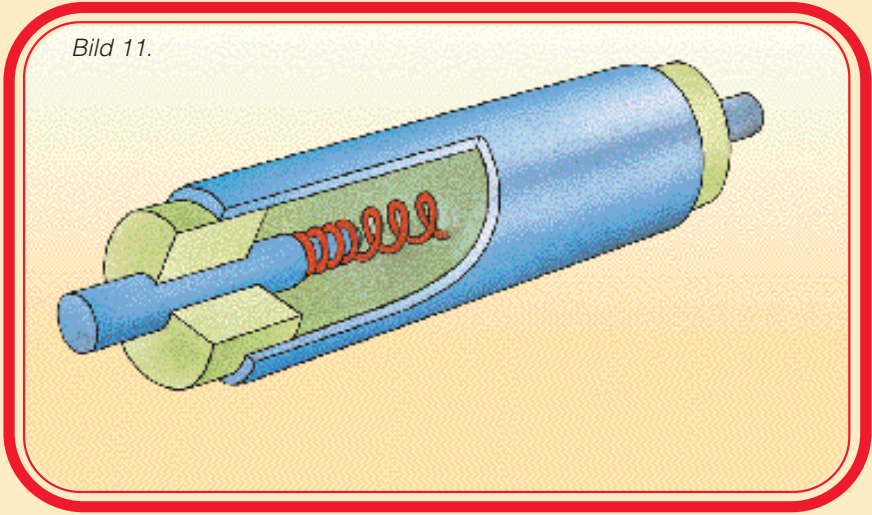
KANTHAL D für Elemente mit einer Manteltemperatur <700 °C (< 1290 °F)
 NIKROTHAL 80 PLUS für Elemente mit einer Manteltemperatur >700 °C (>1290 °F).

Oberflächenbelastung

Heizleiter: Normalerweise 2 - 4mal höhere Belastung als Elementrohr Rohrmantel:
 2 - 25 W/cm² (13 - 161 W/in²)

Typische Anwendung

Kochen: Kochplatten, Küchenherde, Grillgeräte, Backöfen, Bratpfannen, Friteusen, Reiskocher.
Wasser- und Getränkeerwärmung: Durchlauferhitzer, Warmwasserspeicher, Tauchsieder, Teekessel, Kaffeemaschinen, Geschirrspülmaschinen, Waschmaschinen.
Raumheizung: Radiatoren, Nachtstromspeicher
Andere: Bügeleisen, Lufterhitzer, Heizeinsätze für galvanische Bäder u. a. Medien, Glühkerzen.



Elemente, in keramischen Massen eingebettet

Ausführung

Heizelement, eingebettet in „grüner“ Keramikmasse und gebrannt zur festen Keramik oder in Rollen von Keramikformteilen mit Keramikzement eingegossen.

Empfohlene Legierung

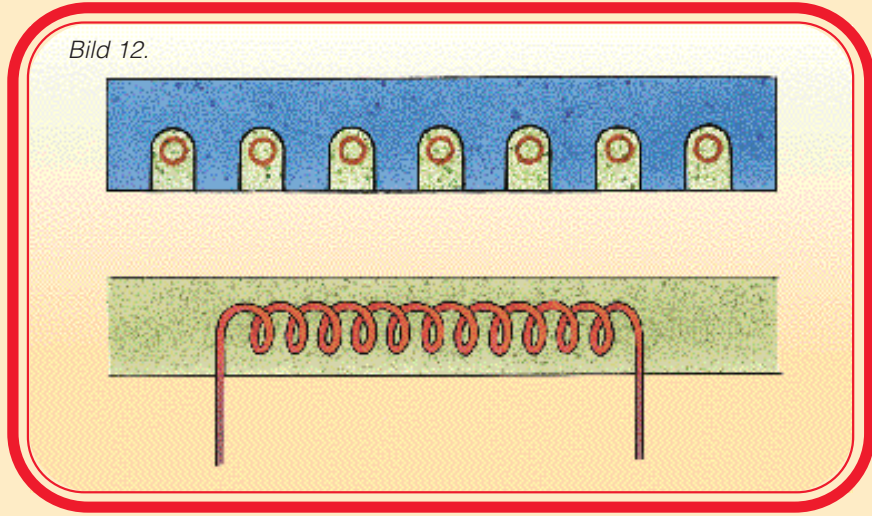
KANTHAL A für Hochtemperaturbetrieb
 KANTHAL D für alle übrigen Anwendungen

Oberflächenbelastung

Heizleiter: 5 - 10 W/cm²
 (30 - 60 W/in²)

Typische Anwendung

Heizplatten, Infrarotheizer, Warmhalteplatten, Bügeleisen, Keramiktöpfe.



Wendeln in Rillen von Metallplatten

Ausführung

Heizwendel und Isolationspulver sind in Rillen einer Metallplatte gepreßt.

Empfohlene Legierung

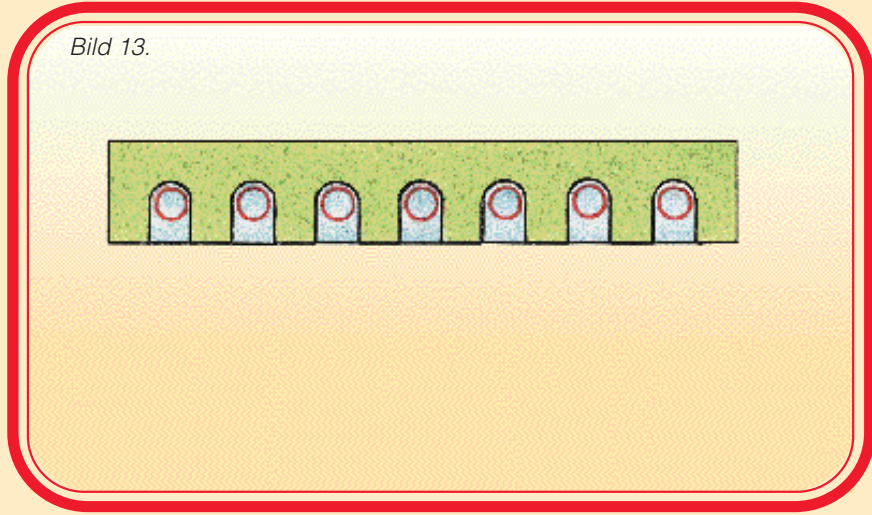
KANTHAL D.

Oberflächenbelastung

Heizleiter: 4 - 20 W/cm²
 (25 - 130 W/in²)

Typische Anwendung

Gußkochplatten, Bügeleisen, Warmhalteplatten, Wasserkessel, Backöfen



Heizpatronen, pulvergefüllt

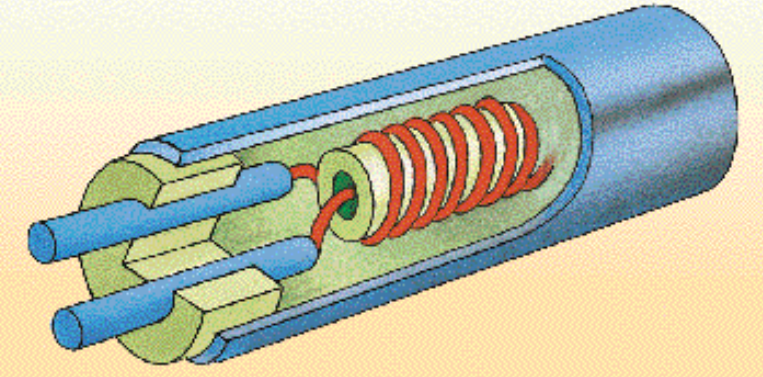
Ausführung
Einfach ausgestreckter Draht oder Wendel ist um einen Keramikstab mit gewindeförmigen Rillen gelegt und durch körniges Material (MgO) von dem umhüllenden Metallrohr isoliert. Die elektrischen Anschlüsse sind auf einer Seite herausgeführt. Hochbelastete Elemente werden durch Pressen verdichtet.

Empfohlene Legierung
NIKROTHAL 80 für Elemente aus einfach ausgestrecktem Draht.
KANTHAL D für gewendelte Drahtelemente.

Oberflächenbelastung
Am Rohrmantel: 10 - 25 W/cm² (65 - 160 W/in²) für Elemente mit gerade ausgestrecktem Draht.
Andere Typen: ca. 5 W/cm² (30 W/in²)

Typische Anwendung
Metallformen, beheizte Werkzeugplatten usw., Kühlschränke mit Abtauautomatik

Bild 14.



Heizkabel und Litzen

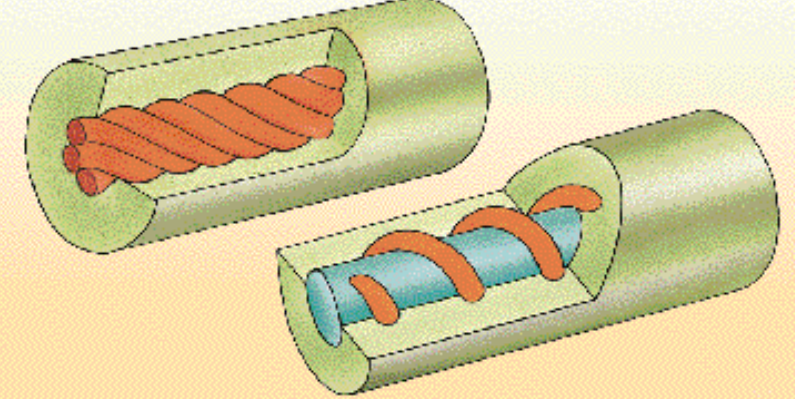
Ausführung
Mit Heizleiterdraht umwickelte Glasfaserseele und umhüllt mit PVC (max. 105 °C bzw. 220°F) oder mit Silikongummi (max. 150 °C bzw. 300°F). Eine Glasfaseraußenisolation erlaubt eine noch höhere Temperatur. Heizkabel mit einfachem Draht oder einer Litze, manchmal in einem Aluminiumrohr gekapselt, sind ebenfalls erhältlich.

Empfohlene Legierung
KANTHAL D, NIKROTHAL 40, NIKROTHAL 80 (CuNi Legierung).

Oberflächenbelastung
Heizleiter: <1 W/cm² (<6 W/in²) bei Isolation mit PVC und Silikongummi.
2 - 5 W/cm² (13 - 30 W/in²) bei Glasfaserisolation

Typische Anwendung
Frostschutz- und Enteisungselemente, Heizdecken und -kissen, PKW-Sitze, Fußbodenheizung.

Bild 15.



Mikanitelemente

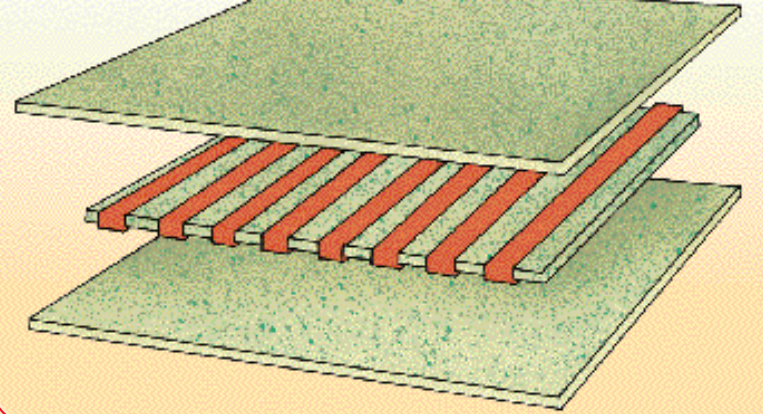
Ausführung
Der Heizleiter in Form von Flachdraht oder Draht ist um einen Mikanitstreifen oder -rohr gewickelt und außen ebenfalls mit Mikanit isoliert. Derartige Elemente werden häufig mit einem dünnen Stahlblechmantel umgeben.

Empfohlene Legierung
KANTHAL D.
NIKROTHAL 80.

Oberflächenbelastung
Heizleiter: 2 - 10 W/cm² (13 - 65 W/in²)

Typische Anwendung
Bügeleisen, Bügelmaschinen, Wasserkessel, Plastikgießformen, LötKolben

Bild 16.



Folienelemente

Ausführung

Eine geätzte Metallfolie ist zwischen zwei dünne Isolationsfolien eingelegt.

Empfohlene Legierung

KANTHAL, NIKROTHAL (Aluminium, Rostfreier Stahl etc.)

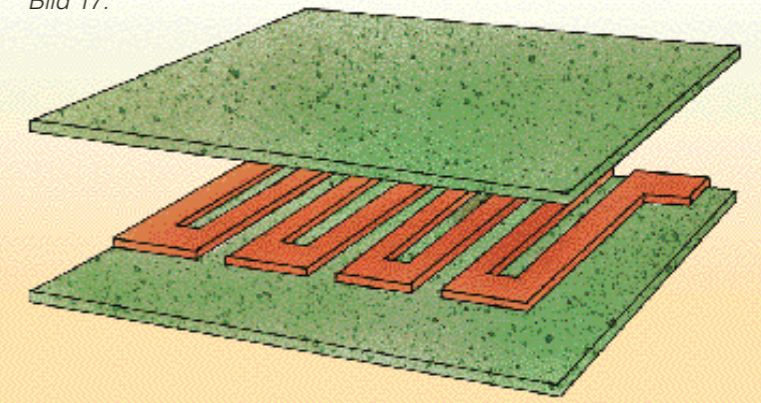
Oberflächenbelastung

Element: 1 - 10 W/cm²
(6,5 - 65 W/in²)
0,01 - 40 Ω/cm²

Typische Anwendung

Wasserbetten, Beizbäder, PKW-Sitze, Parabolantennen, Operationstische, Hosenbügelpressen, usw..

Bild 17.



Unterstützte Elemente

Heizpatronen

Ausführung

Die meistverwendete Ausführung besteht aus einem runden Keramikformteil mit längsverlaufenden Bohrungen oder -rillen zur Aufnahme der Heizwendel. Oft sind diese Elemente in Metallrohren eingesetzt mit einseitig herausgeführten Anschlüssen. Vielfach werden Maßnahmen getroffen, ein zu starkes Zusammensacken der Wendel bei vertikalem Betrieb zu verhindern.

Empfohlene Legierung

KANTHAL A oder D bei horizontaler Wendelanordnung.
NIKROTHAL 80 normalerweise für lange, vertikal angeordnete Wendeln, wenn die Gefahr des Absackens besteht.

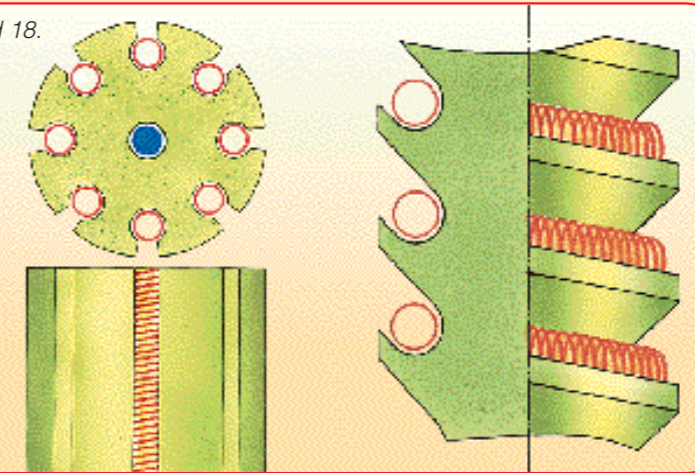
Oberflächenbelastung

Heizleiter: 3 - 6 W/cm² (20 - 40 W/cm²)
Element: 2 - 5 W/cm² (13 - 32 W/in²)

Typische Anwendung

Flüssigkeitsbeheizung, Nachtstromspeicher

Bild 18.



Verschiedene Elemente mit keramischen Trägern

Ausführung

Ein gewendelter oder gerader Draht ist in Rillen oder Bohrungen von keramischen Formteilen verschiedenster Ausführung, wie Platten, Rohre, Stäbe, Zylinder usw., eingelegt.

Empfohlene Legierung

KANTHAL A, AF und D.
NIKROTHAL 80 (für keramische Gewindestäbe)

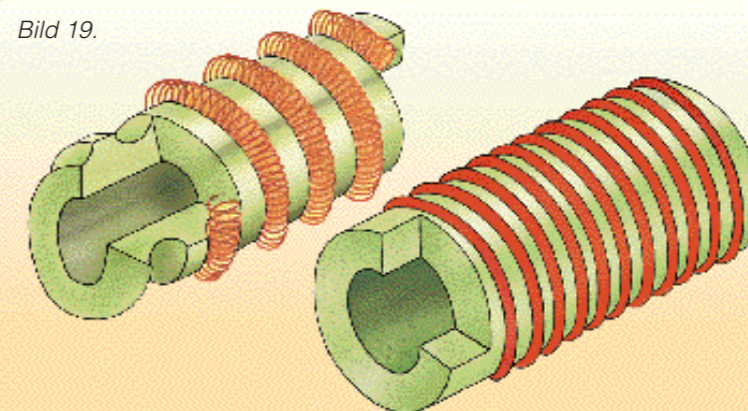
Oberflächenbelastung

Heizleiter: 3 - 9 W/cm² (20 - 60 W/in²)

Typische Anwendung

Kochplatten, Heißluftpistolen, Hobbyöfen, Radiatoren.

Bild 19.



Quarzrohrstrahler

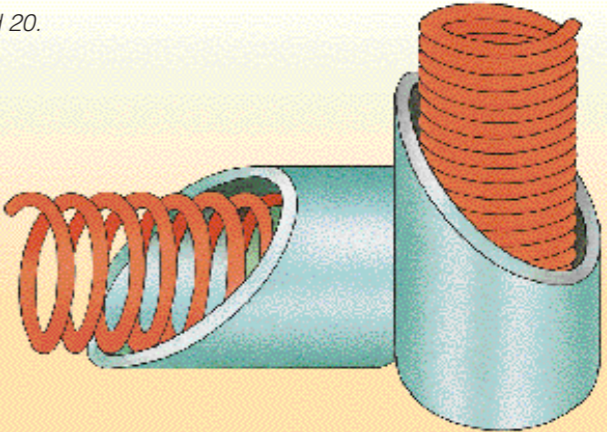
Ausführung
 Eine Heizwendel ist in einem Quarzrohr plaziert. Bei vertikaler oder abgewinkelter Elementanordnung muß eine dicht gewickelte und voroxidierte Wendel verwendet werden. Bei horizontalem Betrieb beträgt die relative Steigung der Wendel 1,2...2,0.

Empfohlene Legierung
 KANTHAL AE, AF, A und D

Oberflächenbelastung
 Heizleiter: 2 - 8 W/cm² (13 - 52 W/in²)
 Element: 4 - 8 W/cm² (26 - 52 W/in²)

Typische Anwendung
 Raumheizer, Toaster, Backöfen, Grills usw.

Bild 20.



Wendeln auf Keramikfaser-Formteilen

Ausführung
 Die Heizwendel liegt auf einer geformten Keramikfaserplatte, die eingeformte Rillen haben kann. Hierin ist die Wendel punktuell mit Keramikkleber befestigt. Die Wendeln können auch auf einer flachen Oberfläche mit Drahtklammern angeheftet oder in rippenförmige Ausbildungen in die Oberfläche eingepreßt werden.

Empfohlene Legierung
 KANTHAL AE oder AF

Oberflächenbelastung
 Heizleiter: 4 - 6 W/cm² (25 - 40 W/in²)
 Band: 4 - 6 W/cm² (25 - 40 W/in²)

Typische Anwendung
 Kochfelder mit Glaskeramik-Platte

Bild 21.



Perlisolierte Heizleiter

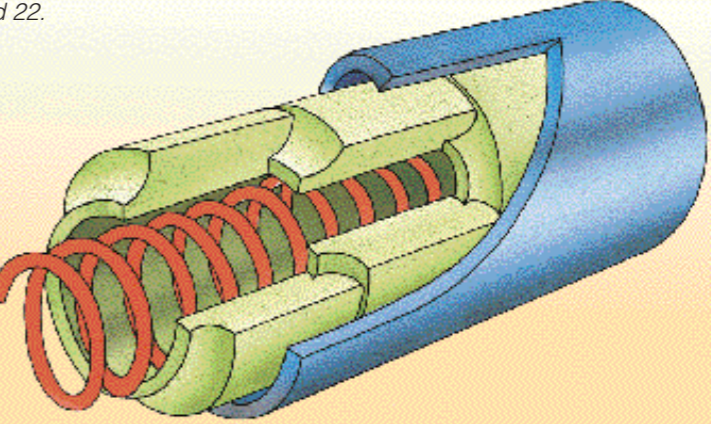
Ausführung
 Das Heizelement ist durch keramische Perlen isoliert. Für die Herstellung von Heizmatten verwendet man Zweilochperlen. Für manche Anwendungen kommen auch Drahtlitzen zum Einsatz.

Empfohlene Legierung
 KANTHAL D, NIKROTHAL 80 (Heizpaneele für Raumheizung)

Oberflächenbelastung
 Heizleiter: 1 - 8 W/cm² (6,5 - 52 W/in²)

Typische Anwendung
 Heizpaneele, Waffeleisen, Backöfen, Heißwassergeräte, Spannungsfreiglühen von geschweißten Teilen (mit Heizmatten).

Bild 22.



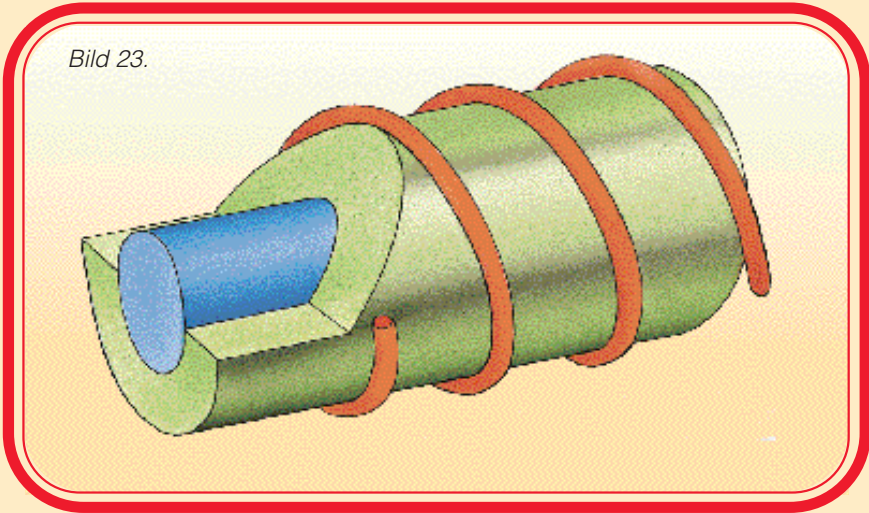
Heizelemente mit Drahtseele

Ausführung
 Ein isolierter Stahldraht (ca. 2 mm/ 0.08 in) ist umwickelt mit einem Heizleiter

Empfohlene Legierung
 KANTHAL D

Oberflächenbelastung
 Heizleiter: < 10 W/cm² (<65 W/in²)

Typische Anwendung
 Stationärer Haartrockner



Frei hängende Elemente

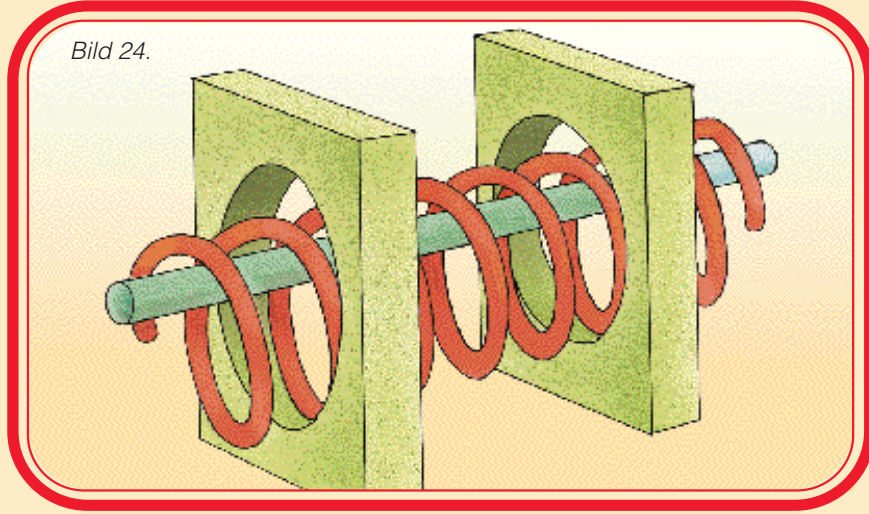
Frei hängende Wendeln

Ausführung
 Eine Drahtwendel ist punktuell unterstützt. Häufig ist eine Glasfaserschnur durch die Wendel gezogen, um bei eventuellem Elementbruch ein Herabfallen der Heizwendel zu verhindern.

Empfohlene Legierung
 NIKROTHAL 80, NIKROTHAL 60, KANTHAL D und AF (überwiegend für Drahttemperaturen unter 600 °C, 1110°F).

Oberflächenbelastung
 Heizleiter: 7 - 8 W/cm² (45 - 50 W/in²) bei erzwungener Luftströmung;
 3 - 4 W/cm² (20 - 25 W/in²) bei natürlicher Konvektion.

Typische Anwendung
 Lufterhitzer, wie z. B. Wäschetrockner, Heizlüfter



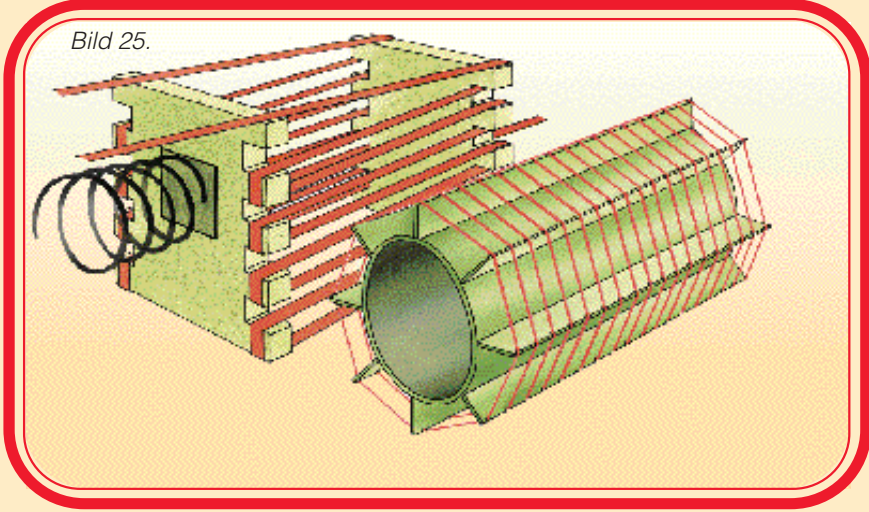
Frei hängende, gerade Rund- und Flachdrähte

Ausführung
 Der Draht oder Flachdraht kann eine elastische oder feste Aufhängung haben.
Elastisch: Der Draht bleibt beim Aufheizen durch Federn gerade gespannt.
Fest: Bei niedriger Betriebstemperatur, wobei eine geringe Wärmeausdehnung vorteilhaft ist.

Empfohlene Legierung
 KANTHAL A und AF (für geringe Wärmeausdehnung).
 NIKROTHAL 80 (hohe Warmfestigkeit)

Oberflächenbelastung
 Heizleiter: 4 - 12 W/cm² (25 - 77 W/in²)

Typische Anwendung
 Strahlungsheizkörper, Lufterhitzer, Toaster



Offene Mikanitelemente

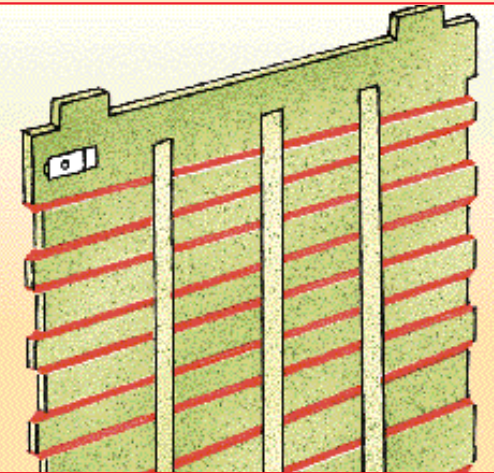
Ausführung
 Ein gerader oder gewellter Heizleiter ist auf einer oder beiden Seiten an einer Mikanitplatte oder einzelnen Mikanitstreifen befestigt bzw. um diese herumgewickelt. Eine typische Anwendung für Flachdraht.

Empfohlene Legierung
 NIKROTHAL 80, NIKROTHAL 60, KANTHAL D und AF.

Oberflächenbelastung
 Heizleiter: 4 - 7 W/cm² (25 - 45 W/in²), z. B. bei Toastern < 13 W/cm² (< 85 W/in²), z. B. bei Runddrahtelementen auf Mikanitkreuz

Typische Anwendung
 Toaster; Flächenheizelemente, z.B. Werkzeugbeheizung; Lufterhitzer, Aquariumbeheizung mit niedriger Leistung.

Bild 26.



Zig-Zag-Elemente

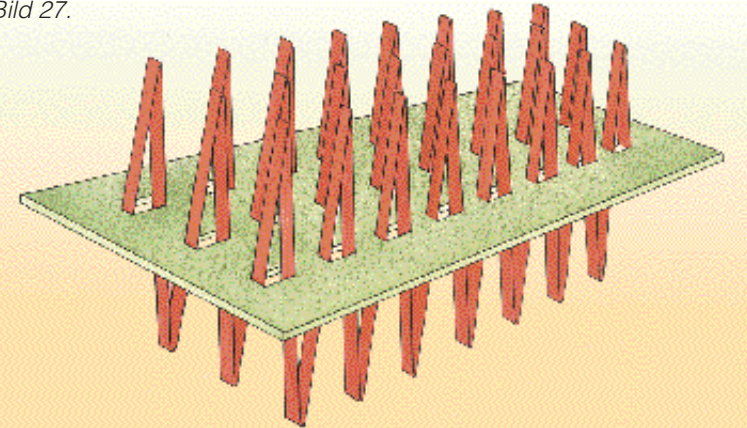
Ausführung
 Ein extrem gewellter Flachdraht wird in Mikanit-Platten befestigt. Auch sternförmige Anordnung.

Empfohlene Legierung
 KANTHAL D, AF und NIKROTHAL 40.

Oberflächenbelastung
 Heizleiter: 9 W/cm² (60 W/in²)

Typische Anwendung
 Heizlüfter

Bild 27.



Porcupine-Elemente

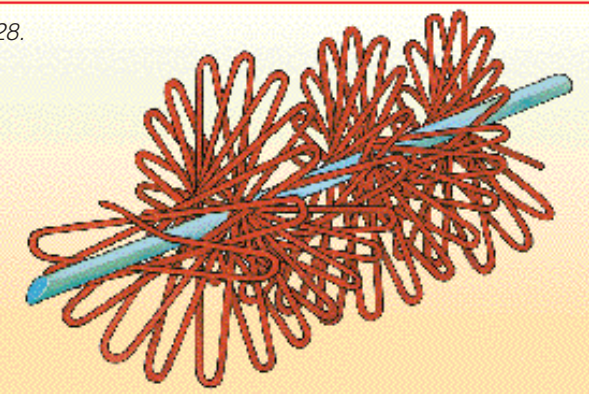
Ausführung
 Der Heizleiter besteht aus haarnadel-förmig gebogenen Drahtschlaufen, die in alle Richtungen stehen und im Zentrum einen zylinderförmigen Freiraum, ähnlich einer Bohrung, bilden. Das Element wird unterstützt durch einen zentrisch eingeschobenen, isolierenden Stab oder ein das Element umgebendes Isolationsrohr.

Empfohlene Legierung
 KANTHAL D, AF, NIKROTHAL 80.

Oberflächenbelastung
 Heizleiter: 4 W/cm² (25 W/in²) bei natürlicher Konvektion, < 12 W/cm² (75 W/in²) bei erzwungener Luftströmung.

Typische Anwendung
 Heißluftgebläse, Strahlungsheizkörper, Konvektoren, Wäschetrockner, Backöfen mit Luftumwälzung (Heißluftöfen) aber auch Vorwiderstände, z. B. zur Steuerung von Elektromotoren

Bild 28.



Wendeln, eingetaucht in Wasser

Ausführung
 Die Drahtwendel wird direkt in Wasser betrieben.

Empfohlene Legierung
 KANTHAL D und AF, NIKROTHAL 80.

Oberflächenbelastung
 Heizleiter: Abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers, 20 - 60 W/cm² (130 - 390 W/in²) (aber auch noch höhere Werte kommen vor).

Typische Anwendung
 Wasser-Durchlauferhitzer, Dampferzeuger



Bild 29. Das Elektronen-Mikroskop ist ein bedeutendes Instrument zur Materialentwicklung und Materialuntersuchung.

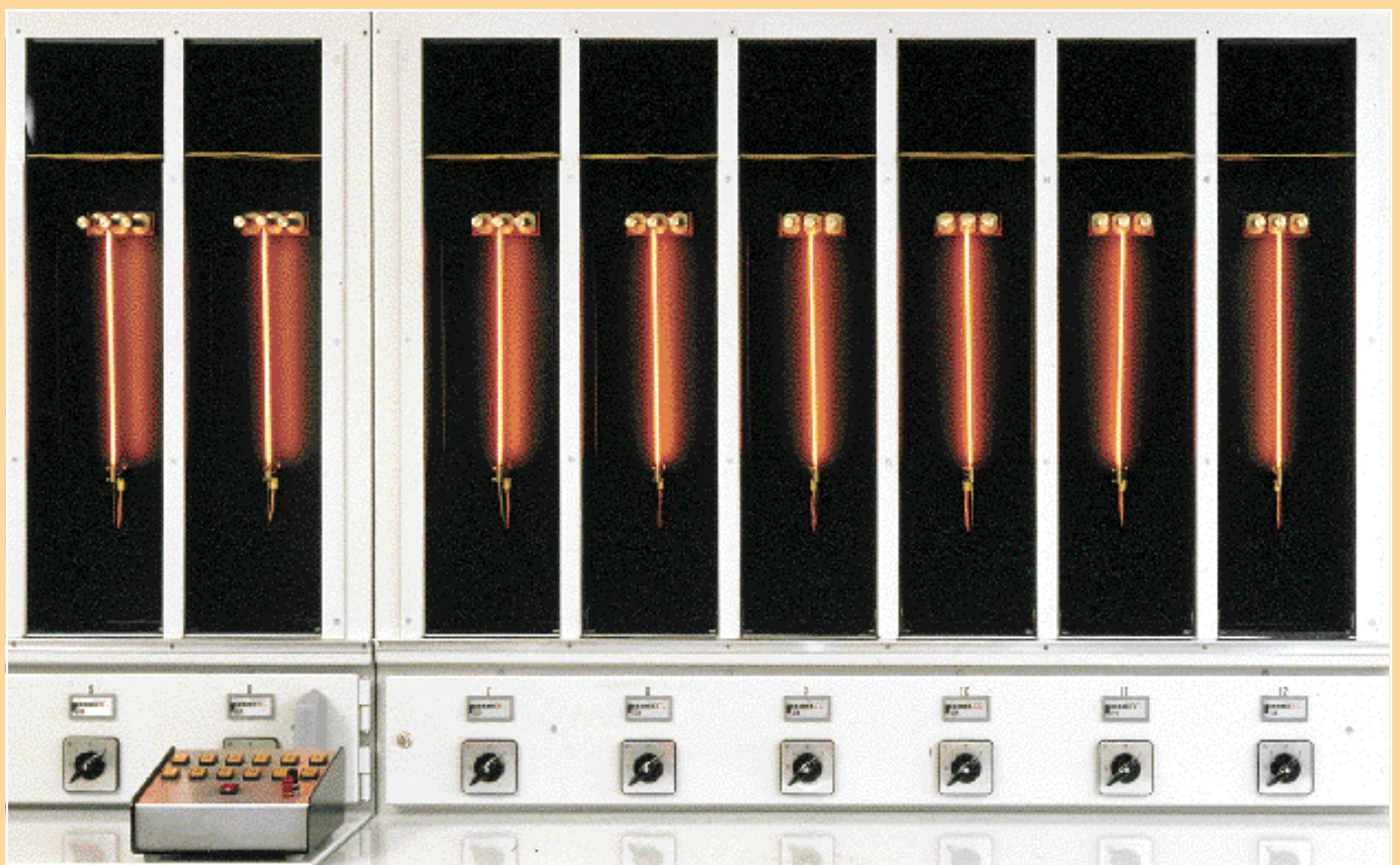


Bild 30. Das Verhalten der Heizleiterlegierungen wird in einem computerunterstützten Verfahren simuliert und aufgezeichnet. Die Resultate fließen ein in unsere Qualitätssicherung und Materialentwicklung.

KANTHAL A, AF, AE

Draht

A: 10,0 – 0,050 mm Ø

Dichte, g cm⁻³ 7,15

I = Stromstärke

AE: 1,0 – 0,20 mm Ø

C_t = Temperaturfaktor

AF: 10,0 – 0,10 mm Ø

P = Oberflächenbelastung

Spezifischer elektrischer

Widerstand Ω mm²m⁻¹ 1,39

$$\text{cm}^2/\Omega = \frac{I^2 C_t}{P}$$

Den Widerstand bei Betriebstemperatur erhält man durch Multiplikation mit nachstehenden Faktoren C_t:

°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
C _t	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06

Durchmesser mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm ² /Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm ² /m	Querschnitt mm ²
10,0	0,0177	17751	562	314	78,5
8,25	0,0260	9968	382	259	53,5
8,0	0,0277	9089	359	251	50,3
7,5	0,0315	7489	316	236	44,2
7,35	0,0328	7048	303	231	42,4
7,0	0,0361	6089	275	220	38,5
6,5	0,0419	4875	237	204	33,2
6,0	0,0492	3834	202	188	28,3
5,5	0,0585	2953	170	173	23,8
5,0	0,0708	2219	140	157	19,6
4,75	0,0784	1902	127	149	17,7
4,5	0,0874	1618	114	141	15,9
4,25	0,0980	1363	101	134	14,2
4,0	0,111	1136	89,8	126	12,6
3,75	0,126	936	79,0	118	11,0
3,5	0,144	761	68,8	110	9,62
3,25	0,168	609	59,3	102	8,30
3,0	0,197	479	50,5	94,2	7,07
2,8	0,226	390	44,0	88,0	6,16
2,6	0,262	312	38,0	81,7	5,31
2,5	0,283	277	35,1	78,5	4,91
2,2	0,366	189	27,2	69,1	3,80
2,0	0,442	142	22,5	62,8	3,14
1,9	0,490	122	20,3	59,7	2,84
1,8	0,546	104	18,2	56,5	2,54
1,7	0,612	87,2	16,2	53,4	2,27
1,6	0,691	72,7	14,4	50,3	2,01
1,5	0,787	59,9	12,6	47,1	1,77
1,4	0,903	48,7	11,0	44,0	1,54
1,3	1,05	39,0	9,49	40,8	1,33
1,2	1,23	30,7	8,09	37,7	1,13
1,1	1,46	23,6	6,79	34,6	0,950
1,0	1,77	17,8	5,62	31,4	0,785
0,95	1,96	15,2	5,07	29,8	0,709
0,90	2,18	12,9	4,55	28,3	0,636
0,85	2,45	10,9	4,06	26,7	0,567
0,80	2,77	9,09	3,59	25,1	0,503
0,75	3,15	7,49	3,16	23,6	0,442
0,70	3,61	6,09	2,75	22,0	0,385
0,65	4,19	4,87	2,37	20,4	0,332
0,60	4,92	3,83	2,02	18,8	0,283
0,55	5,85	2,95	1,70	17,3	0,238
0,50	7,08	2,22	1,40	15,7	0,196
0,475	7,84	1,90	1,27	14,9	0,177
0,45	8,74	1,62	1,14	14,1	0,159
0,425	9,80	1,36	1,01	13,4	0,142
0,40	11,1	1,14	0,898	12,6	0,126
0,375	12,6	0,936	0,790	11,8	0,110
0,35	14,4	0,761	0,688	11,0	0,0962
0,32	17,3	0,582	0,575	10,1	0,0804
0,30	19,7	0,479	0,505	9,42	0,0707
0,28	22,6	0,390	0,440	8,80	0,0616
0,26	26,2	0,312	0,380	8,17	0,0531
0,25	28,3	0,277	0,351	7,85	0,0491
0,24	30,7	0,245	0,323	7,54	0,0452
0,23	33,5	0,216	0,297	7,23	0,0415
0,22	36,6	0,189	0,272	6,91	0,0380
0,21	40,1	0,164	0,248	6,60	0,0346
0,20	44,2	0,142	0,225	6,28	0,0314
0,19	49,0	0,122	0,203	5,97	0,0284
0,18	54,6	0,104	0,182	5,65	0,0254
0,17	61,2	0,0872	0,162	5,34	0,0227

Durchmesser mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm ² /Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm ² /m	Querschnitt mm ²
0,16	69,1	0,0727	0,144	5,03	0,0201
0,15	78,7	0,0599	0,126	4,71	0,0177
0,14	90,3	0,0487	0,110	4,40	0,0154
0,13	105	0,0390	0,0949	4,08	0,0133
0,12	123	0,0307	0,0809	3,77	0,0113
0,11	146	0,0236	0,0679	3,46	0,00950
0,10	177	0,0178	0,0562	3,14	0,00785
0,090	218	0,0129	0,0455	2,83	0,00636
0,080	277	0,00909	0,0359	2,51	0,00503
0,070	361	0,00609	0,0275	2,20	0,00385
0,060	492	0,00383	0,0202	1,88	0,00283
0,050	708	0,00222	0,0140	1,57	0,00196

KANTHAL A, AF, AE

Flachdraht

Den Widerstand bei Betriebstemperatur erhält man durch Multiplikation mit nachstehenden Faktoren C_t :

°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
C_t	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06

Spezifischer elektrischer Widerstand $\Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1}$ 1,39

Dichte, g cm^{-3} 7,15

I = Stromstärke

C_t = Temperaturfaktor

P = Oberflächenbelastung

$$\text{cm}^2/\Omega = \frac{I^2 C_t}{P}$$

KANTHAL A, AF, AE

Flachdraht

Breite mm	Dicke mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2
4	1,0	0,378	265	26,3	100	3,68
	0,90	0,420	234	23,7	98,0	3,31
	0,80	0,472	203	21,0	96,0	2,94
	0,70	0,540	174	18,4	94,0	2,58
	0,60	0,630	146	15,8	92,0	2,21
	0,50	0,755	119	13,2	90,0	1,84
	0,40	0,944	93,2	10,5	88,0	1,47
	0,30	1,26	68,3	7,89	86,0	1,10
	0,20	1,89	44,5	5,26	84,0	0,736
	0,15	2,52	33,0	3,95	83,0	0,552
	0,10	3,78	21,7	2,63	82,0	0,368
	3	1,0	0,504	159	19,7	80,0
0,90		0,560	139	17,8	78,0	2,48
0,80		0,630	121	15,8	76,0	2,21
0,70		0,719	103	13,8	74,0	1,93
0,60		0,839	85,8	11,8	72,0	1,66
0,50		1,01	69,5	9,87	70,0	1,38
0,40		1,26	54,0	7,89	68,0	1,10
0,30		1,68	39,3	5,92	66,0	0,828
0,20		2,52	25,4	3,95	64,0	0,552
0,15		3,36	18,8	2,96	63,0	0,414
0,10		5,04	12,3	1,97	62,0	0,276
2,5		1,0	0,604	116	16,4	70,0
	0,90	0,671	101	14,8	68,0	2,07
	0,80	0,755	87,4	13,2	66,0	1,84
	0,70	0,863	74,1	11,5	64,0	1,61
	0,60	1,01	61,6	9,87	62,0	1,38
	0,50	1,21	49,6	8,22	60,0	1,15
	0,40	1,51	38,4	6,58	58,0	0,920
	0,30	2,01	27,8	4,93	56,0	0,690
	0,20	3,02	17,9	3,29	54,0	0,460
	0,15	4,03	13,2	2,47	53,0	0,345
	0,10	6,04	8,60	1,64	52,0	0,230
	2,0	1,0	0,755	79,4	13,2	60,0
0,90		0,839	69,1	11,8	58,0	1,66
0,80		0,944	59,3	10,5	56,0	1,47
0,70		1,08	50,0	9,21	54,0	1,29
0,60		1,26	41,3	7,89	52,0	1,10
0,50		1,51	33,1	6,58	50,0	0,920
0,40		1,89	25,4	5,26	48,0	0,736
0,30		2,52	18,3	3,95	46,0	0,552
0,20		3,78	11,6	2,63	44,0	0,368
0,15		5,04	8,54	1,97	43,0	0,276
0,10		7,55	5,56	1,32	42,0	0,184
1,8		1,0	0,839	66,7	11,8	56,0
	0,90	0,933	57,9	10,7	54,0	1,49
	0,80	1,05	49,6	9,47	52,0	1,32
	0,70	1,20	41,7	8,29	50,0	1,16
	0,60	1,40	34,3	7,10	48,0	0,994
	0,50	1,68	27,4	5,92	46,0	0,828
	0,40	2,10	21,0	4,74	44,0	0,662
	0,30	2,80	15,0	3,55	42,0	0,497
	0,20	4,20	9,53	2,37	40,0	0,331
	0,15	5,60	6,97	1,78	39,0	0,248
	0,10	8,39	4,53	1,18	38,0	0,166
	1,5	1,0	1,01	49,6	9,87	50,0
0,90		1,12	42,9	8,88	48,0	1,24
0,80		1,26	36,5	7,89	46,0	1,10
0,70		1,44	30,6	6,91	44,0	0,966
0,60		1,68	25,0	5,92	42,0	0,828

Breite mm	Dicke mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2	
1,5	0,50	2,01	19,9	4,93	40,0	0,690	
	0,40	2,52	15,1	3,95	38,0	0,552	
	0,30	3,36	10,7	2,96	36,0	0,414	
	0,20	5,04	6,75	1,97	34,0	0,276	
	0,15	6,71	4,91	1,48	33,0	0,207	
	0,10	10,1	3,18	0,987	32,0	0,138	
	0,090	11,2	2,84	0,888	31,8	0,124	
	0,080	12,6	2,51	0,789	31,6	0,110	
	1,2	0,80	1,57	25,4	6,31	40,0	0,883
		0,70	1,80	21,1	5,53	38,0	0,773
		0,60	2,10	17,2	4,74	36,0	0,662
		0,50	2,52	13,5	3,95	34,0	0,552
0,40		3,15	10,2	3,16	32,0	0,442	
0,30		4,20	7,15	2,37	30,0	0,331	
0,20		6,30	4,45	1,58	28,0	0,221	
0,15		8,39	3,22	1,18	27,0	0,166	
0,10		12,6	2,07	0,789	26,0	0,110	
0,090		14,0	1,84	0,710	25,8	0,0994	
0,080		15,7	1,63	0,631	25,6	0,0883	
0,070		18,0	1,41	0,553	25,4	0,0773	
1,0	0,80	1,89	19,1	5,26	36,0	0,736	
	0,70	2,16	15,8	4,60	34,0	0,644	
	0,60	2,52	12,7	3,95	32,0	0,552	
	0,50	3,02	9,93	3,29	30,0	0,460	
	0,40	3,78	7,41	2,63	28,0	0,368	
	0,30	5,04	5,16	1,97	26,0	0,276	
	0,20	7,55	3,18	1,32	24,0	0,184	
	0,15	10,1	2,28	0,987	23,0	0,138	
	0,10	15,1	1,46	0,658	22,0	0,0920	
	0,090	16,8	1,30	0,592	21,8	0,0828	
	0,080	18,9	1,14	0,526	21,6	0,0736	
	0,070	21,6	0,991	0,460	21,4	0,0644	
0,060	25,2	0,842	0,395	21,2	0,0552		
0,050	30,2	0,695	0,329	21,0	0,0460		
0,9	0,70	2,40	13,3	4,14	32,0	0,580	
	0,60	2,80	10,7	3,55	30,0	0,497	
	0,50	3,36	8,34	2,96	28,0	0,414	
	0,40	4,20	6,20	2,37	26,0	0,331	
	0,30	5,60	4,29	1,78	24,0	0,248	
	0,20	8,39	2,62	1,18	22,0	0,166	
	0,15	11,2	1,88	0,888	21,0	0,124	
	0,10	16,8	1,19	0,592	20,0	0,0828	
	0,090	18,7	1,06	0,533	19,8	0,0745	
	0,080	21,0	0,934	0,474	19,6	0,0662	
	0,070	24,0	0,809	0,414	19,4	0,0580	
	0,060	28,0	0,686	0,355	19,2	0,0497	
0,050	33,6	0,566	0,296	19,0	0,0414		
0,8	0,70	2,70	11,1	3,68	30,0	0,515	
	0,60	3,15	8,90	3,16	28,0	0,442	
	0,50	3,78	6,88	2,63	26,0	0,368	
	0,40	4,72	5,08	2,10	24,0	0,294	
	0,30	6,30	3,49	1,58	22,0	0,221	
	0,20	9,44	2,12	1,05	20,0	0,147	
	0,15	12,6	1,51	0,789	19,0	0,110	
	0,10	18,9	0,953	0,526	18,0	0,0736	
	0,090	21,0	0,848	0,474	17,8	0,0662	
	0,080	23,6	0,746	0,421	17,6	0,0589	
	0,070	27,0	0,645	0,368	17,4	0,0515	
	0,060	31,5	0,546	0,316	17,2	0,0442	
0,050	37,8	0,450	0,263	17,0	0,0368		

Breite mm	Dicke mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2	
0,7	0,60	3,60	7,23	2,76	26,0	0,386	
	0,50	4,32	5,56	2,30	24,0	0,322	
	0,40	5,40	4,08	1,84	22,0	0,258	
	0,30	7,19	2,78	1,38	20,0	0,193	
	0,20	10,8	1,67	0,921	18,0	0,129	
	0,15	14,4	1,18	0,691	17,0	0,097	
	0,10	21,6	0,741	0,460	16,0	0,0644	
	0,090	24,0	0,659	0,414	15,8	0,0580	
	0,080	27,0	0,578	0,368	15,6	0,0515	
	0,070	30,8	0,499	0,322	15,4	0,0451	
	0,060	36,0	0,423	0,276	15,2	0,0386	
	0,050	43,2	0,347	0,230	15,0	0,0322	
0,6	0,50	5,0	4,37	1,97	22,0	0,276	
	0,40	6,3	3,18	1,58	20,0	0,221	
	0,30	8,4	2,14	1,18	18,0	0,166	
	0,20	12,6	1,27	0,789	16,0	0,110	
	0,15	16,8	0,894	0,592	15,0	0,0828	
	0,10	25,2	0,556	0,395	14,0	0,0552	
	0,090	28,0	0,493	0,355	13,8	0,0497	
	0,080	31,5	0,432	0,316	13,6	0,0442	
	0,070	36,0	0,373	0,276	13,4	0,0386	
	0,060	42,0	0,315	0,237	13,2	0,0331	
	0,050	50,4	0,258	0,197	13,0	0,0276	
	0,040	63,0	0,203	0,158	12,8	0,0221	
0,5	0,30	10,1	1,59	0,987	16,0	0,138	
	0,20	15,1	0,927	0,658	14,0	0,0920	
	0,15	20,1	0,645	0,493	13,0	0,0690	
	0,10	30,2	0,397	0,329	12,0	0,0460	
	0,090	33,6	0,351	0,296	11,8	0,0414	
	0,080	37,8	0,307	0,263	11,6	0,0368	
	0,070	43,2	0,264	0,230	11,4	0,0322	
	0,060	50,4	0,222	0,197	11,2	0,0276	
	0,050	60,4	0,182	0,164	11,0	0,0230	
	0,040	75,5	0,143	0,132	10,8	0,0184	
	0,4	0,30	12,6	1,11	0,789	14,0	0,110
		0,20	18,9	0,635	0,526	12,0	0,0736
0,15		25,2	0,437	0,395	11,0	0,0552	
0,10		37,8	0,265	0,263	10,0	0,0368	
0,090		42,0	0,234	0,237	9,80	0,0331	
0,080		47,2	0,203	0,210	9,60	0,0294	
0,070		54,0	0,174	0,184	9,40	0,0258	
0,060		63,0	0,146	0,158	9,20	0,0221	
0,050		75,5	0,119	0,132	9,00	0,0184	
0,3		0,20	25,2	0,397	0,395	10,0	0,0552
		0,15	33,6	0,268	0,296	9,00	0,0414
		0,10	50,4	0,159	0,197	8,00	0,0276
	0,090	56,0	0,139	0,178	7,80	0,0248	
	0,080	63,0	0,121	0,158	7,60	0,0221	
	0,070	71,9	0,103	0,138	7,40	0,0193	
0,060	83,9	0,0858	0,118	7,20	0,0166		
0,050	101	0,0695	0,0987	7,00	0,0138		

Draht

8,0 – 0,020 mm Ø
 Spezifischer elektrischer
 Widerstand $\Omega \text{ mm}^2\text{m}^{-1}$ 1,35

Dichte, g cm^{-3} 7,25

I = Stromstärke
 C_t = Temperaturfaktor
 P = Oberflächenbelastung
 $\text{cm}^2/\Omega = \frac{I^2 C_t}{P}$

Den Widerstand bei Betriebstemperatur erhält man durch Multiplikation mit nachstehenden Faktoren C_t :

°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
C_t	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,07	1,07	1,08	1,08

Durchmesser mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2
8,0	0,0269	9358	364	251	50,3
7,5	0,0306	7711	320	236	44,2
7,35	0,0318	7257	308	231	42,4
7,0	0,0351	6269	279	220	38,5
6,5	0,0407	5019	241	204	33,2
6,0	0,0477	3948	205	188	28,3
5,5	0,0568	3041	172	173	23,8
5,0	0,0688	2285	142	157	19,6
4,75	0,0762	1959	128	149	17,7
4,5	0,0849	1666	115	141	15,9
4,25	0,0952	1403	103	134	14,2
4,0	0,1074	1170	91,1	126	12,6
3,75	0,1222	964	80,1	118	11,0
3,5	0,1403	784	69,8	110	9,62
3,25	0,1627	627	60,1	102	8,30
3,0	0,1910	493	51,2	94,2	7,07
2,8	0,2192	401	44,6	88,0	6,16
2,6	0,2543	321	38,5	81,7	5,31
2,5	0,275	286	35,6	78,5	4,91
2,2	0,355	195	27,6	69,1	3,80
2,0	0,430	146	22,8	62,8	3,14
1,9	0,476	125	20,6	59,7	2,84
1,8	0,531	107	18,4	56,5	2,54
1,7	0,595	89,8	16,5	53,4	2,27
1,6	0,671	74,9	14,6	50,3	2,01
1,5	0,764	61,7	12,8	47,1	1,77
1,4	0,877	50,2	11,2	44,0	1,54
1,3	1,02	40,2	9,6	40,8	1,33
1,2	1,19	31,6	8,2	37,7	1,13
1,1	1,42	24,3	6,9	34,6	0,950
1,0	1,72	18,3	5,7	31,4	0,785
0,95	1,90	15,7	5,1	29,8	0,709
0,90	2,12	13,3	4,6	28,3	0,636
0,85	2,38	11,2	4,1	26,7	0,567
0,80	2,69	9,36	3,64	25,1	0,503
0,75	3,06	7,71	3,20	23,6	0,442
0,70	3,51	6,27	2,79	22,0	0,385
0,65	4,07	5,02	2,41	20,4	0,332
0,60	4,77	3,95	2,05	18,8	0,283
0,55	5,68	3,04	1,72	17,3	0,238
0,50	6,88	2,28	1,42	15,7	0,196
0,475	7,62	1,96	1,28	14,9	0,177
0,45	8,49	1,67	1,15	14,1	0,159
0,425	9,52	1,40	1,03	13,4	0,142
0,40	10,7	1,17	0,911	12,6	0,126
0,375	12,2	0,964	0,801	11,8	0,110
0,35	14,0	0,784	0,698	11,0	0,0962
0,32	16,8	0,599	0,583	10,1	0,0804
0,30	19,1	0,493	0,512	9,42	0,0707
0,28	21,9	0,401	0,446	8,80	0,0616
0,26	25,4	0,321	0,385	8,17	0,0531
0,25	27,5	0,286	0,356	7,85	0,0491
0,24	29,8	0,253	0,328	7,54	0,0452
0,23	32,5	0,222	0,301	7,23	0,0415
0,22	35,5	0,195	0,276	6,91	0,0380
0,21	39,0	0,169	0,251	6,60	0,0346
0,20	43,0	0,146	0,228	6,28	0,0314
0,19	47,6	0,125	0,206	5,97	0,0284
0,18	53,1	0,107	0,184	5,65	0,0254
0,17	59,5	0,0898	0,165	5,34	0,0227

Durchmesser mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2
0,16	67,1	0,0749	0,146	5,03	0,0201
0,15	76,4	0,0617	0,128	4,71	0,0177
0,14	87,7	0,0502	0,112	4,40	0,0154
0,13	102	0,0402	0,0962	4,08	0,0133
0,12	119	0,0316	0,0820	3,77	0,0113
0,11	142	0,0243	0,0689	3,46	0,0095
0,10	172	0,0183	0,0569	3,14	0,00785
0,090	212	0,0133	0,0461	2,83	0,00636
0,080	269	0,00936	0,0364	2,51	0,00503
0,070	351	0,00627	0,0279	2,20	0,00385
0,060	477	0,00395	0,0205	1,88	0,00283
0,050	688	0,00228	0,0142	1,57	0,00196
0,040	1074	0,00117	0,00911	1,26	0,00126
0,030	1910	0,000493	0,00512	0,942	0,000707
0,020	4297	0,000146	0,00228	0,628	0,000314

KANTHAL D, DT

Spezifischer elektrischer Widerstand $\Omega \text{ mm}^2\text{m}^{-1}$ KANTHAL D 1,35 KANTHAL DT 1,37

Dichte, g cm^{-3} 7,25

I = Stromstärke
 C_t = Temperaturfaktor
 P = Oberflächenbelastung

$$\text{cm}^2/\Omega = \frac{I^2 C_t}{P}$$

Flachdraht

Den Widerstand bei Betriebstemperatur erhält man durch Multiplikation mit nachstehenden Faktoren C_t :

°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
C_t	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,07	1,07	1,08	1,08

Die Werte für KANTHAL DT erhält man durch Multiplikation der Zahlen in der Tabelle mit: **1,015 0,985 1,00**

Breite mm	Dicke mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2	
4	1,0	0,367	273	26,7	100	3,68	
	0,90	0,408	240	24,0	98,0	3,31	
	0,80	0,459	209	21,3	96,0	2,94	
	0,70	0,524	179	18,7	94,0	2,58	
	0,60	0,611	150	16,0	92,0	2,21	
	0,50	0,734	123	13,3	90,0	1,84	
	0,40	0,917	96,0	10,7	88,0	1,47	
	0,30	1,22	70,3	8,00	86,0	1,10	
	0,20	1,83	45,8	5,34	84,0	0,736	
	0,15	2,45	33,9	4,00	83,0	0,552	
	0,10	3,67	22,4	2,67	82,0	0,368	
	3	1,0	0,489	164	20,0	80,0	2,76
		0,90	0,543	144	18,0	78,0	2,48
		0,80	0,611	124	16,0	76,0	2,21
0,70		0,699	106	14,0	74,0	1,93	
0,60		0,815	88,3	12,0	72,0	1,66	
0,50		0,978	71,6	10,0	70,0	1,38	
0,40		1,22	55,6	8,0	68,0	1,10	
0,30		1,63	40,5	6,0	66,0	0,828	
0,20		2,45	26,2	4,0	64,0	0,552	
0,15		3,26	19,3	3,0	63,0	0,414	
0,10		4,89	12,7	2,0	62,0	0,276	
2,5		1,0	0,587	119	16,7	70,0	2,30
		0,90	0,652	104	15,0	68,0	2,07
		0,80	0,734	90,0	13,3	66,0	1,84
	0,70	0,839	76,3	11,7	64,0	1,61	
	0,60	0,978	63,4	10,0	62,0	1,38	
	0,50	1,17	51,1	8,34	60,0	1,15	
	0,40	1,47	39,5	6,67	58,0	0,920	
	0,30	1,96	28,6	5,00	56,0	0,690	
	0,20	2,93	18,4	3,34	54,0	0,460	
	0,15	3,91	13,5	2,50	53,0	0,345	
	0,10	5,87	8,86	1,67	52,0	0,230	
	2,25	1,0	0,652	99,7	15,0	65,0	2,07
		0,90	0,725	86,9	13,5	63,0	1,86
		0,80	0,815	74,8	12,0	61,0	1,66
0,70		0,932	63,3	10,5	59,0	1,45	
0,60		1,09	52,4	9,00	57,0	1,24	
0,50		1,30	42,2	7,50	55,0	1,04	
0,40		1,63	32,5	6,00	53,0	0,828	
0,30		2,17	23,5	4,50	51,0	0,621	
0,20		3,26	15,0	3,00	49,0	0,414	
0,15		4,35	11,0	2,25	48,0	0,311	
0,10		6,52	7,21	1,50	47,0	0,207	
2,0		1,0	0,734	81,8	13,3	60,0	1,84
		0,90	0,815	71,1	12,0	58,0	1,66
		0,80	0,917	61,1	10,7	56,0	1,47
	0,70	1,05	51,5	9,34	54,0	1,29	
	0,60	1,22	42,5	8,00	52,0	1,10	
	0,50	1,47	34,1	6,67	50,0	0,920	
	0,40	1,83	26,2	5,34	48,0	0,736	
	0,30	2,45	18,8	4,00	46,0	0,552	
	0,20	3,67	12,0	2,67	44,0	0,368	
	0,15	4,89	8,79	2,00	43,0	0,276	
	0,10	7,34	5,72	1,33	42,0	0,184	
	1,75	1,0	0,839	65,6	11,7	55,0	1,61
		0,90	0,932	56,9	10,5	53,0	1,45
		0,80	1,05	48,7	9,34	51,0	1,29
0,70		1,20	40,9	8,17	49,0	1,13	

Die Werte für KANTHAL DT erhält man durch Multiplikation der Zahlen in der Tabelle mit: **1,015 0,985 1,00**

Breite mm	Dicke mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2	
1,5	0,60	1,40	33,6	7,00	47,0	0,966	
	0,50	1,68	26,8	5,84	45,0	0,805	
	0,40	2,10	20,5	4,67	43,0	0,644	
	0,30	2,80	14,7	3,50	41,0	0,483	
	0,20	4,19	9,30	2,33	39,0	0,322	
	0,15	5,59	6,80	1,75	38,0	0,242	
	0,10	8,39	4,41	1,17	37,0	0,161	
	1,25	0,70	1,40	31,5	7,00	44,0	0,966
		0,60	1,63	25,8	6,00	42,0	0,828
		0,50	1,96	20,4	5,00	40,0	0,690
		0,40	2,45	15,5	4,00	38,0	0,552
		0,30	3,26	11,0	3,00	36,0	0,414
		0,20	4,89	6,95	2,00	34,0	0,276
		0,15	6,52	5,06	1,50	33,0	0,207
0,10		9,78	3,27	1,00	32,0	0,138	
0,090		10,9	2,93	0,900	31,8	0,124	
0,080		12,2	2,58	0,800	31,6	0,110	
1,0		0,60	1,96	18,9	5,00	37,0	0,690
		0,50	2,35	14,9	4,17	35,0	0,575
		0,40	2,93	11,2	3,34	33,0	0,460
		0,30	3,91	7,92	2,50	31,0	0,345
	0,20	5,87	4,94	1,67	29,0	0,230	
	0,15	7,83	3,58	1,25	28,0	0,173	
	0,10	11,7	2,30	0,834	27,0	0,115	
	0,090	13,0	2,05	0,750	26,8	0,104	
	0,080	14,7	1,81	0,667	26,6	0,0920	
	0,070	16,8	1,57	0,584	26,4	0,0805	
	0,9	0,50	2,45	13,1	4,00	32,0	0,552
		0,40	2,93	10,2	3,34	30,0	0,460
		0,30	3,67	7,63	2,67	28,0	0,368
		0,20	4,89	5,32	2,00	26,0	0,276
0,15		6,52	3,58	1,25	24,0	0,184	
0,10		9,78	2,35	1,00	23,0	0,138	
0,090		10,9	2,05	0,834	22,0	0,115	
0,080		12,2	1,81	0,750	21,6	0,104	
0,070		14,7	1,57	0,667	21,4	0,0920	
0,060		16,8	1,31	0,584	21,2	0,0805	
0,050		19,6	1,02	0,500	21,0	0,0700	
0,8		0,50	3,26	8,59	3,00	28,0	0,414
		0,40	4,08	6,38	2,40	26,0	0,331
		0,30	5,43	4,42	1,80	24,0	0,248
	0,20	8,15	2,70	1,20	22,0	0,166	
	0,15	10,9	1,93	0,900	21,0	0,124	
	0,10	16,3	1,23	0,600	20,0	0,0828	
	0,090	18,1	1,09	0,540	19,8	0,0745	
	0,080	20,4	0,962	0,480	19,6	0,0662	
	0,070	23,3	0,833	0,420	19,4	0,0580	
	0,060	27,2	0,707	0,360	19,2	0,0497	
	0,050	32,6	0,583	0,300	19,0	0,0414	
	0,7	0,50	3,67	7,09	2,67	26,0	0,368
		0,40	4,59	5,23	2,13	24,0	0,294
		0,30	6,11	3,60	1,60	22,0	0,221
0,20		9,17	2,18	1,07	20,0	0,147	
0,15		12,2	1,55	0,800	19,0	0,110	
0,10		18,3	0,981	0,534	18,0	0,0736	
0,090		20,4	0,873	0,480	17,8	0,0662	
0,080		22,9	0,768	0,427	17,6	0,0589	
0,070		26,2	0,664	0,374	17,4	0,0515	

KANTHAL D, DT

Spezifischer elektrischer Widerstand $\Omega \text{ mm}^2\text{m}^{-1}$ KANTHAL D 1,35 KANTHAL DT 1,37

Dichte, g cm^{-3} 7,25

I = Stromstärke
 C_t = Temperaturfaktor
 P = Oberflächenbelastung

$$\text{cm}^2/\Omega = \frac{I^2 C_t}{P}$$

Flachdraht

Den Widerstand bei Betriebstemperatur erhält man durch Multiplikation mit nachstehenden Faktoren C_t :

°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
C_t	1,00	1,00	1,01	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,07	1,07	1,08	1,08

Die Werte für KANTHAL DT erhält man durch Multiplikation der Zahlen in der Tabelle mit: **1,015 0,985 1,00**

Breite mm	Dicke mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2
0,8	0,060	30,6	0,563	0,320	17,2	0,0442
	0,050	36,7	0,463	0,267	17,0	0,0368
0,7	0,40	5,24	4,20	1,87	22,0	0,258
	0,30	6,99	2,86	1,40	20,0	0,193
	0,20	10,5	1,72	0,934	18,0	0,129
	0,15	14,0	1,22	0,700	17,0	0,097
	0,10	21,0	0,763	0,467	16,0	0,0644
	0,090	23,3	0,678	0,420	15,8	0,0580
	0,080	26,2	0,595	0,374	15,6	0,0515
	0,070	29,9	0,514	0,327	15,4	0,0451
	0,060	34,9	0,435	0,280	15,2	0,0386
	0,050	41,9	0,358	0,233	15,0	0,0322
0,6	0,40	6,11	3,27	1,60	20,0	0,221
	0,30	8,15	2,21	1,20	18,0	0,166
	0,20	12,2	1,31	0,800	16,0	0,110
	0,15	16,3	0,920	0,600	15,0	0,0828
	0,10	24,5	0,572	0,400	14,0	0,0552
	0,090	27,2	0,508	0,360	13,8	0,0497
	0,080	30,6	0,445	0,320	13,6	0,0442
	0,070	34,9	0,384	0,280	13,4	0,0386
	0,060	40,8	0,324	0,240	13,2	0,0331
	0,050	48,9	0,266	0,200	13,0	0,0276
0,040	61,1	0,209	0,160	12,8	0,0221	
0,5	0,30	9,78	1,64	1,00	16,0	0,138
	0,20	14,7	0,954	0,667	14,0	0,0920
	0,15	19,6	0,664	0,500	13,0	0,0690
	0,10	29,3	0,409	0,334	12,0	0,0460
	0,090	32,6	0,362	0,300	11,8	0,0414
	0,080	36,7	0,316	0,267	11,6	0,0368
	0,070	41,9	0,272	0,233	11,4	0,0322
	0,060	48,9	0,229	0,200	11,2	0,0276
	0,050	58,7	0,187	0,167	11,0	0,0230
	0,040	73,4	0,147	0,133	10,8	0,0184
0,4	0,30	12,2	1,14	0,800	14,0	0,110
	0,20	18,3	0,654	0,534	12,0	0,0736
	0,15	24,5	0,450	0,400	11,0	0,0552
	0,10	36,7	0,273	0,267	10,0	0,0368
	0,090	40,8	0,240	0,240	9,80	0,0331
	0,080	45,9	0,209	0,213	9,60	0,0294
	0,070	52,4	0,179	0,187	9,40	0,0258
	0,060	61,1	0,150	0,160	9,20	0,0221
	0,050	73,4	0,123	0,133	9,00	0,0184
	0,3	0,20	24,5	0,409	0,400	10,0
0,15		32,6	0,276	0,300	9,00	0,0414
0,10		48,9	0,164	0,200	8,00	0,0276
0,090		54,3	0,144			

$$\text{cm}^2/\Omega = \frac{I^2 C_t}{P}$$

Draht

Den Widerstand bei Betriebstemperatur erhält man durch Multiplikation mit nachstehenden Faktoren C_t :

°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
C_t	1,00	1,00	1,02	1,03	1,04	1,05	1,08	1,09	1,10	1,11	1,11	1,12

Durchmesser mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2
6,5	0,0377	5421	242	204	33,2
6,0	0,0442	4264	206	188	28,3
5,5	0,0526	3284	173	173	23,8
5,0	0,0637	2467	143	157	19,6
4,75	0,0705	2115	129	149	17,7
4,5	0,0786	1799	116	141	15,9
4,25	0,0881	1515	103	134	14,2
4,0	0,0995	1263	91,5	126	12,6
3,75	0,113	1041	80,4	118	11,0
3,5	0,130	846	70,0	110	9,62
3,25	0,151	678	60,4	102	8,30
3,0	0,177	533	51,5	94,2	7,07
2,8	0,203	433	44,8	88,0	6,16
2,6	0,235	347	38,7	81,7	5,31
2,5	0,255	308	35,7	78,5	4,91
2,2	0,329	210	27,7	69,1	3,80
2,0	0,398	158	22,9	62,8	3,14
1,9	0,441	135	20,6	59,7	2,84
1,8	0,491	115	18,5	56,5	2,54
1,7	0,551	97,0	16,5	53,4	2,27
1,6	0,622	80,9	14,6	50,3	2,01
1,5	0,707	66,6	12,9	47,1	1,77
1,4	0,812	54,2	11,2	44,0	1,54
1,3	0,942	43,4	9,66	40,8	1,33
1,2	1,11	34,1	8,23	37,7	1,13
1,1	1,32	26,3	6,92	34,6	0,95
1,0	1,59	19,7	5,72	31,4	0,785
0,95	1,76	16,9	5,16	29,8	0,709
0,90	1,96	14,4	4,63	28,3	0,636
0,85	2,20	12,1	4,13	26,7	0,567
0,80	2,49	10,1	3,66	25,1	0,503
0,75	2,83	8,33	3,22	23,6	0,442
0,70	3,25	6,77	2,80	22,0	0,385
0,65	3,77	5,42	2,42	20,4	0,332
0,60	4,42	4,26	2,06	18,8	0,283
0,55	5,26	3,28	1,73	17,3	0,238
0,50	6,37	2,47	1,43	15,7	0,196
0,475	7,05	2,12	1,29	14,9	0,177
0,45	7,86	1,80	1,16	14,1	0,159
0,425	8,81	1,52	1,03	13,4	0,142
0,40	9,95	1,26	0,915	12,6	0,126
0,375	11,3	1,04	0,804	11,8	0,110
0,35	13,0	0,846	0,700	11,0	0,0962
0,32	15,5	0,647	0,585	10,1	0,0804
0,30	17,7	0,533	0,515	9,42	0,0707
0,28	20,3	0,433	0,448	8,80	0,0616
0,26	23,5	0,347	0,387	8,17	0,0531
0,25	25,5	0,308	0,357	7,85	0,0491
0,24	27,6	0,273	0,329	7,54	0,0452
0,23	30,1	0,240	0,302	7,23	0,0415
0,22	32,9	0,210	0,277	6,91	0,0380
0,21	36,1	0,183	0,252	6,60	0,0346
0,20	39,8	0,158	0,229	6,28	0,0314
0,19	44,1	0,135	0,206	5,97	0,0284
0,18	49,1	0,115	0,185	5,65	0,0254
0,17	55,1	0,0970	0,165	5,34	0,0227
0,16	62,2	0,0809	0,146	5,03	0,0201

Durchmesser mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2
0,15	70,7	0,0666	0,129	4,71	0,0177
0,14	81,2	0,0542	0,112	4,40	0,0154
0,13	94,2	0,0434	0,0966	4,08	0,0133
0,12	111	0,0341	0,0823	3,77	0,0113
0,11	132	0,0263	0,0692	3,46	0,00950
0,10	159	0,0197	0,0572	3,14	0,00785

$$\text{cm}^2/\Omega = \frac{I^2 C_t}{P}$$

Flachdraht

Den Widerstand bei Betriebstemperatur erhält man durch Multiplikation mit nachstehenden Faktoren C_t :

°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
C_t	1,00	1,00	1,02	1,03	1,04	1,05	1,08	1,09	1,10	1,11	1,11	1,12

Breite mm	Dicke mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2	
4	1,0	0,340	294	26,8	100	3,68	
	0,90	0,377	260	24,1	98,0	3,31	
	0,80	0,425	226	21,4	96,0	2,94	
	0,70	0,485	194	18,8	94,0	2,58	
	0,60	0,566	163	16,1	92,0	2,21	
	0,50	0,679	132	13,4	90,0	1,84	
	0,40	0,849	103,6	10,7	88,0	1,47	
	0,30	1,13	76,0	8,04	86,0	1,10	
	0,20	1,70	49,5	5,36	84,0	0,736	
	0,15	2,26	36,7	4,02	83,0	0,552	
	0,10	3,40	24,1	2,67	82,0	0,368	
	3	1,0	0,453	177	20,1	80,0	2,76
		0,90	0,503	155	18,1	78,0	2,48
		0,80	0,566	134	16,1	76,0	2,21
0,70		0,647	114	14,1	74,0	1,93	
0,60		0,755	95,4	12,1	72,0	1,66	
0,50		0,906	77,3	10,0	70,0	1,38	
0,40		1,13	60,1	8,0	68,0	1,10	
0,30		1,51	43,7	6,0	66,0	0,828	
0,20		2,26	28,3	4,0	64,0	0,552	
0,15		3,02	20,9	3,0	63,0	0,414	
0,10		4,53	13,7	2,0	62,0	0,276	
2,5		1,0	0,543	129	16,7	70,0	2,30
		0,90	0,604	113	15,1	68,0	2,07
		0,80	0,679	97,2	13,4	66,0	1,84
	0,70	0,776	82,4	11,7	64,0	1,61	
	0,60	0,906	68,4	10,0	62,0	1,38	
	0,50	1,09	55,2	8,37	60,0	1,15	
	0,40	1,36	42,7	6,70	58,0	0,920	
	0,30	1,81	30,9	5,02	56,0	0,690	
	0,20	2,72	19,9	3,35	54,0	0,460	
	0,15	3,62	14,6	2,51	53,0	0,345	
	0,10	5,43	9,57	1,67	52,0	0,230	
	2,25	1,0	0,604	107,6	15,1	65,0	2,07
		0,90	0,671	93,9	13,6	63,0	1,86
		0,80	0,755	80,8	12,1	61,0	1,66
0,70		0,863	68,4	10,5	59,0	1,45	
0,60		1,006	56,6	9,0	57,0	1,24	
0,50		1,208	45,5	7,5	55,0	1,04	
0,40		1,510	35,1	6,0	53,0	0,828	
0,30		2,013	25,3	4,5	51,0	0,621	
0,20		3,019	16,2	3,0	49,0	0,414	
0,15		4,026	11,9	2,3	48,0	0,311	
0,10		6,52	7,21	1,5	47,0	0,207	
2,0		1,0	0,679	88,3	13,4	60,0	1,84
		0,90	0,755	76,8	12,1	58,0	1,66
		0,80	0,849	65,9	10,7	56,0	1,47
	0,70	0,970	55,6	9,4	54,0	1,29	
	0,60	1,13	45,9	8,04	52,0	1,10	
	0,50	1,36	36,8	6,70	50,0	0,920	
	0,40	1,70	28,3	5,36	48,0	0,736	
	0,30	2,26	20,3	4,02	46,0	0,552	
	0,20	3,40	13,0	2,68	44,0	0,368	
	0,15	4,53	9,5	2,01	43,0	0,276	
	0,10	7,34	5,72	1,34	42,0	0,184	
	1,75	1,0	0,776	70,8	11,7	55,0	1,61
		0,90	0,863	61,4	10,5	53,0	1,45
		0,80	0,970	52,6	9,4	51,0	1,29
0,70		1,11	44,2	8,20	49,0	1,13	

Breite mm	Dicke mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2	
1,75	0,60	1,29	36,3	7,03	47,0	0,966	
	0,50	1,55	29,0	5,86	45,0	0,805	
	0,40	1,94	22,2	4,69	43,0	0,644	
	0,30	2,59	15,8	3,52	41,0	0,483	
	0,20	3,88	10,0	2,34	39,0	0,322	
	0,15	5,18	7,34	1,76	38,0	0,242	
	0,10	8,39	4,41	1,17	37,0	0,161	
	1,5	0,70	1,29	34,0	7,04	44,0	0,966
		0,60	1,51	27,8	6,03	42,0	0,828
		0,50	1,81	22,1	5,03	40,0	0,690
		0,40	2,26	16,8	4,02	38,0	0,552
		0,30	3,02	11,9	3,02	36,0	0,414
		0,20	4,53	7,51	2,01	34,0	0,276
		0,15	6,04	5,46	1,51	33,0	0,207
0,10		9,06	3,53	1,01	32,0	0,138	
0,090		10,1	3,16	0,905	31,8	0,124	
0,080		11,3	2,79	0,805	31,6	0,110	
1,25		0,60	1,81	20,4	5,02	37,0	0,690
		0,50	2,17	16,1	4,19	35,0	0,575
		0,40	2,72	12,1	3,35	33,0	0,460
		0,30	3,62	8,56	2,51	31,0	0,345
	0,20	5,43	5,34	1,67	29,0	0,230	
	0,15	7,25	3,86	1,26	28,0	0,173	
	0,10	10,9	2,48	0,837	27,0	0,115	
	0,090	12,1	2,22	0,753	26,8	0,104	
	0,080	13,6	1,96	0,670	26,6	0,0920	
	0,070	15,5	1,70	0,586	26,4	0,0805	
	1,0	0,60	2,26	14,1	4,02	32,0	0,552
		0,50	2,72	11,0	3,35	30,0	0,460
		0,40	3,40	8,24	2,68	28,0	0,368
		0,30	4,53	5,74	2,01	26,0	0,276
0,20		6,79	3,53	1,34	24,0	0,184	
0,15		9,06	2,54	1,00	23,0	0,138	
0,10		13,6	1,62	0,670	22,0	0,0920	
0,090		15,1	1,44	0,603	21,8	0,0828	
0,080		17,0	1,27	0,536	21,6	0,0736	
0,070		19,4	1,10	0,469	21,4	0,0644	
0,060		22,6	0,936	0,402	21,2	0,0552	
0,050		29,3	0,716	0,335	21,0	0,0460	
0,9		0,50	3,02	9,27	3,01	28,0	0,414
		0,40	3,77	6,89	2,41	26,0	0,331
	0,30	5,03	4,77	1,81	24,0	0,248	
	0,20	7,55	2,91	1,21	22,0	0,166	
	0,15	10,1	2,09	0,904	21,0	0,124	
	0,10	15,1	1,32	0,603	20,0	0,0828	
	0,090	16,8	1,18	0,543	19,8	0,0745	
	0,080	18,9	1,039	0,482	19,6	0,0662	
	0,070	21,6	0,900	0,422	19,4	0,0580	
	0,060	25,2	0,763	0,362	19,2	0,0497	
	0,050	30,2	0,629	0,301	19,0	0,0414	
	0,8	0,50	3,40	7,65	2,68	26,0	0,368
		0,40	4,25	5,65	2,14	24,0	0,294
		0,30	5,66	3,89	1,61	22,0	0,221
0,20		8,49	2,36	1,07	20,0	0,147	
0,15		11,3	1,68	0,804	19,0	0,110	
0,10		17,0	1,060	0,536	18,0	0,0736	
0,090		18,9	0,943	0,482	17,8	0,0662	
0,080		21,2	0,829	0,429	17,6	0,0589	
0,070		24,3	0,717	0,375	17,4	0,0515	

Flachdraht

Breite mm	Dicke mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2
0,8	0,060	28,3	0,608	0,321	17,2	0,0442
	0,050	34,0	0,500	0,268	17,0	0,0368
0,7	0,40	4,85	4,53	1,88	22,0	0,258
	0,30	6,47	3,09	1,41	20,0	0,193
	0,20	9,7	1,85	0,938	18,0	0,129
	0,15	12,9	1,31	0,703	17,0	0,097
	0,10	19,4	0,824	0,469	16,0	0,0644
	0,090	21,6	0,733	0,422	15,8	0,0580
	0,080	24,3	0,643	0,375	15,6	0,0515
	0,070	27,7	0,555	0,328	15,4	0,0451
	0,060	32,3	0,470	0,281	15,2	0,0386
	0,050	38,8	0,386	0,234	15,0	0,0322
0,6	0,40	5,66	3,53	1,61	20,0	0,221
	0,30	7,55	2,38	1,21	18,0	0,166
	0,20	11,3	1,41	0,804	16,0	0,110
	0,15	15,1	0,994	0,603	15,0	0,0828
	0,10	22,6	0,618	0,402	14,0	0,0552
	0,090	25,2	0,548	0,362	13,8	0,0497
	0,080	28,3	0,480	0,321	13,6	0,0442
	0,070	32,3	0,414	0,281	13,4	0,0386
	0,060	37,7	0,350	0,241	13,2	0,0331
	0,050	45,3	0,287	0,201	13,0	0,0276
0,5	0,40	56,6	0,226	0,161	12,8	0,0221
	0,30	9,06	1,77	1,00	16,0	0,138
	0,20	13,6	1,030	0,670	14,0	0,0920
	0,15	18,1	0,718	0,502	13,0	0,0690
	0,10	27,2	0,442	0,335	12,0	0,0460
	0,090	30,2	0,391	0,301	11,8	0,0414
	0,080	34,0	0,342	0,268	11,6	0,0368
	0,070	38,8	0,294	0,234	11,4	0,0322
	0,060	45,3	0,247	0,201	11,2	0,0276
	0,050	54,3	0,202	0,167	11,0	0,0230
0,4	0,40	67,9	0,159	0,134	10,8	0,0184
	0,30	13,6	1,24	0,804	14,0	0,110
	0,20	17,0	0,707	0,536	12,0	0,0736
	0,15	22,6	0,486	0,402	11,0	0,0552
	0,10	34,0	0,294	0,268	10,0	0,0368
	0,090	37,7	0,260	0,241	9,80	0,0331
	0,080	42,5	0,226	0,214	9,60	0,0294
	0,070	48,5	0,194	0,188	9,40	0,0258
	0,060	56,6	0,163	0,161	9,20	0,0221
	0,050	73,4	0,123	0,134	9,00	0,0184
0,3	0,20	22,6	0,442	0,402	10,0	0,0552
	0,15	30,2	0,298	0,301	9,00	0,0414
	0,10	45,3	0,177	0,201	8,00	0,0276
	0,090	50,3	0,155	0,181	7,80	0,0248
	0,080	56,6	0,134	0,161	7,60	0,0221
	0,070	64,7	0,114	0,141	7,40	0,0193
	0,060	75,5	0,0954	0,121	7,20	0,0166
	0,050	90,6	0,0773	0,100	7,00	0,0138

KANTHAL 70, 52

Draht

1,8 – 0,10 mm Ø

Spezifischer elektrischer Widerstand $\Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1}$

Dichte, g cm^{-3}

KANTHAL 52 0,37
KANTHAL 70 0,21

I = Stromstärke
 C_t = Temperaturfaktor
 P = Oberflächenbelastung

$$\text{cm}^2/\Omega = \frac{I^2 C_t}{P}$$

Den Widerstand bei Betriebstemperatur erhält man durch Multiplikation mit nachstehenden Faktoren C_t :

°C	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500
KANTHAL 70, C_t	1,00	1,35	1,57	1,80	2,05	2,30	2,56	2,82	3,10	3,40
KANTHAL 52, C_t	1,00	1,33	1,53	1,73	1,93	2,13	2,32	2,49	2,64	2,77

KANTHAL 70

Durchmesser mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2
1,8	0,0825	685	21,5	56,5	2,54
1,7	0,0925	577	19,2	53,4	2,27
1,6	0,104	481	17,0	50,3	2,01
1,5	0,119	397	14,9	47,1	1,77
1,4	0,136	322	13,0	44,0	1,54
1,3	0,16	258	11,2	40,8	1,33
1,2	0,19	203	9,56	37,7	1,13
1,1	0,22	156	8,03	34,6	0,950
1,0	0,27	117	6,64	31,4	0,785
0,95	0,30	101	5,99	29,8	0,709
0,90	0,33	85,7	5,38	28,3	0,636
0,85	0,37	72,2	4,79	26,7	0,567
0,80	0,42	60,2	4,25	25,1	0,503
0,75	0,48	49,6	3,73	23,6	0,442
0,70	0,55	40,3	3,25	22,0	0,385
0,65	0,63	32,3	2,80	20,4	0,332
0,60	0,74	25,4	2,39	18,8	0,283
0,55	0,88	19,5	2,01	17,3	0,238
0,50	1,07	14,7	1,66	15,7	0,196
0,475	1,19	12,6	1,50	14,9	0,177
0,45	1,32	10,7	1,34	14,1	0,159
0,425	1,48	9,02	1,20	13,4	0,142
0,40	1,67	7,52	1,06	12,6	0,126
0,375	1,90	6,20	0,933	11,8	0,110
0,35	2,18	5,04	0,813	11,0	0,0962
0,32	2,61	3,85	0,680	10,1	0,0804
0,30	2,97	3,17	0,597	9,42	0,0707
0,28	3,41	2,58	0,520	8,80	0,0616
0,26	3,96	2,07	0,449	8,17	0,0531
0,25	4,28	1,84	0,415	7,85	0,0491
0,24	4,64	1,62	0,382	7,54	0,0452
0,23	5,05	1,43	0,351	7,23	0,0415
0,22	5,52	1,25	0,321	6,91	0,0380
0,21	6,06	1,09	0,293	6,60	0,0346
0,20	6,68	0,940	0,265	6,28	0,0314
0,19	7,41	0,806	0,240	5,97	0,0284
0,18	8,25	0,685	0,215	5,65	0,0254
0,17	9,25	0,577	0,192	5,34	0,0227
0,16	10,4	0,481	0,170	5,03	0,0201
0,15	11,9	0,397	0,149	4,71	0,0177
0,14	13,6	0,322	0,130	4,40	0,0154
0,13	15,8	0,258	0,112	4,08	0,0133
0,12	18,6	0,203	0,0956	3,77	0,0113
0,11	22,1	0,156	0,0803	3,46	0,00950
0,10	26,7	0,117	0,0664	3,14	0,00785

KANTHAL 52

Durchmesser mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2
1,8	0,145	389	20,9	56,5	2,54
1,7	0,163	328	18,6	53,4	2,27
1,6	0,184	273	16,5	50,3	2,01
1,5	0,209	225	14,5	47,1	1,77
1,4	0,240	183	12,6	44,0	1,54
1,3	0,279	147	10,9	40,8	1,33
1,2	0,327	115	9,27	37,7	1,13
1,1	0,389	88,8	7,79	34,6	0,950
1,0	0,471	66,7	6,44	31,4	0,785
0,95	0,522	57,2	5,81	29,8	0,709
0,90	0,582	48,6	5,22	28,3	0,636
0,85	0,652	41,0	4,65	26,7	0,567
0,80	0,736	34,1	4,12	25,1	0,503
0,75	0,838	28,1	3,62	23,6	0,442
0,70	0,961	22,9	3,16	22,0	0,385
0,65	1,12	18,3	2,72	20,4	0,332
0,60	1,31	14,4	2,32	18,8	0,283
0,55	1,56	11,1	1,95	17,3	0,238
0,50	1,88	8,34	1,61	15,7	0,196
0,475	2,09	7,15	1,45	14,9	0,177
0,45	2,33	6,08	1,30	14,1	0,159
0,425	2,61	5,12	1,16	13,4	0,142
0,40	2,94	4,27	1,030	12,6	0,126
0,375	3,35	3,52	0,906	11,8	0,110
0,35	3,85	2,86	0,789	11,0	0,0962
0,32	4,60	2,19	0,659	10,1	0,0804
0,30	5,23	1,80	0,580	9,42	0,0707
0,28	6,01	1,46	0,505	8,80	0,0616
0,26	6,97	1,17	0,435	8,17	0,0531
0,25	7,54	1,04	0,403	7,85	0,0491
0,24	8,18	0,922	0,371	7,54	0,0452
0,23	8,91	0,811	0,341	7,23	0,0415
0,22	9,73	0,710	0,312	6,91	0,0380
0,21	10,7	0,618	0,284	6,60	0,0346
0,20	11,8	0,533	0,258	6,28	0,0314
0,19	13,0	0,457	0,232	5,97	0,0284
0,18	14,5	0,389	0,209	5,65	0,0254
0,17	16,3	0,328	0,186	5,34	0,0227
0,16	18,4	0,273	0,165	5,03	0,0201
0,15	20,9	0,225	0,145	4,71	0,0177
0,14	24,0	0,183	0,126	4,40	0,0154
0,13	27,9	0,147	0,1088	4,08	0,0133
0,12	32,7	0,115	0,0927	3,77	0,0113
0,11	38,9	0,0888	0,0779	3,46	0,00950
0,10	47,1	0,0667	0,0644	3,14	0,00785

NIKROTHAL 80, 70

Draht

NIKROTHAL 80	8,0 – 0,020 mm Ø	Dichte, g cm ⁻³	I = Stromstärke
NIKROTHAL 70	10,0 – 0,50 mm Ø	N70	8,10 C _t = Temperaturfaktor
	Spezifischer elektrischer Widerstand Ω mm ² m ⁻¹	N80	8,30 P = Oberflächenbelastung
			$cm^2/\Omega = \frac{I^2 C_t}{P}$

Den Widerstand bei Betriebstemperatur erhält man durch Multiplikation mit nachstehenden Faktoren C_t:

°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
NIKROTHAL 80 C _t	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,04	1,04	1,04	1,04	1,05	1,06	1,07
NIKROTHAL 70 C _t	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06

Die Werte für NIKROTHAL 70 erhält man durch Multiplikation der Zahlen in der Tabelle mit:

1,083 0,924 0,976 1,083 0,924 0,976

Durchmesser mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm ² /Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm ² /m	Querschnitt mm ²	Durchmesser mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm ² /Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm ² /m	Querschnitt mm ²
10	0,0139	22637	652	314	78,5	0,22	28,7	0,241	0,316	6,91	0,0380
9,5	0,0154	19408	588	298	70,9	0,21	31,5	0,210	0,287	6,60	0,0346
9,0	0,0171	16502	528	283	63,6	0,20	34,7	0,181	0,261	6,28	0,0314
8,25	0,0204	12711	444	259	53,5	0,19	38,4	0,155	0,235	5,97	0,0284
8,0	0,0217	11590	417	251	50,3	0,18	42,8	0,132	0,211	5,65	0,0254
7,5	0,0247	9550	367	236	44,2	0,17	48,0	0,111	0,188	5,34	0,0227
7,35	0,0257	8988	352	231	42,4	0,16	54,2	0,0927	0,167	5,03	0,0201
7,0	0,0283	7764	319	220	38,5	0,15	61,7	0,0764	0,147	4,71	0,0177
6,5	0,0328	6217	275	204	33,2	0,14	70,8	0,0621	0,128	4,40	0,0154
6,0	0,0386	4890	235	188	28,3	0,13	82,1	0,0497	0,110	4,08	0,0133
5,5	0,0459	3766	197	173	23,8	0,12	96,4	0,0391	0,0939	3,77	0,0113
5,0	0,0555	2830	163	157	19,6	0,11	115	0,0301	0,0789	3,46	0,00950
4,75	0,0615	2426	147	149	17,7	0,10	139	0,0226	0,0652	3,14	0,00785
4,5	0,0685	2063	132	141	15,9	0,090	171	0,0165	0,0528	2,83	0,00636
4,25	0,0768	1738	118	134	14,2	0,080	217	0,0116	0,0417	2,51	0,00503
4,0	0,0867	1449	104	126	12,6	0,070	283	0,00776	0,0319	2,20	0,00385
3,75	0,0987	1194	91,7	118	11,0	0,060	386	0,00489	0,0235	1,88	0,00283
3,5	0,113	971	79,9	110	9,62	0,050	555	0,00283	0,0163	1,57	0,00196
3,25	0,131	777	68,9	102	8,30	0,040	867	0,00145	0,0104	1,26	0,00126
3,0	0,154	611	58,7	94,2	7,07	0,030	1542	0,000611	0,00587	0,942	0,000707
2,8	0,177	497	51,1	88,0	6,16	0,020	3470	0,000181	0,00261	0,628	0,000314
2,6	0,205	398	44,1	81,7	5,31						
2,5	0,222	354	40,7	78,5	4,91						
2,2	0,287	241	31,6	69,1	3,80						
2,0	0,347	181	26,1	62,8	3,14						
1,9	0,384	155	23,5	59,7	2,84						
1,8	0,428	132	21,1	56,5	2,54						
1,7	0,480	111	18,8	53,4	2,27						
1,6	0,542	92,7	16,7	50,3	2,01						
1,5	0,617	76,4	14,7	47,1	1,77						
1,4	0,708	62,1	12,8	44,0	1,54						
1,3	0,821	49,7	11,0	40,8	1,33						
1,2	0,964	39,1	9,39	37,7	1,13						
1,1	1,15	30,1	7,89	34,6	0,950						
1,0	1,39	22,6	6,52	31,4	0,785						
0,95	1,54	19,4	5,88	29,8	0,709						
0,90	1,71	16,5	5,28	28,3	0,636						
0,85	1,92	13,9	4,71	26,7	0,567						
0,80	2,17	11,6	4,17	25,1	0,503						
0,75	2,47	9,55	3,67	23,6	0,442						
0,70	2,83	7,76	3,19	22,0	0,385						
0,65	3,28	6,22	2,75	20,4	0,332						
0,60	3,86	4,89	2,35	18,8	0,283						
0,55	4,59	3,77	1,97	17,3	0,238						
0,50	5,55	2,83	1,63	15,7	0,196						
0,475	6,15	2,43	1,47	14,9	0,177						
0,45	6,85	2,06	1,32	14,1	0,159						
0,425	7,68	1,74	1,18	13,4	0,142						
0,40	8,67	1,45	1,04	12,6	0,126						
0,375	9,87	1,19	0,917	11,8	0,110						
0,35	11,3	0,971	0,799	11,0	0,0962						
0,32	13,6	0,742	0,668	10,1	0,0804						
0,30	15,4	0,611	0,587	9,42	0,0707						
0,28	17,7	0,497	0,511	8,80	0,0616						
0,26	20,5	0,398	0,441	8,17	0,0531						
0,25	22,2	0,354	0,407	7,85	0,0491						
0,24	24,1	0,313	0,375	7,54	0,0452						
0,23	26,2	0,275	0,345	7,23	0,0415						

$$\text{cm}^2/\Omega = \frac{I^2 C_t}{P}$$

Den Widerstand bei Betriebstemperatur erhält man durch Multiplikation mit nachstehenden Faktoren C_t :

°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
C_t	1,00	1,02	1,04	1,05	1,06	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,13

Durchmesser mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2
6,0	0,0393	4801	232	188	28,3
5,5	0,0467	3698	195	173	23,8
5,0	0,0565	2779	161	157	19,6
4,75	0,0626	2382	145	149	17,7
4,5	0,0698	2026	130	141	15,9
4,25	0,0782	1706	116	134	14,2
4,0	0,0883	1423	103	126	12,6
3,75	0,101	1172	90,6	118	11,0
3,5	0,115	953	78,9	110	9,62
3,25	0,134	763	68,0	102	8,30
3,0	0,157	600	58,0	94,2	7,07
2,8	0,180	488	50,5	88,0	6,16
2,6	0,209	391	43,5	81,7	5,31
2,5	0,226	347	40,3	78,5	4,91
2,2	0,292	237	31,2	69,1	3,80
2,0	0,353	178	25,8	62,8	3,14
1,9	0,391	152	23,2	59,7	2,84
1,8	0,436	130	20,9	56,5	2,54
1,7	0,489	109	18,6	53,4	2,27
1,6	0,552	91,0	16,5	50,3	2,01
1,5	0,628	75,0	14,5	47,1	1,77
1,4	0,721	61,0	12,6	44,0	1,54
1,3	0,836	48,8	10,9	40,8	1,33
1,2	0,981	38,4	9,27	37,7	1,13
1,1	1,17	29,6	7,79	34,6	0,950
1,0	1,41	22,2	6,44	31,4	0,785
0,95	1,57	19,1	5,81	29,8	0,709
0,90	1,74	16,2	5,22	28,3	0,636
0,85	1,96	13,7	4,65	26,7	0,567
0,80	2,21	11,4	4,12	25,1	0,503
0,75	2,51	9,38	3,62	23,6	0,442
0,70	2,88	7,62	3,16	22,0	0,385
0,65	3,35	6,10	2,72	20,4	0,332
0,60	3,93	4,80	2,32	18,8	0,283
0,55	4,67	3,70	1,95	17,3	0,238
0,50	5,65	2,78	1,61	15,7	0,196
0,475	6,26	2,38	1,45	14,9	0,177
0,45	6,98	2,03	1,30	14,1	0,159
0,425	7,82	1,71	1,16	13,4	0,142
0,40	8,83	1,42	1,03	12,6	0,126
0,375	10,1	1,17	0,906	11,8	0,110
0,35	11,5	0,953	0,789	11,0	0,0962
0,32	13,8	0,728	0,659	10,1	0,0804
0,30	15,7	0,600	0,580	9,42	0,0707
0,28	18,0	0,488	0,505	8,80	0,0616
0,26	20,9	0,391	0,435	8,17	0,0531
0,25	22,6	0,347	0,403	7,85	0,0491
0,24	24,5	0,307	0,371	7,54	0,0452
0,23	26,7	0,270	0,341	7,23	0,0415
0,22	29,2	0,237	0,312	6,91	0,0380
0,21	32,0	0,206	0,284	6,60	0,0346
0,20	35,3	0,178	0,258	6,28	0,0314
0,19	39,1	0,152	0,232	5,97	0,0284
0,18	43,6	0,130	0,209	5,65	0,0254
0,17	48,9	0,109	0,186	5,34	0,0227
0,16	55,2	0,0910	0,165	5,03	0,0201
0,15	62,8	0,0750	0,145	4,71	0,0177

Durchmesser mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2
0,14	72,1	0,0610	0,126	4,40	0,0154
0,13	83,6	0,0488	0,109	4,08	0,0133
0,12	98,1	0,0384	0,0927	3,77	0,0113
0,11	117	0,0296	0,0779	3,46	0,00950
0,10	141	0,0222	0,0644	3,14	0,00785
0,090	174	0,0162	0,0522	2,83	0,00636
0,080	221	0,0114	0,0412	2,51	0,00503
0,070	288	0,00762	0,0316	2,20	0,00385
0,060	393	0,00480	0,0232	1,88	0,00283
0,050	565	0,00278	0,0161	1,57	0,00196

NIKROTHAL 40, 20

Draht

6,0 – 0,10 mm Ø
 Spezifischer elektrischer
 Widerstand $\Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1}$
 NIKROTHAL 20 0,95
 NIKROTHAL 40 1,04

Dichte, g cm^{-3}
 NIKROTHAL 20 7,80
 NIKROTHAL 40 7,90

I = Stromstärke
 C_t = Temperaturfaktor
 P = Oberflächenbelastung
 $\text{cm}^2/\Omega = \frac{I^2 C_t}{P}$

Den Widerstand bei Betriebstemperatur erhält man durch Multiplikation mit nachstehenden Faktoren C_t :

°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
NIKROTHAL 40 C_t	1,00	1,03	1,06	1,10	1,12	1,15	1,17	1,19	1,21	1,22	1,23	1,24
NIKROTHAL 20 C_t	1,00	1,04	1,10	1,14	1,17	1,21	1,23	1,26	1,28	1,30	1,32	1,34

Die Werte für NIKROTHAL 20 erhält man durch Multiplikation der Zahlen in der Tabelle mit:

	0,913	1,095	0,987				0,913	1,095	0,987			
Durchmesser mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2	Durchmesser mm	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2	
6,0	0,0368	5125	223	188	28,3	0,15	58,9	0,0801	0,140	4,71	0,0177	
5,5	0,0438	3947	188	173	23,8	0,14	67,6	0,0651	0,122	4,40	0,0154	
5,0	0,0530	2966	155	157	19,6	0,13	78,4	0,0521	0,105	4,08	0,0133	
4,75	0,0587	2543	140	149	17,7	0,12	92,0	0,0410	0,0893	3,77	0,0113	
4,5	0,0654	2162	126	141	15,9	0,11	109	0,0316	0,0751	3,46	0,00950	
4,25	0,0733	1821	112	134	14,2	0,10	132	0,0237	0,0620	3,14	0,00785	
4,0	0,0828	1518	99,3	126	12,6							
3,75	0,094	1251	87,3	118	11,0							
3,5	0,108	1017	76,0	110	9,62							
3,25	0,125	814	65,5	102	8,30							
3,0	0,147	641	55,8	94,2	7,07							
2,8	0,169	521	48,6	88,0	6,16							
2,6	0,196	417	41,9	81,7	5,31							
2,5	0,212	371	38,8	78,5	4,91							
2,2	0,274	253	30,0	69,1	3,80							
2,0	0,331	190	24,8	62,8	3,14							
1,9	0,367	163	22,4	59,7	2,84							
1,8	0,409	138	20,1	56,5	2,54							
1,7	0,458	117	17,9	53,4	2,27							
1,6	0,517	97,2	15,9	50,3	2,01							
1,5	0,589	80,1	14,0	47,1	1,77							
1,4	0,676	65,1	12,2	44,0	1,54							
1,3	0,784	52,1	10,5	40,8	1,33							
1,2	0,920	41,0	8,93	37,7	1,13							
1,1	1,09	31,6	7,51	34,6	0,950							
1,0	1,32	23,7	6,20	31,4	0,785							
0,95	1,47	20,3	5,60	29,8	0,709							
0,90	1,63	17,3	5,03	28,3	0,636							
0,85	1,83	14,6	4,48	26,7	0,567							
0,80	2,07	12,1	3,97	25,1	0,503							
0,75	2,35	10,01	3,49	23,6	0,442							
0,70	2,70	8,14	3,04	22,0	0,385							
0,65	3,13	6,52	2,62	20,4	0,332							
0,60	3,68	5,12	2,23	18,8	0,283							
0,55	4,38	3,95	1,88	17,3	0,238							
0,50	5,30	2,97	1,55	15,7	0,196							
0,475	5,87	2,54	1,40	14,9	0,177							
0,45	6,54	2,16	1,26	14,1	0,159							
0,425	7,33	1,82	1,12	13,4	0,142							
0,40	8,28	1,52	0,993	12,6	0,126							
0,375	9,4	1,25	0,873	11,8	0,110							
0,35	10,8	1,017	0,760	11,0	0,0962							
0,32	12,9	0,777	0,635	10,1	0,0804							
0,30	14,7	0,641	0,558	9,42	0,0707							
0,28	16,9	0,521	0,486	8,80	0,0616							
0,26	19,6	0,417	0,419	8,17	0,0531							
0,25	21,2	0,371	0,388	7,85	0,0491							
0,24	23,0	0,328	0,357	7,54	0,0452							
0,23	25,0	0,289	0,328	7,23	0,0415							
0,22	27,4	0,253	0,300	6,91	0,0380							
0,21	30,0	0,220	0,274	6,60	0,0346							
0,20	33,1	0,190	0,248	6,28	0,0314							
0,19	36,7	0,163	0,224	5,97	0,0284							
0,18	40,9	0,138	0,201	5,65	0,0254							
0,17	45,8	0,117	0,179	5,34	0,0227							
0,16	51,7	0,0972	0,159	5,03	0,0201							

NIKROTHAL 80, 60, 40

Flachdraht

Spezifischer elektrischer Widerstand $\Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1}$
 Dichte, g cm^{-3}
 $I =$ Stromstärke
 $C_t =$ Temperaturfaktor
 $P =$ Oberflächenbelastung
 $\text{cm}^2/\Omega = \frac{I^2 C_t}{P}$

NIKROTHAL 80	1,09	8,30
NIKROTHAL 60	1,11	8,20
NIKROTHAL 40	1,04	7,90

Den Widerstand bei Betriebstemperatur erhält man durch Multiplikation mit nachstehenden Faktoren C_t :

°C	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
NIKROTHAL 80 C_t	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,04	1,04	1,04	1,04	1,05	1,06	1,07
NIKROTHAL 60 C_t	1,00	1,02	1,04	1,05	1,06	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,13
NIKROTHAL 40 C_t	1,00	1,03	1,06	1,10	1,12	1,15	1,17	1,19	1,21	1,22	1,23	1,24	

Die Werte für NIKROTHAL 60 und 40 erhält man durch Multiplikation der Zahlen in der Tabelle mit:

N 60	1,018	0,982	0,988	N 60	1,018	0,982	0,988						
N 40	0,954	1,048	0,952	N 40	0,954	1,048	0,952						
Breite	Dicke	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2	Breite	Dicke	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2
mm	mm	bei 20°C	bei 20°C	g/m	cm^2/m	mm^2	mm	mm	bei 20°C	bei 20°C	g/m	cm^2/m	mm^2
4	1,0	0,296	338	30,5	100	3,68	1,5	1,0	0,790	63,3	11,5	50,0	1,38
	0,90	0,329	298	27,5	98,0	3,31		0,90	0,878	54,7	10,3	48,0	1,24
	0,80	0,370	259	24,4	96,0	2,94		0,80	0,987	46,6	9,16	46,0	1,10
	0,70	0,423	222	21,4	94,0	2,58		0,70	1,13	39,0	8,02	44,0	0,966
	0,60	0,494	186	18,3	92,0	2,21		0,60	1,32	31,9	6,87	42,0	0,828
	0,50	0,592	152	15,3	90,0	1,84		0,50	1,58	25,3	5,73	40,0	0,690
	0,40	0,740	119	12,2	88,0	1,47		0,40	1,97	19,2	4,58	38,0	0,552
	0,30	0,987	87,1	9,16	86,0	1,10		0,30	2,63	13,7	3,44	36,0	0,414
	0,20	1,48	56,7	6,11	84,0	0,736		0,20	3,95	8,61	2,29	34,0	0,276
	0,15	1,97	42,0	4,58	83,0	0,552		0,15	5,27	6,27	1,72	33,0	0,207
	0,10	2,96	27,7	3,05	82,0	0,368		0,10	7,90	4,05	1,15	32,0	0,138
								0,090	8,78	3,62	1,03	31,8	0,124
								0,080	9,87	3,20	0,916	31,6	0,110
3	1,0	0,395	203	22,9	80,0	2,76	1,2	0,80	1,23	32,4	7,33	40,0	0,883
	0,90	0,439	178	20,6	78,0	2,48		0,70	1,41	26,9	6,41	38,0	0,773
	0,80	0,494	154	18,3	76,0	2,21		0,60	1,65	21,9	5,50	36,0	0,662
	0,70	0,564	131	16,0	74,0	1,93		0,50	1,97	17,2	4,58	34,0	0,552
	0,60	0,658	109	13,7	72,0	1,66		0,40	2,47	13,0	3,67	32,0	0,442
	0,50	0,790	88,6	11,5	70,0	1,38		0,30	3,29	9,12	2,75	30,0	0,331
	0,40	0,987	68,9	9,16	68,0	1,10		0,20	4,94	5,67	1,83	28,0	0,221
	0,30	1,32	50,1	6,87	66,0	0,828		0,15	6,58	4,10	1,37	27,0	0,166
	0,20	1,97	32,4	4,58	64,0	0,552		0,10	9,87	2,63	0,916	26,0	0,110
	0,15	2,63	23,9	3,44	63,0	0,414		0,090	11,0	2,35	0,825	25,8	0,099
	0,10	3,95	15,7	2,29	62,0	0,276		0,080	12,3	2,07	0,733	25,6	0,088
2,5	1,0	0,474	148	19,1	70,0	2,30	1,0	0,80	1,48	24,3	6,11	36,0	0,736
	0,90	0,527	129	17,2	68,0	2,07		0,70	1,69	20,1	5,35	34,0	0,644
	0,80	0,592	111	15,3	66,0	1,84		0,60	1,97	16,2	4,58	32,0	0,552
	0,70	0,677	94,5	13,4	64,0	1,61		0,50	2,37	12,7	3,82	30,0	0,460
	0,60	0,790	78,5	11,5	62,0	1,38		0,40	2,96	9,45	3,05	28,0	0,368
	0,50	0,948	63,3	9,55	60,0	1,15		0,30	3,95	6,58	2,29	26,0	0,276
	0,40	1,18	49,0	7,64	58,0	0,920		0,20	5,92	4,05	1,53	24,0	0,184
	0,30	1,58	35,4	5,73	56,0	0,690		0,15	7,90	2,91	1,15	23,0	0,138
	0,20	2,37	22,8	3,82	54,0	0,460		0,10	11,8	1,86	0,764	22,0	0,0920
	0,15	3,16	16,8	2,86	53,0	0,345		0,090	13,2	1,66	0,687	21,8	0,0828
	0,10	4,74	11,0	1,91	52,0	0,230		0,080	14,8	1,46	0,611	21,6	0,0736
2,0	1,0	0,592	101	15,3	60,0	1,84	0,9	0,70	1,88	17,0	4,81	32,0	0,580
	0,90	0,658	88,1	13,7	58,0	1,66		0,60	2,19	13,7	4,12	30,0	0,497
	0,80	0,740	75,6	12,2	56,0	1,47		0,50	2,63	10,6	3,44	28,0	0,414
	0,70	0,846	63,8	10,7	54,0	1,29		0,40	3,29	7,90	2,75	26,0	0,331
	0,60	0,987	52,7	9,16	52,0	1,10		0,30	4,39	5,47	2,06	24,0	0,248
	0,50	1,18	42,2	7,64	50,0	0,920		0,20	6,58	3,34	1,37	22,0	0,166
	0,40	1,48	32,4	6,11	48,0	0,736		0,15	8,78	2,39	1,03	21,0	0,124
	0,30	1,97	23,3	4,58	46,0	0,552		0,10	13,2	1,52	0,687	20,0	0,0828
	0,20	2,96	14,9	3,05	44,0	0,368		0,090	14,6	1,35	0,619	19,8	0,0745
	0,15	3,95	10,9	2,29	43,0	0,276		0,080	16,5	1,19	0,550	19,6	0,0662
	0,10	5,92	7,09	1,53	42,0	0,184		0,070	18,8	1,03	0,481	19,4	0,0580
1,8	1,0	0,658	85,1	13,7	56,0	1,66		0,60	2,19	13,7	4,12	30,0	0,497
	0,90	0,731	73,8	12,4	54,0	1,49		0,50	2,63	10,6	3,44	28,0	0,414
	0,80	0,823	63,2	11,0	52,0	1,32		0,40	3,29	7,90	2,75	26,0	0,331
	0,70	0,940	53,2	9,62	50,0	1,16		0,30	4,39	5,47	2,06	24,0	0,248
	0,60	1,10	43,8	8,25	48,0	0,994		0,20	6,58	3,34	1,37	22,0	0,166
	0,50	1,32	34,9	6,87	46,0	0,828		0,15	8,78	2,39	1,03	21,0	0,124
	0,40	1,65	26,7	5,50	44,0	0,662		0,10	13,2	1,52	0,687	20,0	0,0828
	0,30	2,19	19,1	4,12	42,0	0,497		0,090	14,6	1,35	0,619	19,8	0,0745
	0,20	3,29	12,2	2,75	40,0	0,331		0,080	16,5	1,19	0,550	19,6	0,0662
	0,15	4,39	8,89	2,06	39,0	0,248		0,070	18,8	1,03	0,481	19,4	0,0580
	0,10	6,58	5,77	1,37	38,0	0,166		0,060	21,9	0,875	0,412	19,2	0,0497
								0,050	26,3	0,722	0,344	19,0	0,0414
							0,8	0,70	2,12	14,2	4,28	30,0	0,515
								0,60	2,47	11,3	3,67	28,0	0,442
								0,50	2,96	8,78	3,05	26,0	0,368

NIKROTHAL 80, 60, 40

Flachdraht

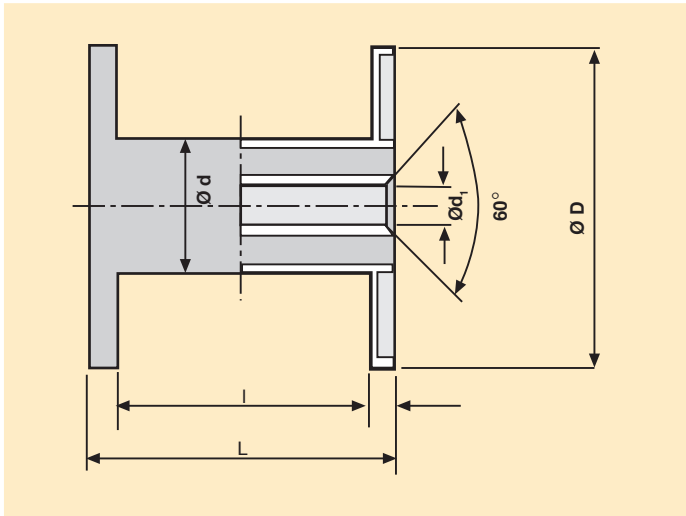
Die Werte für NIKROTHAL 60 und 40 erhält man durch Multiplikation der Zahlen in der Tabelle mit:

N 60	1,018	0,982	0,988	N 60	1,018	0,982	0,988						
N 40	0,954	1,048	0,952	N 40	0,954	1,048	0,952						
Breite	Dicke	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2	Breite	Dicke	Widerstand pro Meter, Ω bei 20°C	cm^2/Ω bei 20°C	Gewicht pro Meter g/m	Oberfläche pro Meter cm^2/m	Querschnitt mm^2
mm	mm	bei 20°C	bei 20°C	g/m	cm^2/m	mm^2	mm	≤mm	bei 20°C	bei 20°C	g/m	cm^2/m	mm^2
0,8	0,40	3,70	6,48	2,44	24,0	0,294	0,3	0,20	19,7	0,506	0,458	10,0	0,0552
	0,30	4,94	4,46	1,83	22,0	0,221		0,15	26,3	0,342	0,344	9,00	0,0414
	0,20	7,40	2,70	1,22	20,0	0,147		0,10	39,5	0,203	0,229	8,00	0,0276
	0,15	9,87	1,92	0,916	19,0	0,110		0,090	43,9	0,178	0,206	7,80	0,0248
	0,10	14,8	1,22	0,611	18,0	0,0736		0,080	49,4	0,154	0,183	7,60	0,0221
	0,090	16,5	1,08	0,550	17,8	0,0662		0,070	56,4	0,131	0,160	7,40	0,0193
	0,080	18,5	0,951	0,489	17,6	0,0589		0,060	65,8	0,109	0,137	7,20	0,0166
	0,070	21,2	0,822	0,428	17,4	0,0515		0,050	79,0	0,0886	0,115	7,00	0,0138
	0,060	24,7	0,697	0,367	17,2	0,0442							
	0,050	29,6	0,574	0,305	17,0	0,0368							

Lieferformen für Draht und Flachdraht

Draht

Draht < 1,63 mm Ø kann auf Standardspulen, wie in der Abbildung dargestellt, geliefert werden. Es wird nur eine Drahtlänge auf jede Spule gewickelt.



Drahtspulen

Spulen-Type	Spulen-Gewicht g	Spulenmaße, mm						Drahtdicke (mm Ø)	Kapazität (netto) (≈kg)
		D	l	d	d ₁	s	L		
C 1/4	63	63	51	44	16	5	61	< 0,030	0,25
C 1/2	70	63	76	44	16	5	86	0,030 – 0,049	0,50
DIN 80	70	80	64	50	16	8	80	0,050 – 0,099	0,8
B 1	100	75	100	40	16	10	120	0,10 – 0,19	1
B 2	115	90	100	40	16	10	120	0,20 – 0,24	2
B 4	180	120	100	50	16	10	120	0,25 – 1,00	4
DIN 200	600	200	160	125	36	20	200	0,16 – 1,20	10
DIN 250	1050	250	160	160	36	20	200	0,30 – 1,63	20
DIN 355	1850	355	160	224	36	20	200	0,50 – 1,63	40

Fässer Draht < 1,63 mm Ø kann auch in Fässern von bis zu 30 kg und 50 kg geliefert werden (KANTHAL-Legierungen > 0,4 mm Ø und NIKROTHAL-Legierungen > 0,45 mm Ø).

Ringe Draht ≥ 1,65 mm Ø wird normalerweise in Ringen mit einem Innendurchmesser von 500 – 600 mm geliefert.

Flachdraht

Flachdraht wird normalerweise auf Spulen nach DIN 100 geliefert. Abmessungen mit einer Querschnittsfläche von ≥ 0,3 mm² werden auf Spulen nach DIN 125 gewickelt. Eine typische Standardspule wird in der Abbildung gezeigt.

Flachdrahtspulen

Spulen-Typen	Spulen-Gewicht g	Spulenmaße, mm						Kapazität (netto≈kg)	
		D	l	d	d ₁	s	L	KANTHAL	NIKROTHAL
DIN 80	70	80	64	50	16	8	80	0,7	0,8
DIN 100	125	100	80	63	16	10	100	1,5	1,9
DIN 125	200	125	100	80	16	12,5	125	3,0	3,5
DIN 200	600	200	160	125	36	20	200	10,0	11,0

KANTHAL

KANTHAL AB
Box 502, S-734 27 Hallstahammar, Schweden
Tel + 46 220 210 00 Fax +46 220 163 50
E-mail: info@kanthal.se