



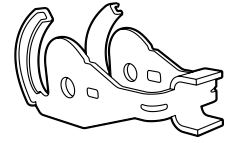
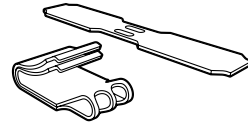
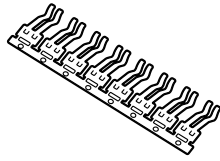
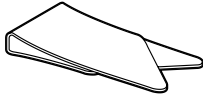
PRECISION STRIP  
ROSTFREIER FEDERBANDSTAHL  
ZAPP® 1.4310

Neu seit 1701  
Zapp Precision Metals GmbH

**ZAPP**



# INHALT



## VORWORT

- 04** DAS UNTERNEHMEN
- 06** ZAPP® 1.4310 LIEFERÜBERSICHT
- 19** FEDERBANDLAGER
- 20** MECHANISCHE UND PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN
- 48** KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT
- 51** WEITERE GÜTEN UND LIEFERFORMEN
- 52** NORMENHIERARCHIE
- 53** BEARBEITUNGSVERFAHREN
- 55** VERZEICHNIS TABELLEN UND ABBILDUNGEN
- 56** KONTAKT

# VORWORT

Innerhalb des Portfolios der bei Zapp hergestellten Präzisionsbänder kommt dem Werkstoff Zapp® 1.4310 in seinen vier Varianten eine herausragende Bedeutung zu. Der Stahl hat sich im Anwendungsfeld der Feder-, Stanz- und Biegeteile im Markt einen festen Platz erobert. Mehr noch: Er ist dort nicht mehr wegzudenken!

Dies war uns Anlass, dem Thema „Präzisionsbänder aus Zapp® 1.4310“ einen Katalog zu widmen. Wir sind sicher, dass die darin enthaltenen umfangreichen Informationen für Sie eine wertvolle Hilfe sind, auf eine Vielzahl Ihrer Fragen die richtigen Antworten zu finden. Sollten Sie weitergehende Informationen benötigen, stehen wir Ihnen gerne als Ansprechpartner zur Verfügung.

Dies gilt natürlich auch für Fragestellungen, die andere Werkstoffe betreffen, die zu unserem Portfolio gehören, jedoch nicht Gegenstand dieses Katalogs sind.



Dr. Stefan Seng  
Vorstandsvorsitzender



Gerald Zwickel  
Vorstand

# DAS UNTERNEHMEN

## DAS UNTERNEHMEN

Unser 4. Jahrhundert – Chronik

Die Fortschritte der Stahlindustrie in den letzten 300 Jahren haben Leben, Wirtschaft und Kultur beeinflusst. Die Familie Zapp ist in diesen Entwicklungen verwurzelt:

- 1701-1869: Fünf Generationen produzieren zunächst Schmiedeeisen, später Stahl.
- 1871: Robert Zapp gründet einen Stahlhandel in Düsseldorf mit dem Schwerpunkt Spezialstähle.
- 1887: Robert Zapp erhält exklusiv die Vertriebsrechte für Krupp-Werkzeugstähle.
- 1913-1927: Markteinführung der Krupp-Werkstoffe Nirosta und Widia.
- 1926: Übernahme von Gesellschaftsanteilen der Firma Stahlwerk Ergste.
- 1955: Das Handelsunternehmen firmiert unter Robert Zapp Werkstofftechnik. Einführung von Nickel- und Kobaltbasiswerkstoffen, später Vertriebsrechte für CPM-Werkstoffe.
- 1961: Stahlwerk Ergste fokussiert sich auf rostfreie Stähle.
- 1991: Stahlwerk Ergste erwirbt die Firma Westig.
- 1996: Aufbau einer ersten Produktionsstätte in den USA, in Summerville, South Carolina, für Draht und Flachdraht.
- 1998: Die Unternehmen der Zapp-Gruppe werden unter der Zapp AG vereint.
- 2000: Errichtung einer zweiten Produktionsstätte in den USA in Dartmouth, Massachusetts, für Präzisionsbandprodukte. Aufbau des Service Centers West-Coast.
- 2005: Gründung der Zapp Medical Alloys und eines Service Centers für Nickelbasislegierungen in Deutschland.
- 2007: Aufbau weiterer Service Center in China sowie an der Ostküste der USA.
- 2008: Übernahme der Ferd. Wagner GmbH
- 2011: Ein Großbrand am Standort Ergste vernichtet wesentliche Teile der Präzisionsbandfertigung.
- 2012/2013: Aufbau der weltweit modernsten Fabrik für die Fertigung von Präzisionsband in Unna. Einhergehend erfolgt damit eine Konzentration der Produktion von

Bandprodukten in Unna, sowie der Produktion von Draht-, Stab- und Profilprodukten in Schwerte-Ergste. 2013: Die Zapp-Gruppe vereinheitlicht ihren Auftritt, Stahlwerk Ergste Westig, Zapp Medical Alloys und Ferd. Wagner werden in der Zapp Precision Metals GmbH zusammengeführt.

### DIE GRUPPE

Die Zapp-Gruppe hat heute Produktionsstätten, Beratungs- und Service-Center in Europa, USA und Asien. Hinzu kommt ein weltweites Netz unternehmenseigener und -fremder Vertriebspartner. Zapp segmentiert in Deutschland nach den Geschäftsbereichen

**PRECISION STRIP**, Unna, mit den Produktbereichen:

- \_ Präzisionsbandprodukte und
- \_ Bimetall

**PRECISION WIRE**, Schwerte-Ergste, mit den Produktbereichen:

- \_ Präzisionsdraht, -stab und -profil
- \_ MEDICAL ALLOYS: Feindrähte, Profile, Bänder, Bleche und Rohre für die Medizintechnik

und

**MATERIALS ENGINEERING**, Ratingen/Unna, mit den Produktbereichen:

- \_ SPECIALTY MATERIALS, Ratingen: Hochleistungswerkstoffe
- \_ TOOLING ALLOYS, Ratingen und Unna: vornehmlich pulvermetallurgische Werkzeugstähle

### FERTIGUNGSSTÄTTE

Die Zapp Precision Metals GmbH ist auf Präzisionshalbzeuge durch Kaltumformung spezialisiert und betreibt Produktionsstätten für Draht-, Stab- und Profilprodukte in Schwerte-Ergste und Summerville, sowie für Band- und Bimetallprodukte in Unna und Dartmouth.

### BAND-PRODUKTE

Das Werkstoffspektrum umfasst rost-, säure- und hitzebeständige Edelstähle (ferritische, austenitische, martensitische und ausscheidungshärtbare Stähle), Nickel- und Titanlegierungen sowie hochkohlenstoffhaltige C-Stähle und Bimetall.

Die Produkte können legierungsabhängig im verfestigten, schlussgeglühten oder vergüteten Zustand geliefert werden.

Ausgehend von Kaltbreitband werden Präzisionsbandprodukte zwischen 0,02 und 1,5 mm Banddicke hergestellt. In der US-Fertigung können Bänder bis 1066 mm, in Europa bis 750 mm Bandbreite gefertigt werden. Das Band wird auf Vielrollengerüsten im Reversierbetrieb gewalzt. Je nach Dicke und gewünschten Eigenschaften kann mehrmals nacheinander wärmebehandelt und gewalzt werden. Schlussgeglühtes oder kaltverfestigtes Band, etwa Federband, wird zur Verbesserung von Ebenheit und Geradheit streckbiegegerichtet und anschließend durch Längs- und Querverteilung konfektioniert. Kernkompetenz von PRECISION STRIP ist es, Produkte mit engen Form- und Lagetoleranzen, Sonderoberflächen, engen mechanischen und physikalischen Eigenschaften sowie speziellen Lieferformen (Coil, Spule, Tafel, Multicoil) auszuführen.

#### **INNOVATION UND TECHNOLOGIE**

Die Zapp-Gruppe steht für nachhaltige Innovationen im Bereich von Präzisionshalbzeugen und Hochleistungswerkstoffen. Der Aufbau einer der weltweit modernsten Fabriken für die Fertigung von Präzisionsband in Unna dokumentiert Zapps Anspruch, in einem innovationsstarken Marktumfeld eine Führungsposition einzunehmen. Die Innovationskraft von Zapp ist ein entscheidendes Erfolgskriterium im Wettbewerb und macht Zapp zu einem gefragten Partner besonders in innovationsstarken Industriezweigen, namentlich der Medizintechnik sowie der Automobil-, Luftfahrt- und chemischen Industrie.

Den stetig steigenden Anforderungen aus Industrie und Technik an die Eigenschaften der Produkte und dem zunehmenden Kostendruck im Wettbewerb begegnet Zapp seit jeher mit einem umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsprogramm. Hierbei gelingt es Zapp in Kooperation mit Forschungseinrichtungen und in enger Zusammenarbeit mit Kunden und Lieferanten stets kundenoptimierte und praxisnahe Lösungen zu entwickeln.

#### **DAS QUALITÄTSMANAGEMENT**

Die Unternehmensstrategie der Zapp-Gruppe wird mit dem Ziel einer stetigen Verbesserung der Prozesse und Produkte von einem umfassenden Qualitäts-

management-System begleitet. Alle Standorte sind gemäß ISO 9001 Regelwerk zertifiziert; hinzu kommen Zertifizierungen gemäß ISO/TS 16949 an den Standorten in Schwerte-Ergste und in Unna für die Zusatzanforderungen der internationalen Automobilindustrie, sowie gemäß EN 9120 am Standort in Ratingen und AS 9100 am Standort in Dartmouth MA, USA für die Zusatzanforderungen der internationalen Luftfahrtindustrie.

#### **NACHHALTIGKEIT**

Gelebte Nachhaltigkeit bildet den wesentlichen Innovationsmotor eines Unternehmens, fördert den kontinuierlichen Prozess zur Verbesserung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Performance und sichert damit die Zukunftsfähigkeit eines Unternehmens. Dies ist der Grund weshalb nachhaltiges und verantwortliches Wirtschaften bei Zapp seit über 310 Jahren die Kultur des Unternehmens prägt.

Zapp bekennt sich zu den zehn Prinzipien des Global Compact der Vereinten Nationen. Hierbei ist für Zapp der Umwelt- und Klimaschutz als ein Unternehmen mit hohem Energieverbrauch besonders wichtig. Zu diesem Zweck hat Zapp in der gesamten Unternehmensgruppe ein Umweltmanagementsystem implementiert, das sich an den Vorgaben der DIN EN ISO 14001 orientiert. Die gelebte Verantwortung in diesem Bereich wird nicht zuletzt durch die Inbetriebnahme eines der modernsten und energieeffizientesten Kaltwalzwerke in Europa dokumentiert, sondern dies gilt auch für die getätigten Investitionen in neue Anlagen am Standort Schwerte-Ergste für die Profil-, Stab- und Drahtproduktion, insbesondere für die Automobilindustrie und die Medizintechnik. Auf der Basis von Evaluierungen und Auditierungen werden gemeinsam mit Lieferanten und Kunden auch im Bereich der Nachhaltigkeit fortlaufend Verbesserungspotenziale identifiziert und Maßnahmen zu deren Realisierung vereinbart. Die konzernweiten Nachhaltigkeitsaktivitäten werden mithilfe entsprechender Beauftragter bzw. funktionaler Einheiten innerhalb des Konzerns gesteuert, die für die Verankerung von sozialen und ökologischen Anforderungen in die alltäglichen Arbeitsprozesse sorgen.

# ZAPP® 1.4310 LIEFERÜBERSICHT

- 06** ZAPP® 1.4310 LIEFERÜBERSICHT
- 07** VERGLEICH DER WERKSTOFFVARIANTEN
- 08** WERKSTOFFE
- 09** MECHANISCHE WERTE UND HÄRTE
- 11** ABMESSUNGEN / TOLERANZEN
  - \_ ABMESSUNGEN
  - \_ DICKENTOLERANZ
  - \_ BREITENTOLERANZ
  - \_ EBENHEITS- UND KANTENWELLLIGKEITSTOLERANZ
  - \_ SEITENGERADHEITSTOLERANZ
  - \_ ROLLKRÜMMUNG
- 16** KANTEN / OBERFLÄCHEN
- 17** LIEFERFORMEN
- 18** VERPACKUNGEN

# VERGLEICH DER WERKSTOFFVARIANTEN

In Ergänzung zu den Standardnormen für Federbandstahl DIN EN 10151 und DIN EN ISO 9445-1 gibt der vorliegende Zapp-Federbandkatalog einen Überblick der besonderen Eigenschaften des nichtrostenden Präzisions-Federbandstahles Zapp® 1.4310 (X10CrNi18-8), sowie Hinweise zur Auswahl und Verarbeitung.

Ansprüche von Feder-/Stanz- und Biegeteilhersteller an Federbandstähle steigen. Das ergibt sich einerseits aus den geforderten Verarbeitungseigenschaften, und andererseits aus den Anforderungen an die Funktion der hergestellten Teile. Immer häufiger fällt die Entscheidung daher zugunsten von Zapp® 1.4310.

Der Werkstoff 1.4310 gehört aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung nach Norm zur Gruppe der metastabilen Austenite. Innerhalb dieser Norm hat Zapp eigene Werkstoffe mit eingegengten Analysenspannen entwickelt:

- \_ Zapp® 1.4310FM
- \_ Zapp® 1.4310FC
- \_ Zapp® 1.4310FS
- \_ Zapp® 1.4310FF

Dabei sind die Werkstoffe Zapp® 1.4310FM und Zapp® 1.4310FC austenitstabiler als die Werkstoffe Zapp® 1.4310FS und Zapp® 1.4310FF. Mit unserer Verfahrenstechnik und unserem Know-how können wir gezielt hohe Federkräfte bei gleichzeitig gutem Restumformvermögen einstellen.

## **ZAPP® 1.4310FM**

Diese Variante wurde ursprünglich für spezielle Membran-Applikationen entwickelt. Das heutige Einsatzgebiet konzentriert sich auf den Festigkeitsbereich bis 1200 MPa bei einem gleichzeitigen Streckgrenzenverhältnis von mind. 75%. Temperaturbeständigkeit in Abhängigkeit vom Belastungsfall: bis ca. 120°C

## **ZAPP® 1.4310FC**

Diese Federbandvariante ist für rostfreie Feder-, Stanz- und Biegeteile geeignet. Sie besitzt gute Federeigenschaften, vorzugsweise bis zu Zugfestigkeiten von 1500 MPa. Temperaturbeständigkeit in Abhängigkeit vom Belastungsfall: bis ca. 200 °C

## **ZAPP® 1.4310FS**

Diese Federbandgüte wird am häufigsten eingesetzt. Die Zugfestigkeit kann bis zu 2200 MPa erreichen. Der Werkstoff bietet dem Anwender eine einzigartige Kombination aus Zugfestigkeit/Federeigenschaft in Verbindung mit einem ausgezeichneten Umformvermögen. Diese Bänder lassen sich auch bei vergleichsweise hohen Zugfestigkeiten gut zu Feder-, Stanz- und/oder Biegeteilen verarbeiten.

Die Werkstoffvariante Zapp® 1.4310FS ist analytisch normkonform auch gegenüber dem amerikanischen Werkstoff AISI 301 (UNS S30100). Temperaturbeständigkeit in Abhängigkeit vom Belastungsfall: bis ca. 250 °C

## **ZAPP® 1.4310FF**

Bei dem Werkstoff 1.4310FF handelt es sich um einen Stahl, der aufgrund seines erhöhten Molybdängehaltes eine verbesserte Korrosionsbeständigkeit aufweist. Auch Zapp® 1.4310FF kann Festigkeiten bis 2200 MPa erreichen. Die erhöhten Silizium- und Molybdängehalte sorgen für ein gesteigertes Anlassverhalten.

Temperaturbeständigkeit in Abhängigkeit vom Belastungsfall: bis ca. 250°C

Zapp® 1.4310 wird von zahlreichen Kunden für verschiedene anspruchsvolle Anwendungen eingesetzt. Zapp liefert über das gesamte Abmessungsspektrum in unterschiedlichen Festigkeitsklassen.

Spezifische Be- oder Verarbeitungsprozesse erfordern unterschiedliche Werkstoffe. Die optimale Lösung entwickeln wir in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden. Der Einsatz von Spezialisten macht es uns möglich, auch für Ihre Anwendung die beste Werkstoff-/Verarbeitungskombination zu finden. Kundenspezifische Problemlösungen sind häufig der Beginn einer langfristig erfolgreichen Partnerschaft. Die gewohnte Zapp-Qualität sowie schnelle und flexible Bestell- und Liefermöglichkeiten sind Ihnen sicher.

# WERKSTOFFE

**TABELLE 1** | Chemische Zusammensetzung (Richtwerte)

Bezeichnung Zapp	Massenanteil Legierungselemente in Prozent						
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N
1.4310FM	0,06	0,60	1,20	18,10	8,20	-	0,040
1.4310FC	0,10	0,60	1,00	16,70	7,20	-	0,040
1.4310FS	0,10	0,90	1,20	16,70	6,60	-	0,070
1.4310FF	0,10	1,20	1,20	16,70	6,60	0,70	0,070

**TABELLE 2** | Korrespondierende Normen

Bezeichnung Zapp	EN 10151	EN 10151	EN 10088-2*	EN 10088-2*	ASTM A 666
	Werkstoffnummer	Kurzbezeichnung	Werkstoffnummer	Kurzbezeichnung	Kurzbezeichnung
1.4310FM	1.4310	X10CRNI18-8	1.4310	X10CrNi18-8	AISI 302
1.4310FC	1.4310	X10CRNI18-8	1.4310	X10CrNi18-8	AISI 301
1.4310FS	1.4310	X10CRNI18-8	1.4310	X10CrNi18-8	AISI 301
1.4310FF	1.4310	X10CRNI18-8	1.4310	X10CrNi18-8	**AISI 301

\* EN 10088-2 ersetzt die nationalen Normen BS 1449-2, AFNOR A 35-573, UNI 8366-82 und SS 14

\*\* Abweichung beim Silizium Gehalt

**TABELLE 3** | Korrespondierende weltweite Normen

Zapp	Europa EN	Europa EN	USA UNS	China GB	Russland Gost	Indien IS	Korea ST	Japan JIS
	Werkstoffnummer	Kurzbezeichnung	Kurzbezeichnung	Kurzbezeichnung	Kurzbezeichnung	Kurzbezeichnung	Kurzbezeichnung	Kurzbezeichnung
1.4310 <sup>1</sup>	1.4310	X10CrNi18-8	S30100	1Cr17Ni7	12Ch18N9	X07Cr18Ni9	STS 301	SUS 301

<sup>1</sup> Außer Zapp® 1.4310FM



# MECHANISCHE WERTE UND HÄRTE

## ZUGFESTIGKEITEN

Lieferbare Zugfestigkeitsbereiche der vier Werkstoffvarianten des rostfreien Federbandes Zapp® 1.4310.

**TABELLE 4** | Zugfestigkeiten gemäß DIN EN 10151: Banddicken 0,025 mm bis ≤1,00 mm im Lieferzustand C850 bis C1900 und T

Norm	C850	C1000	C1150	C1300	C1500	C1700 <sup>1)</sup>	C1900 <sup>2)</sup>	Steigerung der Zugfestigkeit durch Anlassen (T) in MPa
Zugfestigkeitsstufen	C850	C1000	C1150	C1300	C1500	C1700 <sup>1)</sup>	C1900 <sup>2)</sup>	Steigerung der Zugfestigkeit durch Anlassen (T) in MPa
Zugfestigkeitsbereich in MPa	850-1000	1000-1150	1150-1300	1300-1500	1500-1700	1700-1900	1900-2200	
Werknorm								
Zapp® 1.4310FM <sup>3)</sup>	■	■	■	auf Anfrage		nicht lieferbar		bis 100
Zapp® 1.4310FC	■	■	■	■	■	auf Anfrage		bis 200
Zapp® 1.4310FS	■	■	■	■	■	■	■	bis 250
Zapp® 1.4310FF	■	■	■	■	■	■	■	bis 300
Zapp® 1.4310 anderer RM-Bereich	Jede individuelle Zugfestigkeit nach ihrer Spezifikation mit einer Toleranz von ± 75 MPa Geringere Rm-Spannen auf Anfrage							s. o.
Zapp® 1.4310FS/FF ab Federbandlager	Vorrätig in diesen und weiteren Zugfestigkeitsklassen. Ist-Werte auf Anfrage. Weitere Informationen siehe Kapitel 3							bis 300

■ lieferbar

<sup>1)</sup> Banddicken: max. 0,75 mm

<sup>2)</sup> Banddicken: max. 0,50 mm

<sup>3)</sup> Lieferbar in Stufe C700

**TABELLE 5** | Zugfestigkeiten gemäß DIN EN 10151: Banddicken > 1,00 mm bis ≤ 2,00 mm im Lieferzustand C850 bis C1300 und T

Norm	C850	C1000	C1150	C1300	Steigerung der Zugfestigkeit durch Anlassen (T) in MPa
Zugfestigkeitsstufen	C850	C1000	C1150	C1300	Steigerung der Zugfestigkeit durch Anlassen (T) in MPa
Zugfestigkeitsbereich in MPa	850-1000	1000-1150	1150-1300	1300-1500	
Werknorm					
Zapp® 1.4310FM	■	■	auf Anfrage		bis 80
Zapp® 1.4310FC	■	■	■	■	bis 130
Zapp® 1.4310FS	■	■	■	■	bis 150
Zapp® 1.4310FF	■	■	■	■	bis 170
Zapp® 1.4310 anderer RM-Bereich	Jede individuelle Zugfestigkeit nach Ihrer Spezifikation mit einer Toleranz von ± 75 MPa Geringere Rm-Spannen auf Anfrage				s. o.
Zapp® 1.4310FS ab Federbandlager	Vorrätig in diesen und weiteren Zugfestigkeitsklassen. Ist-Werte auf Anfrage. Weitere Informationen siehe Kapitel 3				bis 170

■ lieferbar

Weitere Informationen siehe Kapitel 3.4

Der Unterschied in den Zugfestigkeiten zwischen den Enden eines Coils oder einer Spule regelt der Abschnitt 7.2.2 gem. DIN EN 10151.  
Engere Streubereiche nach Absprache

# MECHANISCHE WERTE UND HÄRTE

**TABELLE 6** | Dehnung gemäß DIN EN 10151

Werknorm	A80 %, min. (in Längsrichtung) für die Zugfestigkeitsstufen						
Dehnungen	A80 %, min. (in Längsrichtung) für die Zugfestigkeitsstufen						
Zugfestigkeitsstufen	C850	C1000	C1150	C1300	C1500	C1700	C1900
Zapp® 1.4310 <sup>1)</sup>	25	20	15	10	5	2	1
Zapp® 1.4310FM <sup>2)</sup>	12	5	3	1			

<sup>1)</sup> Die Werte gelten für die Werkstoffe Zapp® 1.4310FS/FF. Für Zapp® 1.4310FC bis zur Festigkeitsklasse C1500

<sup>2)</sup> Es wurden die Werte für Werkstoff 1.4301 herangezogen

**TABELLE 7** | Anhaltswerte für das Elastizitätsmodul gem. DIN EN 10151

Werknorm	Elastizitätsmodul in GPa	
	Kaltgewalzt <sup>1)</sup> (C)	Kaltgewalzt + wärmebehandelt (QT)
Zapp® 1.4310	185	195

<sup>1)</sup> Messungen an Längsproben mit einer mittleren Zugfestigkeit von 1800 MPa; für eine mittlere Zugfestigkeit von 1300 MPa liegen die Werte um 6 GPa niedriger. Zwischenwerte dürfen interpoliert werden.

**TABELLE 8** | Anhaltswerte für Vickers-Härte gem. DIN EN 10151

Werknorm	Vickers-Härte	
	Verfügbare HV <sup>1)</sup> -Bereiche	Grenzabweichung zum HV-Zielwert
Zapp® 1.4310	250 - 450	± 25
	451 - 600	± 30

<sup>1)</sup> In diesen Bereichen können Stähle alle HV-Zielwerte in Abhängigkeit der Banddicken gem. Tabelle 4 und 5 geliefert werden. HV-Werte müssen nach DIN EN ISO 6507-1 bestimmt werden.

# ABMESSUNGEN/ TOLERANZEN

## ABMESSUNGEN

Präzisionsband Zapp® 1.4310 ist in folgenden Abmessungsbereichen lieferbar:

Dicke 0,020 – 1,50 mm  
Breite 2,00 – 750 mm

Bei Dicken- Breitenverhältnissen größer 1:10 verweisen wir schon hier auf unsere weiteren Liefermöglichkeiten in Flachwalzdraht Zapp® 1.4310.

## DICKENTOLERANZEN

Gleichmäßige Eigenschaften sind eine Voraussetzung für eine hochproduktive und anspruchsvolle Weiterverarbeitung bei unseren Kunden. Nur mit modernster Anlagen- und Regelungstechnik sowie ausgewählten Rohmaterialien erzielen wir engste Toleranzen. Die Präzisionstoleranz nach Norm ist Zapp-Standardtoleranz und kann auf Anfrage weiter eingeschränkt werden.

**TABELLE 9** | Dickentoleranzen gem. DIN EN ISO 9445-1 für Kaltband und Kaltband in Stäben für Banddicken  $\geq 0,025$  mm und Walzbreiten bis 750 mm

Dicke in mm	Grenzabmaße der Nenndicke für eine Nennbreite von									Zapp- Werknorm über alle Breiten	
	Normal			Fein			Präzision				
	Normal	Fein	Präzision	Normal	Fein	Präzision	Normal	Fein	Präzision		
	$w < 125$			$125 \leq w < 250$			$250 \leq w < 750$			Zapp $w < 750^{1)}$	
$\geq$	$<$	+/- mm	+/- mm	+/- mm	+/- mm	+/- mm	+/- mm	+/- mm	+/- mm	+/- mm	
0,025	0,10	10 % der Banddicke	6 % der Banddicke	4 % der Banddicke	12 % der Banddicke	10 % der Banddicke	8 % der Banddicke	15 % der Banddicke	10 % der Banddicke	8 % der Banddicke	4 % der Banddicke
0,10	0,15	0,010	0,008	0,006	0,015	0,012	0,008	0,020	0,015	0,010	0,006
0,15	0,20	0,015	0,010	0,008	0,020	0,012	0,010	0,025	0,015	0,012	0,008
0,20	0,25	0,015	0,012	0,008	0,020	0,015	0,010	0,025	0,020	0,012	0,008
0,25	0,30	0,017	0,012	0,009	0,025	0,015	0,012	0,030	0,020	0,015	0,009
0,30	0,40	0,020	0,015	0,010	0,025	0,020	0,012	0,030	0,025	0,015	0,010
0,40	0,50	0,025	0,020	0,012	0,030	0,020	0,015	0,035	0,025	0,018	0,012
0,50	0,60	0,030	0,020	0,014	0,030	0,025	0,015	0,040	0,030	0,020	0,014
0,60	0,80	0,030	0,025	0,015	0,035	0,030	0,018	0,040	0,035	0,025	0,015
0,80	1,00	0,030	0,025	0,018	0,040	0,030	0,020	0,050	0,035	0,025	0,018
1,00	1,20	0,035	0,030	0,020	0,045	0,035	0,025	0,050	0,040	0,030	0,020
1,20	1,50	0,040	0,030	0,020	0,050	0,035	0,025	0,060	0,045	0,030	0,020
1,50	2,00	0,050	0,035	0,025	0,060	0,040	0,030	0,070	0,050	0,035	0,025

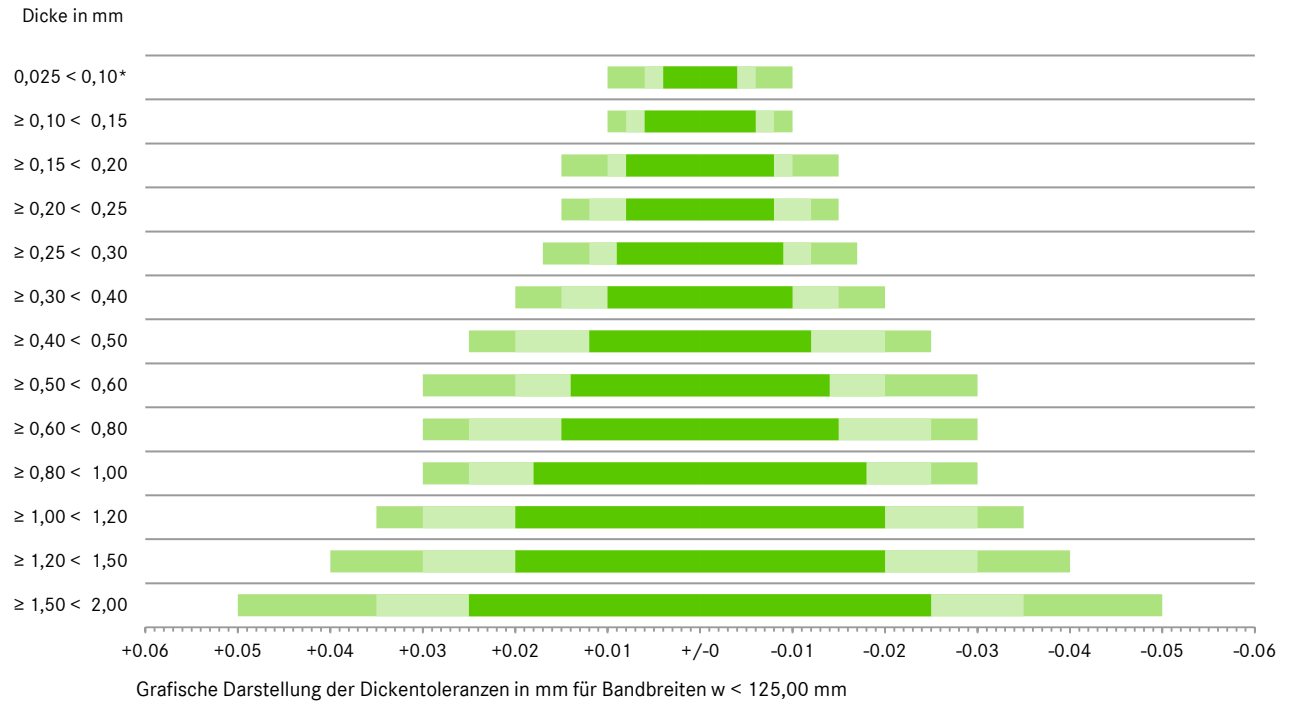
<sup>1)</sup> Der Bereich ist gegenüber der Norm erweitert

Die Dickentoleranz ist ein wesentlicher Faktor bei der Federauslegung. Besonders deutlich zeigt Abbildung 1 (siehe Seite 12) die engen Präzisionstoleranzen der

unterschiedlichen Dicken der rostfreien Zapp-Federbandstähle.

# ABMESSUNGEN / TOLERANZEN

Abbildung 1 | Banddickentoleranzen in mm



DIN EN ISO 9445-1 █ Normal █ Fein █ Zapp (Präzision)

## BREITENTOLERANZ

Wir bieten Ihnen Toleranzen in den Kategorien: Normal, Fein und Präzision.

Abweichend von der Norm kann der Toleranzbereich bei Bedarf im Minus- oder im Plus-/ Minusbereich eingestellt werden. Eine Abstimmung ist im Einzelfall erforderlich. Engere Toleranzbereiche auf Anfrage.

TABELLE 10 | Breitentoleranzen in mm gemäß DIN EN ISO 9445-1 für Kaltband und Kaltband in Stäben

Dicke in mm		w ≤ 40			40 < w ≤ 125			125 < w ≤ 250			250 < w < 750 <sup>1)</sup>		
≥	<	normal	fein	Präzision	normal	fein	Präzision	normal	fein	Präzision	normal	fein	Präzision
0,025	0,25	+ 0,17 - 0	+ 0,13 - 0	+ 0,10 - 0	+ 0,20 - 0	+ 0,15 - 0	+ 0,12 - 0	+ 0,25 - 0	+ 0,20 - 0	+ 0,15 - 0	+ 0,50 - 0	+ 0,50 - 0	+ 0,40 - 0
0,25	0,50	+ 0,20 - 0	+ 0,15 - 0	+ 0,12 - 0	+ 0,25 - 0	+ 0,20 - 0	+ 0,15 - 0	+ 0,30 - 0	+ 0,22 - 0	+ 0,17 - 0	+ 0,60 - 0	+ 0,50 - 0	+ 0,40 - 0
0,50	1,00	+ 0,25 - 0	+ 0,20 - 0	+ 0,15 - 0	+ 0,25 - 0	+ 0,22 - 0	+ 0,17 - 0	+ 0,40 - 0	+ 0,25 - 0	+ 0,20 - 0	+ 0,70 - 0	+ 0,60 - 0	+ 0,50 - 0
1,00	1,50	+ 0,25 - 0	+ 0,22 - 0	+ 0,15 - 0	+ 0,30 - 0	+ 0,25 - 0	+ 0,17 - 0	+ 0,50 - 0	+ 0,30 - 0	+ 0,22 - 0	+ 1,0 - 0	+ 0,70 - 0	+ 0,60 - 0
1,50	≤ 2,0	-	-	-	+ 0,40 - 0	+ 0,25 - 0	+ 0,20 - 0	+ 0,60 - 0	+ 0,40 - 0	+ 0,25 - 0	+ 1,0 - 0	+ 0,80 - 0	+ 0,60 - 0

Werknorm

<sup>1)</sup> Der Bereich ist gegenüber der Norm erweitert

# ABMESSUNGEN / TOLERANZEN

## Ebenenheits- UND KANTENWELIGKEITSTOLERANZ (PLANLAGE)

Während der Kaltumformung können am gewalzten Federband verschiedene Planheitszustände bezüglich Ebenheit und Kantenwelligkeit auftreten. Die Kantenwelligkeit ist definiert in DIN EN ISO 9445-1 und wird beschrieben durch das Verhältnis von Wellenhöhe  $h$  zu Wellenlänge  $l$  (siehe Abb. 2). Obwohl die Werte gemäß Norm für leicht nachgewalztem oder streckbiegegerichtetem Kaltband ausgelegt sind, gelten diese auch für Zapp Federband. Die Prüfung der Ebenheit erfolgt gem. DIN EN ISO 9445-1 und muss vereinbart werden. Permanent arbeiten wir an der Optimierung unserer Walz- und Richttechnologie z. B. mit modernsten Messgeräten. Das daraus erworbene Know-how setzen wir ein, um auch für anspruchsvollste Anwendungen noch engere Grenzwerte zu ermöglichen.

TABELLE 11 | Ebenheits- und Kantenwelligkeitstoleranzen für Kaltband

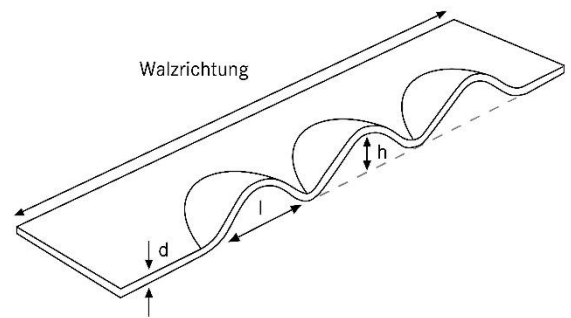
	Kantenwelligkeit		Ebenheit		
	Zapp 1.4310		ISO 9445-1		
Banddicke	$h/l$	$h/l$ in %	$h/l$	$h/l$ in %	
$\leq 0,9$ mm	$\leq 0,015$	$\leq 1,5$	$\leq 0,03$	$\leq 3,0$	individuelle Vereinbarung
$> 0,9$ mm	$\leq 0,015$	$\leq 1,5$	$\leq 0,02$	$\leq 2,0$	

TABELLE 12 | Ebenheitstoleranzen für Kaltband in Stäben gemäß DIN EN ISO 9445-1

Normal:	$h \leq 6$ mm
Besondere Toleranz (FS):	$h \leq 4$ mm

Die Anforderungen gelten nicht für Kaltbänder in wärmebehandelten Zustand

ABBILDUNG 2 | Kantenwelligkeit



$l$  = Wellenlänge  
 $h$  = Wellenhöhe  
 $d$  = Banddicke

Vorteil: Für unsere Produkte stellen wir Ihnen eine deutlich eingeschränkte Kantenwelligkeit ein – und das über alle Banddicken.

## SEITENGERADHEITSTOLERANZ (SÄBEL)

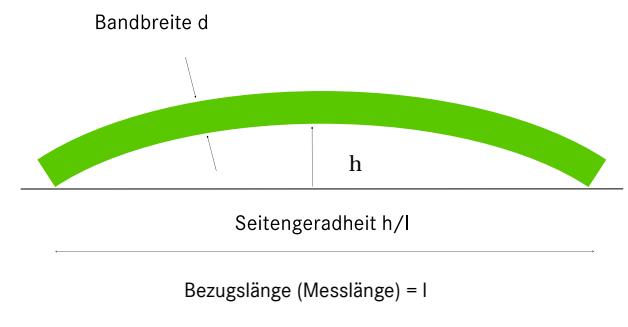
TABELLE 13 | Seitengeradheitstoleranzen für Kaltband und Kaltband in Stäben gem. DIN EN ISO 9445-1 und Werknorm

	Breite in mm		Seitengeradheitstoleranz in mm				DIN EN 10151
			Normal	Normal	Eingeschränkt <sup>1</sup>	Eingeschränkt <sup>1</sup>	
			Messlänge	Messlänge	Messlänge	Messlänge	
	$\geq$	$<$	1000 mm	2000 mm	1000 mm	2000 mm	
Zapp Werknorm	2	10	$\leq 5$	$\leq 20$	$\leq 2,5$	$\leq 10$	Individuelle Vereinbarung
Norm	10	25	$\leq 4$	$\leq 16$	$\leq 1,5$	$\leq 6$	
Norm	25	40	$\leq 3$	$\leq 12$	$\leq 1,25$	$\leq 5$	
Norm	40	125	$\leq 2$	$\leq 8$	$\leq 1,0$	$\leq 4$	
Norm	125	400	$\leq 1,5$	$\leq 6$	$\leq 0,75$	$\leq 3$	

<sup>1</sup>Als Sonderanfertigung

# ABMESSUNGEN / TOLERANZEN

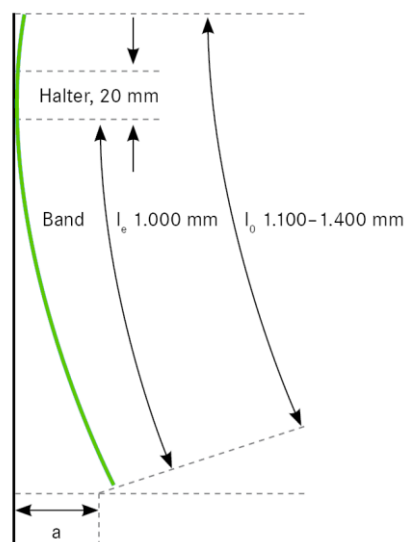
ABBILDUNG 3 | Seitengeradheit (Aufsicht)



Die Abbildung macht es deutlich: Die Seitengeradheit  $h$  ist die maximale Abweichung zwischen einem angelegten Lineal und der bogenförmigen Ausbildung des Bandstreifens  $d$ .

Vorteil: Unsere werkstoffspezifische Verfahrenstechnik ermöglicht engste Seitengeradheitstoleranzen für rostfreie Federbänder. Diese Toleranzen gelten nach DIN EN ISO 9445-1 nur für weiche Bänder, bzw. sie können nach dieser Norm und auch nach DIN EN 10151 zwischen Lieferant und Abnehmer vereinbart werden.

ABBILDUNG 4 | Rollkrümmung (Seitenansicht)



$a$  = Rollkrümmung  
 $l_o$  = Gesamtpfandlänge  
 $l_e$  = Prüflänge

## ROLLKRÜMMUNG (COILSET, RINGBOGEN)

Prozessbedingt haben Coildurchmesser, Dicke und mechanische Eigenschaften einen großen Einfluss auf die Rollkrümmung. Definiert wird die Rollkrümmung in der DIN EN 10151 als die Auslenkung des freien Endes eines einseitig fest eingespannten Bandabschnitts aus der Einspannebene. Wegen der Vielfalt der Einflussfaktoren sind in DIN EN 10151 keine Grenzwerte festgelegt. Durch zusätzliche Verfahrensschritte können wir die Ausbildung der Rollkrümmung als Sonderfertigung einschränken. Grenzwerte nach Vereinbarung.

## BEINFLUSSUNG DER FORMABWEICHUNG

Formabweichungen an Bändern z. B. nach DIN EN 10251 sind:

- \_ Abweichungen von der Ebenheit wie Welligkeit, Längs- und Querwölbung, Verdrallung.
- \_ Abweichung von der Geradheit wie Säbeligkeit / Seitengeradheit

Sie können auf verschiedene Weisen entstehen, z. B.

- \_ Unsymmetrisches Banddickenprofil (Zigarrenform, Keilform, Knochenform), ausgehend vom Warmbreitband, über Kaltbreitband und Spaltband.
- \_ Im Walzspalt
- \_ Beim Umlenken oder Auf- und Abwickeln des Bandes

\_ Bei der Wärmebehandlung des Bandes Formabweichungen werden durch über der Bandbreite und / oder der Banddicke örtlich unterschiedliche plastische Verformungen verursacht, die ihrerseits zu Eigenspannungsunterschieden im Band führen.

Trotz moderner Anlagen – und Regelungstechnik, sowie einem hohen Entwicklungs- und Erfahrungsniveau in der Produktionstechnik von Präzisionsband treten Formabweichungen auf. Diese werden auch erst dann in vollem Umfang sichtbar werden, wenn das prozessbedingt unter Längszug stehende Band entlastet wird, wie z. B. nach dem Walzen oder Teilen.

Federbänder müssen nach dem heutigen Standard immer höhere Anforderungen an die Formgenauigkeit bei höchster Oberflächenqualität erfüllen. Deshalb wird der Bearbeitung des Bandes nach dem Walzen durch nachgeschaltete Richtanlagen eine große Bedeutung beigemessen. Als Verfahren zum Richten der Federbänder stehen zur Verfügung:

- \_ Thermisches Entspannen
- \_ Das Streckbiegerichten bei Raumtemperatur
- \_ Umlaufbiegerichten (SR Richten)

# ABMESSUNGEN / TOLERANZEN

## THERMISCHES ENTSPANNEN

Das Prinzip des thermischen Entspannens ist die Kombination von Reckung und Wärmeeintrag. Bei einer Zugrekanlage wird zwischen einem Bremsrollen- und einem Zugrollensatz ein Bandzug erzeugt, der für die gewünschte Reckung im plastischen Bereich erforderlich ist. Zusätzlich erfolgt eine Bänderwärmung. Damit kann eine Entspannung über Bandbreite, -dicke und -länge erzeugt werden. Federbauteile, die aus einem derart behandelten Band gefertigt werden, zeigen dann allerdings beim „Anlassen“ keinen Effekt hinsichtlich der Steigerung der mechanischen Werte.

Mit dem thermischen Entspannen lassen sich in der Praxis hohe Planheiten erzeugen und insbesondere Welligkeiten und Bandsäbel nahezu beseitigen. Dazu erfolgt Abbau und Vergleichmäßigung der Eigenspannungen im Band.

## STRECKBIEGERICHTEN

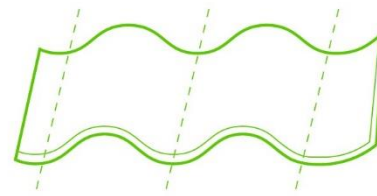
Beim Streckbiegerichten werden Bänder bei Raumtemperatur unter Zug wechselseitig über drei oder mehr Streckbiegerollen geringen Durchmessers gebogen, wobei sich auf der jeweiligen Streckbiegerolle Zug- und Biegespannungen addieren. Federbänder können mit drei, fünf oder mehreren Arbeitswalzen gerichtet werden, wobei zwei, drei oder mehrere Walzen gegen das Federband mit unterschiedlicher Eintauchtiefe anstellbar sind. Dabei wird die Streckgrenzenspannung im Bereich der wechselseitigen Biegung geringfügig überschritten und das Band bleibend definiert gelängt, so dass Welligkeiten beseitigt werden.

## UMLAUFBIEGERICHTEN (SR-RICHTEN)

Beim SR-Richten wird in einer abklingenden Amplitude das Band zwischen den Arbeitswalzen der Richtkassette gegen einen vorhandenen Säbel gebogen und ohne Einbringen von Reckspannungen gerichtet. Demnach findet keine Verlängerung des Bandes statt und deshalb werden reckspannungsindizierte Eigenspannungen vermieden.

## ABBILDUNG 5 | Geradlinige Welligkeit

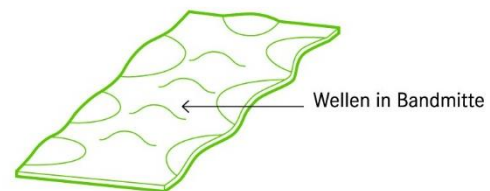
Entstehung dann, wenn in Bandlängsrichtung über der Banddicke wechselnde, plastische Streckungen und Stauchungen auftreten.



Geradlinige Welligkeit

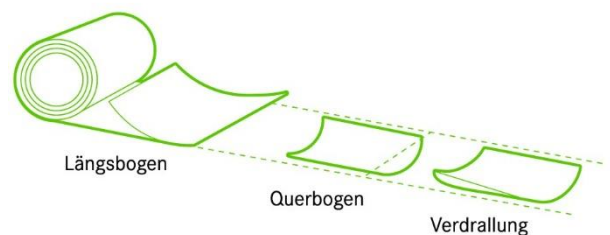
## ABBILDUNG 6 | Krummlinige Welligkeit

Entstehung durch eine über der Bandbreite unterschiedliche Streckung der Bandlängsfasern. Es liegt ungleichförmige Eigenspannungsverteilung in Längs- und Querrichtung vor.



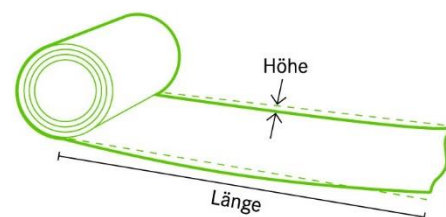
## ABBILDUNG 7 | Bogen und Verdrallung

Entstehung durch eine über die Banddicke unterschiedliche plastische Streckung in Bandlängsrichtung.



## ABBILDUNG 8 | Seitengeradheit

Entstehung dann, wenn beim Bandwalzen vom Band eine über der Bandbreite gleichförmig ansteigende bzw. abnehmende Banddicke (Konizität) stattfindet und damit Längenunterschiede über die Bandbreite auftreten.



# KANTEN / OBERFLÄCHEN



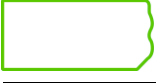

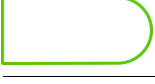
## KANTEN

Federband wird üblich mit geschnittenen Kanten geliefert. Diese Erzeugnisse weisen aufgrund des Schneidens Grate auf. Falls besondere Anforderungen für diese Kanten gelten sollen,

müssen entsprechende Vereinbarungen bei der Bestellung getroffen werden.

In unserer Werknorm ist diese Grenze für die Grathöhe an geschnittenen Erzeugnissen auf 5 % eingeschränkt.

TABELLE 14 | Kantenausführung

Kantenform	Kantenausführung	Zapp® 1.4310 Grathöhe	ISO 9445-1 Grathöhe	
	geschnitten		≤ 10 %	Norm
	geschnitten, gratarm	≤ 5 %		Werknorm
	entgratet	0 %		Werknorm
	anarrondiert	0 %		Werknorm
	arrondiert	0 %		Werknorm

## OBERFLÄCHEN

Rostfreie Federbandstähle Zapp® 1.4310 liefern wir standardmäßig mit walzblanker Oberfläche.

Die Beschreibung der Oberflächenfeingestalt wird durch die Mittenrauheit Ra nach DIN EN ISO 4287 bestimmt.

TABELLE 15 | Grenzwerte der Mittenrauheit Ra

Festigkeitsklassen	Zapp® 1.4310 Werknorm	DIN EN 10151
C850 und C1000	≤ 0,20 µm	≤ 0,50 µm
C1150 bis C1900	≤ 0,20 µm	≤ 0,30 µm

## LIEFERBARE SONDERAUSFÜHRUNGEN

- \_ Entfettete Oberflächen
- \_ Galvanofähige Oberflächen
- \_ Eingeschränkte Rauheit gegenüber unserem Standard
- \_ Hochglanz- und verschieden strukturierte Oberflächen ggfls. mit Papierzwischenlage oder Schutzfolie. Die Art strukturierter Oberfläche nach Absprache bzw. gem. der Zapp

Internetseite:

<http://www.zapp.com/produktformen/band/praezisionsband/oberflaechen-edelstahlband.html>

## PASSIVSCHICHTBEEINFLUSSUNG

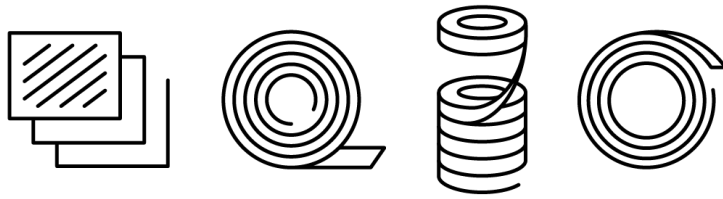
Unsere spezielle Oberflächenbehandlungsanlage dient zur Entfettung und Oberflächenbearbeitung der Bänder. Dabei handelt es sich um eine elektrolytische Entfettung nach dem Mittelleiter-Verfahren, wobei das Band während des Entfettungsvorganges horizontal durch die Anlage geführt wird.

Durch gezielte Veränderungen in der Anlagen- und Verfahrenstechnik werden die Passivschichtdicke und -morphologie derart verändert, dass eine Beeinflussung der Bandoberfläche erfolgt.

- \_ Eine Verbesserung der Lötbarkeit in Folge des verbesserten Fließverhaltens des Lotes
- \_ Eine Erhöhung der Standzeiten der Werkzeuge z. B. beim Stanzen.



# LIEFERFORMEN



## RINGE

Der Innendurchmesser der Ringe beträgt standardisiert 300 oder 400 mm. Abweichende Innendurchmesser liefern wir auf Anfrage. Um das Einknicken der Ringe zu verhindern, wird dünnes Band auf einen Kern aus Pappe / Pertinax gewickelt.

**TABELLE 16** | Ringgewichte

Fertigungstechnisch mögliche Ringgewichte für verschiedene Bandabmessungen

Bandbreite in mm		Gewicht <sup>1)</sup> in kg/mm Bandbreite	Einschränkung der Banddicke
>	≤	Werknorm	Werknorm
2,0	2,8	1,2	≤ 0,30 mm <sup>2)</sup>
2,8	4,0	2,0	≤ 0,45 mm <sup>2)</sup>
4,0	6,0	3,0	-
6,0	10,0	4,0	-
10,0	15,0	4,0	-
15,0		10,0	≥ 0,15 mm

<sup>1)</sup> Abweichende Gewichte auf Anfrage <sup>2)</sup> Abweichende Dicken auf Anfrage

## SPULEN

Für größere Liefergewichte bei Bändern in der Breite zwischen 2 und 45 mm bieten wir Ihnen die bekannte oszillierende Spulung an, d. h. Lage neben Lage, mit markierten Schweißstellen und Gratlage nach innen. Spulengewicht und -typ richten sich nach dem Bandquerschnitt und den Liefermengen.

Wir erfüllen gerne auch Ihre speziellen Anforderungen.

## MULTICOIL

Für längere Maschinenlaufzeiten mit weniger Rüstaufwand bieten wir die Lieferform Multicoil an. Auf Palette gestapelte Einzelringe sind dabei zu einem „Endlosband“ verschweißt. Es können bis zu 13 auftragsgemäß geschnittene und ausgerichtete übereinander auf eine Palette gestapelte Einzelringe zu dem „Endlosband“ so verschweißt werden, dass die Außen- und Innenenden der Ringe verbunden sind. Die Schweißnaht wird farblich gekennzeichnet.

## STÄBE/TAFELN

Bänder liefern wir auch als gerichtete und abgelängte Stäbe/ Tafeln. Die Längen sind ab 250 bis 4000 mm und die Breiten von 6 mm bis 1060 mm wählbar (abhängig von Dicke und Zugfestigkeit).

**TABELLE 17** | Längentoleranz gemäß DIN EN ISO 9445-1

Nennlänge (l) in mm	Toleranz in mm Normal	Toleranz in mm Besonders (S)
l ≤ 2000	+ 3,00 - 0	+ 1,50 - 0
2000 ≤ l ≤ 4000	+ 5,00 - 0	+ 2,00 - 0

Engere Toleranzen auf Anfrage

**TABELLE 18** | Rechtwinkligkeit gemäß DIN EN ISO 9445-1

Kaltbandbreite in mm	Abweichung
≥ 250	≤ 0,5 % der tatsächlichen Breite
< 250	auf Anfrage

# VERPACKUNGEN

## INNERE VERPACKUNGEN

Aus Stabilitätsgründen werden Einzelringe bis zu einer Banddicke  $\leq 0,20$  mm auf Innenringe gewickelt. Die Abbindung der Ringe erfolgt mit Klebeband, unterlegt mit Krepppapier. Übereinanderliegende Ringe werden abhängig von der Ringgeometrie durch Pappscheiben, Kunststoffscheiben oder Zwischenhölzer getrennt. Bei den Multicoils werden die übereinanderliegenden Einzelringe durch spezielle Pappstreifen getrennt. Das lagenverlegte Band ist auf Holzspulen, die Enden sind mit Klebeband fixiert.

## STANDARD- UND SONDERVERPACKUNGEN

### STANDARDVERPACKUNGEN

#### RINGE

Standardmäßig versenden wir unsere Zapp Rostfreien Federbandstähle liegend auf einer dem Materialaußendurchmesser entsprechenden Palette. Die Schrumpfhaut besteht aus umweltfreundlichem Polyäthylen (PE).

- \_ Standardpaletten: 600 – 1200 mm
- \_ Rundpaletten: max. 1250 mm
- \_ Gewicht je Palette: max. 1500 kg
- \_ höhere Gewichte nach Absprache

#### MULTICOIL

Versand auf einer Rundpalette Ø 1250 mm und PE-Schrumpfhaut

#### SPULEN

Der Versand erfolgt stehend auf Transportbock mit PE-Schrumpfhaut

#### STÄBE/TAFELN

Versand in Holzkisten

### SONDERVERPACKUNGEN

#### RINGE

Mit zusätzlichem Holzkreuz und Spannband

- \_ in Stülp-Holzkisten (z. B. Übersee)
- \_ stehend auf Transportbock mit Spannband mit oder ohne Stülp-Holzkiste

#### SPULEN

\_ Versand in Holzkisten

#### MULTICOILS

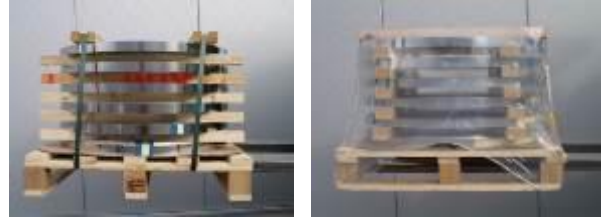
\_ auf Palette und Stülpkiste

#### STÄBE/TAFELN

\_ auf Paletten

Selbstverständlich sind andere Verpackungsarten nach Ihren Wünschen möglich.

**ABBILDUNG 9** | Standard: Ringe, innere- und äußere Verpackung (ohne und mit Schrumpfhaut)



**ABBILDUNG 10** | Standard: Spulen und Multicoil, innere- und äußere Verpackung



**ABBILDUNG 11** | Sonderverpackung: Ringe und Multicoil, innere- und äußere Verpackung und Stülpkiste



**ABBILDUNG 12** | Standard und Sonderverpackung: Stäbe, innere- und äußere Verpackung



# FEDERBANDLAGER

## **FEDERBANDLAGER**

Federbandstahl Zapp® 1.4310FS und 1.4310FF sind ab Lager in kürzester Zeit lieferbar.

## **GUT SORTIERTES LAGER**

Alle Standarddicken sind in nahezu allen Festigkeitsklassen vorrätig.

## **AUS EIGENER PRODUKTION**

Der gesamte Lagerbestand ist aus eigener Produktion.

## **BEWÄHRTER ZAPP - QUALITÄTSSTANDARD**

Alle Lieferungen aus Zapp® 1.4310FS und 1.4310FF, ob Sonderanfertigung oder ab Service Center, entsprechen unserem hohen Qualitätsstandard.

## **KONTINUIERLICHE LAGERERGÄNZUNGEN**

Dadurch ist eine Lieferung von Zusatzmengen kurzfristig möglich.

## **KÜRZESTE LIEFERZEITEN FÜR WEITERE BEARBEITUNGEN**

Ab Service Center: Schneiden, Entgraten, Arrondieren, Anlassen, Ringteilung, Ablängen, Spulen usw.

## **IHRE VORTEILE AUF EINEN BLICK**

- \_ Sie erhalten nur geprüfte Bestände mit Zertifikat. Folgende geprüfte Werte geben wir Ihnen gerne schon im Angebot an:  
Zugfestigkeit, Streckgrenze, Dehnung, Vickershärte (Anhaltswerte), Abkantverhalten.
- \_ Unsere Standard-Dickentoleranzen entsprechen, unabhängig von der Breite, der Klasse „Präzision“ gemäß DIN EN ISO 9445-1.
- \_ Jede gewünschte Menge ist schnell lieferbar.
- \_ Intelligente Logistik zur Sicherstellung des Wunschanlieferungstermins.
- \_ Schnellste Angebotserstellung für Projekte und konkreten Bedarf.
- \_ Die langfristige Zufriedenheit unserer Kunden ist unser Ziel.

Wenn Ihr Interesse geweckt wurde fordern Sie den Prospekt:

- \_ „Zapp Service Center Federband Rostfrei ab Lager“ an. Dieser gibt informative und detaillierte Auskunft über unser Federband ab Lager mit dem aktuellen Lagerprogramm.

Kontaktaufnahme unter:

Tel +49 2304 79-508

Fax +49 2304 79-7979

E-Mail: [precisionstrip@zapp.com](mailto:precisionstrip@zapp.com)

# MECHANISCHE UND PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN

- 20** MECHANISCHE UND PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN
- 21** EINFLUSS DER LEGIERUNGSELEMENTE
- 22** EINFLUSS DER KALTUMFORMUNG
- 23** EINFLUSS DER LÖSUNGSGLÜHE
- 24** EINFLUSS DER ANLASSBEHANDLUNG
- 26** MECHANISCHE UND PHYSIKALISCHE WERTE
  - \_ ZUGFESTIGKEIT, STRECKGRENZE UND DEHNUNG
  - \_ ZUGFESTIGKEIT UND HÄRTE
  - \_ DAUERFESTIGKEIT
  - \_ SETZEN UND RELAXATION
- 37** ELASTIZITÄTSEIGENSCHAFTEN
  - \_ FEDERBIEGEGRENZE
  - \_ ELASTIZITÄTSMODUL
  - \_ ELASTIZITÄTSGRENZE
- 40** VERBLEIBENDE VERFORMUNGSFÄHIGKEIT
  - \_ ABKANTBARKEIT
  - \_ FALTFÄHIGKEIT
- 43** TEMPERATURABHÄNGIGKEIT
- 46** MAGNETISCHES VERHALTEN
  - \_ PERMEABILITÄT
- 47** WEITERE PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN

# EINFLUSS DER LEGIERUNGSELEMENTE

## AUSTENITSTABILITÄT UND KALT-VERFESTIGUNG

Das hohe Verfestigungsvermögen der austenitischen Cr-Ni-Stähle bei der Kaltumformung beeinflusst, neben Warmbehandlung und Verfahrenstechnik, maßgeblich die statischen und dynamischen Eigenschaften unserer Rostfreien Federbandstähle Zapp® 1.4310. Bestimmend für das Verfestigungsvermögen ist die Austenitstabilität und damit die chemische Zusammensetzung.

Die chemische Zusammensetzung der Chrom-Nickel-Stähle regelt besonders durch die Elemente Kohlenstoff (C), Chrom (Cr) und Nickel (Ni) und Stickstoff (N) z. B. über eine veränderliche Austenitstabilität, die Materialeigenschaften im lösungsgeglühten und wesentlich stärker im kaltverfestigten Zustand.

Diese Elemente erzielen folgende Wirkung:

Die Verfestigungsneigung steigt mit abnehmendem Nickel- und Chromgehalt und mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt. (Abb. 13 und 14)

Die Beurteilung der Austenitstabilität von Chrom-Nickel-Stählen lässt sich besonders gut bei dem höher kohlenstoffhaltigen Werkstoff 1.4310 durch die Md30-Temperatur durchführen. Dieser Kennwert errechnet sich aus der chemischen Zusammensetzung mittels einer empirischen Formel (z. B. nach T. Angel). Der Wert ist die angenommene Verformungstemperatur, bei der nach etwa 30 %iger Verformung sich ca. 50%  $\alpha'$ -Martensit bildet. Eine steigende Md30-Temperatur ist ein Kriterium für die Abnahme der Austenitstabilität und bedeutet eine Erhöhung der Kaltverfestigungsneigung. Für die unterschiedlichen Anforderungen unserer Kunden an die Eigenschaften von Federband haben wir Zapp® 1.4310-Typen mit unterschiedlichen Austenitstabilitäten entwickelt.

### STEIGENDE AUSTENITSTABILITÄT

Zapp® 1.4310FM

Zapp® 1.4310FC

Zapp® 1.4310FS/ 1.4310FF



Für Zapp® 1.4310FS/ Zapp® 1.4310FF sind dadurch die Voraussetzungen gegeben, hohe Zugfestigkeiten bei gleichzeitig hohem Restumformungsvermögen zu erreichen. Diese Vorteile

- \_ hohe Festigkeit
- \_ hohes Restumformungsvermögen
- \_ gutes Anlassverhalten

wirken sich positiv auf die gesamten Federeigenschaften aus.

ABBILDUNG 13 | Einfluss Kohlenstoffgehalts

Einfluss des Kohlenstoffgehalts auf die Kaltverfestigungsneigung von Cr-Ni-Stählen mit hoher Austenitstabilität (18Cr/12Ni) und niedriger Austenitstabilität (18Cr/8Ni).

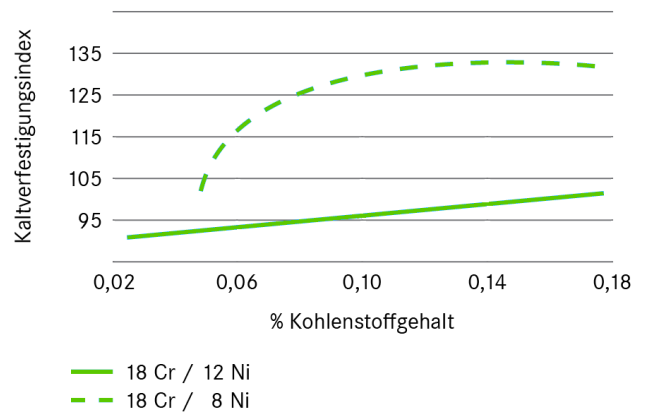
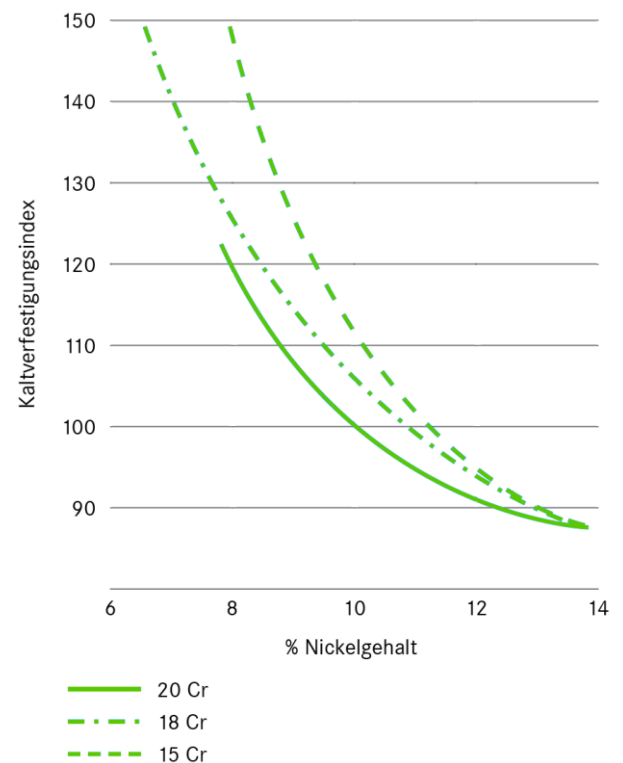


ABBILDUNG 14 | Einfluss Nickelgehalts

Einfluss des Nickel- und Chromgehaltes auf die Kaltverfestigungsneigung



# EINFLUSS DER KALTUMFORMUNG

## GEFÜGE

Die Verfestigung erfährt der Werkstoff Zapp®1.4310 beim Kaltwalzen aus dem lösungsgeglühten, homogenen Austenitgefüge (Abb. 15) auf den für die Austenitgitterstruktur (kfz-Gitter) typischen Gleitebenen über Kornstreckung, Versetzungen bis hin zur Gefügeumwandlung in  $\alpha$ -Martensit (krz-Gitter) (siehe Abb. 16).

Dieser Vorgang zur  $\alpha'$ -Martensitbildung erfolgt diffusionslos und damit hat das umgewandelte Gefüge die gleiche chemische Zusammensetzung wie das Grundmaterial.

Die Fähigkeit zur Gefügeumwandlung und der Umfang dieser Umwandlung hängen von der beschriebenen Austenitstabilität ab. Menge und Härte des sich bildenden Martensits sind für die gesamten Eigenschaften des Federbands bzw. des hieraus gefertigten Federbauteils von großer Bedeutung.

**ABBILDUNG 15** | Gefüge Austenit

Lösungsgeglühtes, homogenes Austenitgefüge eines Chrom-Nickel-Stahls



**ABBILDUNG 16** | Gefüge Martensit

Gefüge nach ca. 30 % Kaltverformung mit Kornstreckung und Martensit

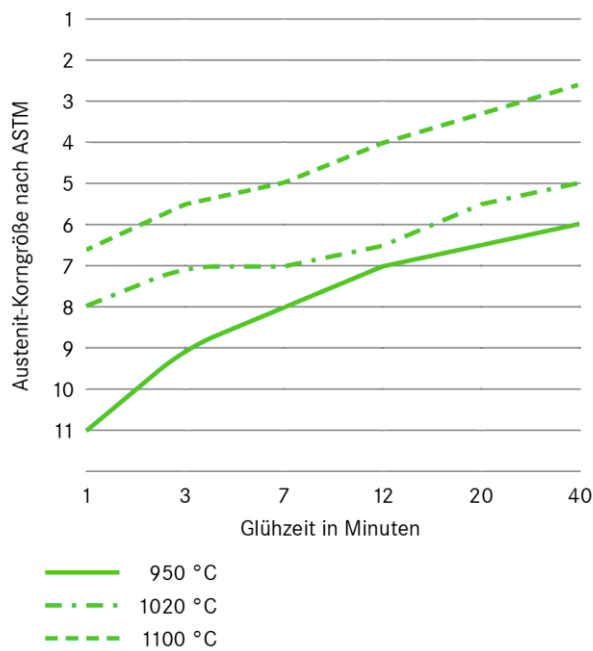


# EINFLUSS DER LÖSUNGSGLÜHE

Der lösungsgeglühte, homogene Gefügestand eines austenitischen Chrom-Nickel-Stahls (vgl. Abb. 15) wird durch eine Wärmebehandlung bei entsprechend hoher Temperatur von 1050 – 1100 °C mit nachfolgender schneller Abkühlung (Abschrecken), z. B. in Wasser, eingestellt. Bei dieser Wärmebehandlung, die zur Aufhebung einer Kaltverfestigung und zur Einstellung eines homogenen Austenitgefüges erforderlich ist, stellen sich auch die Korngrößen des Gefüges ein. In Abhängigkeit von Temperatur, Zeit und Produktquerschnitt ergeben sich unterschiedliche Korngrößen.

**ABBILDUNG 17** | Einfluss Glühdauer

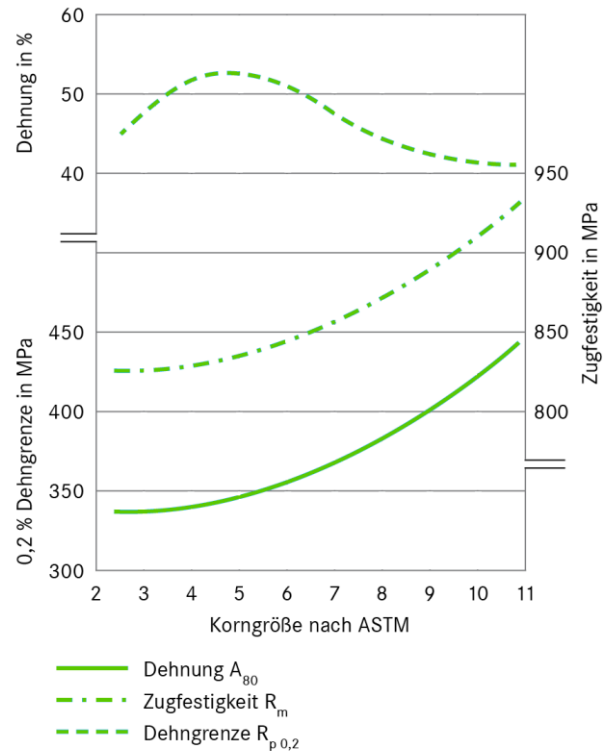
Einfluss der Glühdauer und der Glüh Temperatur auf die Korngröße des Austenits



Im lösungsgeglühten Zustand hat die Korngröße – neben der chemischen Zusammensetzung – einen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften und die Härte von Chrom-Nickel-Stählen. Dies gilt auch für Zapp® 1.4310.

**ABBILDUNG 18** | Einfluss Austenit-Korngröße

Einfluss der Austenit-Korngröße im lösungsgeglühten Zustand auf Zugfestigkeit, Dehngrenze und Dehnung von Zapp® 1.4310FF.



# EINFLUSS DER ANLASSBEHANDLUNG

## ANLASSEN

Durch eine geeignete Wärmebehandlung nach dem Kaltwalzen oder nach der Formgebung von Bauteilen, lassen sich die Federeigenschaften deutlich verbessern. Eine solche Behandlung ist zwar nicht zwingend erforderlich, jedoch bewirkt sie auch einen Abbau der beim Kaltwalzen des Bandes bzw. der Formgebung der Bauteile eingebrachte Eigenspannung.

Die Wärmebehandlung von kaltverformten austenitischen Chrom-Nickel-Stählen bis zu Temperaturen von max. 420 °C wird allgemein als „Anlassen“ bezeichnet. Dieser Behandlungsvorgang hat nicht sichtbare Gefügeveränderungen zur Folge.

Es können folgende Werkstoffeigenschaften durch eine Anlassbehandlung unterschiedlich positiv beeinflusst werden:

- \_ Setz- und Relaxationsverhalten
- \_ Zugfestigkeit
- \_ Elastizitäts- und Streckgrenze
- \_ Federbiegegrenze
- \_ E-Modul

Die Zweckmäßigkeit einer solchen Anlassbehandlung muss im Einzelfall betrachtet und entschieden werden. Von Bedeutung für die Entscheidungsfindung sind sicherlich wirtschaftliche- und anlagenbedingte Aspekte.

## DIE VERBESSERUNG DER EIGENSCHAFTEN IST ABHÄNGIG VON:

- \_ der chemischen Zusammensetzung und damit von der Instabilität des Austenits
- \_ der Ausgangszugfestigkeit. Je höher diese liegt, desto stärker ist auch der Zugfestigkeitsanstieg

Die Ursache für diese Verbesserung der Werkstoffeigenschaften:

Bei Temperaturen bis 300 °C bildet sich zu dem bereits vorhandenen spannungsinduzierten  $\alpha'$ -Martensit weiterer Martensit aus hoch verformtem Austenit. Bis 420 °C entstehen feine, Eisen-Chrom-Ausscheidungen im Gefüge, die durch Silizium und Molybdän als eine Art Katalysator begünstigt werden. Im Gegensatz zu den bei höheren Temperaturen entstehenden Karbiden haben diese keine nachteiligen Auswirkungen auf die mechanischen Eigenschaften und die Korrosionsbeständigkeit (Abbildung 19).

TABELLE 19 | Anlasstemperatur

Empfohlene Temperaturen und Haltezeiten für die Anlassbehandlungen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten

Temperatur	Haltezeit
80–120 °C	24h
330–370 °C	4h
400–420 °C	1h

Bei Temperaturen über 420 °C können, bevorzugt an den Korngrenzen, Karbidausscheidungen auftreten (Abbildung 20). Derartig hohe Temperaturen sollten nicht zur Anwendung kommen, da durch diese Ausscheidungen die verbleibende Verformungsfähigkeit sinkt. Zudem verarmt hier durch lokal das Gefüge an Chrom. Damit wird die Korrosionsbeständigkeit herabgesetzt, bzw. es kann zur Interkristallinen Korrosion führen.

Inwieweit eine Anlassbehandlung infrage kommt, muss im jeweiligen Einzelfall geprüft werden.

ABBILDUNG 19 | Gefüge ohne Karbidausscheidung

Gefüge nach ca. 30 % Kaltverformung und Anlassen (400 °C/1h) ohne Karbidausscheidung



ABBILDUNG 20 | Gefüge mit Karbidausscheidung

Gefüge nach ca. 30 % Kaltverformung und Anlassen (650 °C/1h) mit Karbidausscheidung





# EINFLUSS DER ANLASSBEHANDLUNG

## ENTFERNEN VON ANLASSFARBEN

Die Bildung von Anlassfarben lässt sich nur dann vermeiden, wenn die Wärmebehandlung unter Schutzgas oder im Vakuum erfolgt. Durch eine Wärmebehandlung in Normalatmosphäre entstandene Anlassfarbe (der Farbton ändert sich von gelbbraun bei 350 °C bis zu braun bei 420 °C) lassen sich durch eine geeignete Behandlung entfernen, wenn dieses z. B. für die Weiterverarbeitung oder aus Gründen der Optik erforderlich ist.

Die Beseitigung ist einfacher, wenn der Werkstoff vor dem Anlassen entfettet wurde. Die Behandlung kann entweder mechanisch – z. B. durch Gleitschleifen – oder durch leichtes chemisches oder elektrolytisches Beizen erfolgen. Für das chemische Beizen haben sich folgende Methoden bewährt (s. Tabelle 20).

Der anschließende Passivierungsvorgang stellt die Korrosionsbeständigkeit wieder her.

**TABELLE 20** | Behandlungsmethoden

		Behandlungsmethoden	
		A	B
1.	<b>Tauchen</b>		
	Badzusammensetzung	ca. 20 Vol.-% HCl konz.	ca. 65 Vol.-% H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> konz. ca. 20 Vol.-% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> konz.
	Temperatur	Raumtemperatur	Raumtemperatur
	Dauer	bis zu 10 s	bis zu 10 s
	Abspülen	mit ausreichender Menge fließendem Wasser	mit ausreichender Menge fließendem Wasser
	Nachbehandlung		in heißem Wasser
2.	<b>Passivieren</b>		
	Badzusammensetzung	ca. 20 Vol.-% HNO <sub>3</sub> konz.	ca. 20 Vol.-% HNO <sub>3</sub> konz.
	Temperatur	Raumtemperatur	Raumtemperatur
	Dauer	bis zu 5 min	bis zu 5 min
	Abspülen	mit ausreichender Menge heißem Wasser	mit ausreichender Menge heißem Wasser
3.	Der abschließende Trocknungsprozess kann bei Raumtemperatur an Luft erfolgen		

# MECHANISCHE UND PHYSIKALISCHE WERTE

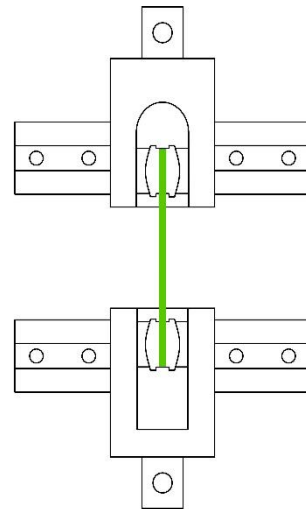
## ERMITTLUNG MECHANISCHER WERTE

Die grundlegende Prüfmethode zur Feststellung der statischen mechanischen Kennwerte ist der Zugversuch gemäß DIN EN ISO 6892-1, Verfahren B. Folgende Kennwerte werden gemäß unserer Werknorm ermittelt:

Kennwert	Kurzbezeichnung	Einheit
Zugfestigkeit	$R_m$	MPa
0,2 % Dehngrenze	$R_{p0,2}$	MPa
Dehnung	$A_{80}$	%

Die dazu erforderlichen Proben werden aus dem Federband in Walzrichtung bis 60 mm Bandbreite entsprechend der DIN EN 10151 und größer 60 mm Bandbreite nach Werknorm entnommen und auf Basis der DIN EN ISO 6892-1 vorbereitet. In Abhängigkeit von der Breite des Federbandes handelt es sich um die Proportionalprobe (Formprobe) oder bei Breiten < 20 mm um den Parallelstreifen. Bei Federbändern achten wir durch ein spezielles Verfahren bei der Probenvorbereitung besonders auf die Freiheit störender Kantenverfestigungen und Kantengrater. Während des Zugversuches darf die Probe in den Haltebacken nicht rutschen.

ABBILDUNG 21 | Zugprüfanlage



# MECHANISCHE UND PHYSIKALISCHE WERTE

## LÖSUNGSGEGLÜHTER ZUSTAND

**TABELLE 21** | Lösungsgeglühter Zustand

Mechanische Werte für den weichen, lösungsgeglühten Zustand in Walzrichtung

Zapp	0,2 % Dehngrenze Rp0,2 in MPa	Zugfestigkeit Rm in MPa	Bruchdehnung A80 in %
1.4310FM	230-330	650-750	45-60
1.4310FC	250-350	700-800	42-57
1.4310FS	300-430	800-950	38-55
1.4310FF	300-430	800-950	38-55

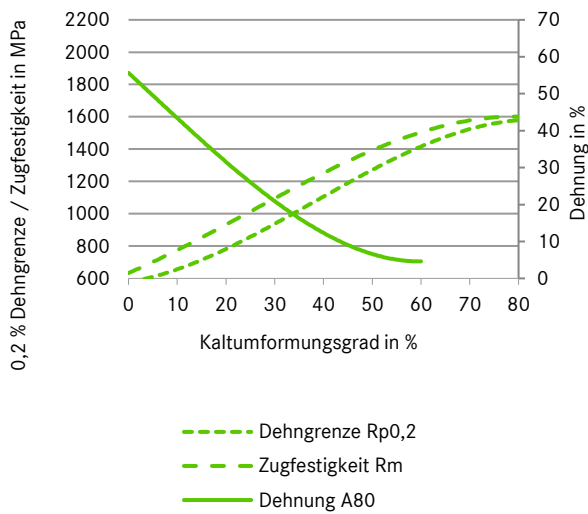
## KALTVERFORMTER ZUSTAND

Den Verlauf der mechanischen Kennwerte in Abhängigkeit vom Kaltverformungsgrad zeigen die typischen Verfestigungsschaubilder der Rostfreien Federbandstähle Zapp 1.4310:

(Abb. 22 bis Abb. 24)

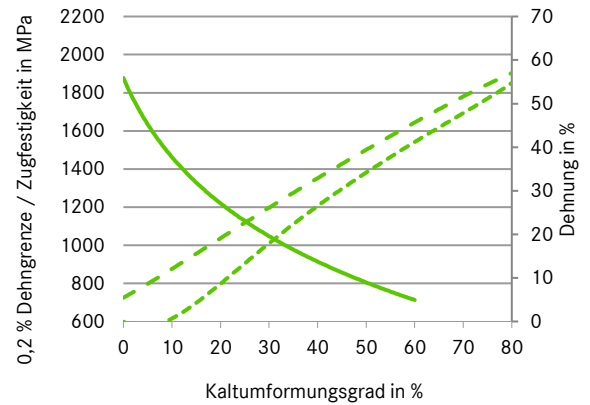
**ABBILDUNG 22** | Mechanische Werte 1.4310FM

Verlauf der mechanischen Kennwerte für Zapp® 1.4310FM



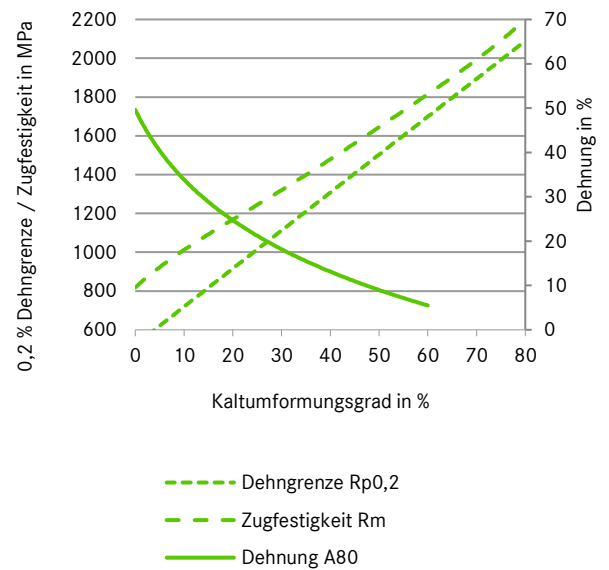
**ABBILDUNG 23** | Mechanische Werte 1.4310FC

Verlauf der mechanischen Kennwerte für Zapp® 1.4310FC



**ABBILDUNG 24** | Mechanische Werte 1.4310FS / FF

Verlauf der mechanischen Kennwerte für Zapp® 1.4310FS und 1.4310FF

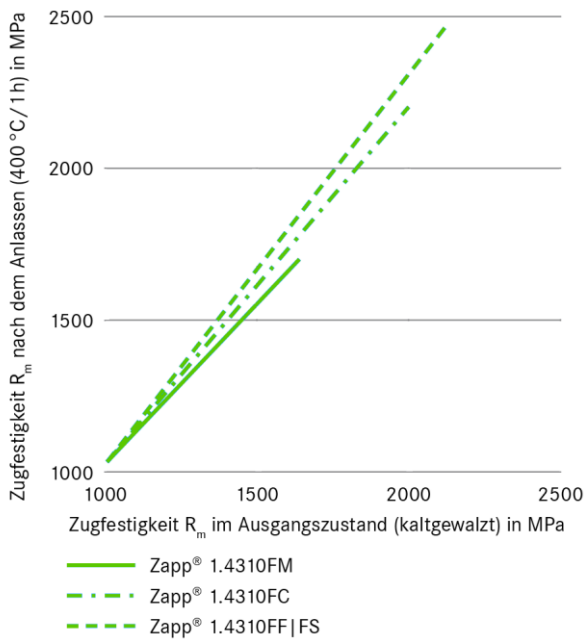


# MECHANISCHE UND PHYSIKALISCHE WERTE

## STEIGERUNG DER ZUGFESTIGKEIT UND STRECKGRENZE DURCH ANLASSEN

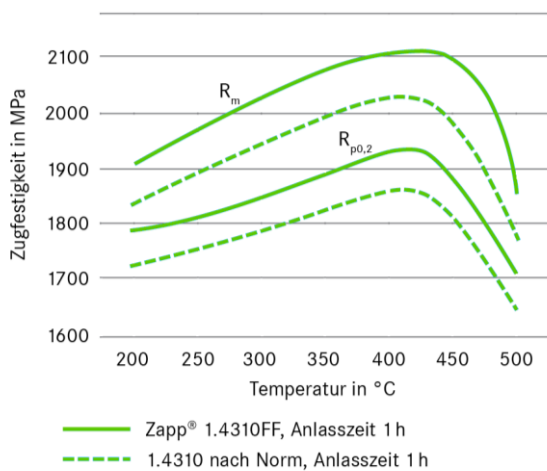
Durch Anlassen lässt sich die Zugfestigkeit und Streckgrenze unserer rostfreien Federbandstähle Zapp® 1.4310 in unterschiedlichem Maße steigern. In Abhängigkeit der gewählten Randbedingungen (vgl. 4.4) werden Erhöhungen der Zugfestigkeitswerte von bis zu 300 MPa erreicht.

**ABBILDUNG 25** | Zugfestigkeit mit/ohne Anlassen  
Zugfestigkeit  $R_m$  mit/ohne Anlassen für Zapp® 1.4310



**ABBILDUNG 26** | Vergleich Anlassverhalten 1.4310

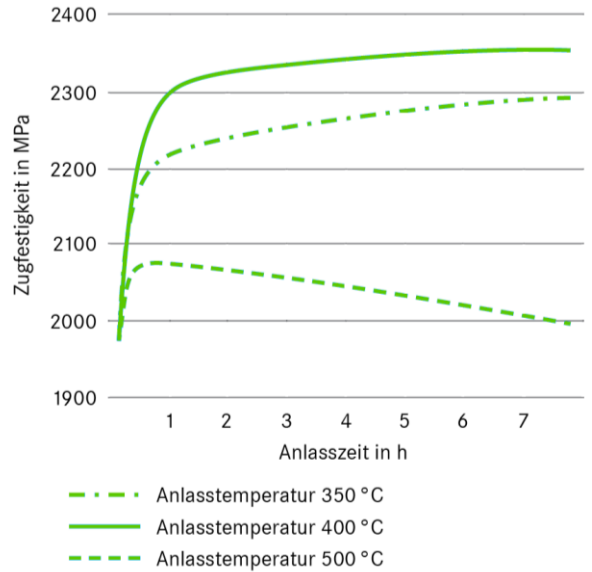
Anlassverhalten: Zapp® 1.4310FS und 1.4310FF im Vergleich zu 1.4310 nach Norm mit hoher Austenitstabilität



Dieser Anstieg von Zugfestigkeit und Streckgrenze ist bei Zapp® 1.4310FS und 1.4310FF über den gesamten Anlasstemperatur-bereich dem Werkstoff 1.4310 nach Norm überlegen.

**ABBILDUNG 27** | Einfluss Anlasstemperatur

Einfluss von Anlasstemperatur und -zeit auf die Zugfestigkeit am Beispiel von Zapp® 1.4310FF bei einer Walzfestigkeit von ca. 2000 MPa



Neben den beschriebenen Gefügeauswirkungen (vgl. 4.4) durch Anlasstemperaturen ab ca. 500 °C zeigt Abb. 27 an dem hier gewählten Beispiel der Zugfestigkeitsklasse C 1900 besonders deutlich die Absenkung der Zugfestigkeit ab 1 h.

## ZUGFESTIGKEIT UND HÄRTE

Die Zugfestigkeit von Federbändern und Bauteilen kann von Härtewerten nach Brinell, Vickers oder Rockwell umgewertet werden. Diese prüfmäßig einfacheren Methoden weisen eine deutlich höhere Streubreite im Vergleich zu der konventionellen Zugprüfung auf. Bei Chrom-Nickel-Stählen wird die Methode nach „Vickers“ gemäß ISO 6507-1 am häufigsten angewandt. Bei der Härteprüfung spielt die Dicke der zu messenden Probe eine wichtige Rolle. Allgemeine Regel ist, dass die Prüfung mit der höchstmöglichen für die jeweilige Banddicke noch zulässigen Belastung erfolgen muss.

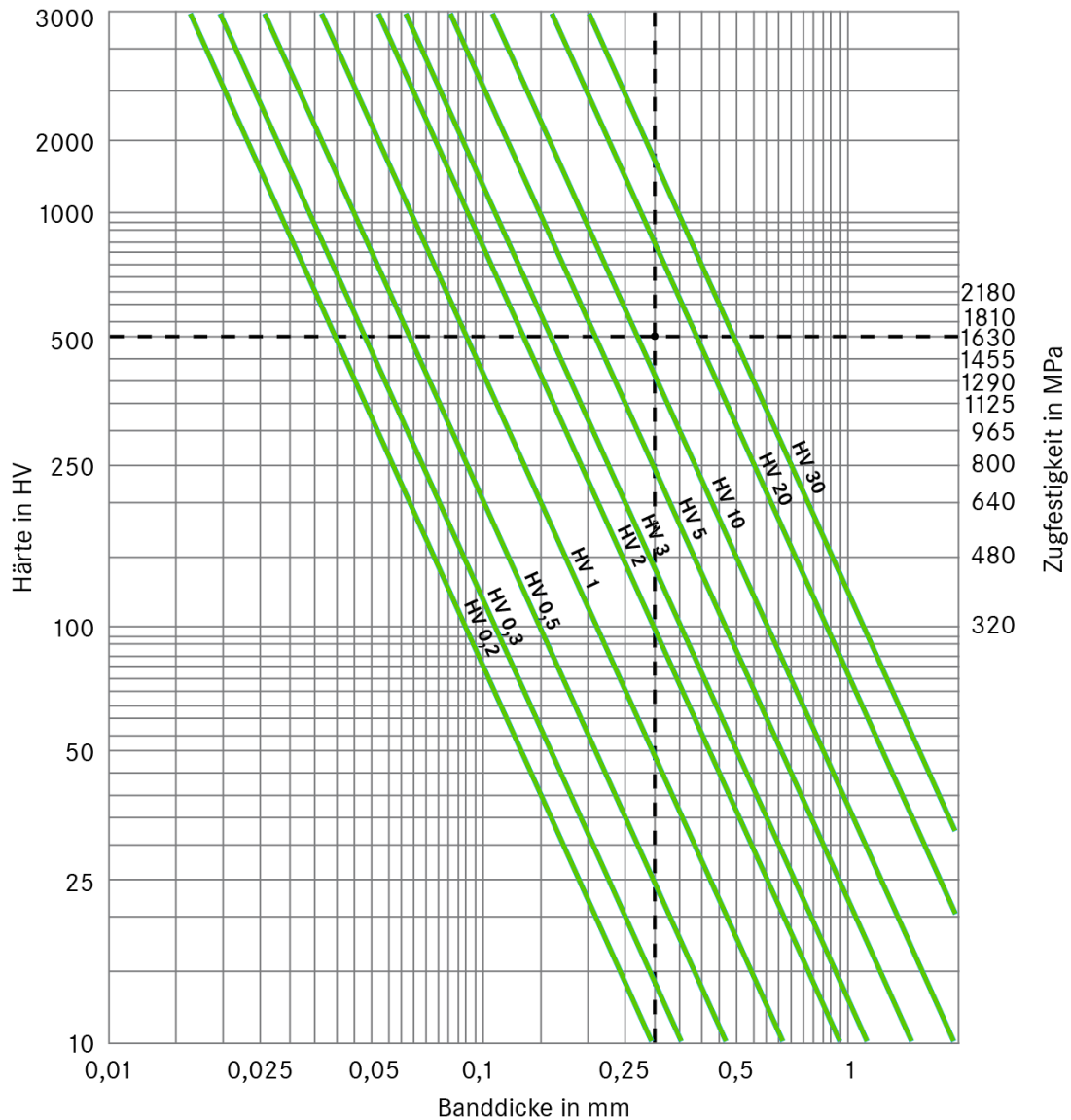
# MECHANISCHE UND PHYSIKALISCHE WERTE

**ABBILDUNG 28** | Mindestdicke der Proben

Mindestdicke der Proben in Abhängigkeit von Prüfkraft und Härte (HV 0,2 bis HV 30), in Anlehnung an DIN EN ISO 6507-1.

Beispiel:

$R_m = 1630 \text{ MPa}$  entspricht nach Umwertungstabelle der DIN EN ISO 18265 HV500 bei einer Banddicke von 0,3 mm wird die Härteprüfung HV10 angewendet.



Durch die Ordinatenwerte Dicke und der zur erwartenden Härte wird der „Arbeitspunkt“ bestimmt. Die anzuwendende Belastung entspricht der links vom Arbeitspunkt angrenzenden Geraden. Zwischen der Zugfestigkeit und den nach den verschiedenen Härteprüfmethode ermittelten Härtewerten besteht kein eindeutiger, sondern lediglich ein empirischer Zusammenhang.

Für Zapp® 1.4310 kann in der Praxis die Vergleichstabelle gemäß DIN EN ISO 18265 für Zugfestigkeiten oberhalb 1100 MPa herangezogen werden.

# MECHANISCHE UND PHYSIKALISCHE WERTE

## TABELLEN

Die Norm DIN EN ISO 18265 legt Grundsätzliches zur Umwertung von Härtewerten fest. Der Anwendungsbereich beinhaltet nicht die nichtrostenden Stähle. Da für diese Stähle zurzeit keine adäquate Norm existiert, sollen die Tabellen der o.g. Norm als Anhaltswerte dienen. Aus den Tabellen können Richtwerte für den Vergleich der Zugfestigkeit mit den unterschiedlichen Härtearten, aber auch die Härtearten untereinander abgelesen werden.

Für Zapp® 1.4310 kann in der Praxis die Vergleichstabelle gem. ISO 18265 für Zugfestigkeiten oberhalb 1100 MPa herangezogen werden. Bei dieser Festigkeit ist im Gefüge ein relativ hoher Anteil an  $\alpha'$ -Martensit vorhanden, so dass dieses Gefüge verglichen werden kann mit dem Gefüge von gehärteten niedriglegierten Stählen. Steigende Zugfestigkeit engt den Streubereich der Härtewerte ein.

**TABELLE 22** | Umwertungstabelle für Härte

Umwertung für Härte in Härte und Härte in Zugfestigkeit für niedriglegierte Stähle

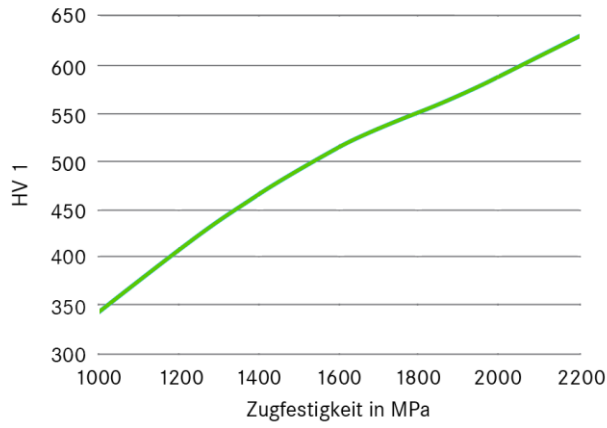
Zugfestigkeit MPa	Vickershärte HV10	Brinellhärte		Rockwellhärte						
		HB <sup>a</sup>	HRB	HRF	HRC	HRA	HRD	HR15N	HR30N	HR45N
1095	340	323	-	-	34,4	67,6	51,1	77,4	54,4	36,5
1125	350	333	-	-	35,5	68,1	51,9	78,0	55,4	37,8
1155	360	342	-	-	36,6	68,7	52,8	78,6	56,4	39,1
1190	370	352	-	-	37,7	69,2	53,6	79,2	57,4	40,4
1220	380	361	-	-	38,8	69,8	54,4	79,8	58,4	41,7
1255	390	371	-	-	39,8	70,3	55,3	80,3	59,3	42,9
1290	400	380	-	-	40,8	70,8	56,0	80,8	60,2	44,1
1320	410	390	-	-	41,8	71,4	56,8	81,4	61,1	45,3
1350	420	399	-	-	42,7	71,8	57,5	81,8	61,9	46,4
1385	430	409	-	-	43,6	72,3	58,2	82,3	62,7	47,4
1420	440	418	-	-	44,5	72,8	58,8	82,8	63,5	48,4
1455	450	428	-	-	45,3	73,3	59,4	83,2	64,3	49,4
1485	460	437	-	-	46,1	73,6	60,1	83,6	64,9	50,4
1520	470	447	-	-	46,9	74,1	60,7	83,9	65,7	51,3
1555	480	456	-	-	47,7	74,5	61,3	84,3	66,4	52,2
1595	490	466	-	-	48,4	74,9	61,6	84,7	67,1	53,1
1630	500	475	-	-	49,1	75,3	62,2	85,0	67,7	53,9
1665	510	485	-	-	49,8	75,7	62,9	85,4	68,3	54,7
1700	520	494	-	-	50,5	76,1	63,5	85,7	69,0	55,6
1740	530	504	-	-	51,1	76,4	63,9	86,0	69,5	56,2
1775	540	513	-	-	51,7	76,7	64,4	86,3	70,0	57,0
1810	550	523	-	-	52,3	77,0	64,8	86,6	70,5	57,8
1845	560	532	-	-	53,0	77,4	65,4	86,9	71,2	58,6
1880	570	542	-	-	53,6	77,8	65,8	87,2	71,7	59,3
1920	580	551	-	-	54,1	78,0	66,2	87,5	72,1	59,9
1955	590	561	-	-	54,7	78,4	66,7	87,8	72,7	60,5
1995	600	570	-	-	55,2	78,6	67,0	88,0	73,2	61,2
2030	610	580	-	-	55,7	78,9	67,5	88,2	73,7	61,7
2070	620	589	-	-	56,3	79,2	67,9	88,5	74,2	62,4
2105	630	599	-	-	56,8	79,5	68,3	88,8	74,6	63,0
2145	640	608	-	-	57,3	79,8	68,7	89,0	75,1	63,5
2180	650	618	-	-	57,8	80,0	69,0	89,2	75,5	64,1
-	660	-	-	-	58,3	80,3	69,4	89,5	75,9	64,7
-	670	-	-	-	58,8	80,6	69,8	89,7	76,4	65,3
-	680	-	-	-	59,2	80,8	70,1	89,8	76,8	65,7
-	690	-	-	-	59,7	81,1	70,5	90,1	77,2	66,2
-	700	-	-	-	60,1	81,3	70,8	90,3	77,6	66,7
-	720	-	-	-	61,0	81,8	71,5	90,7	78,4	67,7
-	740	-	-	-	61,8	82,2	72,1	91,0	79,1	68,6

<sup>a</sup> Die Brinellhärtewerte bis 450 HB wurden mit der Stahlkugel als Eindringkörper bestimmt, die darüber liegenden mit der Hartmetallkugel.

# MECHANISCHE UND PHYSIKALISCHE WERTE

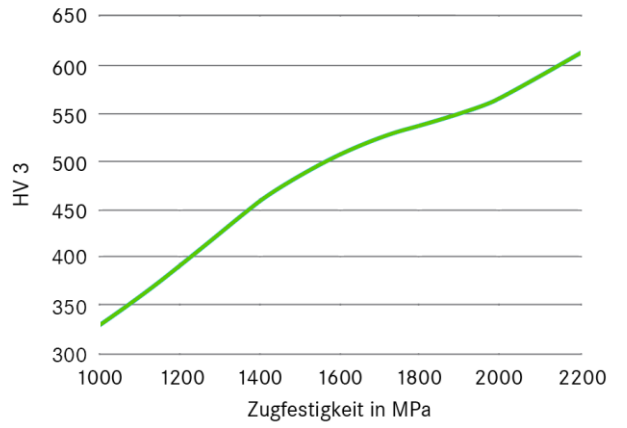
**ABBILDUNG 29** | Vickers Härte HV 1,0

Statistische Auswertung von Vickers Härte HV 1,0 und Zugfestigkeit bei kaltverfestigten bzw. federhart gewalzten Bändern unserer rostfreien Federbandstähle Zapp® 1.4310FF/FS.



**ABBILDUNG 30** | Vickers Härte HV 3,0

Statistische Auswertung von Vickers Härte HV 3,0 und Zugfestigkeit bei kaltverfestigten bzw. federhart gewalzten Bändern unserer rostfreien Federbandstähle Zapp® 1.4310FF/FS.



# MECHANISCHE UND PHYSIKALISCHE WERTE

## DAUERFESTIGKEIT

Der Dauerschwingversuch mit der Wöhlerkennlinie sind Begriffe der Werkstofftechnik. Die Anwendung findet in der Betriebsfestigkeit des Maschinenbaus statt. Für viele Federbauteile ist die dynamische Festigkeit oder Dauerfestigkeit ein entscheidender Kennwert für die Lebensdauer. Die klassische Methode zur Beurteilung der Zeitfestigkeit und Dauerfestigkeit ist das Wöhlerschaubild (DIN 50100). Es werden Versuchskörper auf mehreren Lasthorizonten mit einer Spannung  $\sigma$  in einer zyklischen, meist sinusförmigen Beanspruchungs- Zeit- Funktion bis zur einer festgelegten Lastspielzahl oder Bruch belastet. Die so ermittelten Werte in einem Spannung- Lastspielzahl-Diagramm dargestellt, sind die Wöhlerlinien. Da die Ergebnisse dieser Versuche statistisch streuen, ergeben sich meist Kurvenscharen, aus denen der Median mit 50%- Bruchwahrscheinlichkeit zur Beurteilung herangezogen wird.

- \_ Versuchskörper, die die Grenzschnitzzahl ohne erkennbares Versagen erreichen, werden als Durchläufer bezeichnet.
- \_ Bei einer Belastung, die innerhalb von  $\frac{1}{4}$  Schwingzahl zum Versagen führt spricht man von der statischen Festigkeit, die auch im Zugversuch ermittelt wird.
- \_ Der Bereich der Kurzzeitfestigkeit liegt  $< 5 \times 10^4$  Lastspielzahl.
- \_ Der Bereich der Zeitfestigkeit liegt zwischen  $10^4$  und  $10^6$  Lastspielzahl
- \_ Der anschließende Bereich  $> 10^6$  Lastspielzahl, indem die Wöhlerkennlinie faktisch horizontal verläuft wird als Dauerfestigkeit bezeichnet. Für austenitische Stähle liegt diese in der Regel  $10^6$  bis  $10^8$  Lastspielzahlen. Die Dauerfestigkeit liegt bei Federbändern in Werkstoff 1.4310 bei ca.  $\frac{1}{4}$  der Zugfestigkeit.

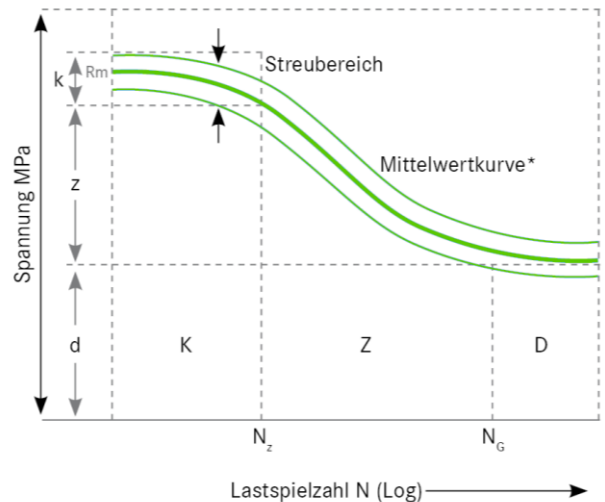
- \_ Günstig für die Dauerfestigkeit sind geringe Verunreinigungen im Werkstoff, eine hohe Zugfestigkeit und eine möglichst fehlerfreie Oberfläche des Bauteils.

Die Zahl der ertragenen Lastspiele eines Federbauteils unter Betriebsbelastung bis zum Ausfall kann im Rahmen statistischer Genauigkeit mit Hilfe der Wöhlerkurven und zusätzlicher Methoden vorausgesagt werden. Man spricht hierbei von betriebsfester Bemessung (Betriebsfestigkeit) eines Bauteils.

Die Dauerfestigkeit kann für verschiedene Arten der Beanspruchung ermittelt werden. Beispielsweise für Biege-, Zug-, Druck-, Schlag- oder Torsionsbeanspruchung. In der Praxis wird für die Auslegung eines Federbauteils die Biegedauerfestigkeit des Werkstoffs herangezogen. Zusätzlich können Kenntnisse über die Dauerfestigkeit bei

Zugschwellbeanspruchung notwendig sein. Für unsere Rostfreien Federbandstähle Zapp® 1.4310FC und Zapp® 1.4310FF/FS sind die Wöhlerdiagramme für Belastungsfälle Biegewechsel- und Zugschwellbeanspruchung in Abbildung 32-39 wiedergegeben. Die Werte gelten bei Raumtemperatur und normaler trockener Atmosphäre. Die Diagramme enthalten Richtwerte, die dem Konstrukteur Hilfestellung für die Wahl von Abmessung, Beanspruchung usw. bieten. Im Zweifelsfall ist es ratsam, spezifische, auf die im Einsatz auftretenden Lastkollektive abgestellte Dauerfestigkeitsprüfung am fertigen Bauteil durchzuführen. Aufgrund der umfangreichen und kostenintensiven Messmethoden gehören die Wöhlerkurven nicht zu unserem standardmäßigen Prüfumfang.

ABBILDUNG 31 | Wöhlerschaubild / Prinzip



\* 50 % Wahrscheinlichkeit bis zum Bruch

Rm: statische Zugfestigkeit

Streubereich: 2x Standardabweichung, d. h. ca. 95 % der Verteilung liegen innerhalb dieser Grenzen

Spannung  $\sigma_d$ : Dauerfestigkeit

Spannung  $\sigma_z$ : höchste Zeitfestigkeit

Spannung  $\sigma_k$ : höchste Kurzzeitfestigkeit

D: Dauerfestigkeitsbereich

Z: Zeitfestigkeitsbereich

K: Kurzzeitfestigkeitsbereich

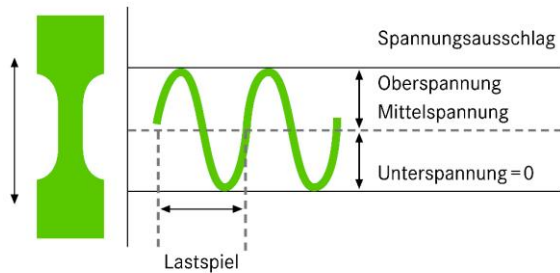
Nz: Lastspielzahl Zeitfestigkeitsbeginn

Ng: Lastspielzeit Dauerfestigkeitsbeginn



# MECHANISCHE UND PHYSIKALISCHE WERTE

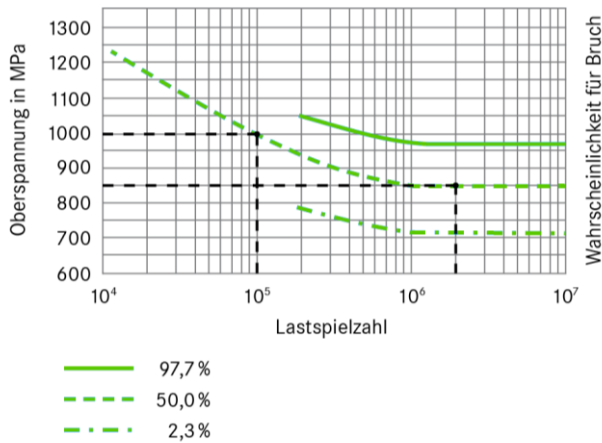
## ZUGSCHWELLBEANSPRUCHUNG MIT UNTERSPPANNUNG = 0



**ABBILDUNG 32** | Zugschwellbeanspruchung

Zapp® 1.4310FC, Banddicke 0,40 mm, kaltgewalzt, Zugfestigkeit 1650 MPa in Walzrichtung

Wöhlerkurve: Oberspannung in Abhängigkeit von der Lastspielzahl

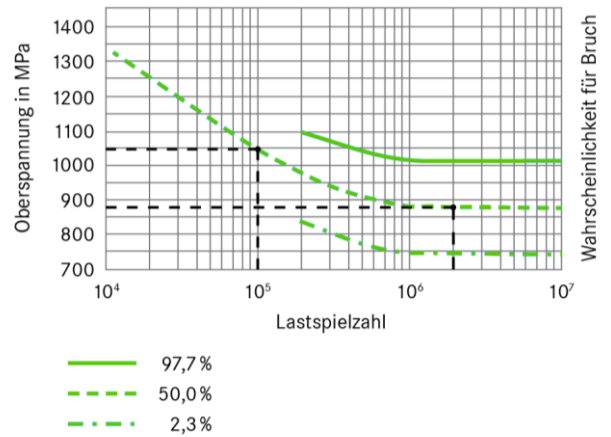


Beispiel in Abbildung 32: Wenn eine Feder voraussichtlich max.  $10^5$  Lastspielen ausgesetzt wird, ist die Oberspannung ca. 1000 MPa auf der mittleren Kurve abzulesen. Dies bedeutet, dass 50 % der Federn bei einer Beanspruchung von Mittelspannung ca. 500 MPa und Spannungsausschlag  $\pm 500$  MPa vor Erreichen von  $10^5$  Lastspielzahlen brechen (Zeitfestigkeit). Nach  $2 \times 10^6$  Lastspielen ist die Oberspannung konstant bei ca. 850 MPa, d. h. eine Dauerfestigkeit von  $425 \pm 425$  MPa bei Zugschwellbeanspruchung (Unterspannung 0).

**ABBILDUNG 34** | Zugschwellbeanspruchung

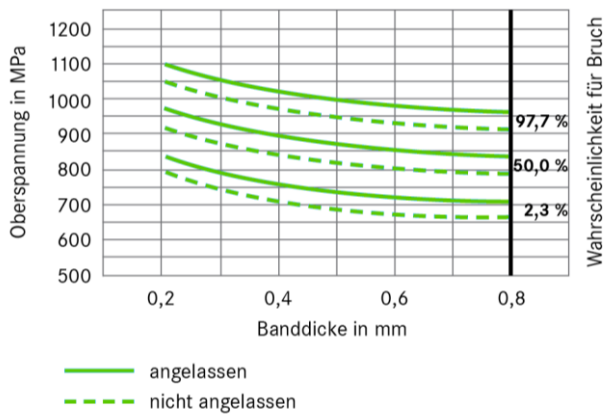
Zapp® 1.4310FF und 1.4310FS, Banddicke 0,40 mm, kaltgewalzt, Zugfestigkeit 1850 MPa, in Walzrichtung

Wöhlerkurve: Oberspannung in Abhängigkeit von der Lastspielzahl, Unterspannung = 0



**ABBILDUNG 33** | Zugschwellbeanspruchung

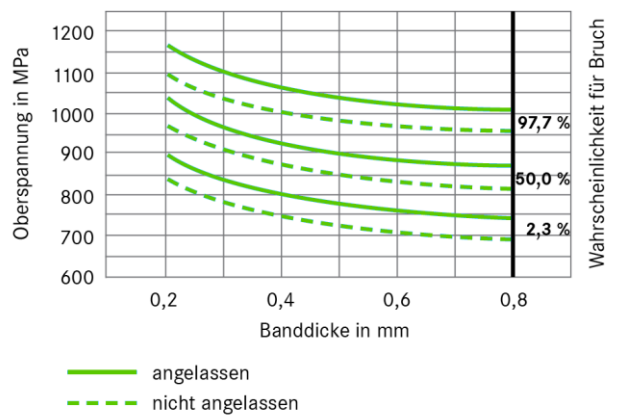
Oberspannung nach  $2 \times 10^6$  Lastspielen in Abhängigkeit von Banddicke und Einfluss des Anlassens  $400^\circ\text{C}$  1h.



**ABBILDUNG 35** | Zugschwellbeanspruchung

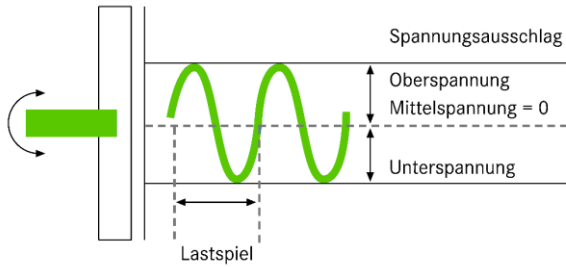
Wöhlerkurve:

Oberspannung nach  $2 \times 10^6$  Lastspielen in Abhängigkeit von Banddicke und Einfluss des Anlassens  $400^\circ\text{C}$  1h.



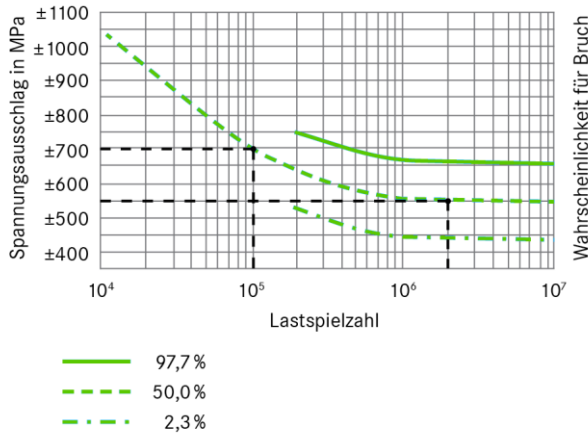
# MECHANISCHE UND PHYSIKALISCHE WERTE

## BIEGEWECHSELBEANSPRUCHUNG MIT MITTELSPANNUNG = 0



**ABBILDUNG 36** | Biegewechselspannung

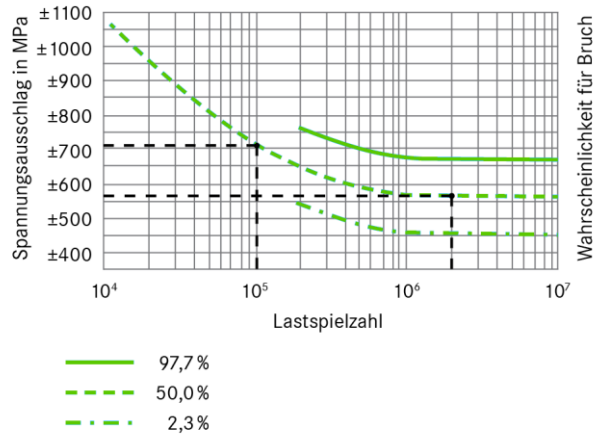
Zapp® 1.4310FC, Banddicke 0,40 mm  
kaltgewalzt, Zugfestigkeit 1650 MPa in Walzrichtung  
Wöhlerkurve



Beispiel in Abbildung 36: Wenn eine Feder voraussichtlich max.  $10^5$  Lastspielen ausgesetzt wird, so ist auf der mittleren Kurve eine Biegewechselspannung von ca.  $\pm 700$  MPa abzulesen. Das bedeutet, 50 % der Federn brechen bei einer Beanspruchung von  $\pm 700$  MPa vor Erreichen der  $10^5$  Lastspielzahlen (Zeitfestigkeit). Nach  $2 \times 10^6$  Lastspielen bleibt der Spannungsausschlag konstant  $\pm 550$  MPa. Dies entspricht einer Dauerfestigkeit von  $\pm 550$  MPa bei wechselnder Biegebeanspruchung (Mittelspannung 0).

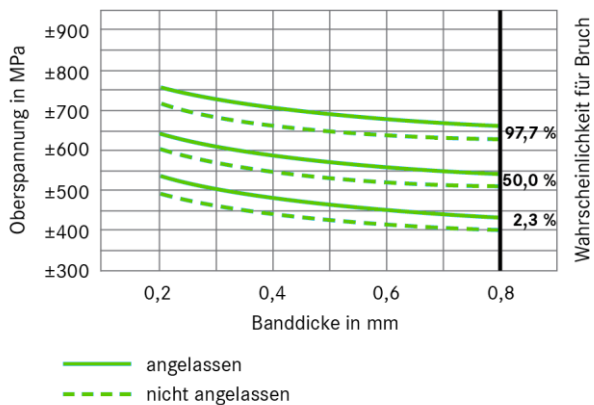
**ABBILDUNG 38** | Biegewechselspannung

Zapp® 1.4310FS und 1.4310FF, Banddicke 0,40 mm  
kaltgewalzt, Zugfestigkeit 1850 MPa in Walzrichtung  
Wöhlerkurve



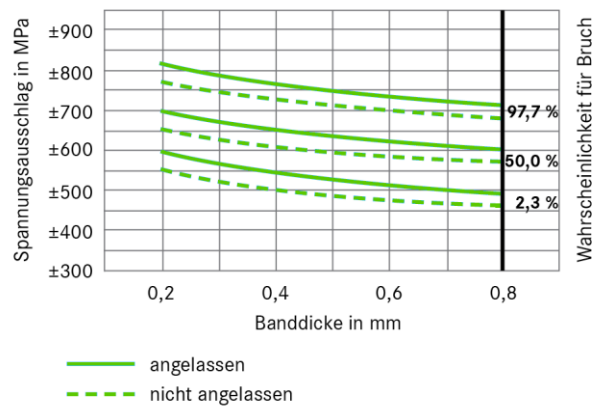
**ABBILDUNG 37** | Biegewechselspannung

Oberspannung nach  $2 \times 10^6$  Lastspielen in Abhängigkeit von Banddicke und Einfluss des Anlassens  $400^\circ\text{C}$  1h



**ABBILDUNG 39** | Biegewechselspannung

Oberspannung nach  $2 \times 10^6$  Lastspielen in Abhängigkeit von Banddicke und Einfluss des Anlassens  $400^\circ\text{C}$  1h.



# MECHANISCHE UND PHYSIKALISCHE WERTE

## DIE DAUERFESTIGKEIT EINES BAUTEILS AUS ROSTFREIEM FEDERBANDSTAHL ZAPP® 1.4310 KANN POSITIV BEEINFLUSST WERDEN:

- \_ Anlassen erhöht generell die Dauerfestigkeit
- \_ Niedrige Gehalte an nichtmetallischen Einschlüssen – insbesondere in Oberflächennähe sind günstig für eine hohe Dauerfestigkeit
- \_ Druckspannungen in der Oberfläche (z. B. durch Kugelstrahlen) verbessern die Dauerfestigkeit
- \_ Eine glatte Oberflächenausführung erhöht die Dauerfestigkeit
- \_ Die Dauerfestigkeit längs zur Walzrichtung ist tendenziell höher als die entsprechenden Querwerte
- \_ Ein Glätten der Kante verbessert die Dauerfestigkeit
- \_ Je höher die Zugfestigkeit, desto höher die Dauerfestigkeit. Als Richtwert gilt, dass die Dauerbiegefestigkeit etwa 30 – 50 % des Niveaus der Zugfestigkeit erreicht.
- \_ Eine Begrenzung der Dauerfestigkeit ergibt sich durch die gleichzeitige Erhöhung der Kerbempfindlichkeit des Bauteils.

ABBILDUNG 40 | Biegewechselspannung

Wöhler-Kurven des rostfreien Federbandstahl Zapp® 1.4310 im geglähten und federharten Zustand bei Biegewechselbeanspruchung

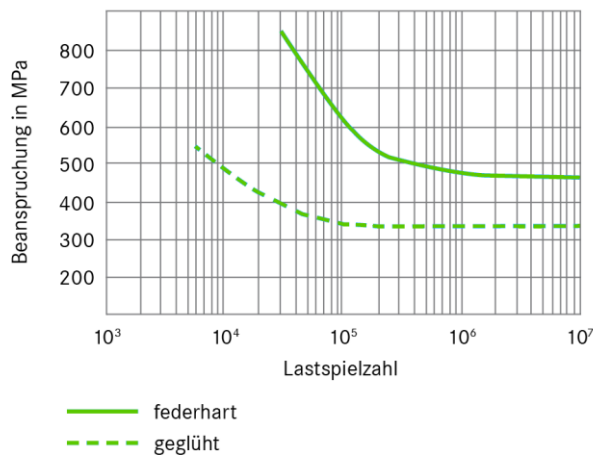
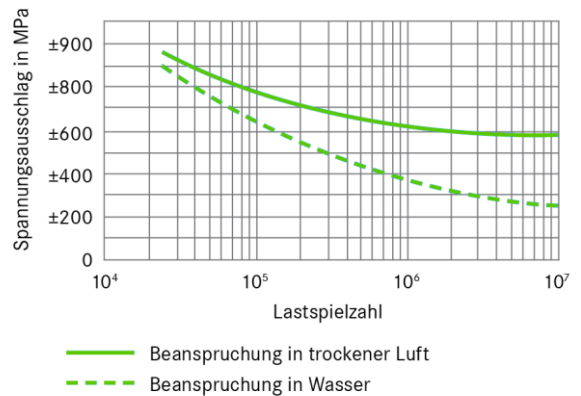


ABBILDUNG 41 | Korrosionseinfluss Dauerfestigkeit

Korrosionseinfluss auf die Dauerfestigkeit von rostfreiem Federbandstahl Zapp® 1.4310  
Belastungsfall: Biegewechselbeanspruchung mit Mittelspannung = 0  
Bruchwahrscheinlichkeit 50 %



Korrosion wirkt sich nachteilig auf die Dauerfestigkeit aus. Dauerbeanspruchte Bauteile sollten daher durch geeignete konstruktive Maßnahmen vor Kontakt mit korrosiven Medien geschützt werden. Die Auswirkungen korrosions-chemischer Vorgänge sind aufgrund ihrer Komplexität nur sehr bedingt kalkulierbar. Im Extremfall können Federbauteile, die einer Dauerbeanspruchung ausgesetzt sind, schon in schwach korrosiven Medien auch ohne sichtbaren äußeren Angriff versagen. Die Korrosionsbeständigkeit des Werkstoffes Zapp® 1.4310FF bietet aufgrund seines erhöhten Molybdän- und Stickstoffgehaltes höhere Dauerfestigkeiten in korrosiven Medien.

# MECHANISCHE UND PHYSIKALISCHE WERTE

## SETZEN UND RELAXATION

Die bleibende plastische Verformung eines Federbauteils nach dem Aufbringen einer Belastung bei Raumtemperatur wird allgemein als Setzen und bei erhöhter Temperatur als Relaxation bezeichnet. Dieses Verhalten eines Federbauteils kann z. B. folgendermaßen bestimmt werden:

Eine Druckfeder wird nach der Herstellung erstmalig statisch belastet. Nach definierter Einwirkdauer bei Raumtemperatur oder erhöhter Temperatur wird sie entlastet. Der eintretende Längenverlust, der mit der Anzahl der Wiederholungen geringer wird, ist das Setzen bzw. die Relaxation. Der kumulierte Kurvenverlauf des Verlustes über die Belastungszeit ist bei Temperatureinwirkung gekennzeichnet durch hohe Anfangsverluste, die mit der Belastungszeit geringer werden.

## DIE HÖHE DES SETZMASSES BZW. DER RELAXATION IST ABHÄNGIG VON ...

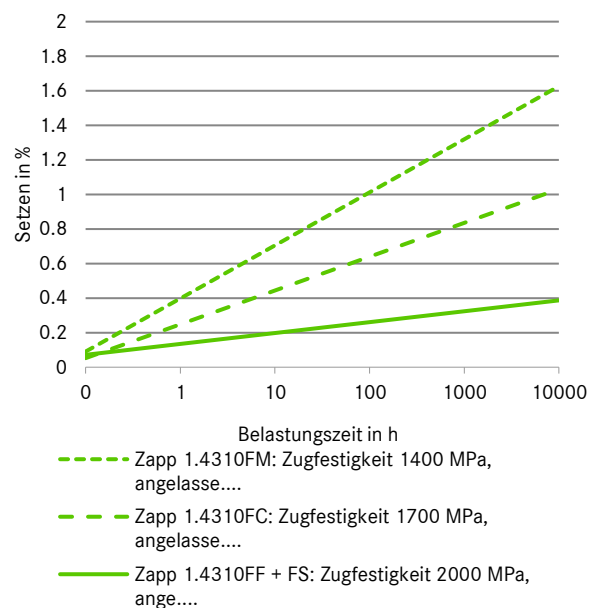
- \_ der eingesetzten Werkstoffvariante Zapp® 1.4310
- \_ der Form des Federbauteils
- \_ der aufgebrachten Beanspruchung
- \_ der Höhe der Anwendungstemperatur
- \_ der Dauer der Temperatureinwirkung
- \_ der Zugfestigkeit des Federbandes

Abbildung 42 und Abbildung 43 zeigen Setz- bzw. Relaxationsverluste als Funktion der Zeit bei Raumtemperatur bzw. bei erhöhten Temperaturen. Diese Werte vermitteln eine Größenordnung des Effekts.

Dabei wird bei Abbildung 42 der Einfluss der Zugfestigkeit und der Zapp® 1.4310-Typen deutlich. Aus Abbildung 43 ist bei gleichem Materialzustand der starke Einfluss von Temperatur und Belastung zu erkennen.

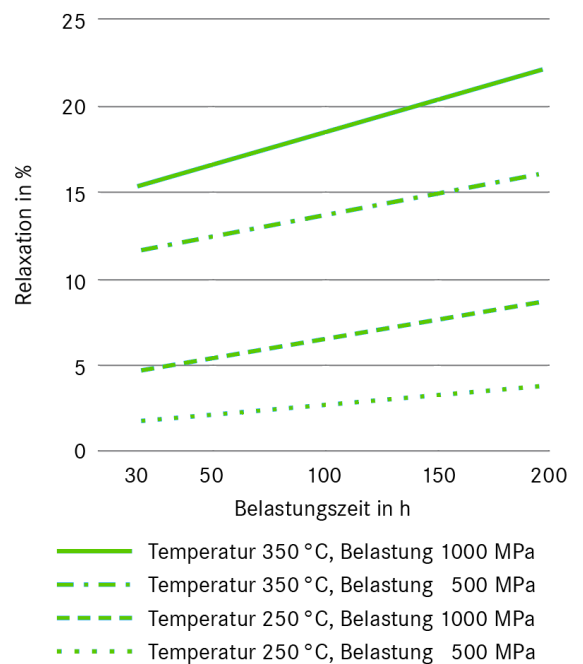
**ABBILDUNG 42** | Setzen als Funktion der Zeit

Setzen als Funktion der Zeit bei Raumtemperatur.  
Belastung 1000 MPa



**ABBILDUNG 43** | Relaxation als Funktion der Zeit

Relaxation als Funktion der Zeit bei erhöhten Temperaturen ohne Anfangsverlauf:  
Zapp® 1.4310FS und 1.4310FF  
Zugfestigkeit 2000 MPa, angelassen: 400 °C/1 h



# ELASTIZITÄTSEIGENSCHAFTEN

Die Elastizitätseigenschaften der Rostfreien Federbandstähle werden durch die Federbiegegrenze, die Elastizitätsgrenze (hier: 0,01 %-Dehngrenze) und dem Elastizitätsmodul (E-Modul) charakterisiert. Das Verfahren zur Ermittlung der Werte der Federbiegegrenze und des E-Moduls erfolgt in Anlehnung an DIN EN 12384. Die Werte der Elastizitätsgrenze liefert der Zugversuch gemäß DIN EN ISO 6892-1.

## FEDERBIEGEGRENZE

Die Federbiegegrenze ist eine elastische Biegespannung. Sie gibt den Spannungswert an, der nach der Entlastung eines Probestreifens unter Berücksichtigung des Auflagenabstandes eine bleibende Durchbiegung von 50 µm ergibt. Der Probestreifen wird stufenweise um 0,667 mm durchgebogen und wieder entlastet.

Federbandstähle mit größerer Banddicke liegen in den Werten der Federbiegegrenze bei gleicher Zugfestigkeit an der unteren Grenze der in Tabelle 23 angegebenen Werte. Die Unterschiede der chemischen Zusammensetzung der vier Zapp-Varianten machen sich bei gleicher Zugfestigkeit nur geringfügig bemerkbar. Dabei weist der Werkstoff Zapp® 1.4310FM in den für ihn möglichen Zugfestigkeitsstufen im Vergleich tendenziell höhere Werte auf. Quer zur Walzrichtung liegen die Federbiegegrenzen höher als in Längsrichtung. Diese Anisotropie sollte bei der Konstruktion von Federn berücksichtigt werden. Innere Spannungen erniedrigen die Federbiegegrenze. Die Spannungen können durch eine geeignete Wärmebehandlung (Anlassen) abgebaut werden.

**TABELLE 23** | Federbiegegrenze

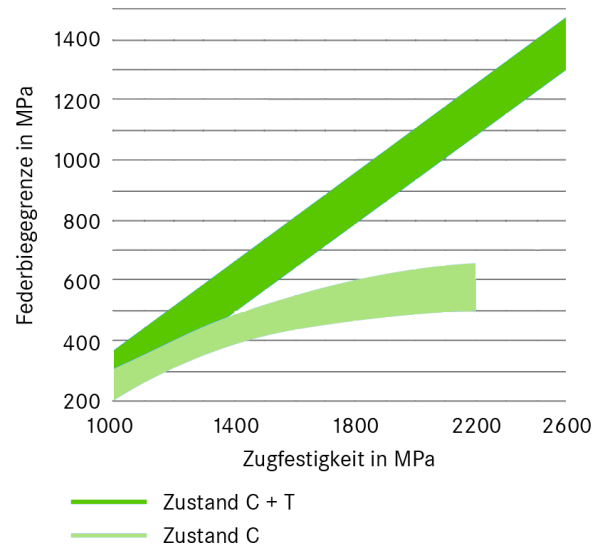
Zuordnung von Richtwerten der Federbiegegrenze von kaltverformten + angelassenen rostfreien Federbandstählen in Zapp 1.4310 – Güten zu den Zugfestigkeitsstufen gem. DIN EN 10161 Banddicken 0,05 bis 1,00 mm

Zugfestigkeitsstufe	C 1000	C 1150	C 1300	C 1500	C 1700	C 1900
Zustand C+T Federbiegegrenze MPa	Ca. 350	Ca. 500	Ca. 600	Ca. 750	Ca. 950	Ca. 1150
Zapp® 1.4310FM	■	■	Auf Anfrage		nicht lieferbar	
Zapp® 1.4310FC	■	■	■	■	Auf Anfrage	
Zapp® 1.4310FS/FF	■	■	■	■	■	■

■ = lieferbar

**ABBILDUNG 44** | Federbiegegrenze

Federbiegegrenze in Abhängigkeit von der Zugfestigkeit im kaltverformten Zustand (Zustand C) bzw. nach Kaltverformung und Anlassen (Zustand C+T) bei Zapp® 1.4310, Anlassen: 400 °C/ 1 h



Vorteil: In jahrelanger Zusammenarbeit mit unseren Kunden hat sich die Federbiegegrenze für spezielle Verwendungszwecke als eine entscheidende Kenngröße für das Federverhalten des Bauteils herausgestellt. Bei Bedarf bestimmen wir die Federbiegegrenze des Federbandes Zapp® 1.4310 und bestätigen die Werte in der Abnahmeprüfbescheinigung.

# ELASTIZITÄTSEIGENSCHAFTEN

## ELASTIZITÄTSMODUL

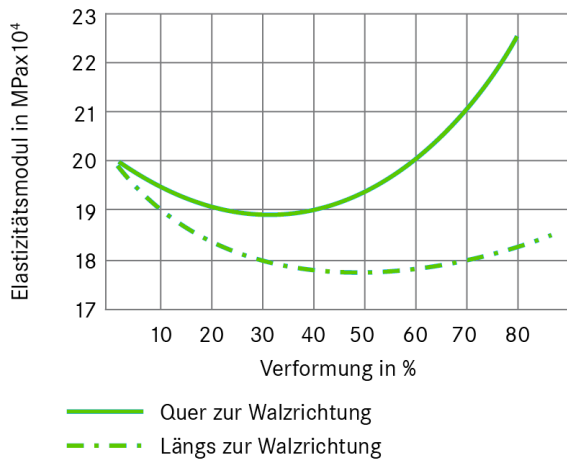
Das Elastizitätsmodul (E-Modul) ist allgemein bekannt als die Steigung der Hook'schen Geraden im Spannungs-Dehnungsdiagramm des Zugversuchs. Er kennzeichnet damit den Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung während einer Verformung im elastischen Bereich. Dieser Wert kann bei rostfreiem Federband über den Dreipunktbiegeversuch in Anlehnung an DIN EN 12384 ermittelt werden. Das E-Modul ist umso größer, je mehr Widerstand ein Material seiner elastischen Verformung entgegensetzt. Die Schaubilder zeigen, dass Federbauteile vorzugsweise quer zur Walzrichtung ausgelegt werden sollten. Falls dies aus z. B. fertigungstechnischen Gründen nicht möglich ist, sollte der positive Einfluss des Anlassens genutzt werden.

## FEDERKONSTANTE

In der praktischen Anwendung ergibt sich rechnerisch die Federkonstante eines geraden Stabes aus seiner Querschnittsfläche, seiner Länge und seines E-Moduls.

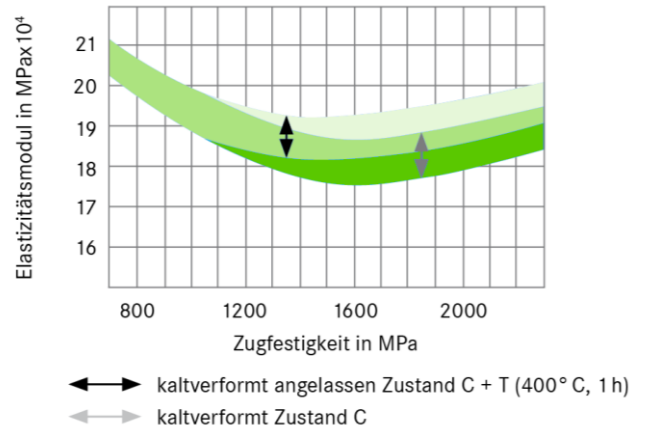
**ABBILDUNG 45** | E-Modul - Zugfestigkeit

Zapp® 1.4310: Abhängigkeit des E-Moduls vom Kaltverformungsgrad und von der Walzrichtung  
Werte aus dem Zugversuch.



**ABBILDUNG 46** | E-Modul - Streubereich

Abhängigkeit des Streubereichs des E-Moduls von der Zugfestigkeit des kaltgewalzten und kaltgewalzt/ angelassenen rostfreien Federbandes in Zapp® 1.4310FS und FF längs zur Walzrichtung. Trotz überschneidender Werte ist der positive Einfluss des Anlassens auf die Erhöhung des E-Moduls zu erkennen. Werte aus dem Zugversuch.



# ELASTIZITÄTSEIGENSCHAFTEN

## ELASTIZITÄTSGRENZE

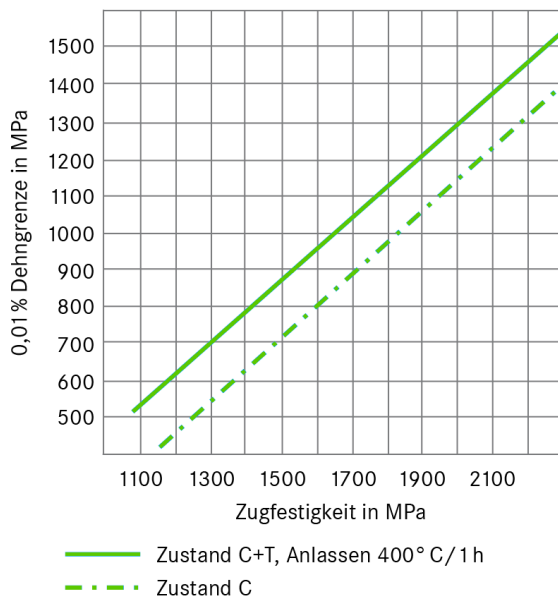
Als Elastizitätsgrenze eines Werkstoffes bezeichnet man die Größe der mechanischen Spannung, bei deren Überschreitung im elastischen Bereich eine nicht reversible Dehnung oder Stauchung bzw. plastische Verformung auftritt. Im Spannungs-Dehnungs-Diagramm ist es der Punkt, in dem die Spannungskurve vom linearen Verlauf abweicht.

Die Elastizitätswerte werden neben anderen Materialwerten für die Berechnung und Bestimmung der Festigkeit und Stabilität mechanischer Konstruktionen verwendet.

Von den verschiedenen bestimmbaren Spannungen im Diagramm haben wir für die Elastizitätsgrenze die Spannung dargestellt, die eine bleibende Dehnung von 0,01% bewirkt ( $R_{p0,01}$ ). Mit steigender Elastizitätsgrenze verbessert sich das Federverhalten des Bauteils.

**ABBILDUNG 47** | Abhängigkeit  $R_{p0,01}$  - Grenze

Abhängigkeit der  $R_{p0,01}$  - Grenze von der Festigkeit im kaltgewalzten und kaltgewalzten + angelassenen Zustand von Rostfreiem Federband Zapp® 1.4310FS und 1.4310FF (Anlassen 400°C/1 h).



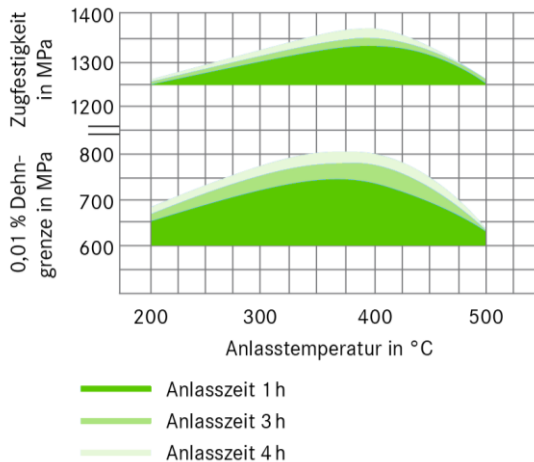
Ableitungen aus den Abb. 47-50:

- \_ Der positive Einfluss der Anlasstemperatur und -zeit
- \_ Die Maxima der Elastizitätsgrenzen und Festigkeiten ergeben sich bei denselben Anlasstemperaturen und -Zeiten
- \_ Steigende Festigkeiten verschieben die Maxima der Werte zu höheren Anlasstemperaturen
- \_ Steigende Festigkeit und  $R_{p0,01}$ -Grenze im kaltgewalzten Zustand führen zu höheren Werten nach dem Anlassen.

Einfluss der Anlasstemperatur und Anlasszeit auf die Zugfestigkeit und Elastizitätsgrenze.

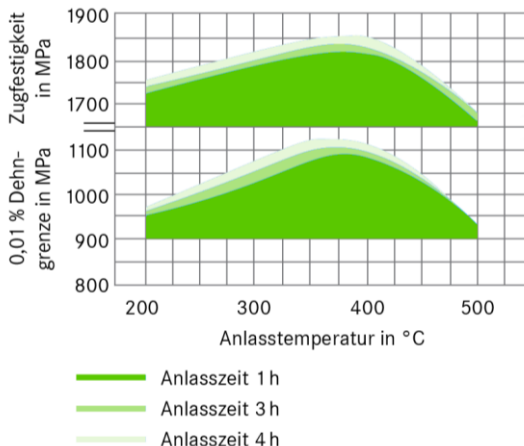
**ABBILDUNG 48** | Einfluss Anlasstemperatur

Zapp® 1.4310FM:  $R_m=1250$  MPa kaltgewalzt.



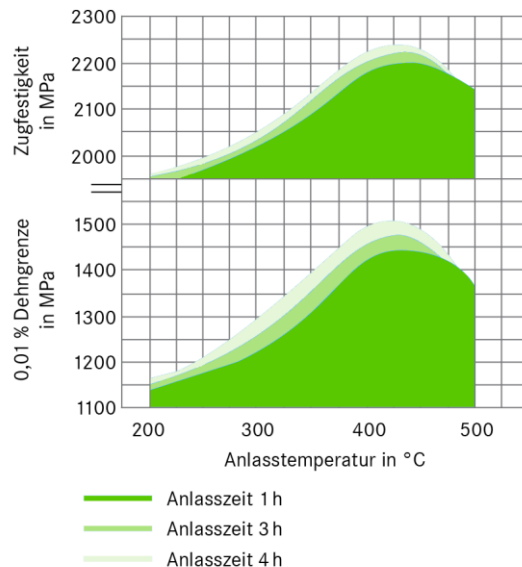
**ABBILDUNG 49** | Einfluss Anlasstemperatur

Zapp® 1.4310FC:  $R_m=1650$  MPa kaltgewalzt.



**ABBILDUNG 50** | Einfluss Anlasstemperatur

Zapp® 1.4310FF/FS:  $R_m=1950$  MPa kaltgewalzt.



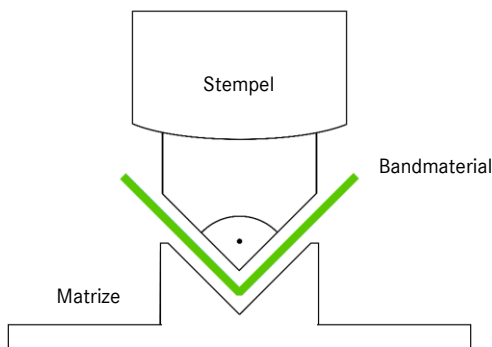


# VERBLEIBENDE VERFORMUNGSFÄHIGKEIT

## VERFORMUNGSFÄHIGKEIT

Bei der Festlegung der Biegeradien für ein Bauteil ist die Kenntnis der nach der Kaltumformung verbleibenden Verformungsfähigkeit des rostfreien Federbandes von entscheidender Bedeutung. Um dieses Restumformvermögen des Federbandstahls zu beschreiben, reichen die im Zugversuch ermittelten Dehnungswerte und/ oder das Dehngrenzenverhältnis ( $R_{p0.2} / R_m$ ) häufig nicht aus. Aus der Abkantprüfung und/ oder der Falzprüfung erhält man weitere Informationen für die Gestaltung der Federbauteile. Die austenitischen Chrom-Nickel-Stähle sind als fließträge einzustufen. Bei der Bauteilfertigung sollte daher mit angepasster Umformungsgeschwindigkeit gearbeitet werden.

ABBILDUNG 51 | Abkantwerkzeug



## ABKANTBARKEIT

Der Abkantversuch und die dazugehörigen Proben basieren auf der DIN EN 10151 unter Berücksichtigung der allgemeinen Festlegungen nach DIN EN ISO 7438. In der Analogie der Federnherstellung wird zum Nachweis der Abkantbarkeit ein kantengeglätteter Probenstreifen von, soweit möglich ca. 20mm Breite unter einer Presse um 90° mit einem auf die Probendicke abgestimmten Biegedornhalbmesser abgekantet (Abb. 47).

Das Abkanten quer zur Walzrichtung ermittelt die Querwerte und die Abkantung parallel zur Walzrichtung die Längswerte.

Als Maß für die Abkantbarkeit dient der kleinstmögliche Radius, um den ein Material um 90° gebogen werden kann, ohne dass auf der Oberfläche mit dem Auge sichtbare Anrisse entstehen. Das Verhältnis des Biegeradius ( $r$ ) zur Banddicke ( $s$ ) wird als Abkantbarkeit  $r/s$  bezeichnet. Ein höherer Wert für das Verhältnis  $r/s$  bedeutet eine Verschlechterung des Restumformvermögens. Durch die Auswahl der geeigneten Werkstoffvariante kann dem entgegengewirkt werden.

### ES GILT:

- \_ Die Abkantbarkeit verringert sich mit steigender Zugfestigkeit.
- \_ Die Abkantbarkeit in Querrichtung ist wesentlich besser als in Walzrichtung und weist geringere Streubreiten auf.
- \_ Die Abkantbarkeit verbessert sich bei gleicher Zugfestigkeit mit abnehmender Banddicke.



# VERBLEIBENDE VERFORMUNGSFÄHIGKEIT

**TABELLE 24 | Abkantbarkeit**

Abkantbarkeit von Rostfreiem Federband Zapp® 1.4310 gemäß DIN EN 10151

Zugfestigkeitsstufe	Abkantbarkeit (r/s) <sup>1</sup> für Banddicken in mm							
	0,05 ≤ 0,25 < 0,05 auf Anfrage		> 0,25 ≤ 0,50		> 0,50 ≤ 0,75		> 0,75 ≤ 1,00 <sup>2</sup>	
	Lage der Biegeachse zur Walzrichtung							
	quer	längs <sup>3</sup>	quer	längs <sup>3</sup>	quer	längs <sup>3</sup>	quer	längs <sup>3</sup>
C 850 <sup>4</sup>	≥ 0,5	≥ 1,0	≥ 0,5	≥ 1,5	≥ 0,5	≥ 2,5	≥ 1,0	≥ 3,0
C 1000 <sup>4</sup>	≥ 0,5	≥ 2,0	≥ 0,5	≥ 2,5	≥ 1,0	≥ 3,0	≥ 2,0	≥ 4,0
C 1150 <sup>4</sup>	≥ 0,5	≥ 2,5	≥ 1,0	≥ 3,0	≥ 2,0	≥ 4,0	≥ 2,5	≥ 5,0
C 1300 <sup>4</sup>	≥ 1,5	≥ 3,0	≥ 2,0	≥ 4,0	≥ 2,5	≥ 5,0	≥ 3,0	≥ 7,0
C 1500	≥ 2,0	≥ 4,5	≥ 2,5	≥ 5,0	≥ 3,0	≥ 7,0	≥ 3,5	≥ 9,5
C 1700	≥ 2,5	≥ 9,0	≥ 3,0	≥ 9,5	≥ 3,5	≥ 11,0	-	-
C 1900	≥ 3,0	≥ 12,0	≥ 3,5	≥ 13,0	-	-	-	-

<sup>1)</sup> r = Biegeradius, s = Banddicke

<sup>2)</sup> Daten zur Abkantbarkeit von Bändern mit Dicken über 1 mm müssen gesondert ermittelt werden.

<sup>3)</sup> Falls nichts anderes vereinbart, sind diese Werte so lange als Anhalt anzusehen, bis weitere gesicherte Erfahrungen vorliegen.

<sup>4)</sup> Für den Werkstoff 1.4310FM gelten die Werte für Werkstoff 1.4301 gem. DIN EN 10151 Tabelle 5.

Die Abkantbarkeit der Güten Zapp® 1.4310FS und 1.4310FF kann als Sonderfertigung durch gezielte

verfahrenstechnische Maßnahmen wesentlich verbessert werden.

**TABELLE 25 | Abkantbarkeit**

Abkantbarkeit von Rostfreiem Federband Zapp® 1.4310FF und 1.4310FS gemäß Werknorm (Sonderfertigung)

Zugfestigkeitsstufe	Abkantbarkeit (r/s) <sup>1</sup> für Banddicken in mm							
	0,05 ≤ 0,25 < 0,05 auf Anfrage		> 0,25 ≤ 0,50		> 0,50 ≤ 0,75		> 0,75 ≤ 1,00 <sup>2</sup>	
	Lage der Biegeachse zur Walzrichtung							
	quer	längs <sup>3</sup>	quer	längs <sup>3</sup>	quer	längs <sup>3</sup>	quer	längs <sup>3</sup>
C 1000	0	≥ 1,5	0	≥ 2,0	0	≥ 2,5	≥ 1,5	≥ 3,0
C 1150	0	≥ 2,0	≥ 0,5	≥ 2,5	≥ 1,5	≥ 3,0	≥ 2,0	≥ 4,5
C 1300	≥ 1,0	≥ 2,5	≥ 1,5	≥ 3,0	≥ 2,0	≥ 4,5	≥ 2,5	≥ 6,0
C 1500	≥ 1,5	≥ 4,0	≥ 2,0	≥ 4,5	≥ 2,0	≥ 6,0	≥ 3,0	≥ 8,5
C 1700	≥ 2,0	≥ 9,0	≥ 2,5	≥ 9,5	≥ 3,0	≥ 11,0	-	-
C 1900	≥ 3,0	≥ 12,0	≥ 3,5	≥ 13,0	-	-	-	-

<sup>1)</sup> r = Biegeradius, s = Banddicke

<sup>2)</sup> Daten zur Abkantbarkeit von Bändern mit einer Dicke über 1 mm müssen gesondert ermittelt werden.

<sup>3)</sup> Falls nichts anderes vereinbart, sind diese Werte so lange als Anhalt anzusehen, bis weitere gesicherte Erfahrungen vorliegen.

# VERBLEIBENDE VERFORMUNGSFÄHIGKEIT

## FALTFÄHIGKEIT

Die Prüfung der Faltfähigkeit wird ebenfalls in der DIN EN ISO 7438 beschrieben. Dieses Restumformvermögen wird jedoch durch die praxisnahen Werte (Tabelle 26) unserer Werknorm besser charakterisiert. Ein kantengeglätteter, parallel zur Walzrichtung, aus voller Walzbreite entnommener Probestreifen von ca. 20 mm Breite und ca. 150 mm Länge wird quer zur Walzrichtung um 180° gebogen

und gezielt zwischen die Spannbacken eines Prüfgerätes gelegt. Die Spannbacken werden langsam und gleichmäßig zusammengefahren, bis auf der Oberfläche Anrisse entstehen. Das Verhältnis des verbleibenden Backenabstandes (a) zur Banddicke (s) ist maßgebend. Die Faltfähigkeit von Zapp® 1.4310 kann als Sonderfertigung durch gezielte verfahrenstechnische Maßnahmen positiv beeinflusst werden.

**TABELLE 26** | Faltpfung

Richtwerte für die Faltpfung Zapp® 1.4310FF und 1.4310FS (Werknorm für Sonderfertigung)

	Zustand	Banddicke1 mm	Zugfestigkeit MPa	Faltpfung a/s
Zapp® 1.4310FF und Zapp® 1.4310FS	EN 10151	-	-	-
	C	≤ 0,40	1900 -2200	≤ 20
	C + T	≤ 0,40	ca. 2200-2500	≤ 15

<sup>1</sup>Werte für Banddicken > 0,4 mm auf Anfrage

# TEMPERATURABHÄNGIGKEIT

Die Angaben der mechanischen Eigenschaften haben sich bisher auf Raumtemperatur bezogen. Die Eigenschaften werden jedoch von der Temperatur stark beeinflusst.

## VERÄNDERUNGEN BEI TIEFEN TEMPERATUREN

Mit abnehmender Temperatur nehmen bei allen Stählen Zugfestigkeit und Härte zu. Gleichzeitig nehmen Dehnung und damit die Verformbarkeit ab. Die Höhe der Zunahme bzw. Abnahme hängt vom Werkstoff ab.

Im Gegensatz dazu bleiben austenitische Chrom-Nickel-Stähle aufgrund ihrer Kristallstruktur bei steigender Zugfestigkeit und 0,2 %-Dehngrenze bis zu sehr tiefen Temperaturen zäh und dehnbar. Bei den gegebenen Austenitstabilitäten der Zapp® 1.4310-Typen sind diese Veränderungen ausgeprägter als bei anderen austenitischen Stählen, wie z. B. 1.4303.

So wie sich die Dauerfestigkeit, z. B. bei Biegewechselbeanspruchungen bei Raumtemperatur mit steigender Zugfestigkeit erhöht, steigt auch die Dauerfestigkeit entsprechend der Zunahme der Zugfestigkeit mit fallender Temperatur. Die Dauerfestigkeit steigt z. B. bei -40 °C gegenüber Raumtemperatur um ca. 20 %.

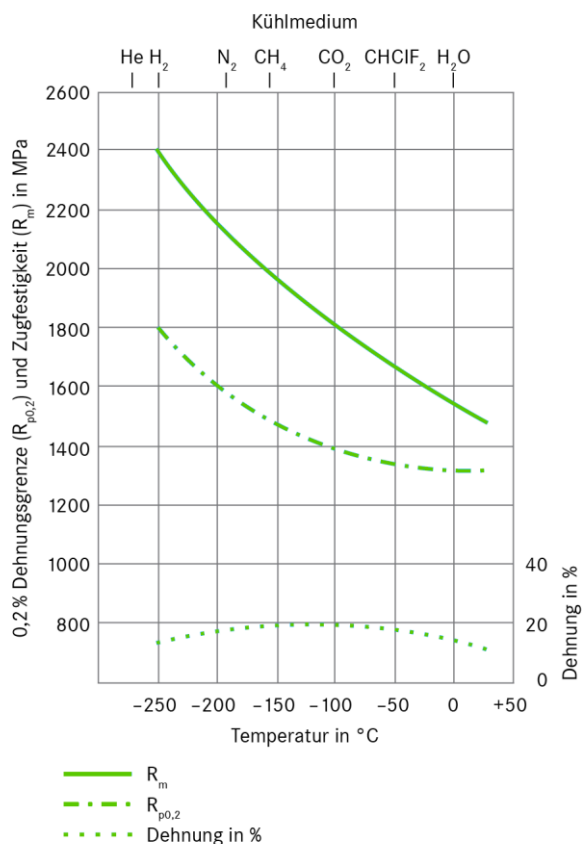
Auch das E-Modul nimmt mit fallender Temperatur zu, z. B. in den Zugfestigkeitsstufen C1150 und C1300 um etwa 12% bzw. ca. 8 %.

Abbildung 52 zeigt das vorteilhafte Verhalten des rostfreien Federbandes 1.4310 bei tiefen Temperaturen.

Die Federbandgüte Zapp® 1.4310 weist selbst bei -250 °C ein ausreichendes Streckgrenzenverhältnis  $R_{p0,2}/R_m$  auf, so dass die gewünschten Federeigenschaften und Funktionsfähigkeiten des Bauteils erhalten bleiben.

ABBILDUNG 52 | Zugfestigkeit / tiefe Temperaturen

Veränderung von Zugfestigkeit, 0,2 % Dehngrenze sowie Dehnung von rostfreiem Federband Zapp® 1.4310 bei tiefen Temperaturen



# TEMPERATURABHÄNGIGKEIT

## VERÄNDERUNGEN BEI HOHEN TEMPERATUREN

Mit Temperaturerhöhungen sind bei allen Stählen Veränderungen von mechanischen und physikalischen Kennwerten verbunden. Die austenitischen Chrom-Nickel-Stähle zeigen aufgrund einer guten Zunderbeständigkeit infolge des hohen Legierungsbestandteiles an Chrom, zusammen mit hoher Zugfestigkeit und Dehnung, ein gegenüber ferritischen Chrom-Stählen erheblich besseres Verhalten. Die thermische Belastbarkeit des nichtrostenden Federbandes liegt bei längerer Temperatureinwirkung bei ca. 250°C. Wenn geringere mechanische Beanspruchung vorliegt, kann bei den Werkstofftypen 1.4310FS/FF von maximal 300°C ausgegangen werden. Bei Langzeitbeanspruchungen, insbesondere bei dynamischen, sind die genannten Temperaturen, abhängig von der Belastungshöhe, niedriger.

Zur Minderung dieser Veränderungen sollten daher Federbauteile, deren Einsatz bei höheren Temperaturen erfolgt, einer Anlassbehandlung unterzogen werden.

Die Eigenschaften der Rostfreien Federbänder oder Federbauteile in Zapp® 1.4310 bei erhöhten Temperaturen wird wie bei allen Stählen durch das Kurz- und Langzeitverhalten charakterisiert.

## KURZZEITVERHALTEN

Für die typischen Kennwerte von Federbändern ergeben sich folgende Veränderungen:

- \_ Absenkung der Zugfestigkeit und der 0,2 % Dehngrenze
- \_ Minderung der Elastizität durch Absenkung von Elastizitätsmodul, der Federbiege- und Elastizitätsgrenze
- \_ Erhöhung der Dehnung

Die Abbildung 53 zeigt das Warmfestigkeitsschaubild für das rostfreie Federband Zapp® 1.4310 im walzharten bzw. im angelassenen Zustand.

Gleiches Verhalten wie Zugfestigkeit und 0,2 % Dehngrenze ist bei der Elastizitätsgrenze zu erwarten. Der deutliche Werteabfall bei Temperaturen oberhalb von 450°C deutet auf Kristallerholung bzw. Rekristallisation hin.

ABBILDUNG 53 | Warmfestigkeitsschaubild

Warmfestigkeitsschaubild für Rostfreies Federband Zapp® 1.4310

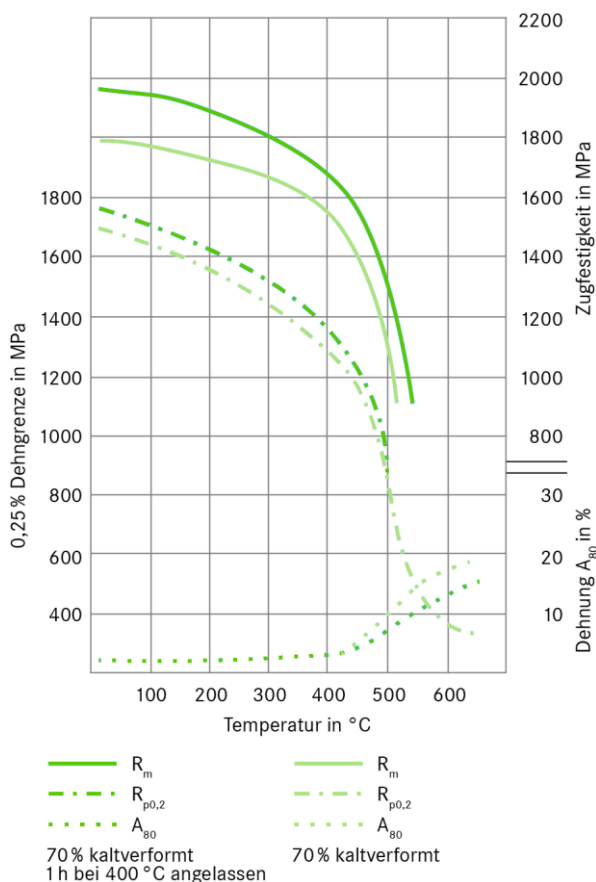
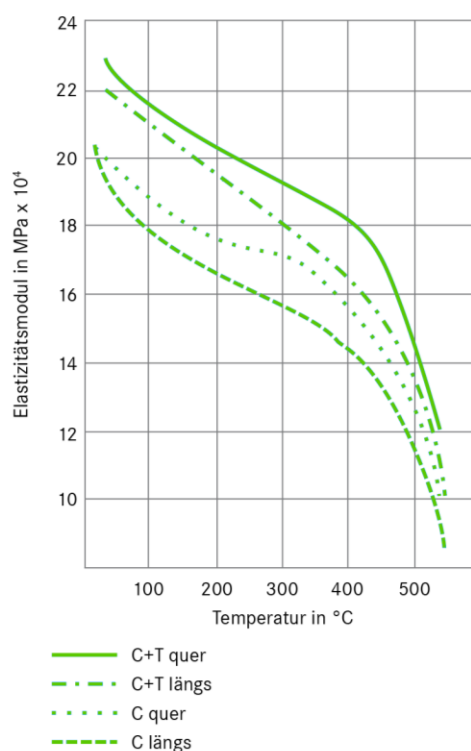


ABBILDUNG 54 | Einfluss erhöhte Temperatur auf E-Modul

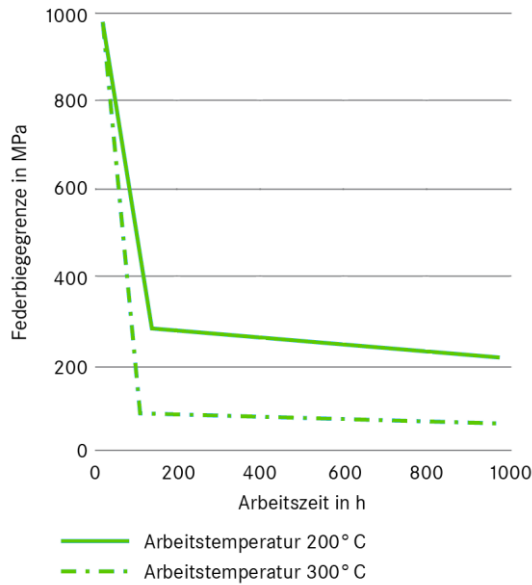
Einfluss erhöhter Temperatur auf das Elastizitätsmodul von Rostfreiem Federband Zapp® 1.4310, Zugfestigkeit im angelassenen Zustand 2000 MPa (400 °C/1h)



# TEMPERATURABHÄNGIGKEIT

**ABBILDUNG 55** | Einfluss der Temperatur auf Federbiegegrenze

Einfluss der Temperatur auf die Federbiegegrenze von Rostfreiem Federband Zapp® 1.4310FF, 0,50 mm Banddicke, Zugfestigkeit 1850 MPA, angelassener Zustand (400°C / 1h)



## LANGZEITVERHALTEN

Die bleibende Verformung bei erhöhten Temperaturen ist abhängig von der angewandten Belastung und der Zeit ihrer Einwirkung. Die Spannung wird entweder ausgedrückt als Wert der Kraft, die in gegebener Zeit ein vorgeschriebenes Maß an Verformung verursacht (= Kriechspannung), oder als Wert der Kraft, die in gegebener Zeit zum Bruch führt (Zeitstandfestigkeit).

## ZEITSTANDVERHALTEN

Bei allen Stählen sinkt die Zeitstandfestigkeit mit steigender Temperatur merklich. Mit steigender Zugfestigkeit erfolgt der Abfall schneller und deutlicher, wie im ausgewählten Beispiel erkennbar ist. Mit der 400 °C-Kurve wird bis 10h Prüfdauer der Anlasseffekt in relativ konstanten Zeitstandwerten deutlich. Dieses Verhalten spricht für ein Anlassen des Federbandes, besser noch der Federbauteile.

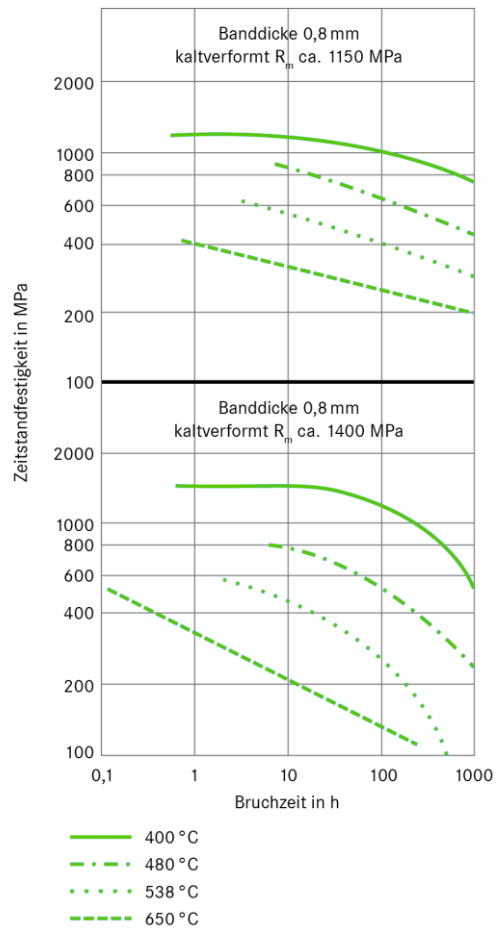
## KRIECHEIGENSCHAFTEN

Abbildung 50 gibt die Kriechspannung für 1 % Dehnung in 10.000 h und 100.000 h an.

Im Temperaturbereich zwischen 400 – 500 °C erfolgt ein rascher Abfall der Kriechspannung. Ab 700 °C bleibt die aufzuwendende Spannung auf niedrigem Niveau nahezu konstant.

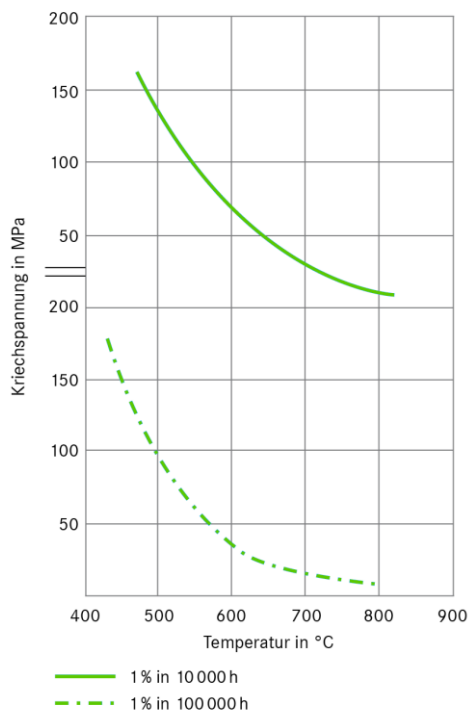
**ABBILDUNG 56** | Zeitstandverhalten

Zeitstandverhalten von Rostfreiem Federbandstahl Zapp® 1.4310 bei unterschiedlichen Ausgangszugfestigkeiten



**ABBILDUNG 57** | Abhängigkeit Zeit-Dehngrenze

Abhängigkeit der Zeit-Dehngrenze von der Temperatur bei lösungsgeglühten Rostfreien Federbandstählen Zapp® 1.4310



# MAGNETISCHES VERHALTEN

## MAGNETISCHES VERHALTEN

Unlegierte, niedriglegierte und rostfreie ferritische und martensitische Chromstähle sind bekanntlich ferromagnetisch. Dagegen sind rein austenitische Chrom-Nickel-Stähle im weichen, lösungsgeglühten Zustand bei Raumtemperatur paramagnetisch (im Sprachgebrauch „unmagnetisch“). Sie weisen in Abhängigkeit von den Legierungselementen und dem Materialzustand (z. B. Verformungszustand) Mischformen zwischen paramagnetischen und ferromagnetischen Eigenschaften auf. Bei einer Kaltverformung findet eine partielle Umwandlung des Austenits in  $\alpha'$ -Martensit (Verformungsmartensit) statt (vgl. Kap. 4.1 u. ff.), der dann ferromagnetische Eigenschaften besitzt. Neben der Höhe des Verformungsgrades beeinflusst die chemische Zusammensetzung über die Austenit-stabilität die Neigung zur  $\alpha'$ -Martensitbildung. Je instabiler der Austenit, desto höher wird der ferromagnetische Anteil im Gefüge nach einer Kaltverformung.

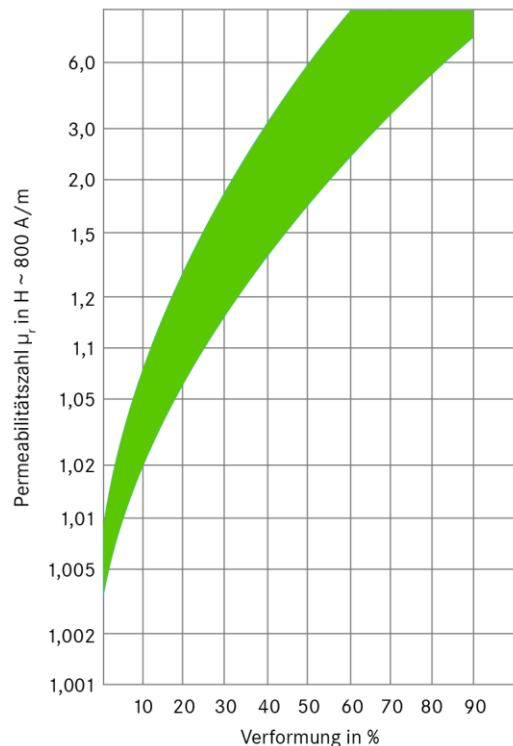
## PERMEABILITÄT

Zur Beurteilung des magnetischen Verhaltens von austenitischen Chrom-Nickel-Stählen wie Zapp® 1.4310 dient die Permeabilität. Federband ist im unverformten und lösungsgeglühten Zustand unmagnetisch bei Permeabilitätswerten von 1,002 bis 1,004.

Die Abbildung 58 zeigt die mit zunehmender Verformung steigenden Permeabilitätswerte, d. h. stärkeres magnetisches Verhalten.

ABBILDUNG 58 | Abhängigkeit Permeabilität

Abhängigkeit der Permeabilität von der Kaltverformung für Federbandstahl Zapp® 1.4310FF und 1.4310FS



# WEITERE PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN

## WEITERE PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN

Bei abnehmender Temperatur sinken im Gegensatz zur Dichte die spezifische Wärme, Wärmeleitfähigkeit und Wärmeausdehnung sowie der spezifische elektrische Widerstand von austenitischen Stählen. Bei steigender Temperatur sind die Verhältnisse umgekehrt.

Die Zahlen geben Anhaltswerte für rostfreien Federbandstahl Zapp® 1.4310 im lösungsgeglühten Zustand wieder. Die Werte für den kaltverfestigten Zustand erhalten Sie auf Anfrage.

**TABELLE 27** | Physikalische Eigenschaften

### Dichte $\rho$

T in °C	-150	-75	20	100	200	300	400	550
g/cm <sup>3</sup>	7,99	7,96	7,91	7,88	7,84	7,80	7,75	7,69

### Spezifische Wärmekapazität $C_p$

Die mittlere spezifische Wärme zwischen 0 °C und 100 °C von Cr-Ni-Stählen beträgt 502 J / (kg K)

T in °C	-150	-75	20	100	200	300	400	550
J/(kg K)	335	402	456	494	532	557	569	586

### Wärmeleitfähigkeit $\lambda$

T in °C	-150	-75	20	100	200	300	400	550
W/ (m K)	8,8	12,6	14,7	16,3	18,4	20,5	21,4	22,2

### Mittlerer linearer Wärmeausdehnungskoeffizient $\alpha_m$

T in °C	-150 bis 20	-75 bis 20	20 bis 100	20 bis 200	20 bis 300	20 bis 400	20 bis 500
10 <sup>-6</sup> /K	14,2	15,0	16,3	17,0	17,2	17,8	18,2

### Spezifischer elektrischer Widerstand $\rho_{el}$

T in °C	-150	-75	20	100	200	300	400	550
$\Omega$ mm <sup>2</sup> /m	0,50	0,58	0,68	0,74	0,83	0,90	0,95	1,02

# KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT

## KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT

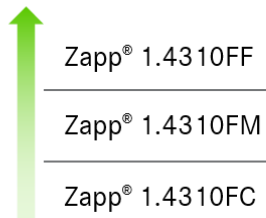
Rostfreie Stähle verdanken ihre hohe Korrosionsbeständigkeit einer spontan entstehenden, homogenen Passivschicht. Diese bildet sich bei ausreichend hohem Gehalt an freiem Chrom und Sauerstoff an der Oberfläche. Bei einer Beschädigung dieser Passivschicht erneuert sich diese an der Luft selbsttätig.

## DER GRAD DER KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT BEI ROSTFREIEN STÄHLEN HÄNGT VON EINER REIHE VON FAKTOREN AB:

- \_ Höhe und Art der Legierungsbestandteile
- \_ Produktoberfläche
- \_ Einsatzbedingungen des Stahls

Wenn der Chromgehalt eines Stahls, wie bei den ferritischen und martensitischen Werkstoffen, mindestens 12 % beträgt, gilt er im Allgemeinen als chemisch beständig in normaler Atmosphäre und in Frischwasser. Eine verbesserte Korrosionsbeständigkeit weisen die austenitischen Cr-Ni-Stähle auf. Der Federbandwerkstoff Zapp® 1.4310FF erreicht aufgrund des höheren Molybdän- bzw. Stickstoff-Gehaltes, trotz des niedrigen Nickel-Gehaltes im Vergleich zu Zapp® 1.4310 FC und FM eine verbesserte Korrosionsbeständigkeit.

## KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT



In den folgenden Abschnitten finden Sie konkrete Informationen über die bekannten Korrosionsarten bei rostfreien Stählen. Bei der Konstruktion von Bauteilen ist es möglich, im Vorfeld Korrosionsprobleme u. a. durch die Wahl der richtigen Werkstoffvariante zu mindern.

## ZAPP® 1.4310 ZEIGT BESTÄNDIGKEIT

- \_ in allen nicht halogenidhaltigen Salzlösungen
- \_ in stark oxidierenden Säuren (z. B. Salpetersäure rauchende Schwefelsäure)
- \_ in reduzierenden, jedoch belüfteten schwachen Säuren (z. B. niedrig konzentrierte Schwefelsäure oder Oxalsäure)
- \_ in schwachen Säuren wie z. B. Kohlensäure, Blausäure oder Essigsäure
- \_ in Laugen
- \_ organische Säuren (Lebensmittel)
- \_ Süßwasser
- \_ industrieller Atmosphäre

Beständigkeitstabellen geben genauere Hinweise über das Verhalten von Zapp® 1.4310 bei verschiedenen Temperaturen und Konzentrationen einzelner Medien. Bei Bedarf beraten wir Sie gerne.

## ALLGEMEINE KORROSION (ABTRAGENDE KORROSION)

Bei dieser bekanntesten Korrosionsart erfolgt der Angriff des Stahls gleichmäßig über die gesamte Oberfläche.

## INTERKRISTALLINE KORROSION

Bei dieser Art der Korrosion erfolgt ein Angriff in sauren Medien entlang der Korngrenzen. Die Körner werden nicht abgetragen, sondern können aus der Gefügestruktur herausgelöst werden. Der Stahl verliert damit lokal seinen Zusammenhalt. Ursache der interkristallinen Korrosion sind Ausscheidungen von chromreichen Karbiden an den Korngrenzen, hervorgerufen durch Wärmeeinwirkungen zwischen 450 – 850 °C (vgl. Kapitel 4.4).

Diese Form der Karbidbildung führt zu einer Chromverarmung des Gefüges in der Nähe der Korngrenze und damit zu erhöhter Korrosionsanfälligkeit. Die Prüfung der interkristallinen Korrosion erfolgt nach DIN EN ISO 3651, Teil 1, Verfahren A (Strauß-Test: schwefelsaure Kupfersulphatlösung).



# KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT

## LOCHFRASSKORROSION

Lochfraß oder Pitting nennt man eine punktförmige Korrosion, die besonders bei Angriff halogenidhaltiger Medien (Chlor-, Brom- und Jodionen) auftritt. Diese Ionen aktivieren die ursprünglich passive Oberfläche der rostfreien Stähle, so dass sich galvanische Mikroelemente bilden. Die dadurch entstehenden Löcher können in der Flächenausdehnung von  $1 \mu\text{m}^2$  bis zu mehreren  $\text{mm}^2$  variieren. Da bei dieser Korrosionsart der größte Teil der Oberfläche unversehrt bleibt, tritt kein nennenswerter Materialverlust auf. Allerdings wird die Lebensdauer eines Federbauteils erheblich verringert, da nach Beginn der Lochfraßkorrosion die Banddicke in zunehmendem Maße durchdrungen wird.

## ZUR VERMEIDUNG BZW. MINDERUNG DER LOCHFRASSKORROSION EMPFEHLEN WIR ...

- \_ ausreichende Sauerstoffzufuhr und damit die Aufrechterhaltung der Passivschicht, z. B. durch Bewegung ruhender halogenidhaltiger Medien (Fließgeschwindigkeit mind. 2 m/s)
- \_ Beseitigung von Rückständen und Ablagerungen auf den Bauteilen
- \_ Elektropolieren der Oberflächen
- \_ Zusatz von Inhibitoren (Alkalien, Chromate) zum auslösenden Medium
- \_ Temperaturniedrigung und Anwendung höherer Strömungsgeschwindigkeiten

## KONTAKTKORROSION

Die Gefahr einer Kontaktkorrosion besteht dann, wenn unterschiedliche Metalle in einer wässrigen Lösung (Elektrolyt) eine leitende Verbindung eingehen.

## DER UNEDLERE WERKSTOFF WIRD UMSO INTENSIVER ANGEGRIFFEN,

- \_ Je größer der Unterschied der Metalle in der Potenzialreihe ist
- \_ je kleiner die Fläche des unedleren Werkstoffes im Vergleich zu der des edleren Werkstoffes ist
- \_ je geringer der Ohm'sche Widerstand des Elektrolyten bei der jeweils vorhandenen Werkstoffkombination ist

Beim Einsatz gleicher Werkstoffe kann diese Korrosionsart sicher vermieden werden.

## SPANNUNGSRISSKORROSION

Diese Art der Korrosion kann auftreten, wenn ein mit innerer oder äußerer Spannung behafteter Stahl bestimmten Korrosionsmedien ausgesetzt ist. Kennzeichnend ist eine verformungslose Materialtrennung mit inter- oder meist transkristallinem Verlauf, oft ohne Bildung sichtbarer Korrosionsprodukte. Rostfreie Federbänder erhalten ihre Federeigenschaften durch Kaltwalzen. Durch die dabei erzeugten Eigenspannungen ist eine grundsätzlich erhöhte Anfälligkeit gegen diese Korrosionsart gegeben. Der Einsatz beispielsweise in Chlorid- und Alkalihydroxyd-Lösungen  $> 50 \text{ }^\circ\text{C}$  muss daher vermieden werden.

## SCHWINGUNGSRISSKORROSION

Federbauteile, die einer dynamisch/mechanischen Beanspruchung bei gleichzeitiger Einwirkung eines korrosiven Mediums ausgesetzt sind, können Schwingungsrissskorrosion erleiden. Dabei wird die Dauerfestigkeit nicht erreicht und die Hochlastspielzahl herabgesetzt. Zapp® 1.4310 ist beständig gegen Schwingungsrissskorrosion, wenn Wechsellastspannung niedrig gehalten wird.

## SPALTKORROSION

Diese Art der Korrosion tritt in Spalten auf, in denen die Beweglichkeit eines Mediums erschwert ist. Dadurch kann kein oder nur wenig Sauerstoff zur Passivierung nachdringen. Legierungen, deren Korrosionsbeständigkeit auf die Ausbildung einer Passivschicht zurückzuführen ist, sind besonders anfällig gegenüber dieser Korrosionsart.

Es ist zu beobachten, dass Spalt- und Lochfraßkorrosion meist gleichzeitig auftreten. Die Korrosionsart kann durch die Konstruktion von Bauteilen vermieden werden, in denen keine unbelüfteten Spalten auftreten.

# KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT

## KORROSIONSABBILDUNGEN

ABBILDUNG 59 | Abtragende Korrosion

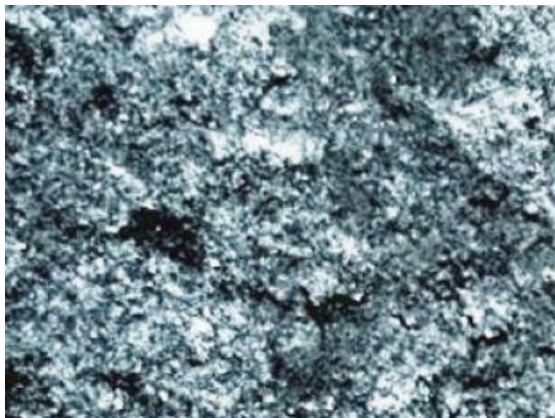


ABBILDUNG 62 | Schweißung



ABBILDUNG 60 | Lochfraßkorrosion (Pitting)

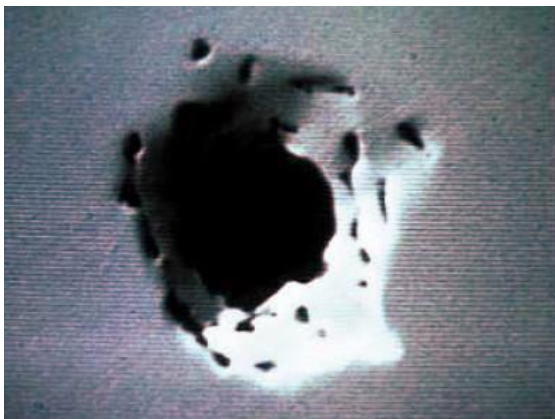


ABBILDUNG 63 | Interkristalline Korrosion

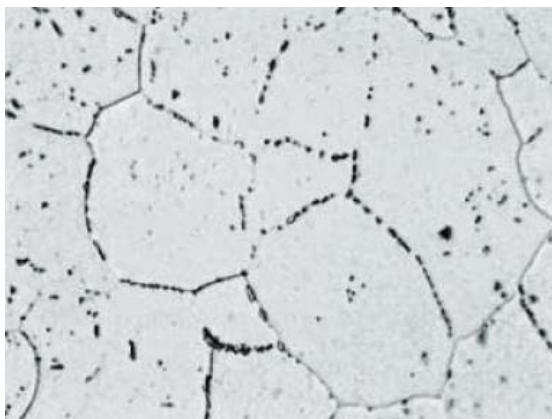


ABBILDUNG 61 | Galvanisch

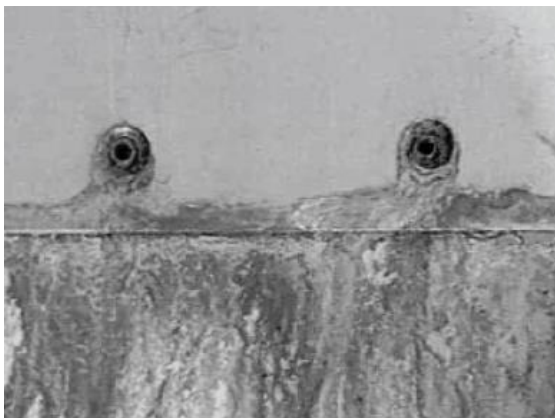


ABBILDUNG 64 | Spannungsrisskorrosion



# WEITERE GÜTEN UND LIEFERFORMEN

## FLACHFEDERDRAHT

Für Anwendungen unterhalb bestimmter Breiten-/Dicken-Verhältnisse, wie z. B. für die Einsatzgebiete Klemmfedern oder Federschienen in Scheibenwischer im Automobilbereich, stehen Flachfederdrähte in Ergste/Zapp Rostfrei-Werkstoffen und beschichteter Flachdraht in Kohlenstoffstählen zur Verfügung.

Flachgewalzte Profile werden aus gezogenen Runddrähten hergestellt. Dieses Fertigungsverfahren ermöglicht das Einhalten besonders enger Toleranzen und garantiert glänzende dichte Oberflächen mit besten Rauheitswerten. Unsere Flachdrähte erhalten Sie mit engster Geradheit und einer Vorspannung nach Absprache.

TABELLE 28 | Weitere Güten-Zusammensetzungen

Bezeichnung Zapp	Massenanteil Legierungselemente in %								
	Norm/ SEL <sup>1</sup>	AISI/UNS	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N
1.4310FB	1.4310	302	0,10	0,90	1,25	17,25	8,20	0,30	0,020
1.4310FD	1.4310	301	0,10	0,50	1,25	17,00	7,25	0,30	0,070
1.4310FI	1.4310	301 <sup>2</sup>	0,09	1,20	1,25	17,25	7,00	0,30	0,110
1.4301PA	1.4301	302	0,04	0,50	1,50	18,50	9,25	0,30	0,030
1.0611	1.0611	G106400	0,62	0,20	0,70	0,100	0,100	0,03	-
1.0617QC	1.0617	G107400	0,73	0,20	0,70	0,100	0,100	0,03	-

<sup>1</sup> Stahl-Eisen-Liste

<sup>2</sup> Abweichung im Si-Gehalt

## ZUGFESTIGKEIT

Die Höhe der Zugfestigkeit ist in Abhängigkeit der Abmessung und des einsetzenden Werkstoffes, sowie der anzuwendenden Verfahrenstechnik festzulegen.  
Zugfestigkeit: bis 2100 MPa

## ABMESSUNGEN

Breite: 0,50 mm bis 15,0 mm  
Dicke: 0,20 mm bis 2,00 mm

TABELLE 29 | Toleranzen

Dicke [mm]	Standard	Fein	Präzision
≤ 0,30	± 0,025	± 0,010	± 0,008
≤ 0,80	± 0,030	± 0,012	± 0,008
≤ 2,00	± 0,030	± 0,015	± 0,008

Breite [mm]	Standard	Fein	Präzision
≤ 3,00	± 0,080	± 0,050	± 0,030
≤ 8,00	± 0,100	± 0,080	± 0,030
≤ 15,00	± 0,100	± 0,080	± 0,030

Andere Abmessungen und Toleranzen auf Anfrage

## OBERFLÄCHENAUSFÜHRUNG

- \_ Matt
- \_ Blank
- \_ Hellglänzend
- \_ Verzinkt
- \_ Verzinkt, Pulverbeschichtet (schwarz)

## LIEFERFORMEN

- \_ Mehrweg-Holzspulen
- \_ Mehrweg-Kunststoffspulen

## AUSFÜHRUNG

Definierte Ringkrümmung nach Absprache

## SEITENGERADHEIT

Standard: ≤ 2,0 mm / 500 mm Messlänge  
Sonder: ≤ 2,0 mm / 1000 mm Messlänge  
Spezifische Anforderungen nach Absprache

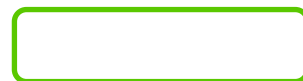
## KANTENAUSFÜHRUNG

Flachgewalzte Querschnitte weisen gem. dem Fertigungsverfahren gleichmäßige gratfreie Kanten auf. Folgende unterschiedliche Kantenausführungen sind möglich:

Flachgewalzt,  
runde Schmalseiten



Flachgewalzt,  
gerundete Kanten



Flachgewalzt,  
gerundete Schmalseiten

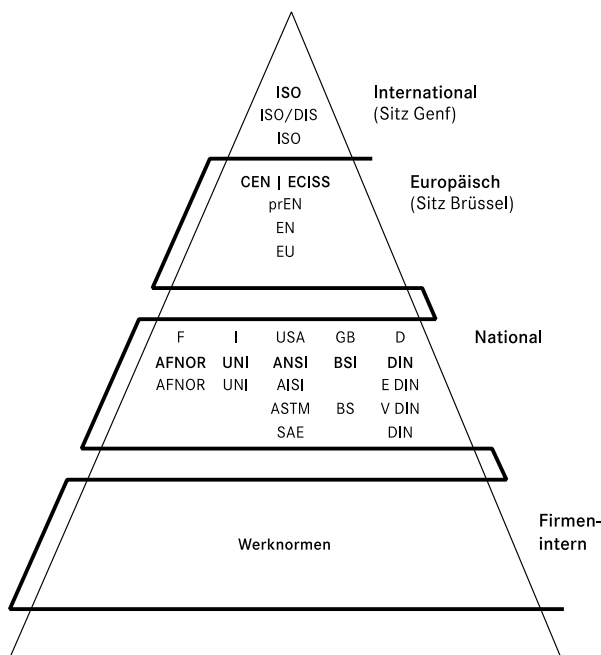


Weitere Informationen zu unseren Flachfederdrähten erhalten Sie durch Informationsdatenblätter und/oder kompetenten Fachkräften.

# NORMENHIERARCHIE

Die Normung ist die planmäßige, durch interessierte Kreise der Fachwelt gemeinschaftlich durchgeführte Vereinheitlichung von materiellen und immateriellen Gegenständen zum Nutzen der Allgemeinheit. Normung fördert die Realisierung und Qualitätssicherung z. B. in Produktion und Entwicklung. Die Normen haben Kraft Entstehung, Trägerschaft, Inhalt und Anwendungsbereichen den Charakter von Empfehlungen. Rechtlich kann sich der Anwender auf sie als anerkannte Regel der Technik stützen. Die Abbildung 65 zeichnet die Normebenen von Werk- bis zu den internationalen Normen.

ABBILDUNG 65 | Normungsebene



- ISO International Organization for Standardization
- ISO/DIS Internationaler Normenentwurf (Draft International Standard)
- CEN European Committee for Standardisation
- ECISS European Committee for Iron and Steel Standardisation
- prEN Entwurf einer EN
- EN Europäische Norm
- EU Euronorm
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Sitz Berlin)
- E DIN Entwurf einer DIN
- V DIN DIN-Vornorm
- DIN Deutsche Norm

Die folgenden Abbildungen zeigen eine Übersicht für die auf rostfreien Federbandstahl anwendbaren nationalen und internationalen Normen. Gemäß der Hierarchie sind die internationalen Normen vor den europäischen Normen und diese wiederum vor den nationalen Normen gültig.

ISO-Normen können in europäische (EN Normen) und/oder deutsche Normen (DIN Normen) übernommen werden. EN-Normen müssen in nationale Normen umgesetzt werden.

ABBILDUNG 66 | Federbandnormen

International	➔	<b>ISO 6931-2</b> Stainless steel for springs <b>Part 2 Strip</b>
Europäisch	➔	<b>EN 10151</b> Federband aus nichtrostenden Stählen <b>Technische Lieferbedingungen</b>
National (D)	➔	<b>DIN EN 10151</b> Federband aus nichtrostenden Stählen <b>Technische Lieferbedingungen</b>

ABBILDUNG 67 | Produktnormen

International	➔	<b>ISO 9445-1</b> Kontinuierlich kaltgewalzter nichtrostender Stahl – Grenzabmaße und Formtoleranzen – Teil 1 Kaltband und Kaltband in Stäben
Europäisch (EN)	➔	<b>EN ISO 9445-1</b> Kontinuierlich kaltgewalzter nichtrostender Stahl – Grenzabmaße und Formtoleranzen – Teil 1 Kaltband und Kaltband in Stäben
National (D)	➔	<b>DIN EN ISO 9445-1</b> Kontinuierlich kaltgewalzter nichtrostender Stahl – Grenzabmaße und Formtoleranzen – Teil 1 Kaltband und Kaltband in Stäben

ABBILDUNG 68 | Prüfbescheinigung

International	➔	<b>ISO 10474</b> Steel and steel products <b>Inspection documents</b>
Europäisch	➔	<b>EN 10204</b> metallische Erzeugnisse <b>Prüfbescheinigungen</b>
National (D)	➔	<b>DIN EN 10204</b> metallische Erzeugnisse <b>Prüfbescheinigungen</b>

# BEARBEITUNGSVERFAHREN

## SCHWEISSEN

Da Federband primär für die Federnherstellung verwendet wird, besteht eigentlich keine Notwendigkeit des Schweißens. Sollte dies trotzdem der Fall sein, so ist der Werkstoff mit und ohne Schweißzusatzwerkstoff schweißbar. Wird ein Schweißzusatz verwendet, sollte z. B. der Werkstoff 1.4316 eingesetzt werden. Zur Vermeidung von Versprödung durch Grobkornbildung und/oder Chromkarbid-Ausscheidungen auf den Korngrenzen in der Schweißzone und/oder temperaturbeeinflussten Zonen, muss aus der Schweißwärme schnell abgekühlt werden. Eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen ist im Allgemeinen nicht notwendig. Es ist zu beachten, dass beim Schweißen durch die Wärmeeinwirkung kaltverformte Teile die mechanischen Werte in der Schweißzone sich stark verringern gegenüber dem restlichen Bauteil. Das Federband in Zapp® 1.4310 ist mit allen gängigen Methoden leicht schweißbar, mit Ausnahme der Sauerstoff-Azetylen-Flamme.

## LÖTEN

Grundsätzlich lässt sich nichtrostender Federbandstahl in den Werkstoffen Zapp® 1.4310 gut löten. Die Löttemperatur muss angepasst werden, an:

- \_ Der relativ schlechten Wärmeleitfähigkeit der rostfreien austenitischen Werkstoffe.
- \_ Der Minderung der Zugfestigkeit bei Temperaturen > 450°C und der damit verbundenen Herabsetzung z. B. der Federeigenschaften.
- \_ Der Chrom-Karbid-Ausscheidungen auf den Gefügekornengrenzen bei Temperaturen zwischen 450° - 850°C und der damit verbundenen höheren Korrosionsanfälligkeit infolge lokaler Chrom-Verarmungen.

## HARTLÖTEN

Hartlötverbindungen lassen sich z. B. mit niedrig schmelzenden Silberloten (35% - 56% Silber nach DIN EN ISO 17672) und zugehörige Flussmittel nach DIN EN 1045 gut durchführen. Für die Lebensmittelindustrie dürfen nur cadmiumfreie Silberlote verwendet werden. Es wird mit weicher Flamme gearbeitet, punktförmige Überhitzung ist zu vermeiden. Dazu ist ggfls. ein abschnittsweises Arbeiten notwendig. Es muss überprüft werden, ob ein Hochtemperaturlöten notwendig ist.

Die zu verbindenden Flächen sind chemisch oder mechanisch aufzurauen. Der Lötspalt sollte mind. 0,01 mm und die Überlappung mind. 2,00 mm betragen. Bei größeren Spaltabständen (ca. 0,50 mm - 1,5 mm) werden auch Fugenlötmittel verwendet. Nach Ausführung der Lötnaht sind Flussmittelrückstände mit reichlich Wasser und evtl. durch Nachbehandlung mit Reiniger zu entfernen, da sonst Verfärbungen auftreten. Entstehende Anlauffarben können durch Beizen oder Bürsten entfernt werden.

## WEICHLÖTEN

Nichtrostende austenitische Stähle lassen sich gut weichlöten, wenn z. B. 30% Zinnlot nach DIN EN ISO 9453 verwendet wird und ein Flussmittel nach DIN EN 29454-1 auf Phosphorsäure-Basis zum Einsatz kommt. Es dürfen keine salzsäure- und chloridhaltige Flussmittel angewendet werden. Die zu verbindenden Flächen müssen metallisch sauber sein, nach Möglichkeit sind Löt Nähte mit 10,0 mm – 15,0 mm Überdeckung durchgelötet auszuführen.

## SPANBARKEIT

Wie alle austenitischen nichtrostenden Stähle gilt auch der Federbandwerkstoff Zapp® 1.4310 als schwierig zerspanbar. Grundsätzlich wird die Spanbarkeit durch die hohe Kaltverfestigungsneigung, die niedrige Wärmeleitfähigkeit und gute Zähigkeit ungünstig beeinflusst. Mit steigender Zugfestigkeit ist die Tendenz bei Federband zur Verbesserung der Spanbarkeit gegeben. Eine Schwefelzuglegierung, die zwar die Spanbarkeit wesentlich verbessert, ist aber aufgrund der sich bildenden Sulfidzeilen nicht zu empfehlen. Damit würde sich die Abkantbarkeit erheblich verschlechtern.

## ELEKTROPOLIERBARKEIT

Die Federbänder in Werkstoff 1.4310 sind grundsätzlich elektropolierfähig. Die behandelten Oberflächen bieten folgende Vorteile:

- \_ Metallisch rein und damit eine verbesserte Korrosionsbeständigkeit.
- \_ Einebnung der Oberfläche und Entgratung
- \_ Glänzendes Aussehen mit diffus wirkender Reflexion
- \_ Die Mikrorauigkeit wird verringert, so dass Verschmutzungen schlechter anhaften.

# BEARBEITUNGSVERFAHREN

## STANZEN UND BIEGEN

Die Stanztechnik hat sich in den vergangenen Jahrzehnten zu einem der meist verbreiteten Massenteilfertungsverfahren entwickelt. Viele Wirtschaftsgüter werden heute mit Hilfe der Stanztechnik produziert. Entsprechend steigen die Anforderungen an die qualitative Güte der Stanz- / Biegeteile.

Die Wahl des passgenauen Federbandes berücksichtigt schon Einflüsse aus der Stahlherstellung und Warmbandauswalzung. Weiterhin gehören dazu produkt- und werkstoffspezifische Eigenschaften des Kaltbandes, die im gemeinsamen Dialog zwischen Zapp Precision Metals und Ihnen als Kunde variiert und optimiert werden können.

Gerade dann, wenn mehrere Verfahren im Folgeverbund ablaufen, wie z. B.: **Stanzen – Feinschneiden – Biegen – Abbiegen**, ist das Kaltband ein wesentlicher Einfluss auf Qualität und Wirtschaftlichkeit. Rückfederung des Bauteils, Einrisse, unzureichende Glattschnittanteile und Werkzeugverschleiß stehen dem Wunsch entgegen glatte, abrissfreie und einbaufertig fallende Teile zu produzieren bei langen Werkzeugstandzeiten.

# VERZEICHNIS TABELLEN UND ABBILDUNGEN

## Tabellen

Tab. 1	Chemische Zusammensetzung
Tab. 2	Korrespondierende Normen
Tab. 3	Weltweite Normen
Tab. 4,5	Zugfestigkeiten
Tab. 6	Dehnung
Tab. 7	Elastizitätsmodul
Tab. 8	Vickers-Härte
Tab. 9	Dickentoleranzen
Tab. 10	Breitentoleranzen
Tab. 11,12	Ebenheitstoleranzen Kaltband
Tab. 13	Seitengeradheitstoleranzen
Tab. 14	Kantenausführung
Tab. 15	Grenzwerte der Mittenrauheit
Tab. 16	Ringgewichte
Tab. 17	Längentoleranz
Tab. 18	Rechtwinkligkeit
Tab. 19	Anlasstemperatur
Tab. 20	Behandlung Anlassfarben
Tab. 21	Lösungsgeglühter Zustand
Tab. 22	Umwertungstabelle für Härte
Tab. 23	Federbiegegrenze
Tab. 24,25	Abkantbarkeit
Tab. 26	Faltprüfung
Tab. 27	Physikalische Eigenschaften
Tab. 28	Weitere Güten Zusammensetzung
Tab. 29	Weitere Güten Toleranzen

## Abbildungen

Abb. 1	Banddickentoleranzen
Abb. 2	Kantenwelligkeit
Abb. 3	Seitengeradheit
Abb. 4	Rollkrümmung
Abb. 5	Geradlinige Welligkeit
Abb. 6	Krummlinige Welligkeit
Abb. 7	Bogen und Dralligkeit
Abb. 8	Seitengeradheit
Abb. 9	Verpackung Ringe
Abb. 10	Verpackung Spulen und Multicoil
Abb. 11	Sonderverpackung
Abb. 12	Verpackung Stäbe
Abb. 13	Einfluss Kohlenstoffgehalt
Abb. 14	Einfluss Nickelgehalt
Abb. 15	Gefüge Austenit
Abb. 16	Gefüge Martensit
Abb. 17	Einfluss Glühdauer
Abb. 18	Einfluss Austenit-Korngröße
Abb. 19	Gefüge ohne Karbidausscheidung
Abb. 20	Gefüge mit Karbidausscheidung
Abb. 21	Zugprüfanlage

Abb. 22	Mechanische Werte 1.4310FM
Abb. 23	Mechanische Werte 1.4310FC
Abb. 24	Mechanische Werte 1.4310FS
Abb. 25	Zugfestigkeit mit/ohne Anlassen
Abb. 26	Vergleich Anlassverhalten 1.4310
Abb. 27	Einfluss Anlasstemperatur
Abb. 28	Mindestdicke der Proben
Abb. 29	Vickers Härte HV 1,0
Abb. 30	Vickers Härte HV 3,0
Abb. 31	Wöhlerschaubild / Prinzip
Abb. 32,33	Zugschwellbeanspruchung
Abb. 34,35	Wöhlerkurve 1650MPa, 1.4310FC
Abb. 36,37	1850MPa, 1.4310FF/1.4310FS
Abb. 38,39	Biegewechselspannung
Abb. 40	Wöhlerkurve 1650MPa, 1.4310FC
Abb. 41	1850MPa, 1.4310FF/1.4310FS
Abb. 42	Biegewechselspannung im geglühten
Abb. 43	und federharten Zustand
Abb. 44	Korrosionseinfluss Dauerfestigkeit
Abb. 45	Setzen als Funktion der Zeit
Abb. 46	Relaxation als Funktion der Zeit
Abb. 47	Federbiegegrenze
Abb. 48	E-Modul - Zugfestigkeit
Abb. 49	E-Modul - Streubereich
Abb. 50	Abhängigkeit Rp0,01 Grenze
Abb. 51	Einfluss Anlasstemperatur
Abb. 52	1250 MPa
Abb. 53	1650 MPa
Abb. 54	1950 MPa
Abb. 55	Abkantwerkzeug
Abb. 56	Zugfestigkeit, tiefe Temperaturen
Abb. 57	Warmfestigkeitsschaubild
Abb. 58	Einfluss erhöhte Temperatur auf das
Abb. 59	E-Modul
Abb. 60	Einfluss erhöhte Temperatur auf die
Abb. 61	Federbiegegrenze
Abb. 62	Zeitstandverhalten
Abb. 63	Abhängigkeit Zeit-Dehngrenze
Abb. 64	Abhängigkeit Permeabilität
Abb. 65	Korrosion abtragend
Abb. 66	Korrosion Lochfraß
Abb. 67	Korrosion galvanisch
Abb. 68	Korrosion Schweißung
	Korrosion interkristallin
	Korrosion Spannungsriss
	Normungsebene
	Federbandnormen
	Produktnormen
	Prüfbescheinigung





## KONTAKT

### PRECISION STRIP

Zapp Precision Metals GmbH  
Hochstraße 32  
59425 Unna  
Tel +49 2304 79-508  
Fax +49 2304 79-7979  
precisionstrip@zapp.com

[www.zapp.com](http://www.zapp.com)

Weitere Informationen zu unseren Produkten und Standorten erhalten sie in unserer Imagebroschüre sowie auf unserer Homepage unter [www.zapp.com](http://www.zapp.com)

Die in dieser Broschüre enthaltenen Angaben, Abbildungen, Tabellen, Zeichnungen, Maß- und Gewichtsangaben sowie sonstigen Daten dienen lediglich der Beschreibung unserer Produkte und sind unverbindliche Richtwerte. Sie stellen keine Beschaffenheitsangabe dar und begründen keine Beschaffenheits- oder Haltbarkeitsgarantie. Die dargestellten Anwendungen dienen ausschließlich der Illustration und sind hinsichtlich der Einsetzbarkeit der Werkstoffe weder als Beschaffenheitsangabe noch als Garantie zu betrachten. Dies kann eine eingehende Beratung zur Auswahl unserer Produkte und zu deren Einsatz für eine konkrete Anwendung nicht ersetzen. Diese Broschüre unterliegt nicht dem Änderungsdienst. Zwischenverkauf vorbehalten.  
Stand: August 2022