



Quality by Witzemann

WITZENMANN

managing flexibility

HANDBUCH DER METALLBÄLGE



1441.de/3/03/20/pdf



Witzemann GmbH

Östliche Karl-Friedrich-Str. 134

75175 Pforzheim

Telefon +49 7231 581-0

Telefax +49 7231 581-820

wi@witzemann.com

www.witzemann.de



Vollständig überarbeitete Ausgabe des
Handbuchs der Metallbälge.

Stand: Februar 2019

Technische Änderungen vorbehalten.

**Technische Daten finden Sie ebenfalls
als PDF-Download unter www.flexperte.de**

INHALT

Kapitel 1	Witzenmann – Spezialist für flexible metallische Elemente	5
Kapitel 2	Produkte und Fertigungsverfahren	7
	Metallbälge	8
	HYDRA® Präzisionsbälge	13
	HYDRA® Membranbälge	15
	HYDRA® Dehnzellen	17
	HYDRA® Präzisionsrohre	19
	Balgwerkstoffe	20
	Borde und Anschlusssteile	23
	Verbindungstechniken	28
	Qualitätsmanagement	30
	Zertifizierungen und kundenspezifische Zulassungen	34
	Spezifische Zulassungen	35
Kapitel 3	Typische Balganwendungen	37
	Ventilspindelbälge	39
	Ventilspindelbälge für Kernkraftwerke	41
	Vakuumanwendungen	42
	Kompensatoren	43
	Solaranwendungen	44
	Gleitringdichtungen	46
	Sensoren und Aktoren	47
	Metallbalgspeicher	49
	Balgekupplungen	50
	Metallbälge für moderne PKW-Motoren	51
	Drucksensor-Glühkerze	53

Kapitel 4	Balgberechnung und Balgeigenschaften	54
	Festigkeitsnachweis für Metallbälge	55
	Lastspannungen	57
	Druckfestigkeit und Knickstabilität	59
	Ermüdungslbensdauer	65
	Angulare und laterale Verformung	69
	Torsion und Torsionsknicken	71
	Balgederraten	73
	Schwingungen	75
	Druckreaktionskraft und hydraulischer Durchmesser	77
Kapitel 5	Produktprüfungen bei Witzenmann	79
	Prüf- und Analysemöglichkeiten	81
	Typische Prüfungen von Metallbälgen	83
Kapitel 6	Technische Tabellen	87
	Balgauswahl aus dem Handbuch	88
	Balgauswahl mit Flexperte	95
	HYDRA® Metallbälge aus Edelstahl	96
	HYDRA® Metallbälge für ANSI/ASME Ventile	113
	HYDRA® Metallbälge aus Bronze	121
	HYDRA® Metallbälge Normalprofil	122
	HYDRA® Metallbälge Schmalprofil	134
	Geometrie der Anschlusssteile für Metall- und Membranbälge	143
	HYDRA® Präzisionsrohre	149
Kapitel 7	Werkstoffe	157
Kapitel 8	Korrosionsbeständigkeit	183
Kapitel 9	Umrechnungstabellen und Formelzeichen	223

WITZENMANN – SPEZIALIST FÜR FLEXIBLE METALLISCHE ELEMENTE



LÖSUNGSKOMPETENZ

Immer wenn Rohre durch häufige Temperaturwechsel oder Druckänderungen gedehnt werden, wenn in Leitungssystemen Schwingungen auftreten, wenn große Lasten zu meistern, Medien druckdicht zu fördern oder ein hohes Vakuum zu halten ist, kommen bewegliche metallische Elemente zum Einsatz. Dazu gehören neben den Kompensatoren und Metallbälgen auch Metallschläuche, Fahrzeugteile und Rohrhalterungen. Witzenmann als Erfinder des Metallschlau- ches und Begründer der Metallschlauch- und Kompensatorenindustrie ist hier die erste Adresse. Basiserfindung war der 1885 entwickelte und patentierte Metallschlauch, 1920 folgte das Patent auf den Metallkompensator.

Weltweit präsent

Als internationale Firmengruppe mit insgesamt über 4.600 Mitarbeitern in 24 Unternehmen steht Witzenmann heute für Innovation und hohe Qualität. Mit dem breitesten Produktprogramm der Branche bietet Witzenmann Problemlösungen für Schwingungsentkopplung, Dehnungsaufnahme in Rohrleitungen, flexible Montage und Leiten von Medien. Als Entwicklungspartner der Kunden in der Industrie, der Technischen Gebäudeausrüstung, der Automobilindustrie und zahlreichen weiteren Märkten verfügt Witzenmann über einen eigenen Maschinen-, Werkzeug- und Musterbau sowie umfassende Test- und Prüfeinrichtungen. Ein wesentlicher Faktor in der Zusammenarbeit mit den Kunden ist die technische Beratung durch das Kompetenzzentrum im Pforzheimer Stammhaus in Deutschland. Hier arbeiten Teams hochqualifizierter Ingenieure in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden an Produktentwicklungen und neuen Anwendungen. Von der ersten Vorplanung bis zur Serienproduktion.

Bessere Produkte

Auf der Basis dieses gebündelten Wissens entstehen Synergieeffekte, die in jeder Produktlösung erfahrbar werden. Die Vielfalt der Einsatzfelder ist nahezu grenzenlos. Allen gemeinsam ist jedoch eines: Maximale Sicherheit, auch unter extremen Einsatzbedingungen. Dies gilt für alle Witzenmann-Lösungen.



METALLBÄLGE

Metallbälge sind dünnwandige zylindrische Bauteile. Sie haben in ihrer Mantelfläche eine Wellenstruktur senkrecht zur Zylinderachse. Durch diese Wellenstruktur besitzen sie eine hohe Beweglichkeit bei axialer, lateraler und/oder angularer Verformung. Gleichzeitig sind sie druckfest, dicht, temperatur- und korrosionsbeständig sowie torsionssteif. Immer dann, wenn eine Kombination mehrerer dieser Eigenschaften gefordert ist, sind Metallbälge das bevorzugte Konstruktionselement; z.B.

- als druck- und temperaturbeständige Abdichtung von Ventilspindeln in Armaturen
- als Vakuumschaltbälge in Mittelspannungs-Schaltanlagen
- als bewegliche Dichtung in Pumpen und Druckspeichern
- als bewegliches sowie druck- und temperaturfestes Dichtelement in modernen Benzininjektoren und Glühkerzen
- als mechanische Wellenkupplung
- als dichtes Federelement in Gleitringdichtungen oder
- als dichte und mechanisch spannungsfreie Durchführungen durch Behälterwände.

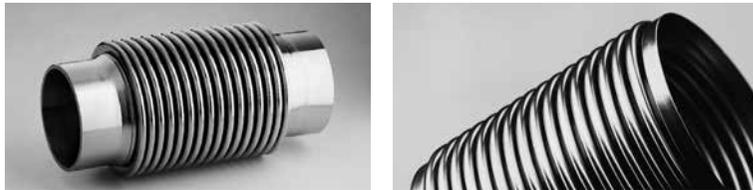


Bild 2.1.1.: HYDRA Metallbälge mit Anschlusssteilen (links) und ohne Anschlusssteile (rechts)

Bei sachgerechter Auslegung sind HYDRA Metallbälge robuste und wartungsfreie Bauteile mit großer Betriebssicherheit und hoher Lebensdauer.

HYDRA Metallbälge werden aus dünnwandigen Rohren durch hydraulische Umformung hergestellt. Je nach Anforderungsprofil können sie ein- oder vielwandig ausgeführt werden. Einwandige Bälge haben kleine Federraten und finden besonders in der Vakuumtechnik Anwendung. Vielwandige Bälge besitzen eine hohe Druckfestigkeit und gleichzeitig eine große Beweglichkeit. Sie werden z.B. als Ventilspindelabdichtung mit Betriebsdrücken bis 1000 bar eingesetzt.

Die zur Balgherstellung verwendeten dünnwandigen Rohre werden bei Witzemann in der Regel aus Metallbändern mit einer Wanddicke von 0,1 mm bis 0,5 mm durch Längsnahtschweißung im Endlosverfahren hergestellt (Bild 2.1.2.). Diese Halbzeuge werden auch als separates Rohrprogramm vertrieben. Alternativ können längsgezogene Rohre oder tiefgezogene Hülsen als Halbzeug verwendet werden. Bei der Herstellung von vielwandigen Bälgen werden vor dem Balgpressen mehrere fein abgestufte Rohrzylinder ineinandergeschoben (Bild 2.1.2.). Beim Balgpressen wird durch äußere und innere Werkzeuge ein Zylinderstück abgeteilt und durch eine Hydraulikflüssigkeit mit Innendruck beaufschlagt. Der Flüssigkeitsdruck formt den abgedichteten Rohrabchnitt zur Vorwelle aus. Im folgenden Arbeitsschritt wird das Werkzeug axial zusammengefahren und die eigentliche Balgwelle entsteht durch das Aufrichten der Vorwelle. Üblicherweise werden die Balgwellen im Einzelwellverfahren nacheinander hergestellt.

Mit einem aufwändigeren Werkzeug können nach dem gleichen Prinzip auch mehrere Wellen in einem Arbeitsgang geformt werden (Simultanverfahren, Bild 2.1.2.), was sich bei größeren Stückzahlen als wirtschaftlicheres Verfahren anbietet.

Die Höhe und damit die Beweglichkeit der Balgwelle wird durch die Duktilität des eingesetzten Werkstoffes beschränkt. Mit austenitischen Edelstählen und Nickelbasislegierungen können im Einzelwellverfahren Verhältnisse zwischen Außen- und Innendurchmesser der Balgwelle zwischen 1:1,5 (Nennweite 15) und 1:1,3 (Nennweite 150) erreicht werden. Im Simultanverfahren sind die herstellbaren Durchmesserrelationen etwas geringer.

Um den Balg aus dem Werkzeug entnehmen zu können, darf das Profil nach dem Balgpressen nicht hinterschnitten sein (Bild 2.1.3. links). Solche sinusförmigen, bzw. u-förmigen nicht hinterschnittenen Profile werden z.B. bei sehr niedrigen Profilhöhen (Sicken) oder bei extrem druckfesten Bälgen verwendet. In der Regel wird der Balg noch in Achsrichtung gestaucht, so dass ein hinterschnittenes Profil (Ω -Profil, Bild 2.1.3. rechts) entsteht. Die Vorteile des Ω -Profils sind eine erheblich geringere Federrate je Welle und eine kürzere Wellenlänge. Bei gleicher Baulänge hat ein Balg mit Omega-Profil eine höhere Wellenzahl als ein Balg mit Sinus-Profil und kann daher größere Bewegungen kompensieren.

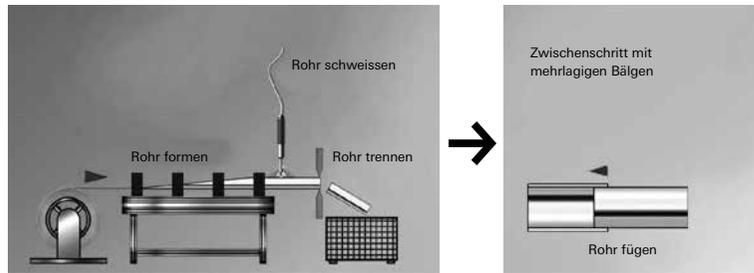
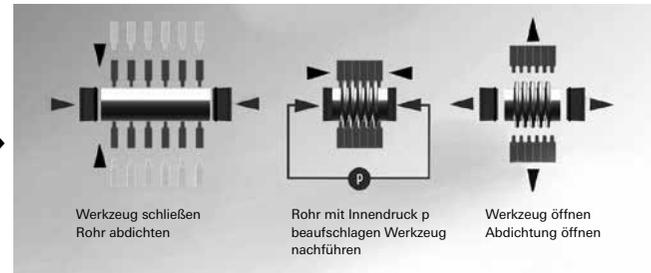


Bild 2.1.2.: Herstellung von Metallbälgen im Simultanverfahren



Bälge mit Boden

Bälge mit Boden können direkt aus tiefgezogenen oder fließgepressten Hülsen hergestellt werden. Bronze ist hierfür als Werkstoff besonders geeignet. Auch Edelhülsen sind durch Tiefziehen oder Rückwärtsfließpressen herstellbar, jedoch mit wesentlich höherem Aufwand. Da für die Herstellung der Hülse in der Regel ein spezielles Werkzeug erforderlich ist, empfiehlt sich dieses Verfahren aus Wirtschaftlichkeitsgründen erst bei großen Stückzahlen.

Bei kleinen Stückzahlen oder mehrwandigen Bälgen ist es günstiger, Dreh- oder Drückteile in Bälge aus Bronze einzulöten. Für Edelhülsen ist der Einsatz von Scheiben, die als Boden an den Balg angeschweißt werden, sinnvoll. Eine Schweißanbindung an Dreh- oder Drückteile ist ebenfalls möglich.

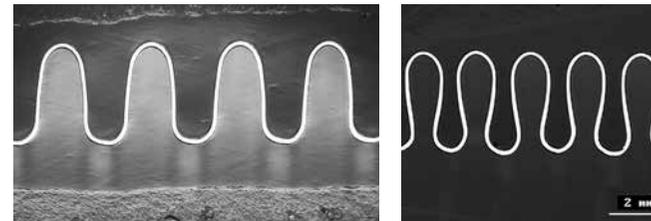
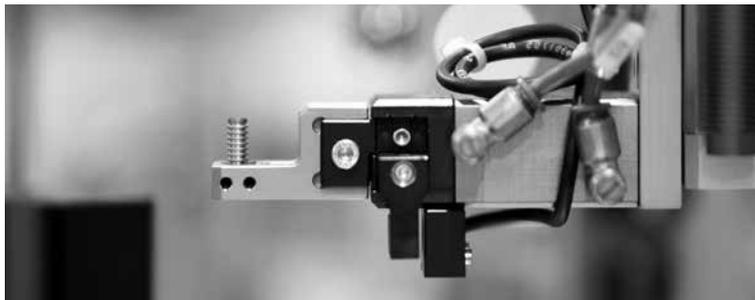


Bild 2.1.3.: Sinus-Profil (links) und Omega-Profil (rechts)

HYDRA® PRÄZISIONSBÄLGE

02



HYDRA Präzisionsbälge erfüllen die höchsten Anforderungen bzgl. Maßhaltigkeit, Sauberkeit, Funktionalität und Lebensdauer. Speziell auf Kundenanforderungen und eine wirtschaftliche Großserienfertigung zugeschnitten, werden diese Bälge unter Reinraumbedingungen hergestellt. Die kleinsten HYDRA Präzisionsbälge sind nur wenige Millimeter groß.



Bild 2.2.1.: HYDRA Präzisionsbälge

HYDRA Präzisionsbälge werden in der Automobilindustrie als hochdruckfeste und flexible Dichtungen verwendet. Für Applikationen in Benzininjektoren oder Drucksensorglühkerzen müssen pulsierende Drücke von ca. 300 bar dauerhaft ertragen werden. Bälge mit deutlich erhöhter Druckfestigkeit, z.B. zur direkten Nadelabdichtung von Dieselinjektoren, stehen ebenfalls zur Verfügung.

Ein weiteres Einsatzgebiet haben Präzisionsbälge als hochflexible Dichtungen. Eingesetzt werden solche Präzisionsbälge in modernen Benzinpumpen, in Druckspeichern oder Druckdämpfern.

HYDRA Präzisionsbälge werden speziell für die jeweiligen Einsatzbedingungen entwickelt. Teil der Entwicklungsleistung sind auch der rechnerische Nachweis von Temperatur-, Druckbeständigkeit und Lebensdauer sowie eine Validierung und Requalifizierung unter einsatznahen Prüfbedingungen.

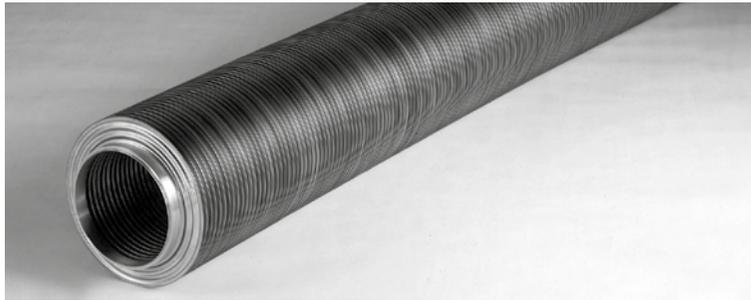
02



Bild 2.2.2.: HYDRA Präzisionsbälgefertigung unter Reinraumbedingungen

HYDRA® MEMBRANBÄLGE

02



HYDRA Membranbälge bestehen aus paarweise aneinander geschweißten Membranscheiben. Bild 2.3.2. zeigt den schematischen Aufbau eines Membranbalgs sowie ein typisches Membranbalgprofil im metallographischen Schliff. Membranbälge haben eine hohe spezifische Dehnungsaufnahme (bis zu 80 % der Baulänge), eine sehr kleine Federrate. Die Druckfestigkeit ist in der Regel auf wenige bar begrenzt. Membranbälge eignen sich daher besonders für Niederdruck- oder Vakuumanwendungen.

HYDRA Membranbälge werden in Mess- und Regelgeräten, in der Vakuumtechnik, in der Luft- und Raumfahrt, in der Medizintechnik, im Sonderarmaturenbaue, in Gleitringdichtungen sowie als Volumenausgleichkörper eingesetzt.

Die Membranbälge werden in zwei Baureihen angeboten: Wellmembranbälge in Normalausführung sowie Wellmembranbälge mit Schmalprofil. Letztere sind durch die kompakten Einbaumaße und die relativ hohe Federrate besonders für Gleitringdichtungen geeignet.

Bauartbedingt treten bei Membranbälgen an den Schweißnähten hohe Kerbspannungen auf. Um eine hohe Lebensdauer zu gewährleisten, sollten Zugbelastungen weitestgehend vermieden werden. Dies wird durch eine Aufteilung des Axialweges in 80 % Stauchen (Balgverkürzung) und 20 % Strecken (Balgverlängerung) erreicht. Bei hiervon abweichenden Lastaufteilungen sollte der Balg vorgespannt eingebaut werden.



Bild 2.3.1.: HYDRA Membranbalg

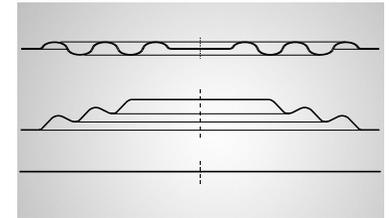


Bild 2.3.3.: HYDRA Membranscheiben: Rillmembranscheiben (oben), Rillmembranscheiben mit flachem Boden (Mitte) sowie Flachmembranscheiben (unten)

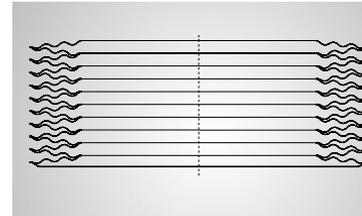
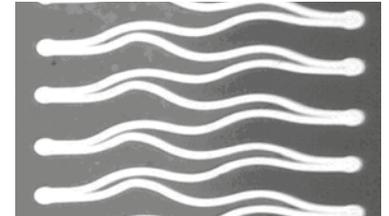


Bild 2.3.2.: Membranbalgprofil schematisch (links) und im metallographischen Schliff (rechts)



Neben HYDRA Membranbälgen können auf Anfrage auch

- Rillmembranscheiben (Bild 2.3.3 oben),
- Rillmembranscheiben mit flachem Boden (Bild 2.3.3. Mitte) sowie
- Flachmembranscheiben (Bild 2.3.3. unten)

in den Wanddicken 0,1 mm, 0,15 mm, 0,2 mm, 0,25 mm und 0,3 mm angeboten werden. Der Einsatz solcher Membranscheiben als elastisches Element ist sinnvoll, wenn die Arbeitshöhe bzw. verschobenen Volumina klein sind und eine große Systemsteifigkeit gefordert ist.

02

HYDRA® DEHNZELLEN

02



HYDRA Dehnzellen werden zur Aufnahme von Volumenänderungen verwendet. Ihre Vorteile sind ein hoher Volumenausgleich bei geringem Ansprechdruck, Korrosions- und Temperaturbeständigkeit sowie Langzeitdiffusionsdichtheit und hohe Lebensdauer. Funktionsbedingt haben HYDRA Dehnzellen eine geringe Druckfestigkeit. Diese kann jedoch durch die Verwendung von speziell profilieren Kernen erheblich gesteigert werden.

Die Druck-Volumen-Kennlinien von HYDRA Dehnzellen sind nichtlinear (Bild 2.4.2.), die bezogene Volumenzunahme $\delta V/\delta p$ verringert sich mit steigendem Druck.

HYDRA Dehnzellen werden aus tiefgezogenen Edelstahlmembranen mit spezieller Profilierung gefertigt, die am Umfang miteinander verschweißt werden. Standardmäßige Anschlüsse sind leicht montierbare Messing-Klemmringverschraubungen. Andere Anschlüsse sind auf Anfrage lieferbar. Einbaumöglichkeit besteht u.a. in Säulenordnung, wobei mehrere Zellen zur Erzielung größerer Volumina gekoppelt werden können.

Ein Einsatzgebiet von HYDRA Dehnzellen ist z.B. die Kompensation temperaturbedingter Volumenänderungen von Isolieröl in Hochspannungswandlern. Dabei wird das Isolieröl in der Dehnzelle hermetisch dicht nach außen abgeschlossen und so der Innenraum des Isolators geschützt. Ein anderer Anwendungsfall ist der Einsatz von HYDRA Dehnzellen als hoch dynamische Dämpfungselemente zur Verringerung von Druckstößen.

02

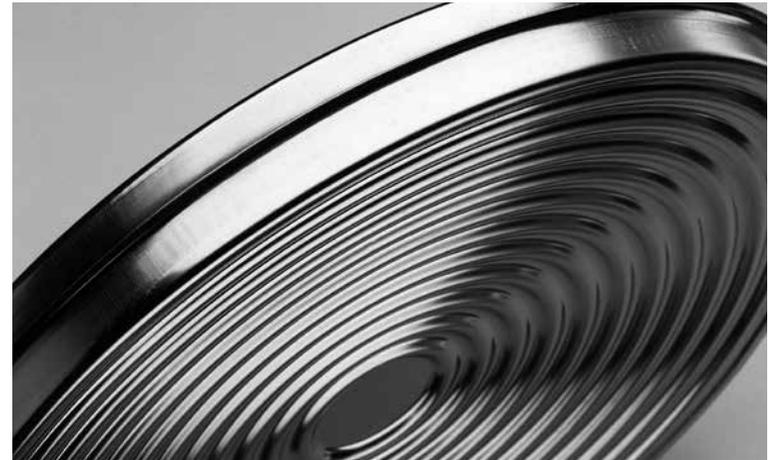


Bild 2.4.1.: HYDRA Dehnzelle

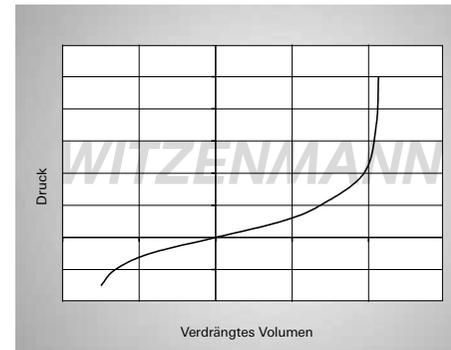
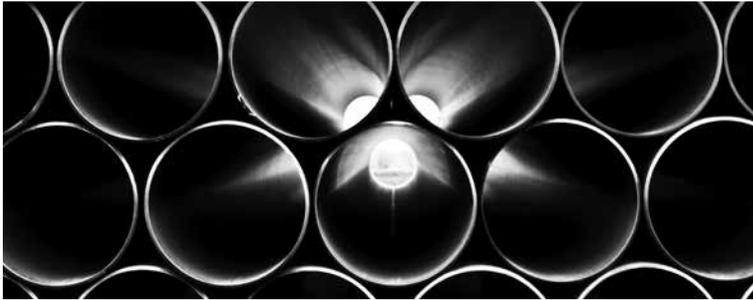


Bild 2.4.2.: Kennlinie einer HYDRA Dehnzelle (schematisch)

HYDRA® PRÄZISIONSROHRE

02



Für die Herstellung unserer Metallbälge werden als Halbzeug dünnwandige Edelstahlrohre mit längsgeschweißter Stumpfnah gefertigt. Standardwerkstoff ist 1.4571, ein großer Teil der Abmessungen ist auch in den Edelstahlqualitäten 1.4541, 1.4404 sowie in diversen Nickelbasislegierungen lieferbar. Die Toleranzen für Rohrdurchmesser und Länge liegen im Bereich von $\pm 0,1$ mm. Die maximale Lieferlänge eines Rohres beträgt 6,50 m; kürzere Stücke sind in beliebiger Länge beziehbar.



Bild 2.5.1.: HYDRA Präzisionsrohre

BALGWERKSTOFFE

02



Balgwerkstoffe müssen eine hohe Verformbarkeit aufweisen. Daher werden vorzugsweise Metalle mit einer kubisch-flächenzentrierten Gitterstruktur verwendet. Die wichtigsten Werkstofffamilien für die Balgherstellung sind austenitische Edelstähle, Nickel und Nickelbasislegierungen sowie Bronze. Die Werkstoffauswahl erfolgt aufgrund der Anforderungen bzgl. Medien- und Korrosionsbeständigkeit, Temperaturbeständigkeit sowie statischer Festigkeit und Ermüdungsfestigkeit.

Die Tabelle 2.6.1. gibt einen Überblick über verfügbare Balgwerkstoffe und ihre Eignung für die Well- bzw. Membranbalgfertigung. Standardwerkstoff für Metallbälge ist der Ti-stabilisierte austenitische Edelstahl 1.4571. Er weist eine hohe Korrosionsbeständigkeit, gute statische Festigkeitswerte, eine hohe Ermüdungsfestigkeit, eine vorzügliche Verarbeitbarkeit und im Vergleich mit anderen Balgwerkstoffen einen günstigen Preis auf. Die für Ti-stabilisierte Werkstoffe typischen Ti(CN)-Ausscheidungen sind bei Metallbälgen verfahrensbedingt parallel zu Balgoberfläche angeordnet, so dass sie weder als mechanische Kerbe noch als möglicher Diffusionspfad die Leistungsfähigkeit des Balges beeinträchtigen.

In der Lebensmittel-, Medizin- und Vakuumtechnik werden oft die nicht Ti-stabilisierten Edelstähle 1.4404 oder 1.4441 verwendet. Diese Werkstoffe haben gegenüber dem 1.4571 eine höhere Reinheit, eine leicht herabgesetzte statische Festigkeit, eine geringfügig verminderte Ermüdungsfestigkeit sowie eine höhere Heißrissneigung beim Schweißen.

Für Temperaturen über 550 °C haben sich hitzebeständige Stähle bewährt. Ein Beispiel ist der Werkstoff 1.4876 für motornahen Metallbälge in Abgasanlagen.

Werkstoffnummer	Werkstoffart/ Handelsname	Eignung für		Bemerkung
		Wellbälge	Membranbälge	
-	-			-
1.4541	Ti-stabilisierte	++	++	
1.4571	austenitische Edelstähle	++	++	Standardwerkstoff
1.4404	Ti-freie	++	++	Lebensmittel- und Vakuumtechnik
1.4441	austenitische Edelstähle	++	++	auf Anfrage
1.4828	zunderbeständiger Edelstahl	+	+	
1.4876	Alloy 800 H	++	++	für Temperaturen über 550 °C geeignet
1.4564	17-7 PH	++	+	aushärtbare Edelstähle
1.4568		++	+	
-	AM 350	+	+	
2.4816	Alloy 600	+	+	auf Anfrage
2.4856	Alloy 625	++	++	Standardwerkstoffe bei hohen Drücken,
2.4819	Alloy C-276	++	++	Temperaturen und/oder erhöhten Korrosionsanforderungen
2.4610	Alloy C-4	+	-	
3.7025	Reintitan Grade 1	+	+	auf Anfrage
2.4360	Monel	+	-	auf Anfrage
2.1020	Bronze CuSn6	++	-	auf Anfrage
2.1030	Bronze CuSn8	++	-	auf Anfrage

Tabelle 2.6.1.: Verfügbare Balgwerkstoffe, Vorzugswerkstoffe

Er weist exzellente Zeitstandfestigkeitskennwerte auf und ist bei Temperaturen über 550 °C für druckbeanspruchte Bauteile zugelassen.

Im Venturbereich werden bei erhöhten Korrosionsanforderungen sowie bei hohen Drücken und Temperaturen Bälge aus Nickelbasislegierungen eingesetzt. Standard sind die Werkstoffe 2.4819 und 2.4856. Bälge aus diesen Nickelbasislegierungen haben aufgrund der höheren statischen Festigkeit des Werkstoffs auch eine höhere Druckfestigkeit als gleichartige Bälge aus austenitischem Edelstahl.

Die Lebensdauer von Bälgen aus Nickelbasislegierungen bei Raumtemperatur ist in Bild 2.6.2 im Vergleich mit der von Bälgen aus austenitischem Edelstahl aufgetragen. Vorteilhaft ist der Einsatz von Nickelbasislegierungen bis zu ca. 50.000 Lastwechseln. Im Bereich höherer Lastspielzahlen ist dagegen die Ermüdungsfestigkeit von austenitischen Edelstählen größer. Im Hochtemperaturbereich ist die Lebensdauer der Nickelbasislegierungen generell größer als die der Edelstähle.

Für Sonderanwendungen können auch aushärtbare Edelstähle oder aushärtbare Nickelbasislegierungen verwendet werden. Diese Werkstoffe werden nach dem Balgformen einer Wärmebehandlung unterzogen, die zu einer erheblichen Steigerung der statischen Festigkeit und der Ermüdungsfestigkeit führt. Dem stehen eine verringerte Korrosionsbeständigkeit, höhere Werkstoffkosten sowie der zusätzliche Wärmebehandlungsprozess in der Fertigungsfolge gegenüber.

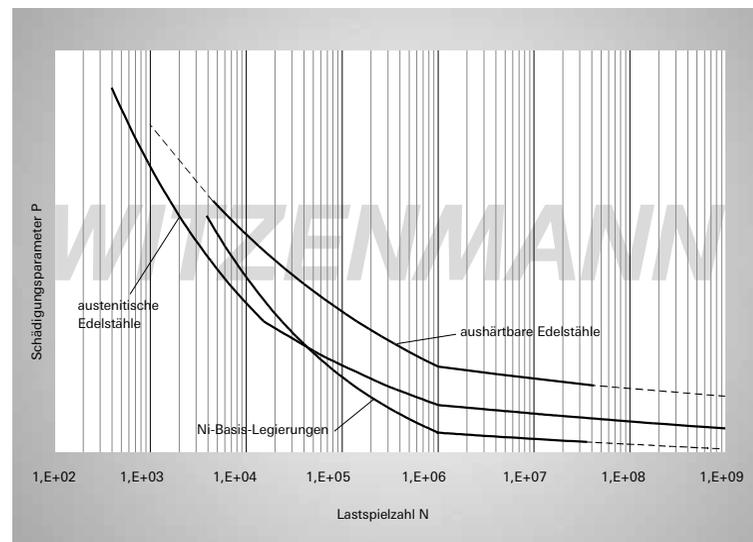
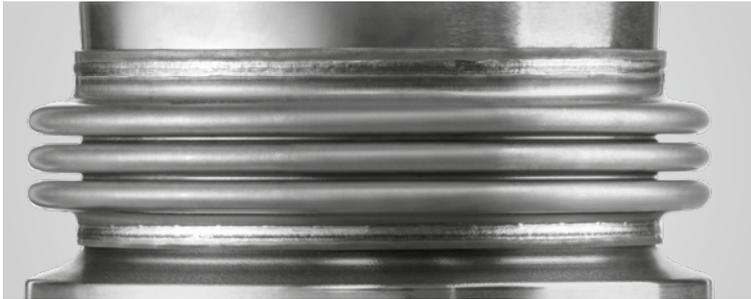


Bild 2.6.2.: 50 %-Wöhlerlinien bei Raumtemperatur für Metallbälge aus austenitischem Edelstahl, aus Nickelbasislegierungen und aus aushärtbarem Edelstahl im Vergleich.

BORDE UND ANSCHLUSSTEILE

02



Über die Balgborde erfolgt die Verbindung der Bälge mit ihren Anschlusssteilen. Diese Verbindung muss hinsichtlich Dichtheit, Temperatur- und Medienbeständigkeit, Druckfestigkeit und Lebensdauer den gleichen Anforderungen genügen wie der Balg. Daher ist eine sorgfältige Auswahl und Ausführung der Verbindung notwendig. Sie richtet sich primär nach der Verbindungsart und der Belastung des Balges. Folgende Standardborde stehen zur Verfügung:

Bälge ohne maßhaltig bearbeiteten Bord

Bälge mit diesen Enden sind in allen Typen kurzfristig lieferbar.

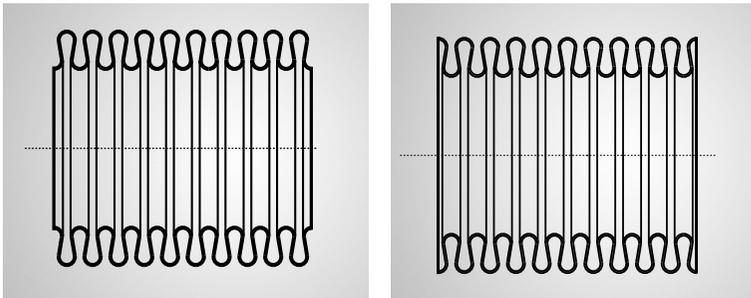


Bild 2.7.1.: Balg in der Innenkrempe abgeschnitten (links) und in der Außenkrempe abgeschnitten (rechts)

B-Bord

Diese Bordform ist einfach und wirtschaftlich durch Stanzen oder Drehen aus einer Balgwelle herstellbar. Die Anschlusssteilgeometrien sind einfach. Der B-Bord ist für Laser-, Mikroplasma- oder Lichtbogenschweißung geeignet. Bälge mit bis 0,8 mm Gesamtwandstärke werden ohne, Bälge mit größerer Gesamtwandstärke mit Zusatzwerkstoff verschweißt.

Nachteilig am B-Bord ist die Kerbwirkung der Rundnaht und ihre Positionierung in einer mechanisch belasteten Zone. Daher sollte auf diese Anbindung verzichtet werden, wenn große Lastspielzahlen gefordert sind oder wenn eine (pulsierende) Innendruckbelastung vorliegt. Für Ventilspindelbälge mit hoher Außendruckbelastung ist die B-Naht dagegen gut geeignet, da hier der Außendruck eine kerbschließende und damit lebensdauererhöhende Wirkung hat.

Weitere Vorteile des B-Bordes sind die geringe Baulänge und die auf der Balgaußenseite spaltfreie Verbindung zwischen Balg und Anschlusssteil. Letztere wird besonders für Balganwendungen in der Lebensmittelindustrie und in der Vakuumtechnik benötigt.

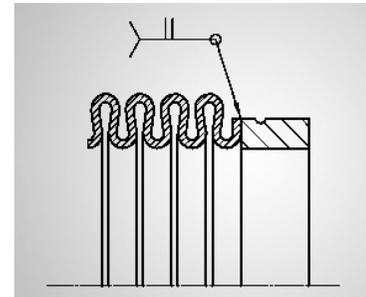


Bild 2.7.2.: Metallbalg mit B-Bord und Anschlusssteil

02

S-Bord

Der S-Bord ist ein zylindrischer Bord. Bei kleinen Stückzahlen kann er mechanisch aus einer Balgwelle geformt werden. Das ist nur für dünnere Gesamtwandstärken möglich. Bei größeren Stückzahlen und Gesamtwandstärken wird er hydraulisch hergestellt. Die Schweißnaht ist hier so positioniert, dass nur sehr geringe mechanische Spannungen auftreten. Die S-Bord-Anbindung empfiehlt sich daher für dynamisch hoch belastete Teile. Die Bordform ist für Schweiß-, Löt- und Klebeverbindungen geeignet.

Die Gestaltung der Anschlusssteile ist aufwändiger als für den B-Bord, da der Balg für eine qualitativ hochwertige Schweißung nahezu spaltfrei auf das Anschlussstück gefügt werden muss. Für Klebe- oder Lötverbindungen sollte das Anschlussstück mit einer dem Bord entsprechenden Nut versehen werden.

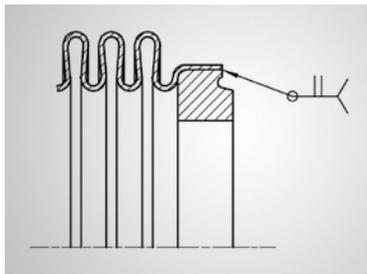


Bild 2.7.3.: Metallbalg mit S-Bord und Anschlussstück

I-Bord

Der I-Bord ist ein einfach herstellbarer zylindrischer Bord mit dem Durchmesser des Ausgangsrohres. Wie der S-Bord ist er für Schweiß-, Löt- und Klebeverbindungen geeignet. Die I-Bord-Anbindung kann spaltfrei ausgeführt werden und wird häufig für Vakuumventile verwendet. Das spaltfreie Fügen des I-Bordes an das Anschlussstück ist aufwändiger als das Aufpressen eines S-Bordes, daher ist diese Bordform für Großserien nur bedingt geeignet.

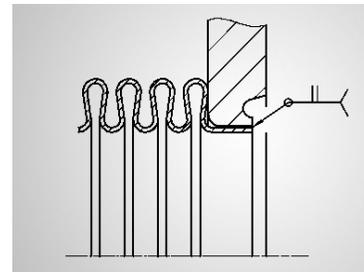


Bild 2.7.4.: Metallbalg mit I-Bord und Anschlussstück

V-Bord

Der V-Bord ermöglicht das lösbare Verbinden von Bälgen mit Rohren oder von Bälgen untereinander mit Hilfe von V-Bord-Schellen. Diese Verbindung wird auch für Hochtemperaturanwendungen z.B. in Abgasleitungen von Großmotoren eingesetzt. Der V-Bord ist ein Sonderbord, dessen Herstellung ein spezielles Bordwerkzeug erfordert.

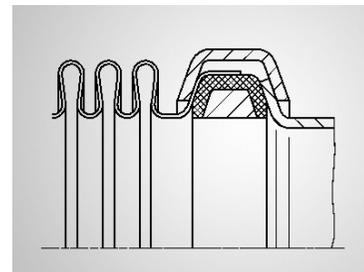


Bild 2.7.5. Metallbalg mit V-Bord, V-Bord-Schelle und Anschlussstück

Anschlusssteilgeometrie

Die Anschlusssteilgeometrie muss im Fügebereich an die gewählte Bordform und das entsprechende Fügeverfahren angepasst werden. Bei thermischen Fügeverfahren ist auf einen gleichmäßigen Wärmeeintrag in den dünnwandigen Balg und das dickwandige Anschlusssteil zu achten. Dazu dienen u.a. Schweißlippen. Das sind gezielte Wanddickenverminderungen am Anschlusssteil, die den Wärmeabfluss aus der Schweißzone verringern.

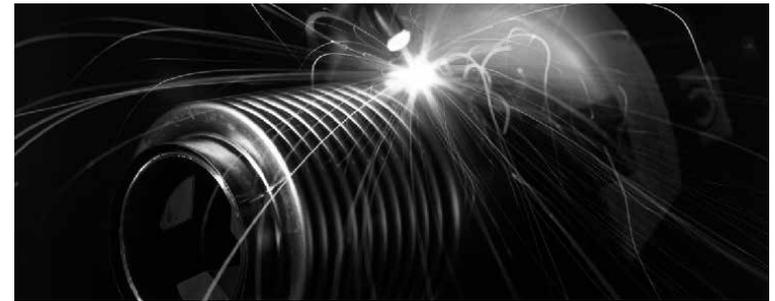
Vor- und Nachteile der einzelnen Bordformen sind in Tabelle 2.7.1. gegenübergestellt. Die bevorzugten Anschlusssteilgeometrien und -abmessungen für die Standardborde von HYDRA Metall- und Membranbälgen sind im Abschnitt 6 aufgeführt.

Vor- und Nachteile der einzelnen Bordformen

	B-Bord	S-Bord	I-Bord	V-Bord
Ermüdungsfestigkeit	+	++	++	+
Druckfestigkeit unter				
Innendruck	+	++	++	-
Außendruck	++	++	+	-
Dichtheit	++	++	++	-
Lösbarkeit	-	-	-	++
Eignung zum				
Schweißen	++	++	+	-
Löten	-	++	++	-
Kleben	-	++	++	-
Klemmen	-	-	-	++

Tabelle 2.7.1.

VERBINDUNGSTECHNIKEN



Bälge und Anschlusssteile aus Stählen, Edelstählen, Nickel oder Nickelbasislegierungen, Titan oder aus entsprechenden Materialkombinationen werden in der Regel durch Schweißen verbunden. Diese Technik stellt bei sachgemäßer Schweißnahtvorbereitung und geeigneter konstruktiver Gestaltung der Schweißlippe die optimale Integration des Balges in sein Funktionssystem dar. Für gängige Werkstoffkombinationen liegen TÜV-Schweißverfahrensprüfungen in Anlehnung an das AD-Merkblatt H1 vor.

Bei Witzenmann verfügbare Schweißverfahren sind das Lichtbogenschweißen mit und ohne Zusatzwerkstoff, das Mikro-Plasma-Schweißen, das Elektrowiderstandsschweißen sowie kontinuierliche und gepulste Laserschweißverfahren. Letztere bieten sich besonders an, um Rundnähte mit geringem Wärmeeintrag anlauffarbenfrei zu verschweißen. Ein weiterer Vorteil des Laserschweißens ist die geringe Gefügebeeinflussung der Grundmaterialien aufgrund der lokalen sehr begrenzten Wärmeeinbringung. Allerdings erfordert die Laserschweißung einen höheren Aufwand an mechanischer Vorbereitung der Fugestelle und feineren Toleranzen der Anschlusssteile.

Beim Schweißen hat die Werkstoffkombination Balg / Anschlusssteil einen wesentlichen Einfluss auf die Güte der Schweißnaht. Optimale Schweißergebnisse werden bei der Verwendung von Ti-stabilisierten Edelstählen 1.4541 oder 1.4571 als Anschlusssteilwerkstoffe erreicht. Dies gilt sowohl für Bälge aus den austenitischen Edelstählen 1.4541 oder 1.4571 als auch für Bälge aus Nickelbasislegierungen, wie z.B. 2.4819 (Alloy C-276) oder 2.4856 (Alloy 625).

Ebenfalls gut verschweißbar sind Bälge aus 1.4541 oder 1.4571 mit Anschlussteilen aus den Edelstählen 1.4306, 1.4307 oder aus unlegierten Qualitätsstählen, z.B. 1.0305. Schlechter schweißbar ist die Werkstoffkombination 1.4404/1.4404 aufgrund der Heißrisseigung bei nicht primärferritischer Erstarrung.

Für Buntmetallbälge oder -anschlussteile ist Löten das meistgenutzte Verbindungsverfahren. Anwendungsbeispiele sind Schaltbälge für Hochstromanlagen oder Aktuatorbälge für Thermostatventile an Heizkörpern.

Zur Vermeidung von Lötkorrosionen sind Lötdämpfe (Flußmittelreste), die sich besonders im Balginnern niederschlagen, nach dem Löten unbedingt zu entfernen. Klebe- oder kraftschlüssige Verbindungen sind von untergeordneter Bedeutung. Erwähnenswert ist hier die kostengünstige Bördelverbindung von Bälgen mit losen, d.h. drehbaren Flanschen.

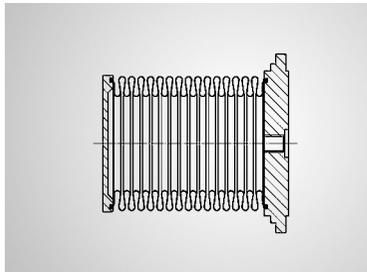


Bild 2.8.1.: Beispiel einer Löt- oder Klebeverbindung

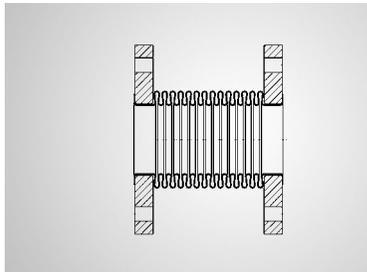
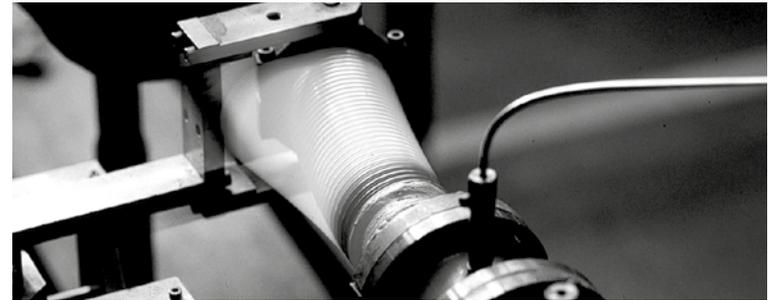


Bild 2.8.2.: Metallbalg mit drehbaren Flanschen und Bördelbord

QUALITÄTSMANAGEMENT



Das Qualitätssicherungssystem bei Witzenmann gewährleistet sowohl die Erfüllung der hohen Qualitätsanforderungen an unsere Produkte als auch ein Höchstmaß an Service-Qualität für unsere Kunden. Unser Qualitätssicherungssystem wird in regelmäßigen Audits überprüft.

Die Qualitätssicherung ist in zwei Ebenen organisiert. Die zentrale Qualitätssicherung ist mit den übergeordneten organisatorischen und technischen Maßnahmen zur Qualitätssicherung beauftragt. Die Qualitätsstellen unserer Produktbereiche übernehmen Qualitätsplanung, Qualitätslenkung und Qualitätsprüfung im Rahmen der Auftragsabwicklung.

Die Abteilung Qualitätssicherung ist organisatorisch von der Fertigung unabhängig. Sie ist gegenüber allen Mitarbeitern weisungsbefugt, die qualitätsbeeinflussende Tätigkeiten ausüben.

Genauere Kontrolle der Lieferanten

Wir arbeiten ausschließlich mit Lieferanten zusammen, mit denen wir eine Qualitätssicherungsvereinbarung abgeschlossen haben, und die mindestens nach ISO 9001 zertifiziert sind.

Für die Halbzeugformen Bänder, Bleche, Rohre und Drähte fordern wir Prüfbescheinigungen, die sich nach dem Verwendungszweck der Teile richten. Durch Eingangskontrollen in Wareneingang und Werkstofflabor wird sichergestellt, dass die Zulieferungen unseren Bestell- und Abnahmevorschriften entsprechen. Dabei sind die nach DIN- bzw. anderen Werkstoffblättern als zulässig angegebenen Streubereiche für unsere Werkstoffe oftmals zusätzlich eingengt und präzisiert.

Fertigungsüberwachung und Rückverfolgbarkeit

Die Verantwortung für Kontrolle und Wartung der Fertigungseinrichtungen nimmt die betriebliche Aufsicht im Fertigungsprozess wahr. Ebenso die ordnungsgemäß durchgeführte Fertigung nach den vorgegebenen Herstellungsunterlagen. Über unser PPS-System und archivierte Fertigungspapiere ist eine vollständige Rückverfolgbarkeit unserer Produkte gegeben. Für sämtliche Balg-Materialien besitzen wir Abnahmeprüfzeugnisse gemäß EN 10204 - 3.1.

Komplette Überwachung der Schweißverfahren

Schriftliche Anweisungen regeln die Durchführung der Schweißarbeiten. Die Qualifikation der Schweißer wird durch Prüfungen nach EN 287-1 (EN ISO 9601-1) / EN ISO 9606-4 sichergestellt. Die wichtigsten, häufig angewandten Schweißverfahren sind durch Verfahrensprüfungen belegt. Die Schweißaufsicht entspricht den jeweiligen Anforderungen gemäß AD-Merkblatt HP3.

Überwachung der Mess- und Prüfeinrichtungen

Alle Mess- und Prüfeinrichtungen werden bezüglich ihrer Genauigkeit und Zuverlässigkeit in regelmäßigen Intervallen geprüft. Der Zeitpunkt der Kalibrierung wird durch Überwachungskennzeichen festgehalten.

Abnahmeprüfungen

Alle Produkte werden vor der Auslieferung einer Maß- und Sichtprüfung, d.h. einer visuellen Überprüfung von Balg, Schweißnähten und Anschlussstellen sowie einer Kontrolle der Einbau- und Anschlussmaße unterzogen.

Darüber hinaus können Abnahmeprüfungen gemäß Kundenanforderungen erfolgen; z.B.

- Dichtheitsprüfungen,
- Federratenmessungen,
- Druckfestigkeitsprüfungen bei Raumtemperatur,
- Druckfestigkeitsprüfungen bei Einsatztemperatur,
- Lastspielprüfungen im drucklosen Zustand bei Raumtemperatur,
- Lastspielprüfungen unter einsatznahen Bedingungen.

Art und Umfang der Prüfungen werden gemeinsam mit dem Kunden abgestimmt. Die Prüfungen können von einem Abnahmebevollmächtigten der Witzemann GmbH, von einem Bevollmächtigten des Kunden oder auch von einer externen zertifizierten Stelle überwacht werden. Für Serienteile erfolgen Requalifikationsprüfungen gemäß IATF 16949.

Prüfbescheinigungen

Prüfbescheinigungen für das verwendete Material können angefordert werden; Bandmaterial, das normalerweise auf Lager vorrätig ist, kann mit Prüfbescheinigung 3.1 oder auch 3.2 nach DIN EN 10204 bestätigt werden.

Mögliche Bescheinigungen der durchgeführten Prüfungen sind in DIN EN 10204 aufgeführt (siehe Tabelle 2.9.1.)

Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204

Bezeichnung	Prüfbescheinigung	Typ	Inhalt der Bescheinigung	Bedingungen	Bestätigung der Bescheinigung
2.1	Werksbescheinigung	nicht spezifisch	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung.	Gemäß Lieferbedingungen in der Bestellung oder – falls gewünscht – gem. den amtlichen Vorschriften und mitgeltenden technischen Regeln.	Durch den Hersteller.
2.2	Werkzeugnis		Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung unter Angabe von Ergebnissen nichtspezifischer Prüfung.		
3.1	Abnahmeprüfzeugnis 3.1	spezifisch	Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung unter Angabe von Ergebnissen spezifischer Prüfung.		Durch den von der Fertigungsabteilung unabhängigen Abnahmebeauftragten des Herstellers.
3.2	Abnahmeprüfzeugnis 3.2			Gemäß den amtlichen Vorschriften und mitgeltenden technischen Regeln.	Durch den von der Fertigungsabteilung unabhängigen Abnahmebeauftragten des Herstellers und den vom Besteller bevollmächtigten Abnahmebeauftragten oder den in den amtlichen Vorschriften genannten Abnahmebeauftragten.

ZERTIFIZIERUNGEN UND KUNDENSPEZIFISCHE ZULASSUNGEN



Witzenmann wurde 1994 als erstes Unternehmen der Branche nach DIN ISO 9001 zertifiziert. Heute verfügt die Witzenmann GmbH über die folgenden allgemeinen Qualitäts- und Umweltzertifikate:

- IATF 16949
- ISO 9001
- ISO 14001
- EN 9100
- Druckgeräterichtlinie
- AD 2000 – Merkblatt W 0
- AD 2000 – Merkblatt HP 0 / DIN EN ISO 3834-2 / HP 100 R
- KTA 1401 und AVS D100/50
- ASME BPVC Sec. VIII Division 1 – U-Stamp
- NADCAP Welding und NonDestructive Testing

SPEZIFISCHE ZULASSUNGEN (AUSWAHL)

02

02

Gas/Wasser



DVGW – Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.



FM – Factory Mutual Research, USA



LPCB – Loss Prevention Certification Board, Großbritannien



ÖVGW – Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach



SSIGE – Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches



VdS – Verband der Sachversicherer e.V.

Schifffahrt



ABS – American Bureau of Shipping, USA



BV – Bureau Veritas Frankreich



CCS – China Classification Society, China



DNV GL – Norwegen/Deutschland



KR – Korean Register, Korea



LRS – Lloyd's Register of Shipping, Großbritannien



RINA – Registro Italiano Navale, Italien



RS – Russian Maritime Register of Shipping, Russland

Sonstige



BAM – Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung



CNAS – China National Accreditation Service for Conformity Assessment, China



EAC – Eurasian Conformity, Russland



EJMA – Expansion Joint Manufacturers Association



GOST – Gossudarstwenny Standart, Russland



Türk Loydu – The Royal Institution of Naval Architects, Türkei



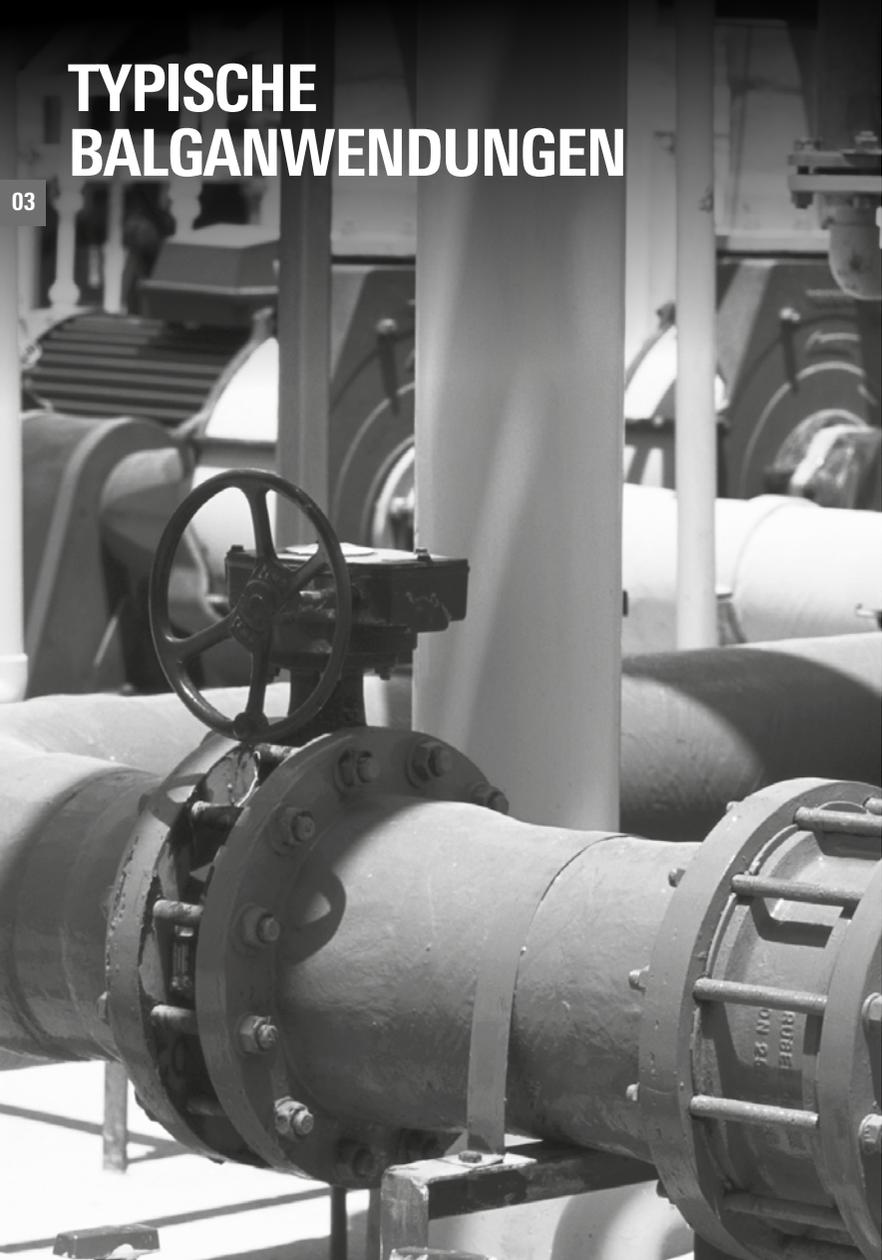
TÜV – Technischer Überwachungsverein



VDE – Verband der Elektrotechnik Elektronik Informatik e.V.

TYPISCHE BALGANWENDUNGEN

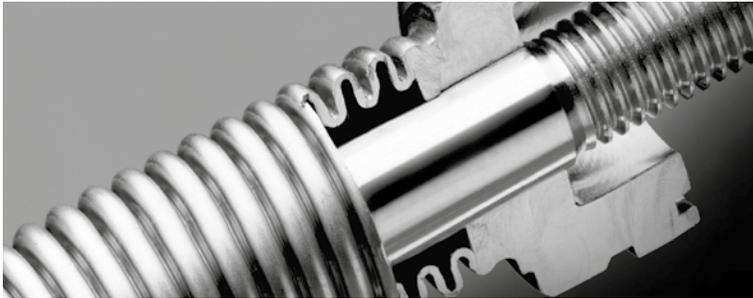
03



Die Anwendungsgebiete von Metallbälgen sind vielfältig. Überall dort, wo Druck- und Temperaturbeständigkeit, Dichtheit sowie Beweglichkeit gefordert sind, kommen sie zum Einsatz. Alterungsbeständigkeit, Korrosionsfestigkeit und Torsionssteifigkeit gehören ebenfalls zu ihren Eigenschaften. Vom Ventil- und Kraftwerksbau über die Solartechnik bis hin zur Motorentechnik erstreckt sich das breite Einsatzgebiet der Bauteile.

VENTILSPINDELBÄLGE

03



Metallbälge werden zur stopfbuchsenlosen Abdichtung hochwertiger Ventile eingesetzt. Absolute Dichtheit, hohe Druck-, Temperatur- und Medienbeständigkeit sowie Verschleißfreiheit sind die Vorteile dieser Ventilbauart. Der Metallbalg wird hierbei als bewegliche, drucktragende Dichtung verwendet und kompensiert die Relativbewegung zwischen Ventilteller und Ventilgehäuse beim Öffnen bzw. Schließen des Ventils (Bild 3.1.1. / 3.1.2.).

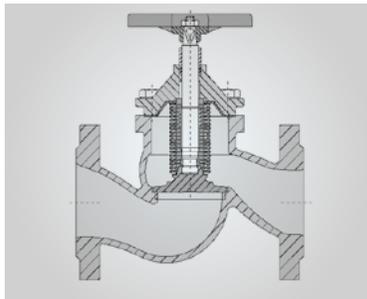


Bild 3.1.1. / Bild 3.1.2.: Ventil mit Metallbalg zur Spindelabdichtung

Ventilspindelbälge sind i. d. Regel mehrlagig aufgebaut, um kurze Baulängen zu erreichen. Die Druckbelastung wird dabei auf mehrere dünne Lagen verteilt. Die Balgwellen werden hauptsächlich auf Biegung beansprucht, so dass Wellen, die aus vielen dünnen Lagen bestehen, größere Verformungen ertragen können als solche, die aus einer oder wenigen dicken Lagen aufgebaut sind (vgl. Bild 3.1.3.). Dementsprechend erhöht sich die zulässige Bewegung bei gleicher Baulänge und Druckfestigkeit mit zunehmender Lagenzahl und abnehmender Einzellagendicke. Der Balgwerkstoff wird durch das Umgebungsmedium und die Einsatztemperatur bestimmt. Bis zu Temperaturen von 550 °C wird vorzugsweise der austenitische Edelstahl 1.4571 verwendet. Bei höheren Temperaturen oder sehr aggressiven Medien stehen Nickelbasislegierungen, z.B. 2.4819 (Hastelloy C276) oder 2.4856 (Inconel 625), zur Verfügung. Neben der erhöhten Korrosionsbeständigkeit haben Nickelbasislegierungen auch höhere Festigkeits- und Warmfestigkeitskennwerte als austenitische Edelstähle, sie sind also druck- und temperaturbeständiger.

03

Der Lagenaufbau des Balges (Lagenzahl und Einzellagendicke) richtet sich nach dem Betriebsdruck. Um ein Ausknicken des Balges zu vermeiden, sollten Ventilspindelbälge stets mit Außendruck beaufschlagt werden.

Die Wellenzahl und damit die Baulänge des Balges richten sich nach dem Hub und der geforderten Lebensdauer. Eine typische Lastspielzahl für Absperrventile sind 10.000 Betätigungen. Größere Lastspielzahlen bei vermindertem Hub werden u.a. von Bälgen für Regelventile gefordert.

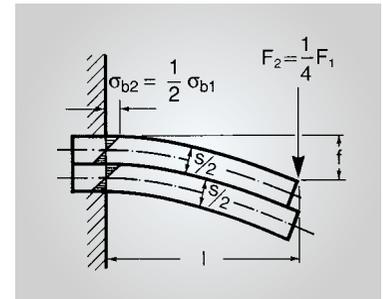
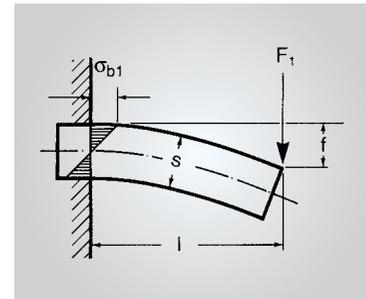


Bild 3.1.3.: Spannungsverteilung am ein- bzw. zweilagigen Biegebalken

VENTILSPINDELBÄLGE FÜR KERNKRAFTWERKE



Ventilspindelbälge für Kernkraftwerke werden nach den gleichen technischen Auslegungskriterien dimensioniert wie konventionelle Ventilspindelbälge. Meist werden jedoch höhere Sicherheitsfaktoren auf Druckfestigkeit und Lebensdauer berücksichtigt. Dokumentation und Prüfungen sind hier in erhöhtem Umfang notwendig. Sie werden im Einzelfall durch die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) und die jeweiligen Spezifikationen der Kernkraftwerksbetreiber bestimmt und richten sich nach der Anforderungsstufe, in welche der Balg klassifiziert wurde. Typische Anforderungen sind:

- Prüfung und Bestätigung der Berechnung von Druckfestigkeit und Lebensdauer des Balges durch einen unabhängigen Abnahmebeauftragten,
- Zertifizierung von Werkstoff und Herstellverfahren gemäß KTA, EN 9001 und AD 2000; das umfasst auch spezielle Zulassungen für Schweißverfahren und Schweißpersonal,
- Zugversuche, Warmzugversuche, Korngrößenbestimmung und Prüfungen der Korrosionsbeständigkeit des Bandes,
- Röntgen- und Oberflächenrisprüfungen an Schweißnähten sowie
- Dichtheitsprüfung, Druck und Lastspielprüfungen an Bälgen.

VAKUUMANWENDUNGEN



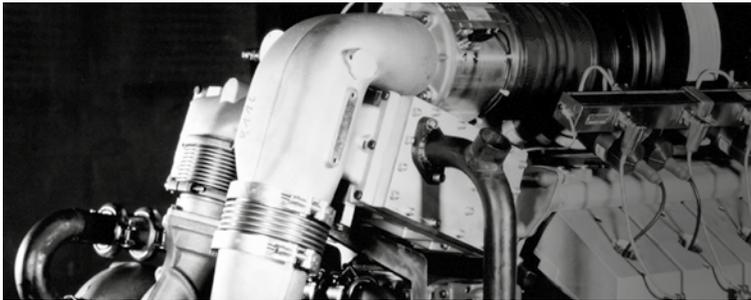
Auch in der Vakuumtechnik werden häufig Metallbälge als bewegliche Dichtelemente verwendet. Haupteinsatzgebiete sind Spindelabdichtungen in Vakuumventilen sowie die Abdichtung von Vakuumschaltern (vgl. Bild 3.3.1.). Diese werden im Mittelspannungsbereich, also in Netzen von ungefähr 1 kV bis 72 kV eingesetzt. Sie schalten durch die mechanisch angetriebene Trennung zweier Kupferkontakte in luftleerer Umgebung den Strom ab und sind für sehr große Schalthäufigkeiten bei weitestgehender Wartungsfreiheit ausgelegt. Aufgrund der geringen Differenzdrücke sind Vakuumbälge einwandig und haben in der Regel ein Balgprofil mit hoher Beweglichkeit. Das bedeutet schmale und hohe Wellen. Auslegungskriterien sind der geforderte Hub und die zugehörige Lebensdauer, die üblicherweise über 30.000 Lastwechsel beträgt. Oftmals ist auch eine geringe Federrate des Balges gefordert, um hohe Schaltgeschwindigkeiten erreichen zu können. Bälge für Vakuumventile werden mit ihren Anschlussteilen verschweißt. Für einen sicheren Evakuiervorgang ist eine spaltfreie Ausführung der Schweißnähte vorteilhaft, bevorzugt kommen daher I- oder B-Borde zur Anwendung. Bälge für Vakuumschalter werden in die Anschlussteile eingelötet. Voraussetzung für einen prozesssicheren Lötvorgang ist eine von Oxiden und organischen Rückständen freie Oberfläche des Balges, so dass entsprechende Reinigungsprozesse in den Fertigungsablauf integriert werden müssen.



Bild 3.3.1.: Balg für Vakuumschalter

KOMPENSATOREN

03



Kompensatoren werden zum Ausgleich von thermischen Dehnungen und Montageversätzen in Rohrleitungssystemen sowie zur Aufnahme von Leitungsbewegungen verwendet. Kernstück eines jeden Kompensators ist der Metallbalg, der Flexibilität, Dichtheit und Druckfestigkeit gewährleistet. Die Hauptbelastung von Kompensatoren im Anlagenbau resultiert aus dem An- und Abfahren der Anlagen. Daher beträgt die geforderte Lebensdauer in der Regel nur 1.000 Lastwechsel. Wesentlich höhere Lastspielzahlen werden dagegen von Kompensatoren gefordert, die zum Ausgleich thermischer Dehnungen in Abgasanlagen von Großmotoren eingesetzt werden. Neben den Start- /Stopp-Vorgängen tritt hier in der Regel eine Schwingungsbelastung auf, die dauerhaft ertragen werden muss. Für kleine Nennweiten und/oder geringe Drücke können Axialkompensatoren verwendet werden. Eine typische Bauform – ein Balg mit zwei durch Winkelringe befestigten drehbaren Flanschen. Bälge mit Schweißenden werden auch oft als Kompensatoren eingesetzt. Für größere Nennweiten bzw. bei hohen Betriebsdrücken werden Kompensatorbauformen bevorzugt, die Druckreaktionskräfte aufnehmen können. Das sind Gelenk- oder druckentlastete Kompensatoren. Umfassende Informationen hierzu sowie unser Kompensatoren-Produktspektrum enthält das Witzenmann Handbuch der Kompensatoren.

SOLARANWENDUNGEN

03



Die Solarthermie gewinnt zur Energiegewinnung zunehmend an Bedeutung; sowohl im industriellen Maßstab in Solarkraftwerken als auch in der Gebäudetechnik. Die Kombination von Werkstoffen mit unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten führt bei allen solarthermischen Anlagen zu thermischen Dehnungen, die durch Metallbälge ausgeglichen werden müssen.



Als Beispiele seien Kollektorrohre für Solarkraftwerke oder Kollektorverbinder für die Gebäudetechnik genannt. Kollektorrohre sind das Kernstück von Parabolrinnenkraftwerken. Sie sind in der Brennlinie der Parabolspiegel angeordnet und werden von Thermoöl oder Flüssigsalz durchströmt, das durch die Sonnenstrahlung erhitzt wird. Das erhitzte Wärmeträgermedium wird anschließend zur Dampferzeugung für ein konventionelles Kraftwerk verwendet.

Der Kollektor selbst besteht aus einem äußeren Hüllrohr aus beschichtetem, hochtransparentem Borosilikatglas, und einem inneren Absorberrohr aus speziell beschichtetem Stahl. Der Zwischenraum ist zur Vermeidung von Wärmeverlusten evakuiert. Metallbälge an beiden Enden der Kollektoren gleichen die unterschiedlichen Wärmedehnungen von Glas und Stahl aus und sorgen für eine vakuumdichte Verbindung beider Rohre.

Auch in Solarkollektorfeldern in der Gebäudetechnik müssen thermische Dehnungen an den Verbindungsstellen der einzelnen Kollektoren ausgeglichen werden. Dazu werden flexible Kollektorverbinder verwendet. Bild 3.5.1. zeigt eine Metallbalgführung zum Aufstecken auf die Cu-Verrohrung der Kollektoren. An den Enden des Balges sind hydraulisch geformte O-Ring-Nuten und Bördel zur Befestigung integriert.

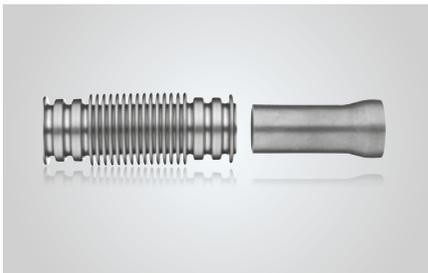


Bild 3.5.1.: Kollektorverbinder zum Aufstecken auf Cu-Rohre für die Gebäudetechnik

GLEITRINGDICHTUNGEN



Gleitringdichtungen sind dynamische Dichtungen für rotierende Wellen. Hauptkomponenten sind der befederte Gleitring und ein Gegenring, deren Gleitflächen durch Federkraft aneinander gedrückt werden. Einer der Ringe rotiert mit der Welle, während der andere starr am Gehäuse montiert ist. Durch Eintritt des geförderten Mediums in den minimalen Dichtspalt zwischen den Gleitflächen wird ein Schmierfilm erzeugt und der Abdichteffekt erreicht. Als Gleitwerkstoffe werden Graphit, kunstharzgebundener Kohlenstoff, Metall oder Keramik verwendet. Für das Anpressen der Gleitringe sowie die Sekundärabdichtung zwischen Gleitring und Welle bzw. Gleitring und Gehäuse werden in hochwertigen Gleitringdichtungen Metallbälge oder Membranbälge verwendet. Letztere aufgrund ihrer geringeren Baulänge. Bild 3.6.1. zeigt beispielhaft einen Gleitringträger mit einem HYDRA Membranbalg.

Bälge für Gleitringdichtungen müssen druck- und temperaturfest sowie beständig gegen das zu fördernde Medium sein. Außerdem darf die Vorspannkraft der Gleitringdichtung während des Betriebs nicht relaxieren. Häufig werden daher aushärtbare Balgwerkstoffe verwendet. Typische aushärtbare Werkstoffe für HYDRA Membranbälge sind AM 350 oder bei höheren Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit Inconel 718 (2.4668).



Bild 3.6.1.: Gleitringträger mit HYDRA Membranbalg

SENSOREN UND AKTOREN



Ähnlich einem Kolben wandeln Metallbälge Druck in Kraft oder Bewegung um und umgekehrt. Damit können sie als Sensoren und Aktoren verwendet werden, deren Kennlinie durch Federrate und hydraulischen Querschnitt des Balges definiert wird. Hauptanforderungen an Sensoren und Aktoren sind Hysteresefreiheit und Konstanz der Kennlinie, so dass auch hier aushärtbare Balgwerkstoffe vorteilhaft eingesetzt werden können.

Beispiele sind der in Bild 3.7.1. gezeigte Druck-Kraft-Wandler zur Feinjustage von optischen Systemen oder Sensoren für gasisolierte Schaltschränke. Diese Schaltschränke sind mit SF₆ unter Überdruck befüllt. Im Falle einer Leckage verringert sich der Druck im Inneren des Schaltschranks. Als Sensor für den Druck im Schaltschrank wird ein gasbefüllter, hermetisch dichter Metallbalg verwendet.



Bild 3.7.1.: Metallbalgaktor

Seine Länge stellt sich stets so ein, dass ein Kräftegleichgewicht aus Federkraft des Balges und den Druckkräften aus dem Balginnendruck und dem Druck im Schaltschrank entsteht. Ein Abfall des Schaltschrankdruckes führt zur Vergrößerung der Balglänge und kann so detektiert werden.

Ein weiteres Anwendungsbeispiel für einen Metallbalgaktor sind Regler für Heizkörperthermostate (Bild 3.7.2.). Dazu werden mit Alkohol gefüllte Bronzebälge verwendet. Mit steigender Temperatur dehnt sich der im Balg eingeschlossene Alkohol aus und verlängert den Balg in axialer Richtung. Die Verlängerung des Balges wird zum Drosseln des Ventils verwendet und die Leistung des Heizkörpers sinkt ab. Verringert sich die Raumtemperatur, verkürzt sich der Balg wieder. Dadurch wird das Regelventil weiter geöffnet und die Heizleistung steigt wieder an.

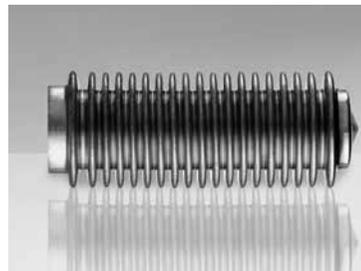


Bild 3.7.2.: Bronzebälge für Heizkörperthermostate

METALLBALGSPEICHER

03



Gasgeladene Speicher werden als Energiespeicher in hydraulischen Systemen verwendet. Sie bestehen aus einem Gas- und einem Flüssigkeitsraum, die durch eine flexible Membran voneinander getrennt sind. Je mehr Flüssigkeit in den Speicher gefördert wird, umso stärker wird das Gasvolumen komprimiert und der Speicherdruck erhöht sich. Alternativ kann Flüssigkeit entnommen werden und der Speicherdruck verringert sich.

Als Medientrenner werden oft mehrlagige Membranen oder Blasen aus Kunststoff verwendet. Allerdings sind diese nicht vollständig diffusionsdicht und unterliegen der Alterung. Wenn wie z.B. in Bremssystemen eine Diffusion des Speichergases in die Arbeitsflüssigkeit nicht zulässig ist oder die Wartungsfreiheit des Speichers über einen langen Zeitraum garantiert werden muss, kann die Kunststoffmembran durch einen Metall- oder Membranbalg ersetzt werden. Um große Arbeitsvolumina zu ermöglichen, sind Speicherbälge dünnwandig, hoch flexibel und haben eine geringe Druckfestigkeit. Dies ist während des Speicherbetriebes unkritisch, da zwischen Gas und Flüssigkeit nur die aus der Federrate des Balges resultierende Druckdifferenz herrscht. Um den Metallbalg vor Beschädigungen zu schützen, ist darauf zu achten, dass durch geeignete Ventile eine vollständige Entleerung des Metallbalgspeichers vermieden und dadurch das Druckgleichgewicht zwischen Gas- und Flüssigkeitsseite stets aufrecht erhalten wird.



Bild 3.8.1.: Schnittmodell eines Metallbalgspeichers

BALGKUPPLUNGEN

03



Metallbälge sind torsionssteif und gleichzeitig biegeweich. Damit bietet sich ihr Einsatz als wartungsfreie Wellenkupplung (Bild 3.9.1.) zur Drehmomentübertragung und zum Ausgleich von Lagetoleranzen an. Metallbalgkupplungen werden auf Torsion und auf Umlaufbiegung belastet. Für letztere ist eine dauerfeste Auslegung erforderlich.

Um hohe Drehmomente übertragen zu können und ein Torsionsknicken sicher zu vermeiden, sind Kupplungsbälge oftmals kurz und haben einen möglichst großen Durchmesser.



Bild 3.9.1.: Metallbalgkupplung

METALLBÄLGE FÜR MODERNE PKW-MOTOREN



Wesentliche Herausforderungen an zukünftige Verbrennungsmotoren sind die Verringerung des Kraftstoffverbrauchs durch Effizienzsteigerung sowie die Einhaltung der gesetzlich geforderten Emissionsgrenzwerte. Ein wichtiger Lösungsansatz dafür ist das Downsizing der Motoren, d.h. eine Verringerung des Hubraums bei gleicher Leistung. Möglich wird dies u.a. durch Turboaufladung, Erhöhung der Einspritzdrücke, ein verbessertes Motormanagement und strahlgeführte Verbrennungsverfahren für Ottomotoren.

In Piezo-Injektoren, Kraftstoffpumpen oder Drucksensorglühkerzen für solche modernen Motoren haben sich HYDRA Präzisionsbälge als zuverlässige, hochflexible, druck- und temperaturfeste Dichtungen bewährt. Aufgrund kleinster Strömungsquerschnitte und metallischer Dichtung sind Metallbälge in Hochdruckkraftstoffsystemen höchsten Sauberkeitsanforderungen unterworfen, die durch eine Fertigung im Reinraum erfüllt werden.

Millimeter 

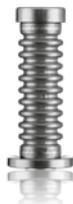


Bild 3.10.1.: Injektorbalg (Witzenmann)

Piezo-Injektor

Die strahlgeführte Direkteinspritzung verringert den Kraftstoffverbrauch von Benzinmotoren bei gleicher oder erhöhter Motorleistung. Voraussetzung für eine strahlgeführte Verbrennung sind eine hochgenaue Dosierung und eine feine Zerstäubung des eingespritzten Kraftstoffs. Diese Anforderungen können mit schnell schaltenden Piezo-Injektoren und Einspritzdrücken größer als 200 bar erfüllt werden. Kernstück des Injektors ist ein Piezo-Aktuator, der sich durch Anlegen einer elektrischen Spannung verlängert und damit die Düsenadel öffnet. Jeglicher Kontakt mit dem Kraftstoff würde zum Kurzschluss und zur Zerstörung des Piezo-Aktuators führen. Daher ist eine Abdichtung notwendig, die sowohl pulsierenden Drücken von bis zu 300 bar widersteht als auch über 300.000.000 Nadelbewegungen ermöglicht. HYDRA Präzisionsbälge erfüllen diese Anforderungen mit einer Komponentenausfallwahrscheinlichkeit kleiner als 1 ppm.

Kraftstoffpumpe

Zur Kraftstoffversorgung von direkteinspritzenden Benzinmotoren benötigt man Hochdruckpumpen. Solche Pumpen können als Ein- oder Mehrkolbenpumpen mit ölgeschmierten Kolben ausgeführt werden. Um eine Kontamination des Kraftstoffs mit dem Pumpenöl sicher zu vermeiden, werden HYDRA Präzisionsbälge verwendet. Je Kolben fungiert ein Balg als hochflexible Dichtung und Übertragungselement für die Pumpbewegung. Die Bälge werden dabei überwiegend druckausgeglichen betrieben und müssen während eines Fahrzeuglebens über 12.000.000.000 Pumpbewegungen ausführen.



Bild 3.10.2.: Pumpenbalg (Witzenmann) und Hochdruckkraftstoffpumpe (Continental)

Drucksensor-Glühkerze

Um die gesetzlich geforderten Grenzwerte für NO_x - und CO_2 -Emissionen einzuhalten, ist eine verbesserte Regelung des Verbrennungsprozesses von Dieselmotoren notwendig. Mit der insitu-Messung des Brennraumdrucks liefert die Drucksensor-Glühkerze dafür ein wichtiges Eingangssignal. Neben der Verminderung der Emissionen ermöglicht die mit Hilfe von Drucksensor-Glühkerzen optimierte Motorsteuerung das Ausnutzen höherer Verbrennungsdrücke. Dies wird zur Leistungssteigerung oder zum Downsizing der Motoren genutzt. Im Gegensatz zu konventionellen Glühkerzen ist bei Drucksensor-Glühkerzen die Kerzenspitze beweglich gelagert. Die durch den Brennraumdruck auf die Kerzenspitze wirkenden Kräfte werden mit einem piezoresistiven Sensor gemessen. Ein HYDRA Präzisionsbalg ermöglicht die reibungs- und hysteresefreie Übertragung des Verbrennungsdruckes auf den Piezo-Sensor. Außerdem gleicht er Wärmedehnungen während des Glühbetriebs aus und dichtet den Sensor und die Elektronik gegenüber dem Brennraum ab.

Neben Brennraumdruck und -temperatur muss der Metallbalg in dieser Anwendung eine hohe Schwingbelastung betriebsfest ertragen. Ursache für die Schwingbelastung ist eine Resonanzanregung der beweglich gelagerten Kerzenspitze durch Motorvibrationen.



Bild 3.10.3.: Metallbalg (Witzmann) und Drucksensorglühkerze (PSG, BorgWarner)

BALGBERECHNUNG UND BALGEIGENSCHAFTEN



FESTIGKEITSNACHWEIS FÜR METALLBÄLGE



Die wesentlichen Anforderungen an Metallbälge sind

- Medien- und Korrosionsbeständigkeit
- Temperaturbeständigkeit
- Dichtheit
- Druckfestigkeit
- Beweglichkeit und Lebensdauer

Korrosions- und Temperaturbeständigkeit können über die Auswahl eines geeigneten Balgwerkstoffes erreicht werden. Die Dichtheit der Bälge wird durch den Produktionsprozess gewährleistet. Druckfestigkeit und Lebensdauer werden dagegen über ein geeignetes Balgdesign sichergestellt und können rechnerisch nachgewiesen werden.

Die prinzipielle Vorgehensweise beim Festigkeitsnachweis für Metallbälge zeigt Bild 4.1.1. Auf Basis der Balggeometrie und der angreifenden Lasten – das sind Druck, ggf. Drehmoment und Verformung – werden die im Balg auftretenden Spannungen bestimmt. Aus diesen Spannungen können geeignete Beanspruchungsparameter abgeleitet und mit der entsprechenden Beanspruchbarkeit des Bauteils verglichen werden. Der Vergleich liefert die Sicherheitsfaktoren für den jeweiligen Belastungszustand.

Wesentlich für einen zuverlässigen Festigkeitsnachweis ist die genaue Kenntnis der Beanspruchbarkeit des Bauteils. Witzenmann steht dazu eine Datenbasis von mehr als 1.500 Druckfestigkeitsprüfungen und über 1.800 Lastspielprüfungen, von denen etwa 300 unter Betriebsdruck und bei erhöhter Temperatur durchgeführt wurden, zur Verfügung, die kontinuierlich gepflegt und erweitert wird.

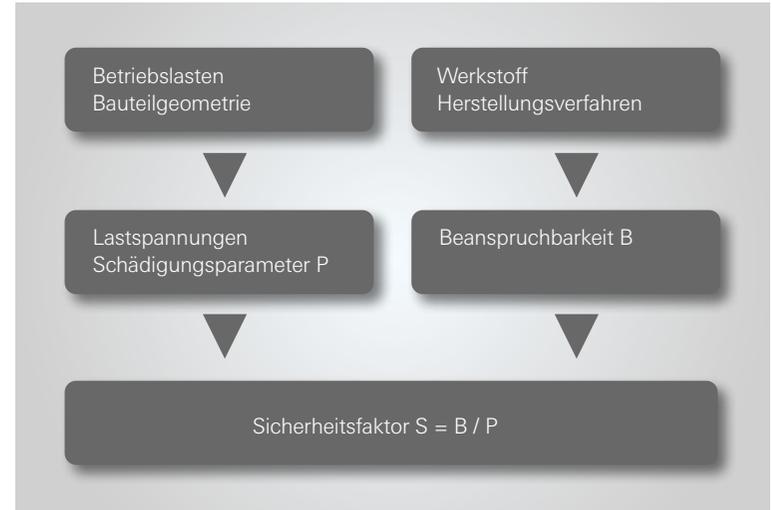
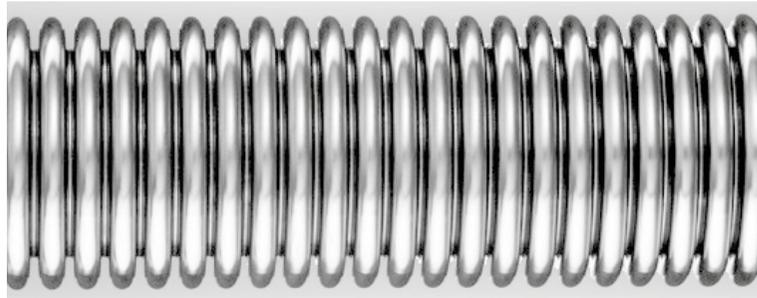


Bild 4.1.1.: Prinzipielle Vorgehensweise beim rechnerischen Festigkeitsnachweis für Metallbälge

Spannungsberechnung und Festigkeitsnachweis sind im Folgenden für HYDRA-Wellbälge explizit dargestellt. Nach dem gleichen Prinzip können aber auch HYDRA-Membranbälge, HYDRA-Membranscheiben oder HYDRA-Dehnzellen ausgelegt werden.

LASTSPANNUNGEN



Lastspannungen werden durch Druck sowie Verschiebungen oder Verdrehungen der Anschlussquerschnitte des Balges zueinander hervorgerufen. Im Folgenden wird auf die aus Druck und axialer Verformung resultierenden Spannungen eingegangen, da diese für Bälge die wichtigsten Belastungen sind. Laterale und angulare Verformungen lassen sich in äquivalente axiale Verformungen umrechnen (Kap. 4.5), Torsion wird in Kap. 4.6 separat behandelt. Für typische Balggeometrien sind die größten Spannungen stets die Meridionalspannungen. Sie sind in Längsrichtung des Balges, parallel zu dessen Oberfläche orientiert. Sowohl Druck als auch axiale Bewegung führen zu Biegespannungszuständen mit ausgeprägten Spannungsmaxima im Bereich der Krempe. Bild 4.2.1. zeigt dies beispielhaft für einen zweilagigen Metallbalg. Die Lage der Spannungsmaxima stimmt mit den typischen Risslagen von Ermüdungsbrüchen überein. Da stets ähnliche Spannungszustände vorliegen, können die Spannungen aus Druck und Bewegung für eine Bewertung kombinierter Lasten additiv überlagert werden.



Bild 4.2.1.: Meridionalspannungen an einem zweilagigen Metallbalg bei axialer Zug- (links) und bei Außendruckbelastung (rechts)

Vernachlässigt man die gegenüber den Biegespannungen kleinen Membranspannungsanteile, gilt für die Meridionalspannungen aus axialer Bewegung (δ):

$$\sigma_{B,meridional}(\delta) \approx \frac{5 E \cdot s}{3 n_w \cdot h^2} \cdot \frac{\delta}{C_d}$$

(4.2.1.)

E ist der Elastizitätsmodul des Balgwerkstoffes, s die Wanddicke der Einzellage, n_w die Wellenzahl und h die Wellenhöhe. C_d ist ein dimensionsloser, von der Geometrie der Balgwelle abhängiger Korrekturfaktor (Anderson-Faktor). Gleichung 4.2.1. zeigt, dass die zulässige Bewegung einer Balgwelle (Beweglichkeit) mit abnehmender Wanddicke (s) und steigender Wellenhöhe (h) zunimmt. Eine Vergrößerung der Wellenzahl (n_w) erhöht die Beweglichkeit des Balges, da die Belastung der Einzelwelle vermindert wird. Daher werden für hochflexible Bälge oft Schmalwellenprofile verwendet. Sie erlauben es, die Wellenzahl in einem gegebenen Bauraum zu maximieren. Für die Meridionalspannungen aus Druck (p) gilt ebenfalls unter Vernachlässigung der Membranspannungsanteile:

$$\sigma_{B,meridional}(p) \approx \frac{h^2}{2 n_L \cdot s^2} \cdot C_p \cdot p$$

(4.2.2.)

n_L ist dabei die Zahl Balglagen, C_p wiederum ein dimensionsloser, geometrieabhängiger Korrekturfaktor (Anderson-Faktor). Gemäß Gleichung 4.2.2. haben druckfeste Profile eine große Wanddicke (s) und/oder Lagenzahl (n_L) sowie eine geringe Wellenhöhe (h).

DRUCKFESTIGKEIT UND KNICKSTABILITÄT



Unter Außenüberdruck versagen Metallbälge in der Regel durch Wellenknicken nach vorangegangener plastischer Verformung der Innenkrempe (Bild 4.3.1.). Für Bälge mit im Vergleich zum Durchmesser sehr geringer Wellenhöhe ist auch ein Ovalisieren unter Außendruck möglich. Bei den in den technischen Tabellen aufgeführten Balgprofilen ist die Wellenhöhe jedoch stets so groß, dass diese Versagensart nicht auftritt.

Die typische Versagensart bei Innendruckbelastung ist das Säulenknicken (Bild 4.3.3.). Bei sehr kurzen Bälgen kann unter Innendruck auch Wellenknicken auftreten, bei flachen und dickwandigen Balgprofilen ist ein Bersten mit Rissen parallel zur Balgachse möglich.

Die Druckfestigkeit von Metallbälgen hängt von der Fließgrenze des Balgwerkstoffes ab, so dass durch Verwendung eines höherfesten Werkstoffes bei gleichem Profil eine Steigerung der Druckfestigkeit erreicht werden kann. Mit zunehmender Temperatur nimmt die Druckfestigkeit entsprechend der Verminderung der Fließgrenze ab.

Plastisches Fließen und Wellenknicken

Bild 4.3.1. zeigt das Schadensbild für Wellenknicken. Der Schaden beginnt mit einer plastischen Verformung der Innenkrempe durch globales Überschreiten der Fließgrenze; anschließend kollabiert das Profil. Zur Vermeidung des Wellenknickens muss daher eine ausreichende Sicherheit gegen einsetzende globale plastische Verformung an der Innenkrempe gewährleistet werden.

Dieser Nachweis kann rechnerisch oder experimentell erfolgen. Zur experimentellen Aufnahme einer Druck-Volumen-Kennlinie wird der Balg axial festgehalten und mit steigendem Druck beaufschlagt. Das durch die Verformung der Balgwellen verdrängte Volumen wird in der in Bild 4.3.2. gezeigten Form als Funktion des Druckes aufgetragen. Die so erhaltene Druck-Volumen-Kurve entspricht einem Spannungs-Dehnungs-Diagramm im Zugversuch und wird analog ausgewertet.

Der Nenndruck (P_N) des Balges ist jener Druck, der bei erstmaliger Belastung zu einer bleibenden Änderung des in den Balgwellen eingeschlossenen Volumens (Profilvolumens) um 1 % führt.

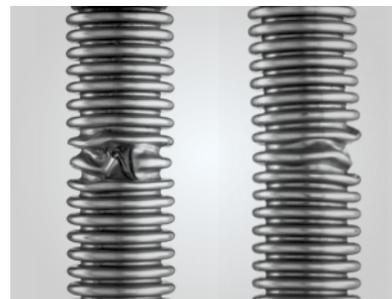


Bild 4.3.1.: Wellenknicken eines Metallbalges unter Außendruck

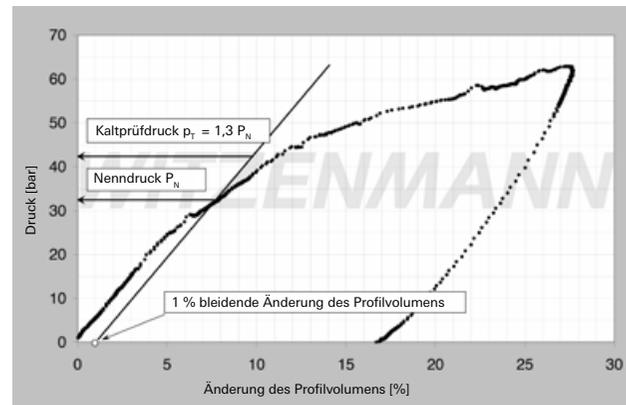


Bild 4.3.2.: Druck-Volumen-Kennlinie eines Metallbalges und Nenndruckbestimmung nach der Witzemann-Methode

Der Nenndruck muss größer oder gleich dem maximalen Betriebsdruck bei Raumtemperatur (Kaltdruck (p_{RT})) sein. Bei erhöhten Betriebstemperaturen TS verringert sich der maximal zulässige Betriebsdruck (PS) entsprechend der Verminderung der Festigkeit des Balgwerkstoffes:

$$PS = p_{RT} \cdot \frac{R_{P1,0}(TS)}{R_{P1,0}(20\text{ °C})}$$

(4.3.1.)

Als Druckauslastung

$$\eta_P = \frac{p_{RT}}{p_N} = \frac{PS}{p_N} \cdot \frac{R_{P1,0}(20\text{ °C})}{R_{P1,0}(TS)} \leq 1$$

(4.3.2.)

wird das Verhältnis von Kaltdruck zu Nenndruck bezeichnet.

Kurzzeitig kann ein Kaltprüfdruck (p_T) von 130 % des Nenndrucks aufgebracht werden. Höhere Kaltprüfdrücke können das Balgprofil beschädigen und sind daher nicht zulässig.

Für Anlagen, bei denen der Kaltprüfdruck 130 % des Betriebsdrucks bei Raumtemperatur überschreitet, wird der Nenndruck des Balges gemäß Gleichung 4.3.3. durch Kaltprüfdruck bestimmt. Er ist in diesem Fall größer als der zulässige Betriebsdruck bei Raumtemperatur.

$$p_N \leq \frac{p_T}{1,3}$$

(4.3.3.)

Bei Ventilen kann in diesem Fall auch ein Balg verwendet werden, dessen Nenndruck dem maximalen Betriebsdruck bei Raumtemperatur entspricht. Dann muss die Druckprüfung des Ventils bei ausgebautem Balg erfolgen.

Die rechnerischen Auslegungskriterien zur Bestimmung des Nenndrucks von Metallbälgen sind die maximale Meridionalspannung in den Balgkrepfen sowie eine über das Balgprofil gemittelte Umfangsspannung, wobei die Bedingungen 4.3.4. und 4.3.5. erfüllt werden müssen. C_m beschreibt dabei die Steigerung der Werkstofffestigkeit gegenüber dem am Bandmaterial ermittelten Wert durch Verfestigung, Stützwirkung und Spannungsumlagerungen.

$$\sigma_{\text{max meridional}} \leq C_m \cdot \min \left\{ \begin{array}{l} R_{P1,0}(T) / 1,5 \\ R_m(T) / 3 \end{array} \right.$$

(4.3.4.)

$$\sigma_{\text{um}} \leq \min \left\{ \begin{array}{l} R_{P1,0}(T) / 1,5 \\ R_m(T) / 3 \end{array} \right.$$

(4.3.5.)

Bei einer Balgauslegung nach Norm, z.B. EJMA, AD2000, EN13445 oder EN14917, werden jeweils die in der Norm angegebenen Werte für C_m verwendet. Diese weichen voneinander ab und sind in der Regel kleiner als der aus der experimentellen Druckfestigkeitsbestimmung resultierende Wert. Eine Ausnahme stellt der ASME-Standard dar, der explizit eine experimentelle Druckfestigkeitsbestimmung erlaubt (ASME BPVC, Section III, NB 3228.2) Das dabei vorgeschlagene Verfahren (ASME BPVC, Section III, II-1430) führt zu geringfügig höheren Nenndrücken als die Witzenmann-Methode.

Säulenknicken

Mit Ausnahme sehr kurzer Bälge wird der zulässige Innendruck von Metallbälgen durch beginnendes Säulenknicken (Bild 4.3.3.) limitiert. Da der Knickdruck meist deutlich geringer ist als die Druckfestigkeit des Balgprofils, sollten Metallbälge mit einer Außendruckbelastung ausgelegt werden. Ist das nicht möglich, kann das Ausknicken auch durch eine innere oder äußere Führung der Balgwellen verhindert werden.

Das Säulenknicken von Bälgen kann als Euler-Knicken berechnet werden, wobei als Knickkraft die Summe aus der Reaktionskraft des Balginnen-druckes und Federkraft des Balges wirksam wird. Für den Knickdruck gilt unter diesen Voraussetzungen:

04

$$K_k = \pi \frac{C_{ax}}{2\lambda_E^2 (l_f + \delta)} + \frac{4 \cdot C_{ax} \cdot \delta}{\pi \cdot d_{hyd}^2}$$

(4.3.6.)

wobei d_{hyd} der hydraulisch wirksame Durchmesser des Balges (vgl. Kap.4.7) und

$$l_f = n_w \cdot l_w$$

(4.3.7.)

die flexible Balglänge sind. Für den beidseitig fest eingespannten Balg gilt $\lambda_E = 0,5$.

Die Absicherung gegen Knicken sollte mit einem Sicherheitsfaktor $S > 2,5$ erfolgen. Analog zur Federrate verringert sich der Knickdruck mit zunehmender Temperatur. Die Abnahme ist proportional zur Verringerung des E-Moduls des Balgwerkstoffes.

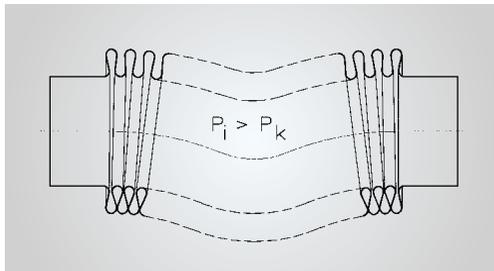


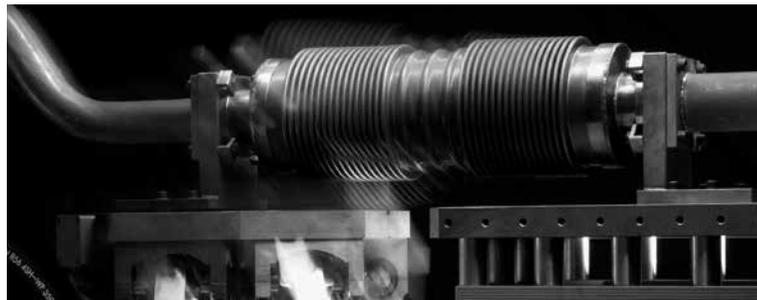
Bild 4.3.3.: Säulenknicken eines Metallbalges unter Innendruck (schematisch)

Bersten

Dem Bersten von Bälgen geht in der Regel eine große plastische Verformung voraus, so dass die Berstsicherheit bereits durch die Absicherung gegen plastisches Fließen Formel 4.3.2. gegeben ist. Für Anwendungen, bei denen ein Mindestberstdruck des Balges explizit gefordert wird, empfiehlt sich der Nachweis über einen Berstversuch unter betriebsnahen Einbaubedingungen. Zweckmäßig ist die experimentelle Absicherung des Berstdruckes auch bei der Verwendung hochfester Werkstoffe mit einem Streckgrenzenverhältnis $R_{p1,0}/R_m$ nahe 1.

04

ERMÜDUNGSLEBENSDAUER



Der wesentliche, die Lebensdauer von Bälgen begrenzende Schädigungsmechanismus ist die Ermüdung unter zyklischer Belastung. Für Bälge kann eine zyklische Belastung eine wiederkehrende Verformung, ein pulsierender Druck oder eine Kombination aus beidem sein. Die durch solche Belastungen hervorgerufenen zeitlich wechselnden Spannungen führen zur Bildung und zum Wachstum von Ermüdungsrissen im Werkstoff und schließlich zum Versagen durch Ermüdungsbrüche. Lediglich sehr hohe pulsierende Drücke rufen ein anderes Schadensbild hervor – Versagen durch zyklisches Kriechen und anschließendes Wellenknicken.

Für Metallbälge typisch sind in Umfangsrichtung verlaufende Ermüdungsbrüche an der Innenkrempe oder am Übergang von der Innenkrempe zur Flanke der Balgwelle. Der Anriss befindet sich dabei stets auf der stärker gekrümmten Balgseite. Brüche an der Außenkrempe treten nur bei stark unsymmetrischen Balgprofilen oder bei einer charakteristischen Lastkombination aus pulsierendem Druck und Bewegung auf. Bild 4.4.1. zeigt auf der linken Seite Ermüdungsbrüche in den Innenkrempen eines Balges.

Im metallographischen Schliff (rechts) ist der von der stärker gekrümmten Balgoberfläche ausgehende Rissfortschritt gut zu erkennen. Rissentstehung und -ausbreitung sind statistischen Einflussfaktoren unterworfen.

Die Abhängigkeit der Ermüdungslebensdauer von der Last wird mit Hilfe von Wöhlerlinien beschrieben. Bild 4.4.2. zeigt die Witzenmann-Wöhlerlinie für Metallbälge aus austenitischem Stahl. Im Wöhlerdiagramm sind auch Prüfergebnisse von Metallbälgen eingetragen. Diese ordnen sich in einem statistischen Streuband um die 50 %-Wöhlerlinie an.

Neben der eigentlichen zyklischen Belastung (wiederkehrende Verformung und/oder pulsierender Druck) wird die Ermüdungslebensdauer auch durch primäre und sekundäre Mittelspannungen, durch Eigenspannungen, die aus der Balgherstellung resultieren, durch Mikrostützwirkung aufgrund von Spannungsgradienten, durch die Druckauslastung oder durch den Versagensmodus (Ermüdungsbruch aller Lagen oder Ermüdungsbruch der druckzugewandten Lagen und anschließendes Wellenknicken unter Überdruck) beeinflusst. Die Lebensdauerberechnung für einen allgemeinen Lastfall kann auf Anfrage bei Witzenmann erfolgen.

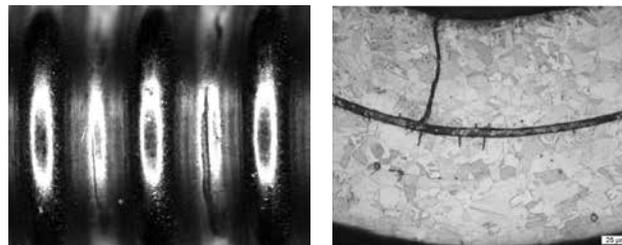


Bild 4.4.1: Ermüdungsbruch an der Innenkrempe eines Metallbalges in der Draufsicht (links) und im metallographischen Schliff (rechts)

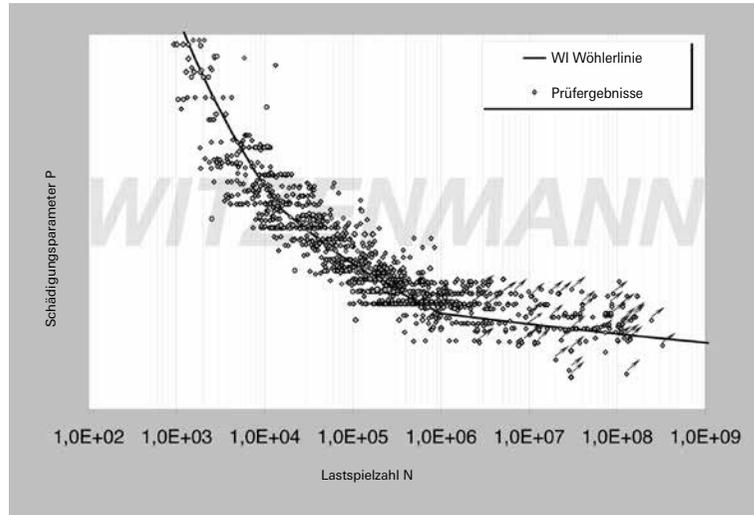


Bild 4.3.2.: Witzenmann-Wöhlerlinie für Metallbälge aus austenitischem Edelstahl. Prüfungen, die mit einem Pfeil gekennzeichnet sind, wurden ohne Balgversagen abgebrochen.

Für den Sonderfall des mit statischem Druck belasteten Balges können die Lastspielzahlen (N) als Funktion des Hubes (δ) und der Druckauslastung (η_p) anhand der im Kapitel 6.1. angegebenen Tabellen abgeschätzt werden.

Werden Bälge auf mehreren Lastniveaus beansprucht, kann eine Gesamtschädigung oder eine schädigungsäquivalente Lastspielzahl für den Einstufenversuch über eine Schadensakkumulationsrechnung ermittelt werden. Dabei geht man davon aus, dass sich die Schädigungen für jedes Lastniveau summieren. Eine Gesamtschädigung von 100 % korreliert mit einer Ausfallwahrscheinlichkeit von 50 %:

$$D = \sum_{\text{Lastniveau}} \frac{N_{\text{gefodert}}}{N_{50\%}}$$

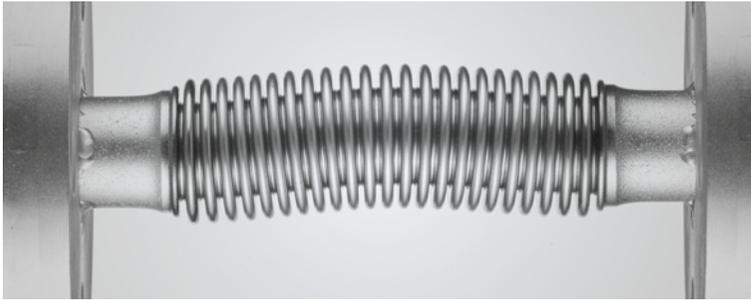
(4.4.3.)

Die Schadensakkumulation mit Lastspielzahlen im Dauerfestigkeitsbereich ($N_{50\%} > 1 \text{ Mio.}$), die von der Wöhlerlinie für den Einstufenversuch abgeleitet werden, ist nicht konservativ, da z.B. Vorschädigungen durch große Lasten nicht berücksichtigt werden.

Eine konservative Abschätzung liefert die elementare Miner-Regel. Dabei werden die Lastspielzahlen $N_{50\%}$ auch für den Dauerfestigkeitsbereich mit Hilfe der verlängerten Wöhlerlinie aus dem Zeitfestigkeitsbereich bestimmt.

ANGULARE UND LATERALE VERFORMUNG

04



Metallbälge können auch senkrecht zur Balgachse verformt werden. Die grundlegenden Bewegungsformen – eine neigungsfreie Verschiebung der Balgenden senkrecht zur Balgachse (laterale Verformung) bzw. eine Neigung und Verschiebung der Balgenden bei konstanter Krümmung des Balges (angulare Verformung) – zeigt Bild 4.5.1. Solche angularen oder lateralen Verformungen treten z.B. bei Kompensatoren häufig auf. Generell kann eine beliebige, torsionsfreie Balgverformung als Kombination aus axialer (δ), lateraler (λ) und angularer (α) Verformung dargestellt werden. Unter Voraussetzung der elementaren Biegetheorie können für laterale (λ) und angular Verformungen (α) äquivalente Axialauslenkungen ($\delta_{\text{äq}}$) abgeleitet werden. Das sind gedachte axiale Auslenkungen, die zu gleichen Spannungen bzw. Lastspielzahlen führen wie die ursprüngliche laterale oder angular Auslenkung. Bei Angularbelastung gilt:

$$\delta_{\text{äq}} = \frac{D_m}{2} \cdot \alpha$$

(4.5.1.)

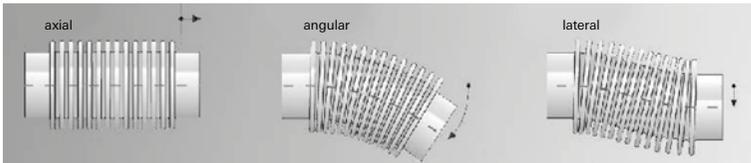


Bild 4.5.1.: Axiale, angulare und laterale Balgverformung

Und bei Lateralauslenkung gilt:

$$\delta_{\text{äq}} = \frac{3D_m}{l_f} \cdot \lambda = \frac{3D_m}{n_w \cdot l_w} \cdot \lambda$$

(4.5.2.)

Im Nenner von Gl. 4.5.2. ist die Wellenzahl enthalten, d.h. beim lateral belasteten Balg verringert sich die äquivalente Axialauslenkung mit zunehmender Wellenzahl. Da die ertragbare axiale Verformung des Balges ebenfalls proportional mit der Wellenzahl zunimmt (Gl. 4.2.1.), ist die zulässige Lateralverformung nicht linear sondern vom Quadrat der Wellenzahl abhängig. Auch die Berechnung von zusammengesetzten Verformungen ist möglich. Dabei sind die Vorzeichen der lateralen und angularen Auslenkung zu beachten. Zudem ist zu berücksichtigen, dass in der in Bild 4.5.1. definierten Angularauslenkung stets eine Verschiebung der Balgenden mit dem Betrag

$$\lambda^* = \frac{l_f}{2} \cdot \alpha$$

(4.5.3.)

enthalten ist. Für eine kombinierte Verformung, die durch eine Verschiebung (λ) und Neigung (α) der Balgenden zueinander beschrieben wird, gilt daher:

$$\delta_{\text{äq}} = \frac{3D_m}{l_f} \cdot (\lambda \pm \lambda^*) \quad D_m \cdot 2\alpha = \frac{3D_m}{l_f} \cdot \lambda \pm 2D_m \cdot \alpha$$

(4.5.4.)

Diese Berechnungen gelten exakt für lange, nicht druckbelastete Bälge. Bei lateral belasteten kurzen Bälge ($l_f \leq D_m$) wirkt der Querschub entlastend. Die äquivalente Axialauslenkung gemäß Gl. 4.5.4. stellt dann eine konservative Abschätzung dar. Hohe Außen- oder Innendruckbelastungen ($PS > 0,25 p_k$) verändern besonders bei angular ausgelenkten Bälgen die Biegelinie so, dass lokale Krümmungsmaxima auftreten. Diese können sich lebensdauer-vermindernd auswirken. Eine exakte Berechnung der Belastung für solche Lastfälle geht über den Umfang dieses Handbuches hinaus, kann aber auf Anfrage bei Witzenmann erfolgen.

04

TORSION UND TORSIONSKNICKEN



Metallbälge sind biegeweich und torsionssteif. Daher sind sie als Kupplungsbälge gut zum Übertragen von Drehmomenten (M_T) und zum Ausgleich von Lagetoleranzen geeignet. Für diesen Anwendungsfall müssen neben der Lebensdauer unter lateraler und/oder angularer Belastung auch die statische Torsionsfestigkeit und die Sicherheit gegen Torsionsknicken nachgewiesen werden. Der statische Nachweis der Torsionsfestigkeit von Metallbälgen erfolgt mit Hilfe der kritischen Schubspannungen. Diese treten an der Innenkrempe auf und können gemäß

$$\tau = \frac{2M_T}{\pi (d_i + n_L \cdot s)^2 \cdot n_L \cdot s}$$

(4.6.1.)

bestimmt werden. Dabei ist d_i der Innendurchmesser des Balges. Mit Hilfe der Schubspannungshypothese erhält man daraus den Sicherheitsfaktor S_F gegen plastische Verformung:

$$S_F = \frac{R_{P1,0}}{2\tau} = \frac{\pi \cdot (d_i + n_L \cdot s)^2 \cdot n_L \cdot s}{4M_T} \cdot R_{P1,0}$$

(4.6.2.)

Neben der Sicherheit gegen plastisches Fließen muss auch die Sicherheit gegen Torsionsknicken nachgewiesen werden. Wird das kritische Torsionsmoment ($M_{T,c}$) überschritten, geht der Balg aus seiner geraden in eine schraubenlinienförmig gekrümmte Konfiguration über. Für das kritische Torsionsknickmoment eines beidseitig fest eingespannten Balges gilt

$$M_{T,c} = 1,12 \cdot c_{ax} \cdot D_m^2$$

(4.6.3.)

D_m ist der mittlere Balgdurchmesser, d.h. der arithmetische Mittelwert aus Balginnen- und -außendurchmesser. Aus Gleichung 4.6.3. erhält man eine Sicherheit gegen Torsionsknicken von

$$S_K = \frac{M_{T,c}}{M_T} = \frac{1,12 \cdot c_{ax} \cdot D_m^2}{M_T}$$

(4.6.4.)

wobei gegen Knicken eine deutlich größere Sicherheit ($S_K \geq 3$) notwendig ist als gegen plastisches Fließen ($S_F \geq 1,3$).

Da sich die axiale Federrate eines Balges mit zunehmender Wellenzahl verringert, nimmt auch das Torsionsknickmoment mit zunehmender Wellenzahl bzw. Balglänge ab. Daher sind Kupplungsbälge in der Regel sehr kurz und haben nur wenige Wellen.

BALGFEDERRATEN



Eine wichtige Balgeigenschaft ist seine Federrate unter axialer, angularer oder lateraler Verformung.

Die axiale Federrate eines Metallbalges kann gemäß:

$$c_{ax} \approx \frac{E}{2 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{\pi \cdot D_m \cdot s^3}{h^3} \cdot \frac{n_L}{n_w} \cdot \frac{1}{C_f}$$

(4.7.1.)

berechnet werden. C_f ist wiederum ein dimensionsloser, von der Geometrie der Balgwelle abhängiger, Korrekturfaktor (Anderson-Faktor).

Die Federrate ist in höherer Potenz von Wanddicke (s) und Wellenhöhe (h) abhängig als die Spannungen (vgl. Gl. 4.2.1. und 4.2.2.) und reagiert auch sensibler auf kleine Veränderungen der Balgeometrie. Aus diesem Grunde ist die Federrate für Standardbälge auch mit einer Toleranz von ± 30 % spezifiziert.

Aus der axialen Federrate lassen sich die laterale und die angular Balgfederrate ableiten:

$$c_{lat} = \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{D_m}{l_f} \right) \cdot c_{ax}$$

(4.7.2.)

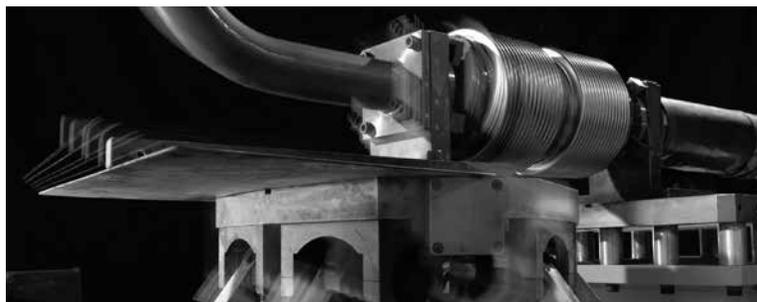
und

$$c_{ang} = \frac{D_m^2}{8} \cdot c_{ax}$$

(4.7.3.)

Bei erhöhten Temperaturen vermindert sich die Balgfederrate proportional zum Elastizitätsmodul des Balgwerkstoffes.

SCHWINGUNGEN



Wenn Auslenkungen nicht mehr sehr langsam, sondern mit höherer Lastwechselfrequenz auftreten, können dynamische Effekte zu einer höheren Belastung des Balgs führen. Bei der LebensdauerAuslegung brauchen dynamische Effekte nicht berücksichtigt werden, wenn die Lastwechselfrequenz 20 % der niedrigsten Balgeigenfrequenz in der Anregungsrichtung nicht übersteigt.

Die niedrigste axiale Eigenfrequenz des Metallbalgs kann gemäß:

$$f_{ax,1} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{c_{ax}}{m_B}}$$

berechnet werden.

Für Auslenkungen in lateraler und angularer Richtung ist die niedrigste laterale Eigenfrequenz maßgeblich:

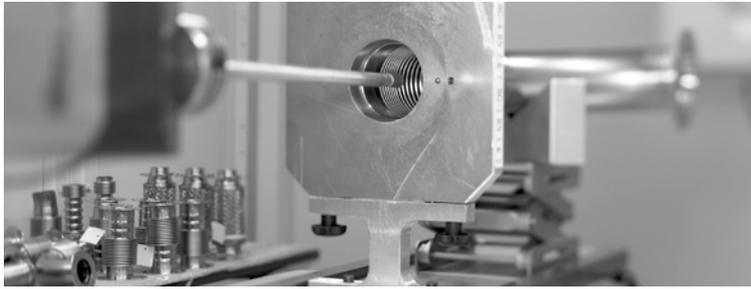
$$f_{lat,1} = 1,03 \cdot \sqrt{\frac{c_{lat} \cdot \left(1 - \frac{PS}{p_K}\right)}{m_B \cdot \left(1 + 1,54 \frac{D_m^2}{l^2}\right)}}$$

wobei p_K der Knickdruck für Säulenknicken gem. Abschnitt 3 ist. Die Gleichungen geben die niedrigste Eigenfrequenz für gasförmige Medien auf der Innen- und Außenseite des Balgs an. Wenn der Balg mit Flüssigkeit gefüllt oder von Flüssigkeit umgeben ist, werden die Eigenfrequenzen durch die Trägheitswirkung der mitzubewegenden Flüssigkeit vermindert.

Bei Berücksichtigung der dynamischen Effekte sind Metallbälge auch für höhere Frequenzen geeignet, wie z.B. bei der Schwingungsentkopplung an rotierenden Maschinen wie Pumpen, Verdichtern und Kolbenmaschinen. Die Auslegung dynamisch beanspruchter Bälge erfordert eine gute Kenntnis der dynamischen Betriebslasten und kann auf Anfrage von WITZENMANN durchgeführt werden.

DRUCKREAKTIONSKRAFT UND HYDRAULISCHER DURCHMESSER

04



Anders als beim starren Rohr ergeben sich beim Balg aufgrund seiner Flexibilität Druckreaktionskräfte, die auf die anschließenden Rohrleitungen bzw. Bauteile wirken. Eine genaue Bestimmung des hydraulischen Durchmessers (d_{hyd}) des Balges ist numerisch oder experimentell möglich. In sehr guter Näherung kann jedoch der mittlere Durchmesser (D_m) verwendet werden. Für den geschlossene Balg beträgt die Druckreaktionskraft

$$F = \frac{\pi \cdot d_{hyd}^2}{4} \cdot p \approx \frac{\pi \cdot D_m^2}{4} \cdot p$$

(4.8.1.)

Für den Balg mit Anschlussstück hängen Betrag und Richtung der Reaktionskraft vom Verhältnis des druckbeaufschlagten Durchmessers am Anschlussstück (DAT) zum hydraulischen Durchmesser ab:

$$F = \frac{\pi \cdot (d_{hyd}^2 - D_{AT}^2)}{4} \cdot p \approx \frac{\pi \cdot (D_m^2 - D_{AT}^2)}{4} \cdot p$$

(4.8.2.)

Bild 4.8.1. veranschaulicht diese Zusammenhänge. Entspricht der druckbeaufschlagte Durchmesser des Anschlussstücks dem hydraulischen Durchmesser des Balges, treten in der Anbindung keine Druckreaktionskräfte auf.

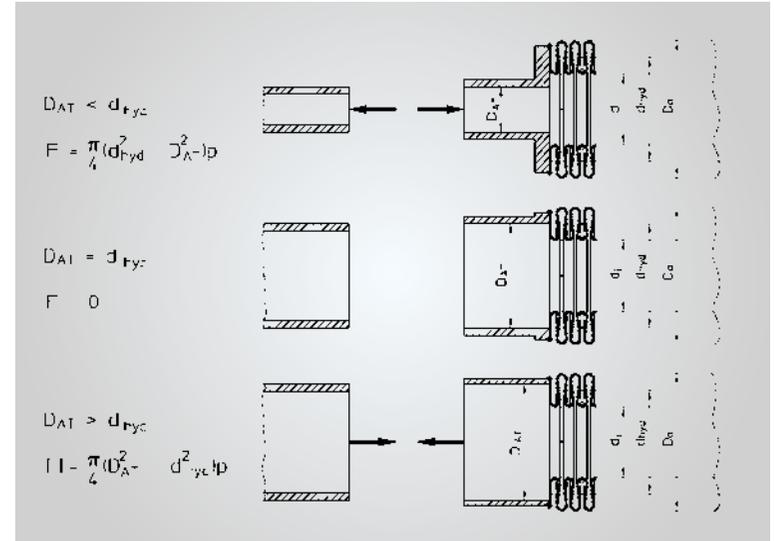


Bild 4.8.1.: Reaktionskräfte an einer Balganbindung unter Innendruck.

04

PRODUKTPRÜFUNGEN BEI WITZENMANN

05



05

Erfolgreiche, betriebsnahe Produktprüfung und Produktanalyse liefern den Nachweis, dass ein Bauteil auch unter extremen Betriebsbedingungen die geforderte Lebensdauer und Festigkeit sicher erreichen wird. Zudem erbringen Erprobungen, Tests und Analysen bereits in der frühen Entwicklungsphase Produkt-Erkenntnisse mit hoher Aussagekraft.

Eigenschaften wie Dichtheit, statische und dynamische Steifigkeiten, Beweglichkeitsgrenzen und strömungstechnische Merkmale sind maßgeblich verantwortlich, dass ein Bauteil seine Funktion als Bestandteil eines größeren Systems anforderungsgerecht erfüllt. Für die experimentelle Bestimmung dieser funktionalen Eigenschaften werden Messeinrichtungen eingesetzt, die speziell an die spezifischen Aufgaben bei der Charakterisierung flexibler metallischer Leitungselemente angepasst sind.

PRÜF- UND ANALYSEMÖGLICHKEITEN



Zur experimentellen Bestimmung und Überprüfung von Produkteigenschaften verfügt Witzemann über umfassende Prüf- und Analysemöglichkeiten. Im Prüffeld stehen u.a.

- Bewegungsprüfstände für axiale Lastspielprüfungen, auch unter Druck und/oder bei erhöhter Temperatur
- Mehrachsprüfstände zum Abbilden komplexer Bewegungen
- elektrodynamische Schwinger
- ein Druckimpulsprüfstand
- Prüfstände zur statischen Druckprüfung
- Dichtheitsprüfstände zur Verfügung.

Außerdem verfügt Witzemann über ein Werkstofflabor für mechanische, technologische und metallographische Prüfungen sowie für schweißtechnische Verfahrens- und Abnahmeprüfungen. Die Ausrüstung des Labors umfasst:

- Zug- und Kerbschlag-Biege-Prüfmaschinen
- eine umfangreiche Präparationstechnik für metallographische Schlitze
- ein Rasterelektronenmikroskop mit integrierter Röntgen-Spektralanalyse
- ein Sauberheitskabinett
- Korrosionsprüfstände
- eine Röntgen-Durchstrahlungseinrichtung

Damit können

- Prüfungen der mechanischen Kennwerte sowie der Korrosionsbeständigkeit für Balg- und Ansteilwerkstoffe bei Raumtemperatur oder bei erhöhten Temperaturen
- Makroschliffe zur Bewertung der Balg- und Schweißnahtgeometrie
- Mikroschliffe zur Gefügeanalyse, zur Korngrößen- und δ -Ferritbestimmung
- Kleinlast- und Mikrohärtemessungen
- Analysen der Werkstoffzusammensetzung und der lokalen Elementverteilung
- Bruchflächen- und Einschlussanalysen
- Restschmutzanalysen durchgeführt bzw. angefertigt werden.

Zu den Aufgaben des metallographischen Labors zählt außerdem die Beurteilung von beim Kunden oder im Prüffeld ausgefallenen Bälgen und die Analyse der Schadensursache.

Unser Werkstofflabor ist von den maßgeblichen Abnahme- und Klassifikationsgesellschaften als fertigungsunabhängige Prüfaufsicht für zerstörende und zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen anerkannt und besitzt die Genehmigung zum Ausstellen von Abnahmezeugnissen.

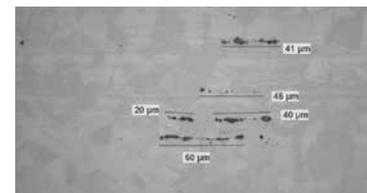
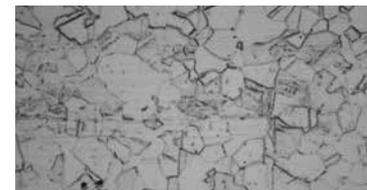
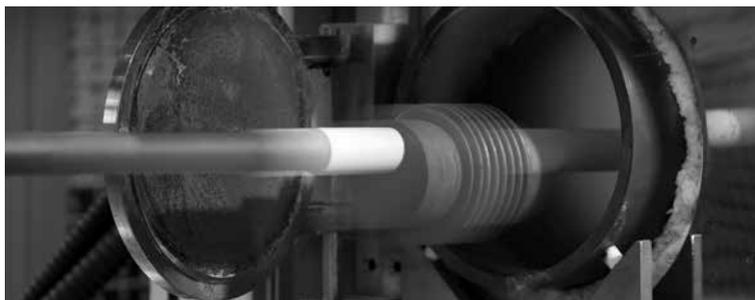


Bild 5.1.1.: Oberflächen- (oben), Gefüge- (Mitte) und Reinheitsanalyse (unten) an Präzisionsband aus dem Werkstoff 1.4571.

TYPISCHE PRÜFUNGEN VON METALLBÄLGEN



Dichtheitsprüfung

An Bälgen, die mit zur Abdichtung geeigneten Anschlussteilen ausgestattet sind, wird eine Dichtheitsprüfung mit Stickstoff oder Luft unter Wasser bei Raumtemperatur durchgeführt. Der Innenüberdruck beträgt 0,5 - 2 bar, die Haltezeit 20 - 60 Sekunden. Dabei darf keine sichtbare Blasenbildung auftreten. Mit dieser Prüfung sind Leckraten größer als etwa 10^{-4} mbar l/sec erkennbar.

Bei höheren Dichtheitsanforderungen sowie für die Überprüfung von Membranbälgen wird als Standard der Helium-Leck-Test verwendet. Bei der Vakuum-Methode des Helium-Leck-Tests handelt es sich um eine hochauflösende Dichtheitsprüfung. Dabei wird das zu prüfende Bauteil evakuiert und die dem Vakuum abgewandte Oberfläche einer Helium-Atmosphäre ausgesetzt. Mit Hilfe eines Massenspektrometers können in das Vakuum eintretende He-Atome nachgewiesen werden. Die Empfindlichkeit der Messung nimmt mit steigender Prüfzeit zu. Die Nachweisgrenze liegt bei ca. 10^{-10} mbar l/sec. In der Praxis gut nachweisbar sind Leckraten von 10^{-6} mbar l/sec, das entspricht einem Volumenstrom von ca. 0,03 l/Jahr unter Normbedingungen.

Für andere Leckraten gibt Tabelle 5.2.1. einen Überblick über Leckgrößen und die zugehörigen Volumenströme unter Normbedingungen.

Prüfung der Schweißnähte

Zur Kontrolle der Längsstumpfnähte der Balgzylinder vor dem Verformen wird die Röntgen-Durchstrahlungsprüfung verwendet. Anschlussnähte werden einer Oberflächenrissprüfung mit dem Farbeindringverfahren unterzogen. Die Kontrolle erfolgt dabei visuell; beim Rot-Weiß-Verfahren bei Tageslicht, beim fluoreszierenden Verfahren unter UV-Licht.

Leckraten und zugehörige Volumenströme für den He-Leck-Test

Leckrate [mbar l/sec]	Leckdurchmesser [µm]	Volumenstrom [l/sec]	Volumenstrom [l/Jahr]	Bemerkung
		(unter Normbedingungen)		
10^{-10}	0,001	10^{-13}	$3,15 \times 10^{-6}$	Nachweisgrenze
10^{-8}	0,01	10^{-11}	$3,15 \times 10^{-4}$	hochvakuumdicht*
10^{-7}	0,03	10^{-10}	$3,15 \times 10^{-3}$	gasdicht*
10^{-6}	0,1	10^{-9}	0,032	
10^{-5}	0,33	10^{-8}	0,315	
10^{-4}	1	10^{-7}	3,15	dampfdicht*
10^{-3}	3,3	10^{-6}	31,5	wasserdicht* ein Luftbläschen (Ø 1 mm) pro sec
10^0	100	10^{-3}	31500	Wasserhahn tropft

*umgangssprachliche Veranschaulichung, keine exakte Definition einer Leckrate

Tabelle 5.2.1

Ist eine Röntgen-Prüfung der Balganschlussnähte erforderlich, müssen Balg und Anschlussstück speziell ausgeführt sein. Die üblichen Nahtgeometrien sind für eine Durchstrahlungsprüfung ungeeignet.

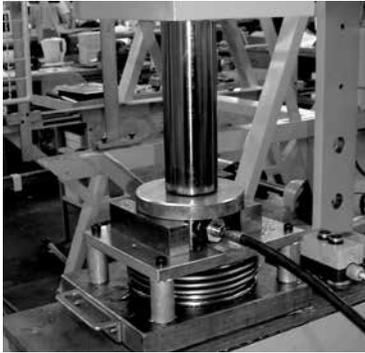


Bild 5.2.1.: Druckfestigkeitsprüfung an einem Metallbalg



Bild 5.2.2.: Axiale Lastspielprüfung

Druckfestigkeitsprüfungen

Bild 5.2.1. zeigt eine Druckfestigkeitsprüfung unter Innendruck. Bei der Prüfung wird der Metallbalg axial fixiert und entsprechend den Betriebsbedingungen mit Innen- oder Außendruck beaufschlagt. Die Druckreaktionskräfte müssen durch die axiale Fixierung aufgenommen werden. Standardprüfdruck ist der 1,3-fache Betriebsdruck. Dabei dürfen keine messbaren plastischen Verformungen auftreten und die Funktionalität des Balges muss erhalten bleiben. Die Prüfung findet in der Regel bei Raumtemperatur statt, kann aber auch bei erhöhten Temperaturen durchgeführt werden. Bei Bedarf können Druckfestigkeitsprüfungen auch bis zum Bersten des Balges fortgesetzt werden.

Lastspielprüfung

Der Lebensdauernachweis für Metallbälge kann rechnerisch oder im Versuch erbracht werden. Mit geringem Aufwand lässt sich die Lebensdauer im Bereich der Zeitfestigkeit experimentell bestätigen.

Für große Lastspielzahlen und/oder kleine zulässige Ausfallwahrscheinlichkeiten steigen dagegen der experimentelle Aufwand und die Zeitdauer der Versuche stark an. Oft ist es in solchen Fällen einfacher, den Lebensdauernachweis rechnerisch zu erbringen und experimentell nur nachzuweisen, dass die untersuchten Bälge nicht signifikant von der Grundgesamtheit aller Bälge abweichen. Lastspielprüfungen sollten aus statistischen Gründen stets an mehreren Prüflingen durchgeführt werden. Die Standardprüflingszahl bei Witzemann beträgt 6 Prüflinge je Lastniveau.

Lastspielprüfungen können zur Designfreigabe, als Abnahmeprüfungen z.B. für Metallbälge für kerntechnische Anwendungen, zur Freigabe von Werkstoffchargen oder auch als regelmäßige Requalifizierungsprüfungen für Bauteile, die der VDA 6.1 unterliegen, durchgeführt werden.

Der grundlegende Ermüdungsversuch für Metallbälge ist die in Bild 5.2.2. gezeigte axiale Bewegungsprüfung im drucklosen Zustand bei Raumtemperatur. Möglich sind aber auch die Abbildung von komplexen Verformungszuständen im Lastspielversuch oder die Durchführung von Lastspielversuchen unter Betriebsdruck und Temperatur.

Bauteilcharakterisierung

Auch Bauteileigenschaften können experimentell ermittelt und mit einem Prüfzeugnis bestätigt werden. Möglich sind unter anderem:

- die optische Vermessung der Balggeometrie
- die Messung der Balgfederate
- die Messung der Druckreaktionskraft und die Bestimmung des hydraulischen Durchmessers
- die Aufnahme von Druck-Volumen-Kurven (vgl. Bild 2.4.2. und Bild 4.3.2.)
- die Bestimmung von Eigenfrequenzen sowie die Charakterisierung des dynamischen Übertragungsverhaltens von Bälgen.

TECHNISCHE TABELLEN



BALGAUSWAHL AUS DEM HANDBUCH

Bei der Auswahl eines Balges aus den technischen Tabellen wird zuerst das Balgprofil anhand des Durchmessers und der geforderten Druckfestigkeit festgelegt. Dazu sind die Bälge in den Balgtabellen nach steigendem Bezugsdurchmesser und steigendem Nenndruck sortiert. Die benötigte Wellenzahl und die Baulänge ergeben sich dann aus dem geforderten Hub und der zugehörigen Lastspielzahl.

Druckfestigkeit bei Außendruckbelastung

Ausschlaggebend für die Festlegung des Nenndrucks sind der Kaltdruck (p_{RT}) und der Prüfdruck (p_T):

$$(6.1.1.) \quad p_N \geq \max \begin{cases} p_{RT} = PS/K_{P\theta} \\ p_T / 1,3 \end{cases}$$

Für Betriebstemperaturen $TS > 20 \text{ °C}$ berücksichtigt der Druckabminderungsfaktor

$$(6.1.2.) \quad K_{P\theta} = \frac{PS}{p_{RT}} = \frac{R_{p1,0}(TS)}{R_{p1,0}(20 \text{ °C})}$$

die Verringerung der Druckfestigkeit des Balges. Zahlenwerte für $K_{P\theta}$ sind für die Balgwerkstoffe 1.4571 (austenitischer Edelstahl) und 2.1020 (Bronze) in Tabelle 6.1.1. angegeben.

Druckfestigkeit bei Innendruckbelastung

Der Knickdruck der in diesem Handbuch aufgeführten Metallbälge ist meist deutlich geringer als die Druckfestigkeit des Balgprofils. Daher sollten sie bevorzugt mit einer Außendruckbelastung ausgelegt werden.

Für die Auslegung von Kompensatoren verweisen wir auf das Handbuch der Kompensatoren.

Abminderungsfaktoren für den Druck $K_{P\theta}$

Temperatur [°C]	Abminderungsfaktor $K_{P\theta}$		Temperatur [°C]	Druckabminderungsfaktor $K_{P\theta}$	
	austenitischer Edelstahl 1.4571	Bronze 2.1020		austenitischer Edelstahl 1.4571	Bronze 2.1020
20	1,00	1,00	300	0,69	–
50	0,92	0,95	350	0,66	–
100	0,85	0,90	400	0,64	–
150	0,81	0,80	450	0,63	–
200	0,77	0,75	500	0,62	–
250	0,73	0,70	550	0,62	–

Tabelle 6.1.1

Bei Innendruckbelastung muss neben der Bedingung

$$(6.1.1.) \quad p_N \geq \max \begin{cases} p_{RT} = PS/K_{P\theta} \\ p_T / 1,3 \end{cases}$$

zusätzlich die **Knicksicherheit unter Innendruck** überprüft werden. Die Bedingung

$$(6.1.3.) \quad p_{RT} \leq 2 \frac{c_\delta}{n_w^2 \cdot l_w}$$

führt zu einem Sicherheitsfaktor $S \approx 3$ gegen Säulenknicken. Die Federrate je Welle (c_δ) und die Wellenlänge (l_w) sind in den Balgtabellen angegeben.

Ist keine ausreichende Knicksicherheit gegeben, muss das Ausknicken durch eine innere oder äußere Führung der Balgwellen verhindert werden.

Lastspiele und Hubaufteilung

Ein Lastspiel (2δ) ist die gesamte Bewegung des Balges aus irgendeiner Ausgangsstellung zum Extremwert auf einer Seite, zurück über den Ausgangspunkt hinaus zum Extremwert auf der anderen Seite und wieder in die Ausgangsstellung.

Für **Metallbälge** ist eine symmetrische Hubaufteilung (50 % Stauchen/50 % Strecken) vorteilhaft. Abweichende Hubaufteilungen haben nur einen geringen Einfluss auf die Lebensdauer, solange sich die Kremen beim Stauchen nicht berühren.

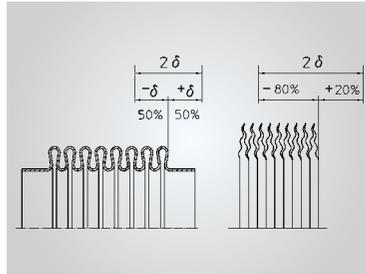


Bild 6.1.1

Für **Membranbälge** ist eine Hubaufteilung von 80 % Stauchen/20 % Strecken notwendig. Größere Zugauslenkungen können den Balg beschädigen. Bei von dieser Hubaufteilung abweichenden Bewegungen muss der Balg vorgespannt eingebaut werden.

Beweglichkeit je Welle

In den Balgtabellen sind die Nennauslenkung je Welle ($2\delta_{n,0}$, $2\lambda_{n,0}$, $2\alpha_{n,0}$) für axiale, laterale und angulare Verformung angegeben. Sie beziehen sich auf eine Lebensdauer von mindestens 10.000 Lastspielen bei Raumtemperatur und Nenndruck.

Abhängig von gewünschter Lastspielzahl und Druckauslastung ergibt sich die zulässige Auslenkung je Welle ($2\delta_n$, $2\lambda_n$, $2\alpha_n$) aus der Nennauslenkung je Welle ($2\delta_{n,0}$, $2\lambda_{n,0}$, $2\alpha_{n,0}$) und den Korrekturfaktor $K_{\Delta N}$ für Lastspielzahl:

Axialbelastung:

$$2 \delta_n = K_{\Delta N} \cdot 2\delta_{n,0} = \delta_{n,0} \quad (6.1.4.a)$$

Lateralbelastung:

$$2 \lambda_n = K_{\Delta N} \cdot 2\lambda_{n,0} = \lambda_{n,0} \quad (6.1.4.b)$$

Angularbelastung:

$$2 \alpha_n = K_{\Delta N} \cdot 2\alpha_{n,0} = \alpha_{n,0} \quad (6.1.4.c)$$

Einfluss der Lastspielzahl auf die Bewegungsgröße

Lastspielzahl	Korrekturfaktor $K_{\Delta N}$	Lastspielzahl	Korrekturfaktor $K_{\Delta N}$	Lastspielzahl	Korrekturfaktor $K_{\Delta N}$
1.000	1,6	25.000	0,8	800.000	0,3
1.700	1,4	50.000	0,7	2.000.000	0,2
4.000	1,2	100.000	0,6	5.000.000	0,1
10.000	1,0	200.000	0,5	10.000.000	0,05
14.000	0,9	400.000	0,4	–	–

Tabelle 6.1.2

Sind geringere Lastspielzahlen als 10.000 Lastwechsel gefordert, darf die Auslenkung je Welle ($2\delta_n$, $2\lambda_n$, $2\alpha_n$) die Nennauslenkung je Welle ($2\delta_{n,0}$, $2\lambda_{n,0}$, $2\alpha_{n,0}$) überschreiten, zum Erreichen größerer Lastspielzahlen muss dagegen die Belastung unter die Nennauslenkung abgesenkt werden. Der entsprechende Einflussfaktor $K_{\Delta N}$ ist in Tabelle 6.1.2. angegeben.

Druckpulsationen

Dem statischen Druck überlagerte Druckpulsationen oder schwelende Druckbelastungen können die Balglebensdauer verringern. Ihr Einfluss kann rechnerisch bestimmt werden. Er hängt von der Größe der Druckpulsationen und deren Auftretenshäufigkeit ab. Für Druckpulsationen $\Delta p > 0,25 \text{ PN}$ empfehlen wir eine rechnerische Absicherung.

Bestimmung der Wellenzahl

Die notwendige Wellenzahl ergibt sich aus der geforderten Auslenkung des Balges (2δ , 2λ , 2α) und der zulässigen Auslenkung je Welle ($2\delta_n$, $2\lambda_n$, $2\alpha_n$):

Axialbelastung (6.1.5.a)

$$n_W \geq \frac{2\delta}{2\delta_n}$$

Lateralbelastung (6.1.5.b)

$$n_W \geq \sqrt{\frac{2\lambda}{2\lambda_n}}$$

Angularbelastung (6.1.5.c)

$$n_W \geq \frac{2\alpha}{2\alpha_n}$$

Axial- und Angularbelastung (6.1.5.d)

$$n_W \geq \frac{2\delta}{2\delta_n} + \frac{2\alpha}{2\alpha_n}$$

Axial- und Lateralbelastung (6.1.5.e)

$$n_W \geq \frac{2\delta}{2 \cdot 2\delta_n} + \sqrt{\left(\frac{2\delta}{2 \cdot 2\delta_n}\right)^2} + \frac{2\lambda}{2\lambda_n}$$

Balgfederrate

Die Balgtabellen enthalten die Federrate je Welle (c_b , c_λ , c_α). Für die Federrate eines Balges mit der Wellenzahl n_W gilt:

Axialbelastung (6.1.6.a)

$$c_{ax} = \frac{c_b}{n_W}$$

Angularbelastung (6.1.6.b)

$$c_{ang} = \frac{c_\alpha}{n_W}$$

Lateralbelastung (6.1.6.c)

$$c_{lat} = \frac{c_\alpha}{n_W^3}$$

Abminderungsfaktoren K_{C_0} für die Balgfederrate

Temperatur °C	Werkstoff 1.4571
20	1,00
100	0,97
200	0,93
300	0,90
400	0,86
500	0,83

Bei erhöhten Temperaturen vermindert sich die Balgfederrate proportional zum Elastizitätsmodul des Balgwerkstoffes. Die entsprechenden Abminderungsfaktoren enthält Tabelle 6.1.4.

(6.2.7.)

$$c(T) = c(20\text{ °C}) \cdot K_{C_0} = c(20\text{ °C}) \cdot \frac{E(T)}{E(20\text{ °C})}$$

BALGAUSWAHL MIT FLEXPORTE

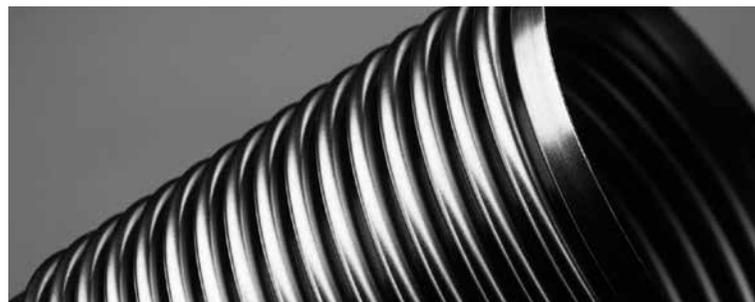


Flexperte ist eine Auslegungssoftware für flexible metallische Elemente. Sie ist eine speziell entwickelte Software, die für den Bedarfsfall geeignete Produkte aus den Standardbaureihen auswählt. Neben der Auswahl von Metallbälgen kann der Anwender mit dem Programm auch Kompensatoren, Metallschläuche und Rohrhalterungen auslegen.

Nach Eingabe der Betriebsbedingungen erhält der Anwender eine Auswahl von geeigneten Produkten mit allen notwendigen Informationen und Skizzen für die direkte Weiterverarbeitung als Anfrage oder Bestellung.

Das Programm steht in der vollen Funktionalität für die direkte Nutzung unter www.flexperte.de online zur Verfügung.

HYDRA® METALLBÄLGE AUS EDELSTAHL



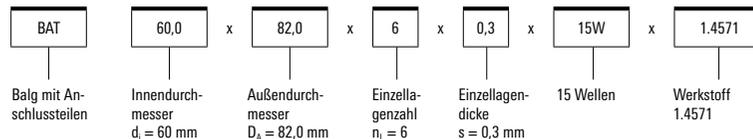
HYDRA-Metallbälge aus unserer Vorzugsreihe zeichnen sich durch eine hohe Flexibilität und eine große Druckfestigkeit bei minimaler Baulänge aus. Für Metallbälge aus längsgeschweißtem Rohr ist der Standardwerkstoff 1.4571. Andere Werkstoffe sind auf Anfrage lieferbar. Bälge mit kleinen Durchmessern werden aus nahtlosen Rohren aus dem Werkstoff 1.4541 hergestellt.

Balgbezeichnung

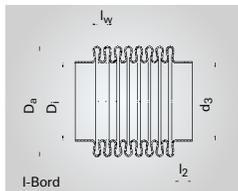
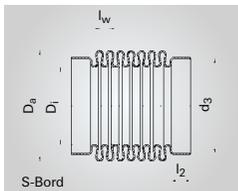
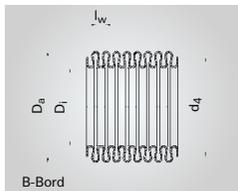
Die Balgbezeichnung beschreibt das Balgprofil, das sind Durchmesser, Lagenzahl und Einzellagendicke, die Wellenzahl und den Werkstoff. Die führenden Buchstaben geben an, ob ein Balg ohne Anschlusssteile (BAO) oder ein Balg mit Anschlusssteilen (BAT) beschrieben wird.

Balgbezeichnung:

(beispielhaft)



HYDRA® METALLBÄLGE AUS EDELSTAHL VORZUGSREIHE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein
** Bälge aus nahtlosem Rohr

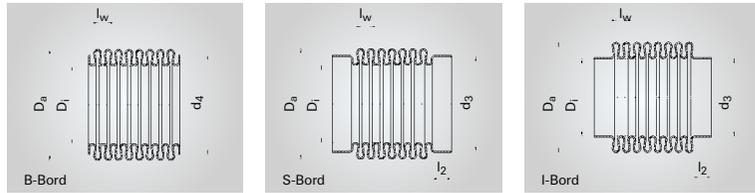
06

Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil					Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellen- zahl	Ø-Toleranzen			B-Bord Ø	
		PN*	D ₁	D ₂	n _t	s				l _w	D ₁	D ₂		d ₄
3	400	3,35	4,7	2	0,06	1.4541**	1,00	10	-0,1/+0,1	±0,1	-			
4	90	4,06	6,1	1	0,07	1.4541**	0,80	37	-0,4/+0,1	±0,3	5,5			
5	65	5,3	8,0	1	0,08	1.4541**	0,95	63	-0,4/+0,1	±0,3	7,0			
	100	5,3	8,0	1	0,10	1.4541**	0,85	70	-0,4/+0,1	±0,3	7,0			
	150	5,3	8,5	1	0,15	1.4541**	1,10	45	-0,4/+0,1	±0,3	7,0			
	200	5,3	8,5	1	0,20	1.4541**	1,20	41	-0,4/+0,1	±0,3	7,0			
	500	5,3	8,5	2	0,20	1.4541**	1,20	42	-0,4/+0,1	±0,5	7,0			
6	55	6,2	9,7	1	0,20	1.4541**	1,20	63	-0,4/+0,1	±0,3	8,5			
8	26	8,0	13,0	1	0,10	1.4571	1,40	235	-0,4/+0,1	±0,3	11,0			
	68	8,0	13,0	2	0,10	1.4571	1,60	277	-0,4/+0,1	±0,3	11,0			
	115	8,0	13,0	3	0,10	1.4571	1,80	242	-0,4/+0,1	±0,5	11,0			
	150	8,0	13,5	4	0,10	1.4571	2,00	150	-0,6/+0,2	±0,5	11,0			
	22	9,0	14,5	1	0,10	1.4571	1,35	234	-0,4/+0,1	±0,3	13,4			
9	55	9,0	14,5	2	0,10	1.4571	1,75	233	-0,4/+0,1	±0,3	13,0			
	90	9,0	14,5	3	0,10	1.4571	1,85	198	-0,4/+0,1	±0,5	13,0			
	250	9,0	13,0	4	0,10	1.4571	1,50	258	-0,6/+0,2	±0,5	13,0			
	16	10,0	16,5	1	0,10	1.4571	1,65	189	-0,4/+0,1	±0,3	14,5			
10	38	10,0	16,5	2	0,10	1.4571	1,90	216	-0,4/+0,1	±0,3	14,5			
	60	10,0	17,0	3	0,10	1.4571	2,00	208	-0,4/+0,1	±0,5	14,5			
	90	10,0	17,0	4	0,10	1.4571	2,40	125	-0,6/+0,2	±0,5	14,5			
	130	10,0	17,0	5	0,10	1.4571	2,70	111	-0,6/+0,2	±0,5	14,5			
	13	12,0	19,0	1	0,10	1.4571	1,90	168	-0,4/+0,1	±0,3	18,0			
12	26	12,0	20,0	2	0,10	1.4571	2,10	178	-0,1/+0,1	±0,3	18,0			
	40	12,0	20,0	3	0,10	1.4571	2,45	163	-0,4/+0,1	±0,5	18,0			
	60	12,0	20,0	2	0,15	1.4571	2,40	166	-0,4/+0,1	±0,5	18,0			
	90	12,0	20,0	3	0,15	1.4571	2,40	166	-0,6/+0,2	±0,5	18,0			
	260	12,4	18,5	4	0,15	1.4571	2,50	144	-0,6/+0,2	±0,5	16,3			

S-Bord		I-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (±30%)			wirks. Querschnitt	Gewicht je Welle
Ø	Länge	Ø	Länge	axial	angular	lateral	axial	angular	lateral		
d ₃	l ₂	d ₃	l ₂	2Δ _{0,0}	2Δ _{c_{0,0}}	2Δ _{λ,0}	c ₀	c _c	c _λ	A	g
innen		innen		mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	g
4,2	2	-	-	±0,025	±0,50	-	1475	0,052	-	0,12	0,02
-	-	4,06	5	±0,040	±0,70	±0,002	260	0,016	15500	0,21	0,02
-	-	5,34	5	±0,065	±1,10	±0,003	180	0,020	13500	0,36	0,04
-	-	5,30	5	±0,045	±0,75	-	420	0,050	-	0,36	0,05
-	-	5,30	5	±0,035	±0,55	-	830	0,080	-	0,37	0,08
-	-	5,30	5	±0,025	±0,40	-	1850	0,190	-	0,38	0,11
-	-	5,30	5	±0,017	±0,20	-	6300	0,650	-	0,37	0,19
8,5	1,8	6,30	5	±0,090	±1,00	±0,004	160	0,022	11100	0,51	0,07
11,6	1,8	8,00	6	±0,17	±1,30	±0,006	120	0,028	10500	0,87	0,13
11,6	1,8	8,00	6	±0,15	±1,20	±0,006	245	0,058	15800	0,87	0,26
11,6	1,8	8,00	6	±0,13	±1,10	±0,005	385	0,092	19700	0,87	0,39
-	-	8,00	6	±0,13	±1,00	±0,004	460	0,116	19900	0,91	0,44
13,1	2,0	9,00	6	±0,21	±1,60	±0,008	75	0,022	8500	1,08	0,17
13,1	2,0	9,00	6	±0,19	±1,40	±0,008	160	0,048	10600	1,08	0,34
13,1	2,0	9,00	6	±0,17	±1,30	±0,008	260	0,080	15000	1,08	0,52
-	-	9,00	6	±0,07	±0,50	±0,003	1230	0,320	98000	0,94	0,43
14,3	2,5	10,0	6	±0,25	±1,70	±0,010	60	0,023	5800	1,38	0,22
14,3	2,5	10,0	6	±0,23	±1,60	±0,010	120	0,045	8700	1,38	0,44
15,1	2,5	10,0	6	±0,22	±1,50	±0,010	170	0,070	11600	1,43	0,66
-	-	10,0	6	±0,21	±1,30	±0,008	250	0,100	11900	1,43	0,88
-	-	10,0	6	±0,19	±1,10	±0,007	310	0,120	11600	1,43	1,10
16,8	2,5	12,0	6	±0,30	±1,70	±0,010	65	0,038	6300	1,89	0,30
17,6	2,5	12,0	6	±0,33	±1,70	±0,011	95	0,053	7500	2,01	0,60
17,6	2,5	12,0	6	±0,30	±1,50	±0,011	135	0,075	8600	2,01	0,90
17,6	2,5	12,0	6	±0,24	±1,40	±0,011	300	0,170	20000	2,01	0,92
-	-	12,0	6	±0,20	±1,30	±0,010	560	0,320	37000	2,01	1,39
-	-	12,4	6	±0,12	±1,20	±0,008	1745	0,900	100000	1,86	1,39

06

HYDRA® METALLBÄLGE AUS EDELSTAHL VORZUGSREIHE

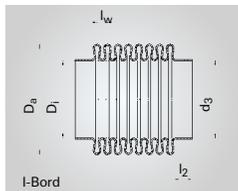
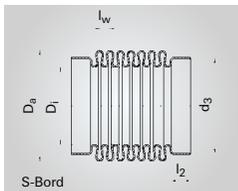
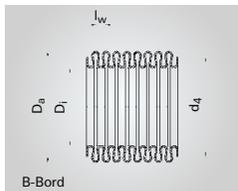


* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil					Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellen- zahl	Ø-Toleranzen			B-Bord Ø	
		PN*	D ₁	D ₂	n _t	s				l _w	D ₁	D ₂		d ₄
12	360	12,8	18,5	5	0,15	1.4571	2,50	155	-0,6/+0,2	±0,5	16,3			
	385	12,4	19,0	6	0,15	1.4571	3,00	137	-0,6/+0,2	±0,8	16,3			
13	20	13,0	19,0	1	0,10	1.4571	1,80	153	-0,4/+0,1	±0,5	16,3			
	45	13,0	19,0	2	0,10	1.4571	1,85	204	-0,4/+0,1	±0,5	16,3			
	110	13,0	19,0	2	0,15	1.4571	2,15	186	-0,4/+0,1	±0,5	16,3			
	165	13,0	19,0	3	0,15	1.4571	2,20	155	-0,6/+0,2	±0,5	16,3			
14	17	14,6	21,0	1	0,10	1.4571	1,90	145	-0,4/+0,1	±0,5	19,0			
	30	14,6	22,0	2	0,15	1.4571	2,15	196	-0,4/+0,1	±0,5	20,0			
	55	14,2	22,0	2	0,15	1.4571	2,30	170	-0,4/+0,1	±0,5	20,0			
	110	14,6	22,0	3	0,15	1.4571	2,75	151	-0,6/+0,2	±0,5	20,0			
	150	14,2	22,0	4	0,15	1.4571	2,80	142	-0,6/+0,2	±0,5	20,0			
	220	14,2	21,2	5	0,15	1.4571	2,80	149	-0,6/+0,2	±0,5	18,5			
	280	14,2	22,0	6	0,15	1.4571	3,40	88	-0,6/+0,2	±0,8	20,0			
	14	16,6	24,0	1	0,10	1.4571	2,00	138	-0,4/+0,1	±0,5	21,5			
16	28	16,6	24,0	2	0,10	1.4571	2,00	179	-0,4/+0,1	±0,5	21,5			
	70	16,8	24,0	2	0,15	1.4571	2,30	155	-0,4/+0,1	±0,5	21,5			
	110	16,4	24,0	3	0,15	1.4571	2,50	160	-0,6/+0,2	±0,5	21,5			
	185	16,8	24,0	4	0,15	1.4571	3,00	140	-0,6/+0,2	±0,5	21,5			
	250	16,8	24,0	5	0,15	1.4571	3,50	85	-0,6/+0,2	±0,5	21,5			
	300	16,0	24,5	4	0,20	1.4571	3,80	105	-0,6/+0,2	±0,8	21,5			
	370	16,0	24,5	5	0,20	1.4571	4,10	73	-0,6/+0,2	±0,8	21,5			
	16	18,0	28,0	1	0,15	1.4571	2,40	130	-0,4/+0,1	±0,5	25,0			
18	38	18,0	28,0	2	0,15	1.4571	2,70	143	-0,6/+0,2	±0,5	25,0			
	70	18,0	28,0	3	0,15	1.4571	3,20	137	-0,6/+0,2	±0,5	25,0			
	75	18,0	28,0	2	0,20	1.4571	3,10	137	-0,6/+0,2	±0,5	25,0			
	105	18,0	28,0	4	0,15	1.4571	3,50	118	-0,6/+0,2	±0,5	25,0			
	125	18,0	28,0	3	0,20	1.4571	3,50	120	-0,6/+0,2	±0,5	25,0			

S-Bord		I-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (±30%)			wirks. Querschnitt	Gewicht je Welle
Ø	Länge	Ø	Länge	axial	angular	lateral	axial	angular	lateral		
d ₃	l ₂	d ₃	l ₂	2α _{0,0}	2α _{0,0}	2λ _{0,0}	c ₀	c _α	c _λ	A	g
innen		innen		mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	
-	-	12,8	6	±0,09	±0,65	±0,006	3400	1,800	199900	1,92	1,73
-	-	12,4	6	±0,08	±0,55	±0,005	4000	2,150	164000	1,94	2,20
16,8	2,5	13,0	6	±0,26	±1,60	±0,008	74	0,040	8800	2,01	0,24
16,8	2,5	13,0	6	±0,24	±1,50	±0,008	160	0,090	18000	2,01	0,48
16,8	2,5	13,2	6	±0,17	±1,20	±0,007	600	0,340	50500	2,04	0,72
16,8	2,5	13,2	6	±0,13	±1,00	±0,006	900	0,510	72000	2,04	1,10
18,3	4,0	14,6	6	±0,28	±1,40	±0,011	85	0,065	11200	2,51	0,30
18,3	4,0	14,6	6	±0,30	±1,40	±0,010	130	0,093	14100	2,63	0,66
18,8	4,0	14,2	6	±0,22	±1,20	±0,009	330	0,240	30600	2,57	1,01
-	-	14,6	6	±0,17	±1,00	±0,008	720	0,550	48000	2,63	1,35
-	-	14,2	6	±0,14	±0,70	±0,007	800	0,570	50000	2,57	1,70
-	-	14,2	6	±0,12	±0,60	±0,006	1300	0,880	77900	2,46	2,00
-	-	14,2	6	±0,14	±0,50	±0,005	1500	1,070	63800	2,57	2,50
21,1	4,0	16,6	6	±0,33	±1,60	±0,011	60	0,05	9000	3,25	0,37
21,1	4,0	16,6	6	±0,32	±1,50	±0,011	126	0,11	19200	3,25	0,73
21,1	4,0	16,8	6	±0,20	±1,00	±0,009	420	0,38	49600	3,25	1,10
21,1	3,5	16,4	6	±0,20	±1,00	±0,009	680	0,60	66600	3,20	1,70
-	-	16,4	6	±0,18	±0,80	±0,009	1000	0,89	68000	3,20	2,36
-	-	16,4	6	±0,16	±0,70	±0,008	1420	1,26	71000	3,20	2,80
-	-	16,0	6	±0,13	±0,50	±0,007	2150	1,92	91600	3,22	3,30
-	-	16,0	6	±0,12	±0,40	±0,006	2800	2,50	102500	3,22	3,80
25,2	3,0	18,0	6	±0,36	±1,50	±0,014	90	0,11	12400	4,10	0,83
25,2	3,0	18,0	6	±0,34	±1,30	±0,013	185	0,21	20100	4,05	1,73
25,2	3,0	18,0	6	±0,32	±1,10	±0,013	310	0,36	24000	4,15	2,63
25,2	3,0	18,0	6	±0,28	±1,00	±0,012	600	0,69	49500	4,15	2,40
-	-	18,0	6	±0,27	±0,90	±0,013	485	0,56	31400	4,15	3,52
-	-	18,0	6	±0,24	±0,80	±0,012	1000	1,15	64800	4,15	3,50

HYDRA® METALLBÄLGE AUS EDELSTAHL VORZUGSREIHE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

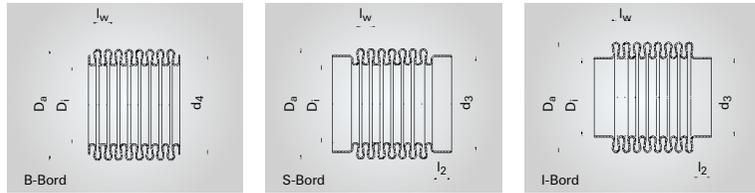
06

06

Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil					Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellen- zahl	Ø-Toleranzen			B-Bord Ø	
		PN*	D ₁	D ₂	n _t	s				l _w	D ₁	D ₂		d ₄
18	200	18,0	28,0	3	0,25	1.4571	3,80	115	-0,6/+0,2	±0,5	25,0			
	260	18,0	28,5	4	0,25	1.4571	4,00	100	-0,6/+0,2	±0,8	25,0			
	375	18,0	26,5	4	0,25	1.4571	3,40	115	-0,6/+0,2	±0,8	23,5			
	450	18,0	27,0	5	0,25	1.4571	4,00	75	-0,6/+0,2	±0,8	22,5			
20	14	19,7	30,0	1	0,15	1.4571	2,40	119	-0,4/+0,1	±0,5	24,5			
	50	19,8	28,0	2	0,15	1.4571	2,60	153	-0,6/+0,2	±0,5	24,5			
	90	19,0	28,0	3	0,15	1.4571	3,30	125	-0,6/+0,2	±0,5	24,5			
	165	19,0	27,0	4	0,15	1.4571	2,90	137	-0,6/+0,2	±0,5	24,5			
	190	19,3	29,0	3	0,25	1.4571	3,50	114	-0,6/+0,2	±0,5	24,5			
	315	19,3	28,0	4	0,25	1.4571	3,40	107	-0,6/+0,2	±0,8	24,5			
	410	19,1	28,0	5	0,25	1.4571	3,80	80	-0,6/+0,2	±0,8	24,5			
	15	21,0	31,5	1	0,15	1.4571	2,70	102	-0,4/+0,1	±0,5	29,0			
21	32	21,0	31,5	2	0,15	1.4571	2,70	138	-0,6/+0,2	±0,5	29,0			
	11	22,0	34,0	1	0,15	1.4571	2,80	111	-0,4/+0,1	±0,5	30,0			
22	25	22,0	34,0	2	0,15	1.4571	2,90	118	-0,6/+0,2	±0,5	30,0			
	45	22,0	34,0	2	0,20	1.4571	3,50	117	-0,6/+0,2	±0,5	30,0			
	75	22,0	34,0	3	0,20	1.4571	3,60	116	-0,6/+0,2	±0,5	30,0			
	125	22,0	34,0	4	0,20	1.4571	4,20	96	-0,6/+0,2	±0,8	30,0			
	150	22,0	35,0	4	0,25	1.4571	4,60	96	-0,6/+0,2	±0,8	30,0			
	250	22,0	35,0	4	0,30	1.4571	5,00	82	-0,6/+0,2	±0,8	30,0			
	320	22,0	35,0	5	0,30	1.4571	4,85	61	-0,6/+0,2	±0,8	30,0			
	24	11	24,2	36,5	1	0,15	1.4571	3,40	81	-0,4/+0,1	±0,5	34,0		
		25	24,2	36,5	2	0,15	1.4571	3,15	118	-0,6/+0,2	±0,5	34,0		
		40	24,2	36,5	2	0,20	1.4571	3,20	118	-0,6/+0,2	±0,5	34,0		
65		24,0	36,5	2	0,25	1.4571	3,30	111	-0,6/+0,2	±0,5	34,0			
110		24,0	36,5	3	0,20	1.4571	4,00	98	-0,6/+0,2	±0,5	34,0			
180		24,0	36,5	4	0,30	1.4571	4,60	86	-0,6/+0,2	±0,8	34,0			

S-Bord		I-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (±30%)			wirks. Querschnitt	Gewicht je Welle
Ø	Länge	Ø	Länge	axial	angular	lateral	axial	angular	lateral		
d ₃	l ₂	d ₃	l ₂	2Δ _{0,0}	2Δ _{c,0}	2Δ _{n,0}	c ₀	c _c	c _n	A	g
innen		innen		mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	
25,2	3,0	18,0	6	±0,17	±0,70	±0,009	1700	1,96	93400	4,15	4,30
-	-	18,0	6	±0,16	±0,60	±0,008	2400	2,83	121600	4,15	6,00
-	-	18,0	6	±0,11	±0,50	±0,005	4580	4,92	293000	3,87	4,50
-	-	18,0	6	±0,09	±0,40	±0,005	5400	6,00	256300	3,98	5,90
26,0	3,0	19,7	8	±0,40	±1,50	±0,012	120	0,16	19200	4,85	1,20
25,0	3,0	19,8	8	±0,30	±1,20	±0,010	430	0,53	54500	4,41	1,65
25,0	3,0	19,0	6	±0,28	±0,90	±0,013	650	0,78	49400	4,35	2,40
-	-	19,0	6	±0,18	±0,70	±0,007	1100	1,27	103800	4,15	2,80
-	-	19,3	6	±0,16	±0,60	±0,006	2000	2,54	142800	4,58	4,30
-	-	19,3	6	±0,11	±0,50	±0,005	4600	5,60	332000	4,39	4,90
-	-	19,3	6	±0,09	±0,40	±0,004	6500	7,93	377000	4,39	5,90
27,9	4,0	21,0	8	±0,42	±1,60	±0,014	116	0,18	16500	5,40	1,02
27,9	4,0	21,0	8	±0,37	±1,40	±0,012	214	0,32	30000	5,40	1,98
30,2	4,0	22,0	8	±0,52	±1,65	±0,015	84	0,14	12600	6,16	1,21
30,2	4,0	22,0	8	±0,46	±1,55	±0,015	170	0,30	23000	6,16	2,42
30,2	4,0	22,0	8	±0,38	±1,30	±0,015	390	0,66	37400	6,16	3,30
30,2	4,0	22,0	8	±0,33	±1,15	±0,014	600	1,02	54500	6,16	4,90
-	-	22,0	8	±0,32	±1,05	±0,015	900	1,54	60000	6,16	6,60
-	-	22,0	8	±0,25	±1,00	±0,013	1415	2,50	81200	6,36	8,70
-	-	22,0	8	±0,20	±0,70	±0,010	2500	4,43	121800	6,38	10,90
-	-	22,0	8	±0,17	±0,60	±0,009	3400	6,02	176000	6,38	13,70
32,7	4,0	24,2	8	±0,52	±1,65	±0,018	70	0,14	8700	7,20	1,3
32,2	4,0	24,2	8	±0,48	±1,50	±0,015	150	0,30	20800	7,20	2,6
32,2	4,0	24,2	8	±0,38	±1,30	±0,013	360	0,72	48600	7,20	4,0
32,2	3,0	24,0	8	±0,35	±1,20	±0,012	590	1,17	74400	7,20	4,8
32,2	3,0	24,0	8	±0,30	±1,00	±0,012	860	1,72	73800	7,20	7,2
-	-	24,0	8	±0,25	±0,90	±0,010	1200	2,40	77800	7,15	9,0

HYDRA® METALLBÄLGE AUS EDELSTAHL VORZUGSREIHE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

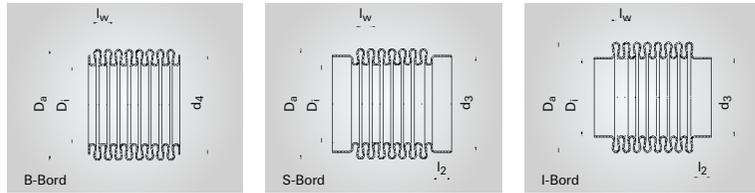
06

06

Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil					Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellen- zahl	Ø-Toleranzen			B-Bord Ø	
		PN*	D ₁	D ₂	n _t	s				l _w	D ₁	D ₂		D ₃
mm	bar	mm	mm	-	mm	-	mm	-	mm	mm	mm	mm		
24	220	24,0	36,5	5	0,30	1.4571	4,90	61	-0,6/+0,2	±0,8	33,0			
	320	24,0	36,5	6	0,30	1.4571	5,30	80	-0,6/+0,2	±0,8	33,0			
27	7	27,0	41,0	1	0,15	1.4571	3,10	99	-0,4/+0,1	±0,5	37,5			
	20	27,0	41,0	2	0,15	1.4571	3,40	100	-0,6/+0,2	±0,5	37,5			
	32	27,0	41,0	2	0,20	1.4571	3,70	100	-0,6/+0,2	±0,5	37,5			
	50	27,0	41,0	2	0,25	1.4571	4,10	99	-0,6/+0,2	±0,5	37,5			
	60	27,0	41,0	3	0,20	1.4571	4,30	100	-0,6/+0,2	±0,5	37,5			
	70	27,0	41,0	2	0,30	1.4571	3,55	99	-0,6/+0,2	±0,5	37,5			
	90	27,0	40,0	4	0,20	1.4571	4,30	93	-0,6/+0,2	±0,8	36,5			
	110	27,0	41,0	3	0,30	1.4571	4,40	90	-0,6/+0,2	±0,8	37,5			
	160	27,0	41,0	4	0,30	1.4571	5,20	76	-0,6/+0,2	±0,8	37,5			
29	10	29,5	42,0	1	0,15	1.4571	3,10	97	-0,4/+0,1	±0,5	39,0			
	18	29,0	43,0	1	0,25	1.4571	3,70	73	-0,6/+0,2	±0,5	39,0			
	36	29,0	43,0	2	0,20	1.4571	3,80	101	-0,6/+0,2	±0,5	39,0			
	50	29,0	43,0	2	0,25	1.4571	4,20	101	-0,6/+0,2	±0,5	39,0			
	90	29,0	43,0	3	0,25	1.4571	4,70	94	-0,6/+0,2	±0,5	39,0			
	140	29,0	43,0	4	0,25	1.4571	5,00	88	-0,4/+0,1	±0,8	39,0			
	180	29,0	44,0	4	0,30	1.4571	5,50	73	-0,6/+0,2	±0,8	38,0			
	240	29,0	44,0	6	0,25	1.4571	6,20	70	-0,6/+0,2	±0,8	38,0			
	280	29,0	44,5	7	0,25	1.4571	6,80	61	-0,8/+0,3	±0,8	38,0			
	350	29,0	44,5	7	0,30	1.4571	6,00	50	-0,8/+0,3	±0,8	38,0			
30	10	30,2	43,5	1	0,15	1.4571	3,60	111	-0,4/+0,1	±0,5	39,0			
	20	30,2	43,5	2	0,15	1.4571	3,70	101	-0,6/+0,2	±0,5	39,0			
34	6	34,0	50,0	1	0,15	1.4571	3,40	74	-0,4/+0,1	±0,5	47,0			
	11	34,0	50,0	1	0,20	1.4571	3,50	74	-0,6/+0,2	±0,5	47,0			
	25	34,0	50,0	2	0,20	1.4571	4,20	73	-0,6/+0,2	±0,5	47,0			
	40	34,0	50,0	2	0,25	1.4571	4,40	73	-0,6/+0,2	±0,5	47,0			

S-Bord		I-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (±30%)			wirks. Querschnitt	Gewicht je Welle
Ø	Länge	Ø	Länge	axial	angular	lateral	axial	angular	lateral		
d ₃	l ₂	d ₃	l ₂	2α _{0,0}	2α _{c,0}	2λ _{0,0}	c ₀	c _c	c _i	A	g
innen		innen		mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	
-	-	24,0	8	±0,20	±0,75	±0,008	2200	4,40	126000	7,15	11,4
-	-	24,0	8	±0,19	±0,60	±0,006	3700	7,39	180800	7,15	13,6
37,2	4,0	27,0	8	±0,65	±1,60	±0,019	52	0,13	9400	9,10	1,7
37,2	4,0	27,0	8	±0,60	±1,50	±0,019	110	0,27	16500	9,10	3,5
37,2	4,0	27,0	8	±0,46	±1,30	±0,016	260	0,65	32900	9,10	5,2
36,0	4,0	27,0	8	±0,36	±1,00	±0,014	520	1,31	53600	9,10	7,0
37,2	4,0	27,0	8	±0,40	±1,00	±0,013	430	1,10	40300	9,10	7,0
36,0	4,0	27,0	8	±0,30	±0,90	±0,011	900	2,26	123800	9,10	8,0
-	-	27,0	8	±0,32	±0,80	±0,012	700	1,71	63700	8,80	8,7
36,0	4,0	27,0	8	±0,26	±0,80	±0,011	1500	3,80	134000	9,10	12,0
-	-	27,0	8	±0,23	±0,70	±0,011	2200	5,54	141100	9,10	16,0
38,5	4,0	29,5	8	±0,55	±1,50	±0,018	70	0,19	14000	10,0	2,0
39,0	4,0	29,0	8	±0,48	±1,40	±0,018	210	0,61	29800	10,2	3,2
39,0	4,0	29,0	8	±0,50	±1,30	±0,017	260	0,74	35000	10,2	4,9
39,0	4,0	29,0	8	±0,44	±1,20	±0,017	510	1,44	56200	10,2	6,3
-	-	29,0	8	±0,40	±1,10	±0,017	920	2,60	81000	10,2	9,5
-	-	29,0	8	±0,35	±1,00	±0,016	1360	3,85	106000	10,2	12,6
-	-	29,0	8	±0,35	±0,90	±0,015	2100	6,10	138000	10,5	17,0
-	-	29,0	8	±0,26	±0,75	±0,014	2320	6,80	122000	10,6	19,6
-	-	29,0	8	±0,24	±0,60	±0,031	2900	8,50	127000	10,6	23,5
-	-	29,0	8	±0,17	±0,50	±0,011	5200	15,30	293000	10,6	29,0
39,0	4,0	30,2	8	±0,65	±1,60	±0,020	55	0,16	8600	10,7	2,2
39,0	4,0	30,2	8	±0,55	±1,50	±0,018	135	0,40	20000	10,7	4,4
45,3	5,0	34,0	10	±0,80	±1,70	±0,022	46	0,18	10500	13,9	2,5
45,3	5,0	34,0	10	±0,65	±1,50	±0,018	95	0,36	20500	13,9	3,4
45,3	5,0	34,0	10	±0,63	±1,45	±0,018	200	0,77	30000	13,9	6,9
45,3	5,0	34,0	10	±0,53	±1,25	±0,018	390	1,50	53300	13,9	8,6

HYDRA® METALLBÄLGE AUS EDELSTAHL VORZUGSREIHE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

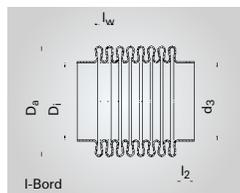
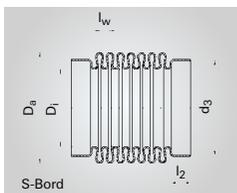
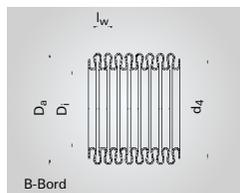
06

Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil					Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellen- zahl	Ø-Toleranzen			B-Bord Ø	
		PN*	D ₁	D ₂	n _t	s				l _w	D ₁	D ₂		D ₄
mm	bar	mm	mm	-	mm	-	mm	-	mm	mm	mm	mm		
34	55	34,0	50,0	2	0,30	1.4571	4,60	73	-0,6/+0,2	±0,5	47,0			
	100	34,0	50,0	3	0,30	1.4571	5,10	72	-0,6/+0,2	±0,8	46,0			
	130	34,0	51,0	4	0,30	1.4571	5,50	72	-0,6/+0,2	±0,8	46,0			
	240	34,0	48,0	5	0,30	1.4571	5,60	72	-0,6/+0,2	±0,8	46,0			
	260	34,0	50,0	6	0,30	1.4571	6,50	46	-0,8/+0,3	±0,8	46,0			
	300	34,0	51,0	7	0,30	1.4571	7,40	40	-0,8/+0,3	±0,8	45,0			
	370	34,0	51,0	8	0,30	1.4571	8,00	37	-0,8/+0,3	±0,8	45,0			
38	8	38,8	56,0	1	0,20	1.4571	4,00	68	-0,6/+0,2	±0,8	47/52,5			
	22	38,8	56,0	2	0,20	1.4571	4,50	66	-0,6/+0,2	±0,8	47/52,5			
	35	38,8	56,0	2	0,25	1.4571	5,00	65	-0,6/+0,2	±0,8	47/52,5			
	50	39,0	56,0	2	0,30	1.4571	4,80	69	-0,6/+0,2	±0,8	52,5			
	70	38,2	56,0	3	0,30	1.4571	5,00	67	-0,6/+0,2	±0,8	47/52,5			
	120	38,2	56,0	4	0,30	1.4571	5,50	54	-0,6/+0,2	±0,8	49,0			
	170	38,2	56,0	5	0,30	1.4571	6,00	50	-0,6/+0,2	±0,8	49,0			
	215	38,2	56,0	6	0,30	1.4571	6,60	45	-0,8/+0,3	±0,8	49,0			
	320	38,2	54,0	7	0,30	1.4571	6,90	43	-0,8/+0,3	±0,8	49,0			
	360	38,2	54,0	8	0,30	1.4571	7,10	42	-0,8/+0,3	±0,8	49,0			
42	9	42,0	60,0	1	0,20	1.4571	4,25	61	-0,6/+0,2	±0,8	50,5/57			
	25	42,0	60,0	2	0,20	1.4571	5,25	62	-0,6/+0,2	±0,8	50,5/57			
	32	42,0	60,0	2	0,25	1.4571	5,00	63	-0,6/+0,2	±0,8	50,5/57			
	40	42,0	60,0	2	0,30	1.4571	5,10	65	-0,6/+0,2	±0,8	57,0			
	70	42,0	60,0	3	0,30	1.4571	5,70	67	-0,6/+0,2	±0,8	50,5/57			
	115	42,0	60,0	4	0,30	1.4571	6,20	67	-0,6/+0,2	±0,8	50,5/57			
	140	42,0	61,0	5	0,30	1.4571	7,00	42	-0,6/+0,2	±0,8	55,0			
	165	42,0	62,0	6	0,30	1.4571	7,60	39	-0,8/+0,3	±0,8	55,0			
	210	42,0	62,5	7	0,30	1.4571	8,20	36	-0,8/+0,3	±0,8	55,0			
	290	42,0	61,0	8	0,30	1.4571	8,40	35	-0,8/+0,3	±0,8	55,0			

S-Bord		I-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (±30%)			wirks. Querschnitt	Gewicht je Welle
Ø	Länge	Ø	Länge	axial	angular	lateral	axial	angular	lateral		
d ₃	l ₂	d ₃	l ₂	2Δ _{0,0}	2Δ _{0,0}	2Δ _{0,0}	c ₀	c ₀	c ₀	A	g
innen		innen		mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	g
45,3	5,0	34,0	10	±0,46	±1,00	±0,016	700	2,70	87500	13,9	10,0
-	-	34,0	10	±0,40	±1,00	±0,016	1200	4,57	122000	13,9	16,0
-	-	34,0	10	±0,38	±0,95	±0,016	1500	5,90	134400	14,2	21,8
-	-	34,0	10	±0,28	±0,75	±0,015	3500	12,80	281400	13,2	28,5
-	-	34,0	10	±0,30	±0,75	±0,014	3300	12,70	206700	13,9	34,0
-	-	34,0	10	±0,26	±0,60	±0,013	4400	17,30	217700	14,2	38,0
-	-	34,0	10	±0,22	±0,50	±0,011	6000	23,60	254000	14,2	44,0
51,3	5,0	38,8	10	±0,80	±1,50	±0,022	80	0,39	16900	17,6	3,9
51,3	5,0	38,8	10	±0,70	±1,40	±0,022	170	0,83	28300	17,6	7,9
51,3	5,0	38,8	10	±0,62	±1,25	±0,020	330	1,60	44500	17,6	9,9
51,3	5,0	39,0	10	±0,50	±1,05	±0,012	615	3,00	91000	17,7	11,8
-	-	38,2	10	±0,47	±1,00	±0,016	980	4,74	130400	17,4	16,0
-	-	38,2	10	±0,41	±0,90	±0,016	1400	6,80	154000	17,4	21,0
-	-	38,2	10	±0,38	±0,85	±0,016	2050	9,80	189500	17,4	26,0
-	-	38,2	10	±0,34	±0,58	±0,015	3100	15,00	237000	17,4	32,0
-	-	38,2	10	±0,23	±0,50	±0,011	5300	24,50	355000	16,7	36,5
-	-	38,2	10	±0,22	±0,45	±0,009	6300	29,20	398400	16,7	42,0
56,3	5,0	42,0	10	±0,75	±1,50	±0,019	90	0,52	19300	20,4	4,2
56,0	5,0	42,0	10	±0,75	±1,40	±0,024	180	1,10	25400	20,4	8,5
56,0	5,0	42,0	10	±0,67	±1,30	±0,021	380	2,20	59300	20,4	10,7
56,3	5,0	42,0	10	±0,56	±1,05	±0,018	520	3,30	78000	20,4	12,7
-	-	42,0	10	±0,48	±1,00	±0,017	1000	5,60	120000	20,4	20,0
-	-	42,0	10	±0,45	±0,90	±0,018	1500	8,50	152000	20,4	26,0
-	-	42,0	10	±0,42	±0,90	±0,018	2000	11,60	162400	20,8	34,0
-	-	42,0	10	±0,40	±0,85	±0,018	2200	13,00	154500	21,2	43,0
-	-	42,0	10	±0,38	±0,80	±0,016	2600	15,50	158400	21,4	51,0
-	-	42,0	10	±0,30	±0,65	±0,014	4000	23,20	225500	20,8	58,0

06

HYDRA® METALLBÄLGE AUS EDELSTAHL VORZUGSREIHE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

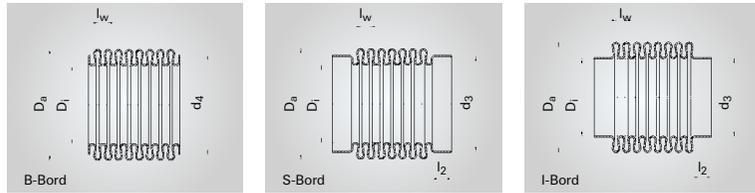
06

06

Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil					Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellen- zahl	Ø-Toleranzen			B-Bord Ø	
		PN*	D ₁	D ₂	n _t	s				l _w	D ₁	D ₂		d ₁
47	8	47,6	66,0	1	0,20	1.4571	4,30	62	-0,6/+0,2	±0,8	62,5			
	17	47,6	66,0	2	0,20	1.4571	4,70	62	-0,6/+0,2	±0,8	62,5			
	28	47,8	66,0	2	0,25	1.4571	5,10	63	-0,6/+0,2	±0,8	62,5			
	40	47,4	66,0	2	0,30	1.4571	5,20	63	-0,6/+0,2	±0,8	62,5			
	65	47,4	66,0	3	0,30	1.4571	5,70	52	-0,6/+0,2	±0,8	62,5			
	95	47,4	66,0	4	0,30	1.4571	6,60	45	-0,6/+0,2	±0,8	62,5			
	130	47,4	66,0	5	0,30	1.4571	6,70	44	-0,8/+0,3	±1,0	57,0			
	200	47,4	64,0	6	0,30	1.4571	7,10	42	-0,8/+0,3	±1,0	57,0			
	270	47,4	64,0	8	0,30	1.4571	7,70	38	-0,8/+0,3	±1,0	57,0			
	51	10	51,4	71,0	1	0,25	1.4571	4,20	59	-0,6/+0,2	±0,8	61,0		
22		51,4	71,0	2	0,25	1.4571	4,90	58	-0,6/+0,2	±0,8	67,5			
32		51,4	71,0	2	0,30	1.4571	5,20	60	-0,6/+0,2	±0,8	67,5			
50		51,4	71,0	3	0,30	1.4571	5,80	58	-0,6/+0,2	±0,8	65,0			
75		51,4	71,0	4	0,30	1.4571	6,50	61	-0,6/+0,2	±0,8	65,0			
110		51,4	71,0	5	0,30	1.4571	7,30	41	-0,8/+0,3	±1,0	65,0			
145		51,4	71,0	6	0,30	1.4571	7,70	38	-0,8/+0,3	±1,0	65,0			
56		9	56,1	77,0	1	0,25	1.4571	4,90	55	-0,6/+0,2	±0,8	68/73		
	22	56,1	77,0	2	0,25	1.4571	5,70	53	-0,6/+0,2	±0,8	68/73			
	30	56,1	77,0	2	0,30	1.4571	5,80	55	-0,6/+0,2	±0,8	68/73			
	50	56,1	77,0	3	0,30	1.4571	6,20	56	-0,8/+0,3	±0,8	68/73			
	65	56,1	77,0	4	0,30	1.4571	6,70	58	-0,8/+0,3	±0,8	73,0			
	83	56,1	77,0	5	0,30	1.4571	7,20	41	-0,8/+0,3	±1,0	73,0			
	60	8	60,0	82,0	1	0,25	1.4571	5,20	52	-0,6/+0,2	±0,8	78,0		
18		60,0	82,0	2	0,25	1.4571	5,90	52	-0,6/+0,2	±0,8	78,0			
22		60,0	82,0	2	0,30	1.4571	6,00	52	-0,6/+0,2	±0,8	78,0			
42		60,0	82,0	3	0,30	1.4571	6,00	54	-0,8/+0,3	±0,8	78,0			
65		60,0	82,0	4	0,30	1.4571	6,70	59	-0,8/+0,3	±0,8	78,0			

S-Bord		I-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (±30%)			wirks. Querschnitt	Gewicht je Welle
Ø	Länge	Ø	Länge	axial	angular	lateral	axial	angular	lateral		
d ₃	l ₂	d ₃	l ₂	2α _{h,0}	2α _{c,0}	2λ _{h,0}	c _h	c _c	c _l	A	g
innen		innen		mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	
61,3	5,0	47,6	10	±0,80	±1,50	±0,021	86	0,65	22500	25,3	4,9
61,0	5,0	47,6	10	±0,77	±1,40	±0,021	178	1,40	39000	25,3	9,9
61,0	5,0	47,8	10	±0,70	±1,20	±0,020	320	2,30	59800	25,4	12,5
61,0	5,0	47,4	10	±0,56	±1,00	±0,017	610	4,40	108800	25,2	14,9
-	-	47,4	10	±0,51	±0,90	±0,017	1240	8,60	184000	25,2	22,4
-	-	47,4	10	±0,48	±0,80	±0,015	1850	12,90	204000	25,2	30,8
-	-	47,4	10	±0,44	±0,70	±0,015	2550	17,80	274000	25,2	38,0
-	-	47,4	10	±0,32	±0,60	±0,013	4400	29,80	406200	24,3	42,0
-	-	47,4	10	±0,22	±0,40	±0,010	7000	47,00	549400	24,3	57,0
65,0	5,0	51,4	10	±0,80	±1,40	±0,018	160	1,30	51000	29,4	7,9
65,0	5,0	51,4	10	±0,75	±1,20	±0,020	330	2,70	77200	29,4	15,3
65,0	5,0	51,4	10	±0,66	±1,10	±0,018	530	4,30	110100	29,4	18,8
65,0	5,0	51,4	10	±0,60	±1,00	±0,018	950	7,80	158500	29,4	27,6
-	-	51,4	10	±0,50	±0,90	±0,017	1270	10,00	168900	29,4	31,7
-	-	51,4	10	±0,47	±0,80	±0,016	1630	13,50	173300	29,6	46,5
-	-	51,4	10	±0,45	±0,70	±0,014	2100	17,50	202300	29,9	56,0
72,3	5,0	56,1	10	±0,95	±1,40	±0,023	140	1,35	38800	34,8	8,5
72,3	5,0	56,1	10	±0,90	±1,35	±0,025	270	2,70	55200	34,8	16,8
72,3	5,0	56,2	10	±0,72	±1,20	±0,021	480	4,60	94800	34,8	20,3
-	-	56,2	10	±0,65	±1,10	±0,020	880	8,50	152300	34,7	30,5
-	-	56,2	10	±0,62	±1,00	±0,015	1200	11,50	178000	34,7	40,6
-	-	56,2	10	±0,57	±0,90	±0,013	1600	15,50	205000	34,7	51,5
77,3	5,0	60,0	10	±1,10	±1,50	±0,025	125	1,40	35000	39,6	9,1
77,3	5,0	60,0	10	±1,00	±1,40	±0,025	250	2,80	54300	39,6	18,2
77,3	5,0	60,0	10	±0,80	±1,10	±0,022	440	4,70	92400	39,6	22,0
-	-	60,0	10	±0,65	±0,90	±0,018	700	7,60	147000	39,6	33,0
-	-	60,0	10	±0,60	±0,80	±0,016	1100	12,10	185300	39,6	44,0

HYDRA® METALLBÄLGE AUS EDELSTAHL VORZUGSREIHE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

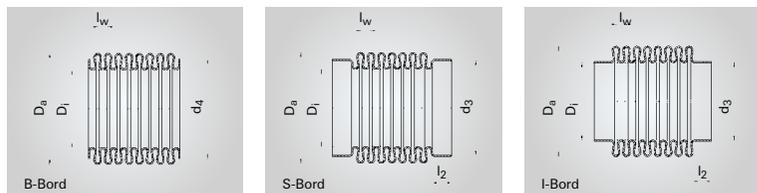
06

06

Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil					Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellen- zahl	Ø-Toleranzen			B-Bord Ø	
		PN*	D ₁	D ₂	n _t	s				l _w	D ₁	D ₂		d ₄
60	8	60,0	82,0	6	0,30	1.4571	7,70	38	-1,0/+0,4	±1,0	76,0			
	17	60,8	79,0	7	0,30	1.4571	7,20	41	-1,0/+0,4	±1,0	73,0			
66	6	65,5	90,0	1	0,25	1.4571	5,30	47	-0,8/+0,3	±0,8	85,0			
	15	65,5	90,0	2	0,25	1.4571	6,00	48	-0,8/+0,3	±0,8	85,0			
	20	65,4	90,0	2	0,30	1.4571	6,10	51	-0,8/+0,3	±0,8	85,0			
	32	65,4	90,0	3	0,30	1.4571	6,60	60	-0,8/+0,3	±0,8	82,0			
	55	65,4	86,0	3	0,30	1.4571	6,40	63	-0,8/+0,3	±0,8	78,0			
	90	65,4	90,0	6	0,30	1.4571	8,20	36	-1,0/+0,4	±1,0	82,0			
	165	65,4	85,0	6	0,30	1.4571	7,10	36	-1,0/+0,4	±1,0	78,0			
70	7	72,0	95,0	1	0,25	1.4571	4,50	52	-0,8/+0,3	±1,0	85,0			
	18	70,5	95,0	2	0,30	1.4571	5,90	46	-0,8/+0,3	±1,0	85,0			
	45	70,5	92,0	3	0,30	1.4571	6,10	55	-0,8/+0,3	±1,0	85,0			
	60	70,5	92,0	4	0,30	1.4571	7,00	53	-1,0/+0,4	±1,0	85,0			
77	7	77,5	101,0	1	0,25	1.4571	5,50	48	-0,8/+0,3	±1,0	95,0			
	16	77,5	101,0	2	0,25	1.4571	6,30	49	-0,8/+0,3	±1,0	95,0			
	20	77,4	101,0	2	0,30	1.4571	6,40	48	-0,8/+0,3	±1,0	95,0			
	30	76,5	101,0	3	0,30	1.4571	7,20	48	-0,8/+0,3	±1,0	95,0			
85	3	85,0	114,5	1	0,20	1.4571	7,00	38	-0,8/+0,3	±1,0	104,0			
	8	85,0	110,0	1	0,30	1.4571	6,60	45	-0,8/+0,3	±1,0	104,0			
	25	85,0	106,0	2	0,30	1.4571	6,00	54	-0,8/+0,3	±1,0	101,0			
	45	85,0	106,0	3	0,30	1.4571	6,50	54	-0,8/+0,3	±1,0	101,0			
	65	85,0	106,0	4	0,30	1.4571	6,90	52	-0,8/+0,3	±1,0	101,0			
	80	85,0	108,0	5	0,30	1.4571	7,60	52	-1,0/+0,4	±1,0	101,0			
93	18	93,0	120,0	2	0,30	1.4571	9,00	40	-0,8/+0,3	±1,0	110,0			
96	8	96,0	122,0	1	0,30	1.4571	7,10	43	-0,8/+0,3	±1,0	113,0			
	12	96,0	122,0	2	0,25	1.4571	6,50	45	-0,8/+0,3	±1,0	113,0			
	18	96,0	122,0	3	0,30	1.4571	6,70	44	-0,8/+0,3	±1,0	113,0			

S-Bord		I-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (±30%)			wirks. Querschnitt	Gewicht je Welle
Ø	Länge	Ø	Länge	axial	angular	lateral	axial	angular	lateral		
d ₃	l ₂	d ₃	l ₂	2D _{0,0}	2C _{0,0}	2λ _{0,0}	c ₀	c _α	c _λ	A	g
innen		innen		mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	
-	-	60,0	10	±0,50	±0,65	±0,014	1800	19,80	229600	39,6	44,0
-	-	60,8	10	±0,35	±0,60	±0,012	4000	42,50	565500	38,4	64,0
84,3	5,0	65,5	10	±1,10	±1,40	±0,024	90	1,20	29100	47,5	11,2
84,3	5,0	65,5	10	±1,00	±1,35	±0,024	190	2,50	47900	47,5	22,4
84,3	5,0	65,4	10	±0,95	±1,20	±0,024	330	4,50	80300	47,4	26,9
-	-	65,4	10	±0,85	±1,10	±0,023	540	7,50	112300	47,4	40,4
-	-	65,4	10	±0,60	±0,85	±0,016	1075	13,40	225300	44,9	35,8
-	-	65,4	10	±0,65	±0,80	±0,018	1400	18,00	188500	47,4	81,0
-	-	65,4	10	±0,40	±0,60	±0,012	3300	41,00	554500	44,4	65,2
84,3	5,0	72,0	10	±1,00	±1,35	±0,017	150	2,30	77500	54,8	19
84,3	5,0	70,5	10	±1,00	±1,35	±0,023	360	5,40	106000	53,8	28
-	-	70,5	10	±0,70	±0,90	±0,017	900	12,80	239500	51,8	37
-	-	70,5	10	±0,67	±0,80	±0,012	1800	26,00	363000	51,8	50
95,3	5,0	77,5	10	±1,20	±1,30	±0,024	120	2,10	47400	62,5	13
95,3	5,0	77,5	10	±1,10	±1,20	±0,025	250	4,60	75300	62,5	26
95,3	5,0	77,4	10	±0,95	±1,10	±0,023	425	7,40	123800	62,5	31
-	-	76,5	10	±0,90	±0,95	±0,022	610	11,50	139000	61,7	46
-	-	85,1	10	±1,90	±1,40	±0,030	45	1,00	13800	78,2	10
103,5	5,0	85,0	10	±1,20	±1,20	±0,027	200	4,10	65500	74,6	10
99,0	5,0	85,0	10	±0,90	±1,00	±0,021	710	14,00	268500	71,3	34
-	-	85,0	10	±0,70	±0,80	±0,020	1150	22,50	370000	71,1	51
-	-	85,0	10	±0,60	±0,70	±0,017	1600	32,00	460000	71,6	68
-	-	85,0	10	±0,55	±0,60	±0,012	1700	34,50	411000	73,0	85
113,0	5,0	93,0	10	±1,40	±1,00	±0,035	360	9,00	75600	89,0	50
115,4	5,0	96,0	10	±1,20	±1,10	±0,026	180	4,70	63600	93,3	23
115,4	5,0	96,0	10	±1,25	±1,05	±0,024	220	5,70	92800	93,3	37
115,4	5,0	96,0	10	±1,00	±0,90	±0,020	385	10,00	152800	93,3	45

HYDRA® METALLBÄLGE AUS EDELSTAHL VORZUGSREIHE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

06

06

Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil					Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellen- zahl	Ø-Toleranzen			B-Bord Ø	
		PN*	D ₁	D ₂	n _t	s				l _w	D ₁	D ₂		d ₄
96	30	96,0	122,0	3	0,30	1.4571	7,40	45	-0,8/+0,3	±1,0	113,0			
	45	96,0	122,0	4	0,30	1.4571	7,80	43	-0,8/+0,3	±1,0	113,0			
105	5	105,3	132,0	1	0,25	1.4571	6,80	42	-0,8/+0,3	±1,0	126,0			
	8	105,2	132,0	1	0,30	1.4571	6,30	42	-0,8/+0,3	±1,0	126,0			
	16	105,2	132,0	2	0,30	1.4571	7,30	50	-0,8/+0,3	±1,0	126,0			
	25	105,2	132,0	3	0,30	1.4571	8,00	46	-0,8/+0,3	±1,0	126,0			
110	5	110,3	138,0	1	0,25	1.4571	7,20	52	-0,8/+0,3	±1,5	132,0			
	12	110,2	130,0	1	0,30	1.4571	5,50	55	-0,8/+0,3	±1,5	125,0			
	25	110,2	130,0	2	0,30	1.4571	6,20	50	-0,8/+0,3	±1,5	125,0			
	40	110,2	130,0	3	0,30	1.4571	7,00	48	-0,8/+0,3	±1,5	125,0			
	60	110,2	132,0	4	0,30	1.4571	7,50	42	-0,8/+0,3	±1,5	125,0			
	70	110,2	134,0	5	0,30	1.4571	8,00	40	-1,0/+0,4	±1,5	125,0			
	10	115,0	140,0	1	0,30	1.4571	6,80	38	-0,8/+0,3	±1,5	132,0			
115	18	115,0	133,0	1	0,30	1.4571	5,10	52	-0,8/+0,3	±1,5	127,5			
	40	115,0	133,0	2	0,30	1.4571	5,30	40	-0,8/+0,3	±1,5	127,5			
	10	135,0	174,0	2	0,30	1.4571	13,00	42	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	158,0			
135	18	135,0	171,0	3	0,30	1.4571	14,00	39	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	157,0			
	32	135,0	172,0	5	0,30	1.4571	14,00	39	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	157,0			
	55	135,0	174,0	8	0,30	1.4571	16,00	34	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	158,0			
	10	164,0	203,0	2	0,30	1.4571	13,00	42	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	-			
	16	164,0	202,0	3	0,30	1.4571	14,00	39	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	-			
164	25	164,0	203,0	5	0,30	1.4571	15,00	36	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	-			
	40	164,0	205,0	8	0,30	1.4571	16,00	34	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	-			
	8	214,0	255,0	2	0,30	1.4571	15,00	36	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	-			
	12	214,0	256,0	3	0,30	1.4571	16,00	34	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	-			
214	20	214,0	257,0	5	0,30	1.4571	17,00	32	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	-			
	32	214,0	260,0	8	0,30	1.4571	18,00	30	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	-			

S-Bord		I-Bord		Nennausslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (±30%)			wirs. Querschnitt	Gewicht je Welle
Ø	Länge	Ø	Länge	axial	angular	lateral	axial	angular	lateral		
d ₀	l ₂	d ₃	l ₂	2α _{0,0}	2α _{0,0}	2λ _{0,0}	c ₀	c ₀	c ₀	A	g
innen		innen		mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	
115,4	5,0	96,0	10	±0,90	±0,80	±0,020	620	16,00	202000	93,3	66
-	-	96,0	10	±0,90	±0,80	±0,019	1100	28,50	322000	93,3	86
124,0	5,0	105,3	10	±1,50	±1,30	±0,028	150	4,60	68500	111	21
124,0	5,0	105,2	10	±1,20	±1,10	±0,021	240	7,40	127500	111	25
124,0	5,0	105,2	10	±1,20	±1,00	±0,024	465	14,20	183600	110	50
124,0	5,0	105,2	10	±1,10	±0,90	±0,024	760	23,20	250500	111	75
132,4	8,0	110,3	10	±1,70	±1,30	±0,032	140	4,70	62400	121	23
124,4	8,0	110,2	10	±0,75	±0,80	±0,013	460	14,70	329000	113	18
124,4	8,0	110,2	10	±0,75	±0,70	±0,012	950	30,00	535000	113	37
-	-	110,2	10	±0,70	±0,60	±0,012	1600	50,00	706000	113	55
-	-	110,2	10	±0,65	±0,55	±0,010	2050	65,00	802000	115	72
-	-	110,2	10	±0,60	±0,50	±0,008	2200	71,00	769000	117	90
-	-	115,0	10	±1,00	±0,80	±0,017	330	11,70	174000	128	26,0
-	-	115,0	10	±0,50	±0,40	±0,006	780	26,20	692000	121	19,0
-	-	115,0	10	±0,45	±0,40	±0,006	1550	52,00	1273000	121	37,4
-	-	135,0	16,5	±3,00	±2,00	±0,080	210	11,00	44500	188	95
-	-	135,0	16,5	±2,20	±1,50	±0,065	440	22,50	78800	184	131
-	-	135,0	16,5	±2,00	±1,40	±0,060	725	37,30	131000	185	222
-	-	135,0	16,5	±1,70	±1,20	±0,055	2500	130,00	350000	188	366
-	-	164,0	16,4	±3,00	±1,80	±0,070	250	18,40	74700	265	114
-	-	164,0	16,7	±2,60	±1,60	±0,065	425	31,00	109000	263	167
-	-	164,0	16,6	±2,40	±1,40	±0,065	750	33,00	168000	265	282
-	-	164,0	16,3	±2,10	±1,30	±0,060	1210	90,00	241000	267	466
-	-	214,0	17	±3,30	±1,60	±0,070	275	33,00	100800	432	158
-	-	214,0	17,2	±3,10	±1,50	±0,070	415	50,00	134000	434	241
-	-	214,0	17,2	±3,00	±1,40	±0,070	685	83,00	197000	436	407
-	-	214,0	16,8	±2,80	±1,30	±0,070	1075	132,00	280000	441	685

HYDRA® METALLBÄLGE FÜR ANSI/ASME VENTILE



Bei HYDRA-Metallbälgen, die speziell für Ventile nach dem ANSI/ASME Standard ausgelegt sind, ist neben dem Bezugsdurchmesser auch der jeweils maximal mögliche Ventilspindeldurchmesser angegeben.

Die Bälge sind so ausgelegt, dass ein Prüfdruck in Höhe des 1,5-fachen Kalt-drucks (vgl. Tabelle 6.4.1.) ertragen wird.

Die Korrekturfaktoren für Druck und Lastspielzahl sind bereits berücksichtigt, so dass die Wellenzahl gemäß

(6.1.5.a)

$$n_W = \frac{2\delta}{2\delta_n}$$

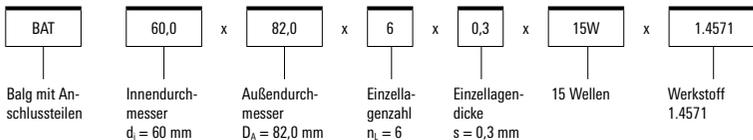
bestimmt werden kann.

BAO: Balg ohne Anschlusssteile

BAT: Balg mit Anschlusssteilen

Balgbezeichnung:

(beispielhaft)



Druckstufen gemäß ANSI/ASME B16.34

Druckstufe (ANSI Class)	Kaltdruck p _{KT} (bar)	Prüfdruck p _F (bar)
150	25	37,5
300	50	75
600	100	150
800	134	200
900	150	225
1500	250	375

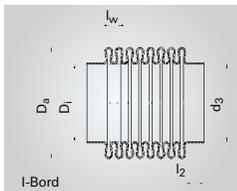
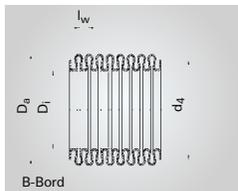
Tabelle 6.4.1.

Lastspielzahlen gemäß MSS SP-117

Ventilnennweite	ANSI/ASME Druckstufe Class 800 und kleiner		ANSI/ASME Druckstufe größer als Class 800	
	GATE Ventil	GLOBE Ventil	GATE Ventil	GLOBE Ventil
kleiner 2½"	2.000	5.000	2.000	2.000
2½" bis 4"	2.000	5.000	1.000	2.000
größer 4"	1.000	2.000	1.000	1.000

Tabelle 6.4.2.

HYDRA® METALLBÄLGE FÜR ANSI/ASME VENTILE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

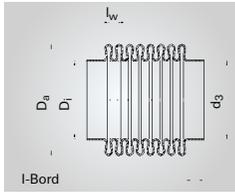
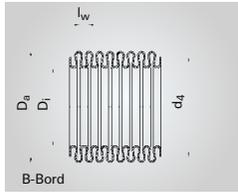
06

06

Bezugs- durch- messer	maximaler Spindel- durch- messer	ASME Class	Nenn- druck	Balgprofil				Werkstoff	max. Wellen- zahl	Wellen- länge
				PN*	D _i	D _a	n _L			
										l _w
mm	mm	—	bar	mm	mm	—	mm	—	mm	
9	7,5	150	25	9,0	14,0	1	0,10	1.4541 / 1.4571	235	1,30
		300	50	9,0	14,5	2	0,10	1.4541 / 1.4571	214	1,75
		600	100	9,0	14,0	3	0,10	1.4541 / 1.4571	220	1,75
		800/900	150	9,0	14,0	4	0,10	1.4541 / 1.4571	191	2,00
		1500	250	9,0	13,0	4	0,10	1.4541 / 1.4571	258	1,50
16	14,5	150	25	16,6	24,0	2	0,10	1.4541 / 1.4571	104	2,00
		300	50	16,8	24,0	2	0,15	1.4541 / 1.4571	106	2,30
		600	100	16,4	24,0	3	0,15	1.4541 / 1.4571	104	2,50
		800/900	150	16,4	24,0	4	0,15	1.4541 / 1.4571	103	3,00
		1500	250	16,0	24,5	4	0,20	1.4541 / 1.4571	89	3,80
18	16,5	150	25	18,2	26,0	2	0,10	1.4541 / 1.4571	97	2,70
		300	50	18,0	26,0	2	0,15	1.4541 / 1.4571	93	2,60
		600	100	18,0	28,0	3	0,20	1.4541 / 1.4571	75	3,50
		800/900	150	18,0	28,0	3	0,25	1.4541 / 1.4571	75	3,80
		1500	250	18,0	28,0	4	0,25	1.4541 / 1.4571	82	3,50
22	20,5	150	25	22,0	32,5	2	0,15	1.4541 / 1.4571	73	2,80
		300	50	22,0	32,0	2	0,20	1.4541 / 1.4571	77	3,20
		600	100	22,0	32,0	3	0,20	1.4541 / 1.4571	77	3,30
		800/900	150	22,0	34,0	4	0,25	1.4541 / 1.4571	59	4,30
		1500	250	22,0	34,0	4	0,30	1.4541 / 1.4571	65	4,50
24	22,5	150	25	24,2	35,5	2	0,15	1.4541 / 1.4571	71	3,10
		300	50	24,2	36,5	2	0,25	1.4541 / 1.4571	63	3,30
		600	100	24,0	36,5	3	0,25	1.4541 / 1.4571	62	4,00
		800/900	150	24,0	36,0	4	0,25	1.4541 / 1.4571	64	4,60
		1500	250	24,0	36,5	5	0,25	1.4541 / 1.4571	66	4,80
27	25,0	150	25	27,0	38,0	2	0,15	1.4541 / 1.4571	111	2,80
		300	50	27,0	40,0	2	0,25	1.4541 / 1.4571	88	4,00

Ø-Toleranzen		B-Bord		I-Bord		Nennauslenkung je Welle			axiale Federrate je Welle (±30%)
		Ø	d _t	Ø	Länge	1.000	2.000	5.000	
d _i	D _a	d _t	l ₂	innen	l ₂	Lastspiele	Lastspiele	Lastspiele	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	2da,1000	2da,2000	2da,5000	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	—	—	—	
-0,4/+0,1	±0,3	12,5	9,0	5	0,26	0,23	0,19	115	
-0,4/+0,1	±0,3	13,0	9,0	5	0,32	0,28	0,23	160	
-0,4/+0,1	±0,5	12,5	9,0	5	0,22	0,19	0,16	450	
-0,6/+0,2	±0,5	12,5	9,0	5	0,22	0,19	0,16	760	
-0,6/+0,2	±0,5	11,7	9,0	5	0,13	0,11	0,09	1230	
-0,4/+0,1	±0,5	21,5	16,6	6	0,47	0,41	0,34	126	
-0,4/+0,1	±0,5	21,5	16,8	6	0,35	0,30	0,25	420	
-0,6/+0,2	±0,5	21,5	16,4	6	0,35	0,30	0,25	680	
-0,6/+0,2	±0,5	21,5	16,4	6	0,31	0,27	0,22	1000	
-0,6/+0,2	±0,8	21,5	16,0	6	0,22	0,19	0,16	2150	
-0,4/+0,1	±0,5	24,0	18,2	6	0,61	0,54	0,44	154	
-0,6/+0,2	±0,5	24,0	18,0	6	0,43	0,38	0,31	405	
-0,6/+0,2	±0,5	25,0	18,0	6	0,40	0,35	0,29	1000	
-0,6/+0,2	±0,5	25,0	18,0	6	0,35	0,30	0,25	1700	
-0,6/+0,2	±0,8	25,0	18,0	6	0,25	0,22	0,18	2840	
-0,6/+0,2	±0,5	28,0	22,0	8	0,63	0,55	0,45	217	
-0,6/+0,2	±0,5	28,0	22,0	8	0,45	0,39	0,32	660	
-0,6/+0,2	±0,5	28,0	22,0	8	0,38	0,33	0,27	1020	
-0,6/+0,2	±0,8	30,0	22,0	8	0,38	0,33	0,27	1900	
-0,6/+0,2	±0,8	30,0	22,0	8	0,29	0,26	0,21	3600	
-0,6/+0,2	±0,5	34,0	24,2	8	0,75	0,66	0,54	200	
-0,6/+0,2	±0,5	34,0	24,2	8	0,51	0,45	0,37	590	
-0,6/+0,2	±0,5	34,0	24,0	8	0,49	0,43	0,35	860	
-0,6/+0,2	±0,8	34,0	24,0	8	0,39	0,34	0,28	2060	
-0,6/+0,2	±0,8	34,0	24,0	8	0,31	0,27	0,22	3650	
-0,6/+0,2	±0,5	34,5	27,0	8	0,67	0,58	0,48	220	
-0,6/+0,2	±0,5	37,5	27,0	8	0,56	0,49	0,40	660	

HYDRA® METALLBÄLGE FÜR ANSI/ASME VENTILE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

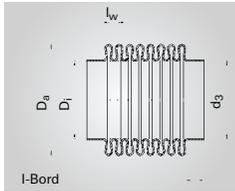
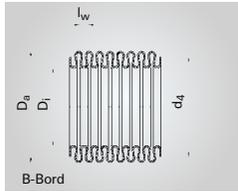
06

06

Bezugs- durch- messer	maximaler Spindel- durch- messer	ASME Class	Nenn- druck	Balgprofil				Werkstoff	max. Wellen- zahl	Wellen- länge
				PN*	D ₁	D ₂	n _L			
										mm
27	25,0	600	100	27,0	39,5	3	0,25	1.4541 / 1.4571	93	4,00
		800/900	150	27,0	41,0	3	0,30	1.4541 / 1.4571	87	5,20
29	27,0	150	25	29,0	43,0	2	0,20	1.4541 / 1.4571	83	3,80
		300	50	29,0	42,0	2	0,25	1.4541 / 1.4571	88	3,80
		600	100	29,0	43,0	4	0,25	1.4541 / 1.4571	82	5,00
		800/900	150	29,0	41,5	4	0,25	1.4541 / 1.4571	88	4,80
		1500	250	29,0	43,0	5	0,30	1.4541 / 1.4571	70	5,80
34	32,0	150	25	34,0	49,0	2	0,20	1.4541 / 1.4571	73	4,20
		300	50	34,0	50,0	2	0,30	1.4541 / 1.4571	73	4,60
		600	100	34,0	49,0	3	0,30	1.4541 / 1.4571	75	5,10
		800/900	150	34,0	48,0	4	0,30	1.4541 / 1.4571	78	5,20
		1500	250	34,0	48,0	5	0,30	1.4541 / 1.4571	70	5,60
38	36,2	150	25	38,8	53,5	2	0,20	1.4541 / 1.4571	83	4,50
		300	50	39,0	54,0	2	0,30	1.4541 / 1.4571	73	4,40
		600	100	38,2	56,0	4	0,30	1.4541 / 1.4571	70	5,50
		800/900	150	38,2	55,0	5	0,30	1.4541 / 1.4571	67	6,00
		1500	250	38,2	54,0	6	0,30	1.4541 / 1.4571	54	6,40
42	40,0	150	25	42,0	60,0	2	0,20	1.4541 / 1.4571	63	5,00
		300	50	42,0	58,0	2	0,30	1.4541 / 1.4571	73	4,80
		600	100	42,0	60,0	4	0,30	1.4541 / 1.4571	67	6,20
		800/900	150	42,0	61,0	6	0,30	1.4541 / 1.4571	59	7,40
		1500	250	42,0	60,0	7	0,30	1.4541 / 1.4571	53	8,00
47	45,4	150	25	47,8	66,0	2	0,20	1.4541 / 1.4571	63	5,10
		300	50	47,4	63,0	2	0,30	1.4541 / 1.4571	78	5,00
		600	100	47,4	65,0	4	0,30	1.4541 / 1.4571	61	6,30
		800/900	150	47,4	64,0	6	0,30	1.4541 / 1.4571	58	7,10
		1500	250	47,4	64,0	8	0,30	1.4541 / 1.4571	51	7,70

Ø-Toleranzen		B-Bord		I-Bord		Nennauslenkung je Welle			axiale Federrate je Welle (±30%)
		Ø	d ₄	Ø	Länge	1.000	2.000	5.000	
d ₁	D ₂	d ₄	d ₂	l ₂	Lastspiele	Lastspiele	Lastspiele		
mm	mm	mm	mm	mm	2da,1000	2da,2000	2da,5000	N/mm	
-0,6/+0,2	±0,5	36,5	27,0	8	0,45	0,39	0,32	1250	
-0,6/+0,2	±0,8	37,5	27,0	8	0,36	0,32	0,26	2450	
-0,6/+0,2	±0,5	39,0	29,0	8	0,83	0,73	0,60	260	
-0,6/+0,2	±0,5	39,0	29,0	8	0,63	0,55	0,45	690	
-0,6/+0,2	±0,8	39,0	29,0	8	0,56	0,49	0,40	1360	
-0,6/+0,2	±0,8	39,0	29,0	8	0,49	0,43	0,35	2100	
-0,6/+0,2	±0,8	39,0	29,0	8	0,42	0,37	0,30	4020	
-0,6/+0,2	±0,5	47,0	34,0	10	1,00	0,88	0,72	270	
-0,6/+0,2	±0,5	47,0	34,0	10	0,74	0,65	0,53	700	
-0,6/+0,2	±0,8	47,0	34,0	10	0,61	0,54	0,44	1560	
-0,6/+0,2	±0,8	45,0	34,0	10	0,49	0,43	0,35	2850	
-0,6/+0,2	±0,8	45,0	34,0	10	0,40	0,35	0,29	3500	
-0,6/+0,2	±0,8	47,0	38,8	10	0,97	0,85	0,70	310	
-0,6/+0,2	±0,8	47,0	39,0	10	0,67	0,58	0,48	1000	
-0,6/+0,2	±0,8	47,0	38,2	10	0,65	0,57	0,47	1400	
-0,6/+0,2	±0,8	47,0	38,2	10	0,58	0,51	0,42	2570	
-0,8/+0,3	±0,8	47,0	38,2	10	0,45	0,39	0,32	4550	
-0,6/+0,2	±0,8	57,0	42,0	10	1,14	1,00	0,82	380	
-0,6/+0,2	±0,8	50,5	42,0	10	0,75	0,66	0,54	880	
-0,6/+0,2	±0,8	50,5	42,0	10	0,72	0,63	0,52	1500	
-0,8/+0,3	±0,8	55,0	42,0	10	0,61	0,54	0,44	2900	
-0,8/+0,3	±0,8	55,0	42,0	10	0,46	0,40	0,33	4830	
-0,6/+0,2	±0,8	62,5	47,8	10	1,21	1,06	0,87	320	
-0,6/+0,2	±0,8	56,5	47,4	10	0,72	0,63	0,52	1025	
-0,6/+0,2	±0,8	57,0	47,4	10	0,70	0,61	0,50	1850	
-0,8/+0,3	±1,0	57,0	47,4	10	0,51	0,45	0,37	4400	
-0,8/+0,3	±1,0	57,0	47,7	10	0,36	0,32	0,26	7000	

HYDRA® METALLBÄLGE FÜR ANSI/ASME VENTILE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

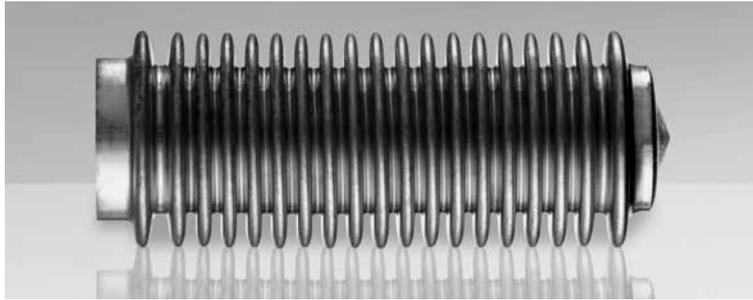
06

Bezugs- durch- messer	maximaler Spindel- durch- messer	ASME Class	Nenn- druck	Balgprofil				Werkstoff	max. Wellen- zahl	Wellen- länge	
				PN*	D ₁	D ₂	n _L				s
										l _w	
mm	mm	—	bar	mm	mm	—	mm	—	—	mm	
56	54,0	150	25	56,1	74,5	2	0,25	1.4541 / 1.4571	60	5,40	
			300	50	56,2	76,0	3	0,30	1.4541 / 1.4571	56	6,10
			600	100	56,2	77,0	5	0,30	1.4541 / 1.4571	55	7,20
60	58,0	800/900	150	60,0	79,0	6	0,30	1.4541 / 1.4571	52	7,50	
53	51,0	1500	250	53,0	70,0	8	0,30	1.4541 / 1.4571	51	7,70	
66	63,4	150	25	65,4	87,0	2	0,30	1.4541 / 1.4571	52	5,80	
			300	50	65,4	86,0	3	0,30	1.4541 / 1.4571	56	6,40
			600	100	65,4	88,0	6	0,30	1.4541 / 1.4571	53	8,10
			800/900	150	65,4	85,0	6	0,30	1.4541 / 1.4571	54	7,10
70	68,5	150	25	70,5	92,0	2	0,30	1.4541 / 1.4571	53	6,00	
			300	50	70,5	90,0	3	0,30	1.4541 / 1.4571	61	5,50
85	83,0	150	25	85,0	106,0	2	0,30	1.4541 / 1.4571	54	6,00	
			300	50	85,0	105,0	3	0,30	1.4541 / 1.4571	58	6,20
			600	100	85,0	105,0	5	0,30	1.4541 / 1.4571	51	7,20
96	94,0	800/900	150	96,0	116,0	8	0,30	1.4541 / 1.4571	44	8,20	
110	108,2	150	25	110,2	130,0	2	0,30	1.4541 / 1.4571	50	6,20	
			300	50	110,2	129,0	3	0,30	1.4541 / 1.4571	58	7,00

06

Ø-Toleranzen		B-Bord		I-Bord		Nennauslenkung je Welle			axiale Federrate je Welle (±30%)
		Ø	Ø	Länge	1.000	2.000	5.000		
d ₁	D ₂	d ₄	d ₅	l ₂	Lastspiele	Lastspiele	Lastspiele		
mm	mm	mm	mm	mm	2dn,1000	2dn,2000	2dn,5000		
mm	mm	mm	mm	mm	—	—	—	N/mm	
-1,0/+0,4	±1,0	68,0	56,1	10	1,25	1,10	0,90	425	
-0,6/+0,2	±0,8	68,0	56,2	10	1,00	0,88	0,72	990	
-0,8/+0,3	±0,8	73,0	56,2	10	0,90	0,79	0,65	1600	
-0,8/+0,3	±1,0	73,0	60,0	10	0,58	0,51	0,42	3300	
-1,0/+0,4	±1,0	64,0	53,0	10	0,45	0,39	0,32	7700	
-0,8/+0,3	±0,8	75,0	65,4	10	1,25	1,10	0,90	530	
-0,8/+0,3	±0,8	82,0	65,4	10	0,97	0,85	0,70	985	
-1,0/+0,4	±1,0	82,0	65,4	10	1,04	0,91	0,75	2010	
-1,0/+0,4	±1,0	80,0	65,4	10	0,63	0,55	0,45	3300	
-0,8/+0,3	±1,0	85,0	70,5	10	1,25	1,10	0,90	565	
-0,8/+0,3	±1,0	85,0	70,5	10	0,97	0,85	0,70	1220	
-0,8/+0,3	±1,0	101,0	85,0	10	1,39	1,22	1,00	710	
-0,8/+0,3	±1,0	101,0	85,0	10	1,04	0,91	0,75	1300	
-1,0/+0,4	±1,0	101,0	85,0	10	0,92	0,80	0,66	2590	
-1,0/+0,4	±1,0	108,0	96,0	10	0,68	0,60	0,49	6100	
-0,8/+0,3	±1,5	125,0	110,2	10	1,20	1,05	0,86	950	
-0,8/+0,3	±1,5	125,0	110,2	10	0,99	0,86	0,71	1875	

HYDRA® METALLBÄLGE AUS BRONZE



Bronzebälge für die Mess- und Regeltechnik

Aufgrund ihrer geringen Federrate eignen sich Bronzebälge besonders für Aufgaben in der Mess- und Regeltechnik. Sie werden aus nahtlosen Hülsen aus den Werkstoffen 2.1020 (CuSn6) oder 2.1030 (CuSn8) hergestellt.

Die Abmessungen der möglichen Bronzebälge sind auf Anfrage erhältlich.

HYDRA® MEMBRANBÄLGE NORMALPROFIL



Flexibel auf kleinem Bauraum

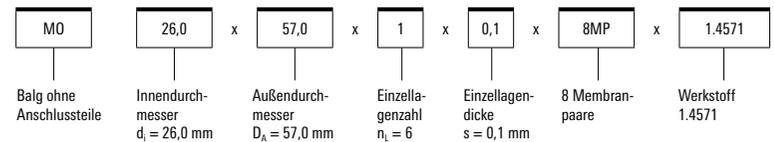
HYDRA-Membranbälge mit Normalprofil haben eine sehr hohe Beweglichkeit. Sie sind besonders geeignet für Anwendungen, bei denen große Bewegungen auf geringem Bauraum realisiert werden müssen. Standardwerkstoff ist 1.4571. Hochbelastete Bälge können im aushärtbaren Werkstoff AM 350 hergestellt werden. Bei Axialbelastung ist eine Hubaufteilung von 80 % Stauchen und 20 % Strecken notwendig.

MO: Balg ohne Anschlusssteile

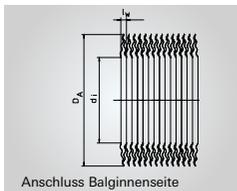
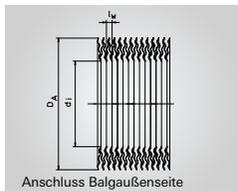
MM: Balg mit Anschlusssteilen

Balgbezeichnung:

(beispielhaft)



HYDRA-MEMBRANBÄLGE NORMALPROFIL VORZUGSREIHE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

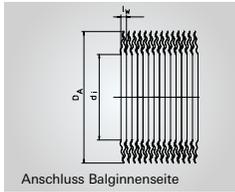
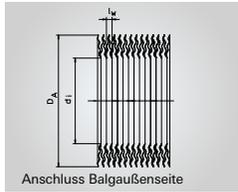
06

Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Membranprofil					Werkstoff	Länge je Membran- paare	max. Anzahl Membran- paare	Ø-Toleranzen		
		PN*	d _i	D _A	n _t	s				l _w	d _i	D _s
11	5,0	11,0	22,0	1	0,10	1.4541	1,2	120	±0,3	±0,3		
	8,0	11,0	22,0	1	0,15	1.4571	1,2	120	±0,3	±0,3		
	4,0	11,0	27,0	1	0,10	1.4541	1,4	100	±0,3	±0,3		
	6,0	11,0	27,0	1	0,15	1.4571	1,5	95	±0,3	±0,3		
	2,0	11,0	31,0	1	0,10	1.4541	2,2	65	±0,3	±0,3		
	5,2	11,0	31,0	1	0,15	1.4571	2,2	65	±0,3	±0,3		
12	8,0	12,0	22,0	1	0,10	1.4541	1,0	145	±0,3	±0,3		
	12,0	12,0	22,0	1	0,15	1.4571	1,0	145	±0,3	±0,3		
17	2,1	17,0	37,0	1	0,10	1.4541	2,1	67	±0,3	±0,3		
	3,6	17,0	37,0	1	0,15	1.4571	2,1	67	±0,3	±0,3		
21	1,3	21,0	42,5	1	0,10	1.4541	2,0	140	±0,3	±0,3		
	2,8	21,0	42,5	1	0,15	1.4571	2,0	140	±0,3	±0,3		
	5,2	21,0	42,5	1	0,20	1.4571	2,0	140	±0,3	±0,3		
	1,0	21,0	49,0	1	0,10	1.4541	3,2	45	±0,3	±0,3		
	2,2	21,0	49,0	1	0,15	1.4571	3,1	45	±0,3	±0,3		
	4,0	21,0	49,0	1	0,20	1.4571	3,1	45	±0,3	±0,3		
26	2,0	25,5	50,0	1	0,10	1.4541	1,9	145	±0,3	±0,3		
	3,0	25,5	50,0	1	0,15	1.4571	1,9	145	±0,3	±0,3		
	0,8	26,0	57,0	1	0,10	1.4541	3,6	75	±0,3	±0,3		
	1,8	26,0	57,0	1	0,15	1.4571	3,7	75	±0,3	±0,3		
	3,2	26,0	57,0	1	0,20	1.4571	3,5	80	±0,3	±0,3		
29	0,7	29,0	61,0	1	0,10	1.4541	3,8	72	±0,3	±0,3		
	1,6	29,0	61,0	1	0,15	1.4571	3,7	75	±0,3	±0,3		
	2,9	29,0	61,0	1	0,20	1.4571	3,6	75	±0,3	±0,3		
33	0,6	33,0	67,0	1	0,10	1.4541	3,7	75	±0,3	±0,3		
	1,4	33,0	67,0	1	0,15	1.4571	3,7	75	±0,3	±0,3		
	2,6	33,0	67,0	1	0,20	1.4571	3,7	75	±0,3	±0,3		

06

Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (±30%)			wirks. Quer- schnitt	Gewicht je Membran- paar
axial	angular	lateral	axial	angular	lateral		
2D _{0,0}	2C _{0,0}	2Z _{0,0}	c ₀	c ₀	c ₀	A	
mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	g
0,80 = +0,16 / -0,64	±1,11	±0,0038	100	0,06	28000	2,2	0,46
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,97	±0,0033	210	0,12	59000	2,2	0,68
1,00 = +0,20 / -0,80	±1,21	±0,0049	77	0,06	21000	3,0	0,76
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,96	±0,0042	160	0,13	38000	3,0	1,15
1,20 = +0,24 / -0,96	±1,31	±0,0083	52	0,05	7100	3,7	1,06
1,00 = +0,20 / -0,80	±1,09	±0,0069	107	0,10	15000	3,7	1,58
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,81	±0,0023	180	0,11	78000	2,0	0,32
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,81	±0,0023	390	0,25	169000	2,0	0,48
1,70 = +0,34 / -1,36	±1,44	±0,0088	60	0,10	15000	6,0	1,36
1,40 = +0,28 / -1,12	±1,19	±0,0072	110	0,17	27000	6,0	2,04
1,60 = +0,32 / -1,28	±1,15	±0,0067	50	0,11	19000	8,1	1,72
1,50 = +0,30 / -1,20	±1,08	±0,0062	90	0,20	34000	8,1	2,57
1,40 = +0,28 / -1,12	±1,01	±0,0058	136	0,30	51400	8,1	3,43
2,40 = +0,48 / -1,92	±1,57	±0,0146	35	0,09	6300	10,1	2,46
2,20 = +0,44 / -1,76	±1,44	±0,0129	64	0,17	12200	10,1	3,69
2,00 = +0,40 / -1,60	±1,31	±0,0118	106	0,28	20300	10,1	4,93
1,00 = +0,20 / -0,80	±0,61	±0,0033	40	0,12	23700	11,6	2,32
0,90 = +0,18 / -0,72	±0,55	±0,0030	95	0,30	56000	11,6	3,49
2,70 = +0,54 / -2,16	±1,49	±0,0156	34	0,13	6800	14,2	3,23
2,50 = +0,50 / -2,00	±1,38	±0,0148	66	0,25	12400	14,2	4,85
2,30 = +0,46 / -1,84	±1,27	±0,0129	101	0,38	21300	14,2	6,47
2,90 = +0,58 / -2,32	±1,48	±0,0163	32	0,14	6700	16,6	3,62
2,70 = +0,54 / -2,16	±1,38	±0,0148	58	0,26	12900	16,6	5,43
2,50 = +0,50 / -2,00	±1,27	±0,0133	95	0,42	22300	16,6	7,24
3,10 = +0,62 / -2,48	±1,42	±0,0152	30	0,16	8200	20,4	4,27
2,90 = +0,58 / -2,32	±1,33	±0,0143	55	0,30	15100	20,4	6,41
2,70 = +0,54 / -2,16	±1,24	±0,0133	94	0,51	25700	20,4	8,55

HYDRA-MEMBRANBÄLGE NORMALPROFIL VORZUGSREIHE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

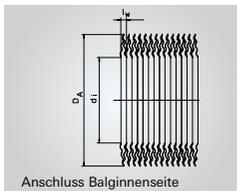
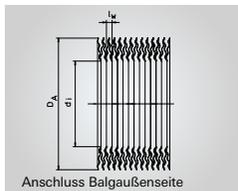
06

Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Membranprofil					Werkstoff	Länge je Membran- paare	max. Anzahl Membran- paare	Ø-Toleranzen		
		PN*	d _I	D _A	n _I	s				l _w	d _I	D _A
36	0,5	36,0	72,0	1	0,10	1.4541	3,8	72	±0,3	±0,3		
	1,3	36,0	72,0	1	0,15	1.4571	3,8	72	±0,3	±0,3		
	2,4	36,0	72,0	1	0,20	1.4571	4,0	70	±0,3	±0,3		
38	0,7	38,0	66,0	1	0,10	1.4541	2,5	110	±0,3	±0,3		
	1,6	38,0	66,0	1	0,15	1.4571	2,6	105	±0,3	±0,3		
	3,0	38,0	66,0	1	0,20	1.4571	2,7	100	±0,3	±0,3		
42	0,5	42,0	81,0	1	0,10	1.4541	4,1	42	±0,3	±0,3		
	1,1	42,0	81,0	1	0,15	1.4571	4,0	45	±0,3	±0,3		
	1,9	42,0	81,0	1	0,20	1.4571	4,4	40	±0,3	±0,3		
44	0,4	44,0	84,0	1	0,10	1.4541	4,2	35	±0,3	±0,3		
	1,0	44,0	84,0	1	0,15	1.4571	4,2	35	±0,3	±0,3		
	1,8	44,0	84,0	1	0,20	1.4571	4,2	35	±0,3	±0,3		
47	0,4	47,0	88,0	1	0,10	1.4541	4,4	32	±0,3	±0,3		
	1,0	47,0	88,0	1	0,15	1.4571	4,4	32	±0,3	±0,3		
	1,8	47,0	88,0	1	0,20	1.4571	4,3	34	±0,3	±0,3		
52	1,0	52,0	80,0	1	0,10	1.4541	3,2	45	±0,3	±0,3		
	2,1	52,0	80,0	1	0,15	1.4571	3,2	45	±0,3	±0,3		
	4,0	52,0	80,0	1	0,20	1.4571	3,2	45	±0,3	±0,3		
	0,4	52,0	95,0	1	0,10	1.4541	4,6	38	±0,3	±0,3		
	0,9	52,0	95,0	1	0,15	1.4571	4,5	40	±0,3	±0,3		
	1,5	52,0	95,0	1	0,20	1.4571	4,6	38	±0,3	±0,3		
57	0,7	57,0	102	1	0,15	1.4571	4,8	32	±0,3	±0,3		
	1,4	57,0	102	1	0,20	1.4571	4,8	32	±0,3	±0,3		
	2,1	57,0	102	1	0,25	1.4571	5,0	32	±0,3	±0,3		
	0,7	62,0	109	1	0,15	1.4571	4,9	32	±0,3	±0,3		
62	1,2	62,0	109	1	0,20	1.4571	4,9	32	±0,3	±0,3		
	1,9	62,0	109	1	0,25	1.4571	4,9	32	±0,3	±0,3		

Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (±30%)			wirks. Quer- schnitt	Gewicht je Membran- paar
axial	angular	lateral	axial	angular	lateral		
2D _{h,0}	2C _{h,0}	2Z _{h,0}	c _h	c _h	c _h	A	
mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	g
3,30 = +0,66 / -2,64	±1,40	±0,0154	29	0,18	8800	23,8	4,89
3,10 = +0,62 / -2,48	±1,32	±0,0145	51	0,32	15500	23,8	7,33
2,90 = +0,58 / -2,32	±1,23	±0,0143	89	0,57	24300	23,8	9,77
2,70 = +0,54 / -2,16	±1,19	±0,0086	35	0,21	22700	21,8	3,66
2,50 = +0,50 / -2,00	±1,10	±0,0083	60	0,35	36000	21,8	5,49
2,30 = +0,46 / -1,84	±1,01	±0,0079	100	0,59	55600	21,8	7,32
3,60 = +0,72 / -2,88	±1,34	±0,0160	27	0,22	9100	30,7	6,03
3,40 = +0,68 / -2,72	±1,27	±0,0147	48	0,40	17000	30,7	9,04
3,20 = +0,64 / -2,56	±1,19	±0,0152	75	0,62	22000	30,7	12,1
3,70 = +0,74 / -2,96	±1,32	±0,0161	26	0,23	9100	33,2	6,43
3,50 = +0,70 / -2,80	±1,25	±0,0153	47	0,42	16400	33,2	9,65
3,20 = +0,64 / -2,56	±1,15	±0,0140	75	0,67	26000	33,2	12,9
3,80 = +0,76 / -3,04	±1,29	±0,0165	26	0,26	9200	36,9	6,96
3,60 = +0,72 / -2,88	±1,22	±0,0156	47	0,47	16600	36,9	10,4
3,30 = +0,66 / -2,64	±1,12	±0,0140	78	0,78	28800	36,9	13,9
2,40 = +0,48 / -1,92	±0,83	±0,0077	70	0,67	44700	34,0	4,64
2,20 = +0,44 / -1,76	±0,76	±0,0071	128	1,22	82000	34,0	6,97
2,00 = +0,40 / -1,60	±0,69	±0,0064	212	2,01	135000	34,0	9,29
4,00 = +0,80 / -3,20	±1,25	±0,0166	24	0,28	9200	43,6	7,94
3,80 = +0,76 / -3,04	±1,18	±0,0155	50	0,59	20000	43,6	11,9
3,50 = +0,70 / -2,80	±1,09	±0,0146	70	0,83	26800	43,6	15,9
4,10 = +0,82 / -3,28	±1,18	±0,0165	42	0,58	17300	51,0	13,5
3,90 = +0,78 / -3,12	±1,12	±0,0156	65	0,90	26700	51,0	18,0
3,60 = +0,72 / -2,88	±1,04	±0,0150	91	1,25	34500	51,0	22,5
4,30 = +0,86 / -3,44	±1,15	±0,0164	43	0,69	19700	58,9	15,1
4,10 = +0,82 / -3,28	±1,10	±0,0156	61	0,97	27900	58,9	20,2
3,80 = +0,76 / -3,04	±1,02	±0,0145	89	1,42	40600	58,9	25,2

06

HYDRA-MEMBRANBÄLGE NORMALPROFIL VORZUGSREIHE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

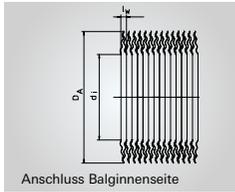
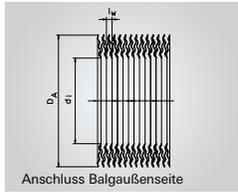
06

06

Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Membranprofil					Werkstoff	Länge je Membran- paare	max. Anzahl Membran- paare	Ø-Toleranzen		
		PN*	d _i	D _A	n _t	s				l _w	d _i	D _s
67	1,0	67,0	102	1	0,15	1.4571	4,5	36	±0,3	±0,3		
	1,8	67,0	102	1	0,20	1.4571	4,5	36	±0,3	±0,3		
	3,0	67,0	102	1	0,25	1.4571	4,5	36	±0,3	±0,3		
	0,6	67,0	116	1	0,15	1.4571	4,9	32	±0,3	±0,3		
	1,1	67,0	116	1	0,20	1.4571	4,7	32	±0,3	±0,3		
	1,8	67,0	116	1	0,25	1.4571	5,1	30	±0,3	±0,3		
72	0,6	72,0	123	1	0,15	1.4571	5,3	250	±0,3	±0,3		
	1,0	72,0	123	1	0,20	1.4571	5,3	250	±0,3	±0,3		
	1,6	72,0	123	1	0,25	1.4571	5,2	250	±0,3	±0,3		
	0,7	77,0	107	1	0,10	1.4541	3,4	250	±0,3	±0,3		
	0,5	77,0	130	1	0,15	1.4571	5,2	250	±0,3	±0,3		
	1,0	77,0	130	1	0,20	1.4571	5,3	250	±0,3	±0,3		
82	1,5	77,0	130	1	0,25	1.4571	5,4	250	±0,3	±0,3		
	0,5	82,0	136	1	0,15	1.4571	5,4	250	±0,3	±0,3		
	0,9	82,0	136	1	0,20	1.4571	5,6	250	±0,3	±0,3		
	1,4	82,0	136	1	0,25	1.4571	5,7	250	±0,3	±0,3		
87	0,8	87,0	143	1	0,20	1.4571	5,7	250	±0,3	±0,3		
	1,3	87,0	143	1	0,25	1.4571	5,8	250	±0,3	±0,3		
	1,9	87,0	143	1	0,30	1.4571	5,9	250	±0,3	±0,3		
92	0,6	92,0	134	1	0,15	1.4571	4,0	250	±0,3	±0,3		
	0,8	92,0	134	1	0,20	1.4571	4,1	250	±0,3	±0,3		
	1,3	92,0	134	1	0,25	1.4571	4,1	250	±0,3	±0,3		
	1,9	92,0	134	1	0,30	1.4571	4,2	250	±0,3	±0,3		
	0,8	92,0	149	1	0,20	1.4571	6,0	250	±0,3	±0,3		
	1,2	92,0	149	1	0,25	1.4571	6,2	250	±0,3	±0,3		
1,8	92,0	149	1	0,30	1.4571	6,2	250	±0,3	±0,3			

Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (±30%)			wirks. Quer- schnitt	Gewicht je Membran- paar
axial	angular	lateral	axial	angular	lateral		
2D _{a,0}	2C _{a,0}	2λ _{a,0}	c _a	c _α	c _λ	A	
mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	g
3,00 = +0,60 / -2,40	±0,81	±0,0106	69	1,07	36500	56,9	11,1
2,90 = +0,50 / -2,00	±0,68	±0,0088	123	1,92	65000	56,9	14,9
2,10 = +0,42 / -1,68	±0,57	±0,0074	192	2,99	101500	56,9	18,6
4,50 = +0,90 / -3,60	±1,13	±0,0160	40	0,73	21000	67,3	16,9
4,30 = +0,86 / -3,44	±1,08	±0,0147	59	1,08	33500	67,3	22,5
4,00 = +0,80 / -3,20	±1,00	±0,0148	88	1,61	42500	67,3	28,2
4,70 = +0,94 / -3,76	±1,10	±0,0170	43	0,89	22000	76,4	18,7
4,50 = +0,90 / -3,60	±1,06	±0,0163	54	1,12	27400	76,4	25,0
4,20 = +0,84 / -3,36	±0,99	±0,0149	76	1,58	40000	76,4	31,2
2,70 = +0,54 / -2,16	±0,67	±0,0066	52	0,96	57000	67,1	6,9
4,90 = +0,98 / -3,92	±1,09	±0,0164	38	0,89	22500	86,0	20,7
4,70 = +0,94 / -3,76	±1,04	±0,0160	52	1,22	30000	86,0	27,6
4,40 = +0,88 / -3,52	±0,97	±0,0153	75	1,75	41300	86,0	34,5
5,00 = +1,00 / -4,00	±1,05	±0,0165	38	0,98	23200	95,2	22,2
4,80 = +0,96 / -3,84	±1,01	±0,0164	52	1,35	30000	95,2	29,6
4,50 = +0,90 / -3,60	±0,95	±0,0156	74	1,92	40600	95,2	37,0
5,20 = +1,04 / -4,16	±1,04	±0,0171	54	1,56	33000	106	32,4
5,00 = +1,00 / -4,00	±1,00	±0,0168	75	2,16	44200	106	40,5
4,70 = +0,94 / -3,76	±0,94	±0,0160	101	2,91	57600	106	48,6
3,90 = +0,78 / -3,12	±0,79	±0,0092	46	1,28	55000	101	17,9
3,20 = +0,64 / -2,56	±0,65	±0,0077	64	1,78	72900	101	23,9
3,00 = +0,60 / -2,40	±0,61	±0,0072	85	2,36	96700	101	29,8
2,80 = +0,56 / -2,24	±0,57	±0,0069	112	3,13	121600	101	35,8
5,30 = +1,06 / -4,24	±1,01	±0,0175	56	1,77	33900	116	34,5
5,10 = +1,02 / -4,08	±0,97	±0,0174	77	2,44	43600	116	43,2
4,80 = +0,96 / -3,84	±0,91	±0,0164	102	3,23	57800	116	51,8

HYDRA-MEMBRANBÄLGE NORMALPROFIL VORZUGSREIHE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

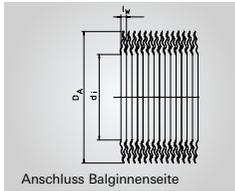
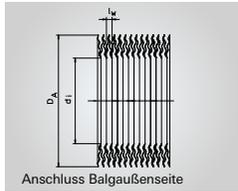
06

Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Membranprofil					Werkstoff	Länge je Membran- paare	max. Anzahl Membran- paare	Ø-Toleranzen		
		PN*	d _I	D _A	n _t	s				l _w	d _I	D _A
97	1,7	97,0	134	1	0,20	1.4571	4,0	250	±0,3	±0,3		
	2,7	97,0	134	1	0,25	1.4571	4,2	250	±0,3	±0,3		
	3,9	97,0	134	1	0,30	1.4571	4,2	250	±0,3	±0,3		
	0,8	97,0	156	1	0,20	1.4571	6,0	250	±0,3	±0,3		
	1,1	97,0	156	1	0,25	1.4571	6,2	250	±0,3	±0,3		
102	1,7	97,0	156	1	0,30	1.4571	6,2	250	±0,3	±0,3		
	0,7	102	163	1	0,20	1.4571	6,0	250	±0,3	±0,3		
	1,1	102	163	1	0,25	1.4571	6,5	250	±0,3	±0,3		
112	1,6	102	163	1	0,30	1.4571	6,5	250	±0,3	±0,3		
	0,6	112	173	1	0,20	1.4571	6,2	250	±0,3	±0,3		
	1,0	112	173	1	0,25	1.4571	6,4	250	±0,3	±0,3		
121	1,4	112	173	1	0,30	1.4571	6,4	250	±0,3	±0,3		
	0,9	121	173	1	0,20	1.4571	6,0	250	±0,3	±0,3		
	1,4	121	173	1	0,25	1.4571	6,2	250	±0,3	±0,3		
127	2,0	121	173	1	0,30	1.4571	6,2	250	±0,3	±0,3		
	0,7	127	185	1	0,15	1.4571	5,6	250	±0,3	±0,3		
	0,9	127	185	1	0,20	1.4571	5,6	250	±0,3	±0,3		
	1,3	127	185	1	0,25	1.4571	5,6	250	±0,3	±0,3		
	1,6	127	185	1	0,30	1.4571	6,0	250	±0,3	±0,3		
	0,5	127	195	1	0,20	1.4571	6,7	250	±0,3	±0,3		
	0,9	127	195	1	0,25	1.4571	6,8	250	±0,3	±0,3		
1,2	127	195	1	0,30	1.4571	6,9	250	±0,3	±0,3			

Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (±30%)			wirks. Quer- schnitt	Gewicht je Membran- paar
axial	angular	lateral	axial	angular	lateral		
2c _{0,a,0}	2c _{0,a,0}	2λ _{0,0}	c ₀	c ₀	c ₀	A	
mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	g
2,80 = +0,56 / -2,24	±0,56	±0,0064	142	4,13	178000	106	21,5
2,40 = +0,48 / -1,92	±0,48	±0,0058	221	6,43	251000	106	26,9
2,20 = +0,44 / -1,76	±0,44	±0,0053	318	9,26	361000	106	32,2
5,50 = +1,10 / -4,40	±1,00	±0,0173	59	2,06	39300	128	37,5
5,30 = +1,06 / -4,24	±0,96	±0,0173	76	2,65	47500	128	46,9
5,00 = +1,00 / -4,00	±0,91	±0,0163	103	3,60	64300	128	56,3
5,70 = +1,14 / -4,56	±0,99	±0,0172	50	1,92	36500	140	40,6
5,50 = +1,10 / -4,40	±0,95	±0,0179	77	2,95	48000	140	50,8
5,20 = +1,04 / -4,16	±0,90	±0,0170	103	3,95	64200	140	60,9
5,60 = +1,12 / -4,48	±0,90	±0,0162	40	1,77	31600	162	43,7
5,30 = +1,06 / -4,24	±0,85	±0,0158	61	2,70	45400	162	54,6
5,00 = +1,00 / -4,00	±0,80	±0,0149	81	3,59	60200	162	65,5
5,20 = +1,04 / -4,16	±0,81	±0,0141	65	3,06	58000	172	38,4
4,80 = +0,96 / -3,84	±0,75	±0,0134	101	4,76	85200	172	48,0
4,50 = +0,90 / -3,60	±0,70	±0,0126	146	6,88	123000	172	57,6
4,90 = +0,98 / -3,92	±0,72	±0,0117	40	2,12	46500	192	34,1
4,80 = +0,96 / -3,84	±0,71	±0,0114	60	3,19	70000	192	45,5
4,60 = +0,92 / -3,68	±0,68	±0,0110	78	4,14	91000	192	56,9
4,40 = +0,88 / -3,52	±0,65	±0,0112	96	5,10	97000	192	68,2
6,10 = +1,22 / -4,88	±0,87	±0,0169	42	2,38	36400	207	55,0
5,80 = +1,16 / -4,64	±0,83	±0,0163	64	3,62	54000	207	68,8
5,40 = +1,08 / -4,32	±0,77	±0,0154	90	5,09	73500	207	82,5

06

HYDRA-MEMBRANBÄLGE NORMALPROFIL VORZUGSREIHE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

06

Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Membranprofil					Werkstoff	Länge je Membran- paare	max. Anzahl Membran- paare	Ø-Toleranzen	
		PN*	d _I	D _A	n _t	s				d _I	D _A
152	0,5	152	226	1	0,20	1.4571	6,8	250	±0,3	±0,3	
	0,7	152	226	1	0,25	1.4571	6,5	250	±0,3	±0,3	
	1,0	152	226	1	0,30	1.4571	7,9	250	±0,3	±0,3	
177	0,4	177	257	1	0,20	1.4571	8,9	250	±0,3	±0,3	
	0,6	177	257	1	0,25	1.4571	8,9	250	±0,3	±0,3	
	0,9	177	257	1	0,30	1.4571	7,5	250	±0,3	±0,3	
202	0,4	202	287	1	0,20	1.4571	8,5	250	±0,3	±0,3	
	0,5	202	287	1	0,25	1.4571	8,6	250	±0,3	±0,3	
	0,8	202	287	1	0,30	1.4571	8,6	250	±0,3	±0,3	

06

Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (±30%)			wirks. Quer- schnitt	Gewicht je Membran- paar
axial	angular	lateral	axial	angular	lateral		
2δ _{a,0}	2c _{a,0}	2λ _{a,0}	c _a	c _a	c _a	A	g
mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	
6,70 = +1,34 / -5,36	±0,81	±0,0160	38	2,96	44000	284	70,3
6,40 = +1,28 / -5,12	±0,78	±0,0146	60	4,68	76000	284	87,9
6,10 = +1,22 / -4,88	±0,74	±0,0169	80	6,23	67000	284	105
7,20 = +1,44 / -5,76	±0,76	±0,0196	34	3,49	30300	374	87,3
6,80 = +1,36 / -5,44	±0,72	±0,0185	56	5,75	50000	374	109
6,30 = +1,26 / -5,04	±0,67	±0,0145	75	7,70	94000	374	131
7,80 = +1,56 / -6,24	±0,73	±0,0180	30	3,91	37200	474	104
7,40 = +1,48 / -5,92	±0,69	±0,0173	52	6,78	63000	474	131
6,90 = +1,38 / -5,52	±0,65	±0,0161	70	9,13	85000	474	157



HYDRA® MEMBRANBÄLGE SCHMALPROFIL



Membranbälge mit erhöhter Druckfestigkeit

HYDRA-Membranbälge mit Schmalprofil haben eine höhere Druckfestigkeit und Federrate als Membranbälge mit Normalprofil. Die Beweglichkeit ist etwas geringer. Daher sind sie gut für statische Anwendungen wie z.B. Gleitringdichtungen geeignet. Standardwerkstoff ist 1.4571. Hochbelastete Bälge können im aushärtbaren Werkstoff AM 350 hergestellt werden. Bei Axialbelastung ist eine Hubaufteilung von 80 % Stauchen und 20 % Strecken notwendig.

MO: Balg ohne Anschlusssteile

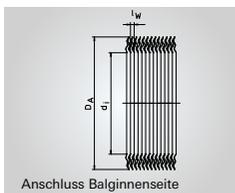
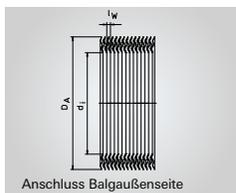
MM: Balg mit Anschlusssteilen

Balgbezeichnung:

(beispielhaft)

MO	x	25,5	x	36,5	x	1	x	0,1	x	8MP	x	1.4571
Balg ohne Anschlusssteile		Innendurchmesser $d_i = 26,0 \text{ mm}$		Außendurchmesser $D_A = 57,0 \text{ mm}$		Einzellagenzahl $n_c = 6$		Einzellagendicke $s = 0,1 \text{ mm}$		8 Membranpaare		Werkstoff 1.4571

HYDRA® MEMBRANBÄLGE SCHMALPROFIL VORZUGSREIHE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

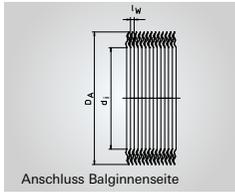
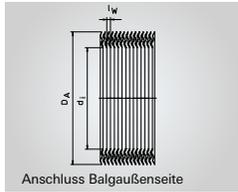
06

Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Membranprofil					Werkstoff	Länge je Membran- paare	max. Anzahl Membran- paare	Ø-Toleranzen		
		PN*	d ₁	D _A	n _t	s				l _w	d ₁	D ₂
12	8	12,0	20,0	1	0,10	1.4571	1,0	145	±0,3	0,3		
	12	12,0	20,0	1	0,15	1.4571	1,0	145	±0,3	0,3		
17	3,6	17,0	31,0	1	0,10	1.4571	1,5	95	±0,3	0,3		
	6,1	17,0	31,0	1	0,15	1.4571	1,5	95	±0,3	0,3		
25	8	25,5	36,5	1	0,10	1.4571	1,2	230	±0,3	0,3		
	12	25,5	36,5	1	0,15	1.4571	1,2	230	±0,3	0,3		
29	6	29,5	42,5	1	0,10	1.4571	1,4	200	±0,3	0,3		
	9	29,5	42,5	1	0,15	1.4571	1,4	200	±0,3	0,3		
34	6	33,5	46,5	1	0,10	1.4571	1,4	200	±0,3	0,3		
	9	33,5	46,5	1	0,15	1.4571	1,5	185	±0,3	0,3		
	6	34,5	47,5	1	0,10	1.4571	1,3	215	±0,3	0,3		
	9	34,5	47,5	1	0,15	1.4571	1,4	200	±0,3	0,3		
36	4	36,0	53,0	1	0,10	1.4571	1,9	145	±0,3	0,3		
	6	36,0	53,0	1	0,15	1.4571	1,9	145	±0,3	0,3		
37	6	37,0	50,0	1	0,10	1.4571	1,5	185	±0,3	0,3		
	9	37,0	50,0	1	0,15	1.4571	1,5	185	±0,3	0,3		
39	6	39,5	52,5	1	0,10	1.4571	1,5	185	±0,3	0,3		
	9	39,5	52,5	1	0,15	1.4571	1,5	185	±0,3	0,3		
42	6	42,5	55,5	1	0,10	1.4571	1,5	185	±0,3	0,3		
	9	42,5	55,5	1	0,15	1.4571	1,5	185	±0,3	0,3		
44	6	44,5	57,5	1	0,10	1.4571	1,5	185	±0,3	0,3		
	9	44,5	57,5	1	0,15	1.4571	1,6	175	±0,3	0,3		
47	6	47,0	60,0	1	0,10	1.4571	1,6	175	±0,3	0,3		
	9	47,0	60,0	1	0,15	1.4571	1,7	160	±0,3	0,3		
52	6	52,5	65,5	1	0,10	1.4571	1,6	175	±0,3	0,3		
	9	52,5	65,5	1	0,15	1.4571	1,7	160	±0,3	0,3		
57	6	57,0	70,0	1	0,10	1.4571	1,6	165	±0,3	0,3		
	9	57,0	70,0	1	0,15	1.4571	1,7	145	±0,3	0,3		

Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (±30%)			wirks. Quer- schnitt	Gewicht je Membran- paar
axial	angular	lateral	axial	angular	lateral		
2c _{a,0}	2c _{α,0}	2x _{l,0}	c ₀	c _α	c _l	A	
mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	g
0,50 = +0,10 / -0,40	±0,72	±0,0021	200	0,11	76800	2,1	0,42
0,40 = +0,08 / -0,32	±0,57	±0,0017	500	0,28	192000	2,1	0,63
0,90 = +0,18 / -0,72	±0,86	±0,0038	100	0,13	38400	4,65	0,84
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,76	±0,0033	190	0,24	72900	4,65	1,27
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,44	±0,0015	105	0,22	105000	7,6	0,85
0,50 = +0,10 / -0,40	±0,37	±0,0013	280	0,59	280000	7,6	1,27
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,45	±0,0018	110	0,31	109000	10,3	1,16
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,38	±0,0016	265	0,75	263000	10,3	1,74
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,40	±0,0016	105	0,37	129000	12,7	1,29
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,34	±0,0015	247	0,86	263000	12,7	1,94
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,39	±0,0015	100	0,37	149000	13,3	1,32
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,34	±0,0014	250	0,92	322000	13,3	1,98
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,41	±0,0023	70	0,30	57600	15,6	1,88
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,36	±0,0020	150	0,65	123000	15,6	2,82
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,37	±0,0016	103	0,43	130000	15	1,40
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,32	±0,0014	310	1,28	391000	15	2,11
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,35	±0,0015	97	0,45	137000	16,7	1,48
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,30	±0,0013	300	1,38	423000	16,7	2,23
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,33	±0,0014	92	0,48	147000	19	1,58
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,28	±0,0012	310	1,62	497000	19	2,37
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,31	±0,0014	100	0,57	173000	20,5	1,65
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,27	±0,0013	250	1,42	381000	20,5	2,47
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,30	±0,0014	100	0,62	168000	22,6	1,73
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,26	±0,0013	250	1,56	371000	22,6	2,59
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,27	±0,0013	108	0,82	220000	27,4	1,90
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,23	±0,0012	286	2,17	517000	27,4	2,86
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,25	±0,0012	102	0,90	241000	31,8	2,05
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,22	±0,0011	270	2,38	565000	31,8	3,07

06

HYDRA® MEMBRANBÄLGE SCHMALPROFIL VORZUGSREIHE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

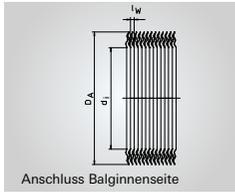
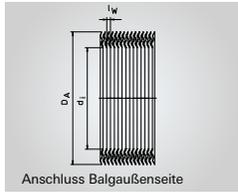
06

Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Membranprofil					Werkstoff	Länge je Membran- paare	max. Anzahl Membran- paare	Ø-Toleranzen		
		PN*	d ₁	D _A	n _t	s				l _w	d ₁	D ₂
62	6	62,5	75,5	1	0,10	1.4571	1,5	95	±0,3	0,3		
	9	62,5	75,5	1	0,15	1.4571	1,5	95	±0,3	0,3		
	1,1	62,0	88,0	1	0,15	1.4571	1,9	75	±0,3	0,3		
	1,8	62,0	88,0	1	0,20	1.4571	1,9	75	±0,3	0,3		
	2,5	62,0	88,0	1	0,25	1.4571	1,9	95	±0,3	0,3		
67	9	67,0	80,0	1	0,15	1.4571	1,5	90	±0,3	0,3		
	12	67,0	80,0	1	0,20	1.4571	1,6	90	±0,3	0,3		
	7	67,0	83,0	1	0,15	1.4571	1,6	90	±0,3	0,3		
	10	67,0	83,0	1	0,20	1.4571	1,7	85	±0,3	0,3		
72	7	72,0	88,0	1	0,15	1.4571	1,6	110	±0,3	0,3		
	10	72,0	88,0	1	0,20	1.4571	1,7	105	±0,3	0,3		
77	7	77,0	93,0	1	0,15	1.4571	1,6	110	±0,3	0,3		
	10	77,0	93,0	1	0,20	1.4571	1,7	105	±0,3	0,3		
82	7	82,0	98,0	1	0,15	1.4571	1,6	95	±0,3	0,3		
	10	82,0	98,0	1	0,20	1.4571	1,7	90	±0,3	0,3		
84	7	84,0	100	1	0,15	1.4571	1,6	95	±0,3	0,3		
	10	84,0	100	1	0,20	1.4571	1,7	90	±0,3	0,3		
87	7	87,0	103	1	0,15	1.4571	1,6	95	±0,3	0,3		
	10	87,0	103	1	0,20	1.4571	1,7	90	±0,3	0,3		
92	7	92,0	108	1	0,15	1.4571	1,4	110	±0,3	0,3		
	10	92,0	108	1	0,20	1.4571	1,6	95	±0,3	0,3		
97	7	97,0	113	1	0,15	1.4571	1,6	95	±0,3	0,3		
	10	97,0	113	1	0,20	1.4571	1,7	90	±0,3	0,3		
102	7	102	118	1	0,15	1.4571	1,5	100	±0,3	0,3		
	10	102	118	1	0,20	1.4571	1,7	90	±0,3	0,3		
106	7	106	122	1	0,15	1.4571	1,5	100	±0,3	0,3		
	10	106	122	1	0,20	1.4571	1,6	95	±0,3	0,3		

Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (±30%)			wirks. Quer- schnitt	Gewicht je Membran- paar
axial	angular	lateral	axial	angular	lateral		
2D _{h,0}	2C _{h,0}	2λ _{h,0}	c _h	c _h	c _h	A	
mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	g
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,23	±0,0010	100	1,04	318000	37,5	2,23
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,20	±0,0009	260	2,70	825000	37,5	3,34
1,50 = +0,30 / -1,20	±0,46	±0,0025	148	1,82	346000	44	7,35
1,40 = +0,28 / -1,12	±0,43	±0,0024	248	3,04	579000	44	9,80
1,30 = +0,26 / -1,04	±0,40	±0,0022	380	4,66	888000	44	12,25
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,22	±0,0010	200	2,36	720000	42	3,56
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,19	±0,0009	500	5,89	1583000	42	4,74
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,24	±0,0011	225	2,76	740000	44,3	4,47
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,21	±0,0011	560	6,87	1635000	44,3	5,96
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,23	±0,0011	190	2,65	712500	50,4	4,77
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,20	±0,0010	530	7,40	1760000	50,4	6,35
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,22	±0,0010	200	3,15	847000	56,9	5,06
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,19	±0,0009	540	8,51	2025000	56,9	6,75
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,20	±0,0009	213	3,76	1011000	63,8	5,36
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,18	±0,0009	550	9,72	2312000	63,8	7,15
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,20	±0,0009	220	4,06	1091000	66,6	5,48
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,17	±0,0009	560	10,3	2460000	66,6	7,31
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,19	±0,0009	245	4,82	1300000	71	5,66
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,17	±0,0008	710	13,98	3325000	71	7,55
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,18	±0,0007	315	6,87	2410000	78,1	5,96
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,16	±0,0007	730	15,9	4277000	78,1	7,94
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,17	±0,0008	320	7,70	2070000	86,8	6,25
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,15	±0,0008	740	17,8	4234000	86,8	8,34
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,17	±0,0007	330	8,71	2660000	95,2	6,55
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,15	±0,0007	750	19,8	4710000	95,2	8,74
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,16	±0,0007	330	9,36	2859000	102,2	6,79
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,14	±0,0007	750	21,3	5710000	102,2	9,05

06

HYDRA® MEMBRANBÄLGE SCHMALPROFIL VORZUGSREIHE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

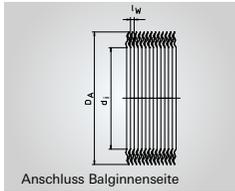
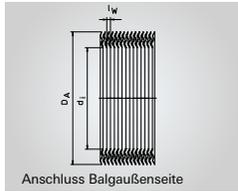
06

Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Membranprofil					Werkstoff	Länge je Membran- paare	max. Anzahl Membran- paare	Ø-Toleranzen		
		PN*	d ₁	D _A	n _t	s				l _w	d ₁	D ₂
112	7	112	128	1	0,15	1.4571	1,6	95	±0,3	0,3		
	10	112	128	1	0,20	1.4571	1,7	90	±0,3	0,3		
127	7	127	143	1	0,15	1.4571	1,6	95	±0,3	0,3		
	10	127	143	1	0,20	1.4571	1,7	90	±0,3	0,3		
142	7	142	158	1	0,15	1.4571	1,8	20	±0,3	0,3		
	10	142	158	1	0,20	1.4571	1,9	20	±0,3	0,3		
	4	142	168	1	0,15	1.4571	2,8	20	±0,3	0,3		
	6	142	168	1	0,20	1.4571	3,0	20	±0,3	0,3		
	6	147	167	1	0,15	1.4571	1,8	20	±0,3	0,3		
147	8	147	167	1	0,20	1.4571	2,0	20	±0,3	0,3		
	8	158	178	1	0,20	1.4571	1,8	20	±0,3	0,3		
158	12	158	178	1	0,25	1.4571	2,0	20	±0,3	0,3		
	6	168	188	1	0,15	1.4571	2,1	20	±0,3	0,3		
168	8	168	188	1	0,20	1.4571	2,2	20	±0,3	0,3		
	9	176	196	1	0,25	1.4571	2,1	20	±0,3	0,3		
176	12	176	196	1	0,30	1.4571	2,2	20	±0,3	0,3		
	3	186	212	1	0,15	1.4571	3,0	20	±0,3	0,3		
186	7	191	211	1	0,20	1.4571	2,0	20	±0,3	0,3		
	10	191	211	1	0,25	1.4571	2,1	20	±0,3	0,3		
205	10	205	225	1	0,25	1.4571	2,1	20	±0,3	0,3		
	12	205	225	1	0,30	1.4571	2,2	20	±0,3	0,3		
223	10	223	243	1	0,25	1.4571	2,1	20	±0,3	0,3		
	12	223	243	1	0,30	1.4571	2,2	20	±0,3	0,3		
240	10	240	260	1	0,25	1.4571	2,1	20	±0,3	0,3		
	12	240	260	1	0,30	1.4571	2,2	20	±0,3	0,3		

Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (±30%)			wirks. Quer- schnitt	Gewicht je Membran- paar
axial	angular	lateral	axial	angular	lateral		
2c _{0,a}	2c _{0,α}	2c _{0,l}	c ₀	c _{0,α}	c _{0,l}	A	
mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	g
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,15	±0,0007	340	10,7	2870000	110	7,15
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,13	±0,0007	760	23,9	5680000	110	9,53
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,14	±0,0006	350	13,9	3740000	143	8,04
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,12	±0,0006	770	30,6	7280000	143	10,72
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,12	±0,0006	350	17,2	3650000	177	8,94
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,11	±0,0006	770	37,8	7200000	177	11,91
1,00 = +0,20 / -0,80	±0,15	±0,0012	220	11,5	1010000	189	15,00
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,12	±0,0010	570	29,9	2280000	189	20,00
0,90 = +0,18 / -0,72	±0,13	±0,0007	450	24,2	5130000	192	11,69
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,12	±0,0007	850	45,7	7860000	192	15,59
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,11	±0,0006	870	53,3	11300000	221	16,63
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,10	±0,0006	1370	83,9	14400000	221	20,79
0,90 = +0,18 / -0,72	±0,12	±0,0007	520	35,9	5600000	249	13,25
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,10	±0,0007	930	64,3	9130000	249	17,67
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,09	±0,0005	1530	115	18000000	272	23,08
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,07	±0,0005	2200	166	23600000	272	27,70
1,20 = +0,24 / -0,96	±0,14	±0,0012	280	24,2	1850000	311	19,26
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,09	±0,0005	1050	92,5	15900000	315	19,96
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,08	±0,0005	1650	145	22600000	315	24,94
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,07	±0,0005	1800	182	28300000	363	26,68
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,06	±0,0004	2900	292	41500000	363	32,02
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,07	±0,0004	1850	219	34160000	427	28,92
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,06	±0,0004	2950	349	49630000	427	34,70
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,06	±0,0004	1900	259	40390000	488	31,03
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,06	±0,0004	3000	409	58100000	488	37,23

06

HYDRA® MEMBRANBÄLGE SCHMALPROFIL VORZUGSREIHE



* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein

06

Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Membranprofil					Werkstoff	Länge je Membran- paare	max. Anzahl Membran- paare	Ø-Toleranzen		
		PN*	d _i	D _A	n _t	s				l _w	d _i	D _A
250	6	250	275	1	0,25	1.4571	2,6	20	±0,3	0,3		
	8	250	275	1	0,30	1.4571	2,7	20	±0,3	0,3		
268	6	268	292	1	0,25	1.4571	2,6	20	±0,3	0,3		
	8	268	292	1	0,30	1.4571	2,7	20	±0,3	0,3		
280	5	280	300	1	0,25	1.4571	2,6	20	±0,3	0,3		
	7	280	300	1	0,30	1.4571	2,7	20	±0,3	0,3		

Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (±30%)			wirks. Quer- schnitt	Gewicht je Membran- paar
axial	angular	lateral	axial	angular	lateral		
2δ _{a,0}	2α _{a,0}	2λ _{a,0}	c _a	c _α	c _λ	A	
mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	g
0,90 = +0,18 / -0,72	±0,08	±0,0006	1400	210	21400000	537	40,72
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,07	±0,0005	2200	331	31200000	537	48,86
0,90 = +0,18 / -0,72	±0,07	±0,0006	1600	274	27800000	611	41,70
0,80 = +0,16 / -0,64	±0,07	±0,0005	2500	428	40300000	611	50,04
0,70 = +0,14 / -0,56	±0,06	±0,0004	2000	367	37300000	656	35,99
0,60 = +0,12 / -0,48	±0,05	±0,0004	3100	569	53600000	656	43,19

06

GEOMETRIE DER ANSCHLUSSTEILE FÜR METALL- UND MEMBRANBÄLGE



06

Metallbälge mit B-Bord

Die Gestaltung des Schweißbereichs der Anschlusssteile und die Auswahl des Schweißverfahrens werden durch die Gesamtwanddicke t des Balges, das ist das Produkt aus Wanddicke und Lagenzahl, bestimmt. Die Maße d_a , n_L und s sind den technischen Tabellen zu entnehmen.

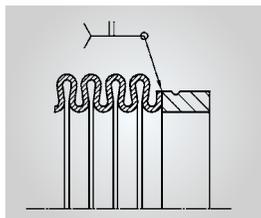


Bild 6.8.1

Für die Gesamtwanddicke des Balges gilt:

$$t = n_L \cdot s \quad 6.8.1.$$

Gesamtwanddicke t	Schweißverfahren	Ausführung	Schweißdurchmesser a	Breite der Schweißlippe b
mm	—	—	mm	mm
$t \leq 0,10$	Laser	B 3	$a = d_a^{+0,05}$ d_a : Borddurchmesser	—
$0,10 < t \leq 0,20$				—
$0,20 < t \leq 0,30$	Laser / Mikroplasma	B 1, B 2, B 4, B 5		$b = t$
$0,30 < t \leq 0,45$				$0,40 \leq b$
$0,45 < t \leq 0,90$				—
$0,90 < t \leq 2,40$	WIG mit Schweißzusatz		$b = 2t$ jedoch $b_{\text{max}} = 2,4$	

Tabelle 6.8.1

Geometrieausführungen Nahtbereich

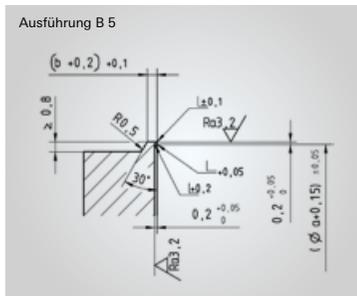
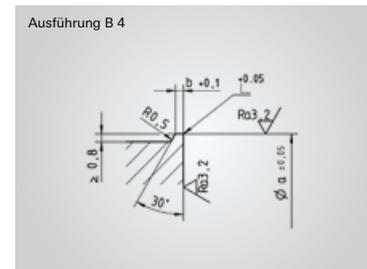
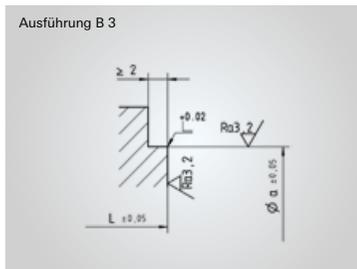
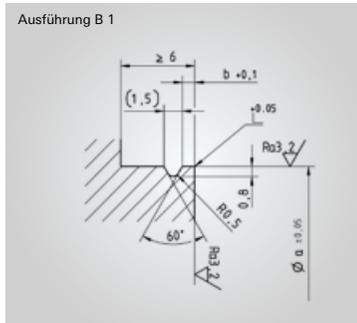


Bild 6.8.2. (Werte a und b entsprechend Tabelle 6.8.1.)

06

Metallbälge mit S-Bord

Die Gestaltung des Anschlussteils wird hauptsächlich durch das Schweißverfahren bestimmt. Die Maße d_3 und t sind den technischen Tabellen zu entnehmen.

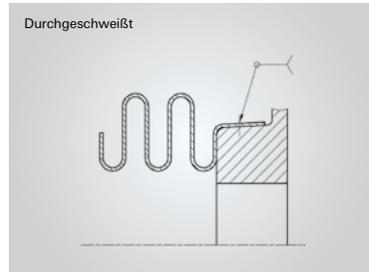


Bild 6.8.3.a

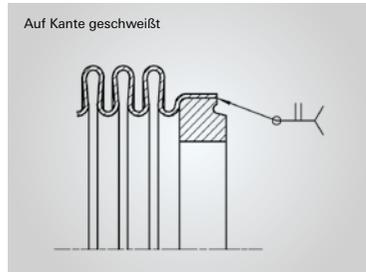


Bild 6.8.3.b

Gesamtwanddicke t mm	Schweißverfahren	Ausführung	Borrdurchmesser d_3 mm	Schweißdurchmesser a mm
$t \leq 0,45$	Laser, aufgespritzt und durchgeschweißt	S 1	$d_3 \leq 16$	$a = (d_3 + 0,1)^{+0,05}$
			$16 < d_3 \leq 40$	$a = (d_3 + 0,3)^{+0,05}$
			$40 < d_3 \leq 85$	$a = (d_3 + 0,5)^{+0,05}$
$t \leq 0,10$	Laser	S 2		
$0,10 < t \leq 0,30$	Laser/Mikroplasma	S 2 / 3		
$0,30 < t \leq 0,45$	Laser/Mikroplasma und WIG	S 2 / 3	$d_3 \leq 55$	$a = (d_3 + 0,1)^{+0,05}$
			$55 < d_3 \leq 105$	$a = (d_3 + 0,3)^{+0,05}$
$0,45 < t \leq 0,90$	Mikroplasma und WIG	S 3	$105 < d_3 \leq 125$	$a = (d_3 + 0,5)^{+0,05}$
$0,90 < t \leq 2,40$	WIG mit Schweißzusatz			

Tabelle 6.8.2.

Radius R			
d_3	$t = 0,3$	$0,3 \leq t < 0,8$	$0,8 \leq t < 2,4$
<55	1,5	1,8	2
55 – 105	2	2,3	2,5
105 – 125	2,5	2,8	3,0

Gesamtwanddicke t mm	Breite der Schweißlippe b mm
$t \leq 0,4$	0,4
$0,4 < t \leq 0,9$	$b = t$
$0,9 < t \leq 1,2$	$b = 2t$
$1,2 < t \leq 2,4$	2,4

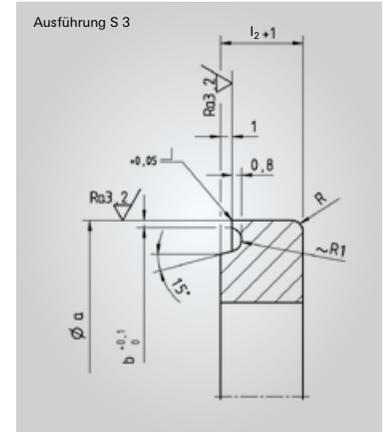
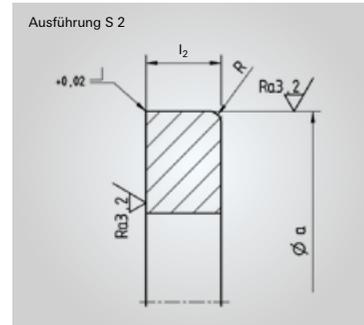
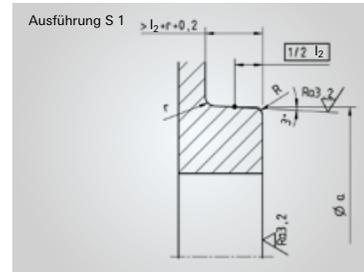


Bild 6.8.4. (Werte a, b und R entsprechend Tabelle 6.8.2., l_2 entsprechend Tabelle 6.3. oder 6.4.)

Metallbälge mit I-Bord

Die Anschlussgeometrie für I-Borde (mit oder ohne Schweißlippe) wird vom Schweißverfahren bestimmt. Die Maße d_3 und t sind den technischen Tabellen zu entnehmen.

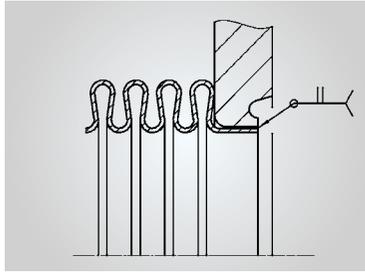


Bild 6.8.5

Gesamtwanddicke t mm	Schweißverfahren	Ausführung	Schweißdurchmesser a mm
$t \leq 45$	Laser	I 1	$a = (d_3 + 2 \cdot t)$
$0,10 < t \leq 0,45$	Mikroplasma	I 2	
$0,30 < t \leq 0,90$	Mikroplasma / WIG	I 2	
$0,90 < t \leq 2,40$	WIG mit Schweißzusatz	I 2	

Gesamtwanddicke t mm	Breite der Schweißlippe b mm
$t \leq 0,4$	0,4
$0,4 < t \leq 0,9$	$b = t$
$0,9 < t \leq 1,2$	$b = 2t$
$1,2 < t \leq 2,4$	2,4

Tabelle 6.8.3.

Radius R			
d3	t = 0,3	0,3 ≤ t < 0,8	0,8 ≤ t < 2,4
<55	1,5	1,8	2
55 – 105	2	2,3	2,5
105 – 125	2,5	2,8	3,0

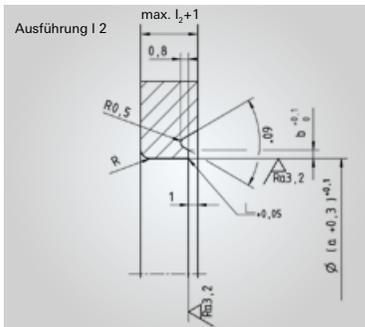
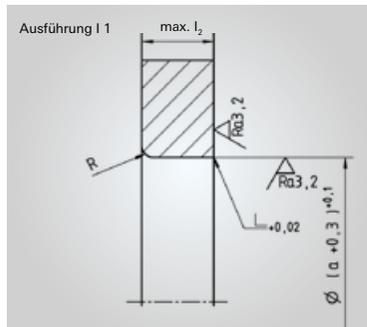


Bild 6.8.6. (Werte a, b und R entsprechend Tabelle 6.8.3., l_2 entsprechend Tabelle 6.3. oder 6.4.)

Membranbälge

Die Anschlussteile von Membranbälgen (Normalprofil) können am Außen- oder am Innendurchmesser verschweißt werden. Das Schweißverfahren ist Microplasmenschweißen. Die Maße D_{ar} , D_{ir} und l_w sind den technischen Tabellen zu entnehmen. Membranbälge mit Schmalprofil können nur am Außendurchmesser verschweißt werden.

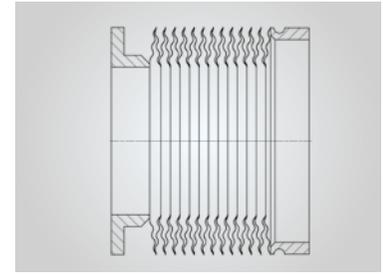


Bild 6.8.7.

Schweißposition	Balginnendmesser mm	Schweißdurchmesser mm	Breite der Schweißlippe mm	Kantenmaß mm	Fasentiefe mm
am Innendurchmesser	$D_i \leq 60$	$a = D_i^{+0,1}$	$b = 0,4$	$k = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,9 \\ \frac{D_a - D_i}{24} - 0,2 \end{array} \right.$	-
	$60 < D_i \leq 100$	$a = D_i^{+0,15}$	$b = 0,5$		
	$100 < D_i$	$a = D_i^{+0,2}$	$b = 0,6$		
am Außendurchmesser	$D_a \leq 80$	$a = (D_a - 0,1)^{+0,1}$	$b = 0,4$		$z = 2 \pm 0,1$
	$80 < D_a \leq 140$	$a = (D_a - 0,15)^{+0,15}$	$b = 0,5$		$z = 3 \pm 0,1$
	$140 < D_a$	$a = (D_a - 0,15)^{+0,15/0,05}$	$b = 0,6$		$z = 4 \pm 0,1$

Tabelle 6.8.4.

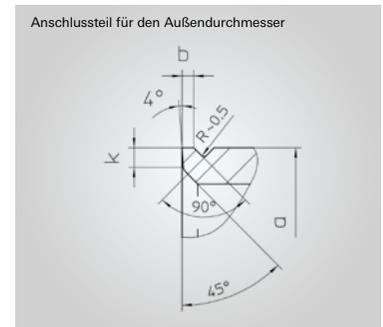
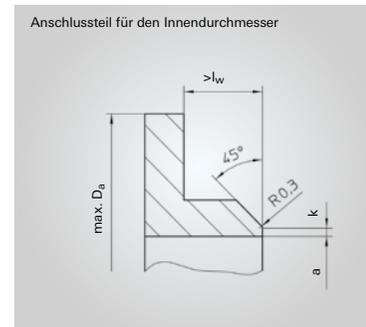


Bild 6.8.8. (Werte a, b und k entsprechend Tabelle 6.8.4., D_a entsprechend Tabelle 6.6. oder 6.7.)

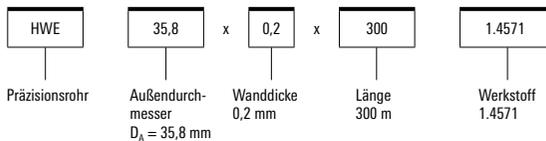
HYDRA® PRÄZISIONSROHRE



HYDRA-Präzisionsrohre sind nach Durchmesser und Wanddicke sortiert. Die maximale Lieferlänge eines Rohres beträgt 6,50 Meter; kürzere Stücke sind in beliebiger Länge beziehbar. Die Toleranzen für Rohrdurchmesser und Länge liegen im Bereich von $\pm 0,1$ mm. Standardwerkstoff ist 1.4571, andere Werkstoffe sind auf Anfrage lieferbar.

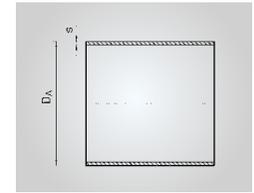
Rohrbezeichnung:

(beispielhaft)



HYDRA® PRÄZISIONSROHRE

Dünnwandige Edelstahlrohre
Standardwerkstoff: 1.4571



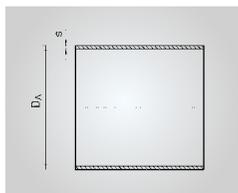
Außendurchmesser	Wanddicke
D_A	s
mm	mm
7,30	0,10
8,00	0,10
8,20	0,10
8,50	0,10
8,80	0,10
9,10	0,10
9,20	0,10
9,50	0,10
9,80	0,10
10,10	0,10
10,20	0,10
10,40	0,10
10,50	0,10
10,80	0,10
11,10	0,10
11,40	0,10
11,90	0,10
12,00	0,10
12,20	0,10
12,30	0,10
12,40	0,10
12,50	0,10
12,60	0,10
12,80	0,10
13,00	0,10
13,20	0,10
13,50	0,10
14,20	0,10
14,40	0,10
14,80	0,10
14,90	0,10

Außendurchmesser	Wanddicke
D_A	s
mm	mm
15,00	0,10
15,05	0,10
15,10	0,10
15,50	0,10
15,90	0,10
16,00	0,10
16,30	0,10
16,40	0,10
16,50	0,10
16,80	0,10
17,10	0,10
17,70	0,10
17,90	0,10
18,20	0,10
18,30	0,10
18,40	0,10
18,70	0,10
19,90	0,10
20,00	0,10
20,35	0,10
20,40	0,10
22,20	0,10
22,40	0,10
22,80	0,10
22,90	0,10
24,20	0,10
25,70	0,10
27,20	0,10
30,50	0,10
32,00	0,10

Außendurchmesser	Wanddicke
D_A	s
mm	mm
8,30	0,15
8,70	0,15
9,30	0,15
9,70	0,15
10,00	0,15
10,10	0,15
10,30	0,15
10,40	0,15
10,90	0,15
12,00	0,15
12,10	0,15
12,30	0,15
12,40	0,15
12,50	0,15
12,70	0,15
13,10	0,15
13,50	0,15
13,80	0,15
13,90	0,15
14,30	0,15
14,50	0,15
14,70	0,15
14,90	0,15
15,30	0,15
15,50	0,15
15,70	0,15
15,90	0,15
16,00	0,15
16,10	0,15
16,30	0,15
16,50	0,15

HYDRA® PRÄZISIONSROHRE

Dünnwandige Edelstahlrohre
Standardwerkstoff: 1.4571



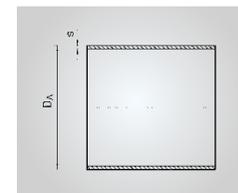
Außendurchmesser	Wanddicke
D _A	s
mm	mm
16,70	0,15
16,90	0,15
17,10	0,15
17,50	0,15
17,90	0,15
18,00	0,15
18,30	0,15
18,50	0,15
18,70	0,15
18,90	0,15
19,10	0,15
19,30	0,15
19,50	0,15
19,70	0,15
20,00	0,15
20,10	0,15
20,50	0,15
20,90	0,15
21,30	0,15
21,70	0,15
22,10	0,15
22,30	0,15
22,50	0,15
22,70	0,15
22,80	0,15
22,90	0,15
23,00	0,15
23,30	0,15
23,50	0,15
24,20	0,15
24,40	0,15

Außendurchmesser	Wanddicke
D _A	s
mm	mm
24,50	0,15
24,60	0,15
24,90	0,15
25,40	0,15
25,70	0,15
25,80	0,15
26,00	0,15
26,30	0,15
26,50	0,15
27,00	0,15
27,30	0,15
27,70	0,15
28,30	0,15
28,80	0,15
30,00	0,15
30,50	0,15
30,80	0,15
31,00	0,15
32,00	0,15
32,50	0,15
33,00	0,15
33,50	0,15
34,50	0,15
35,00	0,15
35,80	0,15
36,20	0,15
37,50	0,15
39,20	0,15
41,00	0,15
44,20	0,15
45,30	0,15

Außendurchmesser	Wanddicke
D _A	s
mm	mm
45,80	0,15
46,50	0,15
47,00	0,15
47,50	0,15
47,90	0,15
50,40	0,15
51,00	0,15
51,70	0,15
54,20	0,15
8,40	0,20
9,10	0,20
9,40	0,20
10,00	0,20
10,10	0,20
10,40	0,20
12,40	0,20
13,60	0,20
14,10	0,20
15,00	0,20
15,60	0,20
16,00	0,20
16,10	0,20
16,40	0,20
16,70	0,20
16,95	0,20
17,50	0,20
18,05	0,20
18,10	0,20
18,20	0,20
18,40	0,20

HYDRA® PRÄZISIONSROHRE

Dünnwandige Edelstahlrohre
Standardwerkstoff: 1.4571



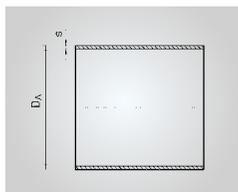
Außendurchmesser	Wanddicke
D _A	s
mm	mm
18,60	0,20
18,70	0,20
18,90	0,20
19,40	0,20
19,90	0,20
20,10	0,20
20,20	0,20
20,40	0,20
20,70	0,20
20,90	0,20
21,00	0,20
22,40	0,20
22,60	0,20
22,90	0,20
23,10	0,20
23,20	0,20
23,40	0,20
23,90	0,20
24,00	0,20
24,40	0,20
24,50	0,20
24,60	0,20
24,90	0,20
25,10	0,20
25,40	0,20
26,10	0,20
26,70	0,20
27,20	0,20
27,40	0,20
27,90	0,20
28,40	0,20

Außendurchmesser	Wanddicke
D _A	s
mm	mm
28,90	0,20
29,40	0,20
29,90	0,20
30,10	0,20
30,40	0,20
30,70	0,20
30,90	0,20
31,30	0,20
32,00	0,20
33,10	0,20
33,60	0,20
33,70	0,20
34,40	0,20
34,60	0,20
34,90	0,20
35,20	0,20
35,60	0,20
35,80	0,20
35,90	0,20
36,10	0,20
36,40	0,20
37,30	0,20
37,50	0,20
39,20	0,20
39,75	0,20
41,00	0,20
41,60	0,20
42,20	0,20
42,40	0,20
42,80	0,20
43,20	0,20

Außendurchmesser	Wanddicke
D _A	s
mm	mm
43,40	0,20
43,75	0,20
44,30	0,20
45,60	0,20
45,80	0,20
46,20	0,20
46,50	0,20
46,80	0,20
46,90	0,20
47,10	0,20
47,60	0,20
48,00	0,20
48,60	0,20
51,00	0,20
51,60	0,20
51,80	0,20
52,40	0,20
52,60	0,20
53,50	0,20
53,65	0,20
54,30	0,20
56,50	0,20
57,10	0,20
1050	0,25
11,20	0,25
12,50	0,25
13,10	0,25
13,80	0,25
14,70	0,25
15,90	0,25

HYDRA® PRÄZISIONSROHRE

Dünnwandige Edelstahlrohre
Standardwerkstoff: 1.4571



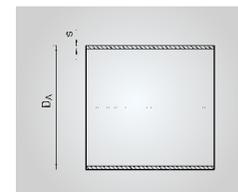
Außendurchmesser	Wanddicke
D _A	s
mm	mm
16,20	0,25
16,90	0,25
17,00	0,25
17,60	0,25
18,50	0,25
19,15	0,25
19,80	0,25
20,45	0,25
21,10	0,25
21,75	0,25
22,40	0,25
22,50	0,25
22,70	0,25
23,10	0,25
23,70	0,25
24,30	0,25
24,50	0,25
25,10	0,25
25,40	0,25
25,70	0,25
26,30	0,25
26,90	0,25
27,50	0,25
28,00	0,25
28,15	0,25
28,30	0,25
28,80	0,25
29,50	0,25
30,10	0,25
30,70	0,25
31,30	0,25

Außendurchmesser	Wanddicke
D _A	s
mm	mm
31,90	0,25
32,50	0,25
33,20	0,25
33,90	0,25
34,50	0,25
35,00	0,25
35,10	0,25
35,70	0,25
36,30	0,25
36,90	0,25
37,50	0,25
38,20	0,25
38,90	0,25
39,30	0,25
39,95	0,25
41,10	0,25
41,80	0,25
42,50	0,25
43,20	0,25
43,30	0,25
43,50	0,25
43,95	0,25
44,50	0,25
45,20	0,25
45,70	0,25
45,80	0,25
46,40	0,25
46,60	0,25
46,90	0,25
47,05	0,25
47,30	0,25

Außendurchmesser	Wanddicke
D _A	s
mm	mm
47,60	0,25
47,70	0,25
48,30	0,25
49,00	0,25
49,70	0,25
50,00	0,25
50,05	0,25
50,40	0,25
50,70	0,25
51,10	0,25
51,50	0,25
51,80	0,25
51,90	0,25
52,20	0,25
52,60	0,25
53,30	0,25
54,00	0,25
54,10	0,25
54,70	0,25
54,80	0,25
54,90	0,25
55,50	0,25
56,60	0,25
57,30	0,25
59,10	0,25
59,40	0,25
59,80	0,25
60,10	0,25
60,40	0,25
60,50	0,25
61,20	0,25

HYDRA® PRÄZISIONSROHRE

Dünnwandige Edelstahlrohre
Standardwerkstoff: 1.4571



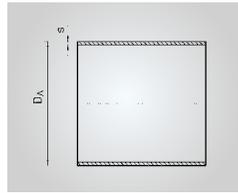
Außendurchmesser	Wanddicke
D _A	s
mm	mm
61,60	0,25
65,90	0,25
66,00	0,25
66,70	0,25
68,90	0,25
69,60	0,25
69,70	0,25
70,50	0,25
70,90	0,25
71,00	0,25
71,70	0,25
72,50	0,25
72,60	0,25
77,90	0,25
78,00	0,25
78,70	0,25
78,80	0,25
87,90	0,25
88,00	0,25
88,80	0,25
89,70	0,25
96,50	0,25
97,20	0,25
99,90	0,25
100,00	0,25
100,80	0,25
103,40	0,25
105,80	0,25
107,90	0,25
108,00	0,25
108,70	0,25

Außendurchmesser	Wanddicke
D _A	s
mm	mm
108,80	0,25
9,60	0,30
10,00	0,30
12,00	0,30
12,30	0,30
13,40	0,30
14,80	0,30
15,20	0,30
16,30	0,30
16,70	0,30
17,00	0,30
19,30	0,30
21,00	0,30
22,60	0,30
23,00	0,30
23,40	0,30
24,20	0,30
24,60	0,30
25,00	0,30
25,20	0,30
25,40	0,30
25,80	0,30
27,60	0,30
28,30	0,30
28,35	0,30
29,10	0,30
29,60	0,30
30,30	0,30
31,00	0,30
31,70	0,30

Außendurchmesser	Wanddicke
D _A	s
mm	mm
32,40	0,30
33,10	0,30
33,60	0,30
34,60	0,30
35,30	0,30
36,00	0,30
36,10	0,30
36,70	0,30
37,40	0,30
37,60	0,30
38,10	0,30
38,85	0,30
39,15	0,30
39,60	0,30
39,95	0,30
40,35	0,30
41,10	0,30
41,20	0,30
41,85	0,30
42,00	0,30
42,60	0,30
43,35	0,30
43,40	0,30
44,10	0,30
44,85	0,30
45,60	0,30
46,35	0,30
46,70	0,30
47,10	0,30
47,50	0,30
47,85	0,30

HYDRA® PRÄZISIONSROHRE

Dünnwandige Edelstahlrohre
Standardwerkstoff: 1.4571



06

Außendurchmesser	Wanddicke
D _A	s
mm	mm
48,00	0,30
48,80	0,30
49,40	0,30
49,60	0,30
50,40	0,30
51,20	0,30
52,00	0,30
52,36	0,30
52,80	0,30
53,60	0,30
54,20	0,30
54,40	0,30
55,00	0,30
55,20	0,30
56,00	0,30
56,70	0,30
56,80	0,30
57,50	0,30
57,60	0,30
58,40	0,30
59,20	0,30
60,00	0,30
60,60	0,30
61,40	0,30
62,20	0,30
63,00	0,30
63,80	0,30
64,60	0,30
65,40	0,30
66,00	0,30
66,10	0,30

Außendurchmesser	Wanddicke
D _A	s
mm	mm
66,90	0,30
67,80	0,30
68,70	0,30
69,55	0,30
69,70	0,30
70,40	0,30
71,00	0,30
71,10	0,30
71,25	0,30
71,90	0,30
72,10	0,30
72,95	0,30
73,80	0,30
74,65	0,30
77,10	0,30
77,90	0,30
78,00	0,30
78,10	0,30
78,90	0,30
85,60	0,30
86,50	0,30
87,40	0,30
88,00	0,30
88,10	0,30
88,20	0,30
88,30	0,30
88,90	0,30
89,20	0,30
89,70	0,30
93,60	0,30
94,50	0,30

Außendurchmesser	Wanddicke
D _A	s
mm	mm
95,40	0,30
96,30	0,30
96,60	0,30
97,50	0,30
98,40	0,30
99,30	0,30
100,00	0,30
100,10	0,30
100,20	0,30
100,90	0,30
101,10	0,30
101,30	0,30
102,00	0,30
102,80	0,30
102,90	0,30
103,60	0,30
105,80	0,30
106,70	0,30
108,00	0,30
108,10	0,30
108,90	0,30
109,00	0,30
109,70	0,30
109,90	0,30
110,80	0,30
111,70	0,30

Für die in der Tabelle aufgeführten Rohrabmessungen sind Werkzeuge vorhanden. Andere Abmessungen, Wanddicken und Werkstoffe auf Anfrage.

06

In Kapitel 07 finden Sie die grundlegenden Eigenschaften und die Beschaffenheit der verwendeten Werkstoffe. Hierzu zählen neben der jeweiligen Lieferform, die Grenztemperaturen sowie die Festigkeitswerte bei Raumtemperatur.

Im Folgenden sind die chemische Zusammensetzung der Werkstoffe sowie deren Festigkeit bei erhöhten Temperaturen vermerkt. Abschließend finden Sie eine Auflistung der Werkstoffbezeichnungen nach internationalen Spezifikationen.

Alle Angaben ohne Gewähr.

BEZEICHNUNGEN, LIEFERFORMEN, GRENZTEMPERATUREN

Werkstoff- gruppe	Werkstoff-Nr. nach DIN EN 10027	Kurzname nach DIN EN 10027	Halbzeugart	Dokumentation	Obere Grenztem- peratur		
					°C		
Unlegierter Stahl	1.0254	P235TR1	geschweißte Rohre	DIN EN 10217-1	300		
			nahtlose Rohre	DIN EN 10216-1			
	1.0255	P235TR2	geschweißte Rohre	DIN EN 10217-1	350		
			nahtlose Rohre	DIN EN 10216-1			
	1.0427	C22G1	Flansche	VdTÜV-WB 364			
Allgemeiner Baustahl	1.0038	S235JRG2	Stabstahl, Flachzeuge, Walzdraht Profile	DIN EN 10025 AD W1	300		
	1.0050	E295					
	1.0570	S355J2G3					
Warmfester unlegierter Stahl	1.0460	C22G2	Flansche	VdTÜV-WB 350	450		
Warmfester Stahl	1.0345	P235GH	Blech	DIN EN 10028-2	480		
			nahtloses Rohr	DIN EN 10216	450		
	1.0425	P265GH	Blech	DIN EN 10028-2	480		
	1.0481	P295GH	Blech	DIN EN 10028-2	500		
	1.5415	16Mo3	Blech	DIN EN 10028-2	530		
			nahtloses Rohr	DIN EN 10216-2			
	1.7335	13CrMo4-5	Blech	DIN EN 10028-2	570		
			nahtloses Rohr	DIN EN 10216-2			
	1.7380	10CrMo9-10	Blech	DIN EN 10028-2	600		
nahtloses Rohr			DIN EN 10216-2				
Feinkorn Baustahl normal	1.0562	P355N	Blech, Band, Stabstahl	DIN EN 10028-3	400 (-50) ¹⁾ (-60) ¹⁾		
						warmfest	P355NH
						kaltzäh	P355NL1
						Sonder	P355NL2

¹⁾ untere Grenztemperatur

FESTIGKEITSKENNWERTE BEI RAUMTEMPERATUR (GEWÄHRLEISTETE WERTE ²⁾)

Werkstoff-Nr. nach DIN EN 10027	Streckgrenze min.	Zugfestigkeit	Bruchdehnung min.		Kerbschlag- arbeit min. KV ³⁾	Bemerkungen
	R _{0,2H}	R _m	A ₅	A ₈₀		
	MPa	MPa	%	%	J	
1.0254	235	360 - 500	23			s ≤ 16
1.0255	235	360 - 500	23		bei 0 °C: 27	s ≤ 16
1.0427	240	410 - 540	20 (quer)		bei 20 °C: 31	s ≤ 70
1.0038	235	340 - 470	21 - 26 ⁴⁾	17 - 21 ⁴⁾	bei 20 °C: 27	3 ≤ s ≤ 100 (R _m)
1.0050	295	470 - 610	16 - 20 ⁴⁾	12 - 16 ⁴⁾		10 ≤ s ≤ 150 (KV)
1.0570	355	490 - 630	18 - 22 ⁴⁾	14 - 18 ⁴⁾	bei -20 °C: 27	s < 16 (R _{0,2H})
1.0460	240	410 - 540	20		bei 20 °C: 31	s ≤ 70
1.0345	235	360-480	25		bei 0 °C: 27	s ≤ 16
	235	360-500	23		bei 0 °C: 27	s ≤ 16
1.0425	265	410-530	23		bei 0 °C: 27	s ≤ 16
1.0481	295	460-580	22		bei 0 °C: 27	s ≤ 16
1.5415	275	440 - 590	22		bei 20 °C: 31	s ≤ 16
	280	450 - 600	20		bei 20 °C: 27	
1.7335	300	440 - 600	20		bei 20 °C: 31	s ≤ 16
	290	440 - 590			bei 20 °C: 27	
1.7380	310	480 - 630	18		bei 20 °C: 31	s ≤ 16
	280		20		bei 20 °C: 27	
1.0562	355	490-630	22		bei 0 °C: 47	s ≤ 16
1.0565					bei 0 °C: 47	s ≤ 16
1.0566					bei 0 °C: 55	s ≤ 16
1.1106					bei 0 °C: 90	s ≤ 16

²⁾ kleinster Wert aus Längs- bzw. Querprobe

³⁾ nach DIN EN 10045; Mittelwert aus je 3 Proben bei DIN EN Normen

⁴⁾ abhängig von der Erzeugnisdicke

BEZEICHNUNGEN, LIEFERFORMEN, GRENZTEMPERATUREN

Werkstoffgruppe	Werkstoff-Nr. nach DIN EN 10027	Kurzname nach DIN EN 10027	Halbzeugart	Dokumentation	Obere Grenztemperatur
					°C
Nichtrostender ferritischer Stahl	1.4511	X3CrNb17	Band, Blech	DIN EN 10088 VdTÜV-WB 422	200
	1.4512	X2CrTi12	Band, Blech	DIN EN 10088 SEW 400	350
Nichtrostender austenitischer Stahl	1.4301	X5CrNi18-10	Band, Blech	DIN EN 10088-2	550 / 300 ⁵⁾
	1.4306	X2CrNi19-11	Band, Blech	DIN EN 10088-2	550 / 350 ⁵⁾
	1.4541	X6CrNiTi18-10	Band, Blech	DIN EN 10088-2	550 / 400 ⁵⁾
	1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2	Band, Blech	DIN EN 10088-2	550 / 400 ⁵⁾
	1.4404	X2CrNiMo17-12-2	Band, Blech	DIN EN 10088-2	550 / 400 ⁵⁾
	1.4435	X2CrNiMo18-14-3	Band, Blech	DIN EN 10088-2	550 / 400 ⁵⁾
	1.4565	X2CrNiMnMoNbN25-18-5-4	Band, Blech	SEW 400	550 / 400 ⁵⁾
	1.4539	X1NiCrMoCu25-20-5	Blech, Band,	DIN EN 10088-2	550 / 400 ⁵⁾
			nahtloses Rohr	VdTÜV-WB 421	400
	1.4529	X1NiCrMoCuN25-20-7	Blech, Band	DIN EN 10088-2	400
nahtloses Rohr			VdTÜV-WB 502	400	
Hochwarmfester austenitischer Stahl	1.4948	X6CrNi18-10	Blech, Band	DIN EN 10028-7	600
			Schmiedestück	DIN EN 10222-5	
			nahtloses Rohr	DIN EN 10216-5	400 ⁵⁾
	1.4958	X5NiCrAlTi31-20	Blech, Band	DIN EN 10028-7	600
			nahtloses Rohr	DIN EN 10216-5	400 ⁵⁾

⁵⁾ Grenztemperatur bei Gefahr von interkristalliner Korrosion

FESTIGKEITSKENNWERTE BEI RAUMTEMPERATUR (GEWÄHRLEISTETE WERTE ²⁾)

Werkstoff-Nr. nach DIN EN 10027	Dehnungsgrenze min.		Zugfestigkeit	Bruchdehnung min.		Kerbschlagarbeit > 10 mm Dicke, quer min.	Bemerkungen	
				> 3 mm	< 3 mm			
	R _{p0,2} MPa	R _{p1,0} MPa	R _m MPa	Dicke A ₅ %	Dicke A ₈₀ %	KV J		
1.4511	230		420 - 600		23		s ≤ 6	
1.4512	210		380 - 560		25		s ≤ 6	
1.4301	q	230 260	540 - 750	45	45	bei 20 °C: 60	s ≤ 6	
	l	215 245		43	40			
1.4306	q	220 250	520 - 670	45	45	bei 20 °C: 60	s ≤ 6	
	l	205 235		43	40			
1.4541	q	220 250	520 - 720	40	40	bei 20 °C: 60	s ≤ 6	
	l	205 235		38	35			
1.4571	q	240 270	540 - 690	40	40	bei 20 °C: 60	s ≤ 6	
	l	225 255		38	35			
1.4404	q	240 270	530 - 680	40	40	bei 20 °C: 60	s ≤ 6	
	l	225 255		38	35			
1.4435	q	240 270	550 - 700	40	40	bei 20 °C: 60	s ≤ 6	
	l	225 255		38	35			
1.4565	q	420 460	800 - 1000	30	25	bei 20 °C: 55	s ≤ 30	
1.4539	q	240 270	530 - 730	35	35	bei 20 °C: 60	s ≤ 6	
	l	225 255		33	30			
1.4529		220 250	520 - 720	40	40	bei 20 °C: 60	s ≤ 50	
	q	300 340		650 - 850	40			40
	l	285 325			38			35
1.4948	q	300 340	600 - 800	40	40	bei 20 °C: 84	s ≤ 6	
	q	230 260		530 - 740	45			45
	q	195 230			490 - 690			35
	q	185 225		500 - 700				30
1.4958	q	170 200	500 - 750	30	30	bei 20 °C: 80	s ≤ 75	
	q	170 200		500 - 750	30			

²⁾ kleinster Wert aus Längs- bzw. Querprobe

q = Zugprobe, quer

l = Zugprobe, längs

BEZEICHNUNGEN, LIEFERFORMEN, GRENZTEMPERATUREN

Werkstoffgruppe	Werkstoff-Nr. nach DIN EN 10027 ⁶⁾	Kurzname nach DIN EN 10027	Handelsname	Halbzeugart	Dokumentation	Obere Grenztemperatur
						°C
Hitzebeständiger Stahl	1.4828	X15CrNiSi20-12		Blech, Band	DIN EN 10095 (SEW470)	900
	1.4876	X10NiCrAlTi32-20	INCOLOY 800	Band, Blech, Stab, nahtl. Rohr, Schmiedestück	SEW470	600
		X10NiCrAlTi32-20 H	INCOLOY 800 H		VdTÜV-WB 412	
					VdTÜV-WB 434	950
DIN EN 10095	900					
Nickelbasislegierungen	2.4858	NiCr21Mo	INCOLOY 825	Band, Blech	DIN 17750	
					VdTÜV-WB 432	450
					DIN 17744 ⁷⁾	
	2.4816	NiCr15Fe	INCONEL 600	Band, Blech	DIN EN 10095	1000
					VdTÜV-WB 305	450
			INCONEL 600 H		DIN 17750	
					VdTÜV-WB 305	450
	DIN 17742 ⁷⁾					
	2.4819	NiMo16Cr15W	HASTELLOY C-276	Band, Blech	DIN 17750	
					VdTÜV-WB 400	450
					DIN 17744 ⁷⁾	
	2.4856	NiCr22Mo9Nb	INCONEL 625	Flacherzeugnisse, Band, Blech	DIN EN 10095	900
VdTÜV-WB 499					450	
INCONEL 625 H			DIN 17750			
			DIN 17744 ⁷⁾			
2.4610	NiMo16Cr16Ti	HASTELLOY C-4	Band, Blech	DIN 17750		
				VdTÜV-WB 424	400	
				DIN 17744 ⁷⁾		
2.4360	NiCu30Fe	MONEL	Band, Blech	DIN 17750		
				VdTÜV-WB 263	425	
					DIN 17743 ⁷⁾	

⁶⁾ bei den Nickelbasislegierungen hat für die Werkstoffnummer die DIN 17007 Gültigkeit

⁷⁾ chemische Zusammensetzung

FESTIGKEITSKENNWERTE BEI RAUMTEMPERATUR (GEWÄHRLEISTETE WERTE ²⁾)

Werkstoff-Nr. nach DIN EN 10027 ⁶⁾	Dehngrenzen min.		Zugfestigkeit	Bruchdehnung min.		Kerbschlagarbeit min.	Bemerkungen
	R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A ₅	A ₈₀		
	MPa	MPa	MPa	%	%		
1.4828	230	270	500 - 750		28		lösungsgeglüht (+AT), s ≤ 3 mm
1.4876	210		500 - 750	22			weichgeglüht (+A)
	210	240	500 - 750	30		bei 20 °C: 150 ⁸⁾	
	170	200	450 - 700	30			lösungsgeglüht (+AT)
	170	210	450 - 680		28		
2.4858	240	270	≥ 550	30			weichgeglüht (+A), F55, s ≤ 30 mm
	235	265	550 - 750		30	bei 20 °C: 80	
2.4816	240		500 - 850		30		weichgeglüht (+A), F55
	200	230	550 - 750	30		bei 20 °C: 150 ⁸⁾	
	180	210	≥ 550		30		lösungsgeglüht (+AT), F50
	180	210	500 - 700	35		bei 20 °C: 150 ⁸⁾	
2.4819	310	330	≥ 690	30			lösungsgeglüht (+AT), F69, s ≤ 5 mm
	310	330	730 - 1000	30		bei 20 °C: 96	
2.4856	415		820 - 1050		30		weichgeglüht (+A), s ≤ 3 mm
	400	440	830 - 1000	30			weichgeglüht (+A)
	275	305	≥ 690		30	bei 20 °C: 100	lösungsgeglüht (+AT), F69
2.4610	305	340	≥ 690	40		bei 20 °C: 96	lösungsgeglüht (+AT), s ≤ 5
	280	315	700 - 900	40		bei 20 °C: 96	5 < s ≤ 30
2.4360	175	205	≥ 450	30			weichgeglüht (+A), F45, s ≤ 50
	175		450 - 600	30		bei 20 °C: 120	weichgeglüht (+A), F45

²⁾ kleinster Wert aus Längs- bzw. Querprobe

⁶⁾ bei den Nickelbasislegierungen hat für die Werkstoffnummer die DIN 17007 Gültigkeit

⁸⁾ Wert a_k in J/cm²

BEZEICHNUNGEN, LIEFERFORMEN, GRENZTEMPERATUREN

Werkstoffgruppe	Werkstoff-Nr.	Kurzname	Halbzeugart	Dokumentation	Obere Grenztemperatur
					°C
nach DIN EN 1652					
Kupferbasislegierungen	CW354H	CuNi30Mn1Fe	Band, Blech	DIN-EN 1652 AD-W 6/2	350
Kupfer	CW024A	Cu-DHP	Band, Blech	DIN-EN 1652 AD-W 6/2	250
Kupferzinnlegierungen	CW452K	CuSn6	Band, Blech	DIN-EN 1652	
Kupferzinklegierungen	CW503L	CuZn20	Band, Blech	DIN-EN 1652	
	CW508L	CuZn37	Band, Blech	DIN-EN 1652	
	2.0402 ⁹⁾ (CW617N)	CuZn40Pb2	Band, Blech	DIN 17670 DIN 17660	
nach DIN EN 485-2					
Aluminiumknetlegierungen	EN AW-5754	EN AW-Al Mg3	Band, Blech	DIN EN 485-2	150 (AD-W)
				DIN EN 575-3	
				AD-W 6/1	
	EN AW-6082	EN AW-Al Si1MgMn			
			DIN-EN 485-2		
			DIN-EN 573-3		
nach DIN 17007					
Reinnickel	2.4068	LC-Ni 99	Band, Blech	VdTÜV-WB 345	600
Titan	3.7025	Ti 1	Band, Blech	DIN 17 850	250
				DIN 17 860	
				VdTÜV-WB 230	
Tantal		Ta	Band, Blech	VdTÜV-WB 382	250

⁹⁾ nach DIN 17670

FESTIGKEITSKENNWERTE BEI RAUMTEMPERATUR (GEWÄHRLEISTETE WERTE ²⁾)

Werkstoff-Nr.	Dehngrenzen min.		Zugfestigkeit	Bruchdehnung min.	Kerbschlagarbeit min.	Bemerkungen
	R _{p0,2}	R _{p1,0}	R _m	A ₅	KV	
	MPa	MPa	MPa	%	J	
CW354H	≥ 120		350 - 420	35 ¹³⁾		R350 (F35) ¹¹⁾ 0,3 ≤ s ≤ 15
CW024A	≤ 100		200 - 250	42 ¹³⁾		R200 (F20) ¹¹⁾ s > 5 mm
	≤ 140		220 - 260	33 ¹⁴⁾ / 42 ¹³⁾		R220 (F22) ¹¹⁾ 0,2 ≤ s ≤ 5 mm
CW452K	≤ 300		350 - 420	45 ¹⁴⁾		R350 (F35) ¹¹⁾ 0,1 ≤ s ≤ 5 mm
				55 ¹³⁾		
CW503L	≤ 150		270 - 320	38 ¹⁴⁾		R270 (F27) ¹¹⁾ 0,2 ≤ s ≤ 5 mm
				48 ¹³⁾		
CW508L	≤ 180		300 - 370	38 ¹⁴⁾		R300 (F30) ¹¹⁾ 0,2 ≤ s ≤ 5 mm
				48 ¹³⁾		
2.0402	≤ 300		≥ 380	35		- (F38) ¹²⁾ 0,3 ≤ s ≤ 5 mm
nach DIN EN 485-2						
EN AW-5754	≥ 80		190 - 240	14 (A50)		0,5 < s ≤ 1,5 mm Zustand: 0 / H111 DIN EN-Werte
EN AW-6082	≤ 85		≤ 150	14 (A50)		0,4 ≤ s ≤ 1,5 mm Zustand: 0 ; DIN EN Werte
nach DIN 17007						
2.4068	≥ 80	≥ 105	340 - 540	40		
3.7025	≥ 180	≥ 200	290 - 410	30 / 24 ¹⁵⁾	62	0,4 < s ≤ 8 mm
TANTAL-ES	≥ 140		≥ 225	35 ¹⁰⁾		0,1 ≤ s ≤ 5,0, elektronenstrahl-erschmolzen
TANTAL-GS	≥ 200		≥ 280	30 ¹⁰⁾		0,1 ≤ s ≤ 5,0, gesintert im Vakuum

²⁾ kleinster Wert aus Längs- bzw. Querprobe

¹⁰⁾ Meßlänge l₀ = 25 mm

¹¹⁾ Zustandsbezeichnung nach DIN EN 1652 bzw. (-) nach DIN

¹²⁾ nach DIN, Werkstoff nicht in der DIN EN enthalten

¹³⁾ Angabe in DIN EN für s > 2,5 mm

¹⁴⁾ Bruchdehnung A50, Angabe in DIN EN für s ≤ 2,5 mm

¹⁵⁾ A50 für Dicken ≤ 5 mm

CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG (MASSENANTEILE IN %)

Werkstoffgruppe	Werkstoff-Nr.	Kurzname	C ¹⁶⁾	Si max.	Mn	P max.	S max.	Cr	Mo	Ni	Sonstige Elemente
Unlegierter Stahl	1.0254	P235TR1	≤ 0,16	0,35	≤ 1,20	0,025	0,020	≤ 0,30	≤ 0,08	≤ 0,30	Cu ≤ 0,30 Cr+Cu+Mo+Ni ≤ 0,70
	1.0255	P235TR2	≤ 0,16	0,35	≤ 1,20	0,025	0,020	≤ 0,30	≤ 0,08	≤ 0,30	Cu ≤ 0,30 Cr+Cu+Mo+Ni ≤ 0,70 Al _{ges} ≥ 0,02
	1.0427	C22G1	0,18 - 0,23	0,15 - 0,35	0,4 - 0,9	0,035	0,03	≤ 0,30			Al _{ges} ≥ 0,015
Allgemeiner Baustahl	1.0038	S235JRG2	≤ 0,17		≤ 1,40	0,045	0,045				N ≤ 0,009
	1.0050	E295				0,045	0,045				N ≤ 0,009
	1.0570	S355J2G3	≤ 0,20	0,55	≤ 1,6	0,035	0,035				Al _{ges} ≥ 0,015
Warmfester unlegierter Stahl	1.0460	C22G2	0,18 - 0,23	0,15 - 0,35	0,4 - 0,90	0,035	0,030	≤ 0,30			
Warmfester Stahl	1.0345	P236GH	≤ 0,16	0,35	0,4 - 1,20	0,03	0,025	≤ 0,30	≤ 0,08	≤ 0,30	Nb,Ti,V Al _{ges} ≥ 0,020 Cu ≤ 0,30 Cr+Cu+Mo+Ni ≤ 0,70
	1.0425	P265GH	≤ 0,20	0,4	≤ 0,5	0,03	0,025	≤ 0,30	≤ 0,08	≤ 0,30	
	1.0481	P295GH	0,08 - 0,20	0,40	0,9 - 1,50	0,03	0,025	≤ 0,30	≤ 0,08	≤ 0,30	
	1.5415	16Mo3	0,12 - 0,20	0,35	0,4 - 0,90	0,03	0,025	≤ 0,30	0,25 - 0,35	≤ 0,30	Cu ≤ 0,3
	1.7335	13CrMo4-5	0,08 - 0,18	0,35	0,4 - 1,00	0,030	0,025	0,7 - 1,15	0,4 - 0,6		Cu ≤ 0,3
	1.7380	10 CrMo9-10	0,08 - 0,14	0,5	0,4 - 0,80	0,03	0,025	2 - 2,50	0,9 - 1,10		Cu ≤ 0,3
	1.0305	P235G1TH	≤ 0,17	0,1 - 0,35	0,4 - 0,80	0,040	0,040				

¹⁶⁾ Der C-Gehalt ist von der Dicke abhängig. Die Werte sind für eine Dicke ≤ 16 mm.

CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG (MASSENANTEILE IN %)

Werkstoffgruppe	Werkstoff-Nr.	Kurzname	C max.	Si max.	Mn	P max.	S max.	Cr	Mo	Ni	Sonstige Elemente
Feinkorn Baustahl	1.0562	P355N	0,2	0,50	0,9 - 1,70	0,03	0,025	≤ 0,3	≤ 0,8	≤ 0,5	Al _{ges} ≥ 0,020 (s. DIN EN 10028-3)
	1.0565	P355NH	0,2	0,50	0,9 - 1,70	0,03	0,025	≤ 0,3	≤ 0,8	≤ 0,5	Cu, N, Nb, Ti, V Nb + Ti + V ≤ 0,12
	1.0566	P355NL1	0,18	0,50	0,90 - 1,70	0,030	0,020	≤ 0,3	≤ 0,8	≤ 0,5	
	1.1106	P355NL2	0,18	0,50	0,9 - 1,70	0,025	0,015	≤ 0,3	≤ 0,8	≤ 0,5	
Nichtrostender ferritischer Stahl	1.4511	X3CrNb17	0,05	1,00	≤ 1,0	0,040	0,015	16,0 - 18			Nb: 12 x %C - 1,00
	1.4512	X2CrTi12	0,03	1,00	≤ 1,0	0,04	0,015	10,5 - 12,5			Ti: 6 x (C+N) - 0,65
Nichtrostender austenitischer Stahl	1.4301	X5CrNi18-10	0,07	1,00	≤ 2,0	0,045	0,015	17,0 - 19,5		8,0 - 10,5	
	1.4306	X2CrNi19-11	0,03	1,00	≤ 2,0	0,045	0,015	18,0 - 20,0		10,0 - 12,0	
	1.4541	X6CrNiTi18-10	0,08	1,00	≤ 2,0	0,045	0,015	17,0 - 19,0		9,0 - 12,0	Ti: 5 x % C - 0,7
	1.4571	X6CrNiMoTi 17 12 2	0,08	1,00	≤ 2,0	0,045	0,015	16,5 - 18,5	2 - 2,5	10,5 - 13,5	Ti: 5 x % C - 0,7
	1.4404	X2CrNiMo 17 12 2	0,03	1,00	≤ 2,0	0,045	0,015	16,5 - 18,5	2,0 - 2,5	10,0 - 13,0	N ≤ 0,11
	1.4435	X2CrNiMo 18 14 3	0,03	1,00	≤ 2,0	0,045	0,015	17,0 - 19,0	2,5 - 3,0	12,5 - 15,0	
	1.4565	X2CrNiMnMoNbN2 5-18-5-4	0,04	1,00	4,50 - 6,5	0,030	0,015	21,0 - 25	3,0 - 4,5	15,0 - 18	Nb ≤ 0,30, N: 0,04 - 0,15
	1.4539	X1NiCrMoCu 25-20-5	0,02	0,70	≤ 2,0	0,030	0,010	19,00 - 21	4,0 - 5,0	24,0 - 26,0	Cu: 1,20 - 2,00 N: ≤ 0,15
	1.4529	X2NiCrMoCuN 25-20-7	0,02	0,50	≤ 1,0	0,03	0,01	19,0 - 21,0	6,0 - 7,0	24 - 26	Cu: 0,5 - 1 N: 0,15 - 0,25

CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG (MASSENANTEILE IN %)

Werkstoffgruppe	Werkstoff-Nr.	Kurzname	C	Si	Mn	P max.	S max.	Cr	Mo	Ni	Sonstige Elemente
Hochwärmefester austenitischer Stahl	1.4948	X6CrNi18-10	0,04 - 0,08	≤ 1,00	≤ 2,0	0,035	0,015	17,0 - 19,0		8,0 - 11,0	
	1.4919	X6CrNiMo 17-13	0,04 - 0,08	≤ 0,75	≤ 2,0	0,035	0,015	16,0 - 18,0	2,0 - 2,5	12,0 - 14,0	
Hitzebeständiger Stahl	1.4828	X15CrNiSi 20-12	≤ 0,2	1,50 - 2,00	≤ 2,0	0,045	0,015	19,0 - 21,0		11,0 - 13,0	N: ≤ 0,11
	1.4876 (DIN EN 10095)	X10NiCrAlTi32-21 INCOLOY 800H	≤ 0,12	≤ 1,0	≤ 2,0	0,030	0,015	19,0 - 23,0		30,0 - 34,0	Al: 0,15 - 0,60 Ti: 0,15 - 0,60
Nickelbasislegierung	2.4858	NiCr21Mo INCOLOY 825	≤ 0,025	≤ 0,5	≤ 1,0	0,02	0,015	19,5 - 23,5	2,5 - 3,5	38,0 - 46,0	Ti, Cu, Al, Co ≤ 1,0
	2.4816	NiCr15Fe INCONEL 600 INCONEL 600 H	0,05 - 0,1	≤ 0,5	≤ 1,0	0,02	0,015	14,0 - 17,0		> 72	Ti, Cu, Al
	2.4819	NiMo16Cr15W HASTELLOY C-276	≤ 0,01	0,08	≤ 1,0	0,02	0,015	14,5 - 16,5	15 - 17	Rest	V, Co, Cu, Fe
	2.4856	NiCr22Mo9Nb INCONEL 625 INCONEL 625 H	0,03 - 0,1	≤ 0,5	≤ 0,5	0,02	0,015	20,0 - 23,0	8,0 - 10,0	> 58	Ti, Cu, Al Nb/Ta: 3,15 - 4,15 Co ≤ 1,0
	2.4610	NiMo16Cr16Ti HASTELLOY C-4	≤ 0,015	≤ 0,08	≤ 1,0	0,025	0,015	14,0 - 18,0	14,0 - 17,0	Rest	Ti, Cu, Co ≤ 2,0
	2.4360	NiCu30Fe MONEL	≤ 0,15	≤ 0,5	≤ 2,0		0,02			> 63	Cu: 28 - 34 Ti, Al, Co ≤ 1,0
Kupferbasislegierung	CW354H	CuNi 30 Mn 1 Fe CUNIFER 30	≤ 0,05		0,5 - 1,50		0,050			30,0 - 32,0	Cu: Rest, Pb, Zn

CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG (MASSENANTEILE IN %)

Werkstoffgruppe	Werkstoff-Nr.	Kurzname	Cu	Al	Zn	Sn	Pb	Ni	Ti	Ta	Sonstige Elemente
Kupfer	CW024A	Cu DHP	≥ 99,9								P: 0,015 - 0,04
Kupferzinnlegierung	CW452K	CuSn 6	Rest		≤ 0,2	5,5 - 7,0	≤ 0,2	≤ 0,2			P: 0,01 - 0,4, Fe: ≤ 0,1
Kupferzinklegierung	CW503L	CuZn 20	79,0 - 81,0	≤ 0,02	Rest	≤ 0,1	≤ 0,05				
	CW508L	CuZn 37 Messing	62,0 - 64,0	≤ 0,05	Rest	≤ 0,1	≤ 0,1	≤ 0,3			
	2.0402	CuZn 40 Pb 2	57,0 - 59,0	≤ 0,1	Rest	≤ 0,3	1,5 - 2,5	≤ 0,4			
Aluminiumknetlegierung	EN AW-5754	EN AW-Al Mg3	≤ 0,1	Rest	≤ 0,1				≤ 0,15		Si, Mn, Mg
	EN AW-6082	EN AW-Al Si1MgMn	≤ 0,1	Rest	≤ 0,2				≤ 0,1		Si, Mn, Mg
Reinnickel	2.4068	LC-Ni 99	≤ 0,025					≥ 99	≤ 0,1		C ≤ 0,02 Mg ≤ 0,15 S ≤ 0,01 Si ≤ 0,2
Titan	3.7025	Ti							Rest		N ≤ 0,05 H ≤ 0,013 C ≤ 0,06 Fe ≤ 0,15
Tantal	-	Ta						≤ 0,01	≤ 0,01	Rest	

FESTIGKEITSWERTE BEI ERHÖHTEN TEMPERATUREN

Werkstoff-Nr. nach DIN	Art des Kennwertes	Festigkeitskennwerte in MPa															
		Temperaturen in °C															
		RT ¹⁷⁾	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900	
1.0254	R _{p0.2}	235															
1.0255	R _{p0.2}	235															
1.0427	R _{p0.2}	220	210	190	170	150	130	110									
1.0038	R _{p0.2}	205	187		161	143	122									(Werte nach AD W1)	
1.0570	R _{p0.2}	315	254		226	206	186									(Werte nach AD W1)	
1.0460	R _{p0.2}	240	230	210	185	165	145	125	100	80							
	R _{p1/100000}								136	80	(53)					() = Werte bei 480 °C	
	R _{p1/1000000}								95	49	(30)						
	R _{m10000}									191	113	(75)					
	R _{m100000}									132	69	(42)					
R _{m200000}																	
1.0345	R _{p0.2}	206	190	180	170	150	130	120	110								
	R _{p1/100000}								136	80	(53)					() = Werte bei 480 °C	
	R _{p1/1000000}								95	49	(30)						
	R _{m10000}									191	113	(75)					
	R _{m100000}									132	69	(42)					
R _{m200000}									115	57	(33)						
1.0425	R _{p0.2}	234	215	205	195	175	155	140	130								
	R _{p1/100000}								136	80	(53)					() = Werte bei 480 °C	
	R _{p1/1000000}								95	49	(30)						
	R _{m10000}									191	113	(75)					
	R _{m100000}									132	69	(42)					
R _{m200000}									115	57	(33)						
1.0481	R _{p0.2}	272	250	235	225	205	185	170	155								
	R _{p1/100000}								167	93	49					() = Werte bei 530 °C	
	R _{p1/1000000}								118	59	29						
	R _{m10000}									243	143	74					
	R _{m100000}									179	85	41					
R _{m200000}									157	70	30						
1.5415	R _{p0.2}	275	264	250	233	213	194	175	159	147	141						
	R _{p1/100000}									216	132	(84)				() = Werte bei 530 °C	
	R _{p1/1000000}									167	73	(36)					
	R _{m10000}									298	171	(102)					
	R _{m100000}									239	101	(53)					
R _{m200000}									217	84	(45)						
1.7335	R _{p0.2}				230	220	205	190	180	170	165						
	R _{p1/100000}									245	157	(53)				() = Werte bei 570 °C	
	R _{p1/1000000}									191	98	(24)					
	R _{m10000}									370	239	(76)					
	R _{m100000}									285	137	(33)					
R _{m200000}									260	115	(26)						

¹⁷⁾ Raumtemperaturwerte gültig bis 50 °C

FESTIGKEITSWERTE BEI ERHÖHTEN TEMPERATUREN

Werkstoff-Nr. nach DIN	Art des Kennwertes	Festigkeitskennwerte in MPa															
		Temperaturen in °C															
		RT ¹⁷⁾	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900	
1.7380	R _{p0.2}				245	230	220	210	200	190	180						
	R _{p1/100000}									240	147	83	44				
	R _{p1/1000000}									166	103	49	22				
	R _{m10000}									306	196	108	61				
	R _{m100000}									221	135	68	34				
	R _{m200000}									201	120	58	28				
1.0305	R _{p0.2}	235			185	165	140	120	110	105							
	R _{p1/100000}								136	80	(53)				() = Werte bei 480 °C		
	R _{p1/1000000}								95	49	(30)						
	R _{m10000}									191	113	(75)					
	R _{m100000}									132	69	(42)					
	R _{m200000}									115	57	(33)					
1.0565	R _{p0.2}	336	304	284	245	226	216	196	167								
	R _{p0.2}	230	230	220	205	190	180	165									
1.4511	R _{p0.2}	210	200	195	190	186	180	160									
1.4301	R _{p0.2}	215	157	142	127	118	110	104	98	95	92	90					
	R _{p1}		191	172	157	145	135	129	125	122	120	120					
1.4306	R _{p0.2}	205	147	132	118	108	100	94	89	85	81	80					
	R _{p1}		181	162	147	137	127	121	116	112	109	108					
1.4541	R _{p0.2}	205	176	167	157	147	136	130	125	121	119	118					
	R _{p1}		208	196	186	177	167	161	156	152	149	147					
1.4571	R _{p0.2}	225	185	177	167	157	145	140	135	131	129	127					
	R _{p1}		218	206	196	186	175	169	164	160	158	157					
1.4404	R _{p0.2}	225	166	152	137	127	118	113	108	103	100	98					
	R _{p1}		199	181	167	157	145	139	135	130	128	127					
1.4435	R _{p0.2}	225	165	150	137	127	119	113	108	103	100	98					
	R _{p1}		200	180	165	153	145	139	135	130	128	127					
1.4565	R _{p0.2}	420	350	310	270	255	240	225	210	210	210	200					
	R _{p1}		460	400	355	310	290	270	255	240	240	230					
1.4539	R _{p0.2}	220	205	190	175	160	145	135	125	115	110	105					
	R _{p1}		235	220	205	190	175	165	155	145	140	135					
	R _{m (MSTÜW)}		520	440	420	400	390	380	370	360							
1.4529	R _{p0.2}	300	230	210	190	180	170	165	160								
	R _{p1}		340	270	245	225	215	205	195	190							

¹⁷⁾ Raumtemperaturwerte gültig bis 50 °C

FESTIGKEITSWERTE BEI ERHÖHTEN TEMPERATUREN

Werkstoff-Nr. nach DIN	Art des Kennwertes	Festigkeitskennwerte in MPa																
		RT ¹⁷⁾	Temperaturen in °C															
			100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900		
1.4948	R _{p0,2}	230	157	142	127	117	108	103	98	93	88	83	78					
	R _{p1}	260	191	172	157	147	137	132	127	122	118	113	108					
	R _m	530	440	410	390	385	375	375	375	370	360	330	300					
	R _{p1/10000}										147	121	94	35				
	R _{p1/100000}										114	96	74	22				
	R _{m10000}										250	191	132	55				
	R _{m100000}										192	140	89	28				
	R _{m200000}										176	125	78	22				
1.4919	R _{p0,2}	205	177		147		127		118	108	103	98						
	R _{p1}	245	211		177		157		147	137	132	128						
	R _{p1/10000}										180	125	46					
	R _{p1/100000}										125	85	25					
	R _{m10000}										250	175	65					
	R _{m100000}										175	120	34					
	R _{m200000}																	
	1.4958	R _{p0,2}	170	140	127	115	105	95	90	85	82	80	75	75				
R _{p1}		200	160	147	135	125	115	110	105	102	100	95	95					
R _m		500	465	445	435	425	420	418	415	415	415							
R _{p1/10000}												115	58					
R _{p1/100000}												(85)	(40)					
R _{m10000}		Werte in Klammern wurden durch erweiterte Extrapolation bestimmt										290	225	140	69			
R _{m100000}												215	160	95	44			
R _{m200000}												(196)	(143)	(83)	(38)			
1.4828	R _{p0,2}	230	205		180		160		150		140		130					
	R _{p1}	270	245		220		205		190		180		170					
	R _m	550	470		430		410		400		370		320					
	R _{p1/1000}											120	50	20	8			
	R _{p1/10000}											80	25	10	4			
	R _{m1000}											190	75	35	15			
	R _{m100000}											120	36	18	8,5			
	R _{m1000000}											65	16	7,5	3,0			
1.4876 lösungsgeglüht (+AT)	R _{p0,2}	170	140		115		95		85		80							
	R _{p1}	200	160		135		115		105		100		95					
	R _m	450	425		400		390		380		360		300					
	R _{p1/1000}											130	70	30	13			
	R _{p1/10000}											90	40	15	5			
	R _{m1000}											200	90	45	20			
	R _{m100000}											152	68	30	10			
	R _{m1000000}											114	47	19	4			
2.4858	R _{p0,2}	235	205	190	180	175	170	165	160	155								
	R _{p1}	265	235	220	205	200	195	190	185	180								
	R _m	550	530		515		500		490	485								

¹⁷⁾ Raumtemperaturwerte gültig bis 50 °C

FESTIGKEITSWERTE BEI ERHÖHTEN TEMPERATUREN

Werkstoff-Nr. nach DIN	Art des Kennwertes	Festigkeitskennwerte in MPa																	
		RT ¹⁷⁾	Temperaturen in °C																
			100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900			
2.4816 DIN EN 10095	R _{p0,2}	200	180		165		155		150	145									
	R _m	550	520		500		485		480	475									
		-750																	
	R _{p0,2}	180	170		160		150		150	145									
	R _m	500	480		460		445		440	435									
		-700																	
	R _{p1/100000}											153		91	43	18	8		
	R _{p1/1000000}											126		66	28	12	4		
R _{m10000}													160	96	38	22			
R _{m100000}													297	138	63	29	13		
R _{m1000000}													215	97	42	17	7		
2.4819 VdTUV-WB 400	R _{p0,2}	310	280		240		220		195										
	R _{p1}	330	305		275		215		200										
2.4856	R _{p0,2}	400	350		320		300		280	270									
	R _{p1/100000}															250	90	30	10
	R _{m1000000}															290	135	45	18
	R _{m10000}															260	107	34	
R _{m1000000}															190	63	30	20	
2.4610	R _{p0,2}	305	285		255		245		225										
	R _{p1}	340	315		285		270		260										
2.4360	R _{p0,2}	175	150	140	135	132	130	130	130	(130)									
	R _m	450	420	400	390	385	380	375	370	(370)									
CW354H	R _{p1}	140	130	126	123	120	117	112											
	R _{p1/100000}					107	99	92	84										
	R _{p1/1000000}					102	94	86	78										
	K/S ¹⁸⁾		93	87	84	82	80	78	75										
CW024A AD-W 6/2	R _{p1}	60	55	55															
	R _m	200	200	175	150	125													
	K/S ¹⁸⁾	57	57	50	43	36													
	R _{p1}	65	58	58															
	R _m	220	220	195	170	145													
	K/S ¹⁸⁾	63	63	56	49	41													
EN-AW 5754	R _{p2/100000}					58	53	46	37										
	R _{p2/1000000}					56	49	40	30										
	R _{p0,2}	80	70																
	R _{m100000}	(80)	45																

¹⁷⁾ Raumtemperaturwerte gültig bis 50 °C

¹⁸⁾ K/S = Zulässige Spannung nach AD-W 6/2 für 10⁶ h

FESTIGKEITSWERTE BEI ERHÖHTEN TEMPERATUREN

Werkstoff-Nr. nach DIN	Festigkeitskennwerte in MPa															
	Art des Kennwertes	Temperaturen in °C														
		RT ¹⁾	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900
2.4068 Nickel	R _{p0,2}	80	70		65		60		55		50		40			
	R _{p1}	105	95		90		85		80		75		65			
	R _m	340	290		275		260		240		210		150			
	R _{p1/10000}								75	55	35	19	10			
	R _{p1/100000}								85	60	40	23	11	6		
3.7025 Titan	R _{p1}	200	180	150	110	90										
	R _{m10000}	220	160	150	130	110										
	R _{m100000}	200	145	130	120	90										
Tantal	R _{p0,2}	140	100	90	80	70										
	R _m	225	200	185	175	160	150									
	A _{300%}	35														
	R _{p0,2}	200	160	150	140	130										
	R _m	280	270	260	240	230										
A _{300%}	25															

¹⁾ Raumtemperaturwerte gültig bis 50 °C

ZULÄSSIGE BETRIEBSDRÜCKE UND -TEMPERATUREN FÜR TEMPERGUSSGEWINDEANSCHLÜSSE

Gewindeanschlüsse aus Temperguss sind in Abhängigkeit von Durchflussmedien und Betriebstemperatur bis zu den in nachstehender Tabelle genannten Betriebsdrücke einsetzbar.

Zulässiger Betriebsdruck für die Durchflussmedien

DN	d	Wasser und Gas bis max. 120 °C	Gase und Dämpfe bis max. 150 °C	Gase und Dämpfe bis max. 300 °C	Öle bis 200 °C
–	Zoll	–	–	–	–
Nippel, flach dichtende Verschraubungen					
6-50	¼ - 2	65 bar	50 bar	40 bar	35 bar
Konisch dichtende Verschraubungen					
6 - 32	¼ - 1¼	65 bar	40 bar	40 bar	35 bar
40	1½	50 bar	50 bar	40 bar	30 bar
50	2	55 bar	40 bar	32 bar	24 bar

Die Abdichtung ist mit besonderer Sorgfalt durchzuführen. Die Dichtungsmaterialien sind den Betriebsbedingungen anzupassen. Für die Abdichtung von Gewindeverbindungen in Trinkwasser- und Gasinstallationen dürfen nur zugelassene Dichtmittel verwendet werden.

Für hohe Betriebsanforderungen sind nur qualitativ einwandfreie Anschlussgewinde geeignet.

WERKSTOFFBEZEICHNUNGEN NACH INTERNATIONALEN SPEZIFIKATIONEN

Werkstoff-Nr. nach DIN EN	USA			Japan		
	Norm	UNS Kurzname	Halbzeugart/Einsatzgebiet/ Titel	Norm	Kurzname	Halbzeugart/Einsatzgebiet/ Titel
1.0254	ASTM A 53	K02504 Grade A, type S	Geschweißte und nahtlose schwarzoxidierte und feuerverzinkte Stahlrohre	JIS G 3445	STKM12A	Rohr für Maschinenbau
	ASTM A 519	K02504 Grade 1020	Rohr, nahtlos	JIS G 3454	STPG370	Rohr für Druckbehälter
	ASTM A 523	K02504 Grade B	Rohr, nahtlos, wiederstandsgeschweißt	JIS G 3457	STPY400	Rohr, geschweißt
1.0255	ASTM A106	Grade A	Rohr, nahtlos warmfest	JIS G 3455	STS 370	Rohr für Druckbehälter
1.0038	ASTM A 500	K03000	Geschweißte und nahtlose Formstücke aus kaltgeformtem unlegiertem Stahl			
1.0050	ASTM A 573	Grade 70	Blech mit verbesserter Zähigkeit	JIS G 3101	SS490	Allgemeine Baustähle
1.0570	ASTM A105		Schmiedestück für Rohrleitungen	JIS G 3106	SM490YB	Stähle für Schweißkonstruktionen
	ASTM A 662	Grade C	Blech für Druckbehälter	JIS G 3106	SM520B	Stähle für Schweißkonstruktionen
1.0345	ASTM A 414	K02201 Grade A	Blech für Druckbehälter	JIS G 3115	SPV450	Blech für Druckbehälter
1.0425	ASTM A 414	K02505 Grade D	Blech für Druckbehälter	JIS G 3115	SPV355	Blech für Druckbehälter
1.0481	ASTM A 414	K02704 Grade F	Blech für Druckbehälter	JIS G 3118	SGV410	Blech für Druckbehälter
1.5415	ASTM A 204	K12320 Grade A	Blech für Druckbehälter	JIS G 3458	STPA12	Rohre
1.7335	ASTM A 387	K11789 Grade 12	Blech aus Cr-Mo-legiertem Stahl für Druckkessel	JIS G 3462	STBA22	Kessel- und Wärmetauscherrohre
1.7380	ASTM A 387	K21590 Grade 22	Blech aus Cr-Mo-legiertem Stahl für Druckkessel	JIS G 4109	SCMV4	Blech für Druckbehälter
1.0305	ASTM A 106	K02501 Grade A	Rohr, nahtlos, warmfest	JIS G 3461	STB340	Rohr, Kesselrohr
1.0562	ASTM A 299	K02803 Grade A	Blech für Druckbehälter	JIS G 3106	SM490 A;B;C	Stähle für Schweißkonstruktionen
	ASTM A 714	K12609 Grade II	Geschweißte und nahtlose Rohre aus hochfestem niedriglegiertem Stahl	JIS G 3444	STK490	Rohre für allgemeine Verwendung
1.0565	ASTM A 633	K12037 Grade D	Blech, hochfest			
	ASTM A 662	K12037 Grade C	Blech für Druckbehälter			
1.0566	ASTM A 662	K02701 Grade C	Blech für Druckbehälter	JIS G 3126	SLA365	Blech für Druckbehälter, kaltzäh

WERKSTOFFBEZEICHNUNGEN NACH INTERNATIONALEN SPEZIFIKATIONEN

Werkstoff-Nr. nach DIN EN	Korea			China		
	Norm	Kurzname	Halbzeugart/Einsatzgebiet/ Titel	Norm	Kurzname	Halbzeugart/Einsatzgebiet/ Titel
1.0254	KS D 3583	SPW 400	Geschweißte Rohre aus Kohlenstoffstahl			
1.0255	KS D 3562	SPPS 410	Kohlenstoffstahl, Leitungen für Hochdruckanwendungen	GB/T 5312	410	Rohr, nahtlos für Schiffsbau
1.0038				GB/T 700	Q235B U12355	(Unlegierte Baustähle)
1.0050	KS D 3503	SS 490	Allgemeine Baustähle	GB/T 700	Q275 U12752	(Unlegierte Baustähle)
1.0570	KS D 3517	STKM 16C	Unlegierte Stahlrohre für allgemeinen Maschinenbau	GB 6654	16MnR L20162	Blech für Druckbehälter
				GB/T 8164	16Mn L20166	Band für geschweißte Rohre
1.0345	KS D 3521	SPPV 450	Grobbleche für Druckgefäße für mittlere Einsatztemperaturen	GB 6654	20R	Blech für Druckbehälter
1.0425	KS D 3521	SPPV 315	Grobbleche für Druckgefäße für mittlere Einsatztemperaturen	GB/T 713	22Mng	Stahlbleche für Kessel und Druckbehälter
1.0481						
1.5415	KS D 3572	STHA 12	Rohre für Kessel und Wärmetauscher	GB 5310	15MoG A65158	Nahtlose Rohre für Druckbehälter
1.7335	KS D 3572	STHA 22	Rohre für Kessel und Wärmetauscher	YB/T 5132	12CrMo A30122	Bleche aus legierten Baustählen
1.7380	KS D 3543	SCMV 4	Cr-Mo-Stahl für Druckgefäße	GB 5310	12Cr2MoG A30138	Nahtlose Rohre für Druckbehälter
1.0305				GB/T 5312	360	Rohr, nahtlos für Schiffsbau
1.0562						
1.0565						
1.0566	KS D 3541	SLA 1 360	Grobbleche für Druckgefäße (kaltzäh)	GB/T 714	Q420q-D L14204	Stähle für den Brückenbau

WERKSTOFFBEZEICHNUNGEN NACH INTERNATIONALEN SPEZIFIKATIONEN

Werkstoff-Nr. nach DIN EN	USA			Japan		
	Norm	UNS Kurzname	Halbzeugart/Einsatzgebiet/Titel	Norm	Kurzname	Halbzeugart/Einsatzgebiet/ Titel
1.1106	ASTM A 707	K12510 Grade L3	Geschmiedete Flansche aus legiertem und unlegiertem Stahl für den Einsatz bei niedrigen Temperaturen	JIS G 3444	STK490	Rohre für allgemeine Verwendung
1.4511				JIS G 4305	SUS430LX	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band
1.4512	ASTM A 240	S40900 409	Blech und Band aus hitzebeständigem nichtrostendem Cr- und Cr-Ni-Stahl für Druckkessel	JIS G 4312	SUH409L	Blech, nichtrostend, hitzebeständig
1.4301	ASTM A 240	S30400 304	Blech und Band aus hitzebeständigem nichtrostendem Cr- und Cr-Ni-Stahl für Druckkessel	JIS G 4305	SUS304	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band
1.4306	ASTM A 240	S30403 304L	Blech und Band aus hitzebeständigem nichtrostendem Cr- und Cr-Ni-Stahl für Druckkessel	JIS G 4305	SUS304L	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band
1.4541	ASTM A 240	S32100 321	Blech und Band aus hitzebeständigem nichtrostendem Cr- und Cr-Ni-Stahl für Druckkessel	JIS G 4305	SUS321	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band
1.4571	ASTM A 240	S31635 316Ti	Blech und Band aus hitzebeständigem nichtrostendem Cr- und Cr-Ni-Stahl für Druckkessel	JIS G 4305	SUS316Ti	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band
1.4404	ASTM A 240	S31603 316L	Blech und Band aus hitzebeständigem nichtrostendem Cr- und Cr-Ni-Stahl für Druckkessel	JIS G 4305	SUS316L	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band
1.4435	ASTM A 240	S31603 316L	Blech und Band aus hitzebeständigem nichtrostendem Cr- und Cr-Ni-Stahl für Druckkessel	JIS G 4305	SUS316L	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band
1.4565	ASTM A 240	S34565	Blech und Band aus hitzebeständigem nichtrostendem Cr- und Cr-Ni-Stahl für Druckkessel			
1.4539	ASTM A 240	N08904 904L	Blech und Band aus hitzebeständigem nichtrostendem Cr- und Cr-Ni-Stahl für Druckkessel	JIS G 4305	SUS890L	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band
1.4529	ASTM A 240	N08925	Blech und Band aus hitzebeständigem nichtrostendem Cr- und Cr-Ni-Stahl für Druckkessel			

WERKSTOFFBEZEICHNUNGEN NACH INTERNATIONALEN SPEZIFIKATIONEN

Werkstoff-Nr. nach DIN EN	Korea			China		
	Norm	Kurzname	Halbzeugart/Einsatzgebiet/Titel	Norm	Kurzname	Halbzeugart/Einsatzgebiet/ Titel
1.1106				GB 6654	16MnR L20163	Blech für Druckbehälter
1.4511	KS D 3698	STS 430LX	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band			
1.4512				GB / T 3280	022Cr11NbTi S11168	Warmgewalzte Bleche aus hitzebeständigem Stahl; ferritisch
1.4301	KS D 3698	STS 304	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band	GB / T 3280	06Cr19Ni10 S30408	Kaltgewalzte Bleche und Bänder; austenitisch
1.4306	KS D 3698	STS 304L	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band	GB / T 3280	022Cr19Ni10 S30403	Kaltgewalzte Bleche und Bänder; austenitisch
1.4541	KS D 3698	STS 321	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band	GB / T 3280	06Cr18Ni11Ti S32168	Kaltgewalzte Bleche und Bänder; austenitisch
1.4571	KS D 3698	STS 316Ti	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band	GB / T 3280	06Cr17Ni12Mo2Ti S31668	Kaltgewalzte Bleche und Bänder; austenitisch
1.4404	KS D 3698	STS 316L	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band	GB / T 3280	022Cr17Ni12Mo2 S31603	Kaltgewalztes Blech und Band; austenitisch
1.4435	KS D 3698	STS 316L	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band	GB / T 3280	022Cr17Ni12Mo2 S31603	Kaltgewalzte Bleche und Bänder; austenitisch
1.4565				GB / T 3280	022Cr24Ni17Mo5Mn6NbN	Kaltgewalzte Bleche und Bänder; austenitisch
1.4539				GB / T 3280	015Cr21Ni26Mo-5Cu2	Kaltgewalzte Bleche und Bänder; austenitisch
1.4529	KS D 3698	STS 317J5L	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band			

WERKSTOFFBEZEICHNUNGEN NACH INTERNATIONALEN SPEZIFIKATIONEN

Werkstoff-Nr. nach DIN EN	USA			Japan		
	Norm	UNS Kurzname	Halbzeugart/Einsatzgebiet/ Titel	Norm	Kurzname	Halbzeugart/Einsatzgebiet/ Titel
1.4948	ASTM A 240	S30409 304H	Blech und Band aus hitzebeständigem nichtrostendem Cr- und Cr-Ni-Stahl für Druckkessel			
1.4919	ASTM A 240	S31609 316H	Blech und Band aus hitzebeständigem nichtrostendem Cr- und Cr-Ni-Stahl für Druckkessel			
1.4958	ASTM A 240	N08810	Blech und Band aus hitzebeständigem nichtrostendem Cr- und Cr-Ni-Stahl für Druckkessel			
1.4828	ASTM A 167	S30900 309	Blech und Band aus nichtrostendem hitzebeständigem Cr-Ni-Stahl	JIS G 4312	SUH309	Hitzebeständige Bleche und Grobbleche
1.4876	ASTM A 240	N08800 800H	Blech und Band aus hitzebeständigem nichtrostendem Cr- und Cr-Ni-Stahl für Druckkessel	JIS G 4902	NCF800	Sonderlegierung in Blechen
2.4858	ASTM B 424	N08825	Bleche und Bänder aus Ni-Fe-Cr-Mo-Cu-Legierungen (UNS N08825 und N08221)	JIS G 4902	NCF825	Sonderlegierung in Blechen
2.4816	ASTM B 168	N06600	Bleche und Bänder aus Ni-Cr-Fe- und Ni-Cr-Co-Mo-Legierungen (UNS N06600 und N06690)			
2.4819	ASTM B 575	N10276	Bleche und Bänder aus kohlenstoffarmen Ni-Mo-Cr-Legierungen			
2.4856	ASTM B 443	N06625	Bleche und Bänder aus Ni-Cr-Mo-Nb-Legierung (UNS N06625)	JIS G 4902	NCF625	Sonderlegierung in Blechen
2.4610	ASTM B 575	N06455	Bleche und Bänder aus kohlenstoffarmen Ni-Mo-Cr-Legierungen			
2.4360	ASTM B 127	N04400	Bleche und Bänder aus Ni-Cu-Legierung (UNS N04400)	JIS H 4551	NW4400	Bleche und Streifen aus Nickel und Nickellegierung

WERKSTOFFBEZEICHNUNGEN NACH INTERNATIONALEN SPEZIFIKATIONEN

Werkstoff-Nr. nach DIN EN	Korea			China		
	Norm	Kurzname	Halbzeugart/Einsatzgebiet/ Titel	Norm	Kurzname	Halbzeugart/Einsatzgebiet/ Titel
1.4948				GB /T 3280	07Cr19Ni10	Kaltgewalzte Bleche und Bänder; austenitisch
1.4919						
1.4958						
1.4828	KS D 3732	STR 309	Hitzebeständige Bleche und Grobbleche	GB/T 4238	16Cr23Ni13 S38210	Hitzebeständige Stähle; austenitisch
1.4876	KS D 3532	NCF 800	Sonderlegierungen in Blechen und Grobblechen	GB/T 15007	NS 111 H01110	Rostbeständige Legierungen
2.4858	KS D 3532	NCF 825	Sonderlegierungen in Blechen und Grobblechen	GB/T 15007	NS 142 H01402	Rostbeständige Legierungen
2.4816				GB/T 15007	NS 3102 H06600	Rostbeständige Legierungen
2.4819				GB/T 15007	NS 3304 H10276	Rostbeständige Legierungen
2.4856	KS D 3532	NCF 625	Sonderlegierungen in Blechen und Grobblechen	GB/T 15007	NS 3306 H06625	Rostbeständige Legierungen
2.4610				GB/T 15007	NS 3305 H06455	Rostbeständige Legierungen
2.4360				GB/T 15007	NS6400 H04400	Rostbeständige Legierungen

KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT



Grundsätzliches

Flexible metallische Bauteile sind grundsätzlich für den Transport von kritischen Flüssigkeiten geeignet, wenn eine hinreichende Beständigkeit gegen alle Medien gesichert ist, welche während der gesamten Lebensdauer vorkommen. Die Beweglichkeit von gewellten Bauteilen wie Bälgen oder gewellten Schläuchen erfordert grundsätzlich eine beträchtlich geringere Wanddicke als bei allen anderen Teilen des Systems, in welchem sie installiert sind. Da deshalb das Vergrößern der Wanddicke, um Schäden durch Korrosion zu vermeiden, nicht möglich ist, wird es unerlässlich einen passenden Werkstoff für flexible Elemente zu wählen, welcher ausreichend beständig ist. Besonders beachtet werden müssen alle möglichen Arten der Korrosion, insbesondere Lochkorrosion, interkristalline Korrosion, Spaltkorrosion und Spannungsrisskorrosion (s. Korrosionsarten). Dies führt zu der Tatsache, dass in vielen Fällen zumindest für die Lage des flexiblen Elements, welche dem korrosiven Medium ausgesetzt ist, sogar ein Werkstoff mit einer höheren Korrosionsbeständigkeit ausgewählt werden muss als der von den Systemteilen, mit welchen es verbunden ist (siehe nachfolgende Beständigkeitstabellen).

Korrosionsarten

Korrosion ist nach DIN EN ISO 8044 die „physikochemische Wechselwirkung zwischen einem Metall und seiner Umgebung, die zu einer Veränderung der Eigenschaften des Metalls führt und die zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Funktion des Metalls, der Umgebung oder des technischen Systems, von dem diese ein Teil bilden, führen kann. Diese Wechselwirkung ist oft elektrochemischer Natur“. Je nach Werkstoff und Korrosionsbedingungen können unterschiedliche Korrosionsarten auftreten. Im Folgenden sind die wichtigsten Korrosionsarten der Eisen- und Nichteisenmetalle kurz beschrieben.

Gleichmäßige Flächenkorrosion

Allgemeine Korrosion, die mit nahezu gleicher Geschwindigkeit über die gesamte Oberfläche abläuft. Der dabei auftretende Gewichtsverlust wird in der Regel in $\text{g/m}^2\text{h}$ oder als Wanddickenreduktion in mm/Jahr angegeben. Zu dieser Korrosion zählt die übliche Rostbildung beim unlegierten Stahl, welche im Allgemeinen durch Oxidation in der Gegenwart von Wasser hervorgerufen wird. Bei den nichtrostenden Stählen ist gleichmäßige Korrosion nur unter besonders ungünstigen Bedingungen möglich, z. B. hervorgerufen durch Flüssigkeiten wie Säuren, Basen und Salzlösungen.

Lochkorrosion

Unter bestimmten Bedingungen treten örtlich begrenzte Angriffe auf, die wegen ihres Aussehens als Lochkorrosion bezeichnet werden. Der Angriff erfolgt bei Einwirkung von Chlor-, Brom- oder Jod-Ionen, insbesondere bei deren Anwesenheit in wässrigen Lösungen. Diese Korrosionsform bzw. der dabei auftretende selektive Angriff ist im Vergleich zur Flächenkorrosion nicht kalkulierbar und aus diesem Grunde nur durch eine geeignete Werkstoffwahl zu beherrschen. Bei nichtrostenden Stählen steigt die Beständigkeit gegenüber Lochkorrosion mit Zunahme des Molybdängehalts in der chemischen Zusammensetzung des Werkstoffs. Überschlüssig kann man mit der sogenannten Wirksumme ($WS = Cr \% + 3.3 \cdot Mo \% + 30 N \%$) die Beständigkeit von Werkstoffen gegenüber Lochkorrosion vergleichen; je höher die Wirksumme, desto besser die Beständigkeit.

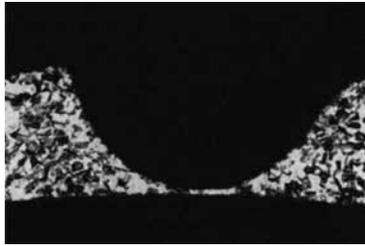


Bild 18.1 Lochkorrosion am Kaltband aus austenitischem Stahl. Schnittbild (50-fache Vergrößerung)

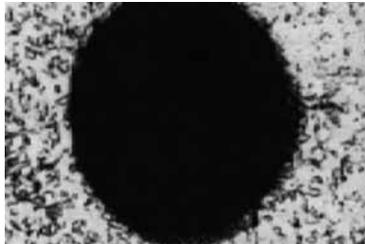


Bild 18.2 Schnittbild (50-fache Vergrößerung)

Interkristalline Korrosion

Die interkristalline Korrosion ist eine örtliche selektive Korrosion, bei der bevorzugt die Korngrenzen angegriffen werden. Ursache dieser Korrosionsart sind Ausscheidungen im Werkstoffgefüge, die an den korngrenzenahen Bereichen zu einer Verminderung der Korrosionsbeständigkeit führen. Diese Korrosionsform kann bei nichtrostenden Stählen zu einer Auflösung des Kornverbands (Kornzerfall) fortschreiten.

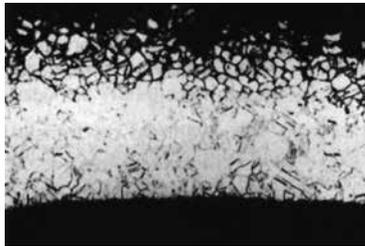


Bild 18.3 Interkristalline Korrosion (Kornzerfall) am Werkstoff 1.4828. Schnittbild (100-fache Vergrößerung)

Bei den CrNi-Stählen sind diese Ausscheidungsvorgänge temperatur- und zeitabhängig, wobei der kritische Temperaturbereich zwischen 550 und 650 °C liegt und die Zeitdauer bis zum Einsetzen der Ausscheidungsvorgänge je nach Stahlsorte unterschiedlich lang ist. Das muss unter anderem beim Verschweißen von dickwandigen Teilen mit großer Wärmekapazität beachtet werden. Diese ausscheidungsbedingten Gefügeveränderungen lassen sich durch eine Lösungsglühbehandlung (1000-1050 °C) rückgängig machen. Zur Vermeidung dieser Korrosionsart werden nichtrostende Stähle mit niedrigem Kohlenstoffgehalt ($\leq 0.03 \% C$) oder mit Stabilisierungselementen wie Titan oder Niob eingesetzt. Für unsere Erzeugnisse aus nichtrostenden Stählen werden stabilisierte (z. B. 1.4541, 1.4571) oder Low-carbon-Werkstoffe (z. B. 1.4404, 1.4306) verwendet. Die Anfälligkeit von Werkstoffen gegenüber interkristalliner Korrosion kann durch den genormten Test (Mony penny-Strauss-Test nach DIN EN ISO 3651-2) nachgewiesen werden. Unsere Bestell- und Abnahmevorschriften fordern den Nachweis der IK-Beständigkeit der Werkstoffe nach obiger Norm durch den Werkstoff-Lieferanten.

Spannungsrissskorrosion

Diese Art der Korrosion wird besonders bei austenitischen Werkstoffen beobachtet, die mit inneren oder äußeren Zug-Spannungen behaftet einem Korrosionsmedium ausgesetzt sind. Als korrosionsauslösende Medien sind vor allem chlorhaltige sowie alkalische Lösungen zu nennen. Der Rissverlauf kann transkristallin oder interkristallin sein. Während die transkristallin verlaufende Form nur oberhalb von 50 °C (bevorzugt bei chlorhaltigen Lösungen) auftritt, wird die interkristalline Form bei austenitischen Werkstoffen in chloridhaltigen neutralen Lösungen schon bei Raumtemperatur festgestellt.

Bei Temperaturen über 100 °C können selbst kleinste Chlorid- oder Laugenkonzentrationen Spannungsrisskorrosion auslösen, letztere löst nur die transkristalline Form aus. Bei NE-Metallen verläuft die Spannungsrisskorrosion in gleicher Weise wie bei austenitischen Werkstoffen. An Nickel- und Nickellegierungen können in hochkonzentrierten Alkalilaugen oberhalb 400 °C und in schwefelwasserstoffhaltigen Lösungen bzw. schwefelwasserstoffhaltigem Wasserdampf oberhalb 250 °C Schäden durch interkristalline Spannungsrisskorrosion auftreten. Zur Vermeidung solcher Korrosionsschäden ist eine umfassende, detaillierte Information über die Einsatzbedingungen und eine daraus abgeleitete sorgfältige Werkstoffauswahl erforderlich.

Spaltkorrosion

Wegen der Gefahr von Spaltkorrosion sind Konstruktionen und Einsatzfälle zu vermeiden, die Spalte darstellen oder Ablagerungen begünstigen, da unter Ablagerungen die Gefahr von Korrosion / Spaltkorrosion gegeben ist.

Die Beständigkeit der hochlegierten Stähle und Ni-Basislegierungen gegenüber dieser Korrosionsart wird mit steigendem Molybdängehalt dieser Werkstoffe verbessert; wie bei der Lochkorrosion kann auch bei der Spaltkorrosion die Wirksumme (siehe Lochkorrosion) als Kriterium zur Beurteilung der Korrosionsbeständigkeit herangezogen werden.

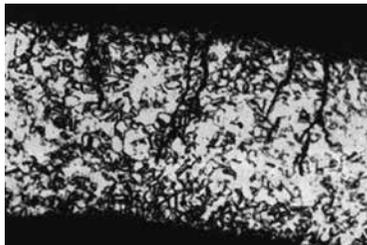


Bild 18.4 Transkristalline Spannungsrisskorrosion an Kaltband aus austenitischem Stahl. Schnittbild (50-fache Vergrößerung)

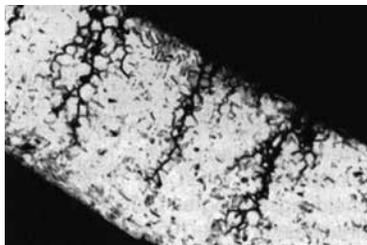


Bild 18.5 Interkristalline Spannungsrisskorrosion an Kaltband aus austenitischem Stahl. Schnittbild (50-fache Vergrößerung)



Bild 18.6 Spaltkorrosion an einem Kaltband aus austenitischem Stahl. Schnittbild (50-fache Vergrößerung)

Entzinkung

Die Entzinkung ist eine Korrosionsart, die vor allem bei Kupfer-Zink-Legierungen mit mehr als 20 % Zink auftritt. Bei dem Korrosionsvorgang scheidet sich das Kupfer aus dem Messing als meist schwammige Masse ab. Das Zink bleibt entweder in Lösung oder scheidet sich in Form von basischen Salzen über der Korrosionsstelle ab. Die Entzinkung kann sowohl flächig ausgebreitet als auch örtlich begrenzt und in die Tiefe gehend auftreten. Voraussetzung für die Entstehung dieser Korrosionsart bieten dickere Deckschichten aus Korrosionsprodukten, Kalkablagerungen aus dem Wasser oder sonstige Ablagerungen von Fremtteilen auf der Metalloberfläche. Wasser bei erhöhten Temperaturen, bei erhöhtem Chloridgehalt und bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten begünstigt das Auftreten von Entzinkung.

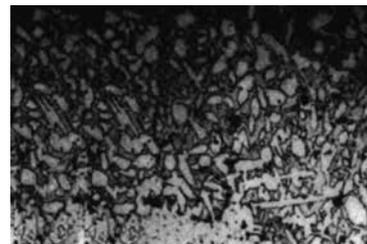


Bild 18.7 Entzinkung an einer Kupfer-Zink-Legierung (CuZn37). Schnittbild (100-fache Vergrößerung)

Kontaktkorrosion

Als Kontaktkorrosion bezeichnet man die Korrosion, die bei der Kombination von unterschiedlichen Werkstoffen entstehen kann. Zur Beurteilung der Gefahr von Kontaktkorrosion werden in der Praxis sogenannte „Praktische Spannungsreihen“, z.B. in Meerwasser, herangezogen. Metalle, die in dieser Darstellung nahe beieinander liegen, sind miteinander verträglich, bei größerem Abstand wird das anodische Metall verstärkt korrodieren.

Zu beachten sind auch Werkstoffe, die sowohl im aktiven als auch im passiven Zustand auftreten können. Eine Aktivierung eines CrNi-Stahls z.B. kann durch mechanische Beschädigung der Oberfläche, durch Ablagerungen (erschwerter Sauerstoffdiffusion) oder durch Korrosionsprodukte auf der Werkstoffoberfläche hervorgerufen werden. Dadurch kann es zwischen der aktiven und der passiven Metalloberfläche zu einer Potentialdifferenz und bei vorhandenem Elektrolyt zum Materialabtrag (Korrosion) kommen.

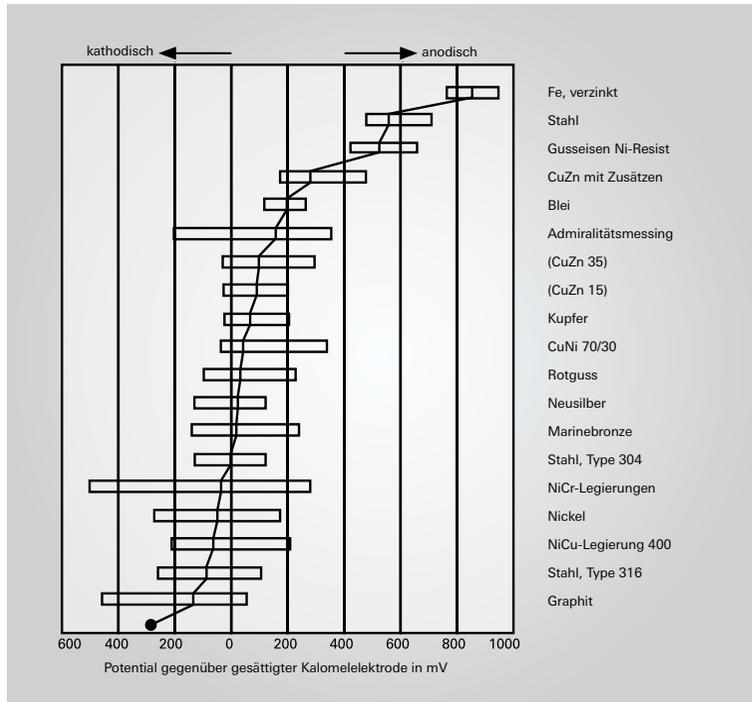


Bild 18.9 Galvanische Spannungsreihe in Meerwasser
Quelle: DECHEMA-Werkstofftabellen.

BESTÄNDIGKEITSTABELLEN

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die Beständigkeit der gängigsten, für unsere Produkte eingesetzten, metallischen Werkstoffe verschiedenen Medien gegenüber.

Die Tabellen wurden auf der Basis einschlägiger, dem Stand der Technik entsprechender Quellen erstellt; sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Angaben stellen Empfehlungen dar, für die keine Garantie übernommen werden kann.

Sie sollte dem Anwender in erster Linie Hinweise darauf geben, welche Werkstoffe für den geplanten Einsatz geeignet oder bedingt geeignet sind und welche von vornherein ausscheiden. Unsicherheiten hinsichtlich der genauen Zusammensetzung des Betriebsmediums, unterschiedliche Betriebszustände und die sonstigen betrieblichen Rahmenbedingungen sind dabei zu beachten.

08

Tabellenschlüssel

Bewertung	Korrosionsverhalten	Eignung
0	beständig	geeignet
1	abtragende Korrosion mit Dickenabnahme bis zu 1 mm/Jahr	bedingt geeignet
L	Gefahr von Lochkorrosion	
S	Gefahr von Spannungsrisskorrosion	nicht verwendbar
2	kaum beständig, abtragende Korrosion mit Dickenabnahme über 1 mm bis 10 mm/Jahr	
3	unbeständig (Korrosionsform unterschiedlich)	ungeeignet

Erläuterung der Abkürzungen

- fe: feuchter Zustand
- hg: heißgesättigt (im Siedepunkt)
- kg: kaltgesättigt (Raumtemperatur)
- Schm: Schmelze
- SP: Siedepunkt
- STP: Säuretaupunkt
- tr: trockener Zustand
- wl: wässrige Lösung

Medium		Werkstoffe																						
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration Temperatur	Werkstoffe																						
		Unlegierte und niedriglegierte Stähle		nicht rostende Stähle				Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle										
		ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825	2.4858	Inconel 600	2.4816	Inconel 625	2.4856	Hastelloy C	2.4610 / 2.4819	Monel	2.4360	Cunifer 30	2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
%	°C	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abgase s. Verbrennungsgase																								
Acetaldehyd CH ₃ - CHO	100	SP	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acetanilid = Antifebrin		<114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aceton CH ₃ COCH ₃	100	SP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acetylchlorid CH ₃ COCl		20	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1				1	1	1				0	1	0
Acetylen H-C≡C-H	tr	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	3	3
Acetylendichlorid H ₂ C=CCl ₂	wl	5	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Acetylentetrachlorid CHCl ₂ - CHCl ₂ s. Tetrachloräthan	tr	100	20	0	L	L	L	0	0	0	0								0			0	0	0
Adipinsäure HOOC(CH ₂) ₄ COOH	alle	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Äthan CH ₃ - CH ₃		20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Äther (C ₂ H ₅) ₂ O s. Äthyläther																								
Ätherische Öle		20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Äthyläther (C ₂ H ₅) ₂ O		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Äthylalkohol C ₂ H ₅ OH	alle	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Äthylbenzol C ₆ H ₅ - C ₂ H ₅	alle	SP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Äthylchlorid C ₂ H ₅ Cl		0	S	S	S	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0				0	1	0			0

Medium		Werkstoffe																						
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration Temperatur	Werkstoffe																						
		Unlegierte und niedriglegierte Stähle		nicht rostende Stähle				Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle										
		ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825	2.4858	Inconel 600	2.4816	Inconel 625	2.4856	Hastelloy C	2.4610 / 2.4819	Monel	2.4360	Cunifer 30	2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
%	°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Äthylen CH ₂ =CH ₂		20	0	0	0	0																		0
Äthylenbromid CH ₂ Br-CH ₂ Br			1	0	0														0					3
Äthylchlorid CH ₂ CLCH ₂ CL	tr	100	20	0	L	L	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
Äthylenglykol CH ₂ OH-CH ₂ OH	fe	100	20	0	L	L	L																	1
Alaun KAl(SO ₄) ₂	wl	100	20	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
	wl	10	20	1	0	0	0					1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0
	hg	10	<80	1	1	0	0					1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	hg	10		3	3	1					3	3	3	3	3	3	3	3						
Alkohol s. Äthylalkohol																								
Allylalkohol CH ₂ CHCH ₂ OH		100	SP	0	0	0	0	0	0	0	1	0												0
Allylchlorid CH ₂ =CHCH ₂ Cl		100	25				0	0	0	0		0												0
Aluminium Al	Schm	750	3	3	3	3					3													3
Aluminiumacetat (CH ₃ COO) ₂ Al(OH)	wl	3	20	3	0	0	0				0													0
	wl	hg		3	0	0	0				1													0
Aluminiumchlorid AlCl ₃	wl	5	20	3	3	3	L	1	1	0	0	1	3	3	1	3	3	1	3	1	0	0	3	1
Aluminiumfluorid AlF ₃	wl	10	25	3	3	3	3				1	1												1
Aluminiumformiat Al(HCOO) ₃				1	0	0	0	0	0	0	0	0							0	1	0	0	0	0
Aluminiumhydroxid Al(OH) ₃	wl	10	20	1	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0					0	0	0	1		1
Aluminiumnitrat Al(NO ₃) ₃				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										1

Medium		Werkstoffe															
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration Temperatur	Werkstoffe															
		nicht rostende Stähle		Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle							
		ferritische	austenitische	Incoloy 825	Inconel 600	Inconel 625	Hastelloy-C	Monel	Cunifer 30	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
%	°C	1	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	
Aluminiumoxid Al ₂ O ₃		20	1	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	
Aluminiumsulfat Al ₂ (SO ₄) ₃	wl wl	10 50	<SP	3	3	3	0	0	1	0	1	3	3	3	3	3	3
Acidsäure HCOOH		10	20	3	3	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
		10	SP	3	3	3	1	0	1	0	0	1	0	0	0	3	3
		80	SP	3	3	3	3	0	1	0	0	3	0	0	1	3	3
		85	65	3	3	3	3	0	1	0	0	2	0	0	1	3	3
Ammoniak NH ₃	tr wl wl wl	10 20 40 SP	0	0	0	0	0	0	0	0	3	S	S	3	3	0	0
Ammoniumalaun NH ₄ Al(SO ₄) ₂	wl	kg	20		0	0									3	0	
Ammoniumacetat CH ₃ -COONH ₄				1	0	0	0								0	0	
Ammoniumbicarbonat (NH ₄)HCO ₃	wl			0	0	0	0	1	3		3	3		3		0	0
Ammoniumbifluorid NH ₄ HF ₂	wl wl	10 100	25	3	3	3	3			0					3	0	
Ammoniumbromid NH ₄ Br	wl	10	25	3	L	L	L	0	0	1					0	1	
Ammoniumcarbonat (NH ₄) ₂ CO ₃	wl	1 50	20 SP	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1		1	1	0
Ammoniumchlorid NH ₄ Cl	wl wl wl	1 10 50	20 100 SP	1	L	L	L	0	0	0	0	1	1	S	S	1	1
Ammoniumfluorid NH ₄ F	wl wl	10 hg	25 70	3	1	0	0	0								1	0
Ammoniumfluosilikat (NH ₄) ₂ SiF ₆	wl	20	40	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0			0	
Ammoniumformiat HCOONH ₄	wl	10 10	20 70	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0

Medium		Werkstoffe															
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration Temperatur	Werkstoffe															
		nicht rostende Stähle		Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle							
		ferritische	austenitische	Incoloy 825	Inconel 600	Inconel 625	Hastelloy-C	Monel	Cunifer 30	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
%	°C	1	1	0	0	0	0	3 <th>3 <th>3 <th>3 <th>3 <th>3 <th>3 <th>3 <th>3 </th></th></th></th></th></th></th></th>	3 <th>3 <th>3 <th>3 <th>3 <th>3 <th>3 <th>3 </th></th></th></th></th></th></th>	3 <th>3 <th>3 <th>3 <th>3 <th>3 <th>3 </th></th></th></th></th></th>	3 <th>3 <th>3 <th>3 <th>3 <th>3 </th></th></th></th></th>	3 <th>3 <th>3 <th>3 <th>3 </th></th></th></th>	3 <th>3 <th>3 <th>3 </th></th></th>	3 <th>3 <th>3 </th></th>	3 <th>3 </th>	3	
Ammoniumhydroxid NH ₄ OH		100	20		0	0	0	0	0	0	3	3			3	0	0
Ammoniumnitrat NH ₄ NO ₃	wl wl	5 100	20 SP	3	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3		3	3
Ammoniumoxalat (COONH ₄) ₂	wl wl	10 10	SP	3	3	1	0	1	0	0	1	1	1		1	1	0
Ammoniumperchlorat NH ₄ ClO ₄	wl	10	20	L	L	L					1					0	
Ammoniumpersulfat (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	wl wl	5 10	20 25	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3		3	3	0
Ammoniumphosphat NH ₄ H ₂ PO ₄	wl	5	25	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1		3	1	0
Ammoniumrhodanid NH ₄ CNS			70	0	0	0										0	0
Ammoniumsulfat (NH ₄) ₂ SO ₄	wl wl	1 10	20 20	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3		3	1	0
	wl	hg	SP	1	0	0	0	3	3	3	2	3	3	1	3	1	0
Ammoniumsulfid (NH ₄) ₂ SO ₃	kg hg	20 SP		1	0	0	3	3		3	3	3	3		3	3	0
Ammoniumsulfocyanat s. Ammoniumrhodanid																	
Ammonsaltpeter s. Ammoniumnitrat																	
Amylacetat CH ₃ -COOC ₅ H ₁₁	alle 100	20 SP			1	1	1	0	1	1	1	1	1		1	1	1
Amylalkohol C ₅ H ₁₁ OH Pentanole	100 100	20 SP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amylchlorid CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ Cl	100	SP	1	L	L	L	0	1	0	0	1	0			0	1	0
Amylmercaptan	100	160		0	0												
Anilin C ₆ H ₅ NH ₂	100 100	20 180		0	0	0	1	0	0	3	3	3	3	3	3	0	0

Medium		Werkstoffe																				
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration		Temperatur	nicht rostende Stähle				Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle							
		%	°C		Unlegierte und niedriglegierte Stähle	ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
Anilinchlorid	wl	5	20		L	L	L				0	3										
C ₆ H ₅ NH ₂ HCl	wl	5	100		L	L	L				0											
Anilinhydrochlorid s. Anilinchlorid											0											
Anilinsulfat			20				0				0											1
Anilinsulfid	wl	10	20				0		1		0											
	wl	kg	20				0				0											
Antimon Sb	Schm	100	650	3					0	0								3				3
Antimonchlorid SbCl ₃	tr		20	0	3	3	3											0				3
	wl		100	1	3	3	3											0				3
Apfelsäure	wl		20	3	3	0	0	0	1	0	0	1	3		3	3	0	0	0	0	0	0
	wl	50	100	3	3	0	0	0	1	0	0	1	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0
Apfelwein			20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3					0	0	0	1	0
			SP	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0					0	0	0	1	0
Arsen As			65				0															
			110				1	1														
Arsenige Säure H ₃ AsO ₃	wl		20	3		0	0															
	wl	90	110		3	3	3		3			3										
Asphalt			20	0	0	0	0					0	0	0	0	0	0					0
Azobenzol C ₆ H ₅ -N=N-C ₆ H ₅			20		0	0	0	0	0	0	0	0						0	0	0	0	0
Backpulver	fe				1	0	0	0	0	0	0	0					1					0
Bariumcarbonat BaCO ₃			20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					1
Bariumchlorid BaCl ₂	wl	5	20		L	L	L	1	1	0	0	1	3		3	1	0	0	0	0	3	
	wl	25	SP		L	L	L	1	1	0	0	1				1	0	0	0	0	L	
Bariumhydroxid Ba(OH) ₂	fest	100	20	0	0	0	0	0	1		0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	
	wl	alle	20	0	0	0	0	0	1		0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	3	
	wl	alle	SP	0	0	0	0				1											
	wl	100	815	0	0	0	0	0	1		0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	kg	20	20	0	0	0	0				1		0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	wl	hg	SP	0	0	0	0				1										3	
		50	100	0	0	0	0	0	1		1										0	

Medium		Werkstoffe																					
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration		Temperatur	nicht rostende Stähle				Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle								
		%	°C		Unlegierte und niedriglegierte Stähle	ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber	
																							L
Bariumnitrat Ba(NO ₃) ₂	wl	alle	SP		0	0	0	0	0	1	0					3							
Bariumsulfat BaSO ₄			25		0	0	0	0	0	0	0					0	0	0	0	0	1	0	0
Bariumsulfid BaS			25		0	0	0									3	1	3	3				
Benzin ¹⁾		100	25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
		100	SP	1							0	1				0					1		
Benzoesäure C ₆ H ₅ COOH	wl	alle	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	wl	alle	SP	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
Benzol ¹⁾		100	20	1	1	1	1	0	1	1	1	2				1	1	1	1	1	0	0	1
		100	SP	1	2	1	1		1	1	1	2	0			1	1	1	1	1	0	0	1
Benzaldehyd C ₆ H ₅ -CHO	tr		SP		0	0	0														1	0	0
Benzolsulfonsäure C ₆ H ₅ -SO ₃ H	wl	5	40	3	0	0	0																
	wl	5	60	3	3	1	1																
Benzylalkohol C ₆ H ₅ -CH ₂ OH		alle	20	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bernsteinsäure C ₄ H ₆ O ₄			SP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bier		100	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
		100	SP	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Blausäure s. Cyanwasserstoff																							
Blei Pb	Schm		388	3	1	1	1	0								3					3	0	0
			900	3	3	3	3									0							
Bleiacetat (CH ₃ -COO) ₂ Pb	Schm			3	0	0	0									0	0	0	0	3	3		3
Bleiacid Pb(N ₃) ₂		<20	<30									0	0	0		1					1		
Bleinitrat Pb(NO ₃) ₂	wl		100	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blut			20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1) Schlechteste Bewertung aus "Corrosion Data Survey" (NACE, 1967) und "Compass Corrosion Guide II" (Kenneth M. Pruett, 1983)

Medium		Werkstoffe																		
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	nicht rostende Stähle		Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle									
			Unlegierte und niedriglegierte Stähle	ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
Blutlaugensalz s. Kaliumferricyanid																				
Bor B		20 900	0 0	0 0	0 0															
Borax Na ₂ B ₄ O ₇	wl wl	kg hg	1 3	0 0	0 0						0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Borsäure H ₃ BO ₃	wl wl wl	50 150 150	3 3 3	0 1 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	0 0 0	0 0 0	1 1 1	0 0 0	1 1 1	0 0 0	
Branntwein		20 SP	1 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0										
Brom Br	tr fe	100 100	20 20	L L	L L	L L	1 3	0 3	0 3	0 0	0 1	0 3	0 1	0 3	0 0	3 3	0 0	3 3	0 0	
Bromammonium NH ₄ Br s. Ammoniumbromid																				
Bromkalium KBr s. Kaliumbromid																				
Bromoform CHBr ₃	tr fe	20 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0		0	0	0				3		
Bromwasser		0,03 1	20 20	L L	L L	L L														
Bromwasserstoff HBr	tr fe	100 30	20 20	0 3	0 3	0 3	0 3	0 3	0 3	0 3				0						
Bromwasserstoffsäure HBr		20	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	
1,3 Butadien CH ₂ =CHCH=CH ₂						0	0	0	0	0				0	0			0		
Butan C ₄ H ₁₀	100 100	20 120	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 1	0				1		
Butter		20	3	0	0	0	0	0	0	0				3				0		
Buttermilch		20	3	0	0	0	0	0	0	3				3	3			0		

Medium		Werkstoffe																		
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	nicht rostende Stähle		Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle									
			Unlegierte und niedriglegierte Stähle	ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
Buttersäure CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -COOH	wl wl	kg hg	20 SP	3 3	0 3	0 3	0 0	1 1	3 3	0 0	1 1	0 0	0 1					3	0	
Butylacetat CH ₃ COOC ₄ H ₉			20 SP	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
Butylalkohol CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ OH	100 100		20 SP	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
Cadmium Cd	Schm			3	3															
Calcium Ca			850	3		3	3													
Calciumbisulfid CaSO ₃	kg hg	20 SP	3 3	3 3	0 0							1	3	1	0	0	0			
Calciumcarbonat CaCO ₃		20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Calciumchlorat Ca(ClO ₃) ₂	wl wl	10 100	20 20	L 3	L 3	L L	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	3 3			1	1	0			
Calciumchlorid CaCl ₂	wl kg hg	5 10 10	100 20	3 3	L L	L L	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 1	0 3	0 3	1 0	1 0	0 0	0 3		
Calciumhydroxid Ca(OH) ₂				0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	3	
Calciumhypochlorit Ca(OCl) ₂	wl kg	2	20	3	3	3	L	0	3	0	0	3	3		3	3	0	3		
Calciumnitrat Ca(NO ₃) ₂	alle	20 100	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0		
Calciumoxalat (COO) ₂ Ca	fe	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
Calciumoxid CaO		20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
Calciumsulfat CaSO ₄	fe fe	20 SP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Medium		Werkstoffe																			
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	nicht rostende Stähle				Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle								
			Unlegierte und niedriglegierte Stähle	ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber	
																					%
Calciumsulfat	wl	kg	0	0	0	0															
CaSO ₃	wl	hg	0	0	0	0									1	0	0	0	1		
Chinibisulfat	tr		20	3	3	3	0	0	0	1	0			0	0	0	0				
Chininsulfat	tr		20	3	0	0	0	0	0	1	0			0	0	0	0	0			
Chlor	tr	100	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Cl ₂	tr	100	300	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	tr	100	400	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	fe		20	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
	fe		150	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
Chloräthyl C ₂ H ₅ Cl s. Äthylchlorid																					
Chloral CCl ₃ -CHO			20					0										0	3		
Chloramine				3	3	1	0	0	0	0	0										
Chlorbenzol C ₆ H ₅ Cl	tr			0	0	0	0	0	0	0	0										
	fe	100	20	0	L	L	L	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1		
Chlordioxid ClO ₂	wl	0,5	20	3	3	3	3		1	1	3	3					0	0			
Chloressigsäure CH ₂ -Cl-COOH	alle	30	20	3	3	3	L	3		1	1	3	3		3		0	0	3		
	wl		80	3	3	3	3		3		1	0	0	0	3	3	3	1	0	3	
Chlorkalk s. Calciumhypochlorit																					
Chlornaphtalin C ₁₀ H ₇ Cl				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Chloroform CHCl ₃	tr			1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	fe			3	L	L	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3			
Chlorphenol C ₆ H ₄ (OH)Cl				1	0	0	0			0											
Chlorsäure HClO ₃	wl		20	3	3	3	3	0		0							0	0	3	3	
Chlorsulfonsäure HSO ₂ -Cl	tr	100	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	3	
	fe		20	3	3	3	1	1	1	1	1	1			3	3	3	0	3	3	

Medium		Werkstoffe																			
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	nicht rostende Stähle				Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle								
			Unlegierte und niedriglegierte Stähle	ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber	
																					%
Chlorwasserstoff HCl	tr		20	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	1	0	
	tr		100	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	1	0	
	tr		250	1	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	
	tr		500	3	3	3	3		1		0			3	3					3	
Chromalaun KCr(SO ₄) ₂	wl	1	20	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1					0	1	0
	kg			3	3	1	0		0				0	3				1	0	3	
	hg			3	3	3	3		0				1	3				3	0	3	
Chromoxide CrO ₃				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chromsäure Cr ₂ O ₃ (H ₂ CrO ₄)	wl	5	20	3	3	0	0	1	3	0	0	3	3	3	3	3	3	3	0	1	0
	wl	5	90	3	3	3	3				1	3	3	3	3	3	3	3	0	0	
	wl	10	20	3	0	0	0	1	3	0	0	3	3	3	3	3	3	3	0	1	
	wl	10	65	3	3	3	3				0	3	3	3	3	3	3	3	0	0	
	wl	10	SP	3	3	3	3	1	3	0	0	3	3	3	3	3	3	3	0	0	3
	wl	50	SP	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3
	wl	60	20	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3
Chromsäureanhydrid CrO ₃ s. Chromoxide																					
Chromsulfat Cr ₂ (SO ₄) ₃	kg			3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					0		
	hg			3	0	1	1		1	0	0	0	0	0					0		
Crotonaldehyd CH ₃ -CH=CH-CHO			20	3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			SP			1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cyankalium s. Kaliumcyanid																					
Cyanwasserstoff HCN	tr		20	3	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	3	3	1	0	0
	wl	20	20	3	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	3	3	3	1	0	0
	wl	kg	20	3	1	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	1	0	0	0
Cyclohexan (CH ₂) ₆				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diammoniumphosphat s. Ammoniumphosphat																					
Dibromethan s. Äthylbromid																					

Medium		Werkstoffe															
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration Temperatur	Unlegierte und niedriglegierte Stähle	nicht rostende Stähle		Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle						
			ferritische	austenitische	Incoloy 825	Inconel 600	Inconel 625	Hastelloy C	Monel	Cunifer 30	Tombak	Bronze	Kupfer	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
%	°C																
Dichloräthan CH ₂ Cl-CH ₂ Cl s. Äthylchlorid																	
Dichloräthylen C ₂ H ₂ Cl ₂ s. Acetylendichlorid																	
Dichlordifluormethan CF ₂ Cl ₂	tr tr fe	SP 20 20		0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Diphenyl C ₆ H ₅ -C ₆ H ₅	100 100	20 400	0 0	S S	S S	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Eisen(II)-Chlorid FeCl ₂	wl kg	10 20	0	L L	L L	3 3	3 3	1	0 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	0 0	0 3	0 3
Eisen(III)-Chlorid FeCl ₃	tr wl wl wl	100 5 10 50	20	0 L	L L	1 3	3 3	0 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	0 0	0 3	0 3
Eisen(III)-Nitrat Fe(NO ₃) ₃	wl wl	10 alle	20	3 0	0 0	0 0	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	0 0	0 0	0 0	0 0
Eisen(II)-Sulfat FeSO ₄	wl	alle	SP	0 0	0 0			0 0	0 0				3 0	0 0	3 0	3 0	
Eisen(III)-Sulfat Fe(SO ₄) ₃	wl wl	<30 alle	20	3 0	0 0	0 3	3 3	0 1	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	0 0	0 3	0 3	0 3
Eisessig CH ₃ CO ₂ H s. Essigsäure																	
Eiweißlösungen		20	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Essigsäure CH ₃ -COOH	5 5 50 50 80 96 98	20 SP 20 SP 20 20 SP	3 0	0 0	0 0	0 1	0 0	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 0	0 0	0 0

Medium		Werkstoffe																
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration Temperatur	Unlegierte und niedriglegierte Stähle	nicht rostende Stähle		Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle							
			ferritische	austenitische	Incoloy 825	Inconel 600	Inconel 625	Hastelloy C	Monel	Cunifer 30	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
%	°C																	
Essigsäureanhydrid (CH ₃ -CO) ₂ O	alle 100 100	20 60 SP	1 0	0 0	0 0	0 1	0 0	0 1	1 3	0 0	0 1	0 1	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	
Essigsäuredampf	33 100	20 >50 <SP	3 1	1 1	3 3	0 1	0 0	0 1	3 3			3 3	3 3	0 0	1 1	0 0	0 0	
Essigsäurebutylester s. Butylacetat																		
Essigsäure Tonerde s. Aluminiumacetat																		
Fette			0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
Fettsäure C ₁₇ H ₃₅ COOH	100 100 100 100 100	20 60 150 180 300	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 1	1 1	1 1	1 1	3 3	0 0	0 0	0 0	0 0	
Firmis		20	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
Fixiersalz s. Natriumthiosulfat																		
Fluor F	fe tr tr tr	20 100 100 100	3 3	3 3	3 3				0 0	3 3	3 3	3 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
Fluorammonium s. Ammoniumbifluorid																		
Fluorkieselsäure s. Kieselfluorwasserstoffsäure																		
Fluorwasserstoff HF	5 100	20 500	3 3	3 3	3 3	0 0	0 0	0 0	0 3	3 3	3 3	3 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
Fluorwasserstoffsäure HF	10 80 80 90	20 20 SP 30	3 3	3 3	3 3	1 1	0 0	0 1	0 3	3 3	3 3	3 3	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	

Medium		Werkstoffe																				
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration		Unlegierte und niedriglegierte Stähle	nicht rostende Stähle			Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle								
		%	°C		ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber	
Formaldehyd	wl	10	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CH ₂ O	wl	40	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	wl	alle	SP	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Frigen																						
CF ₂ Cl ₂ s. Dichlordifluormethan																						
Frostschutzmittel		20		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glysantin																						
Furfurol	100	25	1	1	1	1			0	0	3	0	0	0					0	0		
	100	SP	3	1	1	1			0	0			3						0	0		
Gallussäure	wl	1	20	1	0	0	0		0										0			
C ₆ H ₂ (OH) ₃ COOH	100	20	3	0	0	0													0			
	100	SP	3	0	0	0	3												0			
Gelatine		20	0	0	0	0	0	0											0		0	
		80	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gerbsäure	wl	5	20	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0			
C ₂₈ H ₃₂ O ₄₆	wl	25	100	3	3	0	0												0			
	wl	50	SP	3	3	0	0			0									0			
Gips																						
s. Calciumsulfat																						
Glas	Schm	1200	1	1	1																	
Glaubersalz																						
s. Natriumsulfat																						
Gluconsäure	100	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CH ₂ OH(CHOH) ₄ -COOH																						
Glucose	wl	20		0	0	0				0	1	0	0	0	0	0	0	0	0			
C ₆ H ₁₂ O ₆																						
Glutaminsäure	20	1	L	L	0	0	1	0	0	1						1						
HOOC-CH ₂ -CH ₂ -CHNH ₂ -COOH	80	3	L	L	0	1	1															
Glykolsäure	20	3	1	1	1			0									0	1				
CH ₂ OH-COOH	SP	3	3	3	3			0									0	1				
	98	SP	3	3	3	3	0	1	0	0	1						0	0				

Medium		Werkstoffe																				
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration		Unlegierte und niedriglegierte Stähle	nicht rostende Stähle			Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle								
		%	°C		ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber	
Glycerin		100	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
CH ₂ OH-CHOH-CH ₂ OH		100	SP	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glykol																						
CH ₂ OH-CH ₂ OH s. Äthylenglycol																						
Glysantin																						
s. Frostschutzmittel																						
Harnsäure	wl	20	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
C ₄ H ₄ O ₂ N ₂	wl	100	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
Harnstoff	100	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CO(NH ₂) ₂	100	150	3	1	0	0	3	1	1								1	0	0	3	1	
Hefe		20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hexachloräthan																						
CCl ₃ -CCl ₃	tr	20		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
= Perchloräthan	fe	20		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hexamethylentetramin	wl	20	60	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
(CH ₂) ₆ N ₄	wl	80	60	3	0	0																
Hydrochinon				3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HO-C ₆ H ₃ -OH											1											0
Hydrazin		20	0	0	0	0	3	3			3											1
H ₂ N-NH ₂																						
Hydrazinsulfat	wl	10	SP	3	3	3																
(N ₂ H ₄) ₂ SO ₄																						
Indol		20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isatin		20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C ₈ H ₇ NO ₂																						
Jod	tr	100	20	0	L	L	L				0	0	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0
J ₂	fe		20	3	3	3	3				1	3								3	0	3
	fe		SP	3	3	3	3				1	3								3	0	3
Jodoform	tr	60	0	0	0	0																0
CHJ ₃	fe	20	3	3	L	L																0

Medium		Werkstoffe																	
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	nicht rostende Stähle		Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle								
			Unlegierte und niedriglegierte Stähle	ferritische	austenitische	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
%	°C																		
Jodwasserstoff -/Säure	tr fe	20 20	0 3	0 3	0 3	0 3													
Kalialaun s. Alaun																			
Kalilauge s. Kaliumhydroxid																			
Kalisalpeter s. Kaliumnitrat																			
Kalium K	Schm	604 80	0	0	0	0	1							0		0			
Kaliumacetat CH ₃ -COOK	Schm wl	100 292 20	1 1	0 0	0 0						1	1	0	0		0			
Kaliumaluminiumsulfat s. Alaun																			
Kaliumbisulfat KHSO ₄	wl	5 90	20 3	3 3	2 3	0 3								0		3			
Kaliumbitartrat KC ₄ H ₄ O ₆	wl wl	kg hg	3 3	3 3	0 3	0 1								0	1	0	0		
Kaliumbromid KBr	wl	5	30	3	L	L	L	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3		
Kaliumcarbonat K ₂ CO ₃	wl wl	50 50	20 SP	1 3	0 3	0 0	0 0	0 0	0 0	1 3	3 3	1 1	1 1	0 0	0 0	3 3	0		
Kaliumchlorat KClO ₃	wl wl	5 hg	20 3	0 0	0 0	0 0	1 0	0 3	0 3	1 3	1 3	1 3	1 0	0 0	1	0			
Kaliumchlorid KCl	wl wl wl wl	10 10 30 kg	20 <SP SP	3 3 3	3 3 3	L L L	L L L	0 1 1	0 3 1	0 3 3	0 3 1	0 3 3	0 3 3	0 0 0	1	0	0		
Kaliumchromat K ₂ CrO ₄	wl wl	10 10	20 SP	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0	0			
Kaliumcyanid KCN	wl wl	10 10	20 SP	3 0	0 0	0 0	3 0	0 1	3 3	3 3	3 3	3 3	0 3	0	3				

Medium		Werkstoffe																	
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	nicht rostende Stähle		Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle								
			Unlegierte und niedriglegierte Stähle	ferritische	austenitische	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
%	°C																		
Kaliumdichromat K ₂ Cr ₂ O ₇	wl wl wl	10 25 25	40 3 SP	3 3 3	0 0 0	0 0 0	1 1 1	1 1 1	1 1 1	0 3 3	3 3 3	3 3 3	3 1 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0	
Kaliumferricyanid K ₃ [Fe(CN) ₆]	wl wl wl	1 20 20	20 0 SP	0 0 3	0 0 0	0 0 0	1 0 0	0 0 0	0 0 0				0	0	1	0	0	3	
Kaliumferrozyanid K ₄ [Fe(CN) ₆]	wl wl wl	1 25 25	20 SP 20	0 0 1	0 0 1	0 0 0	1 0 0	1 0 0	0 0 0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	
Kaliumfluorid KF	wl wl	kg hg		0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0								3		
Kaliumhydroxid KOH	wl wl wl wl wl wl Schm	10 20 30 50 50 hg 100	20 SP SP 20 SP hg 360	0 0 3 S S S	S S S	S S S	1 1 1 1 1	1 1 1 3 3	1 1 1 0 3	0 3 3 3	0 3 3	0 3 3	3 3 3	0 0 0	3 3 3	3 3 3	3 3 3	0	
Kaliumhypochlorit KClO	wl wl	alle alle	20 SP	L L	L L	L L	3 3	3 3	0 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3		
Kaliumjodid KJ	wl wl	20 SP	0 0	L 3	L L	L L	0 0	1 1	1 1	0 3	0 0	3 0	0 0	3 0	3 0	3 0	3 0		
Kaliumnitrat KNO ₃	wl wl	alle alle	20 SP	0 0	0 0	0 0	1 1	1 1	1 1	0 0	0 0	0 0	1 1	1 1	1 1	1 1	0 0		
Kaliumnitrit KNO ₂	alle	SP	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1		
Kaliumpermanganat KMnO ₄	wl wl	10 alle	20 SP	0 3	0 1	0 1	0 1	0 1	1 1	0 1	0 1	1 1	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0	3	
Kaliumpersulfat K ₂ S ₂ O ₈	wl	10	50	3	3	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	0	3	3	
Kaliumsilicat K ₂ SiO ₃			20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
Kaliumsulfat K ₂ SO ₄	wl wl	10 alle	25 SP	3 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	1 0	0 0	0 0	1	

08

08

Medium		Werkstoffe																
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	nicht rostende Stähle		Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle							
			ferritische	austenitische	Incoloy 825	Inconel 600	Inconel 625	Hastelloy C	Monel	Cunifer 30	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
%	°C	Unlegierte und niedriglegierte Stähle																
Kalk CaO s. Calciumoxid																		
Kalkmilch Ca(OH) ₂		20 SP	0 1	0 0														0
Karbolsäure C ₆ H ₄ (OH)	wl	90	20 SP	0 3	0 3	0 3	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 3	0
Ketene (C _n H _{2n+1}) ₂ C=C=O			20 SP	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0					0 0	0 0	0 0	0 0	0
Kieselfluorwasserstoffsäure H ₂ (SiF ₆)		100 25 70	20 20	3 3	3 3	L 3	L 3	1 1	1 1	3	1 3	1 1	1 3				3 3	
Kieselfluorsäure s. Kieselfluorwasserstoffsäure																		
Königswasser 3HCl+HNO ₃			20	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	1	
Kohlendioxid CO ₂	tr tr fe fe	100 100 20 100	<540 1000	0 3	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 3	0 1	0 0	0 3	0
Kohlenmonoxid CO		100	20 <540	0 3	0 0	0 0	0 0	0 3	0 0	0 1			0 3	0 3	0 0	0 0	0 1	0
Kohlensäure CO ₂ s. Kohlendioxid																		
Kraftstoff s. Benzin																		
Kresole C ₆ H ₄ (CH ₃)OH	alle alle	20 SP	3 3	1 1	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	0 0			0 0	0 0	0 0	0 3	0	
Kupferacetat (CH ₃ -COO) ₂	wl wl	20 SP	3 3	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	1 3	3 3	3 3	1 0	0 0	0 3	1			

Medium		Werkstoffe																
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	nicht rostende Stähle		Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle							
			ferritische	austenitische	Incoloy 825	Inconel 600	Inconel 625	Hastelloy C	Monel	Cunifer 30	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
%	°C	Unlegierte und niedriglegierte Stähle																
Kupfer(II)-chlorid CuCl ₂	wl wl	1 kg	20	3 3	3 3	L 3	L 3	0 3	0 3	0 0	3 3	3 3	3 3	0 0	0 0	0 3	0 3	
Kupfer(II)-nitrat Cu(NO ₃) ₂	wl wl	1 kg	20	0 0	0 0	0 0	0 3	0 3	0 1	3 3			3 3	0 0	0 3	0 0	3	
Kupfer(II)-sulfat CuSO ₄	wl wl	kg hg		3 3	0 1	0 0	0 0	0 3	0 0	3 3	3 3	3 3	3 3	0 0	0 0	0 3	0 3	0
Lactose C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	wl		20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leuchtgas				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
Lithium Li	Schm		300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	0
Lithiumchlorid LiCl	wl	kg		3	3	3	L	0	0	0	0	1			0	0		
Lithiumhydroxid LiOH	wl	alle	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0		
Magnesium Mg	Schm		650	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	3
Magnesiumcarbonat MgCO ₃	wl wl	20 SP		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Magnesiumchlorid MgCl ₂	wl wl	5 5	20 SP	3 3	3 3	L 3	L 3	0 0	0 0	0 0	0 3	0 3	3 3	0 0	0 0	0 3	0 3	
Magnesiumhydroxid Mg(OH) ₂	wl wl	kg hg		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Magnesiumnitrat Mg(NO ₃) ₂		kg		0	0	0	0	3	3	3	3	0	0	3	3	0	0	1
Magnesiumoxid MgO s. Magnesiumhydroxid																		
Magnesiumsulfat MgSO ₄	wl wl	0,1 5	20 SP	0 3	1 1	0 0	0 0	0 0	0 1	0 0	0 1	0 0	3 0	0 0	1 0	0 0	0 0	3

Medium			Werkstoffe																
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	nicht rostende Stähle				Nickelbasis-Legierungen				Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle					
			ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
Maleinsäure HOOC-HC=CH-COOH	wl	5 20	3	0	0	0	0	1	0	0	1	0							
Maleinsäurehydrid		100 285																	
Malonsäure CH ₂ (COOH) ₂		20 50 100		1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1			
Mangan(II)-chlorid MnCl ₂	wl	5 100	3	L	L	L	1	1	1	1	3			3	1	0	0		
Mangan(II)-sulfat MnSO ₄	wl	50 20	1	3	L	L	1	1	1	1	3			3	1	0	0		
Meerwasser bei Strömungs- geschwindigkeit (v): v<1.5m/s 1.5<v<4.5m/s		20 20	1	L	L	L	0	L	0	0	L	1		1	L				
Melasse				0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0		
Menthol C ₁₀ H ₁₉ OH				0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0		
Methan CH ₄		200 600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0		
Methanol s. Methylalkohol																			
Methylacetat CH ₃ COOCH ₃		60 60	20 SP	0	0	0			0						0	0			
Methyldehyd s. Formaldehyd																			
Methylalkohol CH ₂ OH		<100 100	20 SP	1	3	1	1	0	0	0	0	0		0	0	0	1		0
Methylamin CH ₃ -NH ₂	wl	25 20	1	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	0	0	0		
Methylchlorid CH ₃ Cl	tr fe fe	100 20 100	20 3 100	0 L L	0 L L	0 L L	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 1	0 0 0	0 3 3				

Medium			Werkstoffe																	
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	nicht rostende Stähle				Nickelbasis-Legierungen				Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle						
			ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber	
																				%
Methylenchlorid CH ₂ Cl ₂	tr fe fe	20 20 SP	0 L L	L L L	L L L	0 0 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	0 0 1					0 0 0	0 0 0	0 0 0			
Milchsäure C ₃ H ₅ O ₃	wl wl wl wl	1 20 alle 20 10 SP alle SP	3 3 3 3	3 3 3 3	0 0 3 1	0 0 0 0	0 0 3 3	0 0 0 0	0 0 3 1	0 0 0 0	3 1 1 1	1 0 1 1	0 0 1 1	0 0 3 1	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 3 3 3	
Milchzucker s. Lactose																				
Mischsäuren HNO ₃ H ₂ SO ₄ H ₂ O % % %																				
90 10 -		20	0		0	0								3	3	3	3	0	1	3
50 50 -		20			0	0												0	3	
50 50 -		90		3	1	1														
50 50 -		120		3	3	3														
38 60 2		50		3	0	0														
25 75 -		50		3	1	0														
25 75 -		90		3	3	1														
25 75 -		157		3	3	3														
15 20 65		20	3	3	0	0														
15 20 65		80		3	1	0														
10 70 20		50		3	0	0														
10 70 20		90		3	1	0														
5 30 65		20	3	3	0	0														
5 30 65		90	3	3	0	0														
5 30 65		SP	3	3	3	1														
5 15 80		134		3	1	1														
Monochloressigsäure s. Essigsäure																				
Naphtalin C ₁₀ H ₈		100 390	20 390	0 0	0 0	0 0												0	1	
Naphtalinchlorid		100 200	45 200											0 0						

Medium		Werkstoffe																			
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration	Temperatur	nicht rostende Stähle				Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen		Reine Metalle								
				Unlegierte und niedriglegierte Stähle	ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
Naphtalinsulfonsäure		100	20	0	0	0															
C ₁₀ H ₇ SO ₃ H		100	SP	3	3	3															
Naphtensäure		100	20	L	L	L	0	0	0						1					0	
Natrium	Schm		200	0	0	0										0				1	
Na			600	3	1	0															
Natriumacetat	wl	10	25	0	0	0		0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	
CH ₃ -COONa	wl	hg		3	0	0															
Natriumaluminat		100	20	0	0	0															
Na ₃ AlO ₃	wl	10	25	0	0	0														3	
Natriumarsenat	wl	kg		0	0	0															
Na ₂ HAsO ₄																					
Natriumbicarbonat		100	20	0	0	0															
NaHCO ₃	wl	10	20	0	0	0	0	1	1	1	1	0	3	1	1	1	0	0	0		
	wl	kg		0	0	0	0	1	0	0	1	0		0	1	0	0	1			
	wl	hg		0	0	0															
Natriumbisulfat	wl	alle	20	3	3	3	0	1	1	1	1	3	3	1	1	1	0	0	0		
NaHSO ₄	wl	alle	SP	3	3	3	1	0	1	1	1	3	3	1	3	1	0	0	1		
Natriumbisulfid	wl	10	20	3	3	0				1			1	0	3	0	0	0			
NaHSO ₃	wl	50	20	3	0	0				1	0		1	0	3	0	0				
	wl	50	SP	3	3	3				0											
Natriumborat	wl	kg		0	0	0		0	0	1	0			0		0	0	0	1		
Na ₂ B ₄ O ₇ · 10 H ₂ O (Borax)	Schm			3	3	3				3											
Natriumbromid	wl	alle	20	3	3	3	L			1						0			3		
NaBr	wl	alle	SP	3	3	3	L			1						0			3		
Natriumcarbonat	wl	1	20	3	0	0		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
Na ₂ CO ₃	wl	alle	SP	0	0	0		0	0	0	0				0	0	0	0	3		
	wl	400	3	3	3	3															
	Schm	900	3	3	3	3				0					0						
Natriumchlorid	wl	0.5	20	L	L	L	0	1	0	0	0	0			1	0	0				
NaCl	wl	2	20	L	L	L	0	1	0	0	0	0			1	0	0				
	wl	kg		3	L	L	0	1	0	0	0	0			0	1	0	0	2	0	
	wl	hg		3	3	L	0	1	0	1	0	0			0	1	0	0	3	0	

Medium		Werkstoffe																			
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration	Temperatur	nicht rostende Stähle				Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen		Reine Metalle								
				Unlegierte und niedriglegierte Stähle	ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
Natriumchlorit	tr	100	20	3	L	L	0														
NaClO ₂	wl	5	20	3	L	3														0	
	wl	5	SP	3	3	3														0	
	wl	10	80	3	3	L				0		1								0	
Natriumchromat	wl	alle	SP	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Na ₂ CrO ₄																					
Natriumcyanid	Schm		600	1										3	3	3	3	3	3	3	
NaCN	wl	kg		1	0	0								3	1	3	3	3	0	0	
Natriumfluorid	wl	10	20	0	0	0														0	
NaF	wl	10	SP	0	0	0															
	wl	kg			S	S														0	
Natriumhydrogensulfat																					
s. Natriumbisulfat																					
Natriumhydrogensulfid																					
s. Natriumbisulfid																					
Natriumhydroxid	fest	100	alle	0	0	0	0							0	0	0	0			0	
NaOH	wl	<10	<60	0	0	0	0							0	0	0	0			0	
	wl	<10	<SP	3	3	0	0							0	0	0	0			0	
	wl	<20	<60	0	0	0	0							0	0	0	0			0	
	wl	<20	<SP	3	3	0	0							0	0	0	0			0	
	wl	<40	<60	0	0	0	0							0	0	0	0			0	
	wl	<40	<100	3	3	0	0							0	0	0	0			0	
	wl	<40	>100	3	3	3	3							0	0	0	0			0	
	wl	<50	<60	0	0	0	0							0	0	0	0			0	
	wl	<50	<100	3	3	0	0							0	0	0	0			0	
	wl	<50	>100	3	3	3	3							0	0	0	0			0	
	wl	<60	<90	3	3	0	0							0	0	0	0			0	
	wl	<60	<140	3	3	3	3							0	0	0	0			0	
	wl	<60	>140	3	3	3	3							3	0	3				0	
Natriumhypochlorit	wl	5	20	3	3	3	L	0	3		0	3	3					3	3	0	
NaOCl	wl	10	50	3	L	L	L	0	1		1							0		3	
Natriumhyposulfid	alle	20		3	0	0	0	1	1	1	1	1	3					3	1	0	
Na ₂ S ₂ O ₄	alle	SP		3	0	0	0	1	1	1	1	1	3					3	1	0	

Medium		Werkstoffe																	
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration Temperatur	Unlegierte und niedriglegierte Stähle	nicht rostende Stähle			Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle						
				ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
Perchloräthylen C ₂ Cl ₄	fe	20 SP	0	0	0							0	0	0	0				0
			0	1	1	1						1	1	0	0				
			3	L	L	L													
Perhydrol s. Wasserstoffperoxid																			
Petroleum		20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
		SP	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	
Phenol s. Karbonsäure																			
Phloroglucin C ₆ H ₂ (OH) ₃		20	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0			
Phosgen COCl ₂	tr		0	0	0	0	0	0	0					0	0	0			
Phosphor P	tr	20	0	0	0	0													
Phosphorpentachlorid PCl ₅	tr		0	0	0		0						0	1					
Phosphorsäure H ₃ PO ₄	wl	1	20	3	0	0	0	0	0	1	3			3	0	0	0	3	
		10	20	3	3	0	0									0	0		
		30	SP	3	3	1	1			1	1	2	1	3	3	3	0	3	
		60	SP	3	3	3	3			1	1					3	0		
		80	20	3	3	1	0		0	0			0	1		3	0		0
		80	SP	3	3	3	3		0	3			1		3	3	0		1
Phatalsäure u. Phatalsäureanhydrid C ₈ H ₄ (COOH) ₂	tr	200 SP	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pikrinsäure C ₆ H ₂ (OH)(NO ₂) ₃	wl Schm	3	20	3	0	0	0							0		1	0		
		kg		3	0	0	0	3	3					3	0	0		3	
Propionsäure s. Essigsäure	tr	20	0	0	0										0	0	0		
		SP	0	0	0	0	0	0	0	0					0	0	0		

Medium		Werkstoffe																			
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration Temperatur	Unlegierte und niedriglegierte Stähle	nicht rostende Stähle			Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle								
				ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber	
																					%
Pyrogallol C ₆ H ₃ (OH) ₃		alle	20	3	0	0													0		
		alle	SP	3	0	0	0												0		
		100	20	0	L	L	L		0	0	0	3	3	3	3	0	0		1	3	
Quecksilber Hg	tr	alle	<500	1	1	1	0														
Rauchgase s. Verbrennungsgase																					
Salicylsäure HOC ₆ H ₄ COOH	tr fe wl	100	20	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0			0	1	0	0		
		100	20	3	0	0											0				
		kg		3	0	0	0	1	0	0	0	0					0	0	1		
Salmiak s. Ammoniumchlorid																					
Salmiakgeist s. Ammoniumhydroxid																					
Salpeter s. Kaliumnitrat																					
Salpetersäure HNO ₃	wl	1	20	3	0	0	0					0	0	1	3	3		3	0	0	
		1	SP	3	0	0	0					1	3					3	3	0	0
		5	20	3	0	0	0		0	3		0	3	3			3	3	0	0	3
		5	SP	3	1	0	0					1								0	0
		10	SP	3	1	0	0					1	3				3	0	0	0	
		15	SP	3	1	0	0					3					0	0	0	0	
		25	SP	3	3	0	0					3					1	0	0		
		50	SP	3	3	3	1	0	3			3	3	3			3	3	1	0	3
		65	20	3	0	0	0	0				0	0							0	1
		65	SP	3	3	3	3	0	3			3	3	3			3	3	0	0	3
		99	SP	3	3	3	3	0	3			3	3	3			3	3	0	3	
20	290	3	3	3	3					3					3		3	0			
40	200	3	3	3	3					3					3		3	0			
Salpetrige Säure HNO ₂ ähnl. Salpetersäure																					

Medium			Werkstoffe															
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	Unlegierte und niedriglegierte Stähle															
			nicht rostende Stähle			Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle						
			ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium
%	°C																	
Salzsäure HCl	0,2	20	3	3	L	L		0						L	0	0		
	0,5	20	3	3	3	L		0						0	0			
	0,5	SP	3	3	3	3		3						1	0			
	1	20	3	3	3	L	3	3	0	1	3	3	3	1	0	0		
	2	65	3	3	3	3		0						0	0	3		
	5	20	3	3	3	3	3	3	0	1	3		1	3	3		3	
	15	20	3	3	3	3	3	3	0	3	3		3	3	3	0	3	0
	32	20	3	3	3	3		0	3				3	3	3	0	3	1
	32	SP	3	3	3	3		3						3	0	3	3	
	Salzsäuregas siehe Chlorwasserstoff																	
Sauerstoff O		500	1	0	0	0		0				3	3				0	3
Schwefel S	tr	100	60	0	0	0	0	0						0				
	Schm	130	1	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	0			3
	Schm	240	3	0	0	0	0	0	3			3	3	0				
	fe	20	3	2	1	0	0	0	3	3	3	3	3	3	0			
Schwefeldioxid SO ₂	tr	100	20	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	tr	100	60	3	3	1	1	0						0	0			0
	tr	100	400	3	3	3	0	1		3				0	0		0	3
	tr	100	800	3	3	3	3	3					3	0	0			0
	fe	100	20	3	3	3	0	0	0	3	3	1	3	0	0	0	3	0
	fe	100	60	3	3	3	0	0	0					0	0		3	
	fe	100	70	3	3	3	3	0	0					0	0		3	

Medium			Werkstoffe															
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	Unlegierte und niedriglegierte Stähle															
			nicht rostende Stähle			Nickelbasis-Legierungen			Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle						
			ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium
%	°C																	
Schwefelsäure H ₂ SO ₄	0,05	20	3	1	0	0												
	0,05	SP	3	1	1	0												
	0,1	20	3	3	0	0												
	0,2	SP	3	3	3	0												
	0,8	SP	3	3	3	3												
	1	20	3	3	1	0	0	1	3					1	0	0	0	1
	3	SP	3	3	3	3		1	3					3	3		1	0
	5	SP	3	3	3	3	1	3		3	1	3		3	3	3	0	3
	7,5	20	3	3	1	0												1
	10	SP	3	3	3	3	1	3		3	3	3		3	3	3	0	3
	25	20	3	3	3	3				0	3							1
	25	SP	3	3	3	3				3	3	3		3	3			3
	40	20	3	3	3	3				0	1	3	3	3	3		1	0
	40	SP	3	3	3	3				3	3	3		3	3		3	0
	50	20	3	3	3	3	1	3		0	3	3		3	3	3	0	3
	50	SP	3	3	3	3	3	3		3	3	3		3	3	3	0	3
60	20	3	3	3	3				0	1			3	3	0	3	0	
80	20	3	3	1	1	0	0	1	3	3	1	1	1	1	3	0	3	
90	20	3	3	1	0				0	0	1	0			3	0	3	
96	20	1	1	1	0				0	3	3		1	1	3	0	3	
Schweflige Säure H ₂ SO ₃	wl	1	20	3	3	0	0		1	0	3			3			0	1
	wl	kg		3	3	0	0		3	0	0	3					1	0
	wl	hg			3	3	1	0			1							0
Schwefeltrioxid SO ₃	fe	100	20									2	3					3
	tr	100	20	0										0	3	2	0	0
Schwefelwasserstoff H ₂ S	tr	100	20	1	S	0	0	0	0	1				0	0	0	0	0
	tr	100	100	3	S	0	0										0	0
	tr	100	200	3	3	0	0											0
	fe	20	3	3	0	0				0	0	0	0	3	3	3	1	0
Seeklima	fe		2L	1L	1L	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Seewasser s. Meerwasser																		
Seife	wl	1	20	0	0	0	0					0	0	0	1	0	0	0
	wl	1	75	0	0	0	0							0	0	1	0	0
	wl	10	20	0	0	0	0										0	0

Medium		Werkstoffe															
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	nicht rostende Stähle		Nickelbasis-Legierungen				Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle					
			ferritische	austenitische	Incoloy 825	Inconel 600	Inconel 625	Hastelloy C	Monel	Cunifer 30	Titan	Kupfer	Nickel	Titan	Aluminium	Silber	
																	austenitische + Mo
%	°C	Unlegierte und niedriglegierte Stähle															
Silbernitrat	wl	20	3	0	0	0	1	1	1	3	3	3	3	3	0	0	3
AgNO ₃	wl	10	SP	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	wl	20	60	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	wl	40	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Schm	100	250	3	3	0	0	1	1	3	3	3	3	0	0	0	0
Stearinsäure	100	20	1	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1	0	0	0	0
CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH	100	95	3	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	3	3
	100	180					1	1	1	0	0	0	0	0	0	3	3
Stickstoff	100	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	100	900	1										3				
Tannin																	
s. Gerbsäure																	
Teer		20	0	0	0	0			0	1	0	0	0	0	0	1	
Terpentinöl	100	20	3	0	0	0			0	1	0	0	0	0	0	0	
	100	SP	3	0	0	0			0	1	0	0	0	0	0	0	
Tetrachloräthan																	
s. Tetrachlorkohlenstoff																	
Tetrachlorkohlenstoff	tr	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CCl ₄	tr	SP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
	fe	25	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3		
	fe	SP	3		1										3		
Tinte																	
s. Gallussäure																	
Toluol	100	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C ₆ H ₅ -CH ₃	100	SP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Treibstoffe																	
s. Benzin																	
s. Benzol																	
Benzin-Alkohol-Gemisch		20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dieseleöl		20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichloracetaldehyd																	
s. Chloral																	

Medium		Werkstoffe																
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	nicht rostende Stähle		Nickelbasis-Legierungen				Kupferbasis-Legierungen			Reine Metalle						
			ferritische	austenitische	Incoloy 825	Inconel 600	Inconel 625	Hastelloy C	Monel	Cunifer 30	Titan	Kupfer	Nickel	Titan	Aluminium	Silber		
																	austenitische + Mo	2.4858
%	°C	Unlegierte und niedriglegierte Stähle																
Trichloräthylen	rein	100	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CHCl=CCl ₂	rein	100	SP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	fe	20	3	3	L	L											3	
	fe	SP	3	3	L	L											3	
Trichloressigsäure																		
s. Chloressigsäure																		
Trichlormethan																		
s. Chloroform																		
Trikesylphosphat			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Trinitrophenol																		
s. Pikrinsäure																		
Überchlorsäure		10	20	3	3	3	3								0	3		
HClO ₄		100	20	3	3	3	3								0	3		
Unterchlorige Säure			20	3	3	3	3								0	3		
HOCl																		
Verbrennungsgase																		
frei von S bzw.																		
H ₂ SO ₄ und Cl			≤400	0	0	0	0							0				
mit S bzw.			>STP und															
H ₂ SO ₄ und Cl			≤400	0	0	0	0							0				
Vinylchlorid	tr		20	0	0	0	0							0			0	
CH ₂ =CHCl			<400	0	0	0	0							0			0	
Wasserdampf																		
O ₂ <1ppm;Cl<10ppm			<560	1	1	1	0							0			0	
O ₂ >1ppm;Cl<10ppm			<315	S	S	S	S							0			0	
O ₂ >15ppm;Cl<3ppm			>450	S	S	S	S							0			0	
Wasserstoff			<300	0	0	0	0							0			0	
H			>300	3	0	0	0							0			0	
Wasserstoffperoxid	alle		20	3	3	0	0	0	0	1	0	0	1	3	3	3	3	0
H ₂ O ₂																		
Wein			20	3	0	0	0	0	0					3	3	3	0	3
			SP	3	0	0	0	0	0					3	3	3	0	3

Medium		Werkstoffe																			
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration	Temperatur	nicht rostende Stähle				Nickelbasis-Legierungen				Kupferbasis-Legierungen		Reine Metalle							
				Unlegierte und niedriglegierte Stähle				Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy C 2.4610 / 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0682	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
				ferritische	austenitische	austenitische + Mo															
%	°C																				
Weinsäure	wl	10	20	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	3	0	1	0	0	3		
	wl	10	SP	3	1	0	0	0	3	1	3	0	3	0	3	1	0	3			
	wl	25	20	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3			
	wl	25	SP	3	3	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	3	0	3			
	wl	50	20	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3			
	wl	50	SP	3	3	3	3	1	1	0	0	0	3	3	0	3	0	3			
	wl	5	20	3	L	L	L	0	1	0	0	1	3	1	0	0	0	3			
Zinkchlorid ZnCl ₂	wl	5	SP	3	3	3	3	0	3	1	3	3	1	0	0	3	0				
	wl	10	20	3	L	L	L			3			0	0	0	0	0				
	wl	20	20	3	L	L	L			3	3	3	0	0	0	0	0				
	wl	75	20	3	3	L	L						0	0	0	0	0				
	wl	2	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Zinksulfat ZnSO ₄	wl	20	SP	3	0	0	0			1					0	0	3				
	wl	30	SP	3	3	0	0			1					0	0	3				
	wl	kg		3	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1				
	wl	hg		3	3	0	0			1			1	0	0	0	3				
	wl	5	20	3	3	3	3	3	3	0	1	3		1	0	0	3				
Zinnchloride SnCl ₂ ; SnCl ₄	hg			3	3	3	3														
	alle	<80		3	3	0	0	0	0												
Zitronensäure CH ₂ COOH(COH) COOH CH ₂ COOH	wl	alle	SP	3	3	3	0	0	0												
	wl																				

08

08

UMRECHNUNGSTABELLEN UND FORMELZEICHEN

TEMPERATUREN, SATTDAMPF, DRUCK



Temperatur		
°C	K	deg F
600	900	1200
500	800	1000
400	700	800
300	600	600
200	500	400
100	400	200
0	300	0
-100	200	-200
-200	100	-400
	0	

Sattdampf	
°C	bar
350	200
300	100
250	50
200	30
150	10
100	5
50	3
	1
	0.5
	0.1
	0.01

Druck		
bar	MPa	psi
300	30	2000
200	20	1000
100	10	500
50	5	200
20	2	100
10	1	50
5	0.5	20
2	0.2	10
1	0.1	5
0.5	0.05	2
0.2	0.02	1
0.1	0.01	

09

09

WASSERDAMPFTAFEL

Druck (absolut)	Sättigungstemperatur	kinematische Viskosität des Dampfes	Dichte des Dampfes
bar	°C	10 ⁻⁶ m ² /s	kg/m ³
P	t	ν ⁿ	ρ ⁿ
0,02	17,513	650,24	0,01492
0,04	28,983	345,295	0,02873
0,06	36,183	240,676	0,04212
0,08	41,534	186,72	0,05523
0,1	45,833	153,456	0,06814
0,14	52,574	114,244	0,09351
0,2	60,086	83,612	0,1307
0,25	64,992	68,802	0,1612
0,3	69,124	58,69	0,1912
0,4	75,886	45,699	0,2504
0,45	78,743	41,262	0,2796
0,5	81,345	37,665	0,3086
0,6	85,954	32,177	0,3661
0,7	89,959	28,178	0,4229
0,8	93,512	25,126	0,4792
0,9	96,713	22,716	0,535
1	99,632	20,76	0,5904
1,5	111,37	14,683	0,8628
2	120,23	11,483	1,129
2,5	127,43	9,494	1,392
3	133,54	8,13	1,651
3,5	138,87	7,132	1,908
4	143,62	6,367	2,163
4,5	147,92	5,76	2,417

Druck (absolut)	Sättigungstemperatur	kinematische Viskosität des Dampfes	Dichte des Dampfes
bar	°C	10 ⁻⁶ m ² /s	kg/m ³
P	t	ν ⁿ	ρ ⁿ
5	151,84	5,268	2,669
6	158,84	4,511	3,17
7	164,96	3,956	3,667
8	170,41	3,531	4,162
9	175,36	3,193	4,655
10	179,88	2,918	5,147
11	184,07	2,689	5,637
12	187,96	2,496	6,127
13	191,61	2,33	6,617
14	195,04	2,187	7,106
15	198,29	2,061	7,596
20	212,37	1,609	10,03
25	223,94	1,323	12,51
30	233,84	1,126	15,01
34	240,88	1,008	17,03
38	247,31	0,913	19,07
40	250,33	0,872	20,1
45	257,41	0,784	22,68
50	263,91	0,712	25,33
55	269,93	0,652	28,03
60	275,55	0,601	30,79
65	280,82	0,558	33,62
70	285,79	0,519	36,51
75	290,5	0,486	39,48

PHYSIKALISCHE EINHEITEN (D, GB, US)

DIN 1301-1, Ausgabe 10.2010 u.a.

SI-Basiseinheiten

Größe	SI-Basiseinheit	
	Name	Zeichen
Länge	Meter	m
Masse	Kilogramm	kg
Zeit	Sekunde	s
elektrische Stromstärke	Ampere	A
thermodynamische Temperatur	Kelvin	K
Stoffmenge	Mol	mol
Lichtstärke	Candela	cd

Vorsatzzeichen

Vorsatz	Vorsatzzeichen	Faktor mit dem die Einheit multipliziert wird
Piko	p	10^{-12}
Nano	n	10^{-9}
Mikro	μ	10^{-6}
Milli	m	10^{-3}
Zenti	c	10^{-2}
Dezi	d	10^{-1}
Deka	da	10^1
Hekto	h	10^2
Kilo	k	10^3
Mega	M	10^6
Giga	G	10^9

Länge - SI-Einheit Meter, m

Zeichen	Name	in m
mm	Millimeter	0,0010
km	Kilometer	1000
in	inch	0,0254
ft	foot (=12 in)	0,3048
yd	yard (=3 ft / =36 in)	0,9144

PHYSIKALISCHE EINHEITEN (D, GB, US)

DIN 1301-1, Ausgabe 10.2010 u.a.

Masse - SI-Einheit Kilogramm, kg

Zeichen	Name	in kg
g	Gramm	0,00100
t	Tonne	1000
oz	ounce	0,02835
lb	pound	0,45360
sh tn	short ton (US)	907,2
tn	ton (UK)	1016

Zeit - SI-Einheit Sekunde, s

Zeichen	Name	in s
min	Minute	60
h	Stunde	3600
d	Tag	86400
a	Jahr	$3,154 \cdot 10^7$ (Δ 8760 h)

Temperatur - SI-Einheit Kelvin, K

Zeichen	Name	in K	in °C
°C	Grad Celsius	$\vartheta/^\circ\text{C} + 273,16$	1
deg F	degree Fahrenheit	$\vartheta/\text{deg F} \cdot 5/9 + 255,38$	$(\vartheta/\text{deg F} - 32) \cdot 5/9$

Winkel - SI-Einheit Radiant, rad = m/m

Zeichen	Name	in rad
	Vollwinkel	2π
gon	Gon (Neugrad)	$\pi/200$
°	Grad (grad)	$\pi/180$
'	Minute	$\pi/1,08 \cdot 10^4$
"	Sekunde	$\pi/6,48 \cdot 10^5$

PHYSIKALISCHE EINHEITEN (D, GB, US)

DIN 1301-1, Ausgabe 10.2010 u.a.

Druck – SI-Einheit Pascal, Pa = N/m² = kg/ms²

Zeichen	Name	in Pa	in bar
Pa = N/m ²	Pascal	1	0,0001
hPa = mbar	Hektopascal = Millibar	100	0,001
kPa	Kilopascal	1000	0,01
bar	Bar	100000	1
MPa = N/mm ²	Megapascal	1000000	10
mm WS	Millimeter Wassersäule	9,807	0,0001
lbf/in ² = psi	pound-force per square inch	6895	0,0689
lbf/ft ²	pound-force per square foot	47,88	0,00048

Energie (auch Arbeit, Wärmemenge) – SI-Einheit Joule, J = Nm = Ws

Zeichen	Name	in J
kWs	Kilowattsekunde	1000
kWh	Kilowattstunde	3,6 · 10 ⁶
kcal	Kilokalorie	4186
lbf x ft	pound-force foot	1,356
Btu	British thermal unit	1055

Leistung – SI-Einheit Watt, W = m² kg/s³ = J/s

Zeichen	Name	in W
kW	Kilowatt	1000
PS	Pferdestärken	735,5
hp	horsepower	745,7

Volumen – SI-Einheit, m³

Zeichen	Name	in m ³
l	Liter	0,001
in ³	cubic inch	1,6387 · 10 ⁻⁵
ft ³	cubic foot	0,02832
gal	gallon (UK)	0,004546
gal	gallon (US)	0,003785

VERWENDETE FORMELZEICHEN

Formelzeichen	Bedeutung
A	Konstante zur Beschreibung des Ermüdungsverhaltens
C _m	Verfestigungsfaktor zur Bestimmung der Druckfestigkeit von Bälgen
C _g , C _r , C _p	Anderson Faktoren – Geometrieabhängige Korrekturfaktoren zur Spannungsberechnung am Balg
D _a	Außendurchmesser des Balges
D _{dt}	druckbeaufschlagter Anschlusssteildurchmesser
D _i	Innendurchmesser des Balges
D _m	mittlerer Balgdurchmesser
E(T)	temperaturabhängiger Wert des E-Moduls
F	Kraft, Druckreaktionskraft
K _{Pb}	Abminderungsfaktor für den Druck bei erhöhten Temperaturen
K _N	Korrekturfaktor für den Einfluss der Lastspielzahl auf die Bewegungsgröße
K _{NP}	Korrekturfaktor für den Einfluss des Druckes auf die Bewegungsgröße
M _B	Biegemoment
M _T	Drehmoment
M _{Lc}	kritisches Drehmoment
N	Lastspielzahl
N _{xx%}	Lastspielzahl für eine Ausfallwahrscheinlichkeit von xx %
P	Schädigungsparameter
PS	Betriebsdruck bei der Temperatur TS
R _{91,0(T)}	temperaturabhängiger Wert der 1%-Dehngrenze
R _{m(T)}	temperaturabhängiger Wert der Zugfestigkeit
S	Sicherheitsfaktor
S _p	Sicherheitsfaktor gegen plastisches Fließen
S _k	Sicherheitsfaktor gegen Knicken
T	Temperatur
TS	Betriebstemperatur
C _{ang}	Angularfederrate des kompletten Balges
C _{ax}	Axialfederrate des kompletten Balges
C _{lat}	Lateralfederrate des kompletten Balges
C _{ca}	Angularfederrate einer Balgwelle
C _{ca}	Axialfederrate einer Balgwelle
C _l	Lateralfederrate einer Balgwelle

VERWENDETE FORMELZEICHEN

Formelzeichen	Bedeutung
d_{hyd}	hydraulischer Durchmesser des Balges
h	Wellenhöhe
k	Wöhlerlinienexponent
l_f	flexible (gewellte) Länge des Balges
l_w	Wellenlänge
n_L	Lagenzahl
n_w	Wellenzahl
p	Druck
Δp	Druckpulsation
p_K	Knickdruck
p_N	Nenndruck
p_{RT}	Kaltdruck (auf Raumtemperatur umgerechneter Betriebsdruck)
p_T	Kaltprüfdruck
s	Wanddicke der Einzellage
α	angulare Balgauslenkung (Neigung der Balgenden zueinander)
α_n	angulare Auslenkung pro Welle
$\alpha_{n,0}$	angulare Nennauslenkung pro Welle (für 10.000 Lastspiele)
δ	axiale Balgauslenkung
δ_n	axiale Auslenkung pro Welle
$\delta_{n,0}$	axiale Nennauslenkung pro Welle (für 10.000 Lastspiele)
$\delta_{\text{äq}}$	äquivalente axiale Balgauslenkung
λ	laterale Balgauslenkung (senkrecht zur Balgachse)
λ_n	laterale Auslenkung pro Welle
$\lambda_{n,0}$	laterale Nennauslenkung pro Welle (für 10.000 Lastspiele)
λ_E	dimensionslose Knicklänge
η_p	Druckauslastung
$\sigma_{B, \text{meridional}}$	Biegespannung parallel zur Balgoberfläche
σ_{um}	mittlere Umfangsspannung
$\sigma_{\text{max, meridional}}$	maximal zulässige Meridionalspannung unter Druck
τ	Schubspannung

GRIECHISCHES ALPHABET

α	Alpha	A	Alpha
β	Beta	B	Beta
γ	Gamma	Γ	Gamma
δ	Delta	Δ	Delta
ϵ	Epsilon	E	Epsilon
ζ	Zeta	Z	Zeta
η	Eta	H	Eta
$\theta \vartheta$	Theta	Θ	Theta
ι	Jota	I	Jota
κ	Kappa	K	Kappa
λ	Lambda	Λ	Lambda
μ	My	M	My
ν	Ny	N	Ny
ξ	Xi	Ξ	Xi
\omicron	Omikron	O	Omikron
π	Pi	Π	Pi
ρ	Rho	P	Rho
$\sigma \varsigma$	Sigma	Σ	Sigma
τ	Tau	T	Tau
υ	Ypsilon	Y	Ypsilon
ϕ	Phi	Φ	Phi
χ	Chi	X	Chi
ψ	Psi	Ψ	Psi
ω	Omega	Ω	Omega