

WITZENMANN
managing flexibility

Das Handbuch der Metallbälge

Witzenmann GmbH

Östliche Karl-Friedrich-Str. 134
75175 Pforzheim
Telefon +49 - (0)7231 - 581- 0
Telefax +49 - (0)7231 - 581- 820
wi@witzenmann.com
www.witzenmann.de

0301/1/04/09/15



HYDRA

Quality by Witzenmann

Das Handbuch der Metallbälge



Vollständig überarbeitete Ausgabe
des Handbuchs der Metallbälge.

Stand: März 2009

Technische Änderungen vorbehalten.

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

Außerdem können Sie unsere Berechnungs- und Auslegungs-
software Flexperte anfordern. Hier finden Sie alle technischen
Grundlagen zur Auslegung von Kompensatoren, Metall-
schläuchen, Metallbälgen und Rohrhalterungen.

E-Mail: flexperte@witzenmann.com

Handbuch der Metallbälge

Inhalt

Kapitel	1	Witzenmann – der Spezialist für flexible metallische Elemente	4
Kapitel	2	Produkte und Fertigungsverfahren	6
	2.1	HYDRA-Metallbälge (Wellbälge)	8
	2.2	HYDRA-Präzisionsbälge	12
	2.3	HYDRA-Membranbälge	14
	2.4	HYDRA-Dehnzellen	16
	2.5	HYDRA-Präzisionsrohre	18
	2.6	Werkstoffe	20
	2.7	Borde und Anschlussteile	24
	2.8	Verbindungstechnik	29
	2.9	Qualitätsmanagement	31
	2.10	Zertifizierungen und kundenspezifische Zulassungen	35
Kapitel	3	Typische Balganwendungen	38
	3.1	Ventilspindelbälge	40
	3.2	Ventilspindelbälge für Kernkraftwerke	42
	3.3	Vakuumanwendungen	43
	3.4	Kleinkompensatoren	44
	3.5	Solaranwendungen	45
	3.6	Gleitringdichtungen	47
	3.7	Sensoren und Aktoren	48
	3.8	Metallbalgspeicher	50
	3.9	Balgekupplungen	51
	3.10	Metallbälge für moderne PKW Motoren	52
Kapitel	4	Balgberechnung und Balgeigenschaften	56
	4.1	Festigkeitsnachweis für Metallbälge	58
	4.2	Lastspannungen	60

Handbuch der Metallbälge

Inhalt

	4.3	Druckfestigkeit und Knickstabilität	62
	4.4	Ermüdungslebensdauer	67
	4.5	Angulare und laterale Verformung	71
	4.6	Torsion und Torsionsknicken	73
	4.7	Balgfederraten	75
	4.8	Druckreaktionskraft und hydraulischer Durchmesser	76
Kapitel	5	Produktprüfungen bei Witzenmann	78
	5.1	Prüf- und Analysemöglichkeiten	80
	5.2	Typische Prüfungen von Metallbälgen	82
Kapitel	6	Technische Tabellen	86
	6.1	Balgauswahl aus dem Handbuch	88
	6.2	Balgauswahl mit Flexperte	94
	6.3	HYDRA-Metallbälge aus Edelstahl (Vorzugsreihe)	95
	6.4	HYDRA-Metallbälge für ANSI Ventile	116
	6.5	HYDRA-Metallbälge aus Bronze (Vorzugsreihe)	126
	6.6	HYDRA-Membranbälge Normalprofil (Vorzugsreihe)	130
	6.7	HYDRA-Membranbälge Schmalprofil (Vorzugsreihe)	144
	6.8	Geometrie der Anschlussteile für Metall- und Membranbälge	154
	6.9	HYDRA-Dehnzellen	162
	6.10	HYDRA-Präzisionsrohre	164
Kapitel	7	Datenblätter	172
	7.1	Werkstoffdatenblätter	174
	7.2	Korrosionsbeständigkeit	200
	7.3	Umrechnungstabellen und Formelzeichen	239
	7.4	Anfragespezifikation	250
	7.5	Unterlagen zu weiteren Produkten	251



Witzenmann

Lösungskompetenz

Immer wenn bewegliche Bauteile druck-, temperatur- und medienbeständig abgedichtet werden müssen, wenn Verformungen von Rohrleitungen durch Temperaturwechsel oder Druckänderungen kompensiert werden müssen, wenn in Leitungssystemen Schwingungen auftreten, wenn Medien unter Druck zu fördern sind oder wenn ein hohes Vakuum abzudichten ist, kommen bewegliche metallische Elemente zum Einsatz. Das sind z.B. Metallbälge, Membranbälge, Metallschläuche oder Kompensatoren.

Witzenmann als Erfinder des Metallschlauches 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 mehr als 3.000 Mitarbeitern und über 23 Unternehmen steht Witzenmann heute für Innovation und hohe Qualität. Als Technologieführer bietet Witzenmann umfassendes Entwicklungs-Know-How und das breiteste Produktprogramm der Branche. So entstehen Lösungen für bewegliche Dichtungen, Schwingungsentkopplung, Druckdämpfung, Kompensation von thermischen Dehnungen, flexible Montage oder für das Leiten von Medien. Als Entwicklungspartner für Kunden in der Industrie, der Automobilindustrie, dem TGA-Bereich, der Luft und Raumfahrt, und zahlreichen weiteren Märkten verfügt Witzenmann über einen eigenen Maschinen-, Werkzeug- und Musterbau sowie umfassende Test- und Prüfsysteme.

1 | Witzenmann, der Spezialist für bewegliche metallische Elemente

Ein wesentlicher Faktor in der Zusammenarbeit mit Kunden ist die technische Beratung im Witzenmann-Kompetenzzentrum, dem Pforzheimer Stammhaus in Deutschland. Hier arbeiten Teams hochqualifizierter Ingenieure in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden an Produktentwicklungen und neuen Anwendungen. Unsere Fachleute begleiten den Kunden von der ersten Vorplanung bis zur Serienproduktion.



Bessere Produkte

Auf der Basis dieses übergreifenden Wissens entstehen Synergieeffekte, die in jeder Produktlösung erfahrbar werden. Die Vielfalt der Einsatzfelder ist nahezu grenzenlos. Allen Produktlösungen gemeinsam ist jedoch eines: Maximale Sicherheit, auch unter teilweise extremen Einsatzbedingungen. Dies gilt für alle Witzenmann-Lösungen – von hochflexiblen Schlauchleitungen oder Kompensatoren für den Einsatz in der Industrie bis hin zu Präzisionsbälgen für Hochdruckkraftstoffpumpen, Piezoinjektoren oder Drucksensorglühkerzen in modernen PKW-Motoren.



2 | Produkte und Fertigungsverfahren

2.1 HYDRA-Metallbälge (Wellbälge)	8
2.2 HYDRA-Präzisionsbälge	12
2.3 HYDRA-Membranbälge	14
2.4 HYDRA-Dehnzellen	16
2.5 HYDRA-Präzisionsrohre	18
2.6 Werkstoffe	20
2.7 Borde und Anschlusssteile	24
2.8 Verbindungstechnik	29
2.9 Qualitätsmanagement	31
2.10 Zertifizierungen und kundenspezifische Zulassungen	35

2.1 | HYDRA-Metallbälge (Wellbälge)



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 Starkstromanlagen,
- 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.

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

2.1 | HYDRA-Metallbälge (Wellbälge)



Bild 2.1.1.: HYDRA-Metallbalg mit Anschlussstücken (links) und ohne Anschlussstücke (rechts)



Druckfestigkeit und gleichzeitig eine große Beweglichkeit. Sie werden z.B. als Ventilspindelabdichtung mit Betriebsdrücken über 400 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. oben links). 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 Rohrzyylinder ineinandergeschoben (Bild

2.1.2. oben rechts). 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. unten), was sich bei größeren Stückzahlen als wirtschaftlicheres Verfahren anbietet.

2.1 | HYDRA-Metallbälge (Wellbälge)

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 Ω -Profil eine höhere

Wellenzahl als ein Balg mit sin-Profil und kann daher größere Bewegungen kompensieren.

Bälge mit Boden

Bälge mit Boden können direkt aus tiefgezogenen oder fließgepressten Hülsen hergestellt werden. Bronze und Tombak sind hierfür als Werkstoffe besonders geeignet. Auch Edelstahlhülsen 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 Druckteile in Bälge aus Bronze oder Tombak einzulöten. Für Edelstahlbälge ist der Einsatz von Scheiben, die als Boden an den Balg angeschweißt werden, sinnvoll. Eine Schweißanbindung an Dreh- oder Druckteile ist ebenfalls möglich.

2.1 | HYDRA-Metallbälge (Wellbälge)

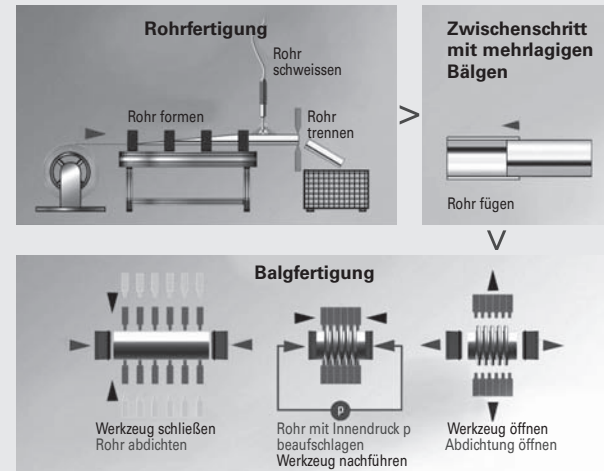


Bild 2.1.2.: Herstellung von Metallbälgen im Simultanverfahren

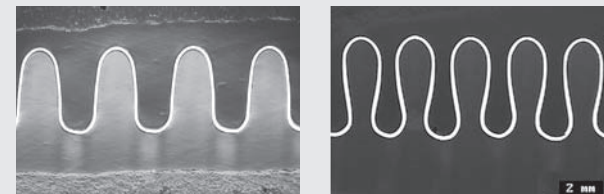


Bild 2.1.3.: Ungestauchtes (links) und gestauchtes Balgprofil (rechts)

2.2 | HYDRA-Präzisionsbälge



ab 3 mm
Durch-
messer

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 und dadurch auch für Anwendungen in mechatronischen Systemen geeignet.



Bild 2.2.1.: HYDRA-Präzisionsbälge

HYDRA-Präzisionsbälge werden in der Automobilindustrie als hochdruckfeste und flexible Dichtungen für Piezosensoren und -aktuatoren verwendet. Für Applikationen in Benzininjektoren oder Drucksensorglühkernen 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, nicht drucktragende Dichtungen. Für eine große Volumenverdrängung benötigen diese Bälge eine sehr hohe Beweglichkeit, zudem ist in der Regel eine Lebensdauer größer als 10^9 Lastspiele gefordert. eingesetzt werden solche Präzisionsbälge in modernen Benzinpumpen, in Druckspeichern oder Druckdämpfern.

2.2 | HYDRA-Präzisionsbälge

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.



Bild 2.2.2.: HYDRA-Präzisionsbälgfertigung unter Reinraumbedingungen

2.3 | HYDRA-Membranbälge



hochflexibel

HYDRA-Membranbälge bestehen aus paarweise aneinander geschweißten Membranscheiben. Bild 2.3.2. zeigt den schematischen Aufbau eines Membranbals sowie ein typisches Membranbalgprofil im metallographischen Schliff. Membran-bälge haben eine hohe spezifische Dehnungsaufnahme (bis zu 80 % der Baulänge), eine sehr kleine Federrate sowie einen großen hydraulischen Querschnitt. 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 Volumenausgleichskörper in ölgekühlten Hochspannungsanlagen eingesetzt.

Die Membranbälge werden in zwei Bau-reihen angeboten: Wellmembranbälge in

Normalausführung sowie Wellmembran-bälge mit Schmalprofil. Letztere sind durch die kompakten Einbaumaße und die relativ hohe Federrate besonders für Gleitring-dichtungen geeignet.

Bauartbedingt treten bei Membranbälgen an den Schweißnähten hohe Kerbspan-nungen 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 Lastauftei-lungen sollte der Balg vorgespannt ein-gebaut werden.



Bild 2.3.1.: HYDRA-Membranbalg

2.3 | HYDRA-Membranbälge

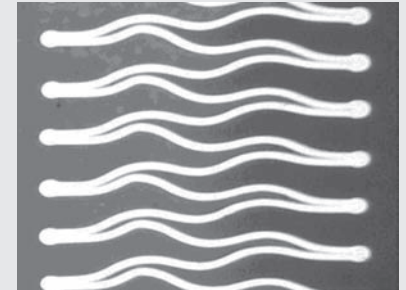
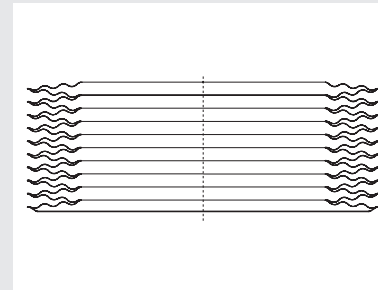


Bild 2.3.2.: Membranbalgprofil schematisch (links) und im metallographischen Schliff (rechts)

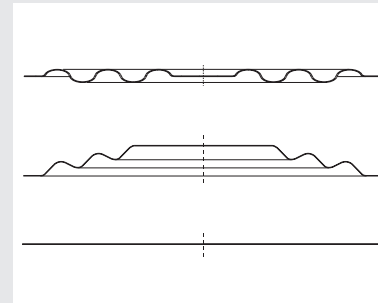


Bild 2.3.3.: HYDRA-Membranscheiben: Rillmembranscheiben (oben), Rillmembranscheiben mit flachem Boden (Mitte) sowie Flachmembranscheiben (unten)

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 Arbeitshübe bzw. verschobenen Volumina klein sind und eine große Systemsteifigkeit gefordert ist.

2.4 | HYDRA-Dehnzellen



hoher
Volumen-
ausgleich

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 Stützringen oder von speziell profilierten 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 mit

einander 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 hochdynamische Dämpfungselemente zur Verringerung von Druckstößen in schnell laufenden Kolbenpumpen.

2.4 | HYDRA-Dehnzellen

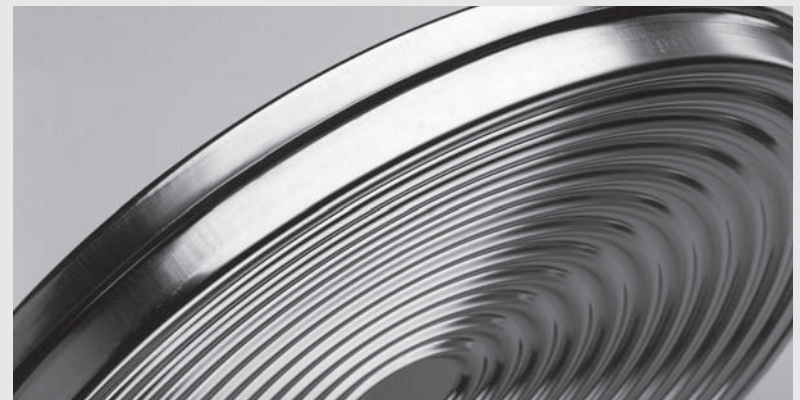


Bild 2.4. 1.: HYDRA-Dehnzelle

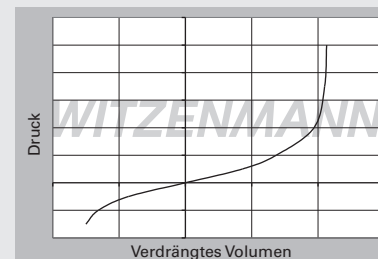
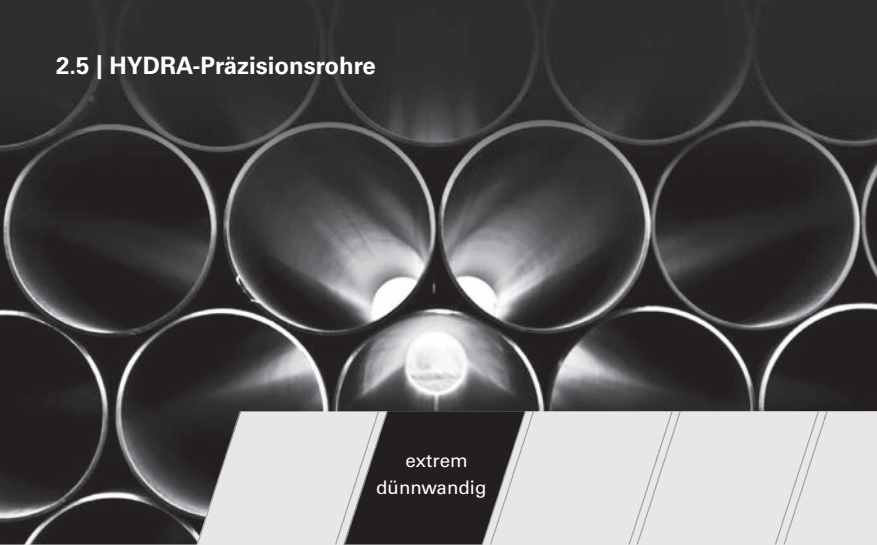


Bild 2.4.2.: Kennlinie einer HYDRA-Dehnzelle
(schematisch)

2.5 | HYDRA-Präzisionsrohre



extrem
dünnwandig

Für die Herstellung unserer Metallbälge werden als Halbzeug dünnwandige Edelstahlrohre mit längsgeschweißter Stumpfnaht gefertigt. Standardwerkstoff ist 1.4571, ein großer Teil der Abmessungen ist auch in den Edelstahlqualitäten 1.4541, 1.4828 sowie in Titan, Nickel oder in den Nickelbasislegierungen Inconel 625, Incoloy und Hastelloy 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.

2.5 | HYDRA-Präzisionsrohre



Bild 2.5. 1.: HYDRA-Präzisionsrohre

2.6 | Balgwerkstoffe



umfassendes
Know-how

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 Kupfer und 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 mechanisch Kerbe noch als mögliche 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 Kompensatoren in Abgasanlagen.

2.6 | Balgwerkstoffe

Verfügbare Balgwerkstoffe, Vorzugswerkstoffe sind fett hervorgehoben

Werkstoffnummer	Werkstoffart/ Handelsname	Eignung für		Bemerkung
		Wellbälge	Membranbälge	
1.4541	Ti-stabilisierte austenitische	++	++	Standardwerkstoff
1.4571	Edelstähle	++	++	
1.4404	Ti-freie austenitische Edelstähle	++	++	Lebensmittel- und Vakuumtechnik
1.4441		++	++	auf Anfrage
1.4828	zunderbeständiger Edelstahl	+	+	
1.4876	Incoloy 800 H	++	++	für Temperaturen über 550 °C geeignet
1.4564	17-7 PH	++	+	aushärtbare Edelstähle
1.4568				
–	AM 350	+	+	
2.4816	Inconel 600	+	+	auf Anfrage
2.4856	Inconel 625	++	++	Standardwerkstoffe bei hohen Drücken, Temperaturen und/oder erhöhten Korrosionsanforderungen
2.4819	Hastelloy C-276	++	++	
2.4610	Hastelloy C-4	+	–	hohe Säurebeständigkeit
2.4617	Hastelloy B-2	+	–	
3.7025	Reintitan Grade 1	+	+	
3.7035	Reintitan Grade 2	+	+	
2.4360	Monel	+	–	auf Anfrage
2.4060	Reinnickel	+	–	
2.1020	Bronze CuSn6	++	–	
2.1030	Bronze CuSn8	++	–	

Tabelle 2.6.1.

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

Im Ventilbereich 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 4.8.1. 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.

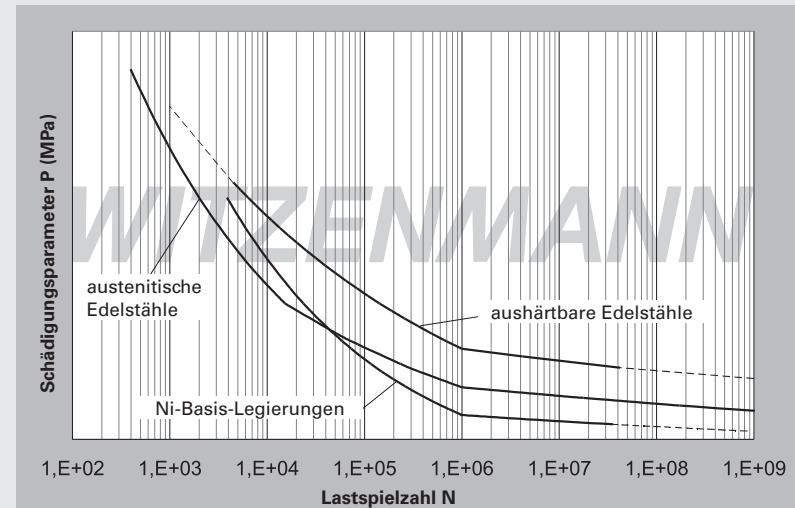


Bild 2.6.2.: 50%-Wöhlerlinien bei Raumtemperatur für Metallbälge aus austenitischem Edelstahl, aus Nickelbasislegierungen und aus aushärtbarem Edelstahl im Vergleich.

2.7 | Borde und Anschlussteile



Über die Balgborde erfolgt die Verbindung der Bälge mit ihren Anschlussteilen. 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 notwen-

dig. 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.

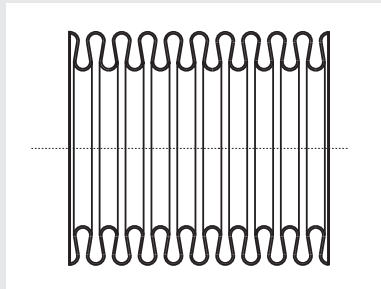
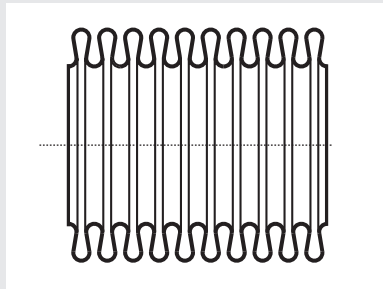


Bild 2.7.1.: Balg in der Innenkrempe abgeschnitten (links) und in der Außenkrempe abgeschnitten (rechts)

2.7 | Borde und Anschlussteile

B-Bord

Diese Bordform ist einfach und wirtschaftlich durch Stanzen oder Drehen aus einer Balgwelle herstellbar. Die Anschlussteilgeometrien sind einfach. Der B-Bord ist für Laser-, Mikro-Plasma- oder Lichtbogenschweißung geeignet. Bälge mit bis 1 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) Innen- druckbelastung vorliegt. Für Ventilspindalbälge 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.

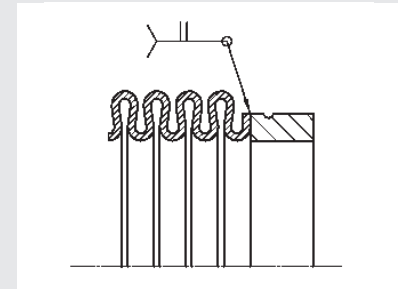


Bild 2.7.2.: Metallbalg mit B-Bord und Anschlusssteil

S-Bord / Ja-Bord

Der S-Bord wird durch Rollen aus einer Balgwelle geformt. 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 Anschlussteile ist aufwändiger als für den B-Bord, da der Balg für eine qualitativ hochwertige Schweißung nahezu spaltfrei auf das Anschlusssteil gefügt werden muss. Für Klebe- oder Lötverbindungen sollte das Anschlusssteil

mit einer dem Bord entsprechenden Nut versehen werden (vgl. auch Bild 2.7.1.). Für größere Serien kann der S-Bord hydraulisch durch Aufweiten eines J-Bordes (Ja-Bord) gefertigt werden.

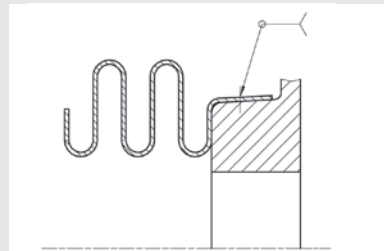


Bild 2.7.3.: Metallbalg mit S-Bord und Anschlusssteil

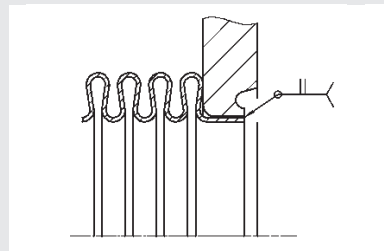


Bild 2.7.4.: Metallbalg mit J-Bord und Anschlusssteil ohne (links) und mit Stirnring (rechts)

J-Bord

Der J-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 J-Bord-Anbindung kann spaltfrei ausgeführt werden und wird häufig für Vakuumventile verwendet. Das spaltfreie Fügen des J-Bordes an das Anschlusssteil ist aufwändiger als das Aufpressen eines S-Bordes, daher ist diese Bordform für Großserien nur bedingt geeignet.

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.

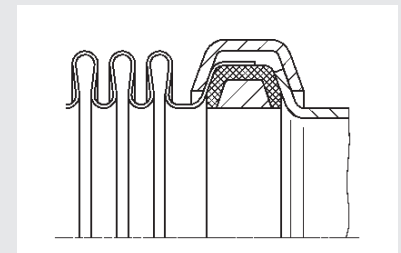


Bild 2.7.5. Metallbalg mit V-Bord, V-Bord-Schelle und Anschlusssteil

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 Querschnittsverminderungen 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.

2.7 | Borde und Anschlusssteile

Vor- und Nachteile der einzelnen Bordformen

	B-Bord	Ja- / S-Bord	J-Bord	V-Bord
Herstellbarkeit bei dünnwandigen Bälgen	++	+	++	– ¹⁾
dickwandigen Bälgen	++	– ¹⁾	+	– ¹⁾
Ermüdungsfestigkeit	+	++	++	+
Druckfestigkeit unter Innendruck	+	++	++	– ²⁾
Außendruck	++	++	+	– ²⁾
Dichtheit	++	++	++	– ²⁾
Lösbarkeit	–	–	–	++ ²⁾
Eignung zum Schweißen	++	++	+	–
Löten	–	++	++	–
Kleben	–	++	++	–
Klemmen	–	–	–	++

Tabelle 2.7.1.

1) Sonderwerkzeug erforderlich

2) Klemmverbindung

2.8 | Verbindungstechniken



100 %
Perfektion

Bälge und Anschlusssteile aus Stählen, Edelstählen, Nickel oder Ni-Basis-Legierungen, 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 Fügestelle und feinere 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 Ni-Basis-Legierungen, wie z.B. 2.4819 (Hastelloy C 276) oder 2.4856 (Inconel 625). Ebenfalls gut verschweißbar sind Bälge aus 1.4541 oder 1.4571 mit Anschlusssteilen aus den Edelstählen 1.4306, 1.4307

2.8 | Verbindungstechniken

oder aus unlegierten Qualitätsstählen, z.B. 1.0305. Schlechter schweißbar ist die Werkstoffkombination 1.4404 / 1.4404 aufgrund der Heißrissneigung bei nicht primärferritischer Erstarrung. Für Buntmetallbälge oder -anschlussteile ist Löten das meistgenutzte Verbindungsverfahren. Anwendungsbeispiele sind Schaltbälge für Hochstromanlagen oder Aktuatorbälge für Thermostatventile an Heizkörpern. Bei Bronzebälgen ist die Weichlötung mit üblichem Zinnlot die gebräuchlichste Befestigungsart. Darüber hinaus gibt es Spezialweichlote für den Temperaturbereich bis ca. 220 °C. Um ein Ausglühen der Balgenden beim Löten mit offener Flamme zu vermeiden, empfehlen wir die Nutlötung. Von einer Hartlötung wird bei Buntmetallbälgen abgeraten, da die hohe Löttemperatur die Endwellen ausglüht und damit die Lebensdauer stark reduziert. Dagegen können Edelstahlbälge mit gängigen CuAg-Loten hartgelötet werden. Voraussetzung für alle Lötverfahren ist eine gute Benetzung des Balges mit dem Lot, was eine hohe Sauberkeit der Balgoberfläche erfordert.

Zur Vermeidung von Lötkorrosionen sind Lötdämpfe (Flußmittelreste), die sich besonders im Balginneren 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.

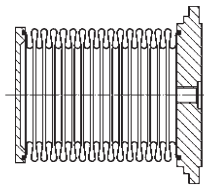


Bild 2.8.1.: Beispiel einer Löt- oder Klebeverbindung

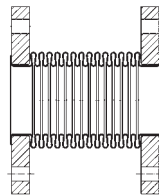


Bild 2.8.2.: Metallbalg mit drehbaren Flanschen und Bördelbord

2.9 | 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.

Genaue 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 Prüfscheinigungen, 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 Herstellunterlagen. 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 Anschlussteilen 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 Witzenmann GmbH, von einem Bevollmächtigten des Kunden oder auch von einer externen zertifizierten Stelle überwacht werden. Für Serienteile erfolgen Requalifikationsprüfungen gemäß ISOTS 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.)

2.9 | Qualitätsmanagement

Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204

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	Werkszeugnis		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.	Gemäß den amtlichen Vorschriften und mitgeltenden technischen Regeln.	durch den von der Fertigungsabteilung unabhängigen Abnahmebeauftragten des Herstellers.
3.2	Abnahmeprüfzeugnis 3.2		Bestätigung der Übereinstimmung mit der Bestellung unter Angabe von Ergebnissen spezifischer Prüfung.		durch den von der Fertigungsabteilung unabhängigen Abnahmebeauftragten des Herstellers und den vom Besteller bevollmächtigten Abnahmebeauftragten oder den in den amtlichen Vorschriften genannten Abnahmebeauftragten.

Tabelle 2.9.1.

2.10 | Zertifizierungen und kundenspezifische Zulassungen







weltweit
führend

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:





- ISO / TS 16949:2002
- DIN EN ISO 9001:2000
- ISO 14001:2004
- EN 9100:2003
- Druckgeräterichtlinie
- AD2000 – Merkblatt W0/TRD100
- AD2000 – Merkblatt HP0 und DIN EN 729-2
- KTA 1401 und AVS D100/50

Spezifische Zulassungen (Auswahl)

Gas/Wasser

	DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.	Deutschland
	ÖVGW Österreichische Vereinigung für das Gas- u. Wasserfach	Österreich
	SGVW Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches	Schweiz
	AFNOR Gas Association Française de Normalisation	Frankreich

Schifffahrt

	GL Germanischer Lloyd	Deutschland
	ABS American Bureau of Shipping	USA
	BV Bureau Veritas	Frankreich
	DNV DET NORSKE VERITAS	Norwegen

Schifffahrt

	LRS Lloyd's Register of Shipping	Großbritannien
--	-------------------------------------	----------------

Sonstige

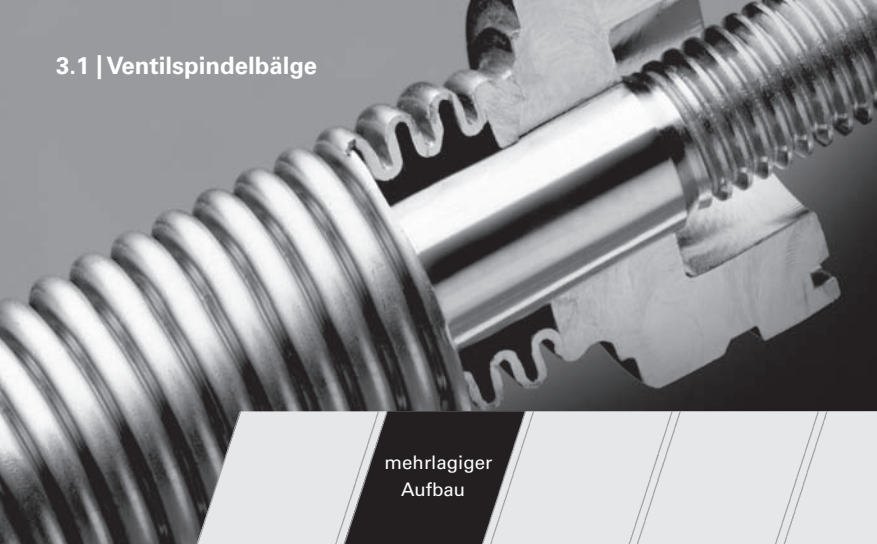
	BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung	Deutschland
	VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.	Deutschland
	VdS Verband der Sachversicherer e.V.	Deutschland
	FM Factory Mutual Research	USA
	LPCB – Loss Prevention Certification Board	Großbritannien
	RTN – RosTechNadzor Föderale Aufsichtsbehörde für Ökologie, Technologie und Atomtechnik	Russland



3 | Typische Balganwendungen

3.1 Ventilspindelbälge	40
3.2 Ventilspindelbälge für Kernkraftwerke	42
3.3 Vakuumanwendungen	42
3.4 Kompensatoren	43
3.5 Solaranwendungen	44
3.6 Gleitringdichtungen	46
3.7 Sensoren und Aktoren	46
3.8 Metallbalgspeicher	47
3.9 Balgkupplungen	48
3.10 Metallbälge für moderne PKW-Motoren	49

3.1 | Ventilspindelbälge



mehrlagiger
Aufbau

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.). 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

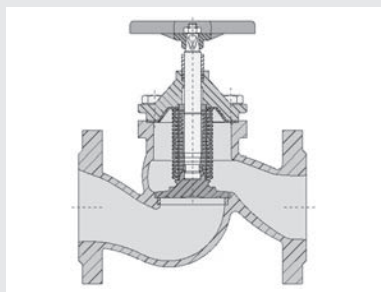


Bild 3.1.1. / Bild 3.1.2.: Ventil mit Metallbalg zur Spindelabdichtung

3.1 | Ventilspindelbälge

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 Ni-Basis-Legierungen, 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.

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.

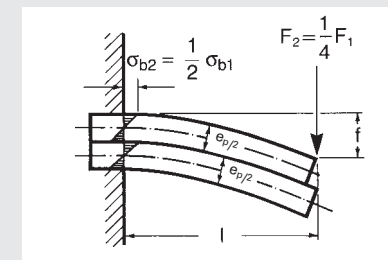
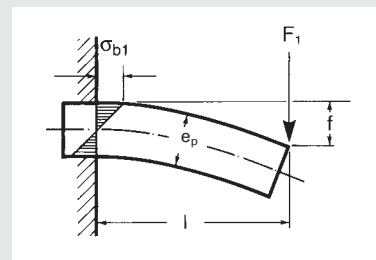


Bild 3.1.3.: Spannungsverteilung am ein- bzw. zweilagigen Biegebalken

3.2 | Ventilspindelbälge für Kernkraftwerke



absolut
sicher

Ventilspindelbälge für Kernkraftwerke werden nach den gleichen technischen Auslegungskriterien dimensioniert wie konventionelle Ventilspindelbälge. Meist werden jedoch nur 85% der zulässigen Druckfestigkeit ausgenutzt. 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 Oberflächenrissprüfungen an Schweißnähten sowie
- Dichtheitsprüfung, Druck und Lastspielprüfungen an Bälgen.

3.3 | Vakuumanwendungen



absolut
dicht

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 Schaltheufigkeiten 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 zwischen 1.000.000 und 10.000.000 Lastwechseln beträgt. Oftmals ist auch eine geringe Federrate des Balges gefordert, um hohe Schaltgeschwindigkeiten

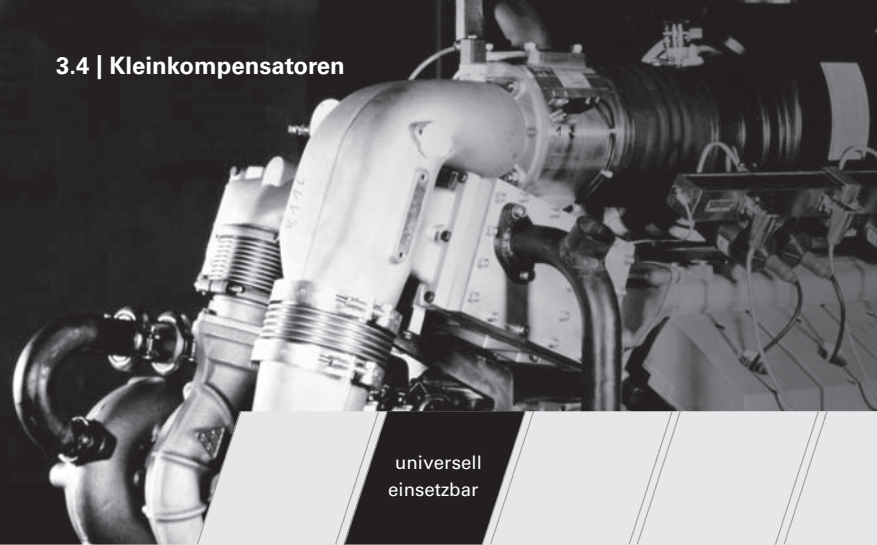


Bild 3.3.1.: Hochstromschalter mit Metallbalgabdichtung
erreichen zu können. Bälge für Vakuumventile werden mit ihren Anschlussteilen verschweißt. Für einen sicheren Evakuierungsvorgang ist eine spaltfreie Ausführung der Schweißnähte vorteilhaft, bevorzugt kommen daher J-

oder B-Borde zur Anwendung.

Bälge für Hochstromschalter werden in die Anschlusssteile 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.

3.4 | Kleinkompensatoren



universell
einsetzbar

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 be-

stigten drehbaren Flanschen – ist in Bild 3.4.1. gezeigt. Bälge mit Schweißenden werden auch oft als Kompensatoren eingesetzt. Ein Beispiel dafür ist in Bild 2.1.1. dargestellt. 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 Witzmann Handbuch der Kompensatorentechnik.



Bild 3.4.1.: Axialkompensator mit drehbaren Flanschen

3.5 | Solaranwendungen



innovative
Verbindungen

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 ausgeglichen werden müssen. In Flüssigkeitskreisläufen wird dies durch Metallbälge realisiert.

3.5 | Solaranwendungen

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 durchströmt, das durch die Sonnenstrahlung erhitzt wird. Das erhitzte Thermoöl 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 Metallbalgausführung zum Aufstecken auf die Cu-Verrohrung der Kollektoren. An den Enden des Balges sind hydraulisch geformte O-Ring-Nuten und Bördel zur Befestigung integriert.

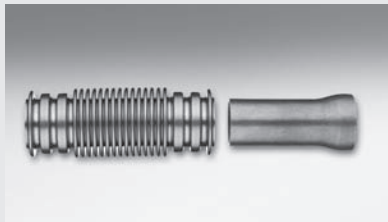
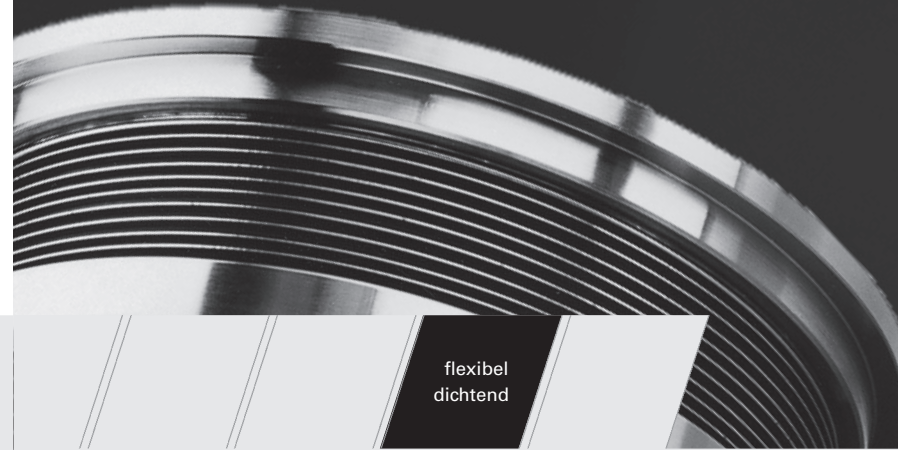


Bild 3.5.1.: Kollektorverbinder zum Aufstecken auf Cu-Rohre für die Gebäudetechnik

3.6 | 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 Abdichteffect 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

3.7 | Sensoren und Aktoren



hysteresefrei

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.



Bild 3.7.1.: Metallbalgaktor

3.7 | Sensoren und Aktoren

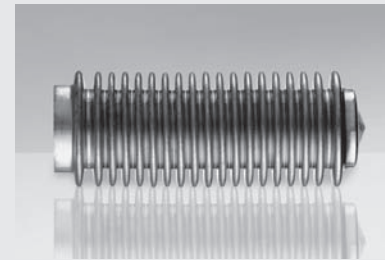


Bild 3.7.2.: Bronzebälge für Heizkörperthermostate

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 SF_6 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.

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.

3.8 | Metallbalgspeicher



diffusions-
dicht

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 ermögli-

chen, 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

3.9 | Metallbalgkupplungen



wartungsfrei

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 dauerhafteste 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

temperatur-
und
korrosionsfest

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.

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.



Bild 3.10.1.: Injektorbalg (Witzenmann) und Piezo-Injektor (Continental Automotive GmbH)

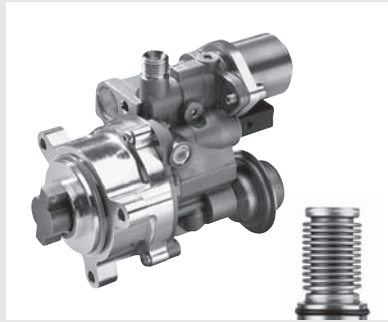


Bild 3.10.2.: Pumpenbalg (Witzenmann) und Hochdruckkraftstoffpumpe (Continental Automotive GmbH)

Kraftstoffpumpe

Zur Kraftstoffversorgung von direkt einspritzenden 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, wer-

den 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.

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 in-situ-Messung des Brennraumdrucks liefert die Drucksensor-Glühkerze dafür ein wichtiges Eingangssignal. Neben der Verminderung der Emissionen ermöglicht die mit Hilfe 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 Piezosensor. 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 (Witzenmann) und Drucksensorglühkerze (PSG, Beru AG)



4 | Balgberechnung und Balgeigenschaften

4.1 Festigkeitsnachweis für Metallbälge	58
4.2 Lastspannungen	60
4.3 Druckfestigkeit und Knickstabilität	62
4.4 Ermüdungslebensdauer	67
4.5 Angulare und laterale Verformung	71
4.6 Torsion und Torsionsknicken	73
4.7 Balgfederraten	75
4.8 Druckreaktionskraft und hydraulischer Durchmesser	76

4.1 | Festigkeitsnachweis für Metallbälge



Auslegungs-
Know-how

Die wesentlichen Anforderungen an Metallbälge sind

- (1) **Medien- und Korrosionsbeständigkeit,**
- (2) **Temperaturbeständigkeit,**
- (3) **Dichtheit,**
- (4) **Druckfestigkeit,**
- (5) **Beweglichkeit und Lebensdauer.**

Korrosions- und Temperaturbeständigkeit können über die Auswahl eines geeigneten Balgwerkstoffes erreicht werden. Die Dichtigkeit 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 1.300 Druckfestigkeitsprüfungen und über 1.600 Lastspielpfprüfungen, von denen etwa 250 unter Betriebsdruck und bei erhöhter Temperatur durchgeführt wurden, zur Verfügung, die kontinuierlich gepflegt und erweitert wird.

4.1 | Festigkeitsnachweis für Metallbälge

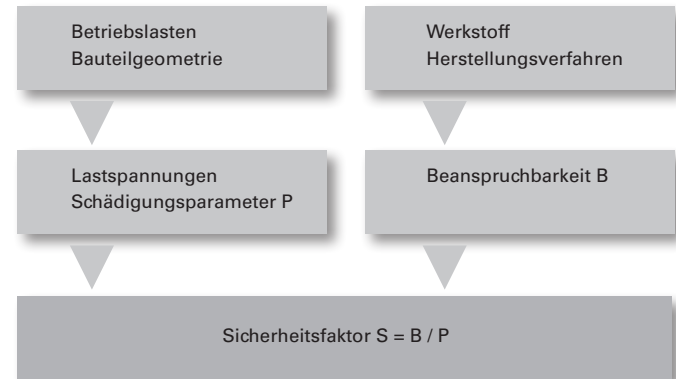
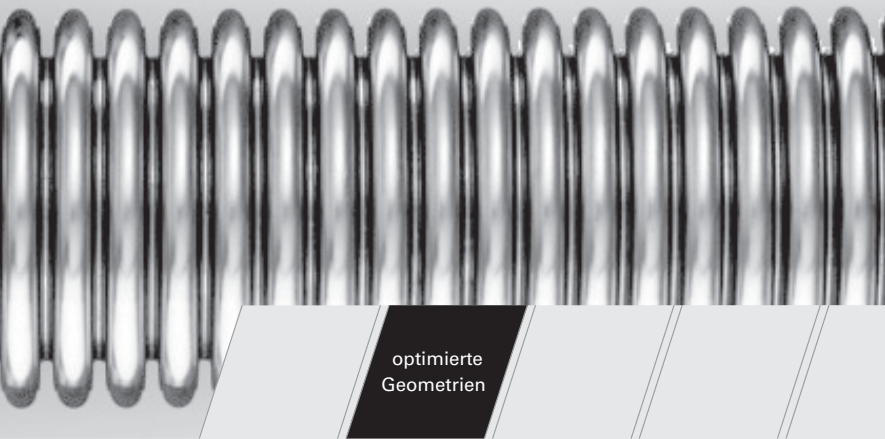


Bild 4.1.1.: Prinzipielle Vorgehensweise beim rechnerischen Festigkeitsnachweis für Metallbälge

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.

4.2 | Lastspannungen



Lastspannungen werden durch Druck sowie Verschiebungen oder Verdrehungen der Anschlussquerschnitte des Balges zueinander hervorgehoben. 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 Balgeometrien 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 Spannungs-

maxima im Bereich der Krepfen. 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 zweiwandigen Metallbalg bei axialer Zug- (links) und bei Außendruckbelastung (rechts)

4.2 | Lastspannungen

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).



F + E

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 Zug-

versuch 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.

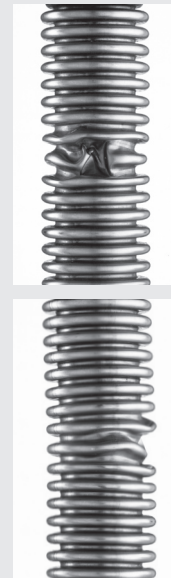


Bild 4.3.1.: Wellenknicken eines Metallbalges unter Außendruck

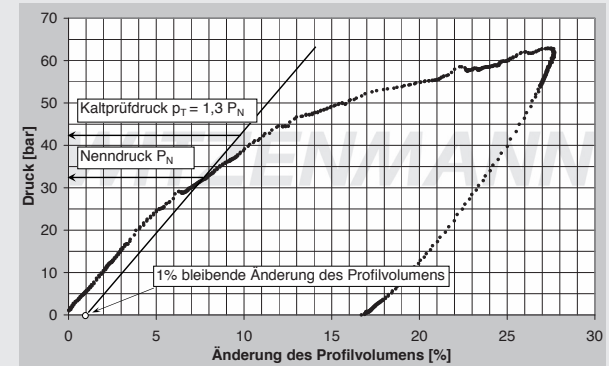


Bild 4.3.2.: Druck-Volumen-Kennlinie eines Metallbalges und Nenndruckbestimmung nach der Witzmann-Methode

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:

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

(4.3.1.)

Als Druckauslastung

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

(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.

$$\sigma_{\text{meridional}}^{\text{max}} \leq C_m \cdot \min \left\{ \frac{R_{P1,0}(T)}{1,5}, \frac{R_m(T)}{3} \right\}$$

(4.3.4.)

$$\sigma_{um} \leq \min \left\{ \frac{R_{P1,0}(T)}{1,5}, \frac{R_m(T)}{3} \right\}$$

(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 2007, Section III, NB 3228.2) Das dabei vorgeschlagene Verfahren (ASME

2007, Section III, II-1430) führt zu geringfügig höheren Nenndrücken als die Witzemann-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 Balginnendruckes und Federkraft des Balges wirksam wird. Für den Knickdruck gilt unter diesen Voraussetzungen:

$$p_K = \pi \cdot \frac{c_{ax}}{2 \lambda_L^2 (l_f + \delta)} + \frac{4 \cdot c_{ax} \cdot \delta}{\pi \cdot d_{hyd}^2}$$

(4.3.6.)

4.3 | Druckfestigkeit und Knickstabilität

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.

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 (Gl. 4.3.5.) 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 Berstdrucks auch bei der Verwendung hochfester Werkstoffe mit einem Streckgrenzenverhältnis R_{p01}/R_m nahe 1.

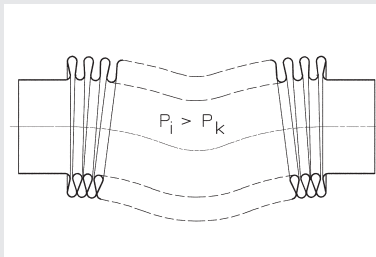
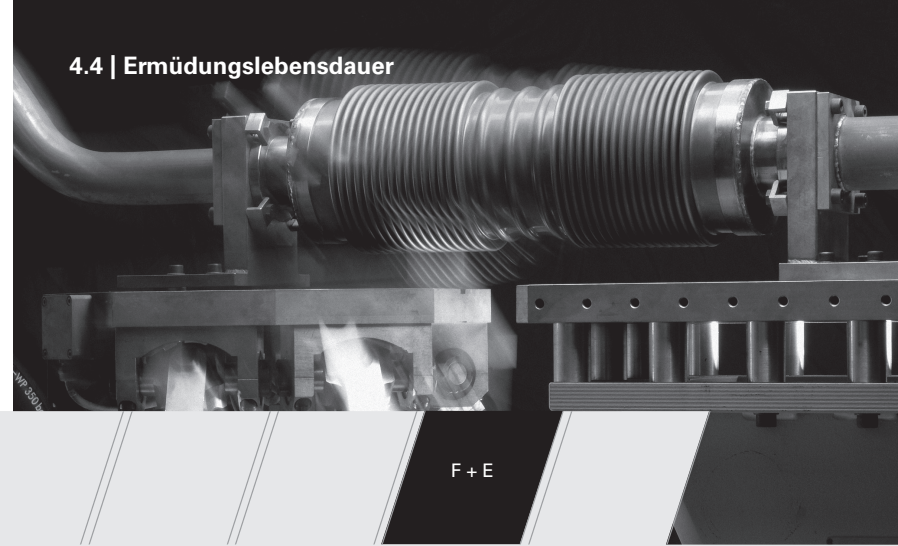


Bild 4.3.3.: Säulenknicken eines Metallbalges unter Innendruck (schematisch)

4.4 | 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. auf Seite 68 zeigt auf der linken Seite Ermüdungsbrüche in den Innenkrempe eines Balges. Im metallographischen Schliiff (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 Ermü-

dungslebensdauer 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 Wellenklicken unter Überdruck) beeinflusst. Die Lebensdauerberechnung für einen allgemeinen Lastfall kann auf Anfrage bei Witzenmann erfolgen.

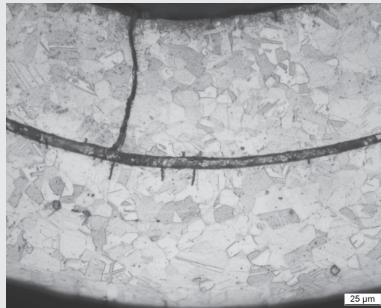
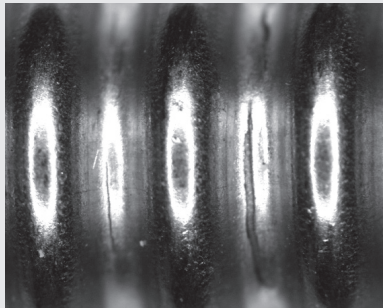


Bild 4.4.1: Ermüdungsbruch an der Innenkrempe eines Metallbalges in der Draufsicht (links) und im metallographischen Schliff (rechts)

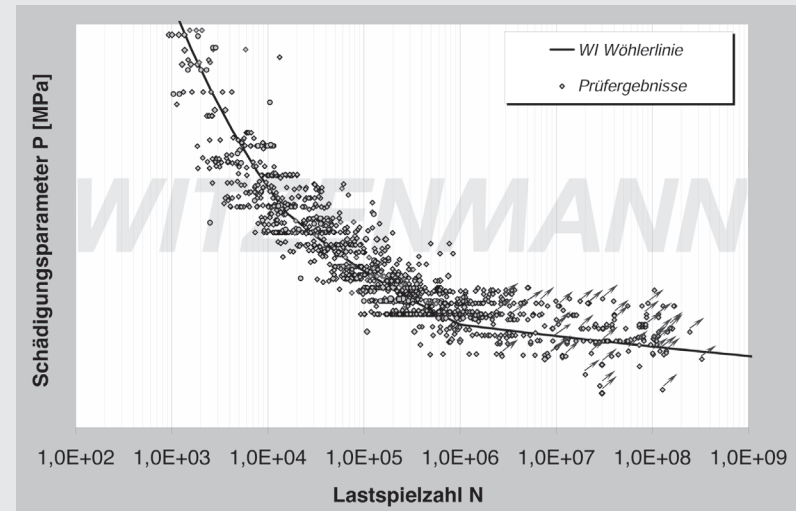


Bild 4.4.2.: Witzenmann Wöhlerlinie für Metallbälge aus austenitischem Edelstahl, Prüfungen, die mit einem Pfeil gekennzeichnet sind, wurden ohne Balgversagen abgebrochen

4.4 | Ermüdungslebensdauer

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%:

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

(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.

4.5 | Angulare und laterale Verformung

Auslegungs-
Know-how

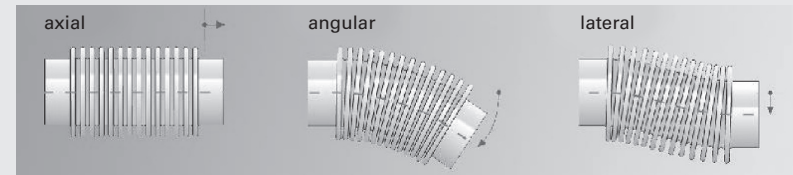


Bild 4.5.1.: Axiale, angular und laterale Balgverformung

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 (angular Verformung) – zeigt das 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.)

4.5 | Angulare und laterale Verformung

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:

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

(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 ($p > 0,25 p_K$) 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 Taschenbuches hinaus, kann aber auf Anfrage bei Witzenmann erfolgen.

4.6 | 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_{TC}) überschritten, geht der Balg aus seiner geraden in eine schraubenlinienförmig gekrümmte Konfiguration über. Für das kritische Torsionsknickmoment eines beidseitig fest eingespannten Balges gilt

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

(4.6.3.)

4.6 | Torsion und Torsionsknicken

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

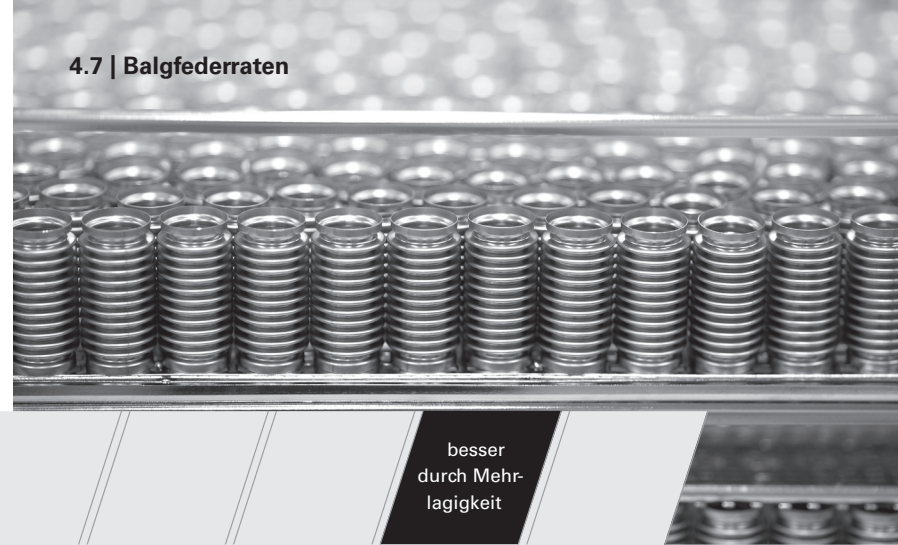
$$S_K = \frac{M_{Tc}}{M_T} = \frac{1,12 \cdot c_{ax} \cdot D_m^2}{M_T}$$

(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.

4.7 | 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 $\pm 30\%$ spezifiziert.

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

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

(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.

4.8 | Druckreaktionskraft und hydraulischer Durchmesser



Auslegungs-
Know-how

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 geschlossenen 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 (D_{AT}) 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.

4.8 | Druckreaktionskraft und hydraulischer Durchmesser

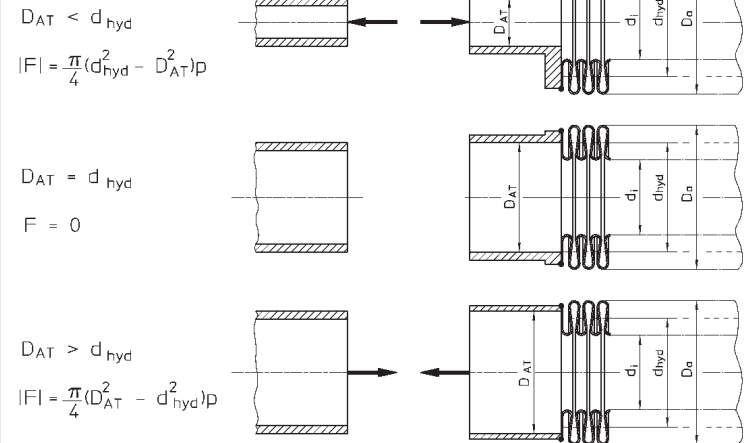
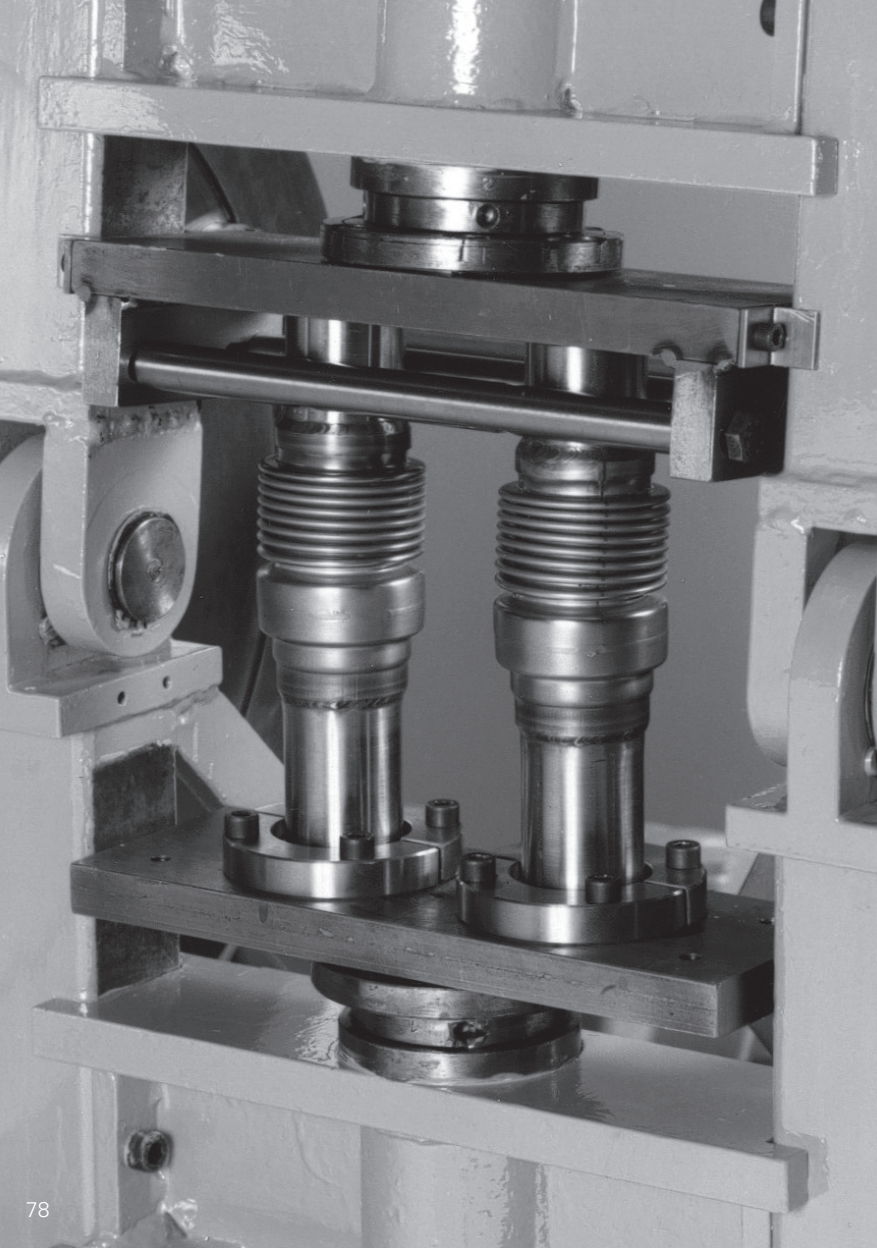


Bild 4.8.1.: Reaktionskräfte an einer Balganbindung unter Innendruck.



5 | Produktprüfungen bei Witzenmann

5.1 | Prüf- und Analysemöglichkeiten

80

5.2 | Typische Prüfungen von Metallbälgen

82

5.1 | Überblick über Prüf- und Analysemöglichkeiten



Entwicklungs-
partner

Zur experimentellen Bestimmung und Überprüfung von Produkteigenschaften verfügt Witzenmann 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 sowie
- Dichtheitsprüfstände

zur Verfügung.

Außerdem verfügt Witzenmann 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 Schliffe,
- ein Rasterelektronenmikroskop mit integrierter Röntgen-Spektralanalyse
- ein Sauberheitskabinett,
- Korrosionsprüfstände sowie
- eine Röntgen-Durchstrahlungseinrichtung.

Damit können

- Prüfungen der mechanischen Kennwerte sowie der Korrosionsbeständigkeit für Balg- und Anschlussstielwerkstoffe bei Raumtemperatur oder bei erhöhten Temperaturen,

5.1 | Überblick über Prüf- und Analysemöglichkeiten

- 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 und
- 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.

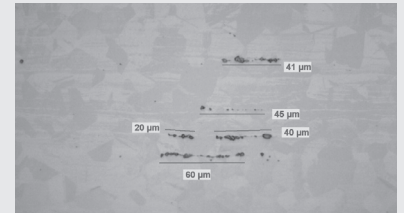
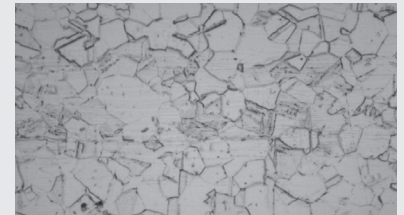
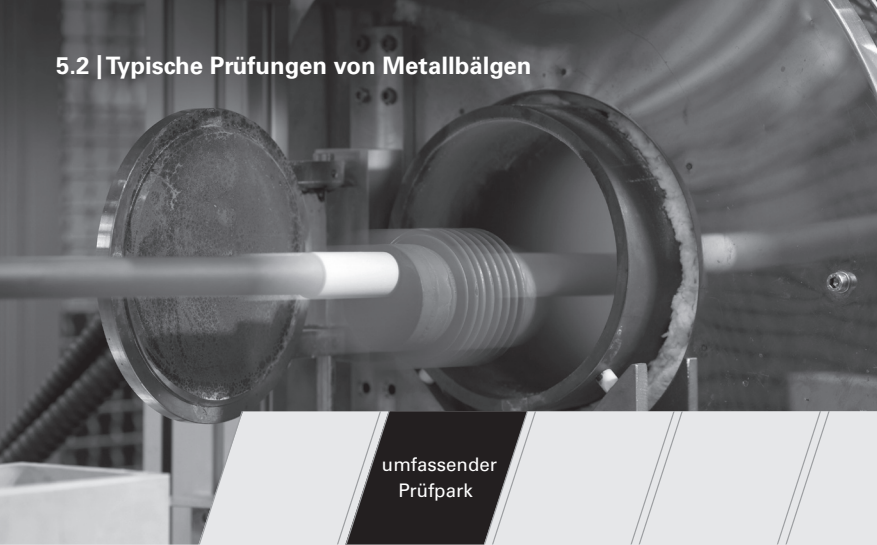


Bild 5.1.1.: Oberflächen- (oben), Gefüge- (Mitte) und Reinheitsanalyse (unten) an Präzisionsband aus dem Werkstoff 1.4571.

5.2 | Typische Prüfungen von Metallbälgen



umfassender
Prüfpark

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.

5.2 | Typische Prüfungen von Metallbälgen

Leckraten und zugehörige Volumenströme für den He-Leck-Test

Leckrate [mbar l / sec]	Leckdurchmesser [µm]	Volumenstrom [l / sec]	Volumenstrom [l/ Jahr]	Bemerkung
10 ⁻¹⁰	0,001	10 ⁻¹³	3,15 x 10 ⁻⁶	Nachweisgrenze
10 ⁻⁸	0,01	10 ⁻¹¹	3,15 x 10 ⁻⁴	hochvakuumdicht*
10 ⁻⁷	0,03	10 ⁻¹⁰	3,15 x 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

Tabelle 5.2.1. / *umgangssprachliche Veranschaulichung, keine exakte Definition einer Leckrate

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

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.

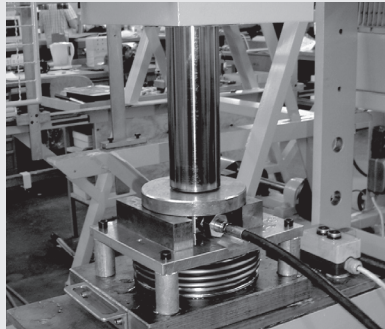


Bild 5.2.1.: Druckfestigkeitsprüfung an einem Metallbalg.



Bild 5.2.2.: Axiale Lastspielprüfung.

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 Witzenmann 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.



6 | Technische Tabellen

6.1 Balgauswahl aus dem Handbuch	88
6.2 Balgauswahl mit Flexperte	94
6.3 HYDRA-Metallbälge (Wellbälge) aus Edelstahl (Vorzugsreihe)	95
6.4 HYDRA-Metallbälge (Wellbälge) für ANSI Ventile	116
6.5 HYDRA-Metallbälge (Wellbälge) aus Bronze (Vorzugsreihe)	126
6.6 HYDRA-Membranbälge Normalprofil (Vorzugsreihe)	131
6.7 HYDRA-Membranbälge Schmalprofil (Vorzugsreihe)	144
6.8 Geometrie der Anschlusssteile für Metall- und Membranbälge	154
6.9 HYDRA-Dehnzellen	162
6.10 HYDRA-Präzisionsrohre	164

6.1 | Balgauswahl aus dem Handbuch



Technologie-
führer

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):

$$P_N \geq \max \left\{ \begin{array}{l} p_{RT} = PS/K_{p\delta} \\ p_T / 1,3 \end{array} \right. \quad (6.1.1.)$$

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

$$K_{p\delta} = \frac{PS}{p_{RT}} = \frac{R_{p1,0}(TS)}{R_{p1,0}(20^\circ\text{C})} \quad (6.1.2.)$$

die Verringerung der Druckfestigkeit des Balges. Zahlenwerte für $K_{p\delta}$ 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 Kompensatorentechnik.

6.1 | Balgauswahl aus dem Handbuch

Abminderungsfaktoren für den Druck $K_{p\delta}$

Temperatur [°C]	Abminderungsfaktor $K_{p\delta}$		Temperatur [°C]	Druckabminderungsfaktor $K_{p\delta}$	
	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

$$P_N \geq \max \left\{ \begin{array}{l} p_{RT} = PS/K_{p\delta} \\ p_T / 1,3 \end{array} \right. \quad (6.1.1.)$$

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

$$P_{RT} \leq 2 \frac{c_\delta}{n^2_W \cdot l_W} \quad (6.1.3.)$$

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.

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 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 Korrekturfaktoren $K_{\Delta N}$ und $K_{\Delta P}$ für Lastspielzahl und Druck:

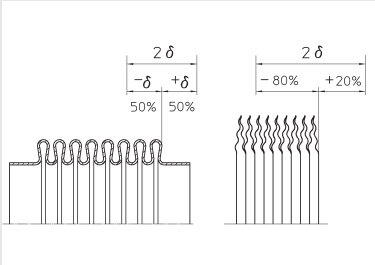


Bild 6.1.1.

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

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

Angularbelastung:
 $2\alpha_n = K_{\Delta N} \cdot K_{\Delta P} \cdot 2\alpha_{n,0} = K_{\Delta} \cdot 2\alpha_{n,0}$ (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.

Die Verringerung der Druckauslastung

$$\eta_P = \frac{P_{RT}}{P_N}$$

(4.3.2.)

erhöht die zulässige Bewegungsgröße entsprechend Tabelle 6.2.3.

Einfluss der Druckauslastung auf die Bewegungsgröße

Druckauslastung η_P	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0
Einflussfaktor $K_{\Delta P}$	1,0	1,03	1,07	1,1	1,13	1,15

Tabelle 6.1.3

Druckpulsationen

Dem statischen Druck überlagerte Druckpulsationen oder schwellende Druckbelastungen können die Balglebensdauer verringern. Ihr Einfluss kann rechnerisch bestimmt werden. Er hängt von der Größe der Druckpulsationen und deren Auftretenshäufigkeit ab. Für Druckpulsationen $\Delta p > 0,25 P_N$ 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_δ , c_λ , c_α). Für die Federrate eines Balges mit der Wellenzahl n_W gilt:

Axialbelastung: (6.1.6.a)

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

Angularbelastung: (6.1.6.b)

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

Lateralbelastung: (6.1.6.c)

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

Abminderungsfaktoren K_{C0} für die Balgfederrate

Temp. (°C)	Werkstoff 1.4571
20	1,00
100	0,97
200	0,93
300	0,90
400	0,86
500	0,83

Tabelle 6.1.4

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

$$c(T) = c(20\text{ °C}) \cdot K_{C0} = c(20\text{ °C}) \cdot \frac{E(T)}{E(20\text{ °C})}$$

(6.2.7.)

6.2 | Balgauswahl mit Flexperte



Knowledge
by
Witzenmann

FLEXPERTE

Knowledge by Witzenmann

Flexperte ist eine Auslegungssoftware für flexible metallische Elemente. Sie ist eine speziell entwickelte Software, die nach den aktuellen Auslegungsregeln die für den Bedarfsfall geeigneten 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.

Auf Wunsch schicken wir Ihnen die Software gerne zu. Das Programm steht in der vollen Funktionalität für die direkte Nutzung auch unter www.flexperte.de online zur Verfügung.

6.3 | HYDRA-Metallbälge aus Edelstahl



Vorzugs-
reihe

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):

BAT	60,0	x	82,0	x	6	x	0,3	15W	1.4571
BAT: Balg mit Anschlusssteilen	Innendurch- messer $d_i = 60 \text{ mm}$		Außendurch- messer $D_A = 82 \text{ mm}$		Einzel- lagen- zahl $n_L = 6$		Einzel- lagen- dicke $s = 0,3 \text{ mm}$	15 Wellen gemäß Bestim- mungen Kapitel 6.1	Werkstoff 1.4571

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

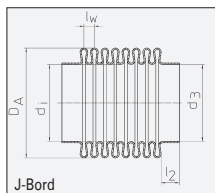
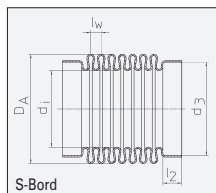
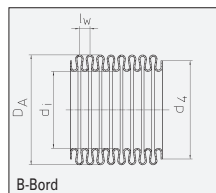
Vorzugsreihe

HYDRA

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

Vorzugsreihe

HYDRA



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil					Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellenzahl	Ø-Toleranzen		B- Bord Ø d ₄	S-Bord		J-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirks. Quer- schnitt A	Gewicht je Welle
		P _N *	d _i	D _A	n _L	s				d _i	D _A		Ø innen d ₃	Länge l ₂	Ø innen d ₃	Länge l ₂	axial 2δ _{n,0}	angular 2α _{n,0}	lateral 2λ _{n,0}	axial c ₀	angular c _α	lateral c _λ		
mm	bar	mm	mm	–	mm	–	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm²	g		
3	400	3,35 x 4,7	2 x 0,06		1.4541**	1,00	10	–0,1/+0,1	±0,1	–		4,2	2	–	–	±0,025	±0,50	–	1475	0,052	–	0,12	0,02	
4	90	4,06 x 6,1	1 x 0,07		1.4541**	0,80	37	–0,4/+0,1	±0,3	5,5		–	–	4,06	5	±0,040	±0,70	±0,002	260	0,016	15500	0,21	0,02	
5	65	5,3 x 8,0	1 x 0,08		1.4541**	0,95	63	–0,4/+0,1	±0,3	7,0		–	–	5,34	5	±0,065	±1,10	±0,003	180	0,020	13500	0,36	0,04	
	100	5,3 x 8,0	1 x 0,10		1.4541**	0,85	70	–0,4/+0,1	±0,3	7,0		–	–	5,30	5	±0,045	±0,75	–	420	0,050	–	0,36	0,05	
	150	5,3 x 8,5	1 x 0,15		1.4541**	1,10	45	–0,4/+0,1	±0,3	7,0		–	–	5,30	5	±0,035	±0,55	–	830	0,080	–	0,37	0,08	
	200	5,3 x 8,5	1 x 0,20		1.4541**	1,20	41	–0,4/+0,1	±0,3	7,0		–	–	5,30	5	±0,025	±0,40	–	1850	0,190	–	0,38	0,11	
	500	5,3 x 8,5	2 x 0,20		1.4541**	1,20	42	–0,4/+0,1	±0,3	7,0		–	–	5,30	5	±0,017	±0,20	–	6300	0,650	–	0,37	0,19	
6	55	6,2 x 9,7	1 x 0,10		1.4541**	1,20	63	–0,4/+0,1	±0,3	8,5		8,5	1,8	6,30	5	±0,090	±1,00	±0,004	160	0,022	11100	0,51	0,07	
8	26	8,0 x 13,0	1 x 0,10		1.4571	1,40	135	–0,4/+0,1	±0,3	11,0		11,6	1,8	8,00	6	±0,17	±1,30	±0,006	120	0,028	10500	0,87	0,13	
	68	8,0 x 13,0	2 x 0,10		1.4571	1,60	277	–0,4/+0,1	±0,4	11,0		11,6	1,8	8,00	6	±0,15	±1,20	±0,006	245	0,058	15800	0,87	0,26	
	115	8,0 x 13,0	3 x 0,10		1.4571	1,80	242	–0,4/+0,1	±0,5	11,0		11,6	1,8	8,00	6	±0,13	±1,10	±0,005	385	0,092	19700	0,87	0,39	
	150	8,0 x 13,5	4 x 0,10		1.4571	2,00	150	–0,5/+0,1	±0,5	11,0		–	–	8,00	6	±0,13	±1,00	±0,004	460	0,116	19900	0,91	0,44	
9	22	9,0 x 14,5	1 x 0,10		1.4571	1,35	234	–0,4/+0,1	±0,3	13,4		13,1	2,0	9,00	6	±0,21	±1,60	±0,008	75	0,022	8500	1,08	0,17	
	55	9,0 x 14,5	2 x 0,10		1.4571	1,75	233	–0,4/+0,1	±0,4	13,0		13,1	2,0	9,00	6	±0,19	±1,40	±0,008	160	0,048	10600	1,08	0,34	
	90	9,0 x 14,5	3 x 0,10		1.4571	1,85	198	–0,4/+0,1	±0,5	13,0		13,1	2,0	9,00	6	±0,17	±1,30	±0,008	260	0,080	15000	1,08	0,52	
	250	9,0 x 13,0	4 x 0,10		1.4571	1,50	258	–0,5/+0,1	±0,5	13,0		–	–	9,00	6	±0,07	±0,50	±0,003	1230	0,320	98000	0,94	0,43	
10	16	10,0 x 16,5	1 x 0,10		1.4571	1,65	189	–0,4/+0,1	±0,3	14,5		14,3	2,5	10,0	6	±0,25	±1,70	±0,010	60	0,023	5800	1,38	0,22	
	38	10,0 x 16,5	2 x 0,10		1.4571	1,90	216	–0,4/+0,1	±0,4	14,5		14,3	2,5	10,0	6	±0,23	±1,60	±0,010	120	0,045	8700	1,38	0,44	
	60	10,0 x 17,0	3 x 0,10		1.4571	2,00	208	–0,4/+0,1	±0,5	14,5		15,1	2,5	10,0	6	±0,22	±1,50	±0,010	170	0,070	11600	1,43	0,66	
	90	10,0 x 17,0	4 x 0,10		1.4571	2,40	125	–0,5/+0,1	±0,5	14,5		–	–	10,0	6	±0,21	±1,30	±0,008	250	0,100	11900	1,43	0,88	
	130	10,0 x 17,0	5 x 0,10		1.4571	2,70	111	–0,5/+0,1	±0,5	14,5		–	–	10,0	6	±0,19	±1,10	±0,007	310	0,120	11600	1,43	1,10	
12	13	12,0 x 19,0	1 x 0,10		1.4571	1,90	168	–0,4/+0,1	±0,4	18,0		16,8	2,5	12,0	6	±0,30	±1,70	±0,010	65	0,038	6300	1,89	0,30	

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

** nahtloses Rohr 1.4571 oder 1.4541

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

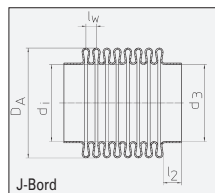
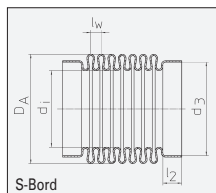
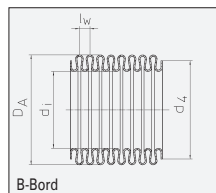
Vorzugsreihe

HYDRA

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

Vorzugsreihe

HYDRA



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil				Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellenzahl	Ø-Toleranzen		B- Bord Ø d ₄	S-Bord		J-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirks. Quer- schnitt A	Gewicht je Welle
		P _N *	d _i	D _A	n _L				s	d _i		D _A	Ø innen d ₃	Länge l ₂	Ø innen d ₃	Länge l ₂	axial 2δ _{n,0}	angular 2α _{n,0}	lateral 2λ _{n,0}	axial c ₀	angular c _α		
mm	bar	mm	mm	–	mm	–	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm²	g
12	26	12,0 x 20,0 x 2 x 0,10	1.4571	2,10	178	–0,4/+0,1	±0,5	18,0		17,6	2,5	12,0	6	±0,33	±1,70	±0,011	95	0,053	7500	2,01	0,60		
	40	12,0 x 20,0 x 3 x 0,10	1.4571	2,45	163	–0,4/+0,1	±0,5	18,0		17,6	2,5	12,0	6	±0,30	±1,50	±0,011	135	0,075	8600	2,01	0,90		
	60	12,0 x 20,0 x 2 x 0,15	1.4571	2,40	166	–0,4/+0,1	±0,5	18,0		17,6	2,5	12,0	6	±0,24	±1,40	±0,011	300	0,170	20000	2,01	0,92		
	90	12,0 x 20,0 x 3 x 0,15	1.4571	2,40	166	–0,4/+0,1	±0,5	18,0		–	–	12,0	6	±0,20	±1,30	±0,010	560	0,320	37000	2,01	1,39		
	260	12,4 x 18,5 x 4 x 0,15	1.4571	2,50	144	–0,5/+0,1	±0,5	16,3		–	–	12,4	6	±0,12	±1,20	±0,008	1745	0,900	100000	1,86	1,39		
	360	12,8 x 18,5 x 5 x 0,15	1.4571	2,50	155	–0,5/+0,1	±0,5	16,3		–	–	12,8	6	±0,09	±0,65	±0,006	3400	1,800	199900	1,92	1,73		
	385	12,4 x 19,0 x 6 x 0,15	1.4571	3,00	137	–0,5/+0,1	±0,5	16,3		–	–	12,4	6	±0,08	±0,55	±0,005	4000	2,150	164000	1,94	2,20		
13	20	13,0 x 19,0 x 1 x 0,10	1.4571	1,80	153	–0,4/+0,1	±0,5	16,3		16,8	2,5	13,0	6	±0,26	±1,60	±0,008	74	0,040	8800	2,01	0,24		
	45	13,0 x 19,0 x 2 x 0,10	1.4571	1,85	204	–0,4/+0,1	±0,5	16,3		16,8	2,5	13,0	6	±0,24	±1,50	±0,008	160	0,090	18000	2,01	0,48		
	110	13,2 x 19,0 x 2 x 0,15	1.4571	2,15	186	–0,4/+0,1	±0,5	16,3		16,8	2,5	13,2	6	±0,17	±1,20	±0,007	600	0,340	50500	2,04	0,72		
	165	13,2 x 19,0 x 3 x 0,15	1.4571	2,20	155	–0,4/+0,1	±0,5	16,3		16,8	2,5	13,2	6	±0,13	±1,00	±0,006	900	0,510	72000	2,04	1,10		
14	17	14,6 x 21,0 x 1 x 0,10	1.4571	1,90	145	–0,4/+0,1	±0,5	19,0		18,3	4,0	14,6	6	±0,28	±1,40	±0,011	85	0,065	11200	2,51	0,30		
	30	14,6 x 22,0 x 2 x 0,10	1.4571	2,15	196	–0,4/+0,1	±0,5	20,0		18,3	4,0	14,6	6	±0,30	±1,40	±0,010	130	0,093	14100	2,63	0,66		
	55	14,2 x 22,0 x 2 x 0,15	1.4571	2,30	170	–0,5/+0,1	±0,5	20,0		18,8	4,0	14,2	6	±0,22	±1,20	±0,009	330	0,240	30600	2,57	1,01		
	110	14,6 x 22,0 x 3 x 0,15	1.4571	2,75	151	–0,4/+0,1	±0,5	20,0		–	–	14,6	6	±0,17	±1,00	±0,008	720	0,550	48000	2,63	1,35		
	150	14,2 x 22,0 x 4 x 0,15	1.4571	2,80	142	–0,5/+0,1	±0,5	20,0		–	–	14,2	6	±0,14	±0,70	±0,007	800	0,570	50000	2,57	1,70		
	220	14,2 x 21,2 x 5 x 0,15	1.4571	2,80	149	–0,5/+0,1	±0,5	18,5		–	–	14,2	6	±0,12	±0,60	±0,006	1300	0,880	77900	2,46	2,00		
	280	14,2 x 22,0 x 6 x 0,15	1.4571	3,40	88	–0,5/+0,1	±0,5	20,0		–	–	14,2	6	±0,14	±0,50	±0,005	1500	1,070	63800	2,57	2,50		
16	14	16,6 x 24,0 x 1 x 0,10	1.4571	2,00	138	–0,4/+0,1	±0,5	21,5		21,1	4,0	16,6	6	±0,33	±1,60	±0,011	60	0,05	9000	3,25	0,37		
	28	16,6 x 24,0 x 2 x 0,10	1.4571	2,00	179	–0,4/+0,1	±0,5	21,5		21,1	4,0	16,6	6	±0,32	±1,50	±0,011	126	0,11	19200	3,25	0,73		
	70	16,8 x 24,0 x 2 x 0,15	1.4571	2,30	155	–0,4/+0,1	±0,5	21,5		21,1	4,0	16,8	6	±0,20	±1,00	±0,009	420	0,38	49600	3,25	1,10		
	110	16,4 x 24,0 x 3 x 0,15	1.4571	2,50	160	–0,4/+0,1	±0,5	21,5		21,1	3,5	16,4	6	±0,20	±1,00	±0,009	680	0,60	66600	3,20	1,70		

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

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

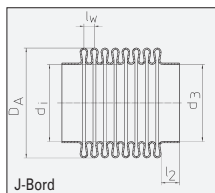
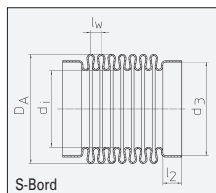
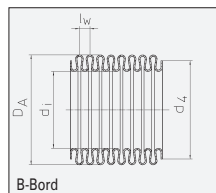
Vorzugsreihe

HYDRA

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

Vorzugsreihe

HYDRA



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil				Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellenzahl	Ø-Toleranzen		B- Bord Ø d ₄		S-Bord		J-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirks. Quer- schnitt A	Gewicht je Welle
		P _N *	d _i	D _A	n _L				s	d _i			D _A	Ø innen d ₃	Länge l ₂	Ø innen d ₃	Länge l ₂	axial 2δ _{n,0}	angular 2α _{n,0}	lateral 2λ _{n,0}	axial c ₀	angular c _α		
mm	bar	mm	mm	–	mm	–	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm²	g	
16	185	16,4 x 24,0	4 x 0,15		1.4571	3,00	140	–0,5/+0,1	±0,5	21,5		–	–	16,4	6	±0,18	±0,80	±0,009	1000	0,89	68000	3,20	2,36	
	250	16,4 x 24,0	5 x 0,15		1.4571	3,50	85	–0,5/+0,1	±0,5	21,5		–	–	16,4	6	±0,16	±0,70	±0,008	1420	1,26	71000	3,20	2,80	
	300	16,0 x 24,5	4 x 0,20		1.4571	3,80	105	–0,5/+0,1	±0,5	21,5		–	–	16,0	6	±0,13	±0,50	±0,007	2150	1,92	91600	3,22	3,30	
	370	16,0 x 24,5	5 x 0,20		1.4571	4,10	73	–0,5/+0,1	±0,5	21,5		–	–	16,0	6	±0,12	±0,40	±0,006	2800	2,50	102500	3,22	3,80	
18	16	18,0 x 28,0	1 x 0,15		1.4571	2,40	130	–0,4/+0,1	±0,5	25,0		25,2	3,0	18,0	6	±0,36	±1,50	±0,014	90	0,11	12400	4,10	0,83	
	38	18,0 x 28,0	2 x 0,15		1.4571	2,70	143	–0,3/+0,2	±0,5	25,0		25,2	3,0	18,0	6	±0,34	±1,30	±0,013	185	0,21	20100	4,05	1,73	
	70	18,0 x 28,0	3 x 0,15		1.4571	3,20	137	–0,3/+0,2	±0,5	25,0		25,2	3,0	18,0	6	±0,32	±1,10	±0,013	310	0,36	24000	4,15	2,63	
	75	18,0 x 28,0	2 x 0,20		1.4571	3,10	137	–0,3/+0,2	±0,5	25,0		25,2	3,0	18,0	6	±0,28	±1,00	±0,012	600	0,69	49500	4,15	2,40	
	105	18,0 x 28,0	4 x 0,15		1.4571	3,50	118	–0,3/+0,2	±0,5	25,0		–	–	18,0	6	±0,27	±0,90	±0,013	485	0,56	31400	4,15	3,52	
	125	18,0 x 28,0	3 x 0,20		1.4571	3,50	120	–0,4/+0,2	±0,5	25,0		–	–	18,0	6	±0,24	±0,80	±0,012	1000	1,15	64800	4,15	3,50	
	200	18,0 x 28,0	3 x 0,25		1.4571	3,80	115	–0,3/+0,2	±0,5	25,0		25,2	3,0	18,0	6	±0,17	±0,70	±0,009	1700	1,96	93400	4,15	4,30	
	260	18,0 x 28,5	4 x 0,25		1.4571	4,00	100	–0,4/+0,2	±0,5	25,0		–	–	18,0	6	±0,16	±0,60	±0,008	2400	2,83	121600	4,15	6,00	
	375	18,0 x 26,5	4 x 0,25		1.4571	3,40	115	–0,4/+0,2	±0,5	23,5		–	–	18,0	6	±0,11	±0,50	±0,005	4580	4,92	293000	3,87	4,50	
	450	18,0 x 27,0	5 x 0,25		1.4571	4,00	75	–0,4/+0,2	±0,5	22,5		–	–	18,0	6	±0,09	±0,40	±0,005	5400	6,00	256300	3,98	5,90	
20	14	19,7 x 30,0	1 x 0,15		1.4571	2,40	119	–0,4/+0,1	±0,5	24,5		26,0	3,0	19,7	8	±0,40	±1,50	±0,012	120	0,16	19200	4,85	1,20	
	50	19,8 x 28,0	2 x 0,15		1.4571	2,60	153	–0,3/+0,2	±0,5	24,5		25,0	3,0	19,8	8	±0,30	±1,20	±0,010	430	0,53	54500	4,41	1,65	
	90	19,0 x 28,0	3 x 0,15		1.4571	3,30	125	–0,3/+0,2	±0,5	24,5		25,0	3,0	19,0	6	±0,28	±0,90	±0,013	650	0,78	49400	4,35	2,40	
	165	19,0 x 27,0	4 x 0,15		1.4571	2,90	137	–0,4/+0,2	±0,5	24,5		–	–	19,0	6	±0,18	±0,70	±0,007	1100	1,27	103800	4,15	2,80	
	190	19,3 x 29,0	3 x 0,25		1.4571	3,50	114	–0,4/+0,2	±0,5	24,5		–	–	19,3	6	±0,16	±0,60	±0,006	2000	2,54	142800	4,58	4,30	
	315	19,3 x 28,0	4 x 0,25		1.4571	3,40	107	–0,4/+0,2	±0,5	24,5		–	–	19,3	6	±0,11	±0,50	±0,005	4600	5,60	332000	4,39	4,90	
	410	19,1 x 28,0	5 x 0,25		1.4571	3,80	80	–0,4/+0,2	±0,5	24,5		–	–	19,3	6	±0,09	±0,40	±0,004	6500	7,93	377000	4,39	5,90	
21	15	21,0 x 31,5	1 x 0,15		1.4571	2,70	102	–0,3/+0,2	±0,5	29,0		27,9	4,0	21,0	8	±0,42	±1,60	±0,014	116	0,18	16500	5,40	1,02	

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

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

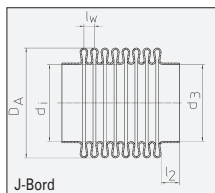
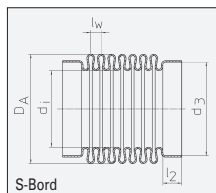
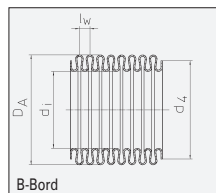
Vorzugsreihe

HYDRA

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

Vorzugsreihe

HYDRA



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil					Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellenzahl	Ø-Toleranzen		B- Bord Ø d ₄	S-Bord		J-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirs. Quer- schnitt A	Gewicht je Welle
		P _N *	d _i	D _A	n _L	s				d _i	D _A		Ø innen d ₃	Länge l ₂	Ø innen d ₃	Länge l ₂	axial 2δ _{n,0}	angular 2α _{n,0}	lateral 2λ _{n,0}	axial c ₀	angular c _α	lateral c _λ		
mm	bar	mm	mm	–	mm	–	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm²	g		
21	32	21,0 x 31,5	2 x 0,15		1.4571	2,70	138	–0,3/+0,2	±0,5	29,0		27,9	4,0	21,0	8	±0,37	±1,40	±0,012	214	0,32	30000	5,40	1,98	
22	11	22,0 x 34,0	1 x 0,15		1.4571	2,80	111	–0,4/+0,1	±0,5	30,0		30,2	4,0	22,0	8	±0,52	±1,65	±0,015	84	0,14	12600	6,16	1,21	
	25	22,0 x 34,0	2 x 0,15		1.4571	2,90	118	–0,3/+0,2	±0,5	30,0		30,2	4,0	22,0	8	±0,46	±1,55	±0,015	170	0,30	23000	6,16	2,42	
	45	22,0 x 34,0	2 x 0,20		1.4571	3,50	117	–0,3/+0,2	±0,5	30,0		30,2	4,0	22,0	8	±0,38	±1,30	±0,015	390	0,66	37400	6,16	3,30	
	75	22,0 x 34,0	3 x 0,20		1.4571	3,60	116	–0,3/+0,2	±0,5	30,0		30,2	4,0	22,0	8	±0,33	±1,15	±0,014	600	1,02	54500	6,16	4,90	
	125	22,0 x 34,0	4 x 0,20		1.4571	4,20	96	–0,4/+0,2	±0,8	30,0		–	–	22,0	8	±0,32	±1,05	±0,015	900	1,54	60000	6,16	6,60	
	150	22,0 x 35,0	4 x 0,25		1.4571	4,60	96	–0,4/+0,2	±0,8	30,0		–	–	22,0	8	±0,25	±1,00	±0,013	1415	2,50	81200	6,36	8,70	
	250	22,0 x 35,0	4 x 0,30		1.4571	5,00	82	–0,4/+0,2	±0,8	30,0		–	–	22,0	8	±0,20	±0,70	±0,010	2500	4,43	121800	6,38	10,90	
	320	22,0 x 35,0	5 x 0,30		1.4571	4,85	61	–0,6/+0,2	±0,8	30,0		–	–	22,0	8	±0,17	±0,60	±0,009	3400	6,02	176000	6,38	13,70	
24	11	24,2 x 36,5	1 x 0,15		1.4571	3,40	81	–0,4/+0,1	±0,6	34,0		32,7	4,0	24,2	8	±0,52	±1,65	±0,018	70	0,14	8700	7,20	1,3	
	25	24,2 x 36,5	2 x 0,15		1.4571	3,15	118	–0,3/+0,2	±0,6	34,0		32,2	4,0	24,2	8	±0,48	±1,50	±0,015	150	0,30	20800	7,20	2,6	
	40	24,2 x 36,5	2 x 0,20		1.4571	3,20	118	–0,3/+0,2	±0,6	34,0		32,2	4,0	24,2	8	±0,38	±1,30	±0,013	360	0,72	48600	7,20	4,0	
	65	24,0 x 36,5	2 x 0,25		1.4571	3,30	111	–0,3/+0,2	±0,5	34,0		32,2	3,0	24,0	8	±0,35	±1,20	±0,012	590	1,17	74400	7,20	4,8	
	110	24,0 x 36,5	3 x 0,25		1.4571	4,00	98	–0,3/+0,2	±0,5	34,0		32,2	3,0	24,0	8	±0,30	±1,00	±0,012	860	1,72	73800	7,20	7,2	
	180	24,0 x 36,5	4 x 0,25		1.4571	4,60	86	–0,4/+0,2	±0,8	34,0		–	–	24,0	8	±0,25	±0,90	±0,010	1200	2,40	77800	7,15	9,0	
	220	24,0 x 36,5	5 x 0,25		1.4571	4,90	61	–0,4/+0,2	±0,8	33,0		–	–	24,0	8	±0,20	±0,75	±0,008	2200	4,40	126000	7,15	11,4	
	320	24,0 x 36,5	6 x 0,25		1.4571	5,30	80	–0,6/+0,2	±0,8	33,0		–	–	24,0	8	±0,19	±0,60	±0,006	3700	7,39	180800	7,15	13,6	
27	7	27,0 x 41,0	1 x 0,15		1.4571	3,10	99	–0,4/+0,1	±0,5	37,5		37,2	4,0	27,0	8	±0,65	±1,60	±0,019	52	0,13	9400	9,10	1,7	
	20	27,0 x 41,0	2 x 0,15		1.4571	3,40	100	–0,3/+0,2	±0,5	37,5		37,2	4,0	27,0	8	±0,60	±1,50	±0,019	110	0,27	16500	9,10	3,5	
	32	27,0 x 41,0	2 x 0,20		1.4571	3,70	100	–0,3/+0,2	±0,5	37,5		37,2	4,0	27,0	8	±0,46	±1,30	±0,016	260	0,65	32900	9,10	5,2	
	50	27,0 x 41,0	2 x 0,25		1.4571	4,10	99	–0,3/+0,2	±0,5	37,5		36,0	4,0	27,0	8	±0,36	±1,00	±0,014	520	1,31	53600	9,10	7,0	
	60	27,0 x 41,0	3 x 0,20		1.4571	4,30	100	–0,3/+0,2	±0,5	37,5		37,2	4,0	27,0	8	±0,40	±1,00	±0,013	430	1,10	40300	9,10	7,0	

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

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

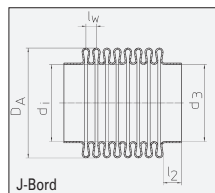
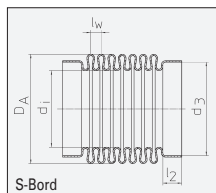
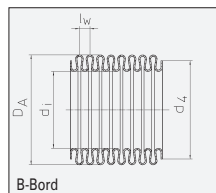
Vorzugsreihe

HYDRA

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

Vorzugsreihe

HYDRA



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil				Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellenzahl	Ø-Toleranzen		B- Bord Ø d ₄	S-Bord		J-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirks. Quer- schnitt A	Gewicht je Welle
		P _N *	d _i	D _A	n _L				s	d _i		D _A	Ø innen d ₃	Länge l ₂	Ø innen d ₃	Länge l ₂	axial 2δ _{n,0}	angular 2α _{n,0}	lateral 2λ _{n,0}	axial c ₀	angular c _α		
mm	bar	mm	mm	–	mm	–	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm²	g
27	70	27,0	x 41,0	x 2 x 0,30	1.4571	3,55	99	–0,3/+0,2	±0,5	37,5		36,0	4,0	27,0	8	±0,30	±0,90	±0,011	900	2,26	123800	9,10	8,0
	90	27,0	x 40,0	x 4 x 0,20	1.4571	4,30	93	–0,4/+0,2	±0,8	36,5		–	–	27,0	8	±0,32	±0,80	±0,012	700	1,71	63700	8,80	8,7
	110	27,0	x 41,0	x 3 x 0,30	1.4571	4,40	90	–0,3/+0,2	±0,5	37,5		36,0	4,0	27,0	8	±0,26	±0,80	±0,011	1500	3,80	134000	9,10	12,0
	160	27,0	x 41,0	x 4 x 0,30	1.4571	5,20	76	–0,3/+0,2	±0,5	37,5		–	–	27,0	8	±0,23	±0,70	±0,011	2200	5,54	141100	9,10	16,0
29	10	29,5	x 42,0	x 1 x 0,15	1.4571	3,10	97	–0,4/+0,1	±0,5	39,0		38,5	4,0	29,5	8	±0,55	±1,50	±0,018	70	0,19	14000	10,0	2,0
	18	29,0	x 43,0	x 1 x 0,25	1.4571	3,70	73	–0,4/+0,1	±0,5	39,0		39,0	4,0	29,0	8	±0,48	±1,40	±0,018	210	0,61	29800	10,2	3,2
	36	29,0	x 43,0	x 2 x 0,20	1.4571	3,80	101	–0,3/+0,2	±0,5	39,0		39,0	4,0	29,0	8	±0,50	±1,30	±0,017	260	0,74	35000	10,2	4,9
	50	29,0	x 43,0	x 2 x 0,25	1.4571	4,20	101	–0,3/+0,2	±0,5	39,0		39,0	4,0	29,0	8	±0,44	±1,20	±0,017	510	1,44	56200	10,2	6,3
	90	29,0	x 43,0	x 3 x 0,25	1.4571	4,70	94	–0,3/+0,2	±0,5	39,0		–	–	29,0	8	±0,40	±1,10	±0,017	920	2,60	81000	10,2	9,5
	140	29,0	x 43,0	x 4 x 0,25	1.4571	5,00	88	–0,4/+0,2	±0,8	39,0		–	–	29,0	8	±0,35	±1,00	±0,016	1360	3,85	106000	10,2	12,6
	180	29,0	x 44,0	x 4 x 0,30	1.4571	5,50	73	–0,4/+0,2	±0,8	38,0		–	–	29,0	8	±0,35	±0,90	±0,015	2100	6,10	138000	10,5	17,0
	240	29,0	x 44,0	x 6 x 0,25	1.4571	6,20	70	–0,6/+0,2	±0,8	38,0		–	–	29,0	8	±0,26	±0,75	±0,014	2320	6,80	122000	10,6	19,6
	280	29,0	x 44,5	x 7 x 0,25	1.4571	6,80	61	–0,6/+0,2	±0,8	38,0		–	–	29,0	8	±0,24	±0,60	±0,031	2900	8,50	127000	10,6	23,5
	350	29,0	x 44,5	x 7 x 0,30	1.4571	6,00	50	–0,6/+0,2	±0,8	38,0		–	–	29,0	8	±0,17	±0,50	±0,011	5200	15,30	293000	10,6	29,0
30	10	30,2	x 43,5	x 1 x 0,15	1.4571	3,60	111	–0,3/+0,2	±0,5	39,0		39,0	4,0	30,2	8	±0,65	±1,60	±0,020	55	0,16	8600	10,7	2,2
	20	30,2	x 43,5	x 2 x 0,15	1.4571	3,70	101	–0,3/+0,2	±0,5	39,0		39,0	4,0	30,2	8	±0,55	±1,50	±0,018	135	0,40	20000	10,7	4,4
34	6	34,0	x 50,0	x 1 x 0,15	1.4571	3,40	74	–0,3/+0,2	±0,5	47,0		45,3	5,0	34,0	10	±0,80	±1,70	±0,022	46	0,18	10500	13,9	2,5
	11	34,0	x 50,0	x 1 x 0,20	1.4571	3,50	74	–0,3/+0,2	±0,5	47,0		45,3	5,0	34,0	10	±0,65	±1,50	±0,018	95	0,36	20500	13,9	3,4
	25	34,0	x 50,0	x 2 x 0,20	1.4571	4,20	73	–0,3/+0,2	±0,6	47,0		45,3	5,0	34,0	10	±0,63	±1,45	±0,018	200	0,77	30000	13,9	6,9
	40	34,0	x 50,0	x 2 x 0,25	1.4571	4,40	73	–0,3/+0,2	±0,6	47,0		45,3	5,0	34,0	10	±0,53	±1,25	±0,018	390	1,50	53300	13,9	8,6
	55	34,0	x 50,0	x 2 x 0,30	1.4571	4,60	73	–0,3/+0,2	±0,5	47,0		45,3	5,0	34,0	10	±0,46	±1,00	±0,016	700	2,70	87500	13,9	10,0
	100	34,0	x 50,0	x 3 x 0,30	1.4571	5,10	72	–0,3/+0,2	±0,5	46,0		–	–	34,0	10	±0,40	±1,00	±0,016	1200	4,57	122000	13,9	16,0

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

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

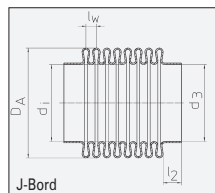
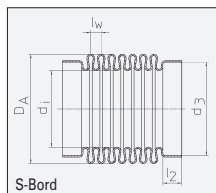
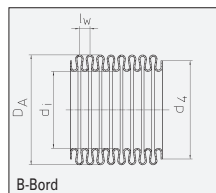
Vorzugsreihe

HYDRA

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

Vorzugsreihe

HYDRA



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil					Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellenzahl	Ø-Toleranzen		B- Bord Ø d ₄	S-Bord		J-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirks. Querschnitt A	Gewicht je Welle
		P _N *	d _i	D _A	n _L	s				d _i	D _A		Ø innen d ₃	Länge l ₂	Ø innen d ₃	Länge l ₂	axial 2δ _{n,0}	angular 2α _{n,0}	lateral 2λ _{n,0}	axial c ₀	angular c _α	lateral c _λ		
mm	bar	mm	mm	-	mm	-	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm²	g		
34	130	34,0 x 51,0	4 x 0,30	1.4571	5,50	72	-0,4/+0,2	±0,8	46,0	-	-	34,0	10	±0,38	±0,95	±0,016	1500	5,90	134400	14,2	21,8			
	250	34,0 x 48,0	5 x 0,30	1.4571	5,60	72	-0,4/+0,2	±0,8	46,0	-	-	34,0	10	±0,28	±0,75	±0,015	3500	12,80	281400	13,2	28,5			
	260	34,0 x 50,0	6 x 0,30	1.4571	6,50	46	-0,4/+0,2	±0,8	46,0	-	-	34,0	10	±0,30	±0,75	±0,014	3300	12,70	206700	13,9	34,0			
	300	34,0 x 51,0	7 x 0,30	1.4571	7,40	40	-0,6/+0,2	±0,8	45,0	-	-	34,0	10	±0,26	±0,60	±0,013	4400	17,30	217700	14,2	38,0			
	370	34,0 x 51,0	8 x 0,30	1.4571	8,00	37	-0,6/+0,2	±0,8	45,0	-	-	34,0	10	±0,22	±0,50	±0,011	6000	23,60	254000	14,2	44,0			
38	8	38,8 x 56,0	1 x 0,20	1.4571	4,00	68	-0,3/+0,2	±0,8	47/52,5	51,3	5,0	38,8	10	±0,80	±1,50	±0,022	80	0,39	16900	17,6	3,9			
	22	38,8 x 56,0	2 x 0,20	1.4571	4,50	66	-0,3/+0,2	±0,8	47/52,5	51,3	5,0	38,8	10	±0,70	±1,40	±0,022	170	0,83	28300	17,6	7,9			
	35	38,8 x 56,0	2 x 0,25	1.4571	5,00	65	-0,3/+0,2	±0,8	47/52,5	51,3	5,0	38,8	10	±0,62	±1,25	±0,020	330	1,60	44500	17,6	9,9			
	50	39,0 x 56,0	2 x 0,30	1.4571	4,80	69	-0,3/+0,2	±0,8	52,5	51,3	5,0	39,0	10	±0,50	±1,05	±0,012	615	3,00	91000	17,7	11,8			
	70	38,2 x 56,0	3 x 0,30	1.4571	5,00	67	-0,3/+0,2	±0,8	47/52,5	-	-	38,2	10	±0,47	±1,00	±0,016	980	4,74	130400	17,4	16,0			
	120	38,2 x 56,0	4 x 0,30	1.4571	5,50	54	-0,6/+0,2	±0,8	49,0	-	-	38,2	10	±0,41	±0,90	±0,016	1400	6,80	154000	17,4	21,0			
	170	38,2 x 56,0	5 x 0,30	1.4571	6,00	50	-0,6/+0,2	±0,8	49,0	-	-	38,2	10	±0,38	±0,65	±0,016	2050	9,80	189500	17,4	26,0			
	215	38,2 x 56,0	6 x 0,30	1.4571	6,60	45	-0,6/+0,2	±0,8	49,0	-	-	38,2	10	±0,34	±0,58	±0,015	3100	15,00	237000	17,4	32,0			
	320	38,2 x 54,0	7 x 0,30	1.4571	6,90	43	-0,6/+0,2	±0,8	49,0	-	-	38,2	10	±0,23	±0,50	±0,011	5300	24,50	355000	16,7	36,5			
	360	38,2 x 54,0	8 x 0,30	1.4571	7,10	42	-0,6/+0,2	±0,8	49,0	-	-	38,2	10	±0,22	±0,45	±0,009	6300	29,20	398400	16,7	42,0			
42	9	42,0 x 60,0	1 x 0,20	1.4571	4,25	61	-0,3/+0,2	±0,8	50,5/57	56,3	5,0	42,0	10	±0,75	±1,50	±0,019	90	0,52	19300	20,4	4,2			
	25	42,0 x 60,0	2 x 0,20	1.4571	5,25	62	-0,3/+0,2	±0,8	50,5/57	56,0	5,0	42,0	10	±0,75	±1,40	±0,024	180	1,10	25400	20,4	8,5			
	32	42,0 x 60,0	2 x 0,25	1.4571	5,00	63	-0,3/+0,2	±0,8	50,5/57	56,0	5,0	42,0	10	±0,67	±1,30	±0,021	380	2,20	59300	20,4	10,7			
	40	42,0 x 60,0	2 x 0,30	1.4571	5,10	65	-0,3/+0,2	±0,5	57,0	56,3	5,0	42,0	10	±0,56	±1,05	±0,018	520	3,30	78000	20,4	12,7			
	70	42,0 x 60,0	3 x 0,30	1.4571	5,70	67	-0,3/+0,2	±0,8	50,5/57	-	-	42,0	10	±0,48	±1,00	±0,017	1000	5,60	120000	20,4	20,0			
	115	42,0 x 60,0	4 x 0,30	1.4571	6,20	67	-0,4/+0,2	±0,8	50,5/57	-	-	42,0	10	±0,45	±0,90	±0,018	1500	8,50	152000	20,4	26,0			
	140	42,0 x 61,0	5 x 0,30	1.4571	7,00	42	-0,4/+0,2	±0,8	55,0	-	-	42,0	10	±0,42	±0,90	±0,018	2000	11,60	162400	20,8	34,0			

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

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

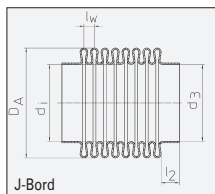
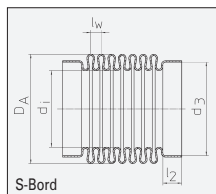
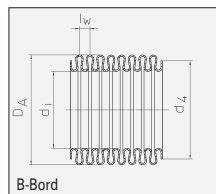
Vorzugsreihe

HYDRA

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

Vorzugsreihe

HYDRA



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil				Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellenzahl	Ø-Toleranzen		B- Bord Ø d ₄	S-Bord		J-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirks. Quer- schnitt A	Gewicht je Welle
		P _N *	d _i	D _A	n _L				s	d _i		D _A	Ø innen d ₃	Länge l ₂	Ø innen d ₃	Länge l ₂	axial 2δ _{n,0}	angular 2α _{n,0}	lateral 2λ _{n,0}	axial c ₀	angular c _α		
mm	bar	mm	mm	–	mm	–	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm²	g
42	165	42,0 x 62,0 x 6 x 0,30	1.4571	7,60	39	–0,6/+0,2	±0,8	55,0			–	–	42,0	10	±0,40	±0,85	±0,018	2200	13,00	154500	21,2	43,0	
	210	42,0 x 62,5 x 7 x 0,30	1.4571	8,20	36	–0,6/+0,2	±0,8	55,0			–	–	42,0	10	±0,38	±0,80	±0,016	2600	15,50	158400	21,4	51,0	
	290	42,0 x 61,0 x 8 x 0,30	1.4571	8,40	35	–0,6/+0,2	±0,8	55,0			–	–	42,0	10	±0,30	±0,65	±0,014	4000	23,20	225500	20,8	58,0	
47	8	47,6 x 66,0 x 1 x 0,20	1.4571	4,30	62	–0,3/+0,2	±0,8	62,5			61,3	5,0	47,6	10	±0,80	±1,50	±0,021	86	0,65	22500	25,3	4,9	
	17	47,6 x 66,0 x 2 x 0,20	1.4571	4,70	62	–0,3/+0,2	±0,8	62,5			61,0	5,0	47,6	10	±0,77	±1,40	±0,021	178	1,40	39000	25,3	9,9	
	28	47,8 x 66,0 x 2 x 0,25	1.4571	5,10	63	–0,3/+0,2	±0,8	62,5			61,0	5,0	47,8	10	±0,70	±1,20	±0,020	320	2,30	59800	25,4	12,5	
	40	47,4 x 66,0 x 2 x 0,30	1.4571	5,20	63	–0,3/+0,2	±0,8	62,5			61,0	5,0	47,4	10	±0,56	±1,00	±0,017	610	4,40	108800	25,2	14,9	
	65	47,4 x 66,0 x 3 x 0,30	1.4571	5,70	52	–0,3/+0,2	±0,8	62,5			–	–	47,4	10	±0,51	±0,90	±0,017	1240	8,60	184000	25,2	22,4	
	95	47,4 x 66,0 x 4 x 0,30	1.4571	6,60	45	–0,6/+0,2	±0,8	62,5			–	–	47,4	10	±0,48	±0,80	±0,015	1850	12,90	204000	25,2	30,8	
	130	47,4 x 66,0 x 5 x 0,30	1.4571	6,70	44	–0,6/+0,2	±0,8	57,0			–	–	47,4	10	±0,44	±0,70	±0,015	2550	17,80	274000	25,2	38,0	
	200	47,4 x 64,0 x 6 x 0,30	1.4571	7,10	42	–0,6/+0,2	±0,8	57,0			–	–	47,4	10	±0,32	±0,60	±0,013	4400	29,80	406200	24,3	42,0	
	270	47,4 x 64,0 x 8 x 0,30	1.4571	7,70	38	–0,6/+0,2	±0,8	57,0			–	–	47,4	10	±0,22	±0,40	±0,010	7000	47,00	549400	24,3	57,0	
51	10	51,4 x 71,0 x 1 x 0,25	1.4571	4,20	59	–0,3/+0,2	±0,8	61,0			65,0	5,0	51,4	10	±0,80	±1,40	±0,018	160	1,30	51000	29,4	7,9	
	22	51,4 x 71,0 x 2 x 0,25	1.4571	4,90	58	–0,3/+0,2	±0,8	67,5			65,0	5,0	51,4	10	±0,75	±1,20	±0,020	330	2,70	77200	29,4	15,3	
	32	51,4 x 71,0 x 2 x 0,30	1.4571	5,20	60	–0,3/+0,2	±0,8	67,5			65,0	5,0	51,4	10	±0,66	±1,10	±0,018	530	4,30	110100	29,4	18,8	
	50	51,4 x 71,0 x 3 x 0,30	1.4571	5,80	58	–0,3/+0,2	±0,8	65,0			65,0	5,0	51,4	10	±0,60	±1,00	±0,018	950	7,80	158500	29,4	27,6	
	75	51,4 x 71,0 x 4 x 0,30	1.4571	6,50	61	–0,6/+0,2	±0,8	65,0			–	–	51,4	10	±0,50	±0,90	±0,017	1270	10,00	168900	29,4	31,7	
	110	51,4 x 71,5 x 5 x 0,30	1.4571	7,30	41	–0,6/+0,2	±0,8	65,0			–	–	51,4	10	±0,47	±0,80	±0,016	1630	13,50	173300	29,6	46,5	
	145	51,4 x 72,0 x 6 x 0,30	1.4571	7,70	38	–0,6/+0,2	±0,8	65,0			–	–	51,4	10	±0,45	±0,70	±0,014	2100	17,50	202300	29,9	56,0	
56	9	56,1 x 77,0 x 1 x 0,25	1.4571	4,90	55	–0,6/+0,2	±0,8	68/73			72,3	5,0	56,1	10	±0,95	±1,40	±0,023	140	1,35	38800	34,8	8,5	
	22	56,1 x 77,0 x 2 x 0,25	1.4571	5,70	53	–0,6/+0,2	±0,8	68/73			72,3	5,0	56,1	10	±0,90	±1,35	±0,025	270	2,70	55200	34,8	16,8	
	30	56,1 x 77,0 x 2 x 0,30	1.4571	5,80	55	–0,6/+0,2	±0,8	68/73			72,3	5,0	56,2	10	±0,72	±1,20	±0,021	480	4,60	94800	34,8	20,3	

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

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

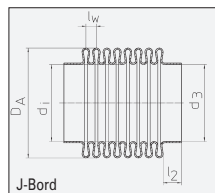
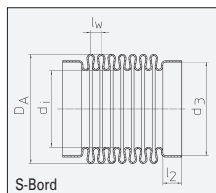
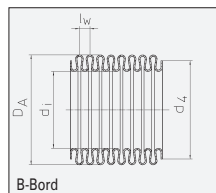
Vorzugsreihe

HYDRA

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

Vorzugsreihe

HYDRA



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil				Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellenzahl	Ø-Toleranzen		B- Bord Ø d ₄		S-Bord		J-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirks. Quer- schnitt A	Gewicht je Welle
		P _N *	d _i	D _A	n _L				s	d _i			D _A	Ø innen d ₃	Länge l ₂	Ø innen d ₃	Länge l ₂	axial 2δ _{n,0}	angular 2α _{n,0}	lateral 2λ _{n,0}	axial c ₀	angular c _α		
mm	bar	mm	mm	–	mm	–	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm²	g	
56	50	56,1 x 77,0	3 x 0,30		1.4571	6,20	56	–0,6/+0,2	±0,8	68/73		–	–	56,2	10	±0,65	±1,10	±0,020	880	8,50	152300	34,7	30,5	
	65	56,1 x 77,0	4 x 0,30		1.4571	6,70	58	–0,6/+0,2	±0,8	73,0		–	–	56,2	10	±0,62	±1,00	±0,015	1200	11,50	178000	34,7	40,6	
	83	56,1 x 77,0	5 x 0,30		1.4571	7,20	41	–0,6/+0,2	±1,0	73,0		–	–	56,2	10	±0,57	±0,90	±0,013	1600	15,50	205000	34,7	51,5	
60	8	60,0 x 82,0	1 x 0,25		1.4571	5,20	52	–0,6/+0,2	±0,8	78,0		77,3	5,0	60,0	10	±1,10	±1,50	±0,025	125	1,40	35000	39,6	9,1	
	18	60,0 x 82,0	2 x 0,25		1.4571	5,90	52	–0,6/+0,2	±0,8	78,0		77,3	5,0	60,0	10	±1,00	±1,40	±0,025	250	2,80	54300	39,6	18,2	
	22	60,0 x 82,0	2 x 0,30		1.4571	6,00	52	–0,6/+0,2	±0,8	78,0		77,3	5,0	60,0	10	±0,80	±1,10	±0,022	440	4,70	92400	39,6	22,0	
	42	60,0 x 82,0	3 x 0,30		1.4571	6,00	54	–0,6/+0,2	±0,8	78,0		–	–	60,0	10	±0,65	±0,90	±0,018	700	7,60	147000	39,6	33,0	
	65	60,0 x 82,0	4 x 0,30		1.4571	6,70	59	–0,6/+0,2	±0,8	78,0		–	–	60,0	10	±0,60	±0,80	±0,016	1100	12,10	185300	39,6	44,0	
	110	60,0 x 82,0	6 x 0,30		1.4571	7,70	38	–0,6/+0,2	±0,8	76,0		–	–	60,0	10	±0,50	±0,65	±0,014	1800	19,80	229600	39,6	44,0	
66	220	60,8 x 79,0	7 x 0,30		1.4571	7,20	41	–0,6/+0,2	±0,8	73,0		–	–	60,8	10	±0,35	±0,60	±0,012	4000	42,50	565500	38,4	64,0	
	6	65,5 x 90,0	1 x 0,25		1.4571	5,30	47	–0,6/+0,2	±0,8	85,0		84,3	5,0	65,5	10	±1,10	±1,40	±0,024	90	1,20	29100	47,5	11,2	
	15	65,5 x 90,0	2 x 0,25		1.4571	6,00	48	–0,6/+0,2	±0,8	85,0		84,3	5,0	65,5	10	±1,00	±1,35	±0,024	190	2,50	47900	47,5	22,4	
	20	65,4 x 90,0	2 x 0,30		1.4571	6,10	51	–0,6/+0,2	±0,8	85,0		84,3	5,0	65,4	10	±0,95	±1,20	±0,024	330	4,50	80300	47,4	26,9	
	32	65,4 x 90,0	3 x 0,30		1.4571	6,60	60	–0,6/+0,2	±0,8	82,0		–	–	65,4	10	±0,85	±1,10	±0,023	540	7,20	112300	47,4	40,4	
	55	65,4 x 86,0	3 x 0,30		1.4571	6,40	63	–0,6/+0,2	±0,8	78,0		–	–	65,4	10	±0,60	±0,85	±0,016	1075	13,40	225300	44,9	35,8	
	90	65,4 x 90,0	6 x 0,30		1.4571	8,20	36	–0,6/+0,2	±1,0	82,0		–	–	65,4	10	±0,65	±0,80	±0,018	1400	18,00	188500	47,4	81,0	
70	165	65,4 x 85,0	6 x 0,30		1.4571	7,10	36	–0,6/+0,2	±1,0	78,0		–	–	65,4	10	±0,40	±0,60	±0,012	3300	41,00	554500	44,4	65,2	
	7	72,0 x 95,0	1 x 0,25		1.4571	4,50	52	–0,6/+0,1	±1,0	85,0		84,3	5,0	72,0	10	±1,00	±1,35	±0,017	150	2,30	77500	54,8	19	
	18	70,5 x 95,0	2 x 0,30		1.4571	5,90	46	–0,6/+0,2	±1,0	85,0		84,3	5,0	70,5	10	±1,00	±1,35	±0,023	360	5,40	106000	53,8	28	
	45	70,5 x 92,0	3 x 0,30		1.4571	6,10	55	–0,5/+0,3	±1,0	85,0		–	–	70,5	10	±0,70	±0,90	±0,017	900	12,80	239500	51,8	37	
77	60	70,5 x 92,0	4 x 0,30		1.4571	7,00	53	–0,5/+0,3	±1,0	85,0		–	–	70,5	10	±0,67	±0,80	±0,012	1800	26,00	363000	51,8	50	
	7	77,5 x 101,0	1 x 0,25		1.4571	5,50	48	–0,6/+0,2	±1,0	95,0		95,3	5,0	77,5	10	±1,20	±1,30	±0,024	120	2,10	47400	62,5	13	

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

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

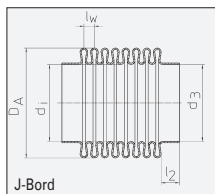
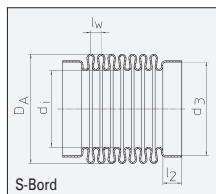
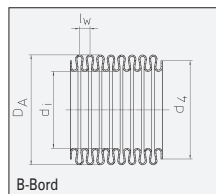
Vorzugsreihe

HYDRA

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

Vorzugsreihe

HYDRA



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil				Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellenzahl	Ø-Toleranzen		B- Bord Ø d ₄	S-Bord		J-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirs. Quer- schnitt A	Gewicht je Welle	
		P _N *	d _i	D _A	n _L				s	d _i		D _A	Ø innen d ₃	Länge l ₂	Ø innen d ₃	Länge l ₂	axial 2δ _{n,0}	angular 2α _{n,0}	lateral 2λ _{n,0}	axial c ₀	angular c _α			lateral c _λ
mm	bar	mm	mm	-	mm	-	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm²	g	
77	16	77,5 x 101,0 x 2 x 0,25				1.4571	6,30	49	-0,6/+0,2	±1,0	95,0		95,3	5,0	77,5	10	±1,10	±1,20	±0,025	250	4,60	75300	62,5	26
	20	77,4 x 101,0 x 2 x 0,30				1.4571	6,40	48	-0,6/+0,2	±1,0	95,0		95,3	5,0	77,4	10	±0,95	±1,10	±0,023	425	7,40	123800	62,5	31
	30	76,5 x 101,0 x 3 x 0,30				1.4571	7,20	48	-0,5/+0,3	±1,0	95,0		-	-	76,5	10	±0,90	±0,95	±0,022	610	11,50	139000	61,7	46
85	3	85,0 x 114,5 x 1 x 0,20				1.4571	7,00	38	-0,6/+0,2	±1,0	104,0		-	-	85,1	10	±1,90	±1,40	±0,030	45	1,00	13800	78,2	10
	8	85,0 x 110,0 x 1 x 0,30				1.4571	6,60	45	-0,6/+0,2	±1,0	104,0		103,5	5,0	85,0	10	±1,20	±1,20	±0,027	200	4,10	65500	74,6	10
	25	85,0 x 106,0 x 2 x 0,30				1.4571	6,00	54	-0,6/+0,2	±1,0	101,0		99,0	5,0	85,0	10	±0,90	±1,00	±0,021	710	14,00	268500	71,3	34
	45	85,0 x 106,0 x 3 x 0,30				1.4571	6,50	54	-0,5/+0,3	±1,0	101,0		-	-	85,0	10	±0,70	±0,80	±0,020	1150	22,50	370000	71,1	51
	65	85,0 x 106,0 x 4 x 0,30				1.4571	6,90	52	-0,5/+0,3	±1,0	101,0		-	-	85,0	10	±0,60	±0,70	±0,017	1600	32,00	460000	71,6	68
	80	85,0 x 108,0 x 5 x 0,30				1.4571	7,60	52	-0,5/+0,3	±1,0	101,0		-	-	85,0	10	±0,55	±0,60	±0,012	1700	34,50	411000	73,0	85
93	18	93,0 x 120,0 x 2 x 0,30				1.4571	9,00	40	-0,6/+0,2	±1,0	110,0		113,0	5,0	93,0	10	±1,40	±1,00	±0,035	360	9,00	75600	89,0	50
96	8	96,0 x 122,0 x 1 x 0,30				1.4571	7,10	43	-0,8/+0,2	±1,0	113,0		115,4	5,0	96,0	10	±1,20	±1,10	±0,026	180	4,70	63600	93,3	23
	12	96,0 x 122,0 x 2 x 0,25				1.4571	6,50	45	-0,8/+0,2	±1,0	113,0		115,4	5,0	96,0	10	±1,25	±1,05	±0,024	220	5,70	92800	93,3	37
	18	96,0 x 122,0 x 2 x 0,30				1.4571	6,70	44	-0,8/+0,2	±1,0	113,0		115,4	5,0	96,0	10	±1,00	±0,90	±0,020	385	10,00	152800	93,3	45
	30	96,0 x 122,0 x 3 x 0,30				1.4571	7,40	45	-0,7/+0,3	±1,0	113,0		115,4	5,0	96,0	10	±0,90	±0,80	±0,020	620	16,00	202000	93,3	66
	45	96,0 x 122,0 x 4 x 0,30				1.4571	7,80	43	-0,7/+0,3	±1,0	113,0		-	-	96,0	10	±0,90	±0,80	±0,019	1100	28,50	322000	93,3	86
105	5	105,3 x 132,0 x 1 x 0,25				1.4571	6,80	42	-0,8/+0,2	±1,0	126,0		124,0	5,0	105,3	10	±1,50	±1,30	±0,028	150	4,60	68500	111	21
	8	105,2 x 132,0 x 1 x 0,30				1.4571	6,30	42	-0,8/+0,2	±1,0	126,0		124,0	5,0	105,2	10	±1,20	±1,10	±0,021	240	7,40	127500	111	25
	16	104,9 x 132,0 x 2 x 0,30				1.4571	7,30	50	-0,8/+0,2	±1,2	126,0		124,0	5,0	104,9	10	±1,20	±1,00	±0,024	465	14,20	183600	110	50
	25	105,2 x 132,0 x 3 x 0,30				1.4571	8,00	46	-0,8/+0,2	±1,2	126,0		124,0	5,0	105,2	10	±1,10	±0,90	±0,024	760	23,20	250500	111	75
110	5	110,3 x 138,0 x 1 x 0,25				1.4571	7,20	52	-0,8/+0,2	±1,5	132,0		132,4	8,0	110,3	10	±1,70	±1,30	±0,032	140	4,70	62400	121	23
	12	110,2 x 130,0 x 1 x 0,30				1.4571	5,50	55	-0,8/+0,2	±1,5	125,0		124,4	8,0	110,2	10	±0,75	±0,80	±0,013	460	14,70	329000	113	18
	25	110,2 x 130,0 x 2 x 0,30				1.4571	6,20	50	-0,8/+0,2	±1,5	125,0		124,4	8,0	110,2	10	±0,75	±0,70	±0,012	950	30,00	535000	113	37

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

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

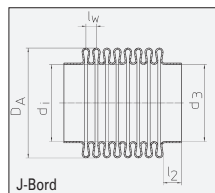
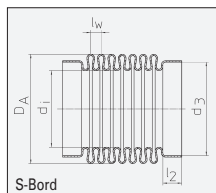
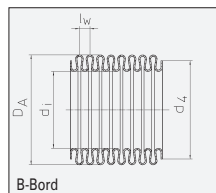
Vorzugsreihe

HYDRA

6.3 | Hydra-Metallbälge aus Edelstahl

Vorzugsreihe

HYDRA



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil				Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellenzahl	Ø-Toleranzen		B- Bord Ø d ₄		S-Bord		J-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirs. Quer- schnitt A	Gewicht je Welle
		P _N *	d _i	D _A	n _L				s	d _i			D _A	Ø innen d ₃	Länge l ₂	Ø innen d ₃	Länge l ₂	axial 2δ _{n,0}	angular 2α _{n,0}	lateral 2λ _{n,0}	axial c ₀	angular c _α		
mm	bar	mm	mm	-	mm	-	mm	-	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm²	g
110	40	110,2 x 130,0	3 x 0,30		1.4571	7,00	48	-0,7/+0,3	±1,5	125,0		-	-	110,2	10	±0,70	±0,60	±0,012	1600	50,00	706000	113	55	
	60	110,2 x 132,0	4 x 0,30		1.4571	7,50	42	-0,7/+0,3	±1,5	125,0		-	-	110,2	10	±0,65	±0,55	±0,010	2050	65,00	802000	115	72	
	70	110,2 x 134,0	5 x 0,30		1.4571	8,00	40	-0,7/+0,3	±1,5	125,0		-	-	110,2	10	±0,60	±0,50	±0,008	2200	71,00	769000	117	90	
115	10	115,0 x 140,0	1 x 0,30		1.4571	6,80	38	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	132,0		-	-	115,0	10	±1,00	±0,80	±0,017	330	11,70	174000	128	26,0	
	18	115,0 x 133,0	1 x 0,30		1.4571	5,10	52	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	127,5		-	-	115,0	10	±0,50	±0,40	±0,006	780	26,20	692000	121	19,0	
	40	115,0 x 133,0	2 x 0,30		1.4571	5,30	40	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	127,5		-	-	115,0	10	±0,45	±0,40	±0,006	1550	52,00	1273000	121	37,4	
135	10	135,0 x 174,0	2 x 0,30		1.4571	13,00	42	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	158,0		-	-	135,0	16,5	±3,00	±2,00	±0,080	210	11,00	44500	188	95	
	18	135,0 x 171,0	3 x 0,30		1.4571	14,00	39	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	157,0		-	-	135,0	16,5	±2,20	±1,50	±0,065	440	22,50	78800	184	131	
	32	135,0 x 172,0	5 x 0,30		1.4571	14,00	39	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	157,0		-	-	135,0	16,5	±2,00	±1,40	±0,060	725	37,30	131000	185	222	
	55	135,0 x 174,0	8 x 0,30		1.4571	16,00	34	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	158,0		-	-	135,0	16,5	±1,70	±1,20	±0,055	2500	130,00	350000	188	366	
164	10	164,0 x 203,0	2 x 0,30		1.4571	13,00	42	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	-		-	-	164,0	16,4	±3,00	±1,80	±0,070	250	18,40	74700	265	114	
	16	164,0 x 202,0	3 x 0,30		1.4571	14,00	39	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	-		-	-	164,0	16,7	±2,60	±1,60	±0,065	425	31,00	109000	263	167	
	25	164,0 x 203,0	5 x 0,30		1.4571	15,00	36	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	-		-	-	164,0	16,6	±2,40	±1,40	±0,065	750	33,00	168000	265	282	
	40	164,0 x 205,0	8 x 0,30		1.4571	16,00	34	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	-		-	-	164,0	16,3	±2,10	±1,30	±0,060	1210	90,00	241000	267	466	
214	8	214,0 x 255,0	2 x 0,30		1.4571	15,00	36	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	-		-	-	214,0	17	±3,30	±1,60	±0,070	275	33,00	100800	432	158	
	12	214,0 x 256,0	3 x 0,30		1.4571	16,00	34	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	-		-	-	214,0	17,2	±3,10	±1,50	±0,070	415	50,00	134000	434	241	
	20	214,0 x 257,0	5 x 0,30		1.4571	17,00	32	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	-		-	-	214,0	17,2	±3,00	±1,40	±0,070	685	83,00	197000	436	407	
	32	214,0 x 260,0	8 x 0,30		1.4571	18,00	30	-0,5/+1,5	-1,5/+0,5	-		-	-	214,0	16,8	±2,80	±1,30	±0,070	1075	132,00	280000	441	685	

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

6.4 | HYDRA-Metallbälge für ANSI Ventile



optimiert
für ANSI
Ventile

Bei HYDRA-Metallbälgen, die speziell für Ventile nach dem ANSI Standard ausgelegt sind, ist neben dem Bezugsdurchmesser auch der jeweils maximal mögliche Ventilschraubendurchmesser 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 Last-spielzahl sind bereits berücksichtigt, so dass die Wellenzahl gemäß

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

(6.1.5.a)

bestimmt werden kann.

BAO: Balg ohne Anschlusssteile
BAT: Balg mit Anschlusssteilen

Balgbezeichnung (beispielhaft):

BAT	60,0	x	82,0	x	6	x	0,3	15W	1.4571
BAT: Balg mit Anschlusssteilen	Innendurch- messer d _i = 60 mm		Außendurch- messer D _A = 82 mm		Einzel- lagen- zahl n _L = 6		Einzel- lagen- dicke s = 0,3 mm	15 Wellen gemäß Gleichung 6.1.5.a	Werkstoff 1.4571

6.4 | HYDRA-Metallbälge für ANSI Ventile

Druckstufen gemäß ANSI B16.34

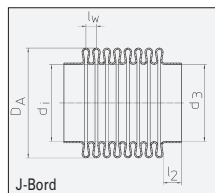
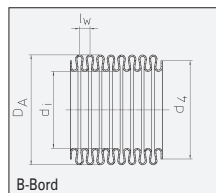
Druckstufe (ANSI Class)	Kaltdruck p _{KRT} [bar]	Prüfdruck p _T [bar]
150	25	37,5
300	50	75
600	100	150
800	134	200
900	150	225
1500	250	375

Tabelle 6.4.1.

Lastspielzahlen gemäß MSS SP-117

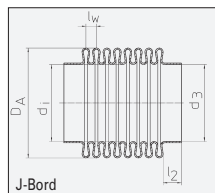
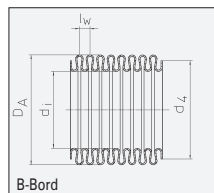
Ventilinnenweite	ANSI Druckstufe Class 800 und kleiner		ANSI Druckstufe größer als Class 800	
	GATE Ventil	GLOBE Ventil	GATE Ventil	GLOBE Ventil
kleiner 2½"	2.000	5.000	2.000	2.000
2½" bis 4"	2.000	5.000	1.000	2.000
größer 4"	1.000	2.000	1.000	1.000

Tabelle 6.4.2.



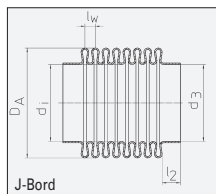
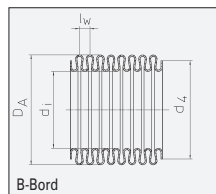
Bezugs- durch- messer	maximaler Spindel- durch- messer	ANSI Class	Nenn- druck P _N *	Balgprofil				Werkstoff	Wellen- länge l _w	max. Wellen- zahl	Ø-Toleranzen		B-Bord Ø d ₄	J-Bord		Nennauslenkung je Welle			axiale Feder- rate je Welle (± 30%)
				d _i	D _A	n _L	s				d _i	D _A		Ø innen d ₃	Länge l ₂	1.000 Lastspiele 2δ _{n, 1000}	2.000 Lastspiele 2δ _{n, 2000}	5.000 Lastspiele 2δ _{n, 5000}	
mm	mm	-	bar	mm	mm	-	mm		mm	-				mm	mm	mm	mm	mm	N/mm
9	7,5	150	25	9,0 x	14,0 x	1 x	0,10	1.4541 / 1.4571	1,30	235	-0,4/+0,1	±0,3	12,5	9,0	5	±0,26	±0,23	±0,19	115
		300	50	9,0 x	14,5 x	2 x	0,10	1.4541 / 1.4571	1,75	214	-0,4/+0,1	±0,4	13,0	9,0	5	±0,32	±0,28	±0,23	160
		600	100	9,0 x	14,0 x	3 x	0,10	1.4541 / 1.4571	1,75	220	-0,4/+0,1	±0,5	12,5	9,0	5	±0,22	±0,19	±0,16	450
		800/900	150	9,0 x	14,0 x	4 x	0,10	1.4541 / 1.4571	2,00	191	-0,4/+0,1	±0,5	12,5	9,0	5	±0,22	±0,19	±0,16	760
		1500	250	9,0 x	13,0 x	4 x	0,10	1.4541 / 1.4571	1,50	258	-0,5/+0,1	±0,5	11,7	9,0	5	±0,13	±0,11	±0,09	1230
16	14,5	150	25	16,6 x	24,0 x	2 x	0,10	1.4541 / 1.4571	2,00	104	-0,4/+0,1	±0,5	21,5	16,6	6	±0,47	±0,41	±0,34	126
		300	50	16,8 x	24,0 x	2 x	0,15	1.4541 / 1.4571	2,30	106	-0,4/+0,1	±0,5	21,5	16,8	6	±0,35	±0,30	±0,25	420
		600	100	16,4 x	24,0 x	3 x	0,15	1.4541 / 1.4571	2,50	104	-0,5/+0,1	±0,5	21,5	16,4	6	±0,35	±0,30	±0,25	680
		800/900	150	16,4 x	24,0 x	4 x	0,15	1.4541 / 1.4571	3,00	103	-0,5/+0,1	±0,5	21,5	16,4	6	±0,31	±0,27	±0,22	1000
		1500	250	16,0 x	24,5 x	4 x	0,20	1.4541 / 1.4571	3,80	89	-0,5/+0,1	±0,5	21,5	16,0	6	±0,22	±0,19	±0,16	2150
18	16,5	150	25	18,2 x	26,0 x	2 x	0,10	1.4541 / 1.4571	2,70	97	-0,4/+0,2	±0,5	24,0	18,2	6	±0,61	±0,54	±0,44	154
		300	50	18,0 x	26,0 x	2 x	0,15	1.4541 / 1.4571	2,60	93	-0,4/+0,2	±0,5	24,0	18,0	6	±0,43	±0,38	±0,31	405
		600	100	18,0 x	28,0 x	3 x	0,20	1.4541 / 1.4571	3,50	75	-0,4/+0,2	±0,5	25,0	18,0	6	±0,40	±0,35	±0,29	1000
		800/900	150	18,0 x	28,0 x	3 x	0,25	1.4541 / 1.4571	3,80	75	-0,4/+0,2	±0,5	25,0	18,0	6	±0,35	±0,30	±0,25	1700
		1500	250	18,0 x	28,0 x	4 x	0,25	1.4541 / 1.4571	3,50	82	-0,4/+0,2	±0,5	25,0	18,0	6	±0,25	±0,22	±0,18	2840
22	20,5	150	25	22,0 x	32,5 x	2 x	0,15	1.4541 / 1.4571	2,80	73	-0,4/+0,2	±0,5	28,0	22,0	8	±0,63	±0,55	±0,45	217
		300	50	22,0 x	32,0 x	2 x	0,20	1.4541 / 1.4571	3,20	77	-0,4/+0,2	±0,5	28,0	22,0	8	±0,45	±0,39	±0,32	660
		600	100	22,0 x	32,0 x	3 x	0,20	1.4541 / 1.4571	3,30	77	-0,4/+0,2	±0,5	28,0	22,0	8	±0,38	±0,33	±0,27	1020
		800/900	150	22,0 x	34,0 x	4 x	0,25	1.4541 / 1.4571	4,30	59	-0,4/+0,2	±0,8	30,0	22,0	8	±0,38	±0,33	±0,27	1900
		1500	250	22,0 x	34,0 x	4 x	0,30	1.4541 / 1.4571	4,50	65	-0,4/+0,2	±0,8	30,0	22,0	8	±0,29	±0,26	±0,21	3600
24	22,5	150	25	24,2 x	35,5 x	2 x	0,15	1.4541 / 1.4571	3,10	71	-0,4/+0,2	±0,5	34,0	24,2	8	±0,75	±0,66	±0,54	200
		300	50	24,2 x	36,5 x	2 x	0,25	1.4541 / 1.4571	3,30	63	-0,4/+0,2	±0,5	34,0	24,2	8	±0,51	±0,45	±0,37	590

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



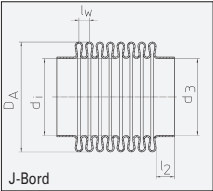
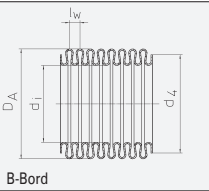
Bezugs- durch- messer	maximaler Spindel- durch- messer	ANSI Class	Nenn- druck P _N *	Balgprofil				Werkstoff	Wellen- länge l _w	max. Wellen- zahl		Ø-Toleranzen		B-Bord Ø d ₄	J-Bord		Nennausslenkung je Welle			axiale Feder- rate je Welle (± 30%)
				d _l	D _A	n _L	s					d _l	D _A		Ø innen d ₅	Länge l ₂	1.000 Lastspiele 2δ _{n, 1000}	2.000 Lastspiele 2δ _{n, 2000}	5.000 Lastspiele 2δ _{n, 5000}	
mm	mm	–	bar	mm	mm	–	mm		mm	–				mm	mm	mm	mm	mm	N/mm	
24		600	100	24,0 x 36,5 x 3 x 0,25	1.4541 / 1.4571	4,00	62		-0,4/+0,2	±0,5	34,0	24,0	8	±0,49	±0,43	±0,35	860			
		800/900	150	24,0 x 36,0 x 4 x 0,25	1.4541 / 1.4571	4,60	64		-0,4/+0,2	±0,8	34,0	24,0	8	±0,39	±0,34	±0,28	2060			
		1500	250	24,0 x 35,5 x 5 x 0,25	1.4541 / 1.4571	4,80	66		-0,6/+0,2	±0,8	34,0	24,0	8	±0,31	±0,27	±0,22	3650			
27	25,0	150	25	27,0 x 38,0 x 2 x 0,15	1.4541 / 1.4571	2,80	111		-0,4/+0,2	±0,8	34,5	27,0	8	±0,67	±0,58	±0,48	220			
		300	50	27,0 x 40,0 x 2 x 0,25	1.4541 / 1.4571	4,00	88		-0,4/+0,2	±0,8	37,5	27,0	8	±0,56	±0,49	±0,40	660			
		600	100	27,0 x 39,5 x 3 x 0,25	1.4541 / 1.4571	4,00	93		-0,4/+0,2	±0,8	36,5	27,0	8	±0,45	±0,39	±0,32	1250			
		800/900	150	27,0 x 41,0 x 4 x 0,30	1.4541 / 1.4571	5,20	87		-0,6/+0,2	±0,8	37,5	27,0	8	±0,36	±0,32	±0,26	2200			
29	27,0	150	25	29,0 x 43,0 x 2 x 0,20	1.4541 / 1.4571	3,80	83		-0,4/+0,2	±0,8	39,0	29,0	8	±0,83	±0,73	±0,60	260			
		300	50	29,0 x 42,0 x 2 x 0,25	1.4541 / 1.4571	3,80	88		-0,4/+0,2	±0,8	39,0	29,0	8	±0,63	±0,55	±0,45	690			
		600	100	29,0 x 43,0 x 4 x 0,25	1.4541 / 1.4571	5,00	82		-0,6/+0,2	±0,8	39,0	29,0	8	±0,56	±0,49	±0,40	1360			
		800/900	150	29,0 x 41,5 x 4 x 0,25	1.4541 / 1.4571	4,80	88		-0,6/+0,2	±0,8	39,0	29,0	8	±0,49	±0,43	±0,35	2100			
		1500	250	29,0 x 43,0 x 5 x 0,30	1.4541 / 1.4571	5,80	70		-0,6/+0,2	±0,8	39,0	29,0	8	±0,42	±0,37	±0,30	4020			
34	32,0	150	25	34,0 x 49,0 x 2 x 0,20	1.4541 / 1.4571	4,20	73		-0,4/+0,2	±0,8	47,0	34,0	10	±1,00	±0,88	±0,72	270			
		300	50	34,0 x 50,0 x 2 x 0,30	1.4541 / 1.4571	4,60	73		-0,4/+0,2	±0,8	47,0	34,0	10	±0,74	±0,65	±0,53	700			
		600	100	34,0 x 49,0 x 3 x 0,30	1.4541 / 1.4571	5,10	75		-0,6/+0,2	±0,8	47,0	34,0	10	±0,61	±0,54	±0,44	1560			
		800/900	150	34,0 x 48,0 x 4 x 0,30	1.4541 / 1.4571	5,20	78		-0,6/+0,2	±0,8	45,0	34,0	10	±0,49	±0,43	±0,35	2850			
		1500	250	34,0 x 48,0 x 5 x 0,30	1.4541 / 1.4571	5,60	70		-0,6/+0,2	±0,8	45,0	34,0	10	±0,40	±0,35	±0,29	3500			
38	36,2	150	25	38,8 x 53,5 x 2 x 0,20	1.4541 / 1.4571	4,50	83		-0,4/+0,2	±0,8	47,0	38,8	10	±0,97	±0,85	±0,70	310			
		300	50	39,0 x 54,0 x 2 x 0,30	1.4541 / 1.4571	4,40	73		-0,4/+0,2	±0,8	47,0	39,0	10	±0,67	±0,58	±0,48	1000			
		600	100	38,2 x 56,0 x 4 x 0,30	1.4541 / 1.4571	5,50	70		-0,6/+0,2	±0,8	47,0	38,2	10	±0,65	±0,57	±0,47	1400			
		800/900	150	38,2 x 55,0 x 5 x 0,30	1.4541 / 1.4571	6,00	67		-0,6/+0,2	±0,8	47,0	38,2	10	±0,58	±0,51	±0,42	2050			
		1500	250	38,2 x 54,0 x 6 x 0,30	1.4541 / 1.4571	6,40	54		-0,6/+0,2	±0,8	47,0	38,2	10	±0,45	±0,39	±0,32	4550			

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



Bezugs- durch- messer	maximaler Spindel- durch- messer	ANSI Class	Nenn- druck P _N *	Balgprofil				Werkstoff	Wellen- länge l _w	max. Wellen- zahl	Ø-Toleranzen		B-Bord Ø d ₄	J-Bord		Nennauslenkung je Welle			axiale Feder- rate je Welle (± 30%)
				d _i	d _A	n _L	s				d _i	D _A		Ø innen d ₃	Länge l ₂	1.000 Lastspiele 2δ _{n, 1000}	2.000 Lastspiele 2δ _{n, 2000}	5.000 Lastspiele 2δ _{n, 5000}	
mm	mm	-	bar	mm	mm	-	mm		mm	-				mm	mm	mm	mm	mm	N/mm
42	40,0	150	25	42,0 x	60,0	x 2	x 0,25	1.4541 / 1.4571	5,00	63	-0,4/+0,2	±0,8	57,0	42,0	10	±1,14	±1,00	±0,82	380
		300	50	42,0 x	58,0	x 2	x 0,30	1.4541 / 1.4571	4,80	73	-0,4/+0,2	±0,8	50,5	42,0	10	±0,75	±0,66	±0,54	880
		600	100	42,0 x	60,0	x 4	x 0,30	1.4541 / 1.4571	6,20	67	-0,4/+0,2	±0,8	50,5	42,0	10	±0,72	±0,63	±0,52	1500
		800/900	150	42,0 x	61,0	x 6	x 0,30	1.4541 / 1.4571	7,40	59	-0,6/+0,2	±0,8	55,0	42,0	10	±0,61	±0,54	±0,44	2900
		1500	250	42,0 x	60,0	x 7	x 0,30	1.4541 / 1.4571	8,00	53	-0,6/+0,2	±0,8	55,0	42,0	10	±0,46	±0,40	±0,33	4830
47	45,4	150	25	47,8 x	66,0	x 2	x 0,25	1.4541 / 1.4571	5,10	63	-0,4/+0,2	±0,8	62,5	47,8	10	±1,21	±1,06	±0,87	320
		300	50	47,4 x	63,0	x 2	x 0,30	1.4541 / 1.4571	5,00	78	-0,4/+0,2	±0,8	56,5	47,4	10	±0,72	±0,63	±0,52	1025
		600	100	47,4 x	65,0	x 4	x 0,30	1.4541 / 1.4571	6,30	61	-0,6/+0,2	±0,8	57,0	47,4	10	±0,70	±0,61	±0,50	1850
		800/900	150	47,4 x	64,0	x 6	x 0,30	1.4541 / 1.4571	7,10	58	-0,6/+0,2	±0,8	57,0	47,4	10	±0,51	±0,45	±0,37	4400
		1500	250	47,4 x	64,0	x 8	x 0,30	1.4541 / 1.4571	7,70	51	-0,6/+0,2	±0,8	57,0	47,7	10	±0,36	±0,32	±0,26	7000
53	51,0	1500	250	53,0 x	70,0	x 8	x 0,30	1.4541 / 1.4571	7,70	51	-0,6/+0,2	±0,8	64,0	53,0	10	±0,45	±0,39	±0,32	7700
56	54,0	150	25	56,1 x	74,5	x 2	x 0,25	1.4541 / 1.4571	5,40	60	-0,6/+0,2	±0,8	68,0	56,1	10	±1,25	±1,10	±0,90	425
		300	50	56,2 x	76,0	x 3	x 0,30	1.4541 / 1.4571	6,10	56	-0,6/+0,2	±0,8	68,0	56,2	10	±1,00	±0,88	±0,72	990
		600	100	56,2 x	77,0	x 5	x 0,30	1.4541 / 1.4571	7,20	55	-0,6/+0,2	±0,8	73,0	56,2	10	±0,90	±0,79	±0,65	1600
60	58,0	800/900	150	60,0 x	79,0	x 6	x 0,30	1.4541 / 1.4571	7,50	52	-0,6/+0,2	±0,8	73,0	60,0	10	±0,58	±0,51	±0,42	3300
66	63,4	150	25	65,4 x	87,0	x 2	x 0,30	1.4541 / 1.4571	5,80	52	-0,6/+0,2	±0,8	75,0	65,4	10	±1,25	±1,10	±0,90	530
		300	50	65,4 x	86,0	x 3	x 0,30	1.4541 / 1.4571	6,40	56	-0,6/+0,2	±0,8	82,0	65,4	10	±0,97	±0,85	±0,70	985
		600	100	65,4 x	88,0	x 6	x 0,30	1.4541 / 1.4571	8,10	53	-0,6/+0,2	±1,0	82,0	65,4	10	±1,04	±0,91	±0,75	2010
		800/900	150	65,4 x	85,0	x 6	x 0,30	1.4541 / 1.4571	7,10	54	-0,6/+0,2	±1,0	80,0	65,4	10	±0,63	±0,55	±0,45	3300
70	68,5	150	25	70,5 x	92,0	x 2	x 0,30	1.4541 / 1.4571	6,00	53	-0,6/+0,2	±1,0	85,0	70,5	10	±1,25	±1,10	±0,90	565
		300	50	70,5 x	90,0	x 3	x 0,30	1.4541 / 1.4571	5,50	61	-0,6/+0,2	±1,0	85,0	70,5	10	±0,97	±0,85	±0,70	1220
85	83,0	150	25	85,0 x	106,0	x 2	x 0,30	1.4541 / 1.4571	6,00	54	-0,6/+0,2	±1,0	101,0	85,0	10	±1,39	±1,22	±1,00	710

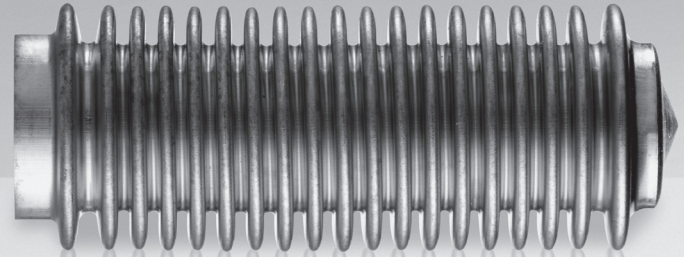
* Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein



Bezugs- durch- messer	maximaler Spindel- durch- messer	ANSI Class	Nenn- druck P _N *	Balgprofil				Werkstoff	Wellen- länge l _w	max. Wellen- zahl		Ø-Toleranzen		B-Bord Ø d ₄	J-Bord		Nennauslenkung je Welle			axiale Feder- rate je Welle (± 30%)
				d _i	D _A	n _L	s					d _i	D _A		Ø innen d ₃	Länge l ₂	1.000 Lastspiele 2δ _{n, 1000}	2.000 Lastspiele 2δ _{n, 2000}	5.000 Lastspiele 2δ _{n, 5000}	
mm	mm	-	bar	mm	mm	-	mm		mm	-					mm	mm	mm	mm	mm	N/mm
85	83,0	300	50	85,0 x	105,0 x	3	x 0,30	1.4541 / 1.4571	6,20	58		-0,6/+0,2	±1,0	101,0	85,0	10	±1,04	±0,91	±0,75	1300
		600	100	85,0 x	105,0 x	5	x 0,30	1.4541 / 1.4571	7,20	51		-0,6/+0,2	±1,0	101,0	85,0	10	±0,92	±0,80	±0,66	2590
96	94,0	800/900	150	96,0 x	116,0 x	8	x 0,30	1.4541 / 1.4571	8,20	44		-0,6/+0,2	±1,0	108,0	96,0	10	±0,68	±0,60	±0,49	6100
110	108,2	150	25	110,2 x	130,0 x	2	x 0,30	1.4541 / 1.4571	6,20	50		-0,8/+0,2	±1,5	125,0	110,2	10	±1,20	±1,05	±0,86	950
		300	30	110,2 x	129,0 x	3	x 0,30	1.4541 / 1.4571	7,00	58		-0,8/+0,2	±1,5	125,0	110,2	10	±0,99	±0,86	±0,71	1875

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

6.5 | HYDRA-Metallbälge aus Bronze



Vorzugs-
reihe

Bronzebälge für die Mess- und Regel- technik

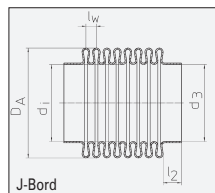
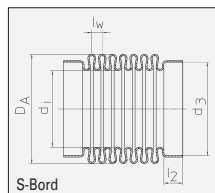
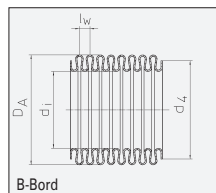
Aufgrund ihrer geringen Federrate eignen sich Bronzebälge besonders für Aufgaben in der Mess- und Regeltechnik. Sie werden aus nahtlosen Hülsen aus den Werkstoffen 2.1020 (CuSn6) oder 2.1030 (CuSn8) hergestellt.

BAO: Balg ohne Anslussteile

BAT: Balg mit Anslussteilen

Balgbezeichnung (beispielhaft):

BAO	6,3	x	9,7	x	1	x	0,1	8W	2.1020
BAO: Balg ohne Anslussteile	Innendurch- messer $d_i = 6,3 \text{ mm}$		Außendurch- messer $D_A = 9,7 \text{ mm}$		Einzel- lagen- zahl $n_L = 1$		Einzel- lagen- dicke $s = 0,1 \text{ mm}$	8 Wellen gemäß Bestim- mungen Kapi- tel 6.1	Werkstoff 2.1020



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck	Balgprofil					Werkstoff	Wellen- länge	max. Wellen- zahl	Ø-Toleranzen		B- Bord Ø d ₄	S-Bord		J-Bord		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirs. Quer- schnitt A	Gewicht je Welle
		P _N *	d _i	D _A	n _L	s				d _i	D _A		Ø innen d ₃	Länge l ₂	Ø innen d ₃	Länge l ₂	axial 2δ _{n,0}	angular 2α _{n,0}	lateral 2λ _{n,0}	axial c ₀	angular c _α	lateral c _l		
mm	bar	mm	mm	-	mm	-	mm	mm	-	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm²	g	
4	30	4,06 x 6,0 x 1 x 0,070					2.1020 / 2.1030	0,70	57	±0,2	±0,3	5,5	-	-	4,06	5,0	±0,06	±1,00	±0.002	207	0,011	32000	0,20	0,02
5	20	5,34 x 8,0 x 1 x 0,080					2.1020 / 2.1030	0,95	53	±0,2	±0,3	7,0	-	-	5,34	5,0	±0,10	±1,25	±0.004	120	0,012	17700	0,35	0,04
6	12	6,24 x 10,0 x 1 x 0,080					2.1020 / 2.1030	1,25	48	±0,2	±0,3	8,5	-	-	6,24	5,0	±0,15	±1,75	±0.008	51	0,007	6500	0,53	0,06
	20	6,30 x 9,7 x 1 x 0,100					2.1020 / 2.1030	1,25	48	±0,2	±0,3	8,5	-	-	6,30	5,0	±0,10	±1,20	±0.004	105	0,015	12900	0,51	0,08
8	8	8,0 x 12,5 x 1 x 0,080					2.1020 / 2.1030	1,30	231	-0,3/+0,2	±0,3	11,7	-	-	8,0	6,0	±0,20	±1,75	±0.008	47	0,011	8800	0,85	0,10
9	6	9,0 x 14,0 x 1 x 0,080					2.1020 / 2.1030	1,45	207	-0,3/+0,2	±0,3	13,0	12,3	2	9,0	6,0	±0,25	±2,10	±0.011	40	0,012	7500	1,04	0,13
12	5	12,0 x 19,0 x 1 x 0,090					2.1020 / 2.1030	1,80	167	-0,3/+0,2	±0,4	18,0	16,8	2,5	12,0	6,0	±0,35	±2,10	±0.014	28	0,015	6200	1,92	0,24
14	5	14,0 x 22,0 x 1 x 0,100					2.1020 / 2.1030	2,20	136	-0,3/+0,2	±0,5	18,5	19,3	3,5	14,0	6,0	±0,35	±2,00	±0.014	52	0,037	10400	2,63	0,38
16	5	16,0 x 24,0 x 1 x 0,110					2.1020 / 2.1030	1,95	154	-0,3/+0,2	±0,5	21,5	21,1	4,0	16,0	6,0	±0,35	±1,60	±0.011	49	0,043	15400	3,18	0,45
18	4	18,0 x 28,0 x 1 x 0,110					2.1020 / 2.1030	2,20	136	-0,3/+0,2	±0,5	25,0	25,2	3,0	18,0	6,0	±0,35	±2,10	±0.011	27	0,031	8800	4,34	0,62
22	3	22,0 x 34,0 x 1 x 0,120					2.1020 / 2.1030	2,80	125	-0,3/+0,2	±0,5	30,0	30,2	4,0	22,0	8,0	±0,60	±2,00	±0.020	25	0,064	7500	6,20	1,00
27	3	27,0 x 39,0 x 1 x 0,130					2.1020 / 2.1030	2,90	138	-0,3/+0,2	±0,5	37,5	37,2	4,0	27,0	8,0	±0,65	±1,90	±0.019	41	0,097	16000	8,60	1,32
34	2	34,0 x 50,0 x 1 x 0,150					2.1020 / 2.1030	3,60	111	-0,3/+0,2	±0,5	47,0	45,3	5,0	34,0	10,0	±0,80	±2,00	±0.022	34	0,131	13800	14,2	2,53

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

6.6 | HYDRA-Membranbälge Normalprofil

Vorzugs-
reihe

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.

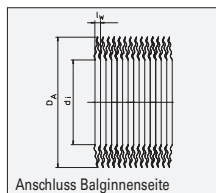
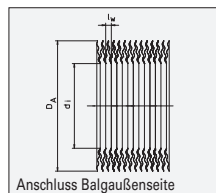
Bei Axialbelastung ist eine Hubaufteilung von 80% Stauchen und 20% Strecken notwendig.

MO: Balg ohne Anschluss-teile

MM: Balg mit Anschluss-teilen

Balgbezeichnung (beispielhaft):

MO	26,0	x	57,0	x	1	x	0,1	8MP	1.4571
MO: Membranbalg ohne Anschluss- teile	Innendurch- messer $d_i = 26 \text{ mm}$		Außendurch- messer $D_A = 57 \text{ mm}$		Einzel- lagen- zahl $n_L = 1$		Einzel- lagen- dicke $s = 0,1 \text{ mm}$	8 Membran- paare	Werkstoff 1.4571



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck P_N^{**}	Balgprofil				Werkstoff	Länge je Membran- paar l_w	max. Anzahl Membran- paare*	Ø-Toleranzen		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirs. Quer- schnitt A	Gewicht je Membran- paar
		d_i	D_A	n_L	s				d_i	D_A	axial $2\delta_{n,0}$	angular $2\alpha_{n,0}$	lateral $2\lambda_{n,0}$	axial c_0	angular c_α	lateral c_l		
mm	bar	mm	mm	-	mm	-	mm	-	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	g
11	5,0	11,0 x 22,0 x 1 x 0,10	1.4571	1,2	120	±0,3	±0,3				0,80 = + 0,16 / - 0,64	±1,11	±0,0038	100	0,06	28000	2,2	0,46
	8,0	11,0 x 22,0 x 1 x 0,15	1.4571	1,2	120	±0,3	±0,3				0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,97	±0,0033	210	0,12	59000	2,2	0,68
	4,0	11,0 x 27,0 x 1 x 0,10	1.4571	1,4	100	±0,3	±0,3				1,00 = + 0,20 / - 0,80	±1,21	±0,0049	77	0,06	21000	3,0	0,76
	6,0	11,0 x 27,0 x 1 x 0,15	1.4571	1,5	95	±0,3	±0,3				0,80 = + 0,16 / - 0,64	±0,96	±0,0042	160	0,13	38000	3,0	1,15
	2,5	11,0 x 31,0 x 1 x 0,10	1.4571	2,2	65	±0,3	±0,3				1,20 = + 0,24 / - 0,96	±1,31	±0,0083	52	0,05	7100	3,7	1,06
	5,2	11,0 x 31,0 x 1 x 0,15	1.4571	2,2	65	±0,3	±0,3				1,00 = + 0,20 / - 0,80	±1,09	±0,0069	107	0,10	15000	3,7	1,58
12	8,0	12,0 x 22,0 x 1 x 0,10	1.4571	1,0	145	±0,3	±0,3				0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,94	±0,0027	180	0,11	78000	2,0	0,32
	12,0	12,0 x 22,0 x 1 x 0,15	1.4571	1,0	145	±0,3	±0,3				0,60 = + 0,12 / - 0,48	±0,81	±0,0023	390	0,25	169000	2,0	0,48
17	2,1	17,0 x 37,0 x 1 x 0,10	1.4571	2,1	67	±0,3	±0,3				1,70 = + 0,34 / - 1,36	±1,44	±0,0088	60	0,10	15000	6,0	1,36
	3,6	17,0 x 37,0 x 1 x 0,15	1.4571	2,1	67	±0,3	±0,3				1,40 = + 0,28 / - 1,12	±1,19	±0,0072	110	0,17	27000	6,0	2,04
21	1,3	21,0 x 42,5 x 1 x 0,10	1.4571	2,0	140	±0,3	±0,3				1,60 = + 0,32 / - 1,28	±1,15	±0,0067	50	0,11	19000	8,1	1,72
	2,8	21,0 x 42,5 x 1 x 0,15	1.4571	2,0	140	±0,3	±0,3				1,50 = + 0,30 / - 1,20	±1,08	±0,0062	90	0,20	34000	8,1	2,57
	5,2	21,0 x 42,5 x 1 x 0,20	1.4571	2,0	140	±0,3	±0,3				1,40 = + 0,28 / - 1,12	±1,01	±0,0058	136	0,30	51400	8,1	3,43
	1,0	21,0 x 49,0 x 1 x 0,10	1.4571	3,2	45	±0,3	±0,3				2,40 = + 0,48 / - 1,92	±1,57	±0,0146	35	0,09	6300	10,1	2,46
	2,2	21,0 x 49,0 x 1 x 0,15	1.4571	3,1	45	±0,3	±0,3				2,20 = + 0,44 / - 1,76	±1,44	±0,0129	64	0,17	12200	10,1	3,69
	4,0	21,0 x 49,0 x 1 x 0,20	1.4571	3,1	45	±0,3	±0,3				2,00 = + 0,40 / - 1,60	±1,31	±0,0118	106	0,28	20300	10,1	4,93
26	2,0	25,5 x 50,0 x 1 x 0,10	1.4571	1,9	145	±0,3	±0,3				1,00 = + 0,20 / - 0,80	±0,61	±0,0033	40	0,12	23700	11,6	2,32
	3,0	25,5 x 50,0 x 1 x 0,15	1.4571	1,9	145	±0,3	±0,3				0,90 = + 0,18 / - 0,72	±0,55	±0,0030	95	0,30	56000	11,6	3,49
	0,8	26,0 x 57,0 x 1 x 0,10	1.4571	3,6	75	±0,3	±0,3				2,70 = + 0,54 / - 2,16	±1,49	±0,0156	34	0,13	6800	14,2	3,23
	1,8	26,0 x 57,0 x 1 x 0,15	1.4571	3,7	75	±0,3	±0,3				2,50 = + 0,50 / - 2,00	±1,38	±0,0148	66	0,25	12400	14,2	4,85
	3,2	26,0 x 57,0 x 1 x 0,20	1.4571	3,5	80	±0,3	±0,3				2,30 = + 0,46 / - 1,84	±1,27	±0,0129	101	0,38	21300	14,2	6,47

*für Anschlussstellängen < 20 mm, bei längeren Anschlussstellen verringert sich die maximale Membranpaarzahl

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

6.6 | HYDRA-Membranbälge Normalprofil

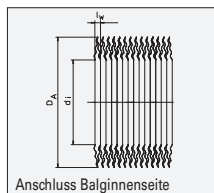
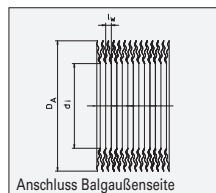
Vorzugsreihe

HYDRA

6.6 | HYDRA-Membranbälge Normalprofil

Vorzugsreihe

HYDRA



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck P _N **	Balgprofil				Werkstoff	Länge je Membran- paar l _w	max. Anzahl Membran- paare*	Ø-Toleranzen		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirks. Quer- schnitt A	Gewicht je Membran- paar	
		d _i	D _A	n _L	s				d _i	D _a	axial 2δ _{n,0}	angular 2α _{n,0}	lateral 2λ _{n,0}	axial c ₀	angular c _α	lateral c _l			
mm	bar	mm	mm	–	mm	–	mm	–	mm	mm		mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm²	g
29	0,7	29,0 x 61,0 x 1 x 0,10	1.4571	3,8	72	±0,3	±0,3				2,90 = + 0,58 / – 2,32	±1,48	±0,0163	32	0,14	6700	16,6	3,62	
	1,6	29,0 x 61,0 x 1 x 0,15	1.4571	3,7	75	±0,3	±0,3				2,70 = + 0,54 / – 2,16	±1,38	±0,0148	58	0,26	12900	16,6	5,43	
	2,9	29,0 x 61,0 x 1 x 0,20	1.4571	3,6	75	±0,3	±0,3				2,50 = + 0,50 / – 2,00	±1,27	±0,0133	95	0,42	22300	16,6	7,24	
33	0,6	33,0 x 67,0 x 1 x 0,10	1.4571	3,7	75	±0,3	±0,3				3,10 = + 0,62 / – 2,48	±1,42	±0,0152	30	0,16	8200	20,4	4,27	
	1,4	33,0 x 67,0 x 1 x 0,15	1.4571	3,7	75	±0,3	±0,3				2,90 = + 0,58 / – 2,32	±1,33	±0,0143	55	0,30	15100	20,4	6,41	
	2,6	33,0 x 67,0 x 1 x 0,20	1.4571	3,7	75	±0,3	±0,3				2,70 = + 0,54 / – 2,16	±1,24	±0,0133	94	0,51	25700	20,4	8,55	
36	0,5	36,0 x 72,0 x 1 x 0,10	1.4571	3,8	72	±0,3	±0,3				3,30 = + 0,66 / – 2,64	±1,40	±0,0154	29	0,18	8800	23,8	4,89	
	1,3	36,0 x 72,0 x 1 x 0,15	1.4571	3,8	72	±0,3	±0,3				3,10 = + 0,62 / – 2,48	±1,32	±0,0145	51	0,32	15500	23,8	7,33	
	2,4	36,0 x 72,0 x 1 x 0,20	1.4571	4,0	70	±0,3	±0,3				2,90 = + 0,58 / – 2,32	±1,23	±0,0143	89	0,57	24300	23,8	9,77	
38	0,7	38,0 x 66,0 x 1 x 0,10	1.4571	2,5	110	±0,3	±0,3				2,70 = + 0,54 / – 2,16	±1,19	±0,0086	35	0,21	22700	21,8	3,66	
	1,6	38,0 x 66,0 x 1 x 0,15	1.4571	2,6	105	±0,3	±0,3				2,50 = + 0,50 / – 2,00	±1,10	±0,0083	60	0,35	36000	21,8	5,49	
	3,0	38,0 x 66,0 x 1 x 0,20	1.4571	2,7	100	±0,3	±0,3				2,30 = + 0,46 / – 1,84	±1,01	±0,0079	100	0,59	55600	21,8	7,32	
42	0,5	42,0 x 81,0 x 1 x 0,10	1.4571	4,1	42	±0,3	±0,3				3,60 = + 0,72 / – 2,88	±1,34	±0,0160	27	0,22	9100	30,7	6,03	
	1,1	42,0 x 81,0 x 1 x 0,15	1.4571	4,0	45	±0,3	±0,3				3,40 = + 0,68 / – 2,72	±1,27	±0,0147	48	0,40	17000	30,7	9,04	
	1,9	42,0 x 81,0 x 1 x 0,20	1.4571	4,4	40	±0,3	±0,3				3,20 = + 0,64 / – 2,56	±1,19	±0,0152	75	0,62	22000	30,7	12,1	
44	0,4	44,0 x 84,0 x 1 x 0,10	1.4571	4,2	35	±0,3	±0,3				3,70 = + 0,74 / – 2,96	±1,32	±0,0161	26	0,23	9100	33,2	6,43	
	1,0	44,0 x 84,0 x 1 x 0,15	1.4571	4,2	35	±0,3	±0,3				3,50 = + 0,70 / – 2,80	±1,25	±0,0153	47	0,42	16400	33,2	9,65	
	1,8	44,0 x 84,0 x 1 x 0,20	1.4571	4,2	35	±0,3	±0,3				3,20 = + 0,64 / – 2,56	±1,15	±0,0140	75	0,67	26000	33,2	12,9	
47	0,4	47,0 x 88,0 x 1 x 0,10	1.4571	4,4	32	±0,3	±0,3				3,80 = + 0,76 / – 3,04	±1,29	±0,0165	26	0,26	9200	36,9	6,96	
	1,0	47,0 x 88,0 x 1 x 0,15	1.4571	4,4	32	±0,3	±0,3				3,60 = + 0,72 / – 2,88	±1,22	±0,0156	47	0,47	16600	36,9	10,4	
	1,8	47,0 x 88,0 x 1 x 0,20	1.4571	4,3	34	±0,3	±0,3				3,30 = + 0,66 / – 2,64	±1,12	±0,0140	78	0,78	28800	36,9	13,9	

*für Anschlussteillängen < 20 mm, bei längeren Anschlussteilen verringert sich die maximale Membranpaarzahl

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

6.6 | HYDRA-Membranbälge Normalprofil

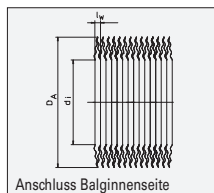
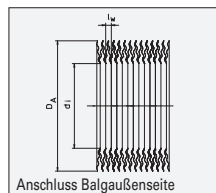
Vorzugsreihe

HYDRA

6.6 | HYDRA-Membranbälge Normalprofil

Vorzugsreihe

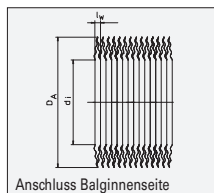
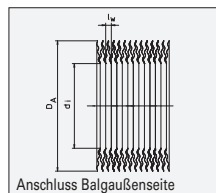
HYDRA



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck P _N **	Balgprofil				Werkstoff	Länge je Membran- paar l _w	max. Anzahl Membran- paare*	Ø-Toleranzen		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirs. Quer- schnitt A	Gewicht je Membran- paar
		d _i	D _A	n _L	s				d _i	D _A	axial 2Δ _{n,0}	angular 2Δ _{n,0}	lateral 2Δ _{n,0}	axial c ₀	angular c _α	lateral c _l		
mm	bar	mm	mm	-	mm	-	mm	-	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	g
52	1,0	52,0 x 80,0 x 1	80,0	1	0,10	1.4571	3,2	45	±0,3	±0,3	2,40 = + 0,48 / - 1,92	±0,83	±0,0077	70	0,67	44700	34,0	4,64
	2,1	52,0 x 80,0 x 1	80,0	1	0,15	1.4571	3,2	45	±0,3	±0,3	2,20 = + 0,44 / - 1,76	±0,76	±0,0071	128	1,22	82000	34,0	6,97
	4,0	52,0 x 80,0 x 1	80,0	1	0,20	1.4571	3,2	45	±0,3	±0,3	2,00 = + 0,40 / - 1,60	±0,69	±0,0064	212	2,01	135000	34,0	9,29
	0,4	52,0 x 95,0 x 1	95,0	1	0,10	1.4571	4,6	38	±0,3	±0,3	4,00 = + 0,80 / - 3,20	±1,25	±0,0166	24	0,28	9200	43,6	7,94
	0,9	52,0 x 95,0 x 1	95,0	1	0,15	1.4571	4,5	40	±0,3	±0,3	3,80 = + 0,76 / - 3,04	±1,18	±0,0155	50	0,59	20000	43,6	11,9
	1,5	52,0 x 95,0 x 1	95,0	1	0,20	1.4571	4,6	38	±0,3	±0,3	3,50 = + 0,70 / - 2,80	±1,09	±0,0146	70	0,83	26800	43,6	15,9
57	0,7	57,0 x 102 x 1	102	1	0,15	1.4571	4,8	32	±0,3	±0,3	4,10 = + 0,82 / - 3,28	±1,18	±0,0165	42	0,58	17300	51,0	13,5
	1,4	57,0 x 102 x 1	102	1	0,20	1.4571	4,8	32	±0,3	±0,3	3,90 = + 0,78 / - 3,12	±1,12	±0,0156	65	0,90	26700	51,0	18,0
	2,1	57,0 x 102 x 1	102	1	0,25	1.4571	5,0	32	±0,3	±0,3	3,60 = + 0,72 / - 2,88	±1,04	±0,0150	91	1,25	34500	51,0	22,5
	4,2	57,0 x 102 x 2	102	2	0,25	1.4571	5,3	30	±0,3	±0,3	3,30 = + 0,66 / - 2,64	±0,95	±0,0146	196	2,70	662000	51,0	45,0
62	0,7	62,0 x 109 x 1	109	1	0,15	1.4571	4,9	32	±0,3	±0,3	4,30 = + 0,86 / - 3,44	±1,15	±0,0164	43	0,69	19700	58,9	15,1
	1,2	62,0 x 109 x 1	109	1	0,20	1.4571	4,9	32	±0,3	±0,3	4,10 = + 0,82 / - 3,28	±1,10	±0,0156	61	0,97	27900	58,9	20,2
	1,9	62,0 x 109 x 1	109	1	0,25	1.4571	4,9	32	±0,3	±0,3	3,80 = + 0,76 / - 3,04	±1,02	±0,0145	89	1,42	40600	58,9	25,2
67	1,0	67,0 x 102 x 1	102	1	0,15	1.4571	4,5	36	±0,3	±0,3	3,00 = + 0,60 / - 2,40	±0,81	±0,0106	69	1,07	36500	56,9	11,1
	1,8	67,0 x 102 x 1	102	1	0,20	1.4571	4,5	36	±0,3	±0,3	2,50 = + 0,50 / - 2,00	±0,68	±0,0088	123	1,92	65000	56,9	14,9
	3,0	67,0 x 102 x 1	102	1	0,25	1.4571	4,5	36	±0,3	±0,3	2,10 = + 0,42 / - 1,68	±0,57	±0,0074	192	2,99	101500	56,9	18,6
	0,6	67,0 x 116 x 1	116	1	0,15	1.4571	4,9	32	±0,3	±0,3	4,50 = + 0,90 / - 3,60	±1,13	±0,0160	40	0,73	21000	67,3	16,9
	1,1	67,0 x 116 x 1	116	1	0,20	1.4571	4,7	32	±0,3	±0,3	4,30 = + 0,86 / - 3,44	±1,08	±0,0147	59	1,08	33500	67,3	22,5
	1,8	67,0 x 116 x 1	116	1	0,25	1.4571	5,1	30	±0,3	±0,3	4,00 = + 0,80 / - 3,20	±1,00	±0,0148	88	1,61	42500	67,3	28,2
	3,6	67,0 x 116 x 2	116	2	0,25	1.4571	5,4	29	±0,3	±0,3	3,70 = + 0,74 / - 2,96	±0,93	±0,0145	190	3,47	82000	67,3	56,3
72	0,6	72,0 x 123 x 1	123	1	0,15	1.4571	5,3	250	±0,3	±0,3	4,70 = + 0,94 / - 3,76	±1,10	±0,0170	43	0,89	22000	76,4	18,7
	1,0	72,0 x 123 x 1	123	1	0,20	1.4571	5,3	250	±0,3	±0,3	4,50 = + 0,90 / - 3,60	±1,06	±0,0163	54	1,12	27400	76,4	25,0

*für Anschlussteillängen < 20 mm, bei längeren Anschlussteilen verringert sich die maximale Membranpaarzahl

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



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck P _N **	Balgprofil				Werkstoff	Länge je Membran- paar l _w	max. Anzahl Membran- paare*	Ø-Toleranzen			Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirks. Quer- schnitt A	Gewicht je Membran- paar
		d _i	D _A	n _L	s				d _i	D _A		axial 2Δ _{n,0}	angular 2Δ _{n,0}	lateral 2Δ _{n,0}	axial c ₀	angular c _α	lateral c _l		
mm	bar	mm	mm	–	mm	–	mm	–	mm	mm		mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm²	g
72	1,6	72,0 x 123 x 1 x 0,25	1.4571	5,2	250	±0,3	±0,3					4,20 = + 0,84 / – 3,36	±0,99	±0,0149	76	1,58	40000	76,4	31,2
	0,7	77,0 x 107 x 1 x 0,10	1.4571	3,4	250	±0,3	±0,3					2,70 = + 0,54 / – 2,16	±0,67	±0,0066	52	0,96	57000	67,1	6,9
	0,5	77,0 x 130 x 1 x 0,15	1.4571	5,2	250	±0,3	±0,3					4,90 = + 0,98 / – 3,92	±1,09	±0,0164	38	0,89	22500	86,0	20,7
	1,0	77,0 x 130 x 1 x 0,20	1.4571	5,3	250	±0,3	±0,3					4,70 = + 0,94 / – 3,76	±1,04	±0,0160	52	1,22	30000	86,0	27,6
	1,5	77,0 x 130 x 1 x 0,25	1.4571	5,4	250	±0,3	±0,3					4,40 = + 0,88 / – 3,52	±0,97	±0,0153	75	1,75	41300	86,0	34,5
82	0,5	82,0 x 136 x 1 x 0,15	1.4571	5,4	250	±0,3	±0,3					5,00 = + 1,00 / – 4,00	±1,05	±0,0165	38	0,98	23200	95,2	22,2
	0,9	82,0 x 136 x 1 x 0,20	1.4571	5,6	250	±0,3	±0,3					4,80 = + 0,96 / – 3,84	±1,01	±0,0164	52	1,35	30000	95,2	29,6
	1,4	82,0 x 136 x 1 x 0,25	1.4571	5,7	250	±0,3	±0,3					4,50 = + 0,90 / – 3,60	±0,95	±0,0156	74	1,92	40600	95,2	37,0
87	0,8	87,0 x 143 x 1 x 0,20	1.4571	5,7	250	±0,3	±0,3					5,20 = + 1,04 / – 4,16	±1,04	±0,0171	54	1,56	33000	106	32,4
	1,3	87,0 x 143 x 1 x 0,25	1.4571	5,8	250	±0,3	±0,3					5,00 = + 1,00 / – 4,00	±1,00	±0,0168	75	2,16	44200	106	40,5
	1,9	87,0 x 143 x 1 x 0,30	1.4571	5,9	250	±0,3	±0,3					4,70 = + 0,94 / – 3,76	±0,94	±0,0160	101	2,91	57600	106	48,6
92	0,6	92,0 x 134 x 1 x 0,15	1.4571	4,0	250	±0,3	±0,3					3,90 = + 0,78 / – 3,12	±0,79	±0,0092	46	1,28	55000	101	17,9
	0,8	92,0 x 134 x 1 x 0,20	1.4571	4,1	250	±0,3	±0,3					3,20 = + 0,64 / – 2,56	±0,65	±0,0077	32	0,89	36400	101	23,9
	1,3	92,0 x 134 x 1 x 0,25	1.4571	4,1	250	±0,3	±0,3					3,00 = + 0,60 / – 2,40	±0,61	±0,0072	45	1,25	51200	101	29,8
	1,9	92,0 x 134 x 1 x 0,30	1.4571	4,2	250	±0,3	±0,3					2,80 = + 0,56 / – 2,24	±0,57	±0,0069	62	1,73	67300	101	35,8
	0,8	92,0 x 149 x 1 x 0,20	1.4571	6,0	250	±0,3	±0,3					5,30 = + 1,06 / – 4,24	±1,01	±0,0175	56	1,77	33900	116	34,5
	1,2	92,0 x 149 x 1 x 0,25	1.4571	6,2	250	±0,3	±0,3					5,10 = + 1,02 / – 4,08	±0,97	±0,0174	77	2,44	43600	116	43,2
	1,8	92,0 x 149 x 1 x 0,30	1.4571	6,2	250	±0,3	±0,3					4,80 = + 0,96 / – 3,84	±0,91	±0,0164	102	3,23	57800	116	51,8
97	1,7	97,0 x 134 x 1 x 0,20	1.4571	4,0	250	±0,3	±0,3					2,80 = + 0,56 / – 2,24	±0,56	±0,0064	142	4,13	178000	106	21,5
	2,7	97,0 x 134 x 1 x 0,25	1.4571	4,2	250	±0,3	±0,3					2,40 = + 0,48 / – 1,92	±0,48	±0,0058	221	6,43	251000	106	26,9
	3,9	97,0 x 134 x 1 x 0,30	1.4571	4,2	250	±0,3	±0,3					2,20 = + 0,44 / – 1,76	±0,44	±0,0053	318	9,26	361000	106	32,2
	0,8	97,0 x 156 x 1 x 0,20	1.4571	6,0	250	±0,3	±0,3					5,50 = + 1,10 / – 4,40	±1,00	±0,0173	59	2,06	39300	128	37,5

*für Anslussteilängen < 20 mm, bei längeren Anslusstteilen verringert sich die maximale Membranpaarzahl

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

6.6 | HYDRA-Membranbälge Normalprofil

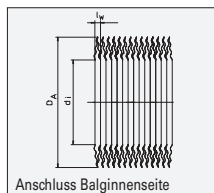
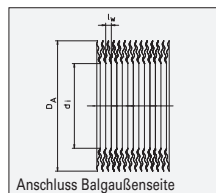
Vorzugsreihe

HYDRA

6.6 | HYDRA-Membranbälge Normalprofil

Vorzugsreihe

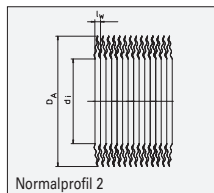
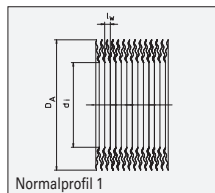
HYDRA



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck P _N **	Balgprofil				Werkstoff	Länge je Membran- paar l _w	max. Anzahl Membran- paare*	Ø-Toleranzen		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirs. Quer- schnitt A	Gewicht je Membran- paar
		d _i	D _A	n _L	s				d _i	D _A	axial 2Δ _{n,0}	angular 2Δ _{n,0}	lateral 2Δ _{n,0}	axial c ₀	angular c _α	lateral c _l		
mm	bar	mm	mm	-	mm	-	mm	-	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	g
97	1,1	97,0	x 156	x 1	x 0,25	1.4571	6,2	250	±0,3	±0,3	5,30 = + 1,06 / - 4,24	±0,96	±0,0173	76	2,65	47500	128	46,9
	1,7	97,0	x 156	x 1	x 0,30	1.4571	6,2	250	±0,3	±0,3	5,00 = + 1,00 / - 4,00	±0,91	±0,0163	103	3,60	64300	128	56,3
102	0,7	102	x 163	x 1	x 0,20	1.4571	6,0	250	±0,3	±0,3	5,70 = + 1,14 / - 4,56	±0,99	±0,0172	50	1,92	36500	140	40,6
	1,1	102	x 163	x 1	x 0,25	1.4571	6,5	250	±0,3	±0,3	5,50 = + 1,10 / - 4,40	±0,95	±0,0179	77	2,95	48000	140	50,8
	1,6	102	x 163	x 1	x 0,30	1.4571	6,5	250	±0,3	±0,3	5,20 = + 1,04 / - 4,16	±0,90	±0,0170	103	3,95	64200	140	60,9
112	0,6	112	x 173	x 1	x 0,20	1.4571	6,2	250	±0,3	±0,3	5,60 = + 1,12 / - 4,48	±0,90	±0,0162	40	1,77	31600	162	43,7
	1,0	112	x 173	x 1	x 0,25	1.4571	6,4	250	±0,3	±0,3	5,30 = + 1,06 / - 4,24	±0,85	±0,0158	61	2,70	45400	162	54,6
	1,4	112	x 173	x 1	x 0,30	1.4571	6,4	250	±0,3	±0,3	5,00 = + 1,00 / - 4,00	±0,80	±0,0149	81	3,59	60200	162	65,5
121	0,9	121	x 173	x 1	x 0,20	1.4571	6,0	250	±0,3	±0,3	5,20 = + 1,04 / - 4,16	±0,81	±0,0141	65	3,06	58000	172	38,4
	1,4	121	x 173	x 1	x 0,25	1.4571	6,2	250	±0,3	±0,3	4,80 = + 0,96 / - 3,84	±0,75	±0,0134	101	4,76	85200	172	48,0
	2,0	121	x 173	x 1	x 0,30	1.4571	6,2	250	±0,3	±0,3	4,50 = + 0,90 / - 3,60	±0,70	±0,0126	146	6,88	123000	172	57,6
127	0,7	127	x 185	x 1	x 0,15	1.4571	5,6	250	±0,3	±0,3	4,90 = + 0,98 / - 3,92	±0,72	±0,0117	40	2,12	46500	192	34,1
	0,9	127	x 185	x 1	x 0,20	1.4571	5,6	250	±0,3	±0,3	4,80 = + 0,96 / - 3,84	±0,71	±0,0114	60	3,19	70000	192	45,5
	1,3	127	x 185	x 1	x 0,25	1.4571	5,6	250	±0,3	±0,3	4,60 = + 0,92 / - 3,68	±0,68	±0,0110	78	4,14	91000	192	56,9
	1,6	127	x 185	x 1	x 0,30	1.4571	6,0	250	±0,3	±0,3	4,40 = + 0,88 / - 3,52	±0,65	±0,0112	96	5,10	97000	192	68,2
	0,5	127	x 195	x 1	x 0,20	1.4571	6,7	250	±0,3	±0,3	6,10 = + 1,22 / - 4,88	±0,87	±0,0169	42	2,38	36400	207	55,0
	0,9	127	x 195	x 1	x 0,25	1.4571	6,8	250	±0,3	±0,3	5,80 = + 1,16 / - 4,64	±0,83	±0,0163	64	3,62	54000	207	68,8
	1,2	127	x 195	x 1	x 0,30	1.4571	6,9	250	±0,3	±0,3	5,40 = + 1,08 / - 4,32	±0,77	±0,0154	90	5,09	73500	207	82,5
152	0,5	152	x 226	x 1	x 0,20	1.4571	6,8	250	±0,3	±0,3	6,70 = + 1,34 / - 5,36	±0,81	±0,0160	38	2,96	44000	284	70,3
	0,7	152	x 226	x 1	x 0,25	1.4571	6,5	250	±0,3	±0,3	6,40 = + 1,28 / - 5,12	±0,78	±0,0146	60	4,68	76000	284	87,9
	1,0	152	x 226	x 1	x 0,30	1.4571	7,9	250	±0,3	±0,3	6,10 = + 1,22 / - 4,88	±0,74	±0,0169	80	6,23	67000	284	105

*für Anslussteilängen < 20 mm, bei längeren Anslusstellen verringert sich die maximale Membranpaarzahl

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



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck P _N **	Balgprofil				Werkstoff	Länge je Mem- branpaar l _w	max. Anzahl Membran- paare e*	Ø-Toleranzen		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirks. Quer- schnitt A	Gewicht je Membran- paar
		d _i	D _A	n _L	s				d _i	D _A								
mm	bar	mm	mm	–	mm	–	mm	–	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	g
177	0,4	177	x 257	x 1	x 0,20	1.4571	8,9	250	±0,3	±0,3	7,20 = + 1,44 / – 5,76	±0,76	±0,0196	34	3,49	30300	374	87,3
	0,6	177	x 257	x 1	x 0,25	1.4571	8,9	250	±0,3	±0,3	6,80 = + 1,36 / – 5,44	±0,72	±0,0185	56	5,75	50000	374	109
	0,9	177	x 257	x 1	x 0,30	1.4571	7,5	250	±0,3	±0,3	6,30 = + 1,26 / – 5,04	±0,67	±0,0145	75	7,70	94000	374	131
202	0,4	202	x 287	x 1	x 0,20	1.4571	8,5	250	±0,3	±0,3	7,80 = + 1,56 / – 6,24	±0,73	±0,0180	30	3,91	37200	474	104
	0,5	202	x 287	x 1	x 0,25	1.4571	8,6	250	±0,3	±0,3	7,40 = + 1,48 / – 5,92	±0,69	±0,0173	52	6,78	63000	474	131
	0,8	202	x 287	x 1	x 0,30	1.4571	8,6	250	±0,3	±0,3	6,90 = + 1,38 / – 5,52	±0,65	±0,0161	70	9,13	85000	474	157

*für Anschlussteillängen < 20 mm, bei längeren Anschlussteilen verringert sich die maximale Membranpaarzahl

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

6.7 | HYDRA-Membranbälge Schmalprofil



Vorzugs-
reihe

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.

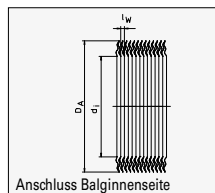
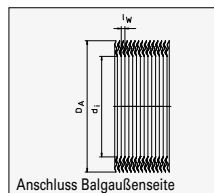
Bei Axialbelastung ist eine Hubaufteilung von 80% Stauchen und 20% Strecken notwendig.

MO: Balg ohne Anschlusssteile

MM: Balg mit Anschlusssteilen

Balgbezeichnung (beispielhaft):

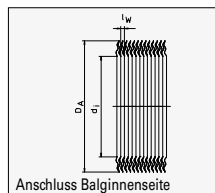
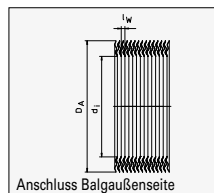
MO	25,5	x	36,5	x	1	x	0,1	8MP	1.4571
MO: Membranbalg ohne Anschluss- teile	Innendurch- messer $d_i = 25,5 \text{ mm}$		Außendurch- messer $D_A = 36,5 \text{ mm}$		Einzel- lagen- zahl $n_L = 1$		Einzel- lagen- dicke $s = 0,1 \text{ mm}$	8 Membran- paare	Werkstoff 1.4571



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck P _N **	Balgprofil				Werkstoff	Länge je Membran- paar l _w	max. Anzahl Membran- paare*	Ø-Toleranzen			Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirks. Quer- schnitt A	Gewicht je Membran- paar
		d _i	D _A	n _L	s				d _i	D _A		axial 2Δ _{n,0}	angular 2Δ _{n,0}	lateral 2Δ _{n,0}	axial c ₀	angular c _α	lateral c _l		
mm	bar	mm	mm	–	mm	–	mm	–	mm	mm		mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm²	g
12	8,0	12,0 x 20,0 x 1	0,10	1.4571	1,0	145	±0,3	±0,3			0,50 = + 0,10 / – 0,40	±0,72	±0,0021	200	0,11	76800	2,1	0,42	
	12,0	12,0 x 20,0 x 1	0,15	1.4571	1,0	145	±0,3	±0,3			0,40 = + 0,08 / – 0,32	±0,57	±0,0017	500	0,28	192000	2,1	0,63	
17	3,5	17,0 x 31,0 x 1	0,10	1.4571	1,5	95	±0,3	±0,3			0,90 = + 0,18 / – 0,72	±0,86	±0,0038	100	0,13	38400	4,65	0,84	
	6,0	17,0 x 31,0 x 1	0,15	1.4571	1,5	95	±0,3	±0,3			0,80 = + 0,16 / – 0,64	±0,76	±0,0033	190	0,24	72900	4,65	1,27	
25	8,0	25,5 x 36,5 x 1	0,10	1.4571	1,2	230	±0,3	±0,3			0,60 = + 0,12 / – 0,48	±0,44	±0,0015	105	0,22	105000	7,6	0,85	
	12,0	25,5 x 36,5 x 1	0,15	1.4571	1,2	230	±0,3	±0,3			0,50 = + 0,10 / – 0,40	±0,37	±0,0013	280	0,59	280000	7,6	1,27	
29	6,0	29,5 x 42,5 x 1	0,10	1.4571	1,4	200	±0,3	±0,3			0,70 = + 0,14 / – 0,56	±0,45	±0,0018	110	0,31	109000	10,3	1,16	
	9,0	29,5 x 42,5 x 1	0,15	1.4571	1,4	200	±0,3	±0,3			0,60 = + 0,12 / – 0,48	±0,38	±0,0016	265	0,75	263000	10,3	1,74	
34	6,0	33,5 x 46,5 x 1	0,10	1.4571	1,4	200	±0,3	±0,3			0,70 = + 0,14 / – 0,56	±0,40	±0,0016	105	0,37	129000	12,7	1,29	
	9,0	33,5 x 46,5 x 1	0,15	1.4571	1,5	185	±0,3	±0,3			0,60 = + 0,12 / – 0,48	±0,34	±0,0015	247	0,86	263000	12,7	1,94	
	6,0	34,5 x 47,5 x 1	0,10	1.4571	1,3	215	±0,3	±0,3			0,70 = + 0,14 / – 0,56	±0,39	±0,0015	100	0,37	149000	13,3	1,32	
	9,0	34,5 x 47,5 x 1	0,15	1.4571	1,4	200	±0,3	±0,3			0,60 = + 0,12 / – 0,48	±0,34	±0,0014	250	0,92	322000	13,3	1,98	
36	4,0	36,0 x 53,0 x 1	0,10	1.4571	1,9	145	±0,3	±0,3			0,80 = + 0,16 / – 0,64	±0,41	±0,0023	70	0,30	57600	15,6	1,88	
	6,0	36,0 x 53,0 x 1	0,15	1.4571	1,9	145	±0,3	±0,3			0,70 = + 0,14 / – 0,56	±0,36	±0,0020	150	0,65	123000	15,6	2,82	
37	6,0	37,0 x 50,0 x 1	0,10	1.4571	1,5	185	±0,3	±0,3			0,70 = + 0,14 / – 0,56	±0,37	±0,0016	103	0,43	130000	15,0	1,40	
	9,0	37,0 x 50,0 x 1	0,15	1.4571	1,5	185	±0,3	±0,3			0,60 = + 0,12 / – 0,48	±0,32	±0,0014	310	1,28	391000	15,0	2,11	
39	6,0	39,5 x 52,5 x 1	0,10	1.4571	1,5	185	±0,3	±0,3			0,70 = + 0,14 / – 0,56	±0,35	±0,0015	97	0,45	137000	16,7	1,48	
	9,0	39,5 x 52,5 x 1	0,15	1.4571	1,5	185	±0,3	±0,3			0,60 = + 0,12 / – 0,48	±0,30	±0,0013	300	1,38	423000	16,7	2,23	
42	6,0	42,5 x 55,5 x 1	0,10	1.4571	1,5	185	±0,3	±0,3			0,70 = + 0,14 / – 0,56	±0,33	±0,0014	92	0,48	147000	19,0	1,58	
	9,0	42,5 x 55,5 x 1	0,15	1.4571	1,5	185	±0,3	±0,3			0,60 = + 0,12 / – 0,48	±0,28	±0,0012	310	1,62	497000	19,0	2,37	
44	6,0	44,5 x 57,5 x 1	0,10	1.4571	1,5	185	±0,3	±0,3			0,70 = + 0,14 / – 0,56	±0,31	±0,0014	100	0,57	173000	20,5	1,65	
	9,0	44,5 x 57,5 x 1	0,15	1.4571	1,6	175	±0,3	±0,3			0,60 = + 0,12 / – 0,48	±0,27	±0,0013	250	1,42	381000	20,5	2,47	

*für Anschlussteillängen < 20 mm, bei längeren Anschlussteilen verringert sich die maximale Membranpaarzahl

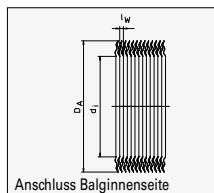
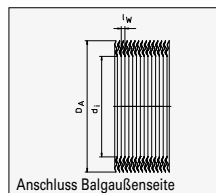
** Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck P _N **	Balgprofil				Werkstoff	Länge je Membran- paar l _w	max. Anzahl Membran- paare*	Ø-Toleranzen		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirks. Quer- schnitt A	Gewicht je Membran- paar
		d _i	D _A	n _L	s				d _i	D _A	axial 2Δ _{n,0}	angular 2Δ _{α,0}	lateral 2Δ _{λ,0}	axial c ₀	angular c _α	lateral c _λ		
mm	bar	mm	mm	-	mm	-	mm	-	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	g
47	6,0	47,0 x 60,0 x 1	60,0	1	0,10	1.4571	1,6	175	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,30	±0,0014	100	0,62	168000	22,6	1,73
	9,0	47,0 x 60,0 x 1	60,0	1	0,15	1.4571	1,7	160	±0,3	±0,3	0,60 = + 0,12 / - 0,48	±0,26	±0,0013	250	1,56	371000	22,6	2,59
52	6,0	52,5 x 65,5 x 1	65,5	1	0,10	1.4571	1,6	175	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,27	±0,0013	108	0,82	220000	27,4	1,90
	9,0	52,5 x 65,5 x 1	65,5	1	0,15	1.4571	1,7	160	±0,3	±0,3	0,60 = + 0,12 / - 0,48	±0,23	±0,0012	286	2,17	517000	27,4	2,86
57	6,0	57,0 x 70,0 x 1	70,0	1	0,10	1.4571	1,6	165	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,25	±0,0012	102	0,90	241000	31,8	2,05
	9,0	57,0 x 70,0 x 1	70,0	1	0,15	1.4571	1,7	145	±0,3	±0,3	0,60 = + 0,12 / - 0,48	±0,22	±0,0011	270	2,38	565000	31,8	3,07
62	6,0	62,5 x 75,5 x 1	75,5	1	0,10	1.4571	1,5	95	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,23	±0,0010	100	1,04	318000	37,5	2,23
	9,0	62,5 x 75,5 x 1	75,5	1	0,15	1.4571	1,5	95	±0,3	±0,3	0,60 = + 0,12 / - 0,48	±0,20	±0,0009	260	2,70	825000	37,5	3,34
	1,0	62,0 x 88,0 x 1	88,0	1	0,15	1.4571	1,9	75	±0,3	±0,3	1,50 = + 0,3 / - 1,2	±0,46	±0,0025	148	1,82	346000	44,0	7,35
	2,0	62,0 x 88,0 x 1	88,0	1	0,20	1.4571	1,9	75	±0,3	±0,3	1,40 = + 0,28 / - 1,12	±0,43	±0,0024	248	3,04	579000	44,0	9,80
	2,5	62,0 x 88,0 x 1	88,0	1	0,25	1.4571	1,9	95	±0,3	±0,3	1,30 = + 0,26 / - 1,04	±0,40	±0,0022	380	4,66	888000	44,0	12,25
67	9,0	67,0 x 80,0 x 1	80,0	1	0,15	1.4571	1,5	90	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,22	±0,0010	200	2,36	720000	42,0	3,56
	12,0	67,0 x 80,0 x 1	80,0	1	0,20	1.4571	1,6	90	±0,3	±0,3	0,60 = + 0,12 / - 0,48	±0,19	±0,0009	500	5,89	1583000	42,0	4,74
	7,0	67,0 x 83,0 x 1	83,0	1	0,15	1.4571	1,6	90	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / - 0,64	±0,24	±0,0011	225	2,76	74000	44,3	4,47
	10,0	67,0 x 83,0 x 1	83,0	1	0,20	1.4571	1,7	85	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,21	±0,0011	560	6,87	1635000	44,3	5,96
72	7,0	72,0 x 88,0 x 1	88,0	1	0,15	1.4571	1,6	110	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / - 0,64	±0,23	±0,0011	190	2,65	712500	50,4	4,77
	10,0	72,0 x 88,0 x 1	88,0	1	0,20	1.4571	1,7	105	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,20	±0,0010	530	7,40	1760000	50,4	6,35
77	7,0	77,0 x 93,0 x 1	93,0	1	0,15	1.4571	1,6	110	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / - 0,64	±0,22	±0,0010	200	3,15	847000	56,9	5,06
	10,0	77,0 x 93,0 x 1	93,0	1	0,20	1.4571	1,7	105	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,19	±0,0009	540	8,51	2025000	56,9	6,75
82	7,0	82,0 x 98,0 x 1	98,0	1	0,15	1.4571	1,6	95	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / - 0,64	±0,20	±0,0009	213	3,76	1011000	63,8	5,36
	10,0	82,0 x 98,0 x 1	98,0	1	0,20	1.4571	1,7	90	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,18	±0,0009	550	9,72	2312000	63,8	7,15
84	7,0	84,0 x 100 x 1	100	1	0,15	1.4571	1,6	95	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / - 0,64	±0,20	±0,0009	220	4,06	1091000	66,6	5,48

*für Anschlussteillängen < 20 mm, bei längeren Anschlussteilen verringert sich die maximale Membranpaarzahl

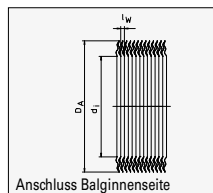
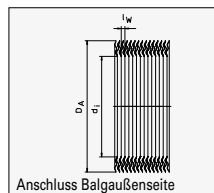
** Außendruck, bei Innendruckbelastung muss zusätzlich die Säulenstabilität (Knicksicherheit) gewährleistet sein



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck P _N **	Balgprofil				Werkstoff	Länge je Membran- paar l _w	max. Anzahl Membran- paare*	Ø-Toleranzen		Nennauslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirks. Quer- schnitt A	Gewicht je Membran- paar
		d _i	D _A	n _L	s				d _i	D _A	axial 2Δ _{h,0}	angular 2Δ _{h,0}	lateral 2Δ _{h,0}	axial c _h	angular c _h	lateral c _h		
mm	bar	mm	mm	-	mm	-	mm	-	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm ²	g
84	10,0	84,0	x 100	x 1	x 0,20	1.4571	1,7	90	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,17	±0,0009	560	10,3	2460000	66,6	7,31
87	7,0	87,0	x 103	x 1	x 0,15	1.4571	1,6	95	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / - 0,64	±0,19	±0,0009	245	4,82	1300000	71,0	5,66
	10,0	87,0	x 103	x 1	x 0,20	1.4571	1,7	90	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,17	±0,0008	710	13,98	3325000	71,0	7,55
92	7,0	92,0	x 108	x 1	x 0,15	1.4571	1,4	110	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / - 0,64	±0,18	±0,0007	315	6,87	2410000	78,1	5,96
	10,0	92,0	x 108	x 1	x 0,20	1.4571	1,6	95	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,16	±0,0007	730	15,9	4277000	78,1	7,94
97	7,0	97,0	x 113	x 1	x 0,15	1.4571	1,6	95	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / - 0,64	±0,17	±0,0008	320	7,70	2070000	86,8	6,25
	10,0	97,0	x 113	x 1	x 0,20	1.4571	1,7	90	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,15	±0,0008	740	17,8	4234000	86,8	8,34
102	7,0	102	x 118	x 1	x 0,15	1.4571	1,5	100	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / - 0,64	±0,17	±0,0007	330	8,71	2660000	95,2	6,55
	10,0	102	x 118	x 1	x 0,20	1.4571	1,7	90	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,15	±0,0007	750	19,8	4710000	95,2	8,74
106	7,0	106	x 122	x 1	x 0,15	1.4571	1,5	100	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / - 0,64	±0,16	±0,0007	330	9,36	2859000	102,2	6,79
	10,0	106	x 122	x 1	x 0,20	1.4571	1,6	95	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,14	±0,0007	750	21,3	5710000	102,2	9,05
112	7,0	112	x 128	x 1	x 0,15	1.4571	1,6	95	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / - 0,64	±0,15	±0,0007	340	10,7	2870000	110,0	7,15
	10,0	112	x 128	x 1	x 0,20	1.4571	1,7	90	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,13	±0,0007	760	23,9	5680000	110,0	9,53
127	7,0	127	x 143	x 1	x 0,15	1.4571	1,6	95	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / - 0,64	±0,14	±0,0006	350	13,9	3740000	143,0	8,04
	10,0	127	x 143	x 1	x 0,20	1.4571	1,7	90	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,12	±0,0006	770	30,6	7280000	143,0	10,72
142	7,0	142	x 158	x 1	x 0,15	1.4571	1,8	20	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / - 0,64	±0,12	±0,0006	350	17,2	3650000	177,0	8,94
	10,0	142	x 158	x 1	x 0,20	1.4571	1,9	20	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / - 0,56	±0,11	±0,0006	770	37,8	7200000	177,0	11,91
	4,0	142	x 168	x 1	x 0,15	1.4571	2,8	20	±0,3	±0,3	1,00 = + 0,2 / - 0,8	±0,15	±0,0012	220	11,5	1010000	189,0	15,00
	6,0	142	x 168	x 1	x 0,20	1.4571	3,0	20	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / - 0,64	±0,12	±0,0010	570	29,9	2280000	189,0	20,00
147	6,0	147	x 167	x 1	x 0,15	1.4571	1,8	20	±0,3	±0,3	0,90 = + 0,18 / - 0,72	±0,13	±0,0007	450	24,2	5130000	192,0	11,69
	8,0	147	x 167	x 1	x 0,20	1.4571	2,0	20	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / - 0,64	±0,12	±0,0007	850	45,7	7860000	192,0	15,59
158	8,0	158	x 178	x 1	x 0,20	1.4571	1,8	20	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / - 0,64	±0,11	±0,0006	870	53,3	11300000	221,0	16,63

*für Anschlussteillängen < 20 mm, bei längeren Anschlussteilen verringert sich die maximale Membranpaarzahl

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



Bezugs- durch- messer	Nenn- druck P _N **	Balgprofil				Werkstoff	Länge je Mem- branpaar l _w	max. Anzahl Membran- paare e*	Ø-Toleranzen		Nennausslenkung je Welle (für 10.000 Lastspiele)			Federrate je Welle (± 30%)			wirks. Quer- schnitt A	Gewicht je Membran- paar
		d _i	D _A	n _L	s				d _i	D _A								
mm	bar	mm	mm	–	mm	–	mm	–	mm	mm	mm	Grad	mm	N/mm	Nm/Grad	N/mm	cm²	g
158	12,0	158 x 178 x 1 x 0,25	1.4571	2,0	20	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / – 0,56	±0,10	±0,0006	1370	83,9	14400000	221,0	20,79			
168	6,0	168 x 188 x 1 x 0,15	1.4571	2,1	20	±0,3	±0,3	0,90 = + 0,18 / – 0,72	±0,12	±0,0007	520	35,9	5600000	249,0	13,25			
	8,0	168 x 188 x 1 x 0,20	1.4571	2,2	20	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / – 0,64	±0,10	±0,0007	930	64,3	9130000	249,0	17,67			
176	9,0	176 x 196 x 1 x 0,25	1.4571	2,1	20	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / – 0,56	±0,09	±0,0005	1530	115	18000000	272,0	23,08			
	12,0	176 x 196 x 1 x 0,30	1.4571	2,2	20	±0,3	±0,3	0,60 = + 0,12 / – 0,48	±0,07	±0,0005	2200	166	23600000	272,0	27,70			
186	3,0	186 x 212 x 1 x 0,15	1.4571	3,0	20	±0,3	±0,3	1,20 = + 0,24 / – 0,96	±0,14	±0,0012	280	24,2	1850000	311,0	19,26			
191	7,0	191 x 211 x 1 x 0,20	1.4571	2,0	20	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / – 0,64	±0,09	±0,0005	1050	92,5	15900000	315,0	19,96			
	10,0	191 x 211 x 1 x 0,25	1.4571	2,1	20	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / – 0,56	±0,08	±0,0005	1650	145	22600000	315,0	24,94			
205	10,0	205 x 225 x 1 x 0,25	1.4571	2,1	20	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / – 0,56	±0,07	±0,0005	1800	182	28300000	363,0	26,68			
	12,0	205 x 225 x 1 x 0,30	1.4571	2,2	20	±0,3	±0,3	0,60 = + 0,12 / – 0,48	±0,06	±0,0004	2900	292	41500000	363,0	32,02			
223	10,0	223 x 243 x 1 x 0,25	1.4571	2,1	20	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / – 0,56	±0,07	±0,0004	1850	219	34160000	427,0	28,92			
	12,0	223 x 243 x 1 x 0,30	1.4571	2,2	20	±0,3	±0,3	0,60 = + 0,12 / – 0,48	±0,06	±0,0004	2950	349	49630000	427,0	34,70			
240	10,0	240 x 260 x 1 x 0,25	1.4571	2,1	20	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / – 0,56	±0,06	±0,0004	1900	259	40390000	488,0	31,03			
	12,0	240 x 260 x 1 x 0,30	1.4571	2,2	20	±0,3	±0,3	0,60 = + 0,12 / – 0,48	±0,06	±0,0004	3000	409	58100000	488,0	37,23			
250	6,0	250 x 275 x 1 x 0,25	1.4571	2,6	20	±0,3	±0,3	0,90 = + 0,18 / – 0,72	±0,08	±0,0006	1400	210	21400000	537,0	40,72			
	8,0	250 x 275 x 1 x 0,30	1.4571	2,7	20	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / – 0,64	±0,07	±0,0005	2200	331	31200000	537,0	48,86			
268	6,0	268 x 292 x 1 x 0,25	1.4571	2,6	20	±0,3	±0,3	0,90 = + 0,18 / – 0,72	±0,07	±0,0006	1600	274	27800000	611,0	41,70			
	8,0	268 x 292 x 1 x 0,30	1.4571	2,7	20	±0,3	±0,3	0,80 = + 0,16 / – 0,64	±0,07	±0,0005	2500	428	40300000	611,0	50,04			
280	5,0	280 x 300 x 1 x 0,25	1.4571	2,6	20	±0,3	±0,3	0,70 = + 0,14 / – 0,56	±0,06	±0,0004	2000	367	37300000	656,0	35,99			
	7,0	280 x 300 x 1 x 0,30	1.4571	2,7	20	±0,3	±0,3	0,60 = + 0,12 / – 0,48	±0,05	±0,0004	3100	569	53600000	656,0	43,19			

*für Anslussteillängen < 20 mm, bei längeren Anslussteilen verringert sich die maximale Membranpaarzahl

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

6.8 | Geometrie der Anschlusssteile für Metall- und Membranbälge



Übersicht

Metallbälge mit B-Bord

Die Gestaltung des Schweißbereichs der Anschlusssteile und die Auswahl des Schweißverfahrens werden durch die Gesamtwanddicke des Balges, das ist das Produkt aus Wanddicke und Lagenzahl, bestimmt. Die Maße d_4 , n_L und s sind den Balgtabellen 6.3 oder 6.4 zu entnehmen.

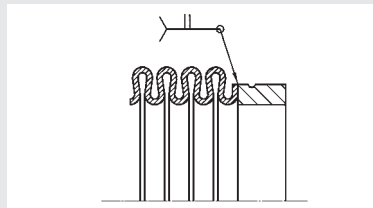


Bild 6.8.1.

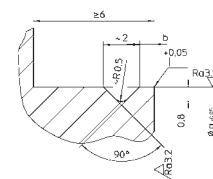
Gesamtwanddicke	Schweißverfahren	Geometrie der Schweißlippe	Schweißdurchmesser	Breite der Schweißlippe
mm	–	–	mm	mm
$n_L \times s \leq 0,10$	Laser	B III	$a = d_4 \pm 0,05$	–
$0,10 < n_L \times s \leq 0,20$	Laser	B III	$a = d_4 \pm 0,05$	–
$0,10 < n_L \times s \leq 0,20$	Laser / Microplasma	B I, B IV	$a = d_4 \pm 0,05$	$b = 0,4^{+0,1/-0}$
$0,20 < n_L \times s \leq 0,30$	Laser / Microplasma	B I, B IV	$a = d_4 \pm 0,05$	$b = (2 \times s)^{+0,1/-0}$
$0,30 < n_L \times s \leq 0,45$	Laser / Microplasma / WIG	B I, B IV	$a = d_4 \pm 0,05$	$b = (2 \times s)^{+0,1/-0}$
$0,45 < n_L \times s \leq 0,90$	Microplasma / WIG	B I, B IV	$a = d_4 \pm 0,05$	$b = (2 \times s)^{\pm 0,1}$
$0,90 < n_L \times s \leq 1,20$	WIG mit Schweißzusatz	B II, B V	$a = d_4 \pm 0,05$	$b = (2 \times s)^{\pm 0,1}$
$0,90 < n_L \times s \leq 1,20$	WIG mit Schweißzusatz	B II, B V	$a = d_4 \pm 0,05$	$b = 2,5 \pm 0,1$

Tabelle 6.8.1.

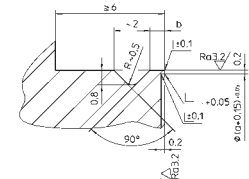
6.8 | Geometrie der Anschlusssteile für Metall- und Membranbälge

Geometrieausführungen Nahtbereich

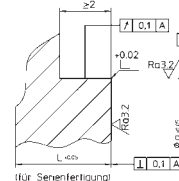
Ausführung B I



Ausführung B II (auch für Zwischenringe)

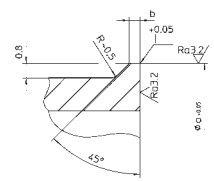


Ausführung B III



(für Senktertigung)

Ausführung B IV



Ausführung B V

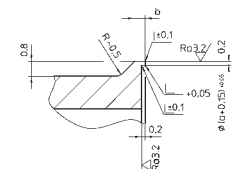


Bild 6.8.2. (Werte a und b entsprechend Tabelle 6.8.1.)

Metallbälge mit S-Bord

S-Borde können für Bälge mit maximal 3 Lagen und einer Gesamtwanddicke kleiner oder gleich 0,9 mm hergestellt werden. Die Gestaltung des Anschlusssteils wird hauptsächlich durch das Schweißverfahren bestimmt. Die Maße d_3 , l_2 , n_L und s sind den Balgtabellen 6.3 oder 6.4 zu entnehmen.

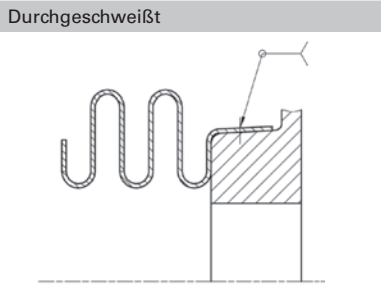


Bild 6.8.3.a

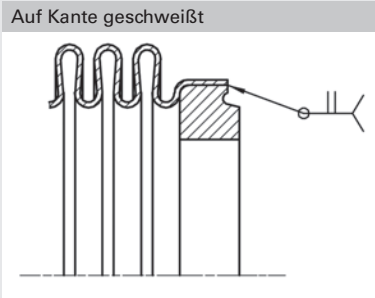


Bild 6.8.3.b

Gesamtwanddicke	Schweißverfahren und Position	Ausführung	Borddurchmesser	Schweißdurchmesser	Breite der Schweißlippe	Kantenradius
mm	–	–	mm	mm	mm	mm
$n_L \times s \leq 0,4$	Laser aufgespresst und durchgeschweißt (Bild 6.8.3.a)	S I	$35 \leq d_3 \leq 75$ *	$a = (d_3 + 0,3)^{+0,05}$	–	$R = 1,0$
$n_L \times s \leq 0,45$	Laser auf Kante geschweißt (Bild 6.8.3.b)	S II	$d_3 \leq 32$ $32 < d_3 \leq 115$ $115 < d_3$	$a = (d_3 + 0,1)^{+0,05}$ $a = (d_3 + 0,3)^{+0,05}$ $a = (d_3 + 0,5)^{+0,05}$	–	$R = 0,5$ $R = 1,0$ $R = 1,5$
$0,1 < n_L \times s \leq 0,3$	Microplasma auf Kante geschweißt (Bild 6.8.3.b)	S III	$d_3 \leq 32$ $32 < d_3 \leq 115$ $115 < d_3$	$a = (d_3 + 0,1)^{+0,05}$ $a = (d_3 + 0,3)^{+0,05}$ $a = (d_3 + 0,5)^{+0,05}$	$b = (2 \times n_L \times s)^{+0,1/-0}$	$R = 0,5$ $R = 1,0$ $R = 1,5$
$0,3 < n_L \times s \leq 0,9$	Microplasma oder WIG auf Kante geschweißt (Bild 6.8.3.b)	S III	$d_3 \leq 32$ $32 < d_3 \leq 115$ $115 < d_3$	$a = (d_3 + 0,1)^{+0,05}$ $a = (d_3 + 0,3)^{+0,05}$ $a = (d_3 + 0,5)^{+0,05}$	$b = (2 \times n_L \times s)^{+0,1/-0}$	$R = 0,5$ $R = 1,0$ $R = 1,5$

Tabelle 6.8.2.
* Andere Abmessungen mit Sonderwerkzeug

Ausführung S I

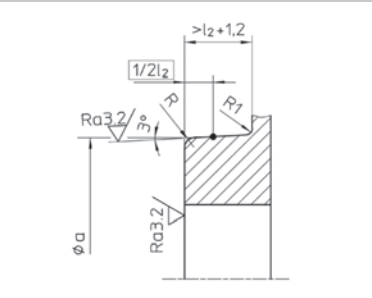
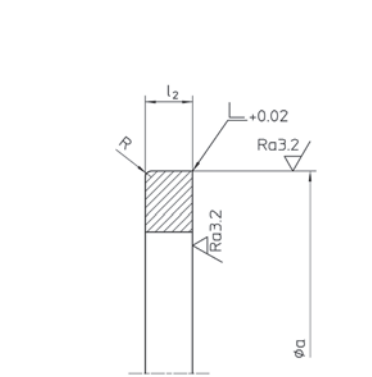
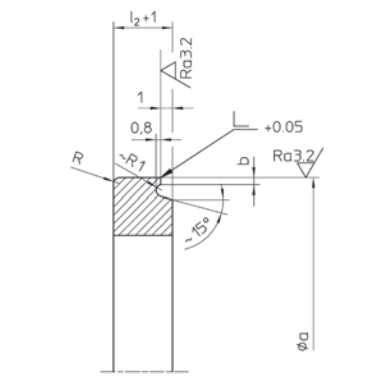


Bild 6.8.4. (Werte a, b und R entsprechend Tabelle 6.8.2., l2 entsprechend Tabelle 6.3. oder 6.4.)

Ausführung S II



Ausführung S III



Metallbälge mit J-Bord

Die Anschlussgeometrie für J-Borde (mit oder ohne Schweißlippe) wird vom Schweißverfahren bestimmt. Die Maße d3, l2, nL und s sind den Balgtabellen 6.3 oder 6.4 zu entnehmen.

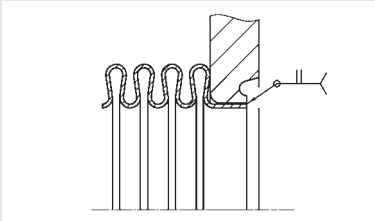


Bild 6.8.5.

Gesamtwanddicke	Schweißverfahren und Position	Ausführung	Borddurchmesser	Schweißdurchmesser	Breite der Schweißlippe	Kantenradius
mm	—	—	mm	mm	mm	mm
$n_L \times s \leq 0,45$	Laser	J I	$d_3 \leq 10$ $10 < d_3 \leq 50$ $50 < d_3$	$a = (d_3 + 2 \times n_L \times s)^{+0,2/+0,3}$	—	$R = 0,35$ $R = 1,0$ $R = 1,5$
$0,1 < n_L \times s \leq 0,3$	Microplasma	J II	$d_3 \leq 10$ $10 < d_3 \leq 50$ $50 < d_3$	$a = (d_3 + 2 \times n_L \times s)^{+0,3/+0,4}$	—	$R = 0,35$ $R = 1,0$ $R = 1,5$
$0,3 < n_L \times s \leq 0,9$	Microplasma oder WIG	J II	$d_3 \leq 10$ $10 < d_3 \leq 50$ $50 < d_3$	$a = (d_3 + 2 \times n_L \times s)^{+0,3/+0,4}$	$b = (2 \times n_L \times s)^{+0,1/-0}$	$R = 0,35$ $R = 1,0$ $R = 1,5$
$0,9 < n_L \times s \leq 2,4$	WIG mit Zusatzwerkstoff	J II	$d_3 \leq 10$ $10 < d_3 \leq 50$ $50 < d_3$	$a = (d_3 + 2 \times n_L \times s)^{+0,3/+0,4}$	$b = (2 \times n_L \times s)^{+0,1/-0}$	$R = 0,35$ $R = 1,0$ $R = 1,5$

Tabelle 6.8.3.

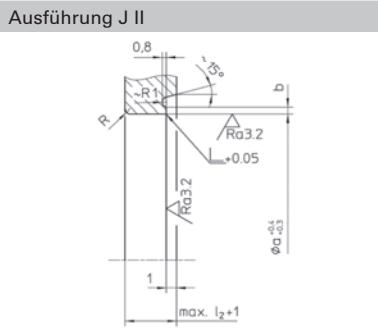
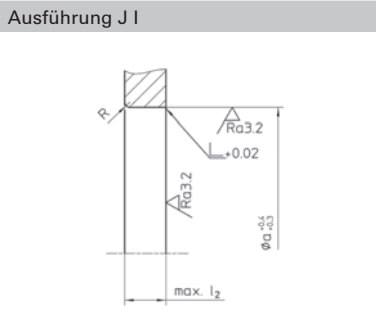


Bild 6.8.6. (Werte a, b und R entsprechend Tabelle 6.8.3., l₂ entsprechend Tabelle 6.3. oder 6.4.)

Metallbälge
Die Anschlusssteile von Membranbälgen können am Außen- oder am Innendurchmesser verschweißt werden. Das Schweißverfahren ist Microplasmaweißen. Die Maße D_A, d_i, und l_W sind in den Membranbalgtabellen 6.6 oder 6.7 angegeben.

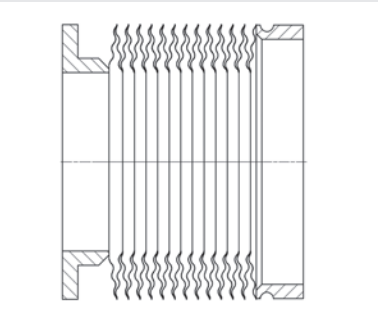


Bild 6.8.7.

Schweißposition	Balginnen-durchmesser	Schweiß-durchmesser	Breite der Schweißlippe	Kantenmaß
-	mm	mm	mm	mm
am Innendurchmesser	$d_i \leq 60$ $60 < d_i \leq 100$ $100 < d_i$	$a = d_i^{+0,1/-0}$ $a = d_i^{+0,15/-0}$ $a = d_i^{+0,2/-0}$	$b = 0,4^{+0,1/-0}$ $b = 0,5^{+0,1/-0}$ $b = 0,6^{+0,1/-0}$	$k = \max \left\{ \begin{matrix} 0,9 \\ \frac{D_A - d_i}{24} - 0,2 \end{matrix} \right.$
am Außendurchmesser	$D_A \leq 80$ $80 < D_A \leq 140$ $140 < D_A$	$a = (D_A - 0,15)^{+0,1/-0}$ $a = (D_A - 0,15)^{+0,15/-0}$ $a = (D_A - 0,15)^{+0,15/-0,05}$	$b = 0,4^{+0,1/-0}$ $b = 0,5^{+0,1/-0}$ $b = 0,6^{+0,1/-0}$	$k = \max \left\{ \begin{matrix} 0,9 \\ \frac{D_A - d_i}{24} - 0,2 \end{matrix} \right.$

Tabelle 6.8.4.

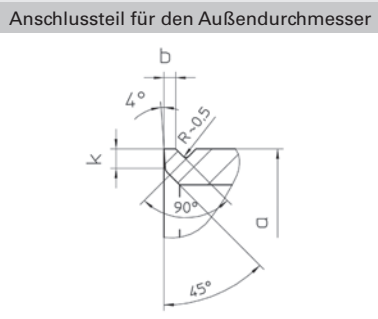
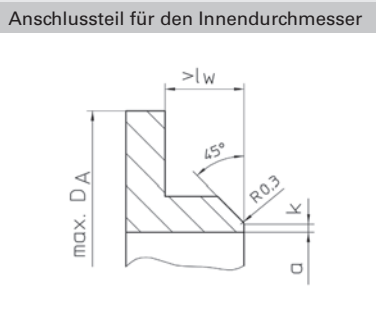
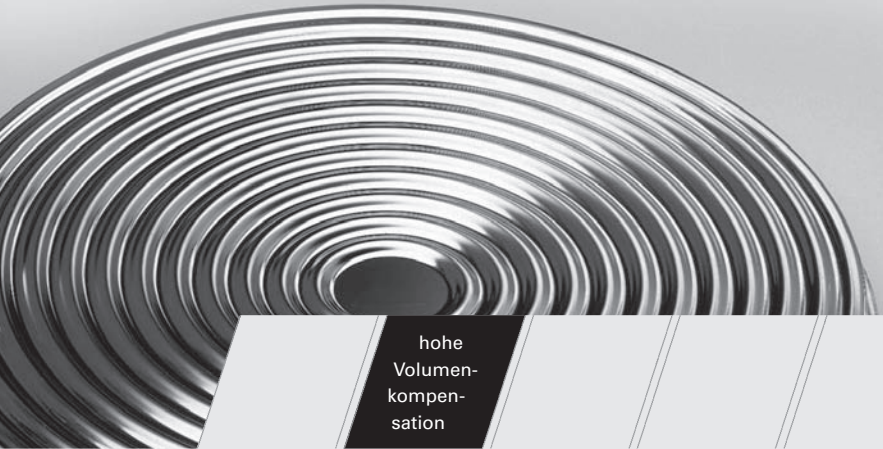


Bild 6.8.8. (Werte a, b und k entsprechend Tabelle 6.8.2., D_A entsprechend Tabelle 6.6. oder 6.7.)



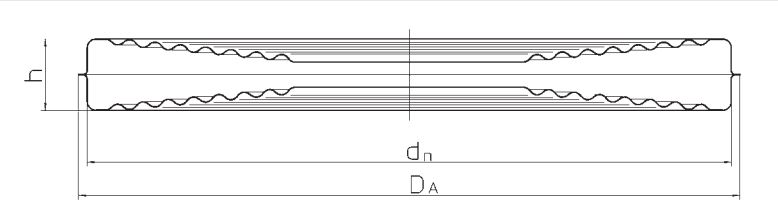
Ausgleich von Volumenänderungen

HYDRA-Dehnzellen werden durch ihre Einbaumaße, die Volumenkompensation und die Differenzdrücke, bei denen das minimale bzw. maximale Dehnzellenvolumen erreicht wird, beschrieben. Negative Differenzdrücke bedeuten dabei Außenüberdruck.

Standardwerkstoff für Dehnzellen ist 1.4541, andere Werkstoffe sind auf Anfrage lieferbar.

Balgbezeichnung (beispielhaft):

DZ	500	x	515	x	0,5	1.4541
DZ: Dehnzelle	Neendurchmesser $d_n = 500$ mm		Außendurchmesser $D_A = 515$ mm		Wanddicke 0,5 mm	Werkstoff 1.4571



Dehnzellen: Abmessungen und Leistungsdaten

Neendurchmesser d_n	Außendurchmesser D_A	Höhe h	Volumenkompensation $\Delta V (\pm 5\%)$	Differenzdruck min. / max.
mm	mm	mm	l	mbar
260	275	40	1,9	-100 / 240
330	342	36	4,5	-100 / 550
380	390	42	7,5	-350 / 1000
440	450	42	10,0	-350 / 1000
500	515	56	12,5	-100 / 510

Tab. 6.9.1.

6.10 | HYDRA-Präzisionsrohre



dünnwandig
und
präzise

HYDRA-Präzisionsrohre sind nach Durchmesser und Wanddicke sortiert. Die maximale Lieferlänge eines Rohres beträgt 6.500 m; 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.

Balgbezeichnung (beispielhaft):

HWE	35,8	x	0,2	x	300	1.4571
-----	------	---	-----	---	-----	--------

HWE:
Präzisionsrohr

Außendurch-
messer
 $D_A = 35,8$ mm

Wanddicke
0,2 mm

Länge
300 mm

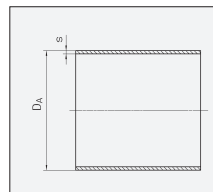
Werkstoff
1.4571

6.10 | HYDRA-Präzisionsrohre

Dünnwandige Edelstahlrohre

Standardwerkstoff: 1.4571

HYDRA



Außendurch- messer D_A	Wanddicke 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

Außendurch- messer D_A	Wanddicke 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

Außendurch- messer D_A	Wanddicke 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

6.10 | HYDRA-Präzisionsrohre

Dünnwandige Edelstahlrohre

Standardwerkstoff: 1.4571

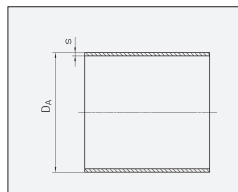
HYDRA

6.10 | HYDRA-Präzisionsrohre

Dünnwandige Edelstahlrohre

Standardwerkstoff: 1.4571

HYDRA



Außendurchmesser D _A	Wanddicke 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 D _A	Wanddicke 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 D _A	Wanddicke 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

Außendurchmesser D _A	Wanddicke 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 D _A	Wanddicke 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 D _A	Wanddicke 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
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
10,50	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

6.10 | HYDRA-Präzisionsrohre

Dünnwandige Edelstahlrohre

Standardwerkstoff: 1.4571

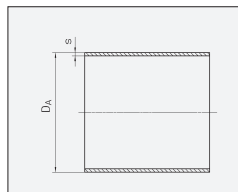
HYDRA

6.10 | HYDRA-Präzisionsrohre

Dünnwandige Edelstahlrohre

Standardwerkstoff: 1.4571

HYDRA



Außendurchmesser D _A	Wanddicke 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 D _A	Wanddicke 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 D _A	Wanddicke 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

Außendurchmesser D _A	Wanddicke 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 D _A	Wanddicke 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

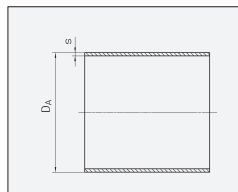
Außendurchmesser D _A	Wanddicke s
[mm]	[mm]
32,40	0,30
33,10	0,30
33,60	0,30
34,60	0,30
35,30	0,30
36,00	0,30
36,10	0,30
36,70	0,30
37,40	0,30
37,60	0,30
38,10	0,30
38,85	0,30
39,15	0,30
39,60	0,30
39,95	0,30
40,35	0,30
41,10	0,30
41,20	0,30
41,85	0,30
42,00	0,30
42,60	0,30
43,35	0,30
43,40	0,30
44,10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

6.10 | HYDRA-Präzisionsrohre

Dünnwandige Edelstahlrohre

Standardwerkstoff: 1.4571

HYDRA

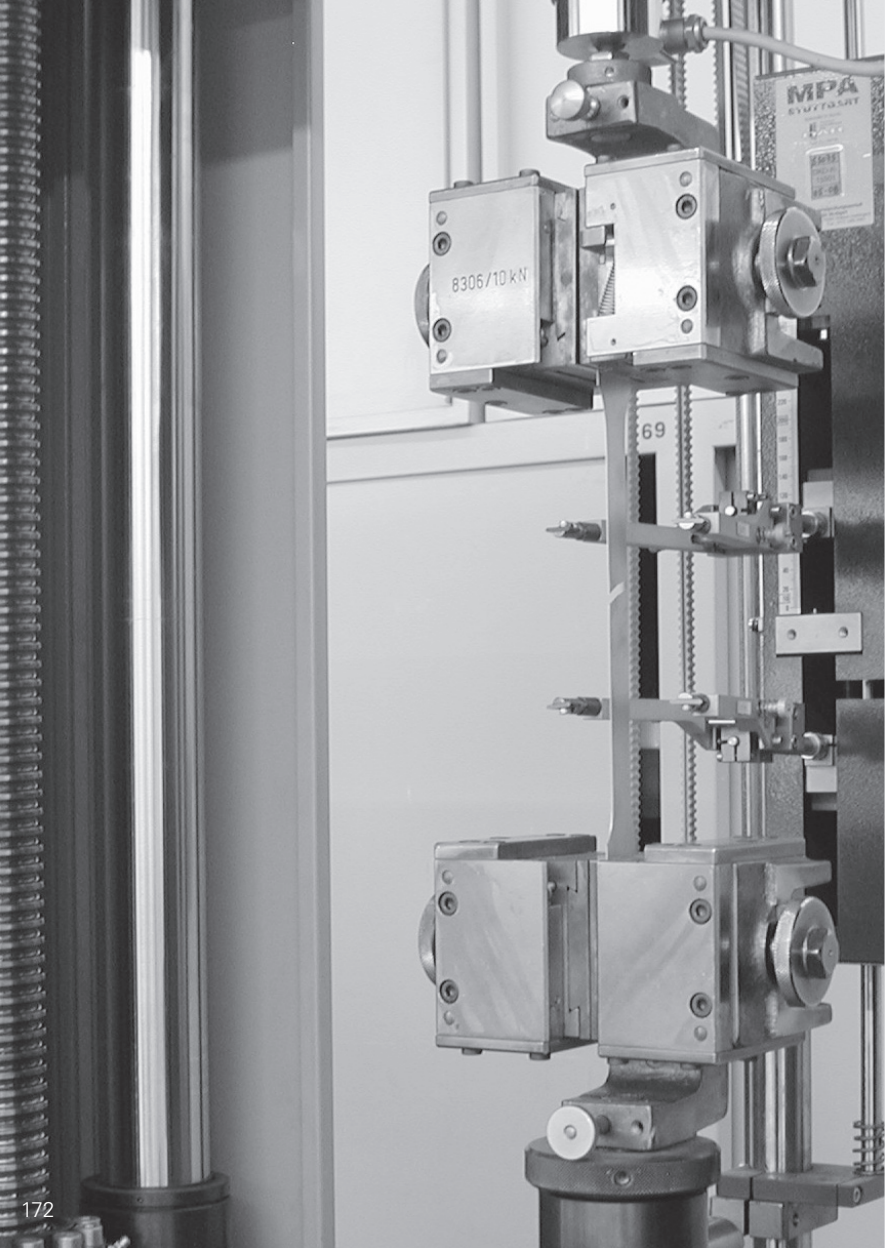


Außendurchmesser D_A	Wanddicke s
[mm]	[mm]
48,00	0,30
48,80	0,30
49,40	0,30
49,60	0,30
50,40	0,30
51,20	0,30
52,00	0,30
52,36	0,30
52,80	0,30
53,60	0,30
54,20	0,30
54,40	0,30
55,00	0,30
55,20	0,30
56,00	0,30
56,70	0,30
56,80	0,30
57,50	0,30
57,60	0,30
58,40	0,30
59,20	0,30
60,00	0,30
60,60	0,30
61,40	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 D_A	Wanddicke 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 D_A	Wanddicke 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.



7 | Datenblätter

7.1 Werkstoffdatenblätter	174
7.2 Korrosionsbeständigkeit	200
7.3 Umrechnungstabellen und Formelzeichen	239
7.4 Anfragespezifikation	252
7.5 Unterlagen zu weiteren Produkten	251

Werkstoff- gruppe	Werkstoff-Nr. nach DIN EN 10 027	Kurzname nach DIN EN 10 027	Kurzname nach DIN (alt)	Halbzeugart	Dokumentation	Dokumentation alt	Obere Grenz- temp. °C
Unlegierter Stahl	1.0254	P235TR1	St 37.0	geschw. Rohre nahtlose Rohre	DIN EN 10217-1 DIN EN 10216-1	DIN 1626 DIN 1629	300
	1.0255	P235TR2	St 37.4	geschw. Rohre nahtlose Rohre	DIN EN 10217-1 DIN EN 10216-1		
	1.0427	C22G1	C 22.3	Flansche	VdTÜV-W 364		350
Allgemeiner Baustahl	1.0038	S235JRG2	RSt 37-2	Stabstahl, Flach- zeuge, Walzdraht	DIN EN 10025		300
	1.0050	E295	St 50-2				
	1.0570	S355J2G3	St 52-3	Profile	AD W1		
Warmfester unlegierter Stahl	1.0460	C22G2	C 22.8	Flansche	VdTÜVW 350		450
Warmfester Stahl	1.0345	P235GH	HI	Blech	DIN EN 10028	DIN 17155	480
				nahtloses Rohr	DIN EN 10216		450
	1.0425	P265GH	HII	Blech	DIN EN 10028	DIN 17155	480
	1.0481	P295GH	17 Mn 4	Blech nahtloses Rohr	DIN EN 10028 DIN 17175	DIN 17155	500
	1.5415	16Mo3	15 Mo 3	Blech nahtloses Rohr	DIN EN 10028 DIN 17175	DIN 17155	530
	1.7335	13CrMo4-5	13 CrMo 4 4	Blech nahtloses Rohr	DIN EN 10028 DIN 17175	DIN 17155	570
	1.7380	10CrMo9-10	10 CrMo 9 10	Blech nahtloses Rohr	DIN EN 10028 DIN 17175	DIN 17155	600
	1.0305	P235G1TH	St 35.8	nahtloses Rohr	DIN 17175		480
Feinkorn Baustahl							
normal	1.0562	P355N	StE 355	Blech	DIN EN 10028	DIN 17102	
warmfest	1.0565	P355NH	WStE 355				400
kaltzäh	1.0566	P355NL1	TStE 355	Stabstahl			(-50) ¹⁾
Sonder	1.1106	P355NL2	ESStE 355				(-60) ¹⁾

1) untere Grenztemperatur

Werkstoff-Nr. nach DIN EN 10 027	Streckgrenze min. R _{0,01} N/mm ²	Zugfestigkeit R _m N/mm ²	Bruchdehnung, min. A ₅ % A ₈₀ %		Kerbschlagarbeit min. A _K (KV ²⁾) J	Bemerkungen
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 RT: 31	s ≤ 70
1.0038	235	340-470	21-26 ¹⁾	17-21 ³⁾	bei RT: 27	3 ≤ s ≤ 100 (R _m)
1.0050	295	470-610	16-20 ¹⁾	12-16 ³⁾		10 ≤ s ≤ 150 (KV)
1.0570	355	490-630	18-22 ¹⁾	14-18 ³⁾	bei -20 °C: 27	s < 16 (R _{0,01})
1.0460	240	410-540	20		bei RT: 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
	270					
1.5415	275	440-590	24		bei RT: 31	s ≤ 16
	270					
1.7335	300	440-600	20		bei RT: 31	s ≤ 16
	290					
1.7380	310	480-630	18		bei RT: 31	s ≤ 16
	280					
1.0305	235	360-480	23		bei RT: 34	s ≤ 16
1.0562	355	490-630	22		bei 0 °C: 47	s ≤ 16
					bei 0 °C: 47	s ≤ 16
					bei 0 °C: 55	s ≤ 16
					bei 0 °C: 90	s ≤ 16

1) kleinster Wert aus Längs- bzw. Querprobe

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

3) abhängig von der Erzeugnisdicke

Werkstoff- gruppe	Werkstoff-Nr. nach DIN EN 10 027	Kurzname nach DIN EN 10 027	Halbzeugart	Dokumentation	Dokumentation alt	Obere Grenztemp. °C
Nichtrostender ferritischer Stahl	1.4511	X3CrNb17	Band	DIN EN 10088 VdTÜV-W422	DIN 17441 ²⁾	200 nach VdTÜV
	1.4512	X2CrTi12	Band	DIN EN 10088 SEW 400		350
Nichtrostender austenitischer Stahl	1.4301	X5CrNi18-10	Band Blech	DIN EN 10088	DIN 17441/97 DIN 17440/96	550 / 300 ¹⁾
	1.4306	X2CrNi19-11	Band Blech	DIN EN 10088	DIN 17441/97 DIN 17440/96	550 / 350 ¹⁾
	1.4541	X6CrNiTi18-10	Band Blech	DIN EN 10088	DIN 17441/97 DIN 17440/96	550 / 400 ¹⁾
	1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2	Band Blech	DIN EN 10088	DIN 17441/97 DIN 17440/96	550 / 400 ¹⁾
	1.4404	X2CrNiMo17-12-2	Band Blech	DIN EN 10088	DIN 17441/97 DIN 17440/96	550 / 400 ¹⁾
	1.4435	X2CrNiMo18-14-3	Band Blech	DIN EN 10088	DIN 17441/97 DIN 17440/96	550 / 400 ¹⁾
	1.4565	X2CrNiMnMoNbN25-18-5-4	Band, Blech	SEW 400 / 97	SEW 400 / 91	550 / 400 ¹⁾
	1.4539	X1NiCrMoCu25-20-5	Blech, Band	DIN EN 10088		550 / 400 ¹⁾
			nahtloses Rohr	VdTÜV-W421		400
	1.4529	X1NiCrMoCuN25-20-7	Blech, Band nahtloses Rohr	DIN EN 10088 VdTÜV-W 502		400
Hochwarm- fester austenitischer Stahl	1.4948	X6CrNi18-10	Blech, Band Schmiedestück nahtloses Rohr	DIN EN 10028-7 DIN EN 10222-5 DIN 17459	DIN 17460 DIN 17460	600 600 600
	1.4919	X6CrNiMo17-13	Blech, Band, Stäbe Schmiedestück nahtloses Rohr	DIN 17460 DIN 17459		600 600
	1.4958	X5NiCrAlTi31-20	Blech, Band, Stäbe Schmiedestück nahtloses Rohr	DIN 17460 DIN 17459		600 600

1) Grenztemperatur bei Gefahr von interkristalliner Korrosion

2) frühere Norm DIN 17441 7/85

Werkstoff-Nr. nach DIN EN 10 027		Dehngrenzen min. R _{p0,2} N/mm ²	R _{p1,0} N/mm ²	Zugfestigkeit R _m N/mm ²	Bruchdehnung, min > 3 mm Dicke A ₅ %	< 3 mm Dicke A ₈₀ %	Kerbschlagarbeit > 10 mm Dicke, quer min. KV in J	Bemerkungen
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 RT: 60	s ≤ 6
	l	215	245		43	40		
1.4306	q	220	250	520-670	45	45	bei RT: 60	s ≤ 6
	l	205	235		43	40		
1.4541	q	220	250	520-720	40	40	bei RT: 60	s ≤ 6
	l	205	235		38	35		
1.4571	q	240	270	540-690	40	40	bei RT: 60	s ≤ 6
	l	225	255		38	35		
1.4404	q	240	270	530-680	40	40	bei RT: 60	s ≤ 6
	l	225	255		38	35		
1.4435	q	240	270	550-700	40	40	bei RT: 60	s ≤ 6
	l	225	255		38	35		
1.4565	q	420	460	800-1000	30	25	bei RT: 55	s ≤ 30
1.4539	q	240	270	530-730	35	35	bei RT: 60	s ≤ 6
	l	225	255		33	30		
		220	250	520-720	40	40		
1.4529	q	300	340	650-850	40	40	bei RT: 60	s ≤ 75
	l	285	325		38	35		
		300	340	600-800	40	40	bei RT: 84	
1.4948	q	230	260	530-740	45	45	bei RT: 60	s ≤ 6
	q	195	230	490-690	35		bei RT: 60	s ≤ 250
	q	185	225	500-700	30		bei RT: 60	
1.4919		205	245	490-690	35	30	bei RT: 60	
		205	245	490-690	30		bei RT: 60	
1.4958		170	200	500-750	35	30	bei RT: 80	
			200					
		170		500-750	35		bei RT: 80	s ≤ 50

3) kleinster Wert aus Längs- bzw. Querprobe, q = Zugprobe, quer, l = Zugprobe, längs

7.1 | Werkstoffdatenblätter

Bezeichnungen, Lieferformen, Grenztemperaturen

HYDRA

Werkstoff- gruppe	Werkstoff-Nr. nach DIN EN 10 027 ¹⁾	Kurzname nach DIN EN 10 027	Handelsname	Halbzeugart	Dokumentation	Obere Grenz- temp. °C
Hitze- beständiger Stahl	1.4828	X15CrNiSi20-12		Blech, Band,	DIN EN 10095 (SEW470)	900
	1.4876	X10NiCrAlTi32-21	INCOLOY 800	Blech, Band alle	SEW470 VdTÜV-W412	600
		X10NiCrAlTi32-21 H	INCOLOY 800 H	Blech, Band alle	VdTÜV-W434 DIN EN 10095	950 900
	2.4858	NiCr21Mo	INCOLOY 825	alle Blech, Band	DIN 17750/02 VdTÜV-W432 DIN 17744 ²⁾	450
Nickel- basis- legierungen	2.4816	NiCr15Fe	INCONEL 600 INCONEL 600 H	Blech, Band	DIN EN 10095 DIN 17750/02 VdTÜV-W305 DIN 17742 ²⁾	1000 450
	2.4819	NiMo16Cr15W	HASTELLOY C-276	Blech, Band	DIN 17750/02 VdTÜV-W400 DIN 17744 ²⁾	450
	2.4856	NiCr22Mo9Nb	INCONEL 625 INCONEL 625 H	Flacherzeugnisse Blech, Band	DIN EN 10095 DIN 17750/02 (VdTÜV-W499) DIN 17744 ²⁾	900 450
	2.4610	NiMo16Cr16Ti	HASTELLOY-C4	Blech, Band Blech, Band	DIN 17750/02 VdTÜV-W424 DIN 17744 ²⁾	400
	2.4360	NiCu30Fe	MONEL	Band, Blech nahtloses Rohr Schmiedestück	DIN 17750/02 VdTÜV-W 263 DIN 17743 ²⁾	425

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

2) chemische Zusammensetzung

7.1 | Werkstoffdatenblätter

Festigkeitskennwerte bei Raumtemperatur (RT)
(gewährleistete Werte ³⁾)

HYDRA

Werkstoff-Nr. nach DIN EN 10 027 ¹⁾	Dehngrenzen min. $R_{p0,2}$ N/mm ² $R_{p1,0}$ N/mm ²		Zugfestigkeit R_m N/mm ²	Bruchdehnung, min A_5 % A_{80} %		Kerbschlagarbeit min. KV J	Bemerkungen
1.4828	230	270	500-750				s ≤ 3 mm lösungsgeglüht
1.4876 INCOLOY 800	170 210	210 240	450-680 500-750	22 30		bei RT: 150 ⁴⁾	weichgeglüht
(1.4876 H) INCOLOY 800H	170 170	200 210	450-700 450-680	30	28		lösungsgeglüht (AT)
2.4858 INCOLOY 825	240 235	270 265	≥ 550 550-750	30		bei RT: 80	weichgeglüht s ≤ 30 mm
2.4816 INCONEL 600 INCONEL 600 H	240 180 200 180	210 210 230 210	500-850 ≥ 550 550-750 500-700		28 30 35 30	bei RT: 150 ⁴⁾ bei RT: 150 ⁴⁾	geglüht (+A) lösungsgeglüht (F50) weichgeglüht lösungsgeglüht
2.4819 HASTELLOY C-276	310 310	330 330	≥ 690 730-1000	30 30	30 30	bei RT: 96	s ≤ 5 mm, lösungsge- glüht (F69)
2.4856 INCONEL 625 H INCONEL 625	415 275 400	305 305 440	820-1050 ≥ 690 830-1000			bei RT: 100	s ≤ 3 mm, geglüht (+A) lösungsgeglüht (F69) s ≤ 3 mm; weichgeglüht
2.4610 HASTELLOY-C4	305 280	340 315	≥ 690 700-900	40 40	30 30	bei RT: 96 bei RT: 96	s ≤ 5, lösungsgeglüht 5 < s ≤ 30
2.4360 MONEL	175 175	205	≥ 450 450-600	30 30		bei RT: 120	s ≤ 50, weichgeglüht weichgeglüht

3) kleinster Wert aus Längs- bzw. Querprobe

4) Wert a_k in J/cm²

7.1 | Werkstoffdatenblätter

Bezeichnungen, Lieferformen, Grenztemperaturen

HYDRA

Werkstoffgruppe	Werkstoffbezeichnung				Halbzeugart	Dokumentation	Dokumentation alt	Obere Grenztemp. °C
	DIN EN 1652 (neu) Nummer	Kurzzeichen	DIN 17670 (alt) Nummer	Kurzzeichen				
Kupferbasislegierung	CW354H	CuNi30Mn1Fe	2.0882	CuNi30Mn1Fe CUNIFER 30 ¹⁾	Band, Blech	DIN-EN 1652 AD-W 6/2	DIN 17664 DIN 17670	350
Kupfer	CW024A	Cu-DHP	2.0090	SF-Cu	Band, Blech	DIN-EN 1652 AD-W 6/2	DIN 1787 DIN 17670	250
Kupferzinnlegierung	CW452K	CuSn6	2.1020	CuSn6 Bronze	Band, Blech	DIN-EN 1652	DIN 17662 DIN 17670	
Kupferzinklegierung	CW503L	CuZn20	2.0250	CuZn 20	Band, Blech	DIN-EN 1652	DIN 17660 DIN 17670	
	CW508L	CuZn37	2.0321	CuZn 37 Messing	Band, Blech	DIN-EN 1652	DIN 17660 DIN 17670	
			2.0402	CuZn40Pb2	Band, Blech	DIN 17670 DIN 17660		
	DIN EN 485-2 (neu) Nummer Kurzzeichen		DIN 1745-1 (alt) Nummer Kurzzeichen		Halbzeugart	Dokumentation	Dokumentation alt	Obere Grenztemp.
Aluminiumknetlegierung	EN AW-5754	EN AW-Al Mg3	3.3535	AlMg 3	Band, Blech	DIN EN 485-2 DIN EN 575-3 AD-W 6/1	DIN 1745 DIN 1725	150 (AD-W)
	EN AW-6082	EN AW- AlSi1MgMn	3.2315	AlMgSi 1	Band, Blech	DIN-EN 485-2 DIN-EN 573-3	DIN 1745 DIN 1725	
Reinnickel				LC-Ni 99	Band, Blech	VdTÜV-W 345		600
Titan	2.4068 3.7025	LC-Ni 99 Ti 1		Ti 1	Band, Blech	DIN 17 850 DIN 17 860 VdTÜV-W 230		250
Tantal		Ta		Ta	Band, Blech	VdTÜV-W382		250

1) Handelsname

7.1 | Werkstoffdatenblätter

Festigkeitskennwerte bei Raumtemperatur (RT)
(gewährleistete Werte ²⁾)

HYDRA

Werkstoff-Nr.	Dehngrenzen min.		Zugfestigkeit R _m N/mm ²	Bruchdehnung min. A ₅ %	Kerbschlagarbeit min. KV J	Bemerkungen
	R _{p0,2} N/mm ²	R _{p1,0} N/mm ²				
CW354H 2.0882	≥ 120		350-420	35 ⁶⁾		R350 (F35) ⁴⁾ 0,3 ≤ s ≤ 15
CW024A 2.0090	≤ 100		200-250	42 ⁶⁾		R200 (F20) ⁴⁾ s > 5 mm
	≤ 140		220-260	33 ⁷⁾ / 42 ⁴⁾		R220 (F22) ⁴⁾ 0,2 ≤ s ≤ 5 mm
CW452K 2.1020	≤ 300		350-420	45 ⁷⁾		R350 (F35) ⁴⁾ 0,1 ≤ s ≤ 5 mm
				55 ⁶⁾		
CW503L 2.0250	≤ 150		270-320	38 ⁷⁾		R270 (F27) ⁴⁾ 0,2 ≤ s ≤ 5 mm
				48 ⁶⁾		
CW508L 2.0321	≤ 180		300-370	38 ⁷⁾		R300 (F30) ⁴⁾ 0,2 ≤ s ≤ 5 mm
				48 ⁶⁾		
2.0402	≤ 300		≥ 380	35		(F38) ⁵⁾ 0,3 ≤ s ≤ 5 mm
Werkstoff-Nr.	Dehngrenzen min.		Zugfestigkeit R _m N/mm ²	Bruchdehnung min. A ₅ %	Kerbschlagarbeit min. KV J	Bemerkungen
	R _{p0,2} N/mm ²	R _{p1,0} N/mm ²				
EN AW-5754 3.3535	≥ 80		190-240	14 (A50)		0,5 < s ≤ 1,5 mm Zustand: O / H111 DIN EN-Werte
EN AW-6082 3.2315	≤ 85		≤ 150	14 (A50)		0,4 ≤ s ≤ 1,5 mm Zustand: O ; DIN EN Werte
	≥ 80	≥ 105	340-540	40		
3.7025	≥ 180	≥ 200	290-410	30 / 24 ⁸⁾	62	0,4 < s ≤ 8 mm
TANTAL - ES	≥ 140		≥ 225	35 ³⁾		0,1 ≤ s ≤ 5,0 elektronenstrahl-erschmolzen gesintert im Vakuum
TANTAL - GS	≥ 200		≥ 280	30 ³⁾		

2) Kleinster Wert aus Längs- bzw. Querprobe

3) Meßlänge l₀ = 25 mm

6) Angabe in DIN EN für s > 2,5 mm

4) Zustandsbezeichnung nach DIN EN 1652 bzw. (–) nach DIN

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

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

8) A50 für Dicken ≤ 5 mm

7.1 | Werkstoffdatenblätter

Chemische Zusammensetzung (Massenanteil in %)

HYDRA

Werkstoff- gruppe	Werk- stoff- Nr.	Kurzname	C ¹⁾	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 unl. Stahl	1.0460	C22G2	0,18 - 0,23	0,15 -0,35	0,40 -0,90	0,035	0,030	≤ 0,30			
Warmfester Stahl	1.0345	P235GH	≤ 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
	1.0425	P265GH	≤ 0,20	0,4	0,50	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	Cr+Cu+Mo+Ni ≤ 0,70
	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				

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

7.1 | Werkstoffdatenblätter

Chemische Zusammensetzung (Massenanteil in %)

HYDRA

Werkstoff- gruppe	Werk- stoff- 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) Cu, N, Nb, Ti, V Nb + Ti + V ≤ 0,12
	1.0565	P355NH	0,2	0,50	0,9 - 1,70	0,03	0,025	≤ 0,3	≤ 0,8	≤ 0,5	
	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	
Nicht- rostender ferritischer Stahl	1.4511	X3CrNb17	0,05	1,00	≤ 1,0	0,040	0,015	16,0 - 18,0			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
Nicht- rostender austeni- tischer Stahl	1.4301	X5CrNi18-10	0,07	1,00	≤ 2,0	0,045	0,015	17,0 - 19,5		8,00 -10,50	
	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	X2CrNiMoMo NbN2518-5-4	0,04	1,00	4,50 - 6,5	0,030	0,015	21,0 - 25,0	3,0 - 4,5	15,0 - 18,0	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, 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

7.1 | Werkstoffdatenblätter

Chemische Zusammensetzung (Massenanteil in %)

HYDRA

Werkstoff- gruppe	Werkstoff- Nr.	Kurzname Handelsname	C	Si	Mn	P max.	S max.	Cr	Mo	Ni	Sonstige Elemente
Hoch- warm- fester austeni- scher 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	
Hitze- beständiger 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: max 0,11
	1.4876 (DIN EN	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
	10095) 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
Nickel-basis- legierung		NiCr15Fe INCONEL 600	0,05 -0,1	≤ 0,5	≤ 1,0	0,02	0,015	14,0 -17,0		> 72	Ti, Cu, Al
	2.4816	INCONEL 600 H									
		NiMo16Cr15W	≤ 0,01	0,08	≤ 1,0	0,02	0,015	14,5 16,5	15 -17	Rest	V, Co, Cu, Fe
	2.4819	HASTELLOY C-276									
		NiCr22Mo9Nb INCONEL 625	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
	2.4856	INCONEL 625 H									Co ≤ 1,0
		NiMo16Cr16Ti HASTELLOY C4	≤ 0,015	≤ 0,08	≤ 1,0	0,025	0,015	14,0 -18,0	14,0 -17,0	Rest	Ti, Cu, Co ≤ 2,0
Kupfer-basis- legierung		NiCu30Fe MONEL	≤ 0,15	≤ 0,5	≤ 2,0		0,02			> 63	Cu: 28 - 34% Ti, Al, Co ≤ 1,0
	2.4360										
		CuNi 30 Mn1 Fe CUNIFER 30	≤ 0,05		0,5 -1,50		0,050			30,0 -32,0	Cu: Rest, Pb, Zn
	2.0882										

7.1 | Werkstoffdatenblätter

Chemische Zusammensetzung (Massenanteil in %)

HYDRA

Werkstoff- gruppe	Werkstoff- Nr.	Kurzname	Cu	Al	Zn	Sn	Pb	Ni	Ti	Ta	Sonstige Elemente
Kupfer	CW024A (2.0090)	Cu DHP (SF-Cu)	≥ 99,9								P: 0,015 - 0,04
Kupfer-Zinn- legierung	CW452K (2.1020)	CuSn 6 Bronze	Rest		≤ 0,2	5,5 -7,0	≤ 0,2	≤ 0,2			P: 0,01 - 0,4 Fe: ≤ 0,1
Kupfer-Zink- legierung	CW503L 2.0250	CuZn 20	79,0 -81,0	≤ 0,02	Rest	≤ 0,1	≤ 0,05				
	CW508L (2.0321)	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			
Aluminium- Knet- legierung	EN AW-5754 (3.3535)	EN AW-Al Mg3	≤ 0,1	Rest	≤ 0,1				≤ 0,15		Si, Mn, Mg
	EN AW-6082 (3.2315)	EN AW-Al SiMgMn	≤ 0,1	Rest	≤ 0,2				≤ 0,1		Si, Mn, Mg
Rein-Nickel	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	

Werkstoff- Nummer nach DIN	Art des Kennwerts	Festigkeitskennwerte in N/mm ²														
		RT ¹⁾	Temperaturen in °C													
			100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	
1.0254	R _{p 0,2}	235														
1.0255	R _{p 0,2}	235														
1.0427	R _{p 0,2}	220	210	190	170	150	130	110								
1.0038	R _{p 0,2}	205	187		161	143	122	(Werte nach AD W1)								
1.0570	R _{p 0,2}	315	254		226	206	186									
1.0460	R _{p 0,2}	240	230	210	185	165	145	125	100	80		() = Werte bei 480 °C				
	R _{p 1/100000}								136	80	(53)					
	R _{p 1/1000000}								95	49	(30)					
	R _{m 10000}								191	113	(75)					
	R _{m 100000}								132	69	(42)					
1.0345	R _{p 0,2}	206	190	180	170	150	130	120	110			() = Werte bei 480 °C				
	R _{p 1/100000}								136	80	(53)					
	R _{p 1/1000000}								95	49	(30)					
	R _{m 10000}								191	113	(75)					
	R _{m 100000}								132	69	(42)					
1.0425	R _{p 0,2}	234	215	205	195	175	155	140	115	57	(33)	() = Werte bei 480 °C				
	R _{p 1/100000}								136	80	(53)					
	R _{p 1/1000000}								95	49	(30)					
	R _{m 10000}								191	113	(75)					
	R _{m 100000}								132	69	(42)					
1.0481	R _{p 0,2}	272	250	235	225	205	185	170	155			() = Werte bei 480 °C				
	R _{p 1/100000}								167	93	49					
	R _{p 1/1000000}								118	59	29					
	R _{m 10000}								243	143	74					
	R _{m 100000}								179	85	41					
1.5415	R _{p 0,2}	275			215	200	170	160	150	145	140		() = Werte bei 530 °C			
	R _{p 1/100000}								216	132	(84)					
	R _{p 1/1000000}								167	73	(36)					
	R _{m 10000}								298	171	(102)					
	R _{m 100000}								239	101	(53)					
1.7335	R _{p 0,2}				230	220	205	190	180	170	165		() = Werte bei 570 °C			
	R _{p 1/100000}								245	157	(53)					
	R _{p 1/1000000}								191	98	(24)					
	R _{m 10000}								370	239	(76)					
	R _{m 100000}								285	137	(33)					
	R _{m 200000}								260	115	(26)					

1) Raumtemperaturwerte gültig bis 50 °C

Werkstoff- Nummer nach DIN	Art des Kennwerts	Festigkeitskennwerte in N/mm ²														
		RT ¹⁾	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	
1.7380	R _{p 0,2} R _{p 1/10000} R _{p 1/100000} R _{m 10000} R _{m 100000} R _{m 200000}				245	230	220	210	200	190	180	83	44			
										240	147	166	103	49	22	
										306	196	108	61			
										221	135	68	34			
										201	120	58	28			
1.0305	R _{p 0,2} R _{p 1/10000} R _{p 1/100000} R _{m 10000} R _{m 100000} R _{m 200000}	235			185	165	140	120	110	105						
									136	80	(53)					
									95	49	(30)					
									191	113	(75)					
									132	69	(42)					
									115	57	(33)					
1.0565	R _{p 0,2}	336	304	284	245	226	216	196	167							
1.4511	R _{p 0,2}	230	230	220	205	190	180	165								
1.4512	R _{p 0,2}	210	200	195	190	186	180	160								
1.4301	R _{p 0,2} R _{p 1} R _{m 10000} R _{m 100000}	215	157 191	142 172	127 157	118 145	110 135	104 129	98 125	95 122	92 120	90 120				
								(Anhaltswerte nach DIN 17441)					122 74	48 23	(17) (5)	
1.4306	R _{p 0,2} R _{p 1}	205	147 181	132 162	118 147	108 137	100 127	94 121	89 116	85 112	81 109	80 108				
1.4541	R _{p 0,2} R _{p 1} R _{m 10000} R _{m 100000}	205	176 208	167 196	157 186	147 177	136 167	130 161	125 156	121 152	119 149	118 147				
								(Anhaltswerte nach DIN 17441)					115 65	45 22	(17) (8)	
1.4571	R _{p 0,2} R _{p 1}	225	185 218	177 206	167 196	157 186	145 175	140 169	135 164	131 160	129 158	127 157				
1.4404	R _{p 0,2} R _{p 1}	225	166 199	152 181	137 167	127 157	118 145	113 139	108 135	103 130	100 128	98 127				
1.4435	R _{p 0,2} R _{p 1}	225	165 200	150 180	137 165	127 153	119 145	113 139	108 135	103 130	100 128	98 127				
1.4565	R _{p 0,2} R _{p 1}	420 460	350 400	310 355	270 310	255 290	240 270	225 255	210 240	210 240	210 240	200 230				
1.4539	R _{p 0,2} R _{p 1} R _{m (VdTV)}	220 235 520	205 235 440	190 220 420	175 205 400	160 190 390	145 175 380	135 165 370	125 155 360	115 145	110 140	105 135				
1.4529	R _{p 0,2} R _{p 1}	300 340	230 270	210 245	190 225	180 215	170 205	165 195	160 190							

1) Raumtemperaturwerte gültig bis 50 °C

Werkstoff- Nummer nach DIN	Art des Kennwerts	Festigkeitskennwerte in N/mm²																
		RT ¹⁾	Temperaturen in °C															
			100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900		
1.4948	R _{p 0,2}	230	157	142	127	117	108	103	98	93	88	83	78					
	R _{p 1}	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 _{p 1/100000}										147	121	94	35				
	R _{p 1/1000000}										114	96	74	22				
	R _{m 10000}										250	191	132	55				
	R _{m 100000}										192	140	89	28				
	R _{m 200000}										176	125	78	22				
1.4919	R _{p 0,2}	205	177		147		127		118		108	103	98					
	R _{p 1}	245	211		177		157		147		137	132	128					
	R _{p 1/100000}											180	125	46				
	R _{p 1/1000000}											125	85	25				
	R _{m 10000}											250	175	65				
	R _{m 100000}											175	120	34				
1.4828 DIN EN 10095	R _{p 0,2}	230	332		318		300		279		253		218	(Hersteller- angaben)				
	R _m	550	653		632		600		550		489		421					
	R _{p 1/1000}												120	50	20	8		
	R _{p 1/100000}												80	25	10	4		
	R _{m 1000}												190	75	35	15		
	R _{m 10000}												120	36	18	8.5		
	R _{m 100000}												65	16	7,5	3.0		
1.4876 DIN EN 10095 Incoloy 800H	R _{p 0,2}	170	185	170	160	150	145		130		125	120	115	(Hersteller- angaben)				
	R _{p 1}	210	205	190	180	170	165		150		145	140	135					
	R _m	450	425		400		390		380		360		300					
	R _{p 1/1000}												130	70	30	13		
	R _{p 1/100000}												90	40	15	5		
	R _{m 1000}												200	90	45	20		
	R _{m 10000}												152	68	30	10		
	R _{m 100000}												114	48	21	8		
2.4858	R _{p 0,2}	235	205	190	180	175	170	165	160	155								
	R _{p 1}	265	235	220	205	200	195	190	185	180								
	R _m	550	530		515		500		490	485								
2.4816 DIN EN 10095	R _{p 0,2}	200	180		165		155		150	145				(weichgeglüht)				
	R _m	550	520		500		485		480	475								
		-750																
	R _{p 0,2}	180	170		160		150		150	145				(lösungsgeglüht)				
	R _m	500	480		460		445		440	435								
		-700																
	R _{p 1/100000}										153		91	43	18	8		
	R _{p 1/1000000}										126		66	28	12	4		
	R _{m 1000}												160	96	38	22		
	R _{m 10000}										297		138	63	29	13		
	R _{m 100000}										215		97	42	17	7		

1) Raumtemperaturwerte gültig bis 50 °C

Werkstoff- Nummer nach DIN	Art des Kennwerts	Festigkeitskennwerte in N/mm²																			
		RT	Temperaturen in °C																		
			100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900					
2.4819 VdTÜV-W 400	R _{p0,2} R _{p1}	310 330	280 305		240 275		220 215		195 200												
2.4856 DIN EN 10095	R _{p 0,2}	410	350		320		300		280		170										
	R _{p 1/100000} R _{m 100000}								Herstellerangaben für Inconel 625 H				250 290	90 135	30 45	10 18					
	R _{m 1000} R _{m 10000}													260 190	107 63	34 20					
														(S <= 5)							
2.4610	R _{p 0,2} R _{p 1}	305 340	285 315		255 285		245 270		225 260												
2.4360	R _{p 0,2} R _m	175 450	150 420	140 400	135 390	132 385	130 380	130 375	130 370	(130) (360)											
	R _{p 1/100000} R _{p 1/1000000}				107 102	99 94	92 86	84 78													
	K/S	93	87	84	82	80	78	75													
CW354H 2.0882	R _{p 1} R _{p 1/100000} R _{p 1/1000000} K/S	140	130	126	123	120	117	112													
					107	99	92	84													
				102	94	86	78														
		93	87	84	82	80	78	75													
CW024A 2.0090	R _{p 1} R _m	65 220	58 220	58 195		170	145														
	R _{p 2/100000} R _{p 2/1000000}		58 56	53 49	46 40	37 30															
	K/S	57	57	50	43	36															
	K/S	67	63	56	49	41															
3.3535 EN-AW 5754	R _{p 0,2} R _{m 1000000}	80 (80)	70 (80)		45				Zulässige Spannung nach AD-W6/1												
	R _{p 0,2} R _{p 1}	80 105	70 95		65 90		60 85		55 80		50 75		40 65								
	R _m R _{p 1/100000} R _{p 1/1000000}	340	290		275		260		240 75 85		210 35 60		150 10 6								
3.7025 Titan	R _{p 1} R _{m 100000} R _{m 1000000}	200 220 200	180 160 145	150 150 130	110 130 120	90 110 90															
	R _{p 0,2} R _m A _{30[%]}	140 225 35	100 200	90 185	80 175	70 160	150														
	R _{p 0,2} R _m A _{30[%]}	200 280 25	160 270	150 260	140 240	130 230															
Tantal	R _{p 0,2} R _m A _{30[%]}	140 225 35	100 200	90 185	80 175	70 160	150														
	R _{p 0,2} R _m A _{30[%]}	200 280 25	160 270	150 260	140 240	130 230															

1) Raumtemperaturwerte gültig bis 50 °C

7.1 | Werkstoffdatenblätter

Werkstoffbezeichnungen nach internationalen Spezifikationen

HYDRA

Werkstoff-Nr. nach DIN EN	USA			JAPAN		
	Norm	UNS Kurzname	Halbzeugart / Einsatzgebiet / Titel	Norm	Kurzname	Halbzeugart / Einsatzgebiet
1.0254	ASTM A 53-01	K02504 A 53	Geschweißte und nahtlose schwarzoxidierte und feuerverzinkte Stahlrohre	JIS G 3445 (1988)	STKM 12 A	Rohre
	ASTM A 106-99	K02501 A 106	Nahtlose Rohre aus warmfestem unlegiertem Stahl	JIS G 3454 (1988)	STPG 370	Druckbeanspruchte Rohre
				JIS G 3457 (1988)	STPY 400	Geschweißte Rohre
1.0255	ASTM A 135-01	K03013 A 135	Widerstandsgeschweißte Stahlrohre	JIS G 3455 (1988)	STS 370	Besonders druckbeanspruchte Rohre
1.0038	ASTM A 500-01	K03000 A 500	Geschweißte und nahtlose Formstücke aus kaltgeformtem unlegiertem Stahl			
1.0050				JIS G 3101 (1995)	SS 490	Allgemeine Baustähle
1.0570	ASTM A 694-00	K03014 A 694	Schmiedestücke aus unlegiertem und legiertem Stahl für Rohrflansche, Formstücke, Armaturen und andere Teile für Hochdruckantriebssysteme	JIS G 3106 (1999)	SM 490 A	Stähle für Schweißkonstruktionen
				JIS G 3106 (1999)	SM 520 B	
1.0345	ASTM A 414-01	K02201 A 414	Blech aus unlegiertem Stahl für Druckkessel	JIS G 3115 (2000)	SPV 450	Grobbleche für Druckgefäße
1.0425	ASTM A 414-01	K02505 A 414		JIS G 3118 (2000)	SGV 480	
1.0481	ASTM A 414-01	K02704 A 414		JIS G 3118 (2000)	SGV 410	
1.5415	ASTM A 204-99	K12320 A 204	Blech aus molybdänlegiertem Stahl für Druckkessel	JIS G 3458 (1988)	STPA 12	Rohre
1.7335	ASTM A 387-99	K11789 A 387	Blech aus Cr-Mo-legiertem Stahl für Druckkessel	JIS G 3462 (1988)	STBA 22	Kessel- und Wärmetauscherrohre
1.7380	ASTM A 387-99	K21590 22 (22L)		JIS G 4109 (1987)	SCMV 4	Grobbleche für Druckgefäße
1.0305	ASTM A 106-99	K02501 A 106	Nahtlose Rohre aus warmfestem unlegiertem Stahl	JIS G 3461 (1988)	STB 340	Kessel- und Wärmetauscherrohre

7.1 | Werkstoffdatenblätter

Werkstoffbezeichnungen nach internationalen Spezifikationen

HYDRA

Werkstoff-Nr. nach DIN EN	KOREA			CHINA		
	Norm	Kurzname	Halbzeugart / Einsatzgebiet	Norm	Kurzname	Halbzeugart / Einsatzgebiet
1.0254	KS D 3583 (1992)	SPW 400	Geschweißte Rohre aus Kohlenstoffstahl			
1.0255						
1.0038				GBT 700 (1988)	Q 235 B; U12355	(Unlegierte Baustähle)
1.0050	KS D 3503 (1993)	SS 490	Allgemeine Baustähle	GBT 700 (1988)	Q 275; U12752	
1.0570	KS D 3517 (1995)	STKM 16C	Unlegierte Stahlrohre für allgemeinen Maschinenbau	GBT 713 (1997)	16Mn; L20162	Bleche für Dampfkessel
				GBT 8164 (1993)	16Mn; L20166	Band für geschweißte Rohre
1.0345	KS D 3521 (1991)	SPPV 450	Grobbleche für Druckgefäße für mittlere Einsatztemperaturen			
1.0425	KS D 3521 (1991)	SPPV 315				
1.0481						
1.5415	KS D 3572 (1990)	STHA 12	Rohre für Kessel und Wärmetauscher	GB 5310 (1995)	15MoG; A65158	Nahtlose Rohre für Druckbehälter
1.7335	KS D 3572 (1990)	STHA 22		YBT 5132 (1993)	12CrMo; A30122	Bleche aus legierten Baustählen
1.7380	KS D 3543 (1991)	SCMV 4	Cr-Mo-Stahl für Druckgefäße	GB 5310 (1995)	12Cr2MoG; A30138	Nahtlose Rohre für Druckbehälter
1.0305						

7.1 | Werkstoffdatenblätter

Werkstoffbezeichnungen nach internationalen Spezifikationen

HYDRA

Werkstoff-Nr. nach DIN EN	USA			JAPAN		
	Norm	UNS Kurzname (AISII)	Halbzeugart / Einsatzgebiet / Titel	Norm	Kurzname	Halbzeugart / Einsatzgebiet
1.0562	ASTM A 299-01	K02803 A 299	Blech aus C-Mn-Si-Stahl für Druckkessel	JIS G 3106 (1999)	SM 490 A,B,C;	Stähle für Schweißkonstruktionen
	ASTM A 714-99	K12609 A 714 (II)	Geschweißte und nahtlose Rohre aus hochfestem niedriglegiertem Stahl	JIS G 3444 (1994)	STK 490	Rohre für allgemeine Verwendung
1.0565	ASTM A 633-01	K12037 A633(D)	Normalgeglühter hochfester niedriglegierter Baustahl			
	ASTM A 724-99	K12037 A724(C)	Druckkesselblech aus vergütetem unlegiertem Stahl für geschweißte Druckkessel in Schichtbauweise			
1.0566	ASTM A 573-00	K02701 A 573	Blech aus unlegiertem Baustahl mit verbesserter Zähigkeit	JIS G 3126 (2000)	SLA 365	Grobbleche für Druckgefäße (kaltzäh)
1.1106	ASTM A 707-02	K12510 A 707 (L3)	Geschmiedete Flansche aus legiertem und unlegiertem Stahl für den Einsatz bei niedrigen Temperaturen	JIS G 3444 (1994)	STK 490	Rohre für allgemeine Verwendung

7.1 | Werkstoffdatenblätter

Werkstoffbezeichnungen nach internationalen Spezifikationen

HYDRA

Werkstoff-Nr. nach DIN EN	KOREA			CHINA		
	Norm	Kurzname	Halbzeugart / Einsatzgebiet	Norm	Kurzname	Halbzeugart / Einsatzgebiet
1.0562						
1.0565						
1.0566	KS D 3541 (1991)	SLA1 360	Grobbleche für Druckgefäße (kaltzäh)	GB T 714 (2000)	Q420q-D; L14204	Stähle für den Brückenbau
1.1106				GB 6654 (1996)	16MnR; L20163	Grobbleche für Druckbehälter

7.1 | Werkstoffdatenblätter

Werkstoffbezeichnungen nach internationalen Spezifikationen

HYDRA

Werkstoff-Nr. nach DIN EN	USA			JAPAN		
	Norm	UNS Kurzname (AISI)	Halbzeugart / Einsatzgebiet / Titel	Norm	Kurzname	Halbzeugart / Einsatzgebiet
1.4511				JIS G 4305 (1999)	SUS 430LX	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band
1.4512	ASTM A 240-02	S40900; A 240 (409)	Blech und Band aus hitzebeständigem nichtrostendem Cr- und Cr-Ni-Stahl für Druckkessel			
1.4301	ASTM A 240-02	S30400; A 240 (304)		JIS G 4305 (1999)	SUS 304	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band
1.4306	ASTM A 240-02	S30403; A 240 (340L)		JIS G 4305 (1999)	SUS 304L	
1.4541	ASTM A 240-02	S32100 A 240 (321)		JIS G 4305 (1999)	SUS 321	
1.4571	ASTM A 240-02	S31635 A240 (316Ti)		JIS G 4305 (1999)	SUS 316Ti	
1.4404	ASTM A 240-02	S31603 A240 (316L)		JIS G 4305 (1999)	SUS 316L	
1.4435	ASTM A 240-02	S31603 A240 (316L)		JIS G 4305 (1999)	SUS 316L	
1.4565	ASTM A 240-02	S34565 A240				
1.4539	ASTM A 240-02	N08904 A240 (904L)				
1.4529	ASTM B 625-99	N08925 B 625	Bleche und Bänder aus kohlenstoffarmen Ni-Fe-Cr-Mo-Cu-Legierungen			

7.1 | Werkstoffdatenblätter

Werkstoffbezeichnungen nach internationalen Spezifikationen

HYDRA

Werkstoff-Nr. nach DIN EN	KOREA			CHINA		
	Norm	Kurzname	Halbzeugart / Einsatzgebiet	Norm	Kurzname	Halbzeugart / Einsatzgebiet
1.4511	KS D 3698 (1992)	STS 430LX	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band			Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band
1.4512				GBT 4238 (1992)	0Cr11Ti; S11168	Wärmgewalzte Bleche aus hitzebeständigem Stahl, ferritisch
1.4301	KS D 3698 (1992)	STS 304	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band	GBT 3280 (1992)	0Cr18Ni9; S30408	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band; austenitisch
1.4306	KS D 3698 (1992)	STS 304L		GBT 3280 (1992)	00Cr19Ni10; S30403	
1.4541	KS D 3698 (1992)	STS 321		GBT 3280 (1992)	0Cr18Ni10Ti; S32168	
1.4571	KS D 3698 (1992)	STS 316Ti		GBT 3280 (1992)	0Cr18Ni12Mo2Cu2 S31688	
1.4404	KS D 3698 (1992)	STS 316L		GBT 4239 (1991)	00Cr17Ni14Mo2; S31603	
1.4435	KS D 3698 (1992)	STS 316L		GBT 3280 (1992)	00Cr17Ni14Mo2; S31603	
1.4565						
1.4539						
1.4529	KS D 3698 (1992)	STS 317J5L	Kaltgewalzte Bleche, Grobbleche und Band			

7.1 | Werkstoffdatenblätter

Werkstoffbezeichnungen nach internationalen Spezifikationen

HYDRA

Werkstoff-Nr. nach DIN EN	USA			JAPAN		
	Norm	UNS Kurzname (AISI)	Halbzeugart / Einsatzgebiet / Titel	Norm	Kurzname	Halbzeugart / Einsatzgebiet
1.4948	ASTM A 240-02	S30409 A240 (304H)	Blech und Band aus hitzebeständigem nichtrostendem Cr- und Cr-Ni-Stahl für Druckkessel			
1.4919	ASTM A 240-02	S31609 A240 (316H)				
1.4958	ASTM A 240-02	N 08810 A 240				
1.4828	ASTM A 167-99	S30900 A 167 (309)	Blech und Band aus nichtrostendem hitzebeständigem Cr-Ni-Stahl	JIS G 4312 (1991)	SUH 309	Hitzebeständige Bleche und Grobbleche
1.4876	ASTM A 240-02	N 08800 A 240	Blech und Band aus hitzebeständigem nichtrostendem Cr- und Cr-Ni-Stahl für Druckkessel	JIS G 4902 (1991)	NCF 800	Sonderlegierung in Blechen
2.4858	ASTM B 424-98	N 08825 B 424	Bleche und Bänder aus Ni-Fe-Cr-Mo-Cu-Legierungen (UNS N08825 und N08221)	JIS G 4902 (1991)	NCF 825	
2.4816	ASTM B 168-98	N 06600 B 168	Bleche und Bänder aus Ni-Cr-Fe- und Ni-Cr-Co-Mo-Legierungen (UNS N06600 und N06690)			
2.4819	ASTM B 575-99	N 10276 B 575	Bleche und Bänder aus kohlenstoffarmen Ni-Mo-Cr-Legierungen			
2.4856	ASTM B 443-99	N 06625 B 443	Bleche und Bänder aus Ni-Cr-Mo-Nb-Legierung (UNS N06625)	JIS G 4902 (1991)	NCF 625	Sonderlegierung in Blechen
2.4610	ASTM B 575-99	N 06455 B 575	Bleche und Bänder aus kohlenstoffarmen Ni-Mo-Cr-Legierungen			
2.4360	ASTM B 127-98	N 04400 B 127	Bleche und Bänder aus Ni-Cu-Legierung (UNS N04400)			

7.1 | Werkstoffdatenblätter

Werkstoffbezeichnungen nach internationalen Spezifikationen

HYDRA

Werkstoff-Nr. nach DIN EN	KOREA			CHINA		
	Norm	Kurzname	Halbzeugart / Einsatzgebiet	Norm	Kurzname	Halbzeugart / Einsatzgebiet
1.4948						
1.4919						
1.4958						
1.4828	KS D 3732 (1993)	STR 309	Hitzebeständige Bleche und Grobbleche	GBT 1221 (1992)	1Cr20Ni14Si2; S38210	Hitzebeständige Stähle; austenitisch
1.4876	KS D 3532 (1992)	NCF 800	Sonderlegierungen in Blechen und Grobblechen	GBT 15007 (1994)	NS 111; H01110	Rostbeständige Legierungen
2.4858	KS D 3532 (1992)	NCF 825		GBT 15007 (1994)	NS 142; H01420	
2.4816				GBT 15007 (1994)	NS 312; H03120	
2.4819				GBT 15007 (1994)	NS 333; H03330	
2.4856	KS D 3532 (1992)	NCF 625	Sonderlegierungen in Blechen und Grobblechen	GBT 15007 (1994)	NS 336; H03360	
2.4610				GBT 15007 (1994)	NS 335; H03350	
2.4360						

Zulässige Betriebsdrücke und -temperaturen für Temperguss Gewindeanschlüsse

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 Zoll	Wasser und Gas bis max. 120 °C	Gase und Dämpfe bis max. 150 °C	Gase und Dämpfe bis 300 °C	Öle bis 200 °C
Nippel, flach dichtende Verschraubungen					
6-50	¼ - 2	65 bar	50 bar	40 bar	35 bar
Konisch dichtende Verschraubungen					
6 - 32	¼ - 1 ¼	65 bar	50 bar	40 bar	35 bar
40	1 ½	65 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.



Korrosions-
beständig-
keit

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 Bälge 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 (s. 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.

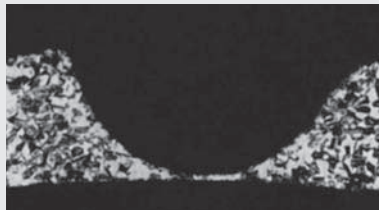
Lochkorrosion

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. Überschlägig 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.

Interkristalline Korrosion

Die interkristalline Korrosion ist eine örtliche selektive Korrosion, bei der bevorzugt die Korngrenzen angegriffen werden.

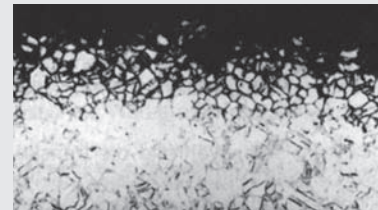


Lochkorrosion am Kaltband aus austenitischem Stahl. Schnittbild in 50facher Vergrößerung.



Schnittbild (50-fache Vergrößerung).

Ursache dieser Korrosionsart sind Ausscheidungen im Werkstoffgefüge, die an den korngrenzennahen Bereichen zu einer Verminderung der Korrosionsbeständigkeit führen. Diese Korrosionsform kann bei nichtrostenden Stählen zu einer Auflösung des Kornverbunds (Kornzerfall) fortschreiten.



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

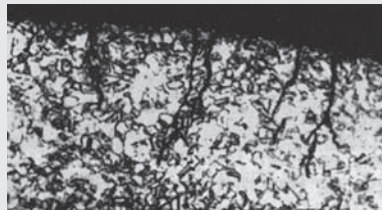
Bei den CrNi-Stählen sind diese Ausscheidungsvorgänge temperatur- und zeitabhängig, wobei der kritische Temperaturbereich zwischen 550 und 650 °C liegt und die Zeitdauer bis zum Einsetzen der Ausscheidungsvorgänge je nach Stahlsorte unterschiedlich lang ist. Das muss unter anderem beim Verschweißen von 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 sta-

bilisierte (z. B. 1.4541, 1.4571) oder low-carbon-Werkstoffe (z. B. 1.4404, 1.4306) verwendet.

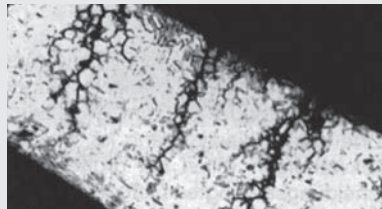
Die Anfälligkeit von Werkstoffen gegenüber interkristalliner Korrosion kann durch den genormten Test (Monypenny-Strauss-Test nach DIN EN ISO 3651-2) nachgewiesen werden. Unsere Bestell- und Abnahmevorschriften fordern den Nachweis der IK-Beständigkeit der Werkstoffe nach obiger Norm durch den Werkstoff-Lieferanten.

Spannungsrisskorrosion

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.



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



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

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 Korrosionschäden 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 Spalten 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



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

(s. Lochkorrosion) als Kriterium zur Beurteilung der Korrosionsbeständigkeit herangezogen werden.

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.

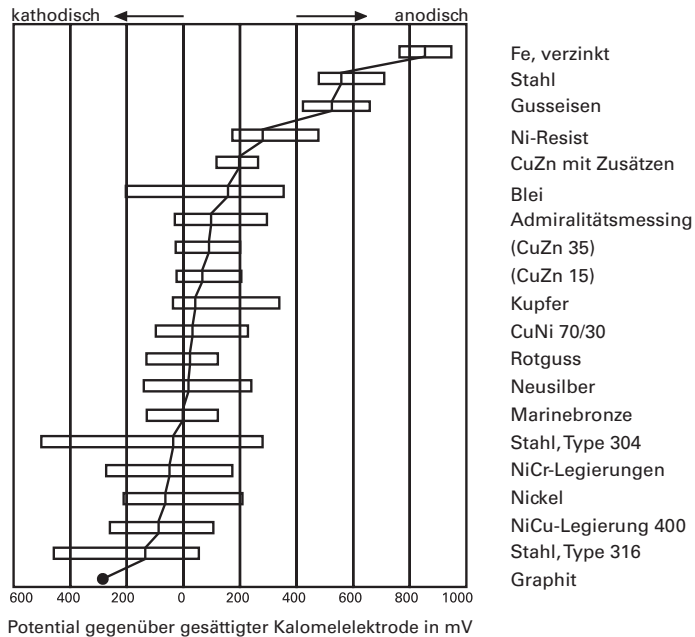
Zu beachten sind auch Werkstoffe, die sowohl im aktiven als auch im passiven Zustand auftreten können. Eine Aktivierung eines CrNi-Stahls z. B. kann durch mechanische Beschädigung der Oberfläche, durch Ablagerungen (erschwerter Sauerstoffdiffusion) oder durch Korrosionsprodukte auf der Werkstoffoberfläche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

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.

Kontaktkorrosion



Galvanische Spannungsreihe in Meerwasser

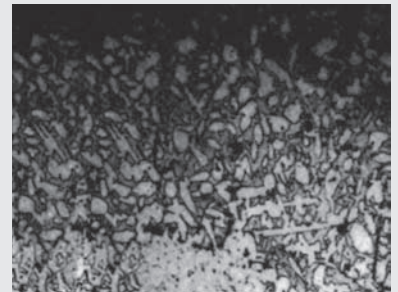
Quelle: DECHEMA-Werkstofftabellen.

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.

Beständigkeitstabelle

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Beständigkeit der gängigsten, für unsere Produkte eingesetzten metallischen Werkstoffe verschiedenen Medien gegenüber.

Die Tabelle wurde 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.



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

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.

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

Erläuterung der Abkürzungen:

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

Medium			Werkstoffe																		
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	Nicht-rostende Stähle				Nickelbasis Legierungen				Kupfer- basis Legierungen			Reine Metalle							
	%	°C	Unleg. und niedrigleg. Stähle	ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4866	HastelloyC 2.4610 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber	
Abgase s.Verbrennungsgas																					
Acetaldehyd CH ₃ - CHO	100	SP	1	1	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	
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	
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	0	0	0	0	3	
Acetylendichlorid H ₂ C=CCl ₂	wl	5	20	1	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	0	0	1	3	
	tr	100	20	0	L	L	L	0	0	0	0					0			0		
Acetylentetrachlorid CHCl ₂ - CHCl ₂ s.Tetrachloräthan																					
Adipinsäure HOOC(CH ₂) ₄ COOH	alle	200	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	
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	
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		
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	
	alle	SP	1	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			1	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		
Äthylen CH ₂ =CH ₂		20	0	0	0	0													0		
Äthylenbromid CH ₂ Br-CH ₂ Br			1		0	0										0			3		

Medium				Werkstoffe																	
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration	Temperatur	Stähle Unleg. und niedrigleg.	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen				Kupfer- basis 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
Äthylenchlorid CH ₂ CLCH ₂ CL	tr fe	100 100	20 20	0 0	L L	L L	L L	1 0	0				0 0	1 0		1 0		0 0	0 0	0 0	1 1
Äthylenglykol CH ₂ OH-CH ₂ OH		100	20	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Alaun KAl (SO ₄) ₂	wl wl hg	100 10 10	20 20 <80	1 1 1	1 0 1	0 0 0	0 0 1	0 0 1	1 0 0	0 1 3	0 1 3	1 1 3	1 1 3		1 1 3	1 1 3		0 0 0	0 0 0	1 1 1	
Alkohol s. Äthylalkohol																					
Allylalkohol CH ₂ CHCH ₂ OH		100	SP			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	3			
Aluminiumacetat (CH ₃ -COO) ₂ Al(OH)	wl hg	3 5	20 20	3 3	0 0	0 0	0 0			0 1							0 0	0 0			
Aluminiumchlorid AlCl ₃	wl	5	20	3	3	3	L	1	1	0	0	1	3	3	1	3	1	0	0	3	1
Aluminiumfluorid AlF ₃	wl	10	25	3	3	3	3			1	1					1	1	0	3	1	1
Aluminiumformiat AL(HCOO) ₃				1	0	0	0	0	0	0	0			0	1	0	0	0	0	0	
Aluminiumhydroxid AL(OH) ₃	wl	10	20	1	3	0	0	0	0	0	1	0				0		0	0	1	
Aluminiumnitrat Al(NO ₃) ₃				0	0	0	0	0	0	0	0	0					0	0	1		
Aluminiumoxid Al ₂ O ₃			20	1	1	0	0	0		0	0	3	0	0	0	0			0	3	
Aluminiumsulfat Al ₂ (SO ₄) ₃	wl wl	10 15	<SP 50	3 3	3 3	3 3	0 1	0 1	0 1	0 1	1 1	3 1	3 1	3 1	3 1	1 0	1 0	0 0	0 3	3 3	
Ameisensäure HCOOH		10 10 80 85	20 SP SP 65	3 3 3 3	3 3 3 3	1 3 3 3	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0	0 0 3 2		0 0 0 0		0 0 1 1	0 3 0 1	0 3 0 1	1 3 3 3	0 1 3 3	0 3 3 3	1 3 3 3	

Medium				Werkstoffe																	
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen				Kupfer-basis Legierungen			Reine Metalle						
		%	°C		ferritische	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	
Ammoniak NH ₃	tr wl wl wl	10 2 20 40	20 20 40 SP	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0		0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1	1 0 3 3	0 3 3 3	S S S S	S S S S	0 3 3 3	3 3 3 3	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 1 0 0	
Ammoniumalaun NH ₄ Al(SO ₄) ₂	wl	kg	20			0 0				0 3	1 1	3						3 0			
Ammoniumacetat CH ₃ -COONH ₄				1	0	0	0											0	0		
Ammonium-bicarbonat (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 20	3 3	3 3	3 0	3 0				0 0							3 3	0 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 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 1	0 1	1 0			1 1		0 0	0 0	0 0
Ammoniumchlorid NH ₄ Cl	wl wl wl	1 10 50	20 100 SP	1 1 1	L L L	L L L	L L L	0 0 0	0 0 1	0 0 0	0 0 1	0 1 1	1 1 1	S S S	S S S	1 1 1	1 1 1	0 0 0	1 1 1	1 1 1	
Ammoniumfluorid NH ₄ F	wl hg wl	10 70 20	25 3 80	1 3 3	1 0 3	0 3 3	0 0 0				0							1	0		
Ammonium-fluosilikat (NH ₄) ₂ SiF ₆	wl	20	40	3		1	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	0 0	0 0	0 0						0 0	0 0		
Ammoniumhydroxid NH ₄ OH		100	20		0	0	0	0	0	0	0	0	3	3		3	0	0	0	1	
Ammoniumnitrat NH ₄ NO ₃	wl wl	5 100	SP SP	3 3	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 3	3 3	3 3		3 3	3 3			0 0	0 0	
Ammoniumoxalat (COONH ₄) ₂	wl wl	10 10	20 SP	1 3	1 3	0 1	0 0		1 1	0 0	0 1	1 1	1 1			1 1		0 1	0 0		

Medium				Werkstoffe																			
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen				Kupfer-basis 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																					
Ammonium-perchlorat NH ₄ ClO ₄	wl	10	20		L	L	L				1							0					
Ammoniumpersulfat (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	wl	5	20		0	0	0	0	1	0	0	3	3		3	3	0	0	3				
	wl	10	25	3	1	1	1				0	3	3	3	3	3	0					3	
Ammoniumphosphat NH ₄ H ₂ PO ₄	wl	5	25	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1		3	1	0	0	1				
Ammoniumrhodanid NH ₄ CNS			70		0	0	0										0		0				
Ammoniumsulfat (NH ₄) ₂ SO ₄	wl	1	20	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3		3	1	0	0	L				
	wl	10	20	0	1	1	0	0	3		1	1	3	3	1	3	0	0	L	1			
	wl	hg	SP	1		0					3	2	3				0						
Ammoniumsulfid (NH ₄) ₂ SO ₃	kg	20		1	0	0	3	3			3	3		3	3	0	0	0					
	hg	SP		3	1	1	3	3			3	3		3	3	0	0	0					
Ammoniumsulfocyanat s. Ammoniumrhodanid																							
Ammonsalpeter s. Ammoniumnitrat																							
Amylacetat CH ₃ -COOC ₅ H ₁₁	alle	20					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1				
	100	SP	1		1	1			0	1	1	1	0	0			0		0				
Amylalkohol C ₅ H ₁₁ OH Pentanole	100	20	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0		0					
	100	SP	1	0	0	0											0		1				
Amylchlorid CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ Cl	100	SP	1		L	L	0	1	0	0	0	1	0		0	1	0	0	3				
Amylmercaptan	100	160			0	0					0												
Anilin C ₆ H ₅ NH ₂	100	20			0	0	0	1	0	0	3	3	3	3	3	3	0		0	0			
	100	180			1	1					1								3	0			
Anilinchlorid C ₆ H ₅ NH ₂ HCl	wl	5	20		L	L	L			0		3		3	3	0	0	3					
	wl	5	100		L	L	L			0						0							
Anilinhydrochlorid siehe Anilinchlorid																							
Anilinsulfat		20				0				0											1		

Medium			Werkstoffe																	
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen				Kupfer-basis Legierungen			Reine Metalle						
	%	°C		ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856 2.4610 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber	
Anilinsulfid	wl wl	10 kg	20 20			0		1		0										
Antimon Sb	Schm	100	650	3					0	0							3		3	
Antimonchlorid SbCl3	tr wl		20 100	0 1	3 3	3 3									0				3 3	
Apfelsäure	wl wl		20 100	3 3	3 3	0 0	0 0	0 1	0 0	0 0	1 0	3 3		3 3	3 3	0 0	0 0	0 0	0 0	
Apfelwein			20 SP	3 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0				0 0	0 0	0 0	1 1	0 0	
Arsen As			65 110			0 1	0 1													
Arsenige Säure H3AsO4	wl wl		20 110	3		0 3	0 3			3			3		3				3	
Asphalt			20	0	0	0	0					0	0	0	0	0			0	
Azobenzol C6H5-N=N-C6H5			20		0	0	0	0	0	0	0	0					0	0	0	
Backpulver	fe			1	0	0	0	0	0	0	0	0			1				0	
Bariumcarbonat BaCO3			20	3	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	1	
Bariumchlorid BaCl2	wl wl	5 25	20 SP		L L	L L	L L	1 1	1 1	0 0	0 0	1 1	3		3	1 1	0 0	0 0	3 L	
Bariumhydroxid Ba(OH)2	fest wl wl wl wl	100 alle alle 100 kg	20 20 SP 815	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	1 0 0 1	0 1 0 0	0 1 1 1	1 0 0 1	0 1 0 1	1 0 0 0	0 0 0 0	0 0 1 0	0 0 0 0	0 0 0 0	3 3 0 3		
Bariumnitrat Ba(NO3)2	wl	alle	SP		0	0	0	0	1	0		3			3		0	0	0	
Bariumsulfat BaSO4			25	0	0	0	0	0		0		0	0	0	0	0	1	0	0	
Bariumsulfid BaS			25		0	0	0					3	1	3	3					

Medium			Werkstoffe																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	Stähle Unleg. und niedrigleg.	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen					Kupfer-basis Legierungen			Reine Metalle																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
				ferritische	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																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Benzin		100	25		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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	0	0	0	0	0	0	0

Medium			Werkstoffe																	
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen					Kupfer-basis Legierungen			Reine Metalle					
				ferritische	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
Borsäure H3BO3	wl wl wl	50 50 70	100 100 150	3 3 3	0 1 1	0 1 1	0 1 1	0 0 0	1 1 1	0 0 0	1 1 0	1 1 0	0 1 1	1 1 1	1 1 1	0 1 1	0 0 0	1 1 1	1 0 0	
Branntwein			20 SP	1 3	0 0	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 0	0 3	0 0	0 3	0 0	1 3	0 1	0 3	0 3	0 0	3 3	0 0	
Bromammonium NH4Br s. Ammoniumbromid																				
Bromkalium KBr s. Kaliumbromid																				
Bromoform CHBr3	tr fe		20 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0		0 0	0 0			3 3		
Bromwasser		0,03 1	20 20		L L	L L							0 0					3 3		
Bromwasserstoff HBr	tr fe	100 30	20 20	0 3	0 3	0 3										0				
Bromwasserstoffsäure HBr			20	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			0	3	
1,3 Butadien CH2=CHCH=CH2							0	0	0		0				0	0			0	
Butan C4H10		100 100	20 120	0 1	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	
Buttersäure CH3-CH2-CH2-COOH	wl wl	kg hg	20 SP	3 3	0 3	0 3	0 1	3 3	0 1	0 0	1 1					3 3			0 1	
Butylacetat CH3COOC4H9			20 SP	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
Butylalkohol CH3-CH2-CH2-CH2OH		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	

Medium			Werkstoffe																		
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen				Kupfer-basis Legierungen			Reine Metalle							
	%	°C		ferritische	austenitische	+ Mo 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	
Cadmium Cd	Schm					3	3														
Calcium Ca			850	3		3	3														
Calciumbisulfid CaSO ₃	kg hg	20 SP		3 3	3 3	0 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	0	0
Calciumchlorat Ca(ClO ₃) ₂	wl wl	10 100		L 3	L 3	L L	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	3 3			1 1	1 1		0 0			
Calciumchlorid CaCl ₂	wl wl kg hg	5 10 20	100 20	3 3 3 3	L L L L	L L L L		0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 3	3 0 3 3		1 0 1 0	1 0 1 L	0 0 0 0	0 0 0 3	0 0 0 3			
Calciumhydroxid Ca(OH) ₂				0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	3	
Calciumhypochlorit Ca(OCl) ₂	wl wl	2 kg	20	3 3	3 3	3 3	L L	0	3	0	0	3 1	3 3		3	3	0	0	3 3		
Calciumnitrat Ca(NO ₃) ₂		20 100	3 alle	0 3	0 0	0 0	0 0	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	0	3		
Calciumsulfat CaSO ₄	fe fe	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	1 1		
Calciumsulfid CaSO ₃	wl wl	kg hg		0 0	0 0	0 0	0 0								1 1		0 0	0 1			
Chininbisulfat	tr	20	3	3	3	3	0	0	0	0	1	0			0	0	0	0			
Chininsulfat	tr	20	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0		0	0	0	0	0			
Chlor Cl ₂	tr tr tr tr fe fe	100 100 100 100	200 300 400 20 150	0 3 3 3 3	0 3 3 3 3	0 3 3 3 3		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 0 0 0	0 0 0 0 0	1 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 3	0 0 3 3		

[illegible]

7.2 | Korrosionsbeständigkeit

Beständigkeitstabelle

HYDRA

Medium				Werkstoffe																	
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen				Kupfer-basis Legierungen			Reine Metalle						
		%	°C		ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4866	Hastelloy-C 2.4610 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
Chromsäure Cr2O3 (H2CrO4)	wl	5	20	3	3	0	0	1	3	0	0	3	3	3	3	3	3	0	0	1	0
	wl	5	90	3	3	3	3														
	wl	10	20	3	0	0	0	1	3		0	3	3	3	3	3	3	0	0	1	
	wl	10	65	3	3	3	3				0	3	3	3	3	3	3	0	0		
	wl	10	SP	3	3	3	3	1	3		0	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	0	0	3	
	wl	60	20	3	3	3	3	1	3		3	3	3	3	3	3	3	0	0	3	
Chromsäureanhydrid CrO3 s. Chromoxide																					
Chromsulfat Cr2(SO4)3	kg hg			3 3	0 0	0 1	0 1		0 1	0 0	0 0	0 0					0 0				
Crotonaldehyd CH3-CH=CH-CHO		20 SP		3		0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0		0				0 0	
Cyankalium s. Kaliumcyanid																					
Cyanwasserstoff HCN	tr wl wl	20 20 kg	20 20 20	3 3 3	0 1 1	0 0 0	0 0 0	0 0 0	1 1 0	0 0 0	0 0 0	1 1 3	3 3 3	3 3 3	3 1 1	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0		
Cyclohexan (CH2)6				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diammoniumphosphat s. Ammoniumphosphat																					
Dibromethan s. Äthylenbromid																					
Dichloräthylen CH2Cl-CH2Cl s. Äthylenchlorid																					
Dichloräthylen C2H2Cl2 s. Acetylendichlorid																					
Dichloräthylmethan CF2Cl2	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	

7.2 | Korrosionsbeständigkeit

Beständigkeitstabelle

HYDRA

Medium			Werkstoffe																	
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen				Kupfer-basis Legierungen			Reine Metalle						
				ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4858	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4866	Hastelloy-C 2.4610 2.4819	Monel 2.4360	Cunifer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber
	%	°C																		
Diphenyl C6H5-C6H5		100	20	0	0	S	S													
		100	400	0	0	S	S													
Eisen(II)-Chlorid FeCl2	wt	10	20	0		L	L				1	1	3	1	1		0	0	3	
	wt	kg						3	3		0	3	3		3	0	0	0	3	
Eisen(III)-Chlorid FeCl3	tr	100	20	0	L	L	L	1	3		0	3	3	3	3	3	0	0	3	
	wt	5	25	3	3	3	3	3	3		0	3	3	3	3	3	0	0	3	
	wt	10	65	3	1	1	1				3					0	0			
	wt	50	20	3	3	3	3		3		1		3	3	3	3	0	0		
Eisen(III)-Nitrat Fe(NO3)3	wt	10	20	3	0	0	0				0						0			
	wt	alle	SP	3	0	0	0	3	3	3	3	3			3	0				
Eisen(II)-Sulfat FeSO4	wt	alle	SP	0	0	0	0				0	0					3	0		3
Eisen(III)-Sulfat Fe(SO4)3	wt	<30	20	3	0	0	0	0	3		0	1	3	3	3	3	0	0	3	
	wt	alle	SP	3	1	0	0				0						0	0	3	
Eisessig CH3CO2H s. Essigsäure																				
Eiweißlösungen				20	1	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	
Essigsäure CH3-COOH	5	20	3	0	0	0	0	1	0	0	1				0	3	0	0	0	
	5	SP	3	3	0	0	0	0	1	0	0	1					0	0		
	50	20	3	3	0	0	0	1	0	0	1				0	3	1	0	0	0
	50	SP	3	3	3	0	0	1	0	0	1				3	3	0	0	3	1
	80	20	3	3	L	L	0	1	0	0	1					3	0	0	0	0
	96	20	3	3	3	L	0	1	0	0	1					3	0	0		
	98	SP	3	3	3	3	0	1	0	0	1						0	0		
Essigsäureanhydrid (CH3-CO)2O	alle	20	1	0	0	0	0	1	0		0	1	1	3	0	0	1	0	0	0
	100	60	3	0	0	0								1	1	1	0	0	1	0
	100	SP	3	0	0	0		3		0						1	0	0	3	0
Essigsäuredampf	33	20		3	1	1														
	100	>50		3	3	3	0	1		0	1	3			3	3	0		1	
	100	<SP		3	3	3	0	3		0	3	3			3	3	0		3	
Essigsäurebutylester s. Butylacetat																				
Essigsäure Tonerde s. Aluminiumacetat																				

Medium			Werkstoffe															
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen				Kupfer-basis Legierungen			Reine Metalle				
				ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825	24858	Inconel 600	24816	Inconel 625	24856	Hastalloy-C	24610 24819	Monel	24360	Cunifer 30	24882
	%	°C																
Fette			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fettsäure			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C17H33COOH	100	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	100	60	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	100	150	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3
	100	180	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3
	100	300	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Firnis		20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fixiersalz																		
s. Natriumthiosulfat																		
Fluor	fe	20	3	3	3	3					0	0	0	0	0	3	3	3
F	tr	100	0	0	0	0					0	0	0	0	0	0	0	0
	100	200	0	0	L	L					0	0	0	0	0	3	0	0
	100	500	3								0	0	0	0				
Fluorammonium																		
s. Ammoniumbifluorid																		
Fluorkieselsäure																		
s. Kieselfluor- wasserstoffsäure																		
Fluorwasserstoff	5	20	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
HF	100	500	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
Fluorwasserstoffsäure	10	20	3	3	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3
HF	80	20	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
	80	SP														3	3	3
	90	30					1	1							0	1	3	3
Formaldehyd	wl	10	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
CH2O	wl	40	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
	wl	alle	SP	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frigen																		
CF2Cl2																		
s. Dichlordifluormethen																		
Frostschutzmittel		20		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glysanin																		
Furfurol	100	25	1	1	1	1					0	0	0	0	0	3	0	0
	100	SP	3	1	1	1					0	0	0	0	0	0	0	0

Medium			Werkstoffe															
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen				Kupfer-basis Legierungen			Reine Metalle				
				ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825	24858	Inconel 600	24816	Inconel 625	24856	Hastalloy-C	24610 24819	Monel	24360	Cunifer 30	24882
	%	°C																
Gallussäure	wl	1	20	1	0	0	0				0							
C6H2(OH)3COOH	100	20	3	0	0	0												
	100	SP	3	0	0	0			3									
Gelatine		20	0	0	0	0	0		0		0				0	0	1	0
		80	1	0	0	0	0								0	0	0	0
Gerbsäure	wl	5	20	3	0	0	0		0						0	0	1	0
C76H52O46	wl	25	100	3	3	0	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
CH2OH(CHOH)4-COOH																		
Glucose	wl		20	0	0	0									0	1	0	0
C6H12O6																		
Glutaminsäure		20	1	L	L	0	0	1	0	0	1						1	
HOOC-CH2-CH2- CHNH2-COOH		80	3	L	L	0		1		1								
Glykolsäure		20	3	1	1	1					0						0	1
CH2OH-COOH		SP	3	3	3	3					0						0	1
Glycerin	100	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CH2OH-CHOH-CH2OH	100	SP	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Glykol																		
CH2OH-CH2OH																		
s. Äthylenglycol																		
Glysanin																		
s. Frostschutzmittel																		

Medium				Werkstoffe																		
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen				Kupfer-basis 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	
Harnsäure C ₅ H ₄ O ₄ N ₃	wl			20	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0			1		0		3	
	wl			100	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0			1		0		3	
Harnstoff CO(NH ₂) ₂		100	20	0	0	0	0	0			0	0	0					0	0	0	0	
		100	150	3	1	0	0		3		1	1					1	0	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
Hexachloräthan CCl ₃ -CCl ₃ s. Perchloräthan																						
Hexamethylentetramin (CH ₂) ₆ N ₄	wl	20	60	1		0	0				0	0										1
	wl	80	60	3		0	0				0	0										
Hydrochinon HO-C ₆ H ₄ -OH				3		0	0	0	0	0	0		1					1			0	
Hydrazin H ₂ N-NH ₂			20	0		0		3	3			3					3			1		
Hydrazinsulfat (N ₂ H ₆)SO ₄	wl	10	SP	3		3	3															
Indol			20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Isatin C ₈ H ₅ NO ₂			20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Jod J ₂	tr	100	20	0	L	L	L				0	0	3	3	3	3		3		0	3	3
	fe		20	3	3	3	3				1	3					3	0		3	3	
	fe		SP	3	3	3	3				1	3					3			3	3	
Jodoform CHJ ₃	tr		60	0	0	0	0													0		
	fe		20	3	3	L	L															
Jodwasserstoff /-Säure	tr		20	0	0	0	0															
	fe		20	3	3	3	3															
Kalialaun s. Alaun																						
Kalilaug s. Kaliumhydroxid																						
Kalialpeter s. Kaliumnitrat																						

Medium					Werkstoffe																	
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen					Kupfer-basis 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
Kalium K	Schm		604 80	0	0	0					1							0		0		
Kaliumacetat CH ₃ -COOK	Schm wl	100	292 20	1 1	0	0	0		0	0	0	0			1	1	0	0	1	0		
Kaliumaluminiumsulfat s. Alaun																						
Kaliumbisulfat KHSO ₄	wl wl	5 5	20 90	3 3	3 3	2 3	0 3											0 3				
Kaliumbitrat KC ₄ H ₅ 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	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	0 0	0 0	0 0	1 0	3 3	1 3	1 1	0 0	0 0	0 0	3 3	0 0	
Kaliumchlorat KClO ₃	wl wl	5 hg	20	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3	1	1	1	0	0	0		
Kaliumchlorid KCl	wl wl wl wl wl	10 10 30 kg hg	20 <SP SP	3 3 3 3 3	3 3 3 L L	L L L L L	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 1 1	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 3 3	0 0 0 1 1	0 0 0 3 3	0 0 0 1 1	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	1 1 0 0 0	0 0 0 0 0	
Kaliumchromat K ₂ Cr ₂ O ₄	wl wl	10 10	20 SP	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
Kaliumcyanid KCN	wl wl	10 10	20 SP	3 3	0 0	0 0	0 0	0 0	3 0	0 0	0 0	1 0	3 3	3 3		3 3	3 3		0 3	3 3	0 0	
Kaliumdichromat K ₂ Cr ₂ O ₇	wl wl wl	10 25 25	40 40 SP	3 3 3	0 3 3	0 0 0	0 0 0	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	0 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	1 1 1	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
Kaliumferricyanid K ₃ [Fe(CN) ₆]	wl wl wl	1 kg hg	20 20 SP		0 0 0	0 0 0	0 0 0	1 0 0	1 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0			0 0	0 0	1 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	3 3	
Kaliumferrozyanid K ₄ [Fe(CN) ₆]	wl wl wl	1 25 25	20 20 SP		0 0 1	0 0 1	0 0 0	1 0 0	1 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0		0 0	0 0	1 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	3 3	

Medium				Werkstoffe																										
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration	Temperatur	Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen					Kupfer-basis Legierungen			Reine Metalle														
					Unleg. und niedrigleg. Stähle	ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 24858	Inconel 600 24816	Inconel 625 24856	Hastelloy-C 24610 24819	Monel 24360	Cunifer 30 20882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber								
Kaliumfluorid KF	wl	kg			0	0	0	0																					3	
Kaliumhydroxid KOH	wl	hl			1	0	0	0																						
	wl	20	20		0	S	S	S	1	1	1	1	1	0	0	0								3	0	0	3	3	3	
	wl	20	SP		0	S	S	S	1	1	1	1	1	0	3									0	0	3	3	3	3	
	wl	30	SP		3	S	S	S	1	3	1	3	1	0	0									3	0	3	3	3	3	
	wl	50	20	S	0	S	S	S	1	1	1	0	0	0	3									0	0	3	3	3	3	
	wl	50	SP	S	3	3	3	3	1	3	1	3	1	0	3									3	0	3	3	3	3	
	wl	hg			S	3	S	S					1	0													3	3	3	0
	Schm	100	360		S	3	3	3					3	3											0	3	3	3	3	
Kaliumhypochlorid KClO	wl	alle	20			L	L	L	3	3		0	3	3											3	0	0	3	3	3
	wl	alle	SP			L	L	L	3	3		1	3	3											3	0	0	3	3	3
Kaliumjodid KJ	wl		20		0	L	L	L	0	1	1	0	3	0											0	3	0	0	3	3
	wl		SP		0	3	L	L	0	1	1	0	3	0											0	3	0	0	3	3
Kaliumnitrat KNO ₃	wl	alle	20			0	0	0	0	1	1	1	1	1											1	0	0	0	3	3
	wl	alle	SP			0	0	0					1												0			0	1	
Kaliumnitrit KNO ₂	wl	alle	20		1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	wl	alle	SP		3	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0										0	0	0	0	0	3
Kaliumpermanganat KMnO ₄	wl	10	20		0	0	0	0					0	1	0										0	0	0	0	0	3
	wl	alle	SP		3	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0										0	0	0	0	0	0
Kaliumpersulfat K ₂ S ₂ O ₈	wl	10	50		3	3	0	0		0			0	3		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
			20		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		3	
Kaliumsulfat K ₂ SO ₄	wl	10	25		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	wl	alle	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	1	
Kalk CaO																														
s. Calciumoxid																														
Kalkmilch Ca(OH) ₂			20		0	1	0	0																					0	
			SP		0	1	0	0																					0	
Karbolsäure C ₆ H ₅ (OH)			20		0	0	0	0		0	1	0	0	1	0										0	1	0	0	0	0
			SP		3	3	3	0					1	0											0	0	0	0	3	0
	wl	90	SP		3	3	3	0					1	0											0	0	0	3	3	0

Medium			Werkstoffe																										
Bezeichnung Chemische Formel			Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen					Kupfer-basis Legierungen			Reine Metalle												
						ferritische	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
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		
Kieselfluor- wasserstoffsäure H ₂ (SiF ₆)			100	20	3	3	L	L					1	1	1	1	3	1	3	1	1	0	0	0	0	0	3		
			25	20	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	1	1	1	3			3	3		
Dampf			70	20	3	3	3	3	3						1								2			3	3		
Kieselflußsäure s. Kieselfluor- wasserstoffsäure																													
Königswasser 3HCl+HNO ₃				20	3	3	3	3	3		3		3				3	3	3	3			0	0				1	
Kohlendioxid CO ₂	tr	100	<540	1000	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0					3	0			0			
	tr	100	3		3																				0				
	fe	20	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	1	0			0	3			
	fe	100	25	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3			
Kohlenmomoxid CO			100	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					0	0	0	0	0	0	0	
			100	<540	3	0	0	0			3		0	0	1							3	3	0	0	1	3		
Kohlensäure CO ₂																													
s. Kohlendioxid																													
Kraftstoff s. Benzin																													
Kresole C ₆ H ₄ (CH ₃)OH	alle	20	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					0	0		0	0	0	0	
	alle	SP	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0					0	0		0	3	0	0	
Kupferacetat (CH ₃ -COO) ₂	wl		20	SP	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3				3	3	1	0	0	0	3	1		
	wl		SP	SP	3	0	0	0	0	0										3			0		3	3			
Kupfer(II)-chlorid CuCl ₂	wl	1	20	3	3	L	L	0	3		1	3	3								3	3	0	0	0	3			
	wl	kg	3	3	3	3	3	3	3		0	3	0	3							3	3	0	0	0	3			
Kupfer(II)-nitrat Cu(NO ₃) ₂	wl	1	20		0	0	0	0	3		0	3									3	3	0	0	0	3			
	wl	50	SP		0	0	0	0	3		3	1	3									0	0	0	3				
	wl	kg			0	0	0	0	3		3	1	3	3							3	3	0	0	0	3			
Kupfer(II)-sulfat CuSO ₄	wl	kg			3	0	0	0	0	3	0	3	3								3	3	0	0	0	3			
	wl	hg			3	1	0	0	0	3	0	3									3	3	0	0	0	3	0		

7.2 | Korrosionsbeständigkeit

Beständigkeitstabelle

HYDRA

Medium			Werkstoffe																	
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen				Kupfer-basis Legierungen			Reine Metalle						
				ferritische	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																		
Lactose C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	wl		20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Leuchtgas				0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1			
Lithium Li	Schm		300	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3		0		3
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		20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	1
	wl		SP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	1
Magnesiumchlorid MgCl ₂	wl	5	20	3	3	L	L	0	0	0	0	0	3			3	0	0	0	3
	wl	5	SP	3	3	3	3	0	0	0	0	0	3			3	0	0	0	3
	wl	50	SP	3	3	3	3				0	0					0	0	0	3
Magnesiumhydroxid Mg(OH) ₂	wl	kg		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	wl	hg		0		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	0	3	0	0	3	3	0	0	1
Magnesiumoxid MgO																				
s. Magnesiumhydroxid																				
Magnesiumsulfat MgSO ₄	wl	0,1	20	0	1	0	0				0							0	0	3
	wl	5	20	3	1	0	0	0	1	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0	0
	wl	50	SP	3	1	0	0				1						0	0	0	
Maleinsäure HOOC-CH=CH-COOH	wl	5	20	3	0	0	0	0	1	0	0	1	0				1			0
	wl	50	100	3	0	0	0		1											0
Maleinsäurehydrid		100	285								0									
Malonsäure CH ₂ (COOH) ₂			20			1	1	1	1	1	1	1	1				1	1		1
			50					1	1	1	1	1	1				1	1		
			100					3	3		3	3					3	3		

7.2 | Korrosionsbeständigkeit

Beständigkeitstabelle

HYDRA

Medium			Werkstoffe																			
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen				Kupfer-basis 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																				
Mangan(II)-chlorid MnCl ₂	wl	5	100	3	L	L	L	1	1	1	1	1	3			3	3	1	0	0		
	wl	50	20	1	3	L	L	1	1	1	1	1	3			3	3	1	0	0		
Mangan(II)-sulfat MnSO ₄	kg				0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0		
Meerwasser bei Strömungs- geschwindigkeit (v): v<1.5m/s 1.5<v<4.5m/s																						
		20	1	L	L	L	0	L	0	0	0	0	L	1		1	L					
		20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1					
Melasse					0	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	0	0	0	0	
Methan CH ₄		200	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	
Methanol s. Methylalkohol																						
Methylacetat CH ₃ COOCH ₃	60	20		0		0	0				0							0	0			
	60	SP		0		0	0				0							0	0			
Methyldehyd s. Formaldehyd																						
Methylalkohol CH ₃ OH	<100	20		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	1		
	100	SP		1	3	1	1		0	0	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		
Methylchlorid CH ₃ Cl	tr	100	20	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	
	fe		20	3	L	L	L		0	0	0							0	0	3		
	fe	100		L	L	L	L		0	0	0					1		0	0	3		
Methylenchlorid CH ₂ Cl ₂	tr	20	0	L	L	L	L		0				0					0	0	0		
	fe	20	L	L	L	L	L		1	1	1	1	1			0	1	0	3	3		
	fe	SP		L	L	L	L	1		1	1	1	1			0	1	0	3	3		
Milchsäure C ₃ H ₆ O ₃	wl	1	20	3	3	0	0	0	0		0	0	0	3	1	0		0	0	0		
	wl	alle	20	3	3	1	0				0	0						0	0	3		
	wl	10	SP	3	3	3	3	0	3			0	3	1		1	3	0	0	3		
	wl	alle	SP	3	3	3	1					0					0	0	0	3		
Milchzucker s. Lactose																						

Medium			Werkstoffe																									
Bezeichnung Chemische Formel			Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle			Nicht-rostende Stähle				Nickelbasis Legierungen				Kupfer-basis 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	
Mischsäuren																												
HNO ₃	H ₂ SO ₄	H ₂ O																										
%	%	%																										
90	10	-		20	0		0	0									3		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			100	20	0	0	0	0																0		1		
C ₁₀ H ₈			100	390	0	0	0	0																				
Naphtalinchlorid			100	45										0														
			100	200										0														
Naphtalinsulfonsäure			100	20	0		0	0						0														
C ₁₀ H ₇ SO ₃ H			100	SP		3	3	3						0														
Naphtensäure			100	20	L	L	L		0	0	0				0						1					0		
Natrium				20	0	0	0	0															0			1		
Na			Schm	600	3	1	0	0														0						
Natriumacetat			wl	10	25	0	0	0	0		0	0		0	0				0	0	0		0	0	0	0	0	
CH ₃ -COONa			wl	hg		3	0	0	0					0								0	0					

[illegible]

Medium				Werkstoffe																				
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle			Nicht-rostende Stähle					Nickelbasis Legierungen					Kupfer-basis 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																					
Natriumfluorid NaF	wl	10	20	0	0	0																		
	wl	10	SP	0	0	0																		
	wl	kg																					0	
Natriumhydrogensulfat s. Natriumbisulfat																								
Natriumhydrogensulfid s. Natriumbisulfid																								
Natriumhydroxid NaOH	fest	100	alle	0	0	0	0						0						0				0	
	wl	<10	<60	0	0	0	0						0	0	0				0					
	wl	<10	<SP	3	3	0	0						0	0	0				0					
	wl	<20	<60	0	0	0	0						0	0	0				0					
	wl	<20	<SP	3	3	0	0						0	0	0				0					
	wl	<40	<60	0	0	0	0						0	0	0				0					
	wl	<40	<100	3	3	0	0						0	0	0				0					
	wl	<40	<100	3	3	3	3						0	0	0				0					
	wl	<50	<60	0	0	0	0						0	0	0				0					
	wl	<50	<100	3	3	0	0						0	0	0				0					
	wl	<50	<100	3	3	3	3						0	0	0				0					
	wl	<60	<90	3	3	0	0						0	0	0				0					
	wl	<60	<140	3	3	3	3						0	0	0				0					
	wl	<60	>140	3	3	3	3						3	0	3				0					
Natriumhypochlorid NaOCl	wl	5	20	3	3	3	L	0	3		0	3	3	3				3	3	0		3		
	wl	10	50	3		L	L					1										3		
Natriumposulfit Na2S2O4	alle				3	0	0	0	1	1	1	1	3					3	1		0			
	alle	SP			3	0	0	0	1	1	1	1	3					3	1		0			
Natriumjodid NaJ				L	L	L	0	0	0	0								0				1		
Natriumnitrat NaNO3	wl	5	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0				0	1	0	0	0	0	
	wl	<10	20	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	1		1	1	0	0	0	0	
	wl	10	SP	3	0	0	0					0						1	0	0	0	3		
	wl	30	20	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0				1	0	0	0	0		
	wl	30	SP	1	0	0	0	0	0	0		3	1					1	0	0	0	0		
Schm		320	3	0	0	0						0						1	0	0	0	3		

Medium				Werkstoffe																					
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen					Kupfer-basis Legierungen			Reine Metalle									
					ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825 2.4868	Inconel 600 2.4816	Inconel 625 2.4856	Hastelloy-C 2.4610 2.4819	Monel 2.4360	Cuinfer 30 2.0882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber				
		%	°C																						
Natriumnitrid NaNO ₂	wl		20			0	0	1	0	0	0	0	0	0											
Natriumperborat NaBO ₂	wl	10	20	3	0	0	0				1								1						
	wl	10	SP	3	0	0	0				1								1						
Natriumperchlorat NaClO ₄	wl	10	20	3	3	0	0	1			1								0						
	wl	10	SP	3	3	0	0	1			1								0						
Natriumperoxid Na ₂ O ₂	wl	10	20	3	1	0	0	1	1	1	1	0	0	3			3	0	3	3	3	3	3	3	3
	Schm	10	SP	3	3	0	0	1	1	1	1	0	0	3			3	1	3	3	3	3	3	3	3
			460					3	1		3	3					0								
Natriumphosphat Na ₂ HPO ₄	wl	10	20		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	wl	10	SP		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			3	0	0	0	0	1		
	wl	kg			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0	0	0	0
Natriumsalicylat C ₆ H ₄ (OH)COONa	wl	alle	20		0	0	0	0			0						0	0	0			0			
Natriumsilicofluorid Na ₂ (SiF ₆)	wl	kg		3	3	3	3	0	0	1	1	0					0					1			
Natriumsulfat Na ₂ SO ₄	wl	10	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	wl	kg		3	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	wl	hg		3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	1			
Natriumsulfid Na ₂ S	wl	1	20	3	0	0	0	0	0	0		1						1	0						
	wl	kg	20	3	3	3	0	0	1	0	0	0		3			3	1	0	0	1				
	wl	hg		3	3	3	1											0			3				
Natriumsulfit Na ₂ SO ₃	wl	10	20	3	1	0	0					0	1	3	1	1		0		0	0	0	0	0	3
	wl	50	SP	3	3	0	0											0			3				
Natriumsuperoxid s. Natriumperoxid																									
Natriumtetraborat s. Borax																									
Natriumthiosulfat Na ₂ S ₂ O ₃	wl	1	20	1	0	0	0					0						0	0			0			
	wl	10	20	3	0	0	0												0			0			
	wl	25	SP	3	L	L	L											0	0		1				
	kg			3	3	0	0			1		1	3				3	1	0	0	0				
Natronlauge s. Natriumhydroxid																									

Medium			Werkstoffe																	
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen				Kupfer-basis Legierungen			Reine Metalle						
				ferritische	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																		
Natronsalpeter																				
Natriumnitrat																				
Nickel(II)-chlorid NiCl2	wl wl	10 70 ges	20 SP	3 3	L L	L L	0 0	1 0	0 0	0 0	1 1	1 3	1 3	1 3	1 3	0 0				0
Nickel(II)-nitrat Ni(NO3)2	wl wl	10 25 <100	25 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 3	0 0	0 3	3 1	3 3	3 3	3 3	0 0	0 0	0 0	3 3		
Nickel(II)-sulfat NiSO4	wl wl		20 SP	3 3	0 0	0 0	0 0	1 0	1 0	1 1	1 1				3 0	0 0				
Nitrobenzoesäure C6H4(NO2)COOH	wl		20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	
Nitrobenzole C6Hx(NO2)y				0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		0	
Nitroglycerin C3H5(ONO2)3		20		0	0	0	0												0	
Ölsäure s. Fettsäure																				
Oleum s. Schwefeltrioxid																				
Oxalsäure C2H2O4	wl wl wl	alle 10 hg	20 SP	3 3 3	3 3 3	0 3 3	1 1 1	1 0 1	0 0 1	0 1 1	1 1 1	1 1		1	3	3	0 3 0	0 3 3	0 0 3	
Ozon				0	0	0	0	0	0	0	0	0			1		0		0	
Paraffin CnH2n+2	Schm	20 120		0 0	0 0	0 0	0 0						0	0	0	0	0	0	0	
Perchloräthylen C2Cl4		20 SP		0 0	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1	0 1		0 1	0 1	0 0	0 0			0 3		
Perhydrol s. Wasserstoffsuperoxid																				
Petroleum		20 SP		0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 1	0 1	0 0	0 0	0 3	0 0		0 0	
Phenol s. Karbolsäure																				

Medium			Werkstoffe																		
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen				Kupfer-basis 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	
Phloroglucin C ₆ H ₃ (OH) ₃		20		0	0	0	0	0	0	0	0	0						0	0	0	
Phosgen COCl ₂	tr	20		0	0	0	0	0	0	0	0							0	0	0	
Phosphor P	tr	20	0	0	0	0															
Phosphorpentachlorid PCl ₅	tr	100	20	0	0	0					0					0	1				
Phosphorsäure H ₃ PO ₄	wl	1	20	3	0	0	0	0	0	0	1	3				3	0	0	0	3	
	wl	10	20	3	3	0	0											0	0		
	wl	30	SP	3	3	1	1				1	1	2	1		3	3	3	0	3	
	wl	60	SP	3	3	3	3				1							3	0		
	wl	80	20	3	3	1	0	0	0	0	0			0	1			3	0		0
	wl	80	SP	3	3	3	3	0	0	3	3			1		3	3	3	0		1
Phatalsäure u. Phatalsäureanhydrid C ₆ H ₄ (COOH) ₂	tr	200 200 SP		0 0 0	0 3 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 3	0 0 0
Pikrinsäure C ₆ H ₂ (OH)(NO ₂) ₃	wl kg Schm	3 kg 150	20 SP	3 3 3	0 0 0	0 0 0		3 3		0 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	0 0 0	0 0 0	1 0 3	0 0 3	
Propionsäure s. Essigsäure																					
Pyridin C ₅ H ₅ N	tr	alle SP	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	
Pyrogallol C ₆ H ₃ (OH) ₃	alle alle 100	20 SP 20		3 3 0	0 0 L	0 0 L			0 0 0	0 0 3	0 3 3	3 3 3	0 0 3	3 3 3	0 0 3	0 0 0	0 0 0	0 0 1	0 0 3	0 0 3	
Quecksilber Hg	tr	alle	<500	1	1	1	0		0	0	0	3	3	3	3	3	0	0	3		
Rauchgase s. Verbrennungsgase																					

Medium			Werkstoffe																		
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration	Temperatur	Stähle Unleg. und niedrigleg.	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen				Kupfer- basis 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
Salicylsäure HOC ₆ H ₄ COOH	tr fe wl	100 100 20	20 20 3	1 0 3	0 0 0	0 0 0	0 0 0	1 0 0	1 0 0	0 0 0	1 0 0	0 0 0				0 1 0	1 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 1	
Salmiak s. Ammoniumchlorid																					
Salmiakgeist s. Ammoniumhydroxid																					
Salpeter s. Kaliumnitrat																					
Salpetersäure HNO ₃		1 1 5 5 10 15 25 50 65 65 99 20 40	20 SP 20 SP SP SP SP SP SP SP SP 290 200	3 0 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 3 0 3 0 3 0 3 0 3 0 3 0			0 0 0 1 0 3 3 3 3 3 3 3	0 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	1 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3			3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	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 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	3 0 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
Salpetrige Säure HNO ₂ ähnlt. Salpetersäure																					
Salzsäure HCL		0,2 0,5 0,5 1 2 5 15 32 32	20 20 SP 20 65 20 20 20 SP	3 3 3 3 3 3 3 3 3	3 3 3 3 3 3 3 3 3	L L L L L L L L L	L L L L L L L L L		3 3	0 0 0 0 0 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0 0 0 0	3 3 3 3 3 3 3 3 3	3 3 3 3 3 3 3 3 3		3 3 3 3 3 3 3 3 3	L 1 1 3 3 3 3 3 3	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	3 3 3 3 3 3 3 3 3	0 1

Medium			Werkstoffe																		
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen				Kupfer-basis 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	
Salzsäuregas s. Chlorwasserstoff																					
Sauerstoff O		500	1	0	0	0					0			3	3					0	3
Schwefel S	tr Schm Schm fe	100	60 130 240 20	0 1 3 2	0 0 0 1	0 0 0 0		0		0 0 0 0	0 3 3 3	0 3 3 3	3 3 3 3	3 3 3 3		0 3 3 3	0 0 0 0				3
Schwefeldioxid SO ₂	tr tr tr tr fe fe fe	100 100 100 100 100 100 100	20 60 400 800 20 60 70	0 3 3 3 3 3 3	0 1 3 3 3 3 3	0 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 1 1 3 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 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 0 0	0 0 0 0 0 0 0	
Schwefelsäure H ₂ SO ₄		0,05 0,05 0,1 0,2 0,8 1 3 5 7,5 10 25 25 40 40 50 50 60 80 90 96	20 SP 20 SP SP 20 SP SP 20 SP SP SP SP 20 SP 20 20 20 20	3 1 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	1 1 3 3 3 1 3 3 1 3 3 3 3 3 3 3 3 3	0 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 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 0	0 1 0 0 0 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 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 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 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 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	

Medium				Werkstoffe																									
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle			Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen				Kupfer-basis Legierungen			Reine Metalle												
		%	°C	Unleg. und niedrigleg. Stähle	ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825	24858	Inconel 600	24816	Inconel 625	24866	Hastelloy-C	24610	24819	Monel	24360	Cunifer 30	20882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber	
Schweflige Säure H2SO3	wl wl wl	1 kg hg	20	3 3 3	3 3 3	0 0 1	0 0 0			1			0 0 1		3 0 3									3		1	0 0 0	0 3 3	1
Schwefeltrioxid SO3	fe tr	100 100	20 20	3 0					2	3			0		3	2	0	0	0	0	3						3	0	3
Schwefelwasserstoff H2S	tr tr tr fe	100 100 100 20	20 100 200 20	1 3 3 3	S S 3 3	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 1 0 0	1			0 0 0	1	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	1	0	0	0	3
Seeklima	fe			2L	1L	1L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
Seewasser																													
Seife	wl wl wl	1 1 10	20 75 20	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0			0	0				0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Silbemitrat AgNO3	wl wl wl wl Schm	10 10 20 40 100	20 SP 60 20 250	3 0 3 3 3	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 1 0 0 0	1		1	1		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0 3 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 3 3	3
Stearinsäure CH3(CH2)16COOH		100 20 100	20 95 180	1 3 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0		0 1 0	0 0 0			0 0 1		0 0 0	1 1 1	3	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Stickstoff N		100 100	20 900	0 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	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0
Tannin s. Gerbsäure																													
Teer			20	0	0	0	0	0									0	1	0	0	0				0		1		
Terpentinöl		100 100	20 SP	3 3	0 0	0 0	0 0										0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tetrachloäthan s. Tetrachlorkohlenstoff																			0	1	0	0	0						
Tetrachlorkohlenstoff CCl4	tr tr fe fe	20 SP 25 SP	0 1 1 3	0 1 1 3	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 0 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	0 0 0	0 0 1	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 3 3 3	
Tinte s. Gallussäure																													

Medium			Werkstoffe																										
Bezeichnung Chemische Formel		Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle		Nicht-rostende Stähle		Nickelbasis Legierungen				Kupfer-basis Legierungen			Reine Metalle														
		%	°C	Unleg. und niedrigleg. Stähle	ferritische	austenitische	austenitische + Mo	Incoloy 825	24858	Inconel 600	24816	Inconel 625	24866	Hastelloy-C	24610	24819	Monel	24360	Cunifer 30	20882	Tombak	Bronze	Kupfer	Nickel	Titan	Tantal	Aluminium	Silber	
Toluol C ₆ H ₅ -CH ₃		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	
Treibstoffe																													
Benzin			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	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Benzol			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	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Benzin-Alkohol-Gemisch			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
Dieselloil			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
Trichloracetaldehyd s. Chloral																													
Trichloräthylen CHCl ₃ =CCl ₂	rein rein fe fe	100 100	20 SP 20 SP	0 0 3 3	0 0 3 3	0 0 L L	0 0 L L					0 0 0 0	0 0 1 1	0 0 3 3	0 0 1 1	0 0 3 3	0 0 1 1	0 0 3 3	0 0 1 1	0 0 3 3	0 0 1 1	0 0 3 3	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1	0 0 1 1	
Trichloressigsäure s. Chloressigsäure																													
Trichlormethan s. Chloroform																													
Trisilphosphat				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
Trinitrophenol s. Pikrinsäure																													
Überchlorsäure HClO ₄		10 100	20 20	3 3	3 3	3 3	3 3																			0 0		3	
Unterchlorige Säure HOCl			20	3	3	3	3																			0		3	
Verbrennungsgase frei von S bzw. H ₂ SO ₄ und Cl																													
mit S bzw. H ₂ SO ₄ und Cl																													
Vinylchlorid CH ₂ =CHCl	tr		20 <400	0 0	0 0	0 0	0 0							0 0								0			0 0			0	

Beständigkeitstabelle

Medium			Werkstoffe																							
Bezeichnung Chemische Formel	Konzentration	Temperatur	Unleg. und niedrigleg. Stähle	Nicht-rostende Stähle			Nickelbasis Legierungen					Kupfer-basis Legierungen			Reine Metalle											
				ferritische	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																								
Wasserdampf O2<1ppm;Cl<10ppm O2>1ppm;Cl<10ppm O2>15ppm;Cl<3ppm			<560 <315 >450	1 S S	1 S S	1 S S	0 S S							0 0 0							0 0 0					
Wasserstoff H			<300 >300	0 3		0 0	0 0							0 0			0		0						0 0	
Wasserstoffperoxid H2O2	alle	20	3	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3	3	3		3	1	3	3	0	0	0	0	
Wein		20 SP	3 3	0 0	0 0	0 0		0 0						3 3	3 3	3 3		3 3		0 0	3 3					
Weinsäure	wl wl wl wl wl wl wl	10 10 25 25 50 50 5	20 SP 20 SP 20 20 20	1 3 3 3 3 3 3	0 1 1 3 3 3 L	0 0 0 1 0 3 L	0 0 0 0 0 3 L	0 3 0 0 0 1 0	1 3 0 1 0 0 0	0 3 0 1 0 0 0	0 3 0 1 0 0 3	1 3 0 1 0 0 3	0 3 0 1 0 0 3	0 3 0 1 0 0 3	0 3 0 1 0 0 3	0 3 0 1 0 0 3	0 3 0 1 0 0 3	0 3 0 1 0 0 3	0 3 0 1 0 0 3	0 3 0 1 0 0 3	0 3 0 1 0 0 3	0 3 0 1 0 0 3	0 3 0 1 0 0 3	0 3 0 1 0 0 3		
Zinkchlorid ZnCl2	wl wl wl wl wl	5 10 20 75 2	SP 20 20 20 20	3 3 3 3 3	3 L L L L	3 L L L L	3 L L L L	0 3 3 3 3	3 3 3 3 3		1 3 3 3 0	3 3 3 3 0	3 3 3 3 0	3 3 3 3 0	3 3 3 3 0	3 3 3 3 0	3 3 3 3 0	3 3 3 3 0	3 3 3 3 0	3 3 3 3 0	3 3 3 3 0	3 3 3 3 0	3 3 3 3 0	3 3 3 3 0	3 3 3 3 0	
Zinksulfat ZnSO4	wl wl wl wl wl	20 30 kg hg 5	SP SP kg hg 20	3 3 3 3 3	0 3 0 3 3	0 3 0 3 3	0 0 0 0 3	0 0 0 0 3		1 0 1 1 3	0 1 0 1 3	1 1 1 1 3	1 1 1 1 3	0 0 0 0 3						1 0 0 0 1	0 0 0 0 3	0 0 0 0 3	0 0 0 0 3	0 0 0 0 3	0 0 0 0 3	
Zinnchloride SnCl2; SnCl4	hg alle	<80	3 3	3 3	3 0	3 0		0 0		0 0																
Zitronensäure CH2COOH(COOH) COOH CH2 COOH	wl wl	alle	SP	3	3	3	0		0		0			0												



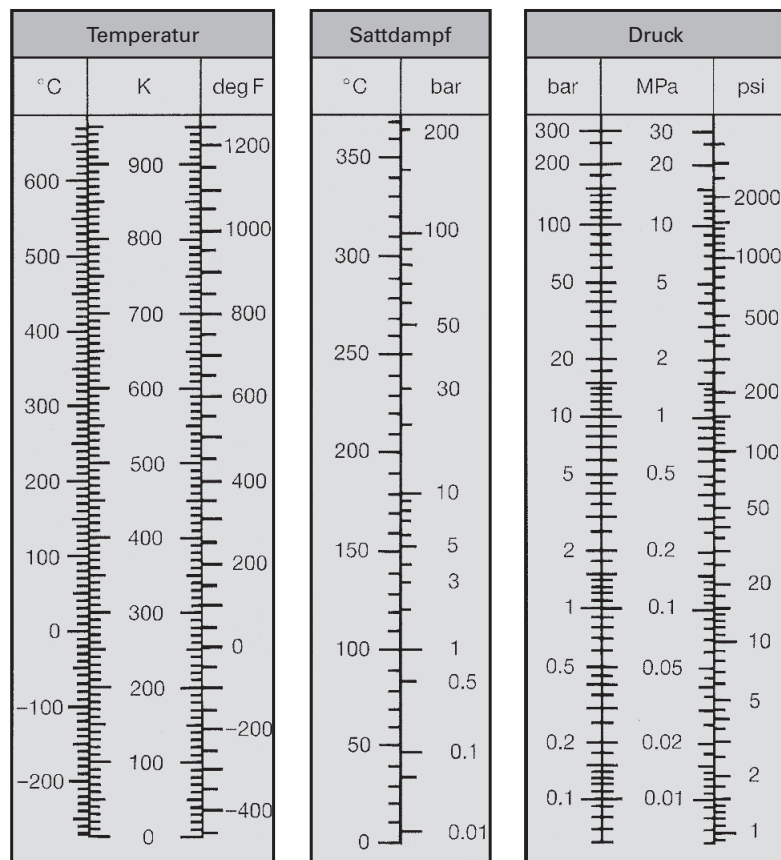
Inhalt

Umrechnungstabellen und Formelzeichen

Wasserdampf tabel	240
Temperatur, Sattedampf, Druck (Leiterdiagramme)	242
Griechisches Alphabet	243
Formelzeichen	244
Physikalische Einheiten (D, GB, US)	246
Umrechnungstabellen	248
Länge, Masse, Zeit	
Temperatur, Winkel, Druck	
Energie, Leistung, Volumen	

Druck (absolut)	Sättigungstemperatur	kinematische Viskosität des Dampfes	Dichte des Dampfes
bar	°C	10 ⁻⁶ m ² /s	kg/m ³
p	t	ν"	ρ"
0.020	17.513	650.240	0.01492
0.040	28.983	345.295	0.02873
0.060	36.183	240.676	0.04212
0.080	41.534	186.720	0.05523
0.10	45.833	153.456	0.06814
0.14	52.574	114.244	0.09351
0.20	60.086	83.612	0.1307
0.25	64.992	68.802	0.1612
0.30	69.124	58.690	0.1912
0.40	75.886	45.699	0.2504
0.45	78.743	41.262	0.2796
0.50	81.345	37.665	0.3086
0.60	85.954	32.177	0.3661
0.70	89.959	28.178	0.4229
0.80	93.512	25.126	0.4792
0.90	96.713	22.716	0.5350
1.0	99.632	20.760	0.5904
1.5	111.37	14.683	0.8628
2.0	120.23	11.483	1.129
2.5	127.43	9.494	1.392
3.0	133.54	8.130	1.651
3.5	138.87	7.132	1.908
4.0	143.62	6.367	2.163
4.5	147.92	5.760	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"	ρ"
5.0	151.84	5.268	2.669
6.0	158.84	4.511	3.170
7.0	164.96	3.956	3.667
8.0	170.41	3.531	4.162
9.0	175.36	3.193	4.655
10.0	179.88	2.918	5.147
11.0	184.07	2.689	5.637
12.0	187.96	2.496	6.127
13.0	191.61	2.330	6.617
14.0	195.04	2.187	7.106
15.0	198.29	2.061	7.596
20.0	212.37	1.609	10.03
25.0	223.94	1.323	12.51
30.0	233.84	1.126	15.01
34.0	240.88	1.008	17.03
38.0	247.31	0.913	19.07
40.0	250.33	0.872	20.10
45.0	257.41	0.784	22.68
50.0	263.91	0.712	25.33
55.0	269.93	0.652	28.03
60.0	275.55	0.601	30.79
65.0	280.82	0.558	33.62
70.0	285.79	0.519	36.51
75.0	290.50	0.486	39.48



α	Alpha
β	Beta
γ	Gamma
δ	Delta
ε	Epsilon
ζ	Zeta
η	Eta
θ	Theta
ι	Jota
κ	Kappa
λ	Lambda
μ	My
ν	Ny
ξ	Xi
\omicron	Omikron
π	Pi
ρ	Rho
σ	Sigma
τ	Tau
υ	Ypsilon
φ	Phi
χ	Chi
ψ	Psi
ω	Omega

A	Alpha
B	Beta
Γ	Gamma
Δ	Delta
E	Epsilon
Z	Zeta
H	Eta
Θ	Theta
I	Jota
K	Kappa
Λ	Lambda
M	My
N	Ny
Ξ	Xi
O	Omikron
Π	Pi
P	Rho
Σ	Sigma
T	Tau
Υ	Ypsilon
Φ	Phi
X	Chi
Ψ	Psi
Ω	Omega

Formelzeichen	Bedeutung
A	Konstante zur Beschreibung des Ermüdungsverhaltens
C_m	Verfestigungsfaktor zur Bestimmung der Druckfestigkeit von Bälgen
C_{di} , C_{fr} , C_p	Anderson Faktoren – Geometrieabhängige Korrekturfaktoren zur Spannungsberechnung am Balg
D_A	Außendurchmesser des Balges
D_{AT}	druckbeaufschlagter Anschlusssteildurchmesser
D_m	mittlerer Balgdurchmesser
$E(T)$	temperaturabhängiger Wert des E-Moduls
F	Kraft, Druckreaktionskraft
K_{P0}	Abminderungsfaktor für den Druck bei erhöhten Temperaturen
K_{AN}	Korrekturfaktor für den Einfluss der Lastspielzahl auf die Bewegungsgröße
K_{AP}	Korrekturfaktor für den Einfluss des Druckes auf die Bewegungsgröße
M_B	Biegemoment
M_T	Drehmoment
M_{Tc}	kritisches Drehmoment
N	Lastspielzahl
$N_{xx\%}$	Lastspielzahl für eine Ausfallwahrscheinlichkeit von xx %
P	Schädigungsparameter
PS	Betriebsdruck bei der Temperatur TS
$R_{P1,0}(T)$	temperaturabhängiger Wert der 1%-Dehngrenze
$R_m(T)$	temperaturabhängiger Wert der Zugfestigkeit
S	Sicherheitsfaktor
S_F	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_{α}	Angularfederrate einer Balgwelle
c_0	Axialfederrate einer Balgwelle
c_{λ}	Lateralfederrate einer Balgwelle

Formelzeichen	Bedeutung
d_i	Innendurchmesser des Balges
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

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	de	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	1000,0000
in	inch	0,0254
ft	foot (=12 in)	0,3048
yd	yard (=3 ft / =36 in)	0,9144

Masse - SI-Einheit Kilogramm, kg

Zeichen	Name	in kg
g	Gramm	0,00100
t	Tonne	1000,00000
oz	ounce	0,02835
lb	pound	0,45360
sh tn	short ton (US)	907,20000
tn	ton (UK)	1016,00000

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 (siehe auch vorstehende Leitertafel)

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 (grd)	$\pi/180$
'	Minute	$\pi/1,08 \cdot 10^4$
"	Sekunde	$\pi/6,48 \cdot 10^5$

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

Zeichen	Name	in Pa	in bar
Pa = N/m²	Pascal	1	0,0001
hPa = mbar	Hektopascal = Millibar	100	0,001
kPa	Kilopascal	1000	0,01
bar	Bar	100000	1
MPa = N/mm²	Megapascal	1000000	10
mm WS	Millimeter Wassersäule	9,807	0,0001
lbf/in² = psi	pound-force per square inch	6895	0,0689
lbf/ft²	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	$3,6 \cdot 10^6$
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 m³
l	Liter	0,001
in³	cubic inch	$1,6387 \cdot 10^{-5}$
ft³	cubic foot gallon	0,02832
gal	(UK) gallon	0,004546
gal	(US)	0,003785

ANFRAGE-SPEZIFIKATION FÜR HYDRA-METALLBÄLGE

Firma:

Datum:

Anfrage-Nr./Projekt:

Bearbeiter:

Angebotstermin:

Tel./Fax:

e-mail:

Empfänger Anfrage-Spezif. WI-Gruppe:

Abmessungen		
Balgtyp		
Innendurchmesser	mm	genauer Wert <input type="checkbox"/> oder minimal zulässiger Wert <input type="checkbox"/>
Außendurchmesser	mm	genauer Wert <input type="checkbox"/> oder maximal zulässiger Wert <input type="checkbox"/>
Baulänge	mm	genauer Wert <input type="checkbox"/> oder maximal zulässiger Wert <input type="checkbox"/>
Balgwerkstoff		
<input type="checkbox"/> 1.4571 <input type="checkbox"/> 1.4541 <input type="checkbox"/> anderer Werkstoff:		
<input type="checkbox"/> Herstellung durch Witzenmann <input type="checkbox"/> beigestellt		
Anschlusswerkstoff		
<input type="checkbox"/> 1.4571 <input type="checkbox"/> 1.4541 <input type="checkbox"/> anderer Werkstoff:		
Betriebsbedingungen		
Betriebsdruck PS	bar	Innendruck <input type="checkbox"/> oder Außendruck <input type="checkbox"/> statischer Druck <input type="checkbox"/> oder Druckpulsationen <input type="checkbox"/>
Betriebstemperatur TS	°C	
Prüfdruck p _r	bar	
Prüftemperatur	°C	
Medium		
Torsionsbelastung	Nm	
Bewegungsaufnahme	± mm	axial
	± mm	lateral
	± mm	angular
Lastspielzahl		<input type="checkbox"/> > 1000 <input type="checkbox"/> > 2000 <input type="checkbox"/> > 5000 <input type="checkbox"/> > 10000 <input type="checkbox"/> andere Lastspielzahl
Federrate (axial)	N/mm	

Spezifikationen

Abnahmeprüfungen

Prüfbescheinigungen

Bemerkungen

Skizzen

Das Handbuch
der MetallschläucheDas Handbuch
der Kompensatoren

Weitere Produktinformationen unter
www.witzenmann.de/service