

DIN EN 14585-1

ICS 23.040.70

Entwurf

Einsprüche bis 2022-06-08
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 14585-1:2006-04 und
DIN EN 14585-1 Beiblatt
1:2006-04

**Gewellte Metallschlauchleitungen für Druckanwendungen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 14585-1:2022**

Corrugated metal hose assemblies for pressure applications;
German and English version prEN 14585-1:2022

Tuyauteries métalliques flexibles onduleuses pour applications sous pression;
Version allemande et anglaise prEN 14585-1:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-04-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nard@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 179 Seiten

DIN-Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14585-1:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 342 „Metallschläuche, Schlauchleitungen, Bälge und Kompensatoren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SVN gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 082-00-01 AA „Schlauchleitungen und Kompensatoren aus Metall; Spiegelausschuss zu CEN/TC 342“ im DIN-Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 14585-1:2006-04 und DIN EN 14585-1 Beiblatt 1:2006-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) gesamtes Dokument inhaltlich überarbeitet;
- b) Dokument redaktionell überarbeitet.

April 2022

prEN 14585-1

Gewellte Metallschlauchleitungen für Druckanwendungen

Corrugated metal hose assemblies for pressure applications

Tuyauteries métalliques flexibles onduleuses pour applications sous pression

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	11
4 Klassifizierung	13
5 Werkstoffe	13
5.1 Allgemeine Anforderung	13
5.2 Geeignete Werkstoffe	13
5.3 Andere Werkstoffe	16
5.4 Korrosion	16
5.5 Anwendung bei niedriger Temperatur	16
5.6 Werkstoffe für drucktragende Teile von Metallschlauchleitungen, die nach den Kategorien I bis III ausgelegt sind	18
5.6.1 Allgemeines	18
5.6.2 Duktilität	18
5.6.3 Sprödbbruch	18
5.7 Werkstoffdokumentation	19
5.7.1 SEP-Werkstoffe	19
5.7.2 Werkstoffe der Kategorien I bis III	19
6 Auslegungsverfahren	20
6.1 Allgemeines	20
6.2 Grundlegende Auslegungskriterien	20
6.2.1 Auslegungsbedingungen	20
6.2.2 Temperaturen	20
6.2.3 Zusätzliche Belastungen	21
6.2.4 Strukturelle Bedingungen	21
6.2.5 Maße	22
6.2.6 Auslegung auf Grundlage der Nenndrücke PN	23
6.2.7 Anwendung der verschiedenen Auslegungsverfahren	23
6.3 Rechnerisches Auslegungsverfahren	24
6.3.1 Allgemeines	24
6.3.2 Zulässige Spannungen	28
6.3.3 Gewellte Metallschläuche	29
6.3.4 Umflechtung	33
6.3.5 Metallschlauchleitung	36
6.3.6 Flansche und andere Anschlussteile	39
6.3.7 Berechnung der Ermüdung	39
6.3.8 Typprüfungen	39
6.4 Experimentelles Auslegungsverfahren	40
6.4.1 Allgemeines	40
6.4.2 Typprüfungen	40
6.4.3 Druckprüfung	40
6.4.4 Zyklische Prüfungen	41
6.5 Anwendung von Schlauchleitungen	44
6.5.1 Allgemeines	44
6.5.2 Zulässiger Druck	45
6.5.3 Durchflussgeschwindigkeit	45
6.5.4 Druckabfall	45
6.5.5 Schlauchkonfigurationen	46
6.5.6 Dokumentation über die Auslegungsverfahren	51

7	Herstellung	51
7.1	Allgemeines	51
7.2	Werkstoffe	52
7.2.1	Allgemeines	52
7.2.2	Rückverfolgbarkeit der Werkstoffe für Schlauchleitungen	52
7.3	Nicht lösbare Verbindungen	52
7.3.1	Allgemeines	52
7.3.2	Schweißen	52
7.3.3	Hartlöten	53
7.3.4	Verfahren und Personal für nicht lösbare Verbindungen von Schlauchleitungen der Kategorien II und III	53
7.4	Metallschlauchleitung	54
7.4.1	Gewellter Schlauch	54
7.4.2	Schlauchzusammensetzung	54
7.4.3	Umflechtung	54
7.4.4	Zusätzlicher Schutz	55
7.5	Grenzabmaße	57
7.5.1	Allgemeines	57
7.5.2	Innendurchmesser	57
7.5.3	Dicke der Lage e_p	57
7.5.4	Wellenhöhe w	58
7.5.5	Gesamtlänge	58
7.5.6	Anschlussteile	58
7.6	Reparatur und Nachbearbeitung	58
7.7	Reinigung	58
8	Prüfung, Inspektion und Dokumentation	58
8.1	Einleitung	58
8.1.1	Allgemeines	58
8.1.2	Dokumente	59
8.1.3	Dokumente für Schlauchleitungen der Kategorien I, II und III	59
8.2	Laufende Überwachung, Prüfung und Dokumentation	59
8.2.1	Werkstoffe	59
8.2.2	Zerstörungsfreie prozessbegleitende Prüfungen	59
8.3	Abnahme	60
8.3.1	Allgemeines	60
8.3.2	Schlussprüfung	60
8.3.3	Zerstörungsfreie Prüfungen	60
8.3.4	Sicht- und Maßprüfung	61
8.3.5	Dichtheitsprüfungen	61
8.3.6	Druckprüfung	61
8.3.7	Schlussdokumentation	62
8.3.8	Verpackung	63
9	Kennzeichnung und Etikettierung	63
10	Betriebsanleitung	64
10.1	Allgemeines	64
10.2	Inhalt der Betriebsanleitung	64
10.3	Inhalt der Sicherheitshinweise	64
Anhang A (informativ)	Kategorien von gewellten Metallschlauchleitungen	66
A.1	Allgemeines	66
A.2	Klassifizierung von gewellten Metallschlauchleitungen	66
A.3	Fluid-Gruppen	66
A.3.1	Allgemeines	66
A.3.2	Gruppe 1	66
A.3.3	Gruppe 2	67
A.4	Technische Anforderungen	67
A.4.1	Gewellte Metallschlauchleitungen, die an Druckgeräten befestigt sind	67
A.4.2	Gewellte Metallschlauchleitungen, die als Rohrleitungskomponenten verwendet werden	67

A.4.3	Gute Ingenieurpraxis (SEP)	68
A.5	Kategorie der Metallschlauchleitung	68
Anhang B	(informativ) Informationen, die dem Schlauchhersteller zur Verfügung gestellt werden müssen	73
B.1	Wichtigste Auslegungsbedingungen	73
B.2	Zusätzliche Informationen/Anforderungen abhängig von der Anwendung	73
Anhang C	(normativ) Werkstoffeigenschaften und Abminderungsfaktoren	75
C.1	Allgemeines	75
Anhang D	(informativ) Berechnungskoeffizienten C_p , C_f	81
D.1	Koeffizientendiagramme	81
D.2	Polynomapproximation von Koeffizienten	82
D.2.1	Koeffizienten C_p	82
D.2.2	Koeffizienten C_f	83
D.2.3	Zwischenwerte	84
Anhang E	(informativ) Risikoanalyse	85
Anhang ZA	(informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2014/68/EU	86
Literaturhinweise		88

Bilder

Bild 1	— Werkstoffdokumentation	19
Bild 2	— Biegeradius R	22
Bild 4	— Querschnitt durch die Welle	30
Bild 5	— Mögliche Wellenformen in der Neutralstellung außer U-Form	31
Bild 6	— Umflechtung (Kennwerte)	34
Bild 7	— Berstdruck	37
Bild 8	— Lastspielprüfungen	42
Bild 9	— Biegeprüfung	43
Bild 10	— Schlauchverbindungsnaht stumpf geschweißt oder mit Bördelnaht	54
Bild 11	— Schutzummantelung	56
Bild 12	— Umflechtungsschutz durch Runddrahtwendel	56
Bild 13	— Knickschutzvorrichtung	57
Bild A.1	— Kategorien von gewellten Metallschlauchleitungen (Gruppe 1/gefährliches Gas)	69
Bild A.2	— Kategorien von gewellten Metallschlauchleitungen (Gruppe 2/sonstiges Gas)	70
Bild A.3	— Kategorien von gewellten Metallschlauchleitungen (Gruppe 1/gefährliche Flüssigkeiten)	71
Bild A.4	— Kategorien von gewellten Metallschlauchleitungen (Gruppe 2/sonstige Flüssigkeiten)	72
Bild D.1	— Koeffizient C_p	81
Bild D.2	— Koeffizient C_f	82

Tabellen

Tabelle 1	— Werkstoffe für gewellte Metallschläuche und zugehörige Temperaturgrenzen	14
Tabelle 2	— Werkstoffe für Umflechtung, Anschlusssteile, Hülsen und Zubehörteile	14
Tabelle 3	— Werkstoffe für drucktragende Teile für Anwendungsfälle bei niedriger Temperatur (außer gewellte Schläuche und Umflechtung)	17
Tabelle 4	— Nennweiten und Biegeradien	22
Tabelle 5	— Nenndrücke PN	23
Tabelle 6	— Symbole	24
Tabelle 7	— Allgemeine Faktoren für die beiden verschiedenen Auslegungen von Schläuchen	27
Tabelle 8	— Zulässige Spannungen	28
Tabelle 9	— Zyklische Prüfungen	43

Tabelle 10 — Seitliche Bewegung	46
Tabelle 11 — Winkerverformung	47
Tabelle 12 — Schlauchmontage mit 90°-Bogen für zyklischen Einsatz	48
Tabelle 13 — Schlauchmontage mit 90°-Bogen für zyklischen Einsatz	49
Tabelle 14 — Montage mit U-Bogen (180°) für zyklischen Einsatz	50
Tabelle 15 — 90°-Bogen für Schwingung	51
Tabelle 16 — Toleranzen der Werkstoffdicke t_n	58
Tabelle 17 — Liste der Dokumente	59
Tabelle 18 — Schlusssdokumentation	62
Tabelle A.1 — Klassifizierung von gewellten Metallschlauchleitungen	68
Tabelle C.1 — Abminderungsfaktoren $k_{p,t}$ und Grenztemperaturen	76
Tabelle C.2 — Werkstoffabhängige Kennwerte für die Berechnung der Kaltumformung	78
Tabelle C.3 — Temperaturabhängige Werkstoffeigenschaften	79
Tabelle D.1 — Polynomkoeffizienten α_i für Gleichung (D.1), wobei $C_1 \leq 0,3$	82
Tabelle D.2 — Polynomkoeffizienten α_i für Gleichung (D.1), wobei $C_1 > 0,3$	83
Tabelle D.3 — Polynomkoeffizienten β_i für Gleichung (D.2)	84
Tabelle E.1 — Liste der Risikoanalyse	85
Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und der Richtlinie 2014/68/EU	86

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14585-1:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 342 „Metallschläuche, Schlauchleitungen, Bälge und Kompensatoren“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SVN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 14585-1:2006, CEN/TR 14585-2:2006 und CEN/TR 14585-3:2017 ersetzen.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie 2014/68/EU [1].

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Diese Norm wurde erstellt, um die besonderen Anforderungen an gewellte Metallschlauchleitungen für Druckanwendungen zu erfüllen. Für Anwendungen, die nicht in den Anwendungsbereich der EU-Richtlinie 2014/68/EU fallen, wird auf EN ISO 10380:2012 Bezug genommen.

Einleitung

Gewellte Metallschlauchleitungen werden als Komponenten in Rohrleitungen verwendet.

Die Anforderungen dieses Dokuments richten sich an Konstrukteure, Hersteller, Lieferer und Importeure von gewellten Metallschlauchleitungen für Druckanwendungen.

Die besonderen Merkmale einer gewellten Metallschlauchleitung werden charakterisiert durch:

- die gegensätzlichen Anforderungen an Druckfestigkeit und Flexibilität.
- die wechselseitige Wirkung ihrer drucktragenden Bauteile: gewellter Metallschlauch, Umflechtung, Anschlussteile und nicht lösbare Verbindungen.

In der DGRL [1], Anhang I, Abschnitt 2.2.2 wird das experimentelle Auslegungsverfahren für Rohrleitungen allgemein auf $PS \cdot DN$ kleiner als 3 000 begrenzt. Nachweisprüfungen müssen jedoch die Auslegung von gewellten Metallschlauchleitungen für alle praktisch erreichbaren Werte von $PS \cdot DN$ belegen.

Für die Einhaltung der guten Ingenieurspraxis (SEP) ist der Hersteller auf Grundlage einschlägiger Normen oder anderer berufsständischer Regeln verantwortlich. Gewellte Metallschlauchleitungen nach SEP werden so ausgelegt, hergestellt, geprüft und mit einer Betriebsanleitung geliefert, dass ihre Sicherheit während ihrer vorgesehenen Lebensdauer sichergestellt ist, wenn sie unter vorhersehbaren oder vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen verwendet werden.

ANMERKUNG 1 EN ISO 10380:2012 oder einschlägige berufsständische Regeln entsprechen den Anforderungen der guten Ingenieurpraxis.

ANMERKUNG 2 Siehe auch PED Guidlines I-01 [5] und I-09 [6].

Für gewellte Metallschlauchleitungen, die nach dieser Europäischen Norm ausgelegt und hergestellt werden, ist die Risikoanalyse bereits durchgeführt, siehe Anhang E.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Anforderungen an Auslegung, Fertigung und Einbau von gewellten Metallschlauchleitungen für Druckanwendungen mit einem maximalen zulässigen Druck *PS* über 0,5 bar fest.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 764-4:2014, *Druckgeräte — Teil 4: Erstellung von technischen Lieferbedingungen für metallische Werkstoffe*

EN 764-5:2014, *Druckgeräte — Teil 5: Prüfbescheinigungen für metallische Werkstoffe und Übereinstimmung mit der Werkstoffspezifikation*

EN 1092-1:2018, *Flansche und ihre Verbindungen — Runde Flansche für Rohre, Armaturen, Formstücke und Zubehörteile, nach PN bezeichnet — Teil 1: Stahlflansche*

EN 1562:2019, *Gießereiwesen — Temperguss*

EN 1591-1:2013, *Flansche und ihre Verbindungen — Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung — Teil 1: Berechnung*

EN 1593:1999¹, *Zerstörungsfreie Prüfung — Dichtheitsprüfung — Blasenprüfverfahren*

EN 1652:1997, *Kupfer- und Kupferlegierungen — Platten, Bleche, Bänder, Streifen und Ronden zur allgemeinen Verwendung*

EN 1653:1997², *Kupfer und Kupferlegierungen — Platten, Bleche und Ronden für Kessel, Druckbehälter und Warmwasserspeichieranlagen*

EN 1779:1999³, *Zerstörungsfreie Prüfung — Dichtheitsprüfung — Kriterien zur Auswahl von Prüfmethoden und -verfahren*

EN 1982:2017, *Kupfer und Kupferlegierungen — Blockmetalle und Gussstücke*

EN ISO 6892-1:2019, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1:2019)*

EN ISO 7369:2020, *Rohrleitungen — Metallschläuche und Metallschlauchleitungen — Begriffe (ISO 7369:2020)*

EN ISO 9445-1:2010, *Kontinuierlich kaltgewalzter nichtrostender Stahl — Grenzabmaße und Formtoleranzen — Teil 1: Kaltband und Kaltband in Stäben (ISO 9445-1:2009)*

EN ISO 9445-2:2010, *Kontinuierlich kaltgewalzter nichtrostender Stahl — Grenzabmaße und Formtoleranzen — Teil 2: Kaltbreitband und Blech (ISO 9445-2:2009)*

EN ISO 9606-1:2017, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle (ISO 9606-1:2012, einschließlich Cor 1:2012 und Cor 2:2013)*

1 Dokument beeinflusst durch A1:2003.

2 Dokument beeinflusst durch A1:2000.

3 Dokument beeinflusst durch A1:2003.

EN ISO 9606-4:1999, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 4: Nickel und Nickellegierungen (ISO 9606-4:1999)*

EN ISO 9712:2012, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung (ISO 9712:2012)*

EN 10028-2:2017, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 2: Unlegierte und legierte Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

EN 10028-4:2017, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 4: Nickellegierte kaltzähe Stähle*

EN 10028-7:2016, *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen — Teil 7: Nichtrostende Stähle*

EN 10088-3:2014, *Nichtrostende Stähle — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung*

EN 10204:2004, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

EN 10216-1:2013, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raumtemperatur*

EN 10216-2:2013+A1:2019, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

EN 10216-3:2013, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 3: Rohre aus legierten Feinkornbaustählen*

EN 10216-4:2013, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 4: Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen*

EN 10216-5:2021, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 5: Rohre aus nichtrostenden Stählen*

EN 10217-3:2019, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 3: Elektrisch geschweißte und unterpulvergeschweißte Rohre aus legierten Feinkornbaustählen mit festgelegten Eigenschaften bei Raum-, erhöhten und tiefen Temperaturen*

EN 10217-4:2019, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 4: Elektrisch geschweißte Rohre aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen*

EN 10217-5:2019, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 5: Unterpulvergeschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

EN 10217-7:2021, *Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 7: Rohre aus nichtrostenden Stählen*

EN 10222-2:2017+A1:2021, *Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter — Teil 2: Ferritische und martensitische Stähle mit festgelegten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen*

EN 10222-3:2017, *Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter — Teil 3: Nickelstähle mit festgelegten Eigenschaften bei tiefen Temperaturen*

EN 10222-5:2017, *Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter — Teil 5: Martensitische, austenitische und austenitisch-ferritische nichtrostende Stähle*

EN 10253-2:2021, *Formstücke zum Einschweißen — Teil 2: Unlegierte und legierte ferritische Stähle mit besonderen Prüfanforderungen*

EN 10253-4:2008, *Formstücke zum Einschweißen — Teil 4: Austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex-)Stähle mit besonderen Prüfanforderungen*

EN ISO 10380:2012, *Rohrleitungen — Gewellte Metallschläuche und Metallschlauchleitungen (ISO 10380:2012)*

EN 12164:2016, *Kupfer und Kupferlegierungen — Stangen für die spanende Bearbeitung*

EN 12165:2016, *Kupfer und Kupferlegierungen — Vormaterial für Schmiedestücke*

EN 12166:2016, *Kupfer und Kupferlegierungen — Drähte zur allgemeinen Verwendung*

EN 12167:2016, *Kupfer und Kupferlegierungen — Profile und Rechteckstangen zur allgemeinen Verwendung*

EN 12168:2016, *Kupfer und Kupferlegierungen — Hohlstangen für die spanende Bearbeitung*

EN 12449:2016+A1:2019, *Kupfer und Kupferlegierungen — Nahtlose Rundrohre zur allgemeinen Verwendung*

EN 13134:2000, *Hartlöten — Hartlötverfahrensprüfung*

EN 13184:2001⁴, *Zerstörungsfreie Prüfung — Dichtheitsprüfung — Druckänderungsverfahren*

EN 13445-3:2021, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 3: Konstruktion*

EN 13480-2:2017, *Metallische industrielle Rohrleitungen — Teil 2: Werkstoffe*

EN 13480-3:2017, *Metallische industrielle Rohrleitungen — Teil 3: Konstruktion und Berechnung*

EN ISO 148-1:2016, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 148-1:2016)*

EN ISO 13585:2012, *Hartlöten — Prüfung von Hartlöttern und Bedienern von Hartlöteinrichtungen (ISO 13585:2012)*

EN ISO 14732:2013, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern und Einrichtern zum mechanischen und automatischen Schweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 14732:2013)*

EN ISO 15610:2003, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund des Einsatzes von geprüften Schweißzusätzen (ISO 15610:2003)*

EN ISO 15613:2004, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund einer vorgezogenen Arbeitsprüfung (ISO 15613:2004)*

EN ISO 15614-1:2017, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1:2017 + Amd 1:2019)*

EN ISO 17637:2016, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Sichtprüfung von Schmelzschweißverbindungen (ISO 17637:2016)*

⁴ Dokument beeinflusst durch A1:2003.

EN ISO 20485:2018, *Zerstörungsfreie Prüfung — Dichtheitsprüfung — Prüfgasverfahren (ISO 20485:2017)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN ISO 7369:2020 sowie die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Metallschlauchleitung

Baueinheit aus einem gewellten Metallschlauch und seinen Anschlussteilen

3.2

maximaler zulässiger Druck

PS

maximaler Druck bei Betriebstemperatur, für den die Metallschlauchleitung ausgelegt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch 6.2.1.

3.3

maximaler zulässiger Druck bei 20°C

PS₂₀

äquivalenter Höchstdruck bei Umgebungstemperatur, für den die Metallschlauchleitung ausgelegt ist

3.4

maximale/minimale zulässige Temperatur

TS

maximale und minimale Temperatur, für welche die Metallschlauchleitung ausgelegt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch 6.2.1.

3.5

Nenndruck

PN

dimensionslose alphanumerische Bezeichnung, die als gerundete Zahl üblicherweise zu Referenzzwecken von Rohrleitungskomponenten und Lagerteilen verwendet wird; in dieser Europäischen Norm steht PN für den maximalen zulässigen Druck bei 20°C, wie vom Hersteller der Metallschlauchleitung angegeben

3.6

Prüfdruck

PT

Druck, bei dem die Metallschlauchleitung geprüft wird (üblicherweise bei Umgebungstemperatur)

3.7

hauptdrucktragende Teile

Teile, z. B. gewellte Metallschläuche, Umflechtung, Anschweißenden, deren Versagen zu einem plötzlichen Freisetzen von Druckenergie führen kann

3.8

drucktragende Teile

Teile, z. B. Überwurfmutter, Flansche, Gewindefittings, die keine hauptdrucktragenden Teile nach 3.7 sind und deren Versagen nicht zu einem plötzlichen Freisetzen von Druckenergie führen kann

3.9

Anbauteile an drucktragenden Teilen

Teile, z. B. Endhülsen, die direkt an die in 3.7 oder 3.8 festgelegten Teile angeschweißt werden

3.10

sonstige Teile

Teile, z. B. äußere Schutzeinrichtung, Knickschutz, Schutzspirale, die keine Teile nach 3.7 bis 3.9 sind

3.11

experimentelle Versuche (Typprüfungen)

Prüfungen für die Erarbeitung eines experimentellen Auslegungsverfahrens

3.12

Kategorie

Einteilung von Druckgeräten nach zunehmendem Gefahrenpotential

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Anhang A.

3.13

Gerätehersteller

natürliche oder juristische Person, die für die Werte der Kenngrößen *PS* und *TS* verantwortlich ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Das kann der Hersteller oder Konstrukteur der Rohrleitung sein, für welche die Metallschlauchleitung vorgesehen ist.

3.14

Schlauchhersteller

natürliche oder juristische Person, die für die Herstellung des gewellten Metallschlauches und/oder die Metallschlauchleitung verantwortlich ist

3.15

Besteller

Person oder Organisation, die Erzeugnisse nach dieser Europäischen Norm bestellt. Der Besteller ist nicht notwendigerweise, kann aber, ein Hersteller von Druckgeräten nach der in Anhang ZA angegebenen EU-Richtlinie sein. Hat ein Besteller nach dieser EU-Richtlinie Verantwortung zu übernehmen, so liefert diese Europäische Norm eine Voraussetzung für die Erfüllung der wesentlichen Anforderungen der in Anhang ZA identifizierten Richtlinie.

3.16

hydraulisches Umformen (längsgeschweißt)

Wellung eines Rohres durch Druckbeaufschlagung der Innenseite gegen ein externes Werkzeug, das eine axiale Verkürzung des gewellten Rohres während des Prozesses ermöglicht

3.17

Walzprofilieren (längsgeschweißt)

Wellung eines Rohres durch Walzen von außen nach innen, wobei das gewellte Rohr während des Prozesses axial verkürzt werden kann oder muss

3.18

wendelförmig scheitelgeschweißt (widerstandsgeschweißt)

Profilieren eines Bandes, wendelförmiges Umwalzen und abschließendes Verschweißen der Überlappungen

3.19

Strang

Gruppe von parallelen Drähten, die für eine einfache Umflechtung verwendet werden, oder miteinander verwobene Drähte, um ein gekordeltes Geflecht zu bilden

3.20

gekordeltes Geflecht

Umflechtung, welche aus zuvor geflochtenen Strängen besteht

3.21

Betriebsanleitungen

vom Hersteller zur Verfügung gestellte schriftliche Anleitung, die alle Informationen über Installation, Betrieb, Sicherheit und Wartung des Geräts im Rahmen des Lieferumfangs des Herstellers enthält

4 Klassifizierung

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm werden die Schlauchleitungen in Gruppen nach zunehmendem Gefahrenpotential eingeteilt: SEP, Kategorie I, Kategorien II und III.

Die Einstufung in Gruppen erfolgt nach den Anforderungen der DGRL [1] in Abhängigkeit von der Nennweite DN, dem maximalen zulässigen Druck *PS* und der Art der zu fördernden Flüssigkeit.

Nach den Konformitätsbewertungstabellen der DGRL (siehe auch Anhang A) entsprechen die verschiedenen Gefahrenpotentiale:

- SEP: Bereich der guten Ingenieurpraxis nach Artikel 4, Absatz 3 der DGRL, d. h. das kleinste Gefahrenpotential ohne CE-Kennzeichnung;
- Kategorie I: Metallschlauchleitungen, die für ein mittleres Gefahrenpotential ausgelegt sind und eine CE-Kennzeichnung tragen;
- Kategorien II und III: Metallschlauchleitungen, die für höhere Gefahrenpotentiale ausgelegt sind und eine CE-Kennzeichnung tragen.

5 Werkstoffe

5.1 Allgemeine Anforderung

Die Werkstoffe für die Herstellung von Schlauchleitungen einschließlich des Schweißzusatzes müssen nach ihrer Eignung für die Fertigung, z. B. Umformen, Fügen usw. (siehe Abschnitt 7), und für die Bedingungen, unter denen sie verwendet werden, ausgewählt werden.

Werkstoffe, die für Schlauchleitungen der Kategorien I bis III verwendet werden, müssen die in 5.6 genannten zusätzlichen Anforderungen erfüllen.

Bei der Kombination verschiedener Werkstoffe muss besonders auf die Verträglichkeit untereinander geachtet werden.

5.2 Geeignete Werkstoffe

Die für Schlauchleitungen geeigneten Werkstoffe sind im Folgenden aufgeführt:

- a) für gewellte Metallschläuche geeignete Werkstoffe und zugehörige Temperaturgrenzen sind in Tabelle 1 angegeben;
- b) für Umflechtung, Anschlussteile und Zusatzteile geeignete Werkstoffe sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 1 — Werkstoffe für gewellte Metallschläuche und zugehörige Temperaturgrenzen

Werkstoff			Temperatur °C		Dokument
Art	Nummer	Stahlbezeichnung	min.	max.	
nichtrostende austenitische Stähle	1.4306	X2CrNi19-11	-273 ^a	550	EN 10028-7:2007
	1.4401	X5CrNiMo17-12-2	-196 ^a	550	
	1.4404	X2CrNiMo17-12-2	-273 ^a	550	
	1.4435	X2CrNiMo18-14-3	-273 ^a	550	
	1.4539	X1NiCrMoCu25-20-5	-196 ^a	550	
	1.4541	X6CrNiTi18-10	-273 ^a	550	
	1.4547	X1CrNiMoCuN20-18-7	-196 ^a	500	
	1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2	-273 ^a	550	
wärmebeständige austenitische Stähle	1.4876	X10NiCrAlTi32-21 X10NiCrAlTi32-21 (H)	-196	600 (900) ^b	Siehe Anhang C
Nickellegierungen	2.4360	NiCu30Fe	-196	425	Siehe Anhang C
	2.4610	NiMo16Cr16Ti	-196	400	EAM-0526-28
	2.4816	NiCr15Fe	-10 (-273) ^c	450 (900) ^b	EAM-0526-43-1, EAM-0526-43-2 Siehe Anhang C
	2.4819	NiMo16Cr15W	-196	400	EAM-0526-18
	2.4856	NiCr22Mo9Nb	-196 (-273) ^c	450 (900) ^b	EAM-0526-40 Siehe Anhang C
	2.4858	NiCr21Mo	-10	540	Siehe Anhang C
^a Mindesttemperatur nach EN 13445-2:2021, Anhang B oder EN 13480-2:2017, Anhang B. ^b Wegen der Gefahr der Versprödung sollte besondere Vorsicht aufgebracht werden, wenn die Werkstoffe bei erhöhten Temperaturen über 550 °C verwendet werden. Zu Einzelheiten siehe 6.2.2. ^c Zu Einzelheiten siehe 5.6.3 a).					

Tabelle 2 — Werkstoffe für Umflechtung, Anschlusssteile, Hülssen und Zubehörteile

Bauteil	Werkstoffnummer	Dokument
Drucktragende Teile		
Umflechtung	1.4301, 1.4306, 1.4401, 1.4404, 1.4541, 1.4571	EN 10088-3:2014
	1.4876, 2.4360, 2.4819, 2.4856, 2.4858	Tabelle 1
	Werkstoff auf Kupferbasis: CW450K, CW452K, CW508L	EN 12166:2016 ^a

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Bauteil	Werkstoffnummer		Dokument
Festflansch, Schweißwulst, Losflansch ^b	Kohlenstoffstahl	geschmiedet	EN 10222-2:2017+A1:2021 und EN 10222-3:2017
		Flacherzeugnisse	EN 10028-2:2017
	1.4301, 1.4306, 1.4401, 1.4404, 1.4435, 1.4462, 1.4541, 1.4571		EN 10222-5:2017 EN 10028-7:2016
	1.4876, 2.4360, 2.4816, 2.4819, 2.4856, 2.4858		Tabelle 1
	Werkstoff auf Kupferbasis:	CW024A	EN 1653:1997
		CW617N	EN 12164:2016 ^a EN 12165:2016 ^a
Gewindenippel, Nippel mit konischem Gewinde, Gewindeverbindung, Gewindeanschluss, Überwurfmutter ^c	Kohlenstoffstahl		EN 10253-2:2021
	1.4301, 1.4306, 1.4401, 1.4404, 1.4435, 1.4462, 1.4541, 1.4571		EN 10253-4:2008
	1.4876, 2.4360, 2.4816, 2.4819, 2.4856, 2.4858		Tabelle 1
	Werkstoff auf Kupferbasis:	CW024A	EN 1653:1997
		CW602N	EN 12164:2016 ^a
		CW608N	EN 12165:2016 ^a
		CW614N	EN 12167:2016 ^a
CW617N		EN 12168:2016 ^a	
CC491K (CuSn5Zn5Pb5-C) CC499K (CuSn5Zn5Pb2-C)		EN 1982:2017	
Temperguss ^d	EN-JM1030	EN 1562:2019	
Rohrleitungsenden	Kohlenstoffstahl	nahtlos geschweißt	EN 10216-1:2013, EN 10216-2:2013+A1:2019, EN 10216-3:2013 und EN 10216-4:2013 EN 10217-3:2019, EN 10217-4:2019 und EN 10217-5:2019
	1.4301, 1.4306, 1.4401, 1.4404, 1.4541, 1.4571	nahtlos geschweißt	EN 10216-5:2021 EN 10217-7:2021
	1.4876, 2.4360, 2.4816, 2.4819, 2.4856, 2.4858		Siehe Tabelle 1
	Werkstoff auf Kupferbasis:	CW024A	EN 12449:2016+A1:2019 ^a
An drucktragende Teile angeschlossene Teile			
Endhülse (ähnlich dem Geflechtwerkstoff)	1.4301, 1.4306, 1.4401, 1.4404, 1.4541, 1.4571		EN 10028-7:2016
	1.4876, 2.4360, 2.4816, 2.4819, 2.4856, 2.4858		Siehe Tabelle 1
	Werkstoff auf Kupferbasis: CW450K, CW452K, CW508L		EN 12166:2016 ^a
Sonstige Teile ^e			

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Bauteil	Werkstoffnummer	Dokument
Abschlussring, bandgewickelter Schutzschlauch, Knickschutzvorrichtung	1.4301, 1.4306, 1.4401, 1.4404, 1.4541, 1.4571	EN 10028-7:2016
	1.4876, 2.4360, 2.4816, 2.4819, 2.4856, 2.4858	Siehe Tabelle 1
	Werkstoff auf Kupferbasis: CW450K, CW452K, CW508L	EN 1652:1997
Spirale zum Schutz der Umflechtung	1.4301, 1.4306, 1.4401, 1.4404, 1.4541, 1.4571, 1.4310	EN 10088-3:2014
<p>^a Nicht nach der DGRL harmonisiert; für Anwendungen, die in den Anwendungsbereich der DGRL fallen, sind besondere Werkstoffprüfungen (PMA) erforderlich.</p> <p>^b Ferritische Losflansche müssen geschützt werden, um eine Verunreinigung der angrenzenden Teile aus nichtrostendem Stahl zu vermeiden.</p> <p>^c Überwurfmuttern dürfen aus freischneidenden Werkstoffen hergestellt werden.</p> <p>^d Teile aus verformbarem Gusseisen müssen durch mehrfaches Anlassen schweißbar gemacht werden. Der Kohlenstoffanteil in den Schweißzonen darf 0,3 % nicht überschreiten.</p> <p>^e Sonstige Teile sollten vorzugsweise aus Werkstoffen ähnlich dem Geflechtwerkstoff hergestellt werden.</p>		

5.3 Andere Werkstoffe

Andere Werkstoffe dürfen verwendet werden, sofern sie die allgemeinen Anforderungen von 5.1 erfüllen und einer harmonisierten Norm entsprechen oder mit einer europäischen Werkstoffzulassung (EAM) übereinstimmen oder ein Werkstoff-Einzelgutachten (PMA) nach EN 764-4:2014 haben.

5.4 Korrosion

Die für die Metallschlauchleitung ausgewählten Werkstoffe müssen eine angemessene Beständigkeit gegen alle korrosiven Stoffe, die während der Lebensdauer des Systems auftreten können, d. h. das beförderte Medium und/oder die Umwelt, aufweisen. Es müssen alle Korrosionsrisiken berücksichtigt werden, einschließlich Lochfraß, interkristalline Korrosion, Spaltkorrosion, Kontaktkorrosion und Spannungsrisskorrosion.

ANMERKUNG Gewellte Metallschläuche haben im Allgemeinen eine wesentlich geringere Wanddicke als das übrige System, mit dem sie verwendet werden. Daher werden sie oft aus einem Werkstoff hergestellt, der eine höhere Korrosionsbeständigkeit aufweist als der Werkstoff, der in den zugehörigen Rohrleitungen verwendet wird.

5.5 Anwendung bei niedriger Temperatur

Anschlussteile wie Schweißenden, Flansche und Gewindefittings, die für Anwendungsfälle bei niedriger Temperatur verwendet werden, dürfen die in Tabelle 3 angegebenen Temperaturgrenzen nicht unterschreiten. Die niedrigste zulässige Betriebstemperatur hängt vom Belastungsgrad G_{σ} ab, der durch den maximalen Quotienten aus den Spannungswerten, die sich aus der Berechnung der Druckfestigkeit ergeben, und den zulässigen Spannungen in Bezug auf die betrachteten Spannungskomponenten definiert ist:

$$G_{\sigma} = \max \left[P_{\theta} / f; P_{m,m} / f; (P_{m,m} + P_{m,b}) / (1,5 \cdot f) \right] \quad (1)$$

Tabelle 3 — Werkstoffe für drucktragende Teile für Anwendungsfälle bei niedriger Temperatur
(außer gewellte Schläuche und Umflechtung)

Nr.	Beschreibung	Europäische Norm	Niedrigste zulässige Betriebstemperatur °C		
			Belastungsgrad		
			G_{σ}		
			1,0	0,75 ^a	0,25 ^a
1	Unlegierte und legierte Stähle mit bestimmten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen: — Flacherzeugnisse — nahtlose Rohre — Schmiedestücke aus Stahl	EN 10028-2:2017 EN 10216-2:2013+A1:2019 EN 10222-2:2017+A1:2021	-10 (-20) ^b	-60 (-70) ^b	-85 (-100) ^b
2	Flacherzeugnisse für Druckanwendungen aus nickellegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei niedrigen Temperaturen	EN 10028-4:2017	$t_{\min}^c$	$t_{\min} - 50$	$t_{\min} - 80$
3	Nahtlose Rohre für Druckanwendungen aus unlegierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei niedrigen Temperaturen	EN 10216-4:2013	$t_{\min}^c$	$t_{\min} - 50$	$t_{\min} - 80$
4	Schmiedestücke für Druckanwendungen aus Nickelstählen mit festgelegten Eigenschaften bei niedrigen Temperaturen	EN 10222-3:2017	$t_{\min}^c$	$t_{\min} - 50$	$t_{\min} - 80$
5	Anschlussteile zum Schweißen mit festgelegten Eigenschaften bei niedrigen Temperaturen	EN 10253-2:2021	$t_{\min}^c$	$t_{\min} - 50$	$t_{\min} - 80$
6	Anschlussteile zum Schweißen aus nichtrostenden Stählen	EN 10253-4:2008	$t_{\min}^c$	$t_{\min} - 50$	$t_{\min} - 80$
7	Austenitische nichtrostende Stähle nach Tabelle 1 mit einer zulässigen Mindesttemperatur von -196°C	EN 10028-7:2016 EN 10216-5:2021 EN 10217-7:2021	-196	-255	-273
^a Zusätzliche Anforderungen für Belastungsgrad < 1,0. Kein Werkstoff darf für drucktragende Teile mit einer Bruchdehnung A von weniger als 14 % und einer Kerbschlagarbeit von weniger als 27 J, gemessen an einer ISO-V-Probe bei einer Temperatur von nicht mehr als 20 °C und nicht mehr als der niedrigsten vorgesehenen Betriebstemperatur, verwendet werden. ^b Für Werkstoffe, die nach den einschlägigen Normen für die Verwendung bei -20 °C geeignet sind. ^c Niedrigste Temperatur des betreffenden Werkstoffs nach einschlägigen Normen.					

Der Schlauchhersteller sollte zusätzlich eine geeignete Wärmebehandlung von Teilen aus ferritischen Werkstoffen in Tabelle 3 nach dem Umformen oder Schweißen durchführen. Spannungsarmglühen nach dem Schweißen ist bei ferritischen Werkstoffen der Werkstoffgruppen 1.1 oder 1.2 nach CEN ISO/TR 15608:2017 mit einer Wanddicke von nicht mehr als 10 mm nicht erforderlich.

5.6 Werkstoffe für drucktragende Teile von Metallschlauchleitungen, die nach den Kategorien I bis III ausgelegt sind

5.6.1 Allgemeines

Werkstoffe, die für Schlauchleitungen der Kategorien I bis III verwendet werden, müssen 5.1 bis 5.5 und darüber hinaus einer harmonisierten Norm entsprechen oder mit einer europäischen Werkstoffzulassung (EAM) übereinstimmen oder ein Werkstoff-Einzelgutachten (PMA) nach EN 764-4:2014 haben.

Für eine Metallschlauchleitung der Kategorie III muss das Werkstoff-Einzelgutachten von einer benannten Stelle überprüft werden.

5.6.2 Duktilität

Alle Werkstoffe müssen im Lieferzustand ausreichend duktil sein.

Sofern nicht nach anderen zu berücksichtigenden Kriterien andere Werte erforderlich sind, gilt ein Werkstoff als ausreichend duktil, wenn im Zugversuch nach einem genormten Verfahren die Bruchdehnung A mindestens 14 % und die Biegebruchenergie, gemessen an einer ISO-V-Probe, mindestens 27 J beträgt, und zwar bei einer Temperatur von nicht mehr als 20 °C, jedoch nicht höher als die niedrigste vorgesehene Betriebstemperatur.

Die Werkstoffe von gewellten Schläuchen müssen nach der Umformung außerdem den Anforderungen nach 7.2 entsprechen.

5.6.3 Sprödbruch

Insbesondere bei Schlauchleitungen, die Temperaturen unter –10 °C ausgesetzt sind, muss darauf geachtet werden, Sprödbruch zu verhindern:

- a) Gewellte Metallschläuche müssen aus den in Tabelle 1 angegebenen Werkstoffen hergestellt sein. Sie dürfen nicht bei Temperaturen verwendet werden, die unter den in dieser Tabelle in der Spalte „min.“ angegebenen liegen.

Um die Verwendung der Nickellegierungen 2.4816 und 2.4856 bei den niedrigsten angegebenen Temperaturen (in Klammern) zu ermöglichen, müssen die Werte für die Kerbschlagarbeit festgelegt werden und die Nachweisverfahren müssen zwischen dem Werkstoffhersteller und dem Besteller zum Zeitpunkt der Bestellung vereinbart werden.

- b) Sonstige drucktragende Teile müssen aus den in Tabelle 2 angegebenen zulässigen Werkstoffen hergestellt werden und dürfen nicht bei Temperaturen unterhalb der in Tabelle 1 oder Tabelle 3 angegebenen Werte verwendet werden, falls anwendbar. Die unter a) genannten zusätzlichen Einschränkungen für die Nickellegierungen 2.4816 und 2.4856 müssen beachtet werden.

Werkstoffe mit einer Dicke über 5 mm für ferritischen Stahl (Gruppe 1) oder mehr als 20 mm für austenitischen nichtrostenden Stahl (Gruppe 8) und für Nickellegierungen müssen eine Charpy-V-Kerbschlagprüfung nach EN ISO 148-1:2016 unterzogen werden, wenn die Biegebruchenergie nicht bereits durch die entsprechende Werkstoffnorm abgedeckt ist.

Die Biegebruchenergie muss im Kerbschlagbiegeversuch bei einer Temperatur von nicht mehr als 20 °C und nicht höher als die niedrigste Betriebstemperatur oder bei einer Prüftemperatur von –196 °C gemessen werden, wenn die Betriebstemperatur unter –196 °C liegt.

Die gemessene Schlagarbeit muss betragen:

- mindestens 27 Joule für ferritische Stähle (Gruppe 1);
- mindestens 40 Joule oder den in der entsprechenden Norm angegebenen Wert, falls dieser höher ist, für austenitische nichtrostende Stähle (Gruppe 8) und für Nickellegierungen.

5.7 Werkstoffdokumentation

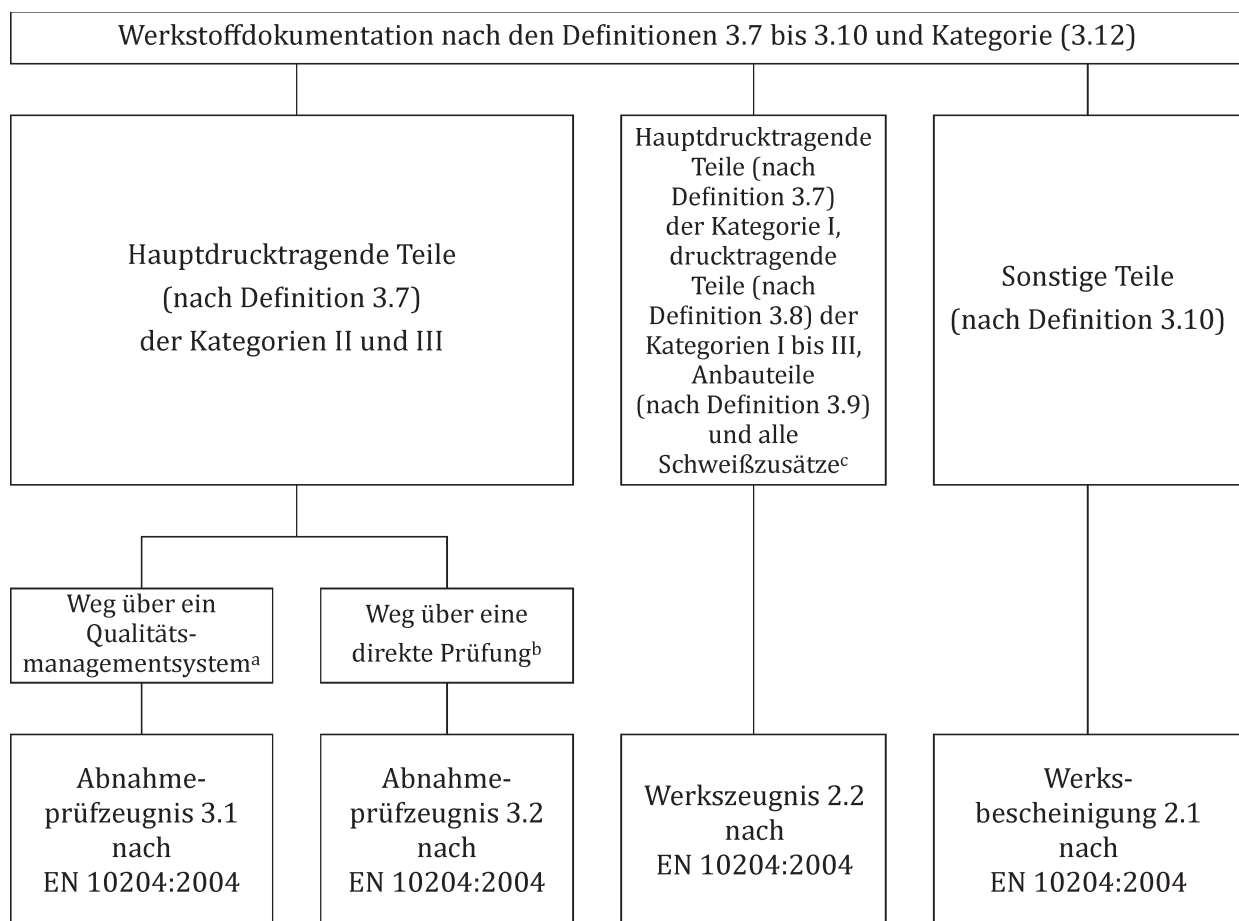
5.7.1 SEP-Werkstoffe

Werkstoffe, die für SEP-Metallschlauchleitungen verwendet werden, müssen als Mindestanforderung mit einer Werksbescheinigung 2.1 nach EN 10204:2004 ausgeliefert werden.

5.7.2 Werkstoffe der Kategorien I bis III

Werkstoffe, die für Schlauchleitungen der Kategorien I, II oder III verwendet werden, müssen als Mindestanforderung mit einem Dokument nach EN 764-5:2014 ausgeliefert werden.

In Bild 1 ist ein vereinfachtes Ablaufdiagramm für Prüfung, Dokumentation und Einhaltung der Werkstoffspezifikation dargestellt.



Legende

- ^a Der Weg über ein Qualitätsmanagementsystem (Herstellung abgedeckt durch QM-System nach EN 764-5:2014, Abschnitt 4) muss ausgewählt werden, wenn ein in den Tabelle 1 und Tabelle 2 aufgeführter Werkstoff verwendet wird.
- ^b Der Weg über eine direkte Prüfung (nach EN 764-5:2014, Abschnitt 5) muss ausgewählt werden, wenn ein Werkstoff verwendet wird, der nicht in den Tabelle 1 und Tabelle 2 aufgeführt ist.
- ^c Für alle Kategorien muss als Mindestanforderung für Schweiß- und Lötzusatzwerkstoffe ein Werkszeugnis 2.2 nach EN 10204:2004 verlangt werden.

Bild 1 — Werkstoffdokumentation

6 Auslegungsverfahren

6.1 Allgemeines

Metallschlauchleitungen sollten angemessen ausgelegt werden, wobei Folgendes zu berücksichtigen ist:

- alle relevanten Faktoren, um sicherzustellen, dass sie während ihrer gesamten vorgesehenen Lebensdauer sicher sind; und
- die gegensätzlichen Anforderungen an Druckfestigkeit und Flexibilität.

Die Auslegung muss geeignete Sicherheitskoeffizienten einbeziehen, wobei umfassende Verfahren anzuwenden sind, die in konsistenter Weise angemessene Sicherheiten gegen alle relevanten Belastungen und Versagensarten sicherstellen.

Der Hauptzweck der nachstehenden Auslegungsverfahren besteht darin, einen gewellten Metallschlauch einschließlich seiner Umflechtung(en), falls verwendet, mit ausreichender Druckbeständigkeit auszulegen.

Für die grundlegende Auslegung von gewellten Metallschlauchleitungen werden zwei geeignete Auslegungsverfahren angegeben:

- a) Ein rechnerisches Auslegungsverfahren, das die getrennte Auslegung der verschiedenen Komponenten einer Metallschlauchleitung durch Berechnung auf Grundlage der zulässigen Beanspruchungen ermöglicht, siehe 6.3. Dabei wird die gegenseitige Beeinflussung der verschiedenen Komponenten berücksichtigt.
- b) Ein experimentelles Auslegungsverfahren auf Grundlage von Typprüfungen, bei dem die Auslegung bestimmter Metallschlauchleitungen durch experimentelle Prüfungen überprüft wird, siehe 6.4.

Beide Verfahren a) und b) dürfen für die Auslegung von Metallschlauchleitungen sowohl einzeln als auch zusammen angewendet werden, je nachdem, was für den Konstrukteur der Schläuche angemessen ist.

Die geeignete Länge einer Metallschlauchleitung muss bestimmt werden. Für verschiedene praktische Schlauchkonfigurationen sollte die geeignete Länge nach 6.5.5 bestimmt werden.

ANMERKUNG Nach der DGRL 2014/68/EU, Anhang I, Abschnitt 2.2.2, darf ein experimentelles Auslegungsverfahren ohne Berechnung angewendet werden, wenn das Produkt $PS \cdot DN$ kleiner als 3 000 bar ist.

6.2 Grundlegende Auslegungskriterien

6.2.1 Auslegungsbedingungen

Metallschlauchleitungen müssen so ausgelegt sein, dass sie dem angegebenen Druck PS bei der angegebenen Temperatur TS standhalten. Diese Druck- und Temperaturkombination muss mindestens den schwersten vorhersehbaren Arbeitsbedingungen entsprechen.

Zyklische oder variable Drücke können die Lebensdauer der Metallschlauchleitungen beeinflussen und müssen berücksichtigt werden.

Die Betriebs- und Auslegungsbedingungen müssen dem Schlauchhersteller zur Verfügung gestellt werden, der sie bei der Auslegung berücksichtigen muss, siehe Anhang B.

6.2.2 Temperaturen

Auslegungskriterien und Auslegungsverfahren in dieser Norm gelten nur für Betriebstemperaturen unterhalb des Kriechbereichs, d. h. für die in Tabelle 1 angegebenen maximalen Temperaturen (außer für den hitzebeständigen austenitischen Stahl 1.4876 und der in Klammern angegebenen Temperaturen für zwei Nickellegie-

rungen). Für Werkstoffe, die nicht in Tabelle 1 und Tabelle 2 aufgeführt sind, siehe die entsprechenden europäischen Werkstoffnormen.

6.2.3 Zusätzliche Belastungen

Zusätzliche Belastungen, die die Auslegung von Metallschlauchleitungen beeinflussen können, aber nicht zu den Belastungen gehören, die üblicherweise für die Auslegung von Metallschlauchleitungen betrachtet werden (siehe 6.2.1), müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

Belastungen, die innerhalb der Metallschlauchleitung auftreten:

- 1) Eigengewicht der Komponenten der Metallschlauchleitung (d. h. gewellter Schlauch, Umflechtung, Innen- und Außenummantelung, Schutzvorrichtungen usw.);
- 2) das Eigengewicht des Durchflussmediums innerhalb der Metallschlauchleitung.

Diese (üblichen oder gelegentlichen) Belastungen müssen vom Schlauchhersteller angegeben werden.

6.2.4 Strukturelle Bedingungen

6.2.4.1 Aufbau der Schläuche

Gewellte Metallschläuche, die für Metallschlauchleitungen mit oder ohne Umflechtung verwendet werden, sind wie folgt aufgebaut:

- a) Ein gewellter Metallschlauch besteht aus mehreren gleichartigen Wellen.
- b) Die Wellen sind ringförmig und achsensymmetrisch oder wendelförmig und haben den gleichen Querschnitt in gleichem Abstand zur Mittellinie.
- c) Jede Welle hat eine, zwei oder manchmal auch mehrere Lagen, die in der Regel die gleiche Dicke haben (siehe z. B. Bild 3).
- d) Die Umflechtung besteht aus einer oder mehreren gewebten Lagen paralleler Drähte oder gekordelter Stränge.
- e) Bei einer Metallschlauchleitung mit Umflechtung muss die wirksame gewellte Länge so ausgelegt sein, dass auf der Schlauchlänge mindestens eine vollständige Schlaglänge (Geflechschlaglänge) der Umflechtung vorhanden ist. Kleinere wirksame gewellte Längen sind nur zulässig, wenn reduzierte Betriebseigenschaften festgelegt sind (z. B. nur Schwingung).

6.2.4.2 Werkstoffe

Die Auswahl der Werkstoffe für Metallschlauchleitungen muss die Anforderungen nach Abschnitt 5 und zusätzlich die folgenden Aspekte erfüllen.

- a) Wenn mehr als eine Lage verwendet wird, sind alle Lagen üblicherweise aus demselben Werkstoff hergestellt.
- b) Werden unterschiedliche Werkstoffe verwendet, müssen die jeweiligen physikalischen Eigenschaften berücksichtigt werden.
- c) Wenn die Umflechtung aus einem anderen Werkstoff als die mit ihr in Berührung kommende Lage besteht, muss darauf geachtet werden, dass keine Kontaktkorrosion aufgrund unterschiedlicher galvanischer Potentiale entsteht.

6.2.5 Maße

6.2.5.1 Nennweite

Die Nennweite DN eines gewellten Metallschlauches und einer Metallschlauchleitung muss aus Tabelle 4 ausgewählt werden.

6.2.5.2 Biegeradius

Der Mindestbiegeradius R bezogen auf die Nennweite ist in Tabelle 4 angegeben.

Der Mindestbiegeradius R einer Metallschlauchleitung hängt von der Art des verwendeten Schlauches und der vorgesehenen Anordnung in der Rohrleitung ab:

- R_1 für Schläuche mit hoher Flexibilität für zyklischen Einsatz
- R_2 für Schläuche mit normaler Flexibilität für zyklischen Einsatz
- R_3 für Schläuche mit Umflechtung für biegsame Anwendungen
- R_4 für Schläuche ohne Umflechtung für biegsame Anwendungen

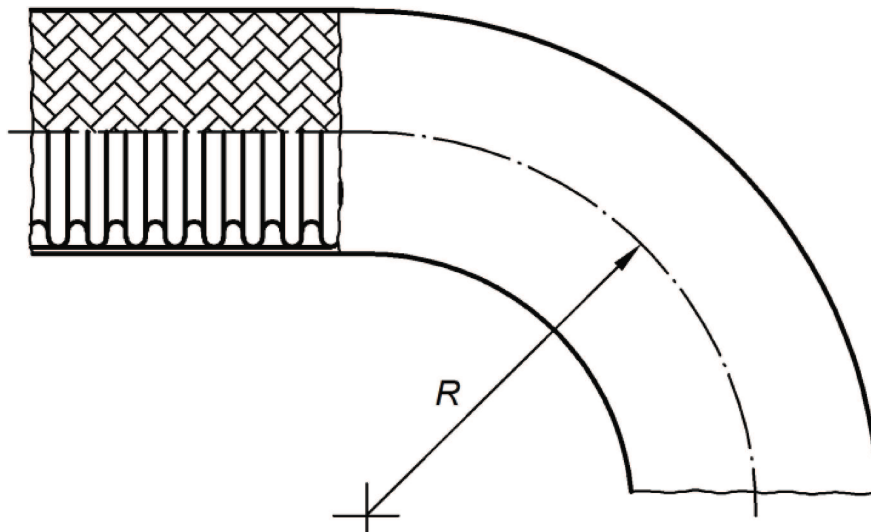


Bild 2 — Biegeradius R

Tabelle 4 — Nennweiten und Biegeradien

Nennweite ^a DN	Mindestbiegeradius ^b in mm (Bild 2)			
	R_1	R_2	R_3	R_4
4	100	120	25	11
6	110	140	25	12
8	130	165	32	16
10	150	190	38	20
12	165	210	45	25
15	195	250	58	25
20	225	285	70	30

Tabelle 4 (fortgesetzt)

Nennweite ^a DN	Mindestbiegeradius ^b in mm (Bild 2)			
	R_1	R_2	R_3	R_4
25	260	325	85	45
32	300	380	105	60
40	340	430	130	80
50	390	490	160	100
65	460	580	200	115
80	660	800	240	130
100	750	1 000	290	160
125	1 000	1 250	350	—
150	1 250	1 550	400	—
200	1 600	2 000	520	—
250	2 000	2 500	620	—
300	2 400	3 000	720	—
^a Die Nennweiten entsprechen den Angaben in EN ISO 10380:2012, Tabelle 1.				
^b Die Werte der Biegeradien entsprechen den Angaben in EN ISO 10380:2012, Tabelle 6 und Tabelle 8.				

6.2.6 Auslegung auf Grundlage der Nenndrücke PN

Metallschlauchleitungen dürfen nach PN unter Verwendung der Druckgrenzen bei Umgebungstemperatur, d. h. bei 20 °C, ausgelegt werden.

Solche Schlauchleitungen dürfen für Temperaturen über 20 °C mit Druck-Abminderungsfaktoren, $k_{p,t}$, ausgelegt werden, die auf den einschlägigen Werkstoffnormen basieren (siehe auch Anhang C) und nach der folgenden Gleichung angewendet werden müssen:

$$P_{t,max} = PN \cdot k_{p,t} \quad (2)$$

Werden die Nenndrücke PN verwendet, so müssen sie der Tabelle 5 entsprechen.

Tabelle 5 — Nenndrücke PN

PN	1	2,5	4	6	10	16	25	40	63	100	160	250	320	400
ANMERKUNG Die PN-Werte sind der EN 1333:2006 entnommen; zur besseren Unterscheidung, insbesondere bei Schläuchen ohne Umflechtung, sind PN 1 und PN 4 hinzugefügt worden.														

6.2.7 Anwendung der verschiedenen Auslegungsverfahren

Bei Anwendung des rechnerischen Auslegungsverfahrens werden die verschiedenen Teile der Metallschlauchleitung getrennt voneinander berechnet, wobei die gegenseitigen Beeinflussungen berücksichtigt und anschließend kombiniert werden:

- a) Gewellte Metallschläuche werden nach 6.3.3 berechnet;
- b) Umflechtungen werden nach 6.3.4 berechnet;

c) Metallschlauchleitungen werden nach 6.3.5 berechnet;

Nachweisprüfungen müssen nach 6.3.8 durchgeführt werden.

Lastwechsel dürfen nach 6.3.7 durchgeführt werden.

Bei Anwendung des experimentellen Auslegungsverfahrens wird die komplette Metallschlauchleitung nach 6.4 experimentell ausgelegt.

ANMERKUNG 1 Für die Berechnung der Anschlussteile siehe 6.3.6.

ANMERKUNG 2 Für die Verbindung der Anschlussteile mit dem Schlauch siehe EN ISO 10380:2012, 4.15.

6.3 Rechnerisches Auslegungsverfahren

6.3.1 Allgemeines

6.3.1.1 Einleitung

Für die Auslegung von Schlauchleitungen, die Innendruck und Temperatur ausgesetzt sind, wird ein detailliertes Verfahren beschrieben. Das Verfahren gilt für Schlauchleitungen mit und ohne Umflechtung, je nach Relevanz.

6.3.1.2 Symbole

Es gelten die in Tabelle 6 aufgeführten Symbole.

Tabelle 6 — Symbole

Symbol	Beschreibung	Einheit
A	Bruchdehnung nach EN ISO 6892-1:2019	%
A_c	Querschnittsfläche des Metalls einer Welle; siehe Gleichung (3 a) oder Gleichung (3 b)	mm ²
A_e	Druckreaktionsfläche des Schlauches; siehe Gleichung (5)	mm ²
a_w	Querschnitt der Geflechtlage; siehe Gleichung (37) nicht anwendbar	mm ²
b_c	Breite des Wellenkamms; siehe Bild 4 a) und Bild 4 b)	mm
b_n	Nennbreite des Werkstoffs (Band, Blech, Platte); siehe Tabelle 16	mm
C_1, C_2	Faktoren zur Bestimmung der Berechnungskoeffizienten C_p , C_f , siehe Gleichung (6) und Gleichung (7)	—
C_B	Umflechtungsabdeckung; siehe Gleichung (48)	—
C_p, C_f	Berechnungskoeffizienten (siehe Anhang D)	—
D_i	Innendurchmesser des gewellten Schlauches; siehe Bild 4 a) und Bild 4 b)	mm
D_m	mittlerer Durchmesser des gewellten Schlauches; siehe Gleichung (8)	mm
D_o	Außendurchmesser des gewellten Schlauches; siehe Bild 4 a) und Bild 4 b)	mm
d_w	Durchmesser des Geflechtdrahtes, siehe Bild 6	mm
d_B	mittlerer Durchmesser einer Geflechtlage, siehe Gleichung (38)	mm
$d_{B,o}$	Außendurchmesser einer Geflechtlage	mm
E	Elastizitätsmodul des Schlauchwerkstoffs bei Auslegungstemperatur	N/mm ² (MPa)
E_0	Elastizitätsmodul des Schlauchwerkstoffs bei Raumtemperatur	N/mm ² (MPa)
e	Nennstärke des Schlauchwerkstoffs; siehe Bild 4 a) und Bild 4 b)	mm

Tabelle 6 (fortgesetzt)

Symbol	Beschreibung	Einheit
e_p	Nenndicke einer Lage	mm
e^*	äquivalente Wanddicke, korrigiert um die Ausdünnung beim Umformen; siehe Gleichung (11)	mm
$e_{p,min}$	mittlere Mindestdicke einer Lage; siehe Gleichung (11)	mm
e_p^*	äquivalente Dicke einer Lage mit Ausdünnungskorrektur; siehe Gleichung (102)	mm
F_p	Kraft aufgrund der Druckwirkung (Druckreaktion); siehe Gleichung (12)	N
f	zulässige allgemeine Membranspannung bei Auslegungstemperatur (siehe Tabelle 8)	N/mm ² (MPa)
f_T	zulässige allgemeine Membranspannung bei Prüfbedingungen (siehe Tabelle 8)	N/mm ² (MPa)
$K_{ax(1)}$	axiale Federrate einer Welle; siehe Gleichung (27)	N/mm
K_f	Korrekturfaktor für die zulässige Spannung aufgrund der Kaltverformung; siehe Gleichung (24) und Gleichung (25)	—
K_{fc}	Umformfaktor; siehe Gleichung (29) und Gleichung (30)	—
k_Θ	Abminderungsfaktor für die Umfangsspannung aufgrund der Umflechtung; siehe Gleichung (40) und Gleichung (44)	—
$k_{p,t}$	Abminderungsfaktor für den Druck bei der Temperatur t (siehe 6.2.6 und Anhang C)	—
l_B	axiale Geflechschlaglänge; siehe Bild 6	mm
l_c	wirksame gewellte Länge eines Schlauches	mm
N	Anzahl der Lastspiele	—
n_p	Anzahl der Lagen eines gewellten Schlauches	—
n_s	Anzahl der gekordelten Stränge	—
n_w	Anzahl der Drähte in einem gekordelten Strang	—
p^a	Berechnungsdruck	N/mm ² (MPa)
$P_{1,0}$ (l)	Druck, der zu einer anfänglichen verbleibenden (plastischen) Dehnung von 1 % führt:	N/mm ² (MPa)
PS^a	maximaler zulässiger Druck	N/mm ² (MPa)
PS_{20}	maximaler zulässiger Druck bei 20°C	N/mm ² (MPa)
PT	Prüfdruck	bar
P_b	Berstdruck	bar
$P_{t,max}^a$	maximaler zulässiger Druck bei Temperatur t ; siehe Gleichung (2)	bar
q	Länge der Welle; siehe Bild 4 a) und Bild 4 b)	mm
R_1 bis R_4	Biegeradien der Schlauchleitungen; siehe 6.2.5.2	mm
$R_{eH,t}$	festgelegter Mindestwert der oberen Streckgrenze bei Auslegungstemperatur	N/mm ² (MPa)
$R_{m,t}$	festgelegter Mindestwert der Zugfestigkeit bei Auslegungstemperatur	N/mm ² (MPa)
$R_{m,20}$	festgelegter Mindestwert der Zugfestigkeit bei Raumtemperatur	N/mm ² (MPa)
$R_{p0,2,t}$	festgelegter Mindestwert der 0,2 %-Dehngrenze bei Auslegungstemperatur	N/mm ² (MPa)
$R_{p1,0,t}$	festgelegter Mindestwert der 1 %-Dehngrenze bei Auslegungstemperatur	N/mm ² (MPa)
r_m	mittlerer Radius des Torus am Scheitelpunkt und an der Wurzel der U-förmigen Welle, siehe Gleichung (4) und Gleichung (5) und Bild 4 a) und Bild 4 b)	mm
t_n	Nenndicke des Werkstoffs (Band, Blech, Platte); siehe Tabelle 16	mm
w	Wellenhöhe, siehe Bild 4 a) und Bild 4 b) und Gleichung (13)	mm

Tabelle 6 (fortgesetzt)

Symbol	Beschreibung	Einheit
x	aufgebrachte axiale Bewegung aus der Neutralstellung (siehe Tabelle 10)	mm
y	aufgebrachte seitliche Durchbiegung (siehe Tabelle 10)	mm
Z	Längenspielraum des Schlauches (entspricht in der Regel dem Außendurchmesser des Schlauches)	mm
β_0	ursprünglicher Winkel der Seitenwand der Wellung; siehe Bild 5 und Gleichung (16) und Gleichung (17)	Grad
α	Umflechtungswinkel; siehe Bild 6	Grad oder Radiant
Δl_{el}	elastische Schlauchdehnung aufgrund von Druck; siehe Gleichung (26)	mm
Δq	äquivalente axiale Bewegung je Welle (siehe 6.2.7)	mm
$\sigma(P)$	Spannung in Abhängigkeit von P	N/mm ² (MPa)
$\sigma(\Delta q)$	Spannung in Abhängigkeit von Δq	N/mm ² (MPa)
σ_{eq}	gesamter Spannungsbereich aufgrund der zyklischen Bewegung	N/mm ² (MPa)
<div> <div>Indizes:</div> <div> <div>0 anfänglich</div> <div>B Umflechtung</div> <div>T Prüfbedingung</div> <div>b Biegung, Berstbedingung</div> <div>c Welle</div> <div>el elastisch</div> <div>i innen</div> <div>m Membran oder meridional oder mittel</div> </div> <div> <div>o außen</div> <div>p Lage</div> <div>pl Kunststoff</div> <div>t Temperatur</div> <div>Δ Differenz</div> <div>Θ umlaufend</div> <div>Σ Summe</div> <div>μ Reibung</div> </div> </div>		
^a Alle Drücke für Berechnungszwecke sind in N/mm ² (MPa) und $p_{t,max}$ ist in bar angegeben.		

6.3.1.3 Allgemeine Faktoren

Für die Auslegung gelten die folgenden allgemeinen Faktoren.

Die unterschiedlichen Gleichungen, die für die allgemeinen Faktoren der beiden verschiedenen Auslegungen (siehe 6.3.3.1) verwendet werden, sind in Tabelle 7 angegeben. Die übrigen allgemeinen Faktoren sind für beide Auslegungen gleich.

Tabelle 7 — Allgemeine Faktoren für die beiden verschiedenen Auslegungen von Schläuchen

Auslegung	 Bild 3 a)	 Bild 3 b)
Anzahl der Lagen	n_p : Gesamtzahl der Lagen	n_p : Anzahl der Lagen in der Seitenwand
Querschnittsfläche des Metalls einer Welle	$A_c = 2 \cdot n_p \cdot e_p^* \cdot \{w + r_m \cdot (\pi - 2)\}$ (3a)	$A_c = 2 \cdot n_p \cdot e_p^* \cdot \left\{w + r_m \cdot \left[\pi \cdot \left(1 + \frac{1}{2 \cdot n_p}\right) - 2\right]\right\}$ (3b)
Mittlerer Radius von Scheitel und Wurzel	$r_m = \frac{1}{4} \cdot (b_r + b_c - 2 \cdot n_p \cdot e_p^*)$ $= \frac{1}{2} \cdot (b_m - e^*)$ (4a)	$r_m = \frac{1}{4} \cdot [b_r + b_c - (2 \cdot n_p + 1) \cdot e_p^*]$ $= \frac{1}{2} \cdot (b_m - (n_p + 0,5) \cdot e_p^*)$ (4b)

Wirksame Fläche der Schlauchwelle:

$$A_e = \frac{\pi}{4} \cdot D_m^2 \quad (5)$$

Berechnungsfaktoren zur Bestimmung des Berechnungskoeffizienten C_p , C_f , (siehe Anhang F):

$$C_1 = \frac{2 \cdot r_m}{w} \quad (6)$$

$$C_2 = \frac{2 \cdot r_m}{1,1 \cdot \sqrt{D_m \cdot e_p^*}} \quad (7)$$

Mittlerer Durchmesser:

$$D_m = (D_i + D_o) / 2 \quad (8)$$

Außendurchmesser:

$$D_o = D_i + 2 \cdot (w + e) \quad (9a)$$

$$D_o = D_i + 2 \cdot (w + 5/4e) \quad (9b)$$

Äquivalente Dicke der Lage:

$$e_p^* = \begin{cases} e_p \cdot \left(\frac{D_i}{D_m}\right)^{0,5} & \text{zum Umformen von innen nach außen; z.B. hydraulisches Umformen} \\ e_p \cdot \left(\frac{D_i}{D_m}\right)^{0,25} & \text{zum teilweisen Umformen nach innen und außen; z.B. freies Walzprofilieren} \\ e_p & \text{zum Umformen von außen nach innen; z.B. kontrolliertes Walzprofilieren} \end{cases} \quad (10a)$$

ANMERKUNG Für den dritten Fall der Gleichung (10a) wird angenommen, dass die Dicke im Wesentlichen über den gesamten Querschnitt konstant bleibt.

Wenn die äquivalente Dicke e_p^* durch gemessene Maße an einem hergestellten, für die Produktion repräsentativen Wellenprofil festgelegt wird, ergibt sie sich aus:

$$e_p^* = \begin{cases} \frac{(e_{p,c} + e_{p,m} + e_{p,r})}{3} & \text{zum Umformen zu 100 \% nach innen oder außen;} \\ & \text{z. B. hydraulisches Umformen} \\ \frac{(e_{p,c} + 2 \cdot e_{p,m} + e_{p,r})}{4} & \text{zum teilweisen Umformen nach innen und außen;} \\ & \text{z. B. freies Walzprofilieren} \end{cases} \quad (10a)$$

Für die Auslegung des Schlauches nach Bild 3 b) gilt die „Umformung von innen nach außen“.

Die für die Herstellung des gewellten Schlauches verwendete Dicke der Lage e_p entspricht der Nenndicke t_n des Bandwerkstoffs nach EN ISO 9445-1:2010, Tabelle 1 und EN ISO 9445-2:2010, Tabelle 1.

Die Toleranzen der Nenndicke t_n des Bandwerkstoffs sollten in Übereinstimmung sein mit EN ISO 9445-1:2010, Tabelle 1 und EN ISO 9445-2:2010, Tabelle 1, jedoch sollte die Mindestdicke nicht weniger als 90 % der Nenndicke betragen.

Äquivalente Gesamtwanddicke:

$$e^* = n_p \cdot e_p^* \quad (11)$$

Axialkraft aufgrund von Druck (Druckreaktion):

$$F_P = P \cdot A_e \quad (12)$$

Wellenhöhe:

$$w = (D_o - D_i) / 2 - n_p \cdot e_p, \min \quad (13)$$

6.3.1.4 Berechnungskoeffizienten C_p , C_f

Die Berechnungskoeffizienten sind in Anhang D angegeben.

6.3.2 Zulässige Spannungen

Für drucktragende Hauptteile und sonstige drucktragende Teile, die keine Schrauben sind, werden die höchstzulässigen Spannungen (allgemeine Membranspannung für vorwiegend statische Belastungen) im Allgemeinen nach Tabelle 8 ermittelt.

Tabelle 8 — Zulässige Spannungen

Werkstoff		Auslegungsbedingungen ^a	Prüfbedingungen ^a
Austenitischer Stahl und Nickellegierungen			
— allgemein		$f = \left(\frac{R_{p1,0,t}}{1,5} \right)$	$f_T = \left(\frac{R_{p1,0,tT}}{1,05} \right)$
— alternativ, wenn $A > 35 \%$		$f = \min \left(\frac{R_{p1,0,t}}{1,2}; \frac{R_{m,t}}{3} \right)$	$f_T = \max \left(\frac{R_{p1,0,tT}}{1,05}; \frac{R_{m,tT}}{2} \right)$
Ferritischer Stahl^b			
einschließlich normalisierter (normalisierend gewalzter) Stahl		$f = \min \left(\frac{R_{p0,2,t}}{1,5}; \frac{R_{m,20}}{2,4} \right)$	$f_T = \left(\frac{R_{p0,2,tT}}{1,05} \right)$
^a Die Dehngrenze $R_{p0,2}$ darf bei ferritischen Stählen durch die Streckgrenze R_{eH} ersetzt werden.			
^b Feinkornstahl und besonders wärmebehandelter Stahl, unlegierter oder niedrig legierter Stahlguss sind ausgeschlossen.			

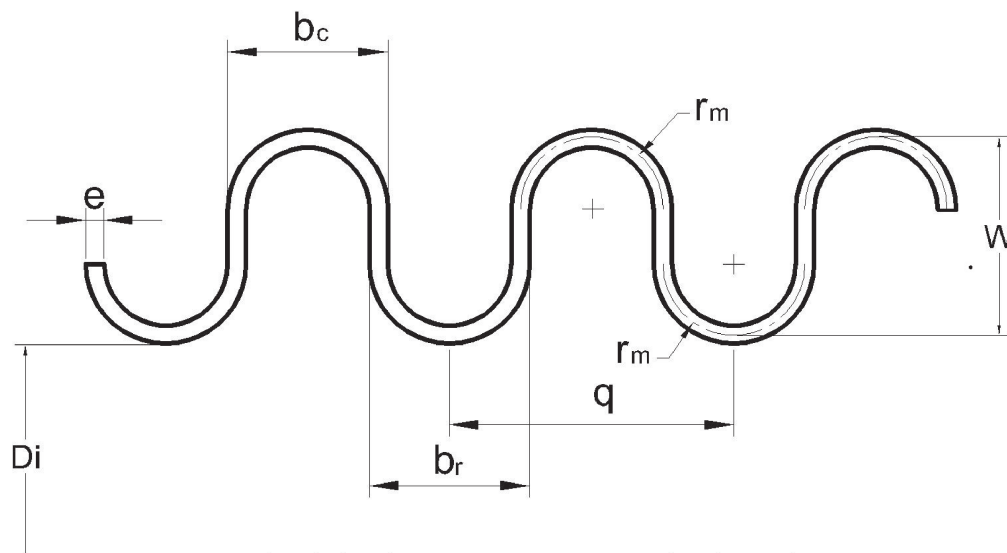
Bei Verwendung von Werkstoffen mit höheren Dehngrenzen und ausreichenden Bruchdehnungen, die vom Werkstoffhersteller in einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 oder Abnahmeprüfzeugnis 3.2 nach EN 10204:2004 zertifiziert werden, dürfen die zulässigen Spannungen erhöht werden. Die Erhöhung darf nicht mehr als 50 % der Differenz zwischen den in den Normen angegebenen Werten und den im Prüfzeugnis zertifizierten Werten, dividiert durch den entsprechenden Sicherheitsfaktor, betragen.

6.3.3 Gewellte Metallschläuche

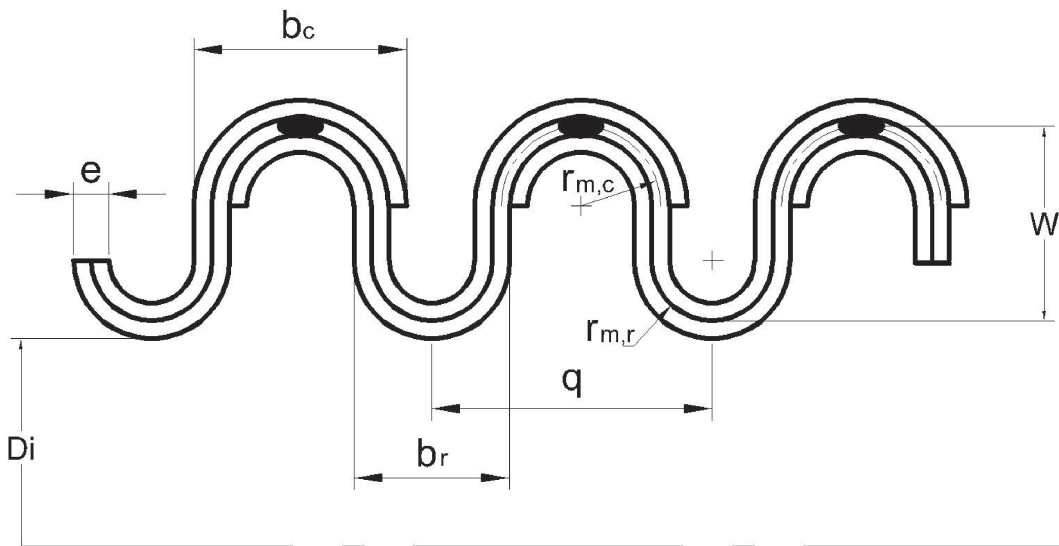
6.3.3.1 Anwendungsbereich

Dieser Unterabschnitt gilt für zwei Arten von gewellten Schläuchen mit nominell U-förmigen Wellen – ringförmig oder wendelförmig – entsprechend den in diesem Unterabschnitt angegebenen Einschränkungen.

- Eine Ausführung nach Bild 4 a) wird im Allgemeinen aus einem vorgefertigten stumpfgeschweißten Rohr durch Umformen (z. B. hydraulisches oder Walzverfahren) ohne umlaufende Schweißnähte in den Wellen hergestellt. Die Wellen sind ringförmig oder wendelförmig und bestehen aus einer oder mehreren Lagen.
- Eine Ausführung nach Bild 4 b) wird aus einem vorgefertigten gewellten Profilstreifen, über ein Innenwerkzeug gewickelt und am Scheitelpunkt widerstandsgeschweißt, hergestellt. Die Wellen sind wendelförmig und bestehen aus einer oder zwei Lagen in den Seitenwänden.



a) Querschnitt der stumpfgeschweißten Ausführung



b) Querschnitt der widerstandsgeschweißten Ausführung, doppelwandig

Bild 4 — Querschnitt durch die Welle

ANMERKUNG Es wird darauf hingewiesen, dass die Auslegung von Schläuchen komplex ist, da die Anforderungen an Festigkeit und Flexibilität im Allgemeinen im Widerspruch zueinander stehen.

6.3.3.2 Einschränkende Bedingungen

Dieses Berechnungsverfahren gilt für gewellte Metallschläuche, die die folgenden Bedingungen erfüllen. Wenn diese Bedingungen nicht erfüllt sind, sollte nur eine experimentelle Auslegung akzeptiert werden.

- a) Der mittlere Radius des Torus r_m am Scheitelpunkt und an der Wurzel der Wellen muss nominell gleich sein.

Eine Abweichung von $\pm 25\%$ zwischen den tatsächlichen Radien am Scheitel oder an der Wurzel in Bezug auf den Mittelwert der beiden ist zulässig.

- b) Der Torusradius muss so ausgewählt werden, dass:

$$r_m \geq 3 \cdot e_p \quad (14)$$

- c) Die Wellenhöhe muss so ausgewählt werden, dass:

$$\frac{D_i}{3} \geq w \geq 2 \cdot r_m \quad (15)$$

- d) Der Versatzwinkel β_0 der Seitenwände in der Neutralstellung (siehe Bild 6) muss so groß sein, dass:

$$-20^\circ \leq \beta_0 \leq +20^\circ, \text{ wobei}$$

$$\beta_0 = \left\{ \sqrt{2 \cdot \left(1 - \frac{4 \cdot r_m}{q}\right) + 4 \cdot \left(\frac{w - 2 \cdot r_m}{q}\right)^2} - 2 \cdot \frac{w - 2 \cdot r_m}{q} \right\} \cdot \frac{180}{\pi} \quad (16)$$

Außerdem sollte überprüft werden, ob ein negativer Anfangswinkel der Seitenwand β_0 , der zu einem geringeren Abstand zwischen den Wellen führt, durch den vorgesehenen Biegeradius begrenzt ist, was zu einer Blockierung führen kann.

e) Die Mindestlänge der Welle muss so bemessen sein, dass:

$$q > 2 \cdot r_m + e \quad (18)$$

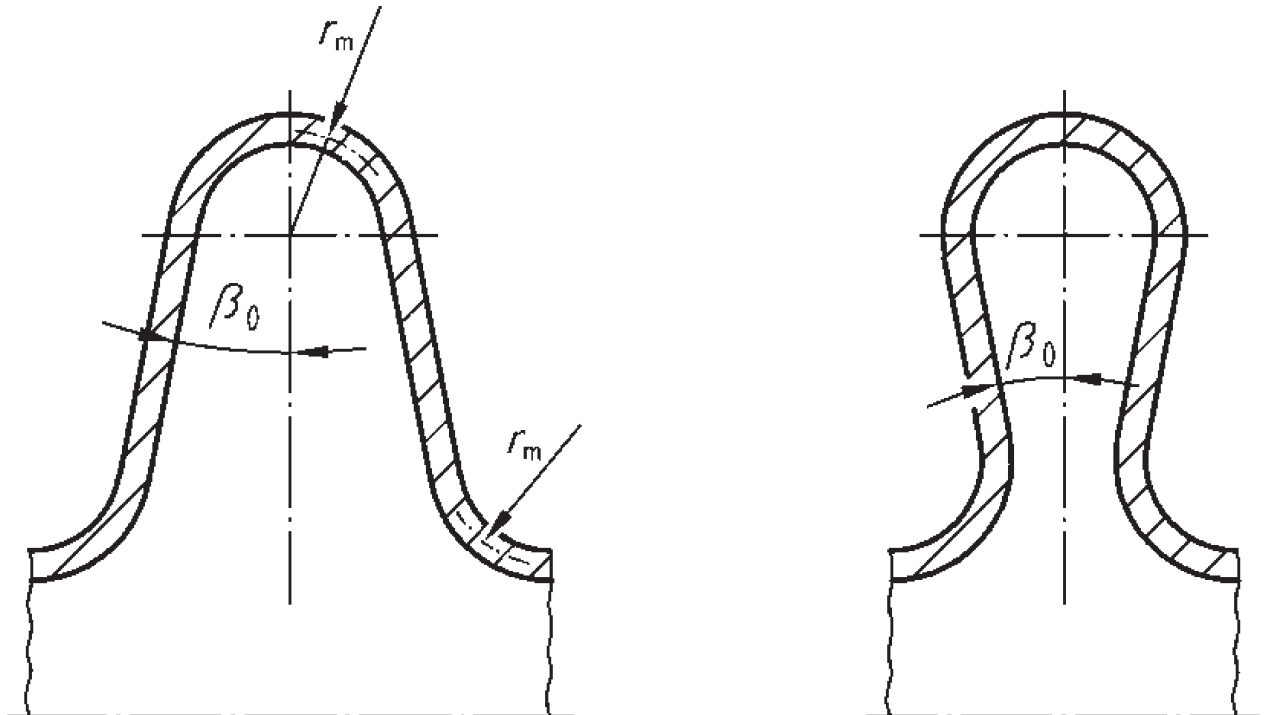


Bild 5 — Mögliche Wellenformen in der Neutralstellung außer U-Form

6.3.3.3 Druckbelastbarkeit des gewellten Metallschlauches mit Umflechtung oder ohne Umflechtung

6.3.3.3.1 Druckspannungen

Die durch Druck erzeugte Umfangsspannung der Membran ergibt sich aus:

$$\sigma_{\theta}(P) = \frac{1}{2} \cdot \frac{q \cdot D_m}{A_c} \cdot k_{\theta} \cdot P \quad (19)$$

und muss übereinstimmen mit:

$$\sigma_{\theta}(P) \leq f \quad (20)$$

ANMERKUNG Der Abminderungsfaktor k_{θ} für Schläuche mit Umflechtung ist in 6.3.4 angegeben. Für Schläuche ohne Umflechtung gilt $k_{\theta} = 1,0$.

Die durch Druck erzeugten meridionalen Spannungskomponenten ergeben sich wie folgt:

— meridionale Membranspannung:

$$\sigma_{m,m}(P) = \frac{w}{2 \cdot e^*} \cdot P \quad (21)$$

— meridionale Biegespannung:

$$\sigma_{m,b}(P) = \frac{1}{2 \cdot n_p} \cdot \left(\frac{w}{e_p^*} \right)^2 \cdot C_p \cdot P \quad (22)$$

Die Summe der meridionalen Spannungskomponenten sollte die folgende Bedingung erfüllen:

$$\sigma_{m,m}(P) + \sigma_{m,b}(P) \leq K_f \cdot f \quad (23)$$

wobei sich der Umformfaktor K_f ergibt aus:

— für geglähte gewellte Schläuche (ohne Kaltumformung):

$$K_f = 1,5 \quad (24)$$

— für umgeformte gewellte Schläuche (mit Kaltumformung):

$$K_f = 1,7 \cdot \left[1 + 5 \cdot \frac{2}{3} \left(\frac{3 \cdot w}{D_m} + \frac{e_p^*}{r_m \cdot \sqrt{3}} \right) \cdot \left(\begin{array}{c} 1,0 \text{ hydraulisch umgeformt} \\ 1,2 \text{ gewalzt} \end{array} \right) \right] \quad (25)$$

Kleine Schlauchdurchmesser, z. B. DN 6 bis DN 12, können einen sehr hohen Kaltumformungsgrad aufweisen, was ebenfalls zu einem hohen K_f führt. Dieser durch den Stand der Technik abgedeckte Nennweitenbereich muss bei Verwendung eines hohen K_f -Faktors verifiziert werden.

Höhere Werte dürfen verwendet werden, wenn ihr negativer Einfluss auf den Biegeradius und auf die Lebensdauer nicht von Bedeutung ist.

6.3.3.3.2 Gewellte Metallschlauchleitung mit Umflechtung

Die bleibende Dehnung einer Metallschlauchleitung mit Umflechtung nach dem Prüfdruck liegt innerhalb der Grenzen von 1 %, wenn die Umflechtung eng an den Wellen anliegt und die Längsspannung in den Geflechtsträhnen die zulässigen Grenzen nicht überschreitet; siehe 6.3.4.

6.3.3.3.3 Gewellte Metallschlauchleitung ohne Umflechtung

Die Dehnung einer gewellten Metallschlauchleitung ohne Umflechtung unter Druck ist abhängig von der Längsteifigkeit des gewellten Metallschlauches, die durch die axiale elastische Federrate bestimmt wird.

Elastische Dehnung:

$$\Delta l_{el} = \frac{F_p}{K_{ax(1)}} \cdot \frac{l_c}{q} \quad (26)$$

Dabei ergibt sich die axiale Federrate einer Welle aus:

$$K_{ax(1)} = \frac{\pi}{2 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot E \cdot n_p \cdot D_m \cdot \left(\frac{e_p^*}{w} \right)^3 \cdot \frac{1}{C_f} \quad (27)$$

Die zulässige elastische Dehnung hängt vom tatsächlichen Anwendungsfall und von der Einbausituation der Metallschlauchleitung ab.

Druck, der zu einer anfänglichen verbleibenden (plastischen) Dehnung von 1 % führt:

$$P_{1,0} = 0,6 \cdot \frac{K_{ax(1)}}{D_m^2 \cdot (\pi/4)} \cdot \frac{w^2 \cdot C_p}{E \cdot e_p^*} \cdot K_{fc} \cdot R_{p1,0} \quad (28)$$

— für geglähte gewellte Schläuche (ohne Kaltumformung):

$$K_{fc} = 1,0 \quad (29)$$

— für umgeformte gewellte Schläuche (mit Kaltumformung):

$$\text{wobei } K_{fc} = 1 + 5 \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{2 \cdot w}{D_m} + \frac{e_p^*}{r_m \cdot \sqrt{3}} \right) \begin{cases} 1,0 \text{ hydraulisch umgeformt} \\ 1,4 \text{ gewalzt} \end{cases} \quad (30)$$

ANMERKUNG Bei weiteren Druckzyklen wird der Betrag der zusätzlichen Restdehnung kleiner als 1 %.

Die zulässigen Werte sollten bei der Bestellung vereinbart werden.

6.3.3.4 Stabilität eines eingebauten gewellten Schlauches ohne Umflechtung

Wird eine Metallschlauchleitung ohne Umflechtung gerade ausgerichtet zwischen Festpunkten eingebaut, hängt der zulässige Druck nicht mehr von Beanspruchungsgrenzen, sondern von Stabilitätsaspekten ab.

Der Grenzdruck zur Vermeidung von Instabilität ergibt sich aus:

$$P_{sc} = \frac{2\pi q}{2,5 \cdot l_c^2} \cdot K_{ax(1)} \text{ (inklusive Sicherheitsfaktor } S = 2,5) \quad (31)$$

und sollte übereinstimmen mit:

$$PT \leq P_{sc}$$

6.3.4 Umflechtung

6.3.4.1 Anwendungsbereich

Dieser Unterabschnitt gilt für die beiden Arten von Umflechtungen, die in Metallschlauchleitungen verwendet werden (siehe 3.18 und 3.19):

- a) ein glattes Geflecht, das aus einer bestimmten Anzahl von flachen Strängen besteht;
- b) ein gekordeltes Geflecht, das aus einer bestimmten Anzahl von geflochtenen Strängen besteht;

Beide Arten von Geflecht werden verwendet, um die gesamte Länge des gewellten Teils der Schlauchleitung zu bedecken. Bild 6 zeigt die wichtigsten bei der Berechnung verwendeten Kennwerte.

6.3.4.2 Allgemeine Faktoren

6.3.4.2.1 Allgemeines

Die allgemeinen Faktoren dieses Unterabschnitts beziehen sich auf die Umflechtung. Allgemeine Faktoren für gewellte Metallschläuche siehe 6.3.1.

6.3.4.2.2 Allgemeine Faktoren für Einzel- und Mehrfachumflechtungen

Geflechtschlaglänge (wenn der Umflechtungswinkel angegeben ist):

$$l_B = \frac{\pi \cdot d_B}{\tan(\alpha)} \quad (32)$$

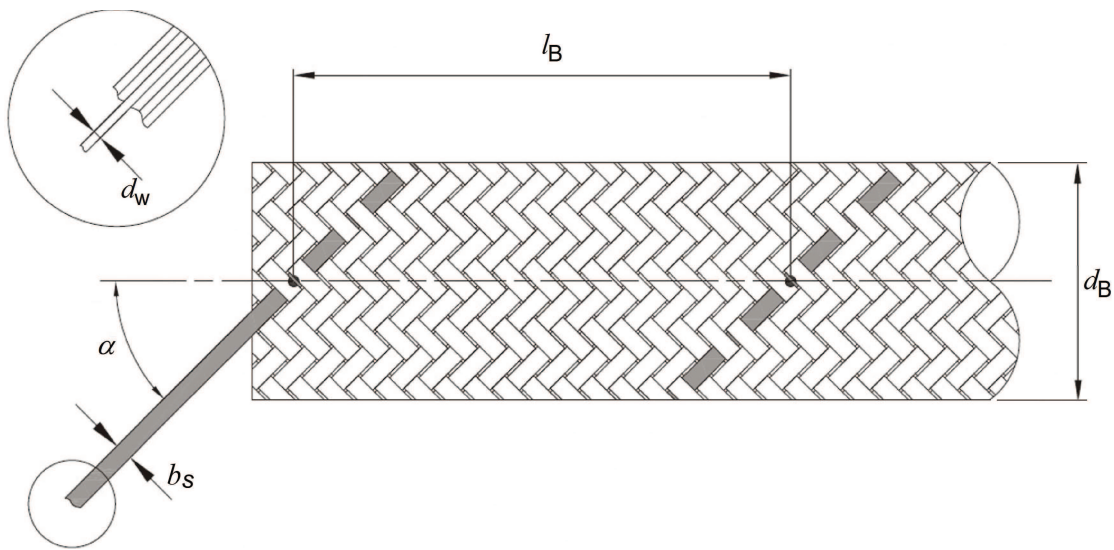


Bild 6 — Umflechtung (Kennwerte)

Umflechtungswinkel (wenn die Geflechschlaglänge angegeben ist):

$$\alpha = \arctg\left(\frac{\pi \cdot d_B}{l_B}\right) \quad (33)$$

Stapelfaktor für sich kreuzende Drähte und Stränge:

$$c_{st} = \begin{cases} 1,25 & \text{für sich kreuzende Stränge (Umflechtungen)} \\ 1,1 & \text{für sich kreuzende Drähte (geflochtene Stränge)} \end{cases} \quad (34)$$

Dicke eines Stranges:

$$h_s = \begin{cases} d_w & \text{für einfache Stränge} \\ c_{st} \cdot 2 \cdot d_w = 2,2 \cdot d_w & \text{für geflochtene Stränge} \end{cases} \quad (35)$$

Breite eines Stranges:

$$b_s = \begin{cases} d_w \cdot d_w & \text{für einfache Stränge} \\ (0,5 \cdot n_w + 2) \cdot d_w & \text{für geflochtene Stränge} \end{cases} \quad (36)$$

ANMERKUNG Bei einem geflochtenen Strang liegt nur ein Teil der Drähte auf gleicher Ebene.

Querschnitt eines einzelnen Drahtes:

$$a_w = \frac{d_w^2 \cdot \pi}{4} \quad (37)$$

6.3.4.2.3 Allgemeine Faktoren für Einzelumflechtungen

Mittlerer Durchmesser einer Geflechtlage:

$$d_B = D_o + 2 \cdot c_{st} \cdot h_s \quad (38)$$

Außendurchmesser einer Geflechtlage:

$$d_{B,o} = D_o + 4 \cdot c_{st} \cdot h_s \quad (39)$$

Reduktionsfaktor einer Geflechtlage:

$$k_{\Theta} = 1 - \frac{D_m}{2 \cdot d_B} \tan^2(\alpha) \quad (40)$$

6.3.4.2.4 Allgemeine Faktoren für Mehrfachumflechtungen

Die folgenden Faktoren beziehen sich auf Mehrfachumflechtungen, gelten aber auch für Einzelumflechtungen, wobei: $i = n = 1$.

Mittlerer Durchmesser der i -ten Geflechtlage:

$$d_{B(i)} = D_o + [(i - 1) \cdot 4 + 2] \cdot c_{st} \cdot h_s \quad (41)$$

Außendurchmesser einer i -ten Geflechtlage:

$$d_{B,o(i)} = D_o + [(i - 1) \cdot 4 + 4] \cdot c_{st} \cdot h_s \quad (42)$$

Die Tragfähigkeitsfaktoren der Geflechtlagen sind:

$$\eta_{(1)} = 1,0 \text{ für die erste Lage}$$

$$\eta_{(i)} = 0,8 \text{ für die restlichen Lagen} \quad (43)$$

Höhere Werte für $\eta_{(i)}$ sind zulässig, wenn sie vom Hersteller nachgewiesen werden können.

Reduktionsfaktor einer Mehrfachumflechtung mit n Lagen:

$$k_{\Theta(n)} = 1 - \frac{D_m}{2} \cdot \sum_{i=1}^n \left[\frac{\tan^2(\alpha_{(i)})}{d_{B(i)}} \cdot \eta_{(i)} \right] \cdot \left\{ \sum_{i=1}^n \eta_{(i)} \right\}^{-1} \quad (44)$$

Mittlerer Durchmesser einer Mehrfachumflechtung, gewichtet durch die Wirkungsgrade:

$$\bar{d}_{B(n)} = \sum_{i=1}^n [d_{B(i)} \cdot \eta_{(i)}] \cdot \left\{ \sum_{i=1}^n \eta_{(i)} \right\}^{-1} \quad (45)$$

Tangensquadrat des mittleren Umflechtungswinkels einer Mehrfachumflechtung:

$$\tan^2(\bar{\alpha}) = (1 - k_{\Theta(n)}) \frac{2 \cdot \bar{d}_{B(n)}}{D_m} \quad (46)$$

6.3.4.3 Beschränkende Auslegungsbedingungen

Die Umflechtung darf aus einer oder mehreren Lagen bestehen.

a) Der Umflechtungswinkels nach Gleichung (33) muss übereinstimmen mit:

$$30^\circ < \alpha < 60^\circ \quad (47)$$

Andere Umflechtungswinkel sind zulässig, wenn ihre Anwendbarkeit vom Schlauchhersteller nachgewiesen wird.

ANMERKUNG Die üblicherweise in Metallschlauchleitungen für Druckanwendungen verwendeten Umflechtungswinkel sind $40^\circ \leq \alpha \leq 50^\circ$; siehe EN ISO 10380:2012, 4.6, ANMERKUNG 3.

b) Die Umflechtungsabdeckung ergibt sich aus:

$$C_B = 1 - \left(1 - \frac{n_s \cdot b_s}{2 \cdot \pi \cdot \cos(\alpha) \cdot d_B} \right)^2 \quad (48)$$

und sollte übereinstimmen mit:

$$0,75 \leq C_B \leq 0,95 \quad (49)$$

Eine andere Umflechtungsabdeckung ist zulässig, wenn deren Anwendbarkeit vom Schlauchhersteller nachgewiesen wird.

6.3.4.4 Druckbelastbarkeit der Umflechtung

Die Längsbeanspruchungen in den Geflechtsträhten werden im Folgenden für eine oder mehrere Geflechtlagen angegeben.

a) Es wird nur eine Geflechtlage verwendet.

Die Längsspannung in den Geflechtsträhten ergibt sich aus:

$$\sigma_w(P) = \frac{F_p}{n_s \cdot n_w \cdot a_w \cdot \cos(\alpha)} \quad (50)$$

b) Es wird mehr als eine Geflechtlage verwendet.

Bei mehreren Geflechtlagen trägt jede von ihnen nur einen Teil der gesamten axialen Druckbelastung.

Der Anteil der axialen Druckbelastung für die erste Geflechtlage ergibt sich aus:

$$F_{p(1)} = \frac{F_p}{1 + \eta_{(2)} + \dots + \eta_{(n)}} \quad (51)$$

Die Längsbeanspruchung in den geflochtenen Drähten der ersten Lage ergibt sich dann aus:

$$\sigma_w(P)_{(1)} = \frac{F_{p(1)}}{[n_s \cdot n_w \cdot a_w \cdot \cos(\alpha)]_{(1)}} \quad (52)$$

Die Längsbeanspruchung in den geflochtenen Drähten der i -ten Lage ergibt sich aus:

$$\sigma_w(P)_{(i)} = \frac{F_{p(1)} \cdot \eta_{(i)}}{[n_s \cdot n_w \cdot a_w \cdot \cos(\alpha)]_{(i)}} \quad (53)$$

Die Berechnung der Spannungen in den Drähten der weiteren Lagen erübrigt sich in der Regel, wenn das Produkt der Kennwerte im Zähler um nicht mehr als 20 % von dem der ersten Lage abweicht.

Die maximale Längsspannung in einem Geflechtstraht sollte übereinstimmen mit:

$$\sigma_w(P)_{(i), \max} \leq f_w \quad (54)$$

6.3.5 Metallschlauchleitung

6.3.5.1 Allgemeines

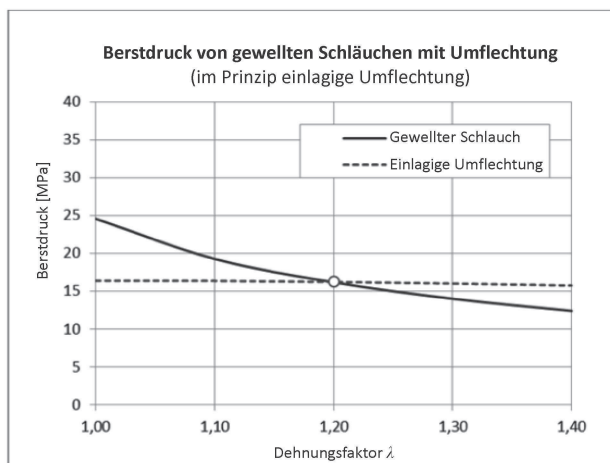
Der Berstdruck der Metallschlauchleitung muss berechnet werden, um ihre Druckfestigkeit zu überprüfen.

Bei der Berechnung des Berstdruckes wird davon ausgegangen, dass der Innendruck ausgehend vom zulässigen Druck so lange erhöht wird, bis die Seitenwand der Welle und die Geflechtsträfte nachgeben. Es hängt von der Auslegung ab, welche dieser beiden Komponenten der Metallschlauchleitung zuerst nachgibt. In beiden Fällen ändert sich die Form der Wellen.

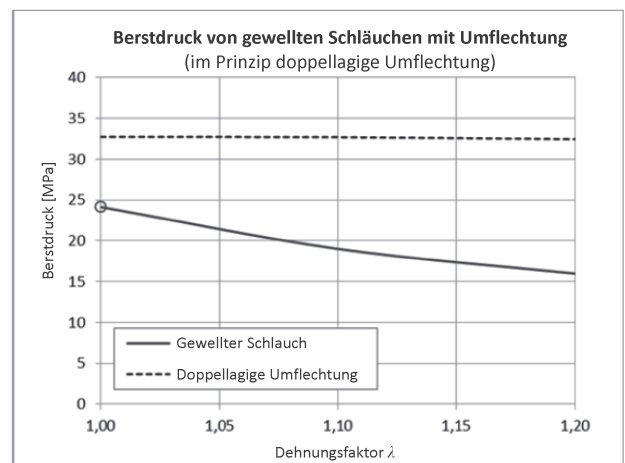
Die Berechnung basiert auf der Annahme, dass der Druck vor dem Bersten immer hoch genug ist, um die Wellen zu verformen, bis ihre Form annähernd einem zylindrischen Rohr mit umlaufenden Innenrippen entspricht.

Der Berstdruck der Umflechtung ist theoretisch erreicht, wenn bei einer angenommenen bleibenden Dehnung der Umflechtung die Längsspannung in den Geflechtsträften gleich ihrer individuellen Zugfestigkeit ist. Der Berstdruck in der Welle ist erreicht, wenn die Umfangsspannung im Rippenrohr gleich ihrer individuellen Zugfestigkeit ist.

Die erwähnte Dehnung der Metallschlauchleitung bewirkt einen abnehmenden Berstdruck des Rippenrohres und einen noch geringeren abnehmenden Berstdruck der Umflechtung. Der zulässige Berstdruck ist dann gegeben, wenn entweder bei einer kritischen Dehnung beide Komponenten der Metallschlauchleitung den gleichen rechnerischen Berstdruck aufweisen [siehe Bild 7 a)] oder wenn bei starker Umflechtung der Berstdruck des Schlauches zuerst erreicht wird [siehe Bild 7 b)].



a) Berstdruck von gewellten Schläuchen mit Umflechtung (im Prinzip einlagige Umflechtung)



b) Berstdruck von gewellten Schläuchen mit Umflechtung (im Prinzip doppelagige Umflechtung)

Bild 7 — Berstdruck

6.3.5.2 Berstdruck des gewellten Schlauches

a) Schlauchleitung mit keiner oder geringer plastischer Dehnung

Der Berstdruck des Schlauches ohne bleibende Dehnung ($\lambda = 1$), aber mit maximal verformter Welle ergibt sich aus:

$$P_{b,H,\lambda=1} = \frac{2 \cdot A_c}{q \cdot D_m \cdot k_{A(a)} \cdot k_{\Theta(a)}} \cdot R_{m, \min, H}, \text{ wobei} \quad (55)$$

— sich der Erhöhungsfaktor für die „aufgeblasene“ Welle ergibt aus:

$$k_{A,\lambda=1} = 1 + \frac{w - q \cdot (4 - \pi) / 16}{D_m}, \quad (56)$$

— sich der angepasste Reduktionsfaktor ergibt aus:

$$k_{\Theta,\lambda=1} = 1 - \frac{D_m}{2 \cdot d_B \cdot k_{A(a)}} \cdot \tan^2(\bar{\alpha}_{(n)}), \text{ und} \quad (57)$$

— $R_{m,\min,H}$ die Mindestzugfestigkeit des Schlauchwerkstoffs ist.

b) Schlauchleitung mit plastischer Dehnung

Der Berstdruck des verformten Schlauches (Rippenrohr) bei einer bleibenden relativen Dehnung

$$\lambda = 1 + \Delta l_{pl}/l_c \quad (58)$$

ergibt sich aus:

$$P_{b,H,\lambda} = \frac{2 \cdot A_c}{q_\lambda \cdot D_o \cdot k_{\Theta,\lambda}} \cdot R_{m,\min,H}, \text{ wobei} \quad (59)$$

— der verlängerte Wellenabstand:

$$q_\lambda = q \cdot \lambda, \text{ und} \quad (60)$$

— der angepasste Reduzierungsfaktor:

$$k_{\Theta,\lambda} = 1 - \frac{D_o}{2 \cdot \bar{d}_{B(n)}} \cdot \frac{\tan^2(\bar{\alpha}_{(n)})}{\lambda^2}, \text{ und} \quad (61)$$

— $R_{m,\min,H}$ die Mindestzugfestigkeit des Schlauchwerkstoffs ist.

6.3.5.3 Berstdruck der Umflechtung

Der Berstdruck der verlängerten Umflechtung ergibt sich aus:

$$P_{b,B\lambda} = 4 \cdot \frac{n_s \cdot n_w \cdot a_{w\lambda}}{D_o^2 \cdot \pi} \cdot \cos(\bar{\alpha}_{(n)}) \cdot R_{m,\min,B}, \text{ wobei} \quad (62)$$

— der reduzierte Querschnitt des Drahtes:

$$a_{w\lambda} = a_w \cdot \frac{\sin(\bar{\alpha}_{(n)\lambda})}{\sin(\bar{\alpha}_{(n)0})}, \text{ und} \quad (63)$$

— $R_{m,\min,B}$ die Mindestzugfestigkeit des Geflechtwerkstoffs ist.

6.3.5.4 Berstdruck der Metallschlauchleitung

Der theoretische Berstdruck der Metallschlauchleitung hängt vom Verhältnis zwischen den individuellen theoretischen Berstdrücken des gewellten Metallschlauches und der Umflechtung bei einer relativen Dehnung von Null ab.

Zwei Situationen müssen berücksichtigt werden:

— Starke Umflechtung, wobei: $P_{b,H(a)} \leq P_{b,B\lambda}$, für $\lambda = 0$

$$P_b = P_{b,H(a)}, \quad (64)$$

— Starker gewellter Schlauch, wobei: $P_{b,H(a)} > P_{b,B\lambda}$, für $\lambda = 0$

$$P_b = P_{b,B\lambda}, \text{ mit } \lambda \text{ am Kreuzungspunkt, wobei } P_{b,H\lambda} = P_{b,B\lambda} \quad (65)$$

Der zulässige Auslegungsdruck P bei Umgebungstemperatur sollte nicht höher als ein Drittel des zu erwartenden Berstdruckes sein:

$$P \leq P_b/3 \quad (66)$$

ANMERKUNG 1 Der Kreuzungspunkt ist der Punkt, wo die Berstdrücke des gewellten Schlauches und der Umflechtung für unterschiedliche relative Dehnungen gleich sind.

ANMERKUNG 2 In den Berechnungen wird zur Bestimmung eines theoretischen Berstdruckes der Mindestwert der Zugfestigkeit verwendet. In Fällen, in denen der Berstdruck durch eine experimentelle Prüfung (z. B. EN ISO 10380:2012) bestimmt werden muss, werden für die Produktion repräsentative Schlauchleitungen verwendet. Diese Prüfungen können zu einem Berstdruck führen, der höher ist als der zuvor berechnete theoretische Berstdruck. In EN ISO 10380:2012, 5.5.1 heißt es zum Beispiel: „Der Berstdruck der Schlauchleitung muss mindestens dem 4-fachen des maximalen zulässigen Druckes bei Raumtemperatur entsprechen“ [siehe 6.4.3.2 c)].

6.3.6 Flansche und andere Anschlussteile

Flansche müssen EN 1092-1:2018 entsprechen.

Andere Flansche (z. B. Flansche, die nicht in EN 1092-1:2018 bemessen sind) dürfen verwendet werden, sofern sie nach dem in EN 1092-1:2018 angegebenen Berechnungsverfahren berechnet werden.

Wenn andere Anschlussteile verwendet werden, müssen diese nach den entsprechenden harmonisierten Europäischen Normen berechnet werden, z. B. EN 1591-1:2013, EN 13445-3:2021, EN 13480-3:2017.

6.3.7 Berechnung der Ermüdung

Die erwartete Ermüdungslebensdauer (Anzahl der Lastspiele) für einen drucklosen gewellten Metallschlauch hängt hauptsächlich von den Spannungen aufgrund der Durchbiegung ab, angegeben durch die äquivalente axiale Bewegung je Welle.

Wenn eine Metallschlauchleitung mit Druck beaufschlagt wird, darf die zulässige Zyklenzahl aufgrund des erhöhten Beanspruchungsniveaus innerhalb der Wellung durch den Druck und, wenn sie umflochten ist, aufgrund der gegenseitigen Beeinflussung zwischen dem gewellten Metallschlauch und der Umflechtung, die hauptsächlich von der Reibung abhängt, erheblich geringer sein.

Daher kann ein Berechnungsverfahren, das die erwarteten Lastspiele angibt, wie folgt durchgeführt werden:

- analytische Berechnung der prinzipiellen Lebensdauer, wobei der Einfluss der Umflechtung berücksichtigt werden muss;
- numerische Berechnung der Lebensdauer.

Beide Berechnungen müssen auf den Erfahrungen des Herstellers beruhen und durch Typprüfungen nach 6.3.8 nachgewiesen werden.

6.3.8 Typprüfungen

Der Schlauchersteller muss die Gültigkeit des Berechnungsverfahrens durch Typprüfungen nachweisen können.

Mindestens 3 Nennweiten eines „Bereichs“ von Schläuchen oder Schlauchleitungen müssen die Prüfverfahren bestehen.

ANMERKUNG Unter einem Bereich ist eine Gruppe von Schlauchleitungen zu verstehen, die ansteigende Nenndurchmesser mit ähnlichen Arten von Wellen, Wanddicken und Wellenhöhen in Bezug auf den Durchmesser aufweisen und aus demselben Werkstoff unter Verwendung desselben Herstellungsverfahrens hergestellt sind.

Für die Prüfungen müssen die kleinste und die größte Nennweite sowie eine mittlere Nennweite, die als kritisch angesehen werden kann, ausgewählt werden.

Die Typprüfungen müssen sich an die in 6.4 beschriebenen Prüfungen anschließen.

Wenn zusätzliche Prüfungen, die nicht in 6.4 aufgeführt sind, durchgeführt werden müssen, ist eine ausreichende statistische Zuverlässigkeit zu verlangen.

6.4 Experimentelles Auslegungsverfahren

6.4.1 Allgemeines

Die experimentelle Auslegung von gewellten Schläuchen und Schlauchleitungen erfolgt auf der Grundlage von Bauartzulassungen für die betreffenden Schlauchtypen.

6.4.2 Typprüfungen

Es gibt zwei Arten von Prüfungen, die für die Typprüfung von genormten Schlauchleitungen durchgeführt werden müssen:

- a) Druckprüfungen nach 6.4.3 zur Überprüfung des maximalen zulässigen Druckes.
- b) Zyklische Prüfungen nach 6.4.4 zur Überprüfung der Anzahl der Lastspiele bis zum Versagen.

Typprüfungen werden üblicherweise an repräsentativen genormten Schlauchleitungen durch Prüfungen bei Umgebungstemperatur (20 °C) und mit Wasser als Prüfmedium durchgeführt.

Die für Typprüfungen hergestellten Druckschlauchleitungen müssen für die Produktion repräsentativ sein.

Die mit einem Werkstoff durchgeführte Prüfung muss auch für andere Werkstoffe der gleichen Werkstoffgruppe gültig sein.

6.4.3 Druckprüfung

6.4.3.1 Allgemeines

Eine Druckprüfung muss als Berstdruckprüfung an zwei Prüflingen für jede Nennweite von genormten Schlauchleitungen, die einer Bauartzulassung unterzogen werden sollen, durchgeführt werden.

Die wirksame gewellte Länge eines Prüflings mit Umflechtung muss mindestens so lang sein, dass eine vollständige Schlaglänge der Umflechtung (Schlag) vorhanden ist, wobei die Enden durch geeignete Anschlusssteile verschlossen sein müssen. Ein Prüfling ohne Umflechtung muss eine wirksame gewellte Länge l_c von 0,5 m oder $3 \times DN$ haben, je nachdem, welcher Wert größer ist.

Die Endanschlüsse der für die Prüfungen vorgesehenen Schlauchleitungen müssen so beschaffen sein, dass sie eine starre und dichte Verbindung mit der Prüfeinrichtung ermöglichen.

6.4.3.2 Durchführung der Prüfung

Der Prüfling wird an einem Ende befestigt, liegt horizontal in gerader Position und wird mit Innendruck beaufschlagt.

- a) Der maximale zulässige Druck wird überprüft, indem der Prüfling langsam bis zu 80 % des maximalen zulässigen Druckes belastet wird und dann der Druck in gleichmäßigen Schritten erhöht wird, bis das 1,5-

fache des maximalen zulässigen Druckes erreicht ist. Jeder Schritt muss kleiner oder gleich 10 % des höchstzulässigen Druckes sein. Bei jedem Schritt beträgt die Haltezeit 1 min.

Bei jedem Schritt muss die Dehnung der Probe aufgezeichnet werden. Die Wellen können vor dem Ende der Prüfung eine kritische Spannung erreichen, die zu einem Ausknicken der Wellenflanke führen würde. Dieser Grenzwert kann durch Typprüfung oder durch Messung des in die Schlauchprobe eingebetteten Wasservolumens ermittelt werden.

Bei der Typprüfung muss der kritische Druck, der zu einer plastischen Verformung der Welle führt, vom Hersteller festgelegt und als maximaler zulässiger Prüfdruck PT (siehe 3.6) angewendet werden. Der Einfluss auf die Ermüdungslebensdauer muss berücksichtigt werden, siehe 6.4.4.2.

Wenn das eingebettete Volumen als Bezug genommen wird, ergibt sich das im gewellten Ringraum eingebettete Volumen aus dem Gesamtvolumen abzüglich des Volumens des freien Schlauchquerschnitts. Das Volumen muss um die Dehnung des Prüfmusters korrigiert werden. Der Hersteller muss die Methodik aufzeichnen, die die Äquivalenz zwischen der prozentualen Volumenzunahme und der kritischen Verformung der Wellen angibt.

- b) Der Prüfdruck muss dann in weiteren Schritten von maximal dem 0,5-fachen des Auslegungsdruckes zu erhöhen, bis der Berstdruck P_b erreicht ist, d. h. der Prüfling durch sichtbares Leck oder Bruch versagt.

ANMERKUNG Für Schläuche ohne Umflechtung ist 6.4.3.1 b) optional.

6.4.3.3 Annahmekriterien

- a) Die Druckprüfung muss nach EN ISO 10380:2012, 5.2 bis 5.4 durchgeführt werden. Die bleibende Dehnung des gewellten Teils zwischen den Endanschlüssen darf nicht mehr als 1 % betragen.
- b) Der Berstdruck P_b darf nicht weniger als das 4-fache des korrigierten Auslegungsdruckes PS_{20} der Metallschlauchleitung betragen, der sich aus der Gleichung ergibt:

$$PS_{20} = PS \frac{R_{m,20}}{R_{m,t}} \quad (67)$$

Für durch Schweißen befestigte Umflechtungen müssen für $R_{m,t}$ die Werte für geglühten Werkstoff verwendet werden.

Wenn das experimentelle Auslegungsverfahren mit dem rechnerischen Auslegungsverfahren kombiniert wird, darf P_b nicht weniger als das 3-fache des korrigierten Auslegungsdruckes betragen.

6.4.4 Zyklische Prüfungen

6.4.4.1 Allgemeines

Zyklische Prüfungen müssen durchgeführt werden, um die Flexibilität von Schlauchleitungen, die umflochten oder nicht umflochten sein dürfen, nachzuweisen.

Die Ermüdungslebensdauer (Lastspiele bis zum Versagen) einer Metallschlauchleitung hängt von den wichtigsten Auslegungs-Kennwerten ab, z. B. Werkstoff, Durchmesser, Wellenform, Dicke der Lage und Eigenschaften der Umflechtung. Darüber hinaus wird sie stark von der gegenseitigen Beeinflussung zwischen dem gewellten Schlauch und der Umflechtung bestimmt, wobei die Reibung eine besondere Rolle spielt, insbesondere wenn die Schlauchleitungen druckbeaufschlagt sind.

Für jeden Typ von Metallschlauchleitungen sind zwei Gruppen von zyklischen Prüfungen durchzuführen:

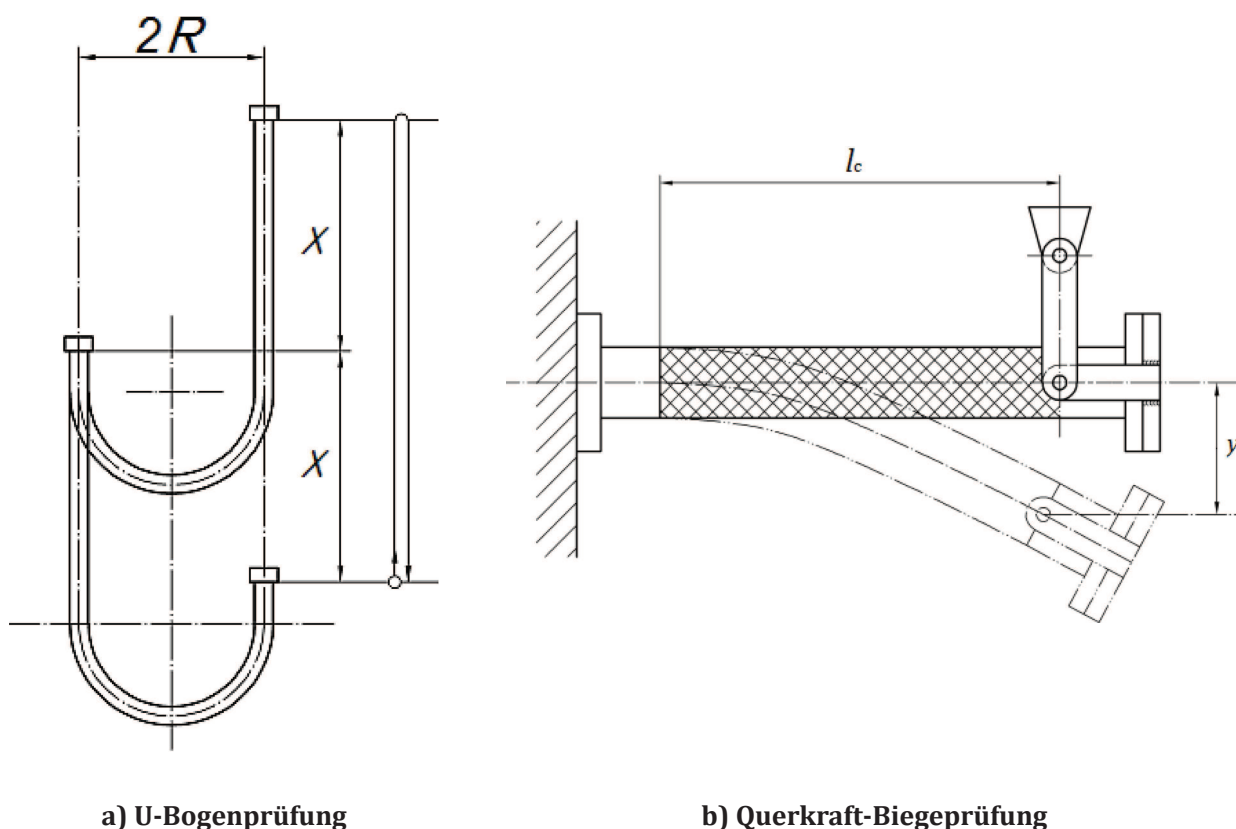
- eine Lastspielprüfung, die grundlegende Informationen über das zyklische Verhalten von Schlauchleitungen liefert;

— eine Biegsamkeitsprüfung, die Informationen über das statische Verhalten liefert.

Die Prüfungen müssen nach den in EN ISO 10380:2012 beschriebenen Verfahren unter Berücksichtigung der Anforderungen in Tabelle 9 durchgeführt werden.

6.4.4.2 Lastspielprüfung

Die Lastspielprüfung muss entweder eine U-Bogenprüfung oder eine Querkraft-Biegeprüfung (siehe Bild 8) nach EN ISO 10380:2012, 5.7.2.1 oder 5.7.2.2 sein. Das Prüfverfahren ist abhängig von der Nennweite DN (siehe Tabelle 9).



Legende

R minimaler Biegeradius ($R1$ oder $R2$) in mm

l_c Länge des gewellten Schlauches

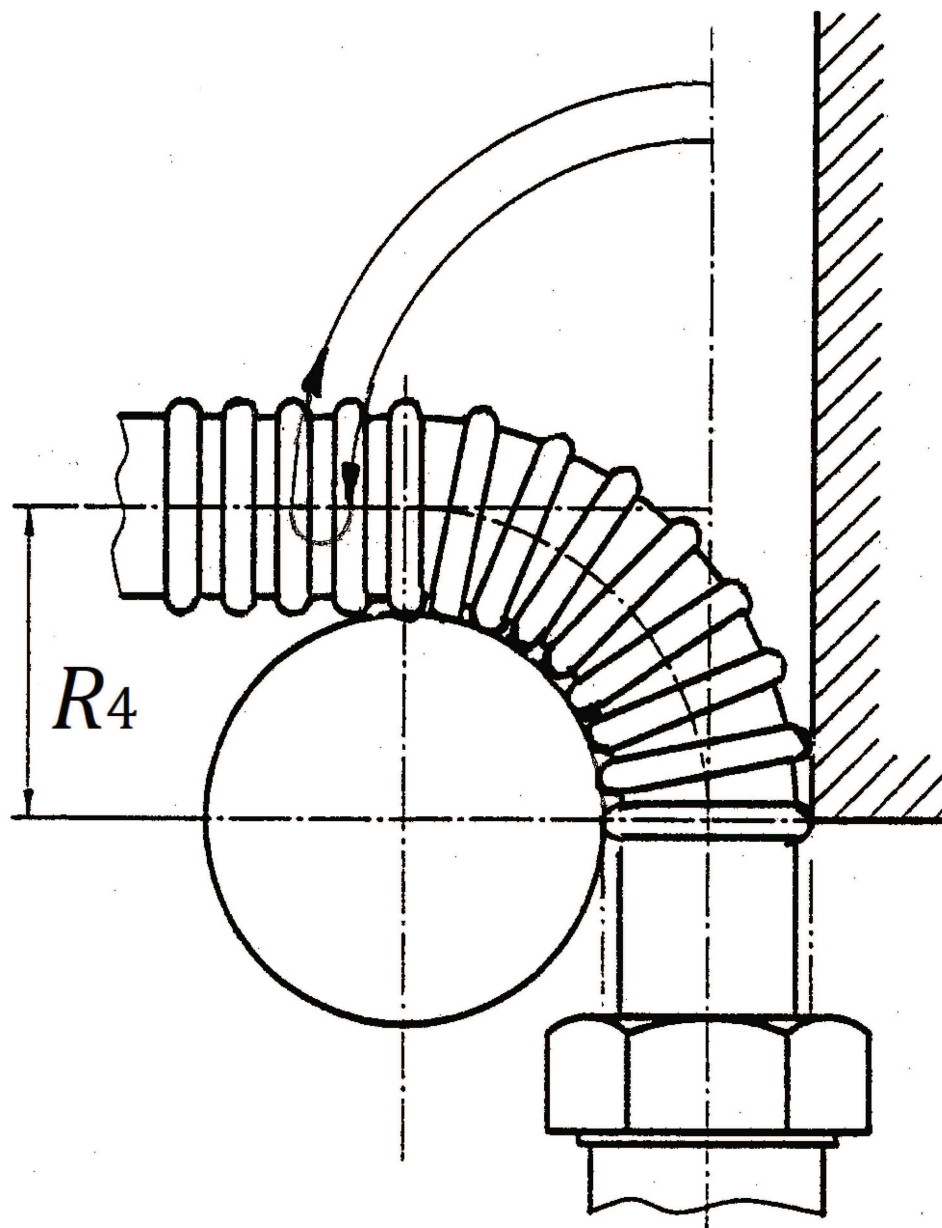
x Bewegung

y seitliche Bewegung

Bild 8 — Lastspielprüfungen

6.4.4.3 Biegeprüfung

Die Biegeprüfung (siehe Bild 10) muss nach der Beschreibung in EN ISO 10380:2012, 5.6 durchgeführt werden.



Legende

R_4 minimaler Biegeradius

Bild 9 — Biegeprüfung

Tabelle 9 — Zyklische Prüfungen

Schlauchtyp	Typ 1	Typ 2
(a) Vorprüfung für jeden Prüfling:		
(1) Dichtheitsprüfung nach 8.3.5	keine Undichtheit	
(2) Druckprüfung nach 8.3.6	keine Undichtheit, kein Versagen	
(b) Lastspielpprüfung nach 6.4.4.2		
Anzahl der Prüflinge, mindestens je DN	6	
Prüfdruck P_t in bar	$P_t = PS_{20}$	

Tabelle 9 (*fortgesetzt*)

Schlauchtyp		Typ 1	Typ 2
Mittlere Anzahl von Lastspielena:			
Standard-Lebensdauer		min. 10 000	min. 10 000
Hohe Lebensdauer		min. 50 000	—
(1) U-Bogenprüfung nach Bild 8 a)		DN 4 bis DN 100	
— Biegeradius nach Tabelle 4		R_1	R_2
— Prüfbewegung: $\pm x$ in mm		$x = \max [4 \text{ DN}; 125]$	
— Länge des gewellten Schlauches l_c in mm		$l_c = 4 \cdot R_1 + x$	$l_c = 4 \cdot R_2 + x$
(2) Querkraft-Biegeprüfung nach Bild 8 b)		DN 125 bis DN 300	
— Prüfbewegung y in mm:	DN 125	65	50
	DN 150	70	55
	DN 200	80	65
	DN 250	90	70
	DN 300	100	80
— Länge des gewellten Schlauches l_c in mm		$l_c = 6 \text{ DN}$	
(c) Endprüfung für jeden nach (b) geprüften Prüfling:			
(1) Sichtprüfung		örtliche Verringerung des Biegeradius um nicht mehr als 50 %	
(2) Dichtheitsprüfung nach 8.3.5		keine Undichtheit	
(d) Biegeprüfung nach 6.4.4.3			
Anzahl der Prüflinge für jede DN		2	
Anzahl der Lastspiele		10	
(e) Endprüfung für jeden nach (d) geprüften Prüfling:			
(1) Sichtprüfung		kein Versagen	
(2) Dichtheitsprüfung nach 8.3.5		keine Undichtheit	
aKein Prüfling mit einer Lebensdauer von weniger als 8 000 Lastspielen (Standard-Lebensdauer) oder 40 000 Lastspielen (hohe Lebensdauer).			

6.5 Anwendung von Schlauchleitungen

6.5.1 Allgemeines

Der Einsatz von Schlauchleitungen hängt von mehreren Kennwerten ab, wie z. B. DN, Betriebsbedingungen (PS , TS), Fördermenge, Anzahl der festgelegten Lastspiele, Werkstoffe, mögliche Schlauchkonfiguration usw.

Die Berechnung von Schlauchleitungen für den Einsatz bei verschiedenen Schlauchkonfigurationen und bei gegebenen Betriebsbedingungen muss auf den Ergebnissen der rechnerischen Auslegung (siehe 6.3) oder der experimentellen Auslegung (siehe 6.4) beruhen.

ANMERKUNG Die Länge einer Metallschlauchleitung ändert sich mit dem Druck. Für Anwendungen, bei denen die Länge unter Druck wichtig ist, muss unbedingt der Hersteller konsultiert werden.

6.5.2 Zulässiger Druck

Der maximale zulässige Druck bei 20°C PS_{20} der Metallschlauchleitung muss der niedrigste zulässige Druck bei 20°C eines jeden Bauteils der Leitung sein.

Es ist wichtig, dass der maximale Betriebsdruck, einschließlich des Druckstoßes, dem die Metallschlauchleitung im Betrieb ausgesetzt ist, den maximalen zulässigen Druck der Metallschlauchleitung nicht überschreitet.

Der maximale zulässige Druck PS_{20} eines bestimmten, für bestimmte Werkstoffe ausgelegten Schlauches mit Umflechtung – berechnet oder durch experimentelle Auslegung festgelegt – kann erhöht werden, wenn für den gewellten Schlauch oder die Umflechtung Werkstoffe mit höheren festgelegten Spannungen verwendet werden.

Alternativ kann eine höhere Druckfestigkeit der Umflechtung durch die Verwendung mehrerer Geflechtlagen erreicht werden.

6.5.3 Durchflussgeschwindigkeit

Für die Ausführung einer Schlauchleitung muss die Durchflussgeschwindigkeit berücksichtigt werden.

Die Durchflussgeschwindigkeit ergibt sich aus:

$$V = \frac{Q_v \cdot 4}{\pi \cdot D_i^2} \quad (68)$$

oder

$$V = \frac{Q_m \cdot 4}{\rho \cdot \pi \cdot D_i^2} \quad (69)$$

Dabei ist

V = Durchflussgeschwindigkeit

Q_v = Luftmengenstrom

Q_m = Massendurchfluss

D_i = Innendurchmesser des gewellten Schlauches

ρ = Dichte des Mediums

Hohe Geschwindigkeiten können Resonanzschwingungen der Wellungen erzeugen, die zu vorzeitigem Versagen führen. Ein solches Versagen kann durch Verwendung einer inneren Auskleidung oder Änderung der Nennweite DN verhindert werden. Die kritische Geschwindigkeit wird maßgeblich vom Durchflussmedium und dessen Betriebsbedingungen, der Wellenform und der Schlauchbiegung beeinflusst. Sie darf bei 5 m/s für Flüssigkeiten und bei 30 m/s für gasförmige Stoffe beginnen. Zu höheren Werten sollte der Hersteller befragt werden.

6.5.4 Druckabfall

Der Druckabfall muss bei der Auslegung einer Schlauchleitung berücksichtigt werden.

Gerade und gebogene gewellte Schläuche erzeugen Druckverluste, wenn sie von Flüssigkeiten durchströmt werden.

Die Höhe des Druckabfalls hängt maßgeblich ab vom Innendurchmesser des Schlauches, der Art des Fluids – Flüssigkeit oder gasförmiger Stoff –, der Durchflussgeschwindigkeit und der Biegeposition (siehe 6.5.3).

Da die Druckhöhe die Dichte des Mediums beeinflusst, ist es wichtig, die Druckabfallberechnung mit dem Nenn-
 druck durchzuführen. Die Berechnung mit dem Auslegungsdruck würde zu einem zu geringen Druckabfall füh-
 ren.

Der Druckabfall muss vom Hersteller mit einer Kombination der drei folgenden Verfahren bestimmt werden:

- Berechnung mit Hilfe geeigneter Gleichungen;
- Ablesen aus genormten Diagrammen und Korrektur entsprechend den tatsächlichen Bedingungen;
- experimentelle Messung.

6.5.5 Schlauchkonfigurationen

6.5.5.1 Allgemeines

Nachfolgend sind häufig verwendete Schlauchkonfigurationen aufgeführt, deren Hauptzweck darin besteht,
 die wirksame gewellte Länge des Schlauches l_c in Abhängigkeit von den Bewegungen x und/oder y und dem
 tatsächlichen Biegeradius R zu berechnen, mit dem der Schlauch eingebaut wird.

Die Einbaulänge l_i hängt außerdem von der Länge der verwendeten Anschlussteile l ab, zu denen auch die
 Endhülsen gehören:

$$l_i = l_c + 2 \cdot l \quad (70)$$

Andere Einbauten und Konfigurationen sind möglich, müssen aber mit dem Schlauchhersteller abgestimmt
 werden. Die in Tabelle 10 verwendeten Symbole sind unter jedem Bild angegeben.

6.5.5.2 Häufig verwendete Schlauchkonfigurationen

Die in Tabelle 10 angegebenen häufig verwendeten Schlauchkonfigurationen sind wie folgt:

- a) Gerader Einbau für statische und zyklische Bewegungen.
- b) Schlauchmontage mit 90°-Bogen für zyklische Bewegungen.
- c) Schlauchmontage mit 180°-Bogen (U-Bogen) für zyklische Bewegungen.
- d) Schlauchmontage mit 90°-Bogen für Schwingungen.

Tabelle 10 — Seitliche Bewegung

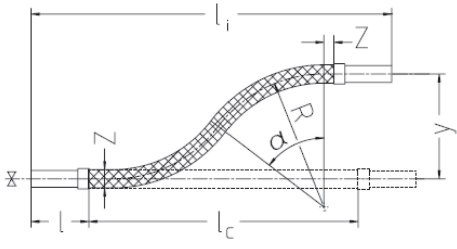
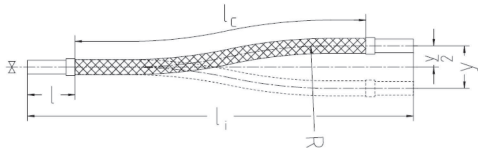
Nr.	1.1	1.2
Bewegung	Statisch seitlich	Zyklisch seitlich
Definition der Kennwerte		
Winkel α :	$\alpha = \arccos\left(1 - \frac{y}{2 \cdot R_{stat}}\right)$	
Wirksame gewellte Länge:	$l_c = 2 \cdot R_{stat} \cdot \alpha \cdot \frac{\pi}{180} + 2 \cdot Z$	$l_c = \sqrt{10 \cdot R \cdot y}$

Tabelle 10 (fortgesetzt)

Nr.	1.1	1.2
Bewegung	Statisch seitlich	Zyklisch seitlich
Einbaulänge:	$l_i = 2 \cdot R_{stat} \cdot \sin \alpha + 2 \cdot (Z + l)$	$l_i = l_c + 2 \cdot l - \frac{0,15 \cdot y}{2 \cdot (l_c + 2l)}$
<p><i>R</i>: Biegeradius im Einbauzustand. <i>R</i>_{stat}: Biegeradius im Einbauzustand, begrenzt auf statische Anwendungen. α: Biegewinkel. Biegewinkel $\alpha > 60^\circ$ dürfen nicht überschritten werden. <i>Z</i>: Gerade zusätzliche Sicherheitsschlauchlänge, die dem Außendurchmesser entspricht.</p>		

Tabelle 11 — Winkelverformung

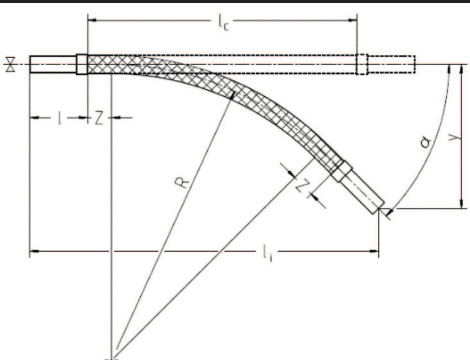
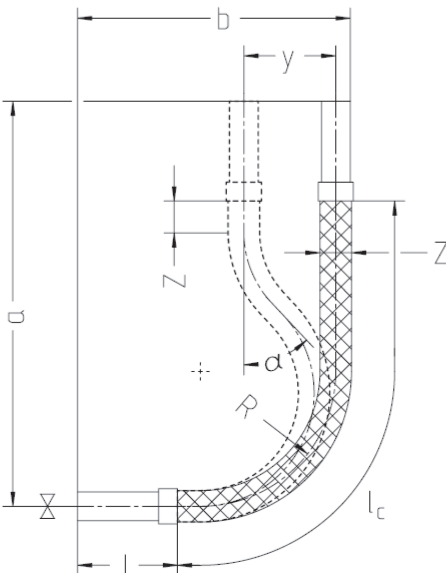
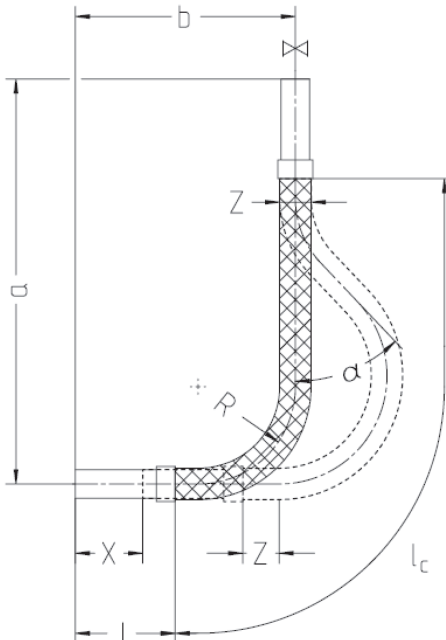
Nr.	2.1	
Bewegung	Winklig	
Definition der Kennwerte		
Wirksame gewellte Länge:	$l_c = R \cdot \alpha \cdot \frac{\pi}{180} + 2 \cdot Z$	
Einbaulänge:	$l_i = R \cdot \sin \alpha + (Z + l) \cdot (1 + \cos \alpha)$	
Seitlicher Versatz:	$y = R \cdot (1 - \cos \alpha) + (Z + l) \cdot \sin \alpha$	
<p><i>R</i>: Biegeradius im Einbauzustand. α: Biegewinkel. <i>Z</i>: Gerade zusätzliche Sicherheitsschlauchlänge, die dem Außendurchmesser entspricht.</p>		

Tabelle 12 — Schlauchmontage mit 90°-Bogen für zyklischen Einsatz

Nr.	3.1	3.2
Bewegung	Ein Schlauchschenkel horizontal	Ein Schlauchschenkel horizontal
Definition der Kennwerte		
Wirksame gewellte Länge:	$l_c = R \cdot \left(\frac{\pi}{90} \cdot \alpha + \frac{\pi}{2} \right) + 2 \cdot Z$	$l_c = R \cdot \left(\frac{\pi}{90} \cdot \alpha + \frac{\pi}{2} \right) + 2 \cdot Z$
Winkel:	$\alpha = \arccos\left(1 - \frac{y}{2 \cdot R}\right)$	$\alpha = \arccos\left(1 - \frac{x}{2 \cdot R}\right)$
Vertikaler Schlauchschenkel:	$a = R \cdot (1 + 2 \cdot \sin \alpha) + l + Z$	$a = R \cdot (1 + 2 \cdot \sin \alpha) + l + Z$
Horizontaler Schlauchschenkel:	$b = R \cdot \left(1 + \frac{\pi}{90} \cdot \alpha - 2 \cdot \sin \alpha\right) + l + Z$	$b = R \cdot \left(1 + \frac{\pi}{90} \cdot \alpha - 2 \cdot \sin \alpha\right) + l + Z$
<p><i>R</i>: Minimaler Biegeradius im Einbauzustand im Betrieb.</p> <p><i>α</i>: Biegewinkel.</p> <p><i>Z</i>: Gerade zusätzliche Sicherheitsschlauchlänge, die dem Außendurchmesser entspricht.</p>		