

Anforderungen an PTFE-Schlauchleitungen in der Pharma-, Lebensmittel- und Chemieindustrie

Industrielle Schlauchleitungen – ein Überblick

Schlauchleitungen sind in der pharmazeutischen und chemischen Produktion allgegenwärtig. Im Vergleich zum Gartenschlauch aus dem Baumarkt sind bei Industrieschlauchleitungen jedoch komplexe Fragestellungen zu beantworten und Zulassungsprozesse zu durchlaufen. Diese sind mit denen von Anlagen und Maschinen vergleichbar. Was ist also bei industriellen Schlauchleitungen zu berücksichtigen? Was gilt als State of the Art?

Schlauchleitungen – wie auch das gesamte Produktionsequipment einer Anlage – müssen auf die Anwendung ausgelegt werden und für den vorgesehenen Einsatz geeignet sein. Zudem dürfen sie das in der Schlauchleitung transportierte Medium hinsichtlich seiner Qualität nicht negativ beeinflussen.

Ebenso wie für druckführende Rohrleitungen in der Regel Materialzertifikate erforderlich sind, müssen produkt- oder reinmedienberührende Schlauchleitungen über entsprechende Dokumentationen verfügen. Darüber hinaus gibt es eine ganze Reihe an relevanten Zertifikaten. Insbesondere bei Pharma- und Lebensmittelanwendungen gelten zusätzliche Standards, wie z. B. USP Class VI, 3-A oder FDA.

Vor ihrem Einsatz haben Schlauchleitungen eine Qualifizierung zu durchlaufen. Folgende Punkte sind dabei maßgeblich: Reinigung, Desinfektion, Sterilisation, Verwendungszweck (single/multi-use), ggf. Leachout, Prüfung der Innenoberfläche, Partikelabgabe, Haltbarkeit und das Bestehen von Prüfverfahren.

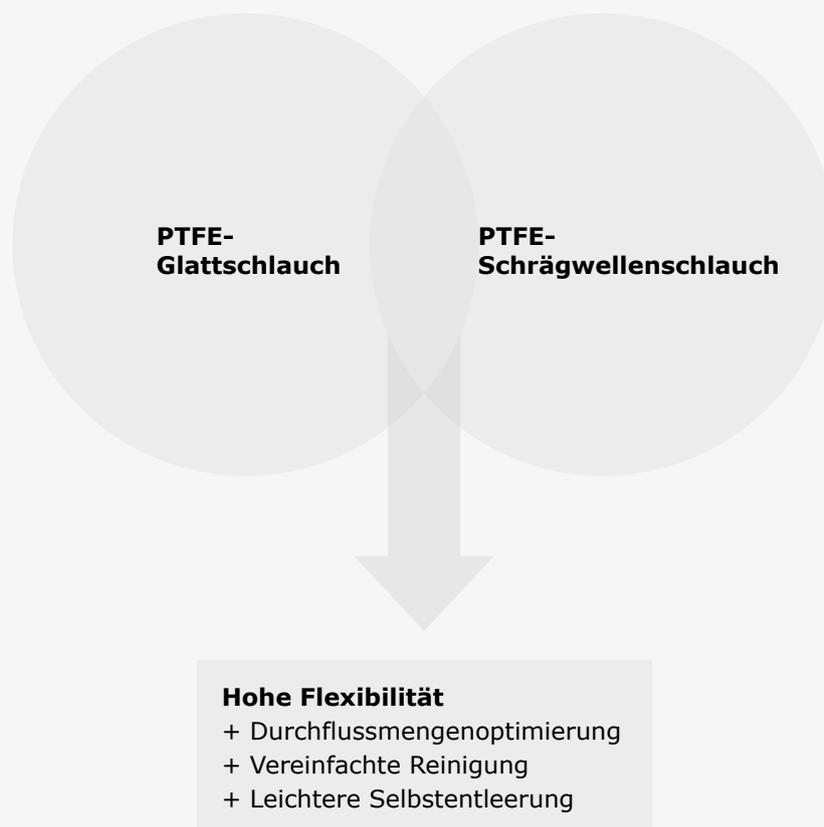
In diesem Dokument werden die Anforderungen an PTFE-Schlauchleitungen hinsichtlich der folgenden Eigenschaften aufgeführt und erläutert:

- Schlauchdesign
- Vakuumbeständigkeit
- Belastbarkeit
- Flexibilität
- Lebensdauer
- Deckenqualität
- Dokumentation und Zertifizierung
- PTFE-Bördel
- Reinigungs- und Prüfverfahren
- Schlauchnennweite und Leitfähigkeit

1. PTFE-Schlauchdesign

Seit mehr als 30 Jahren werden PTFE-Schlauchleitungen sowohl in der pharmazeutischen als auch in der chemischen Industrie eingesetzt. Hierbei wird zwischen schräggewellten und glatten PTFE-Schlauchleitungen unterschieden. Jeder dieser Schlauchtypen besitzt dabei – je nach Anwendung – seine spezifischen Eigenschaften.

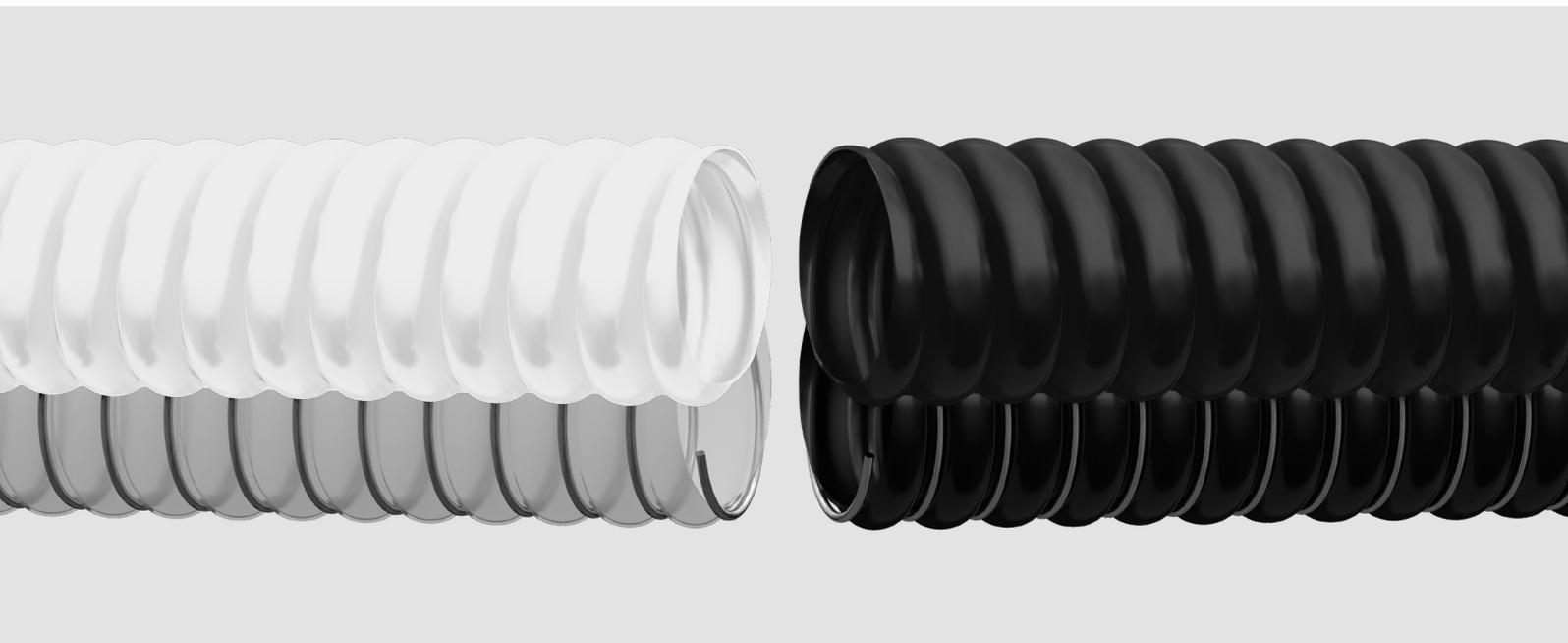
Vor 25 Jahren wurden diese mit einem außen gewellten und innen glatten PTFE-Schlauch miteinander kombiniert.



Wir haben dieses Konstruktionsprinzip nun aufgenommen und mit der Produktserie Markert Marsoflex HygienicPureFlex innovativ veredelt.

2. Vakuumbeständigkeit

Um die Vakuumbeständigkeit einer Schlauchleitung sicherzustellen, werden üblicherweise Edelstahlschlangen eingesetzt. Dies ist ein etabliertes Verfahren, das jedoch auch Einschränkungen mit sich bringt. Daher ist der Markert Marsoflex HygienicPureFlex mit einer selbsttragenden Wellenkonstruktion entwickelt worden, die keine Edelstahlschlange mehr erfordert



Durch die Konstruktion des Markert Marsoflex HygienicPureFlex ergeben sich folgende Vorteile:

- deutlich reduziertes Durchschlagsrisiko (da keine Edelstahlschlange mehr direkt an der Außenwand der PTFE-Seele liegt)
- erhebliche Gewichtsreduzierung
- keine Gefahr der Seelenverletzung bei gebrochener Spirale

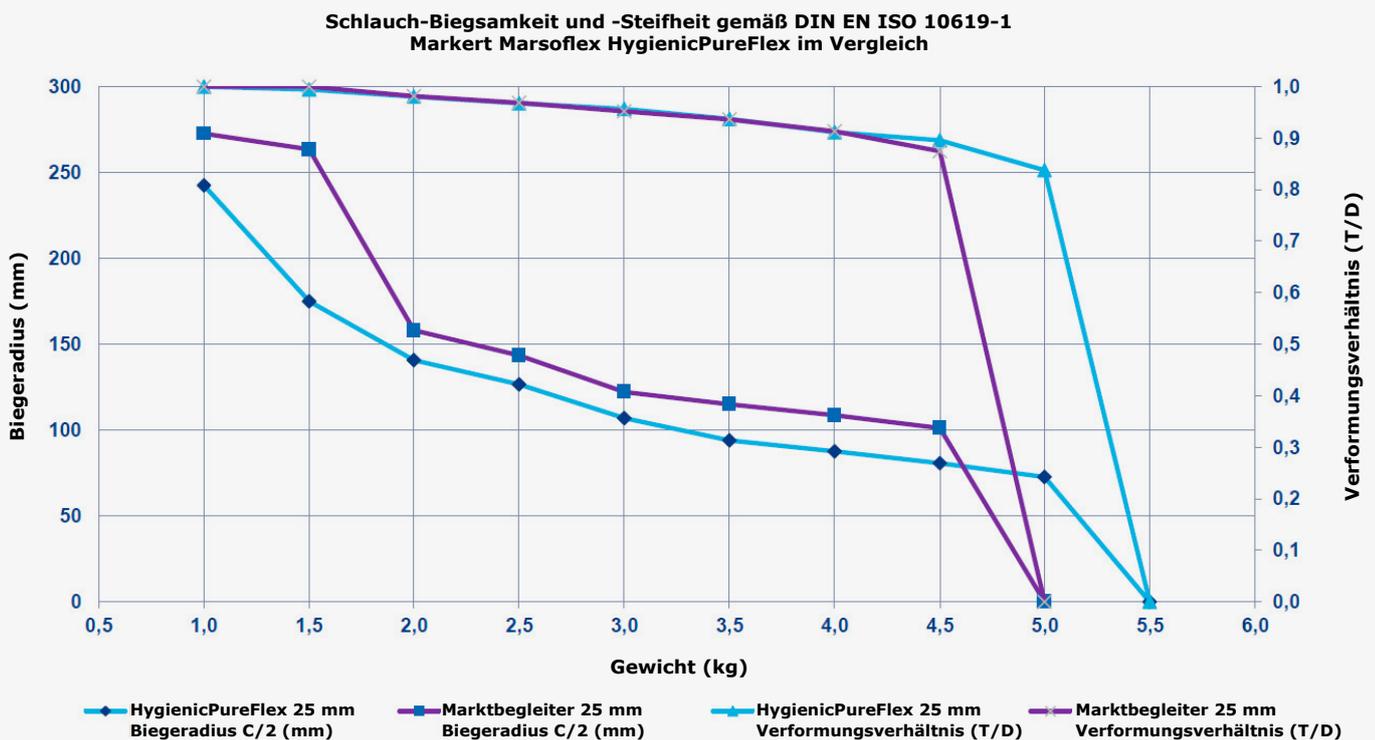
Und das alles bei voller Vakuumbeständigkeit!

3. Belastbarkeit der Schlauchleitung

Um eine hohe Lebensdauer der Schlauchleitung zu gewährleisten, muss diese grundsätzlich in Abhängigkeit von Druck, Temperatur und Medium ausgelegt werden.

Die besondere Herausforderung liegt darin, die Wandstärke, die Oberflächengeometrie und die gewünschten Biegeradien konstruktiv ideal aufeinander abzustimmen. Nur so kann ein Optimum an Belastbarkeit und Handhabbarkeit erreicht werden.

Beim Markert Marsoflex HygienicPureFlex ist eine im Standard um 10 % höhere Belastbarkeit im Vergleich zu anderen auf dem Markt verfügbaren Produkten sichergestellt. Dies ist durch umfangreiche Tests belegt.

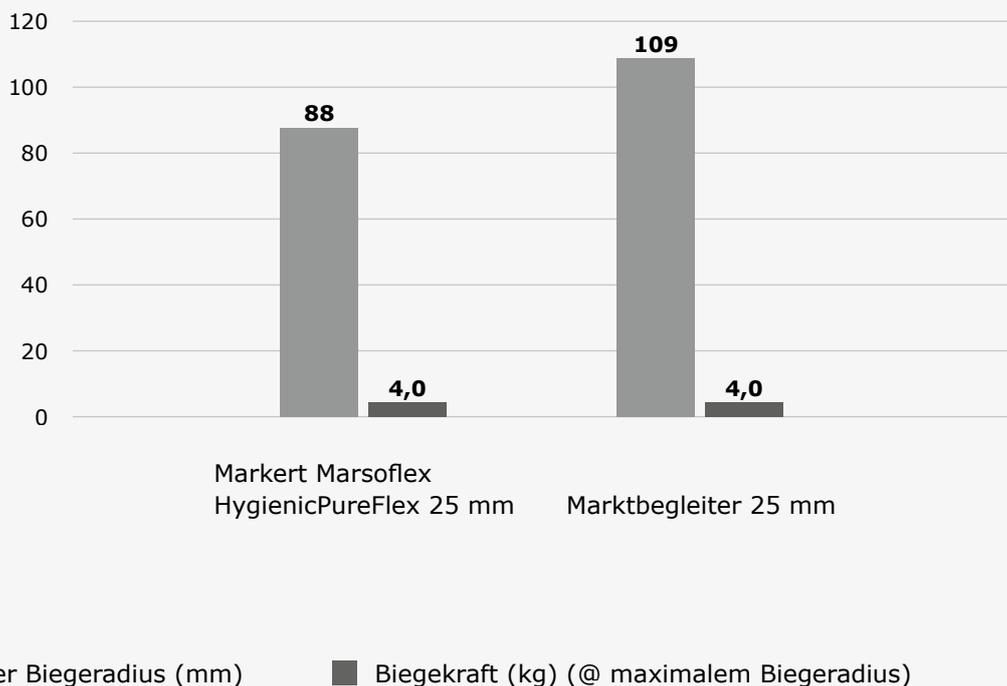


→ **10% höhere Belastbarkeit**

4. Flexibilität der Schlauchleitung

Sind Schlauchleitungen nicht fest verbaut, müssen sie entsprechend flexibel sein, damit eine optimale Handhabung gewährleistet ist. Diese Flexibilität ergibt sich zum einen aus dem sogenannten Biegeradius, zum anderen aus der zum Biegen erforderlichen Kraft.

Die Kombination aus PTFE-Glattschlauch und PTFE-Schrägwellenschlauch hat genau diese Produkteigenschaft zum Ziel. Der Markert Marsoflex HygienicPureFlex wurde in seiner Oberflächengeometrie optimiert, um eine überdurchschnittliche Flexibilität zu erreichen. Dies ist durch entsprechende Biegeversuche technisch belegt.



→ **20 % geringere Biegekraft erforderlich**

5. Lebensdauer der Schlauchleitung

Die Lebensdauer einer Schlauchleitung kann über Belastungstests ermittelt werden. Das gängigste Verfahren ist hierbei der sogenannte Rolling-U-Test, ergänzt um Dichtheits- und Biegeprüfungen. Nachfolgende Tabelle gibt die üblichen Regelwerke sowie Grenzwerte wieder.

Test Prozedur	Zielwert	Test Standard	marsoflex® HygienicPureFlex
Rolling U Test	> 100.000 Zyklen 70 mm Biegeradius 50 bar	BS EN 16643	> 1.000.000 Zyklen*1
Dichtheitstest	Keine Leckage 75 bar (5 min's)	ISO 1402	Keine Leckage
Minimaler Biegeradius (Liner)	< 10% Deformation des Außendurchmessers 110 mm Biegeradius	BS EN ISO 10619-1	4% Deformation bei 110 mm Biegeradius



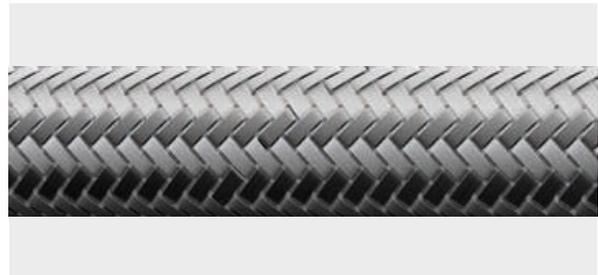
*1 Der Rolling-U-Test wurde nach 1 Mio. Zyklen ohne Beanstandung beendet.

6. Deckenqualitäten

Je nach Einsatzbedingungen wird die Schlauchleitung mit verschiedenen Decken ausgestattet. Bei der Auswahl der passenden Qualität sind die Anforderungen an Beständigkeit, Abriebfestigkeit, Reinigbarkeit und Leitfähigkeit zu berücksichtigen.

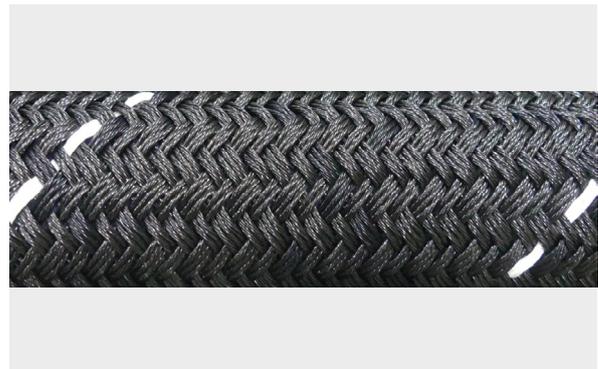
Edelstahldrahtgeflecht:

Das Edelstahlgeflecht schützt den PTFE-Liner und gewährleistet gleichzeitig eine hohe Druckfestigkeit des Schlauches. Die Biegefestigkeit wird dadurch verbessert. In der Regel werden hochwertige Edelstahlqualitäten wie 1.4301 verwendet. Das Geflecht ist abrieb- und scheuerfest. Das Edelstahldrahtgeflecht kann zudem mit einer gummierten Decke aus CR sowie einer Silikondecke versehen werden.



Polypropylengeflecht:

Ist die Beständigkeit von 1.4301 bei aggressiver Außenatmosphäre nicht ausreichend, kommen Polypropylengeflechte als Druckträger für PTFE-Schlauchleitungen zum Einsatz. Das Polypropylengeflecht B6 aus speziell entwickelten Monofilamenten hält hohen Betriebsdrücken stand, während das geringe Eigengewicht für eine leichte Handhabung sorgt. Es kann überall dort eingesetzt werden, wo metallische Werkstoffe nicht beständig sind. Das Polypropylengeflecht ist bedingt durch die elektrisch ableitfähige Geflechtkonstruktion auch im Ex-Bereich Zone 0 einsetzbar.



PESC-Geflecht:

Liegen sowohl eine aggressive Außenatmosphäre als auch Temperaturbelastungen über 80 °C vor, werden PESC-Geflechte eingesetzt. PESC ist ein Polymer, das für den Einsatz als Hochleistungsfaser entwickelt wurde. Es zeichnet sich durch eine hohe Dimensionsstabilität und Chemikalienbeständigkeit aus und kann bei bis zu 230°C eingesetzt werden. Durch eingeflochtene Edelstahlfasern (4–8 Litzen aus 1.4404) wird eine elektrische Ableitfähigkeit erzielt. Damit ist das PESC-Geflecht auch für den Einsatz im Ex-Bereich Zone 0 geeignet.



7. Dokumentation und Zertifikation

Für den Einsatz im Pharma- und Chemiebereich gelten umfangreiche normative Vorschriften. Bei der Entwicklung des Markert Marsoflex HygienicPureFlex war es uns wichtig, alle genannten Normen lückenlos in die vollständige Wertschöpfungskette einzubinden. Nachfolgend werden die gängigsten Vorschriften aufgeführt und erläutert.

Druckprobenprüfzeugnis:

Nach Druckgeräterichtlinie (DGRL) müssen alle Druckgeräte und somit auch Schlauchleitungen einer Prüfung unterzogen werden. Dabei wird die Schlauchleitung mit Hilfe von Wasser oder anderen Betriebsmitteln dem 1,5-fachen Betriebsdruck ausgesetzt. Diese Daten werden im Prüfzeugnis festgehalten, welches ein zwingender Bestandteil der Produktdokumentation ist.

→ Das Prüfzeugnis für Schlauchleitungen, Kapitel „Prüfzeugnis nach DIN EN 10204 3.1 – Druckprüfung“ bestätigt die erfolgreiche Druckprüfung.

Leitfähigkeitsprüfung:

Häufig ist die elektrische Leitfähigkeit bei Schlauchleitungen eine wichtige Eigenschaft. Zur Ermittlung der Leitfähigkeit wird der Widerstand der Schlauchleitung gemessen und die ermittelten Werte im Prüfzeugnis bestätigt.

→ Das Prüfzeugnis für Schlauchleitungen, Kapitel „Prüfzeugnis nach DIN EN 10204 3.1 – Leitfähigkeit“ bestätigt, dass die Ergebnisse der Leitfähigkeitsmessung innerhalb der vorgegebenen Toleranzen lagen.

FDA-Konformität:

Die FDA (Food and Drug Administration) ist die US-amerikanische staatliche Überwachungsbehörde, der die Kontrolle sämtlicher in den USA in Verkehr gebrachter Waren obliegt. Darin enthalten sind zudem alle Importe, weswegen die Richtlinien und Bestimmungen der US-Behörde auch für deutsche Hersteller bedeutsam sind. Für Exporteure in die USA sind diese sogar bindend, denn nicht jedes in Deutschland oder in der EU zugelassene Produkt ist automatisch auch FDA-konform. Warenproduzenten richten sich daher zunehmend nach den Qualitätsstandards der Behörde, um im internationalen Handel zu bestehen. Durch FDA-konforme Anforderungen werden Werkstoffe benötigt, die eine lange Haltbarkeit aufweisen und dabei keine Inhaltsstoffe an Lebensmittel abgeben. Im Foodbereich kommt eine Vielzahl von Kunststoffen mit grundsätzlich verschiedenen Eigenschaften zur Anwendung und dabei mit den Lebensmitteln in Kontakt. Schlauchleitungen werden in der Lebensmittelherstellung überwiegend zum Transport von Flüssigkeiten und Pasten genutzt. Wichtig ist hierbei in erster Linie die chemische Beständigkeit des Materials gegenüber dem Lebensmittel, wie z. B. Fettsäuren oder Fetten. Ferner müssen Lebensmittelschlauchleitungen glatte Innen-Oberflächen aufweisen, um sie problemlos reinigen und Keimansiedlungen vermeiden zu können.

Die FDA unterteilt sich in diverse Unterstrukturen. FDA21 steht hierbei für den Bereich Food and Drugs, CFR steht für Code of Federal Regulations und Part 177 für Indirect Food Additives: Polymers. Dieser spezifische Bereich der FDA beschreibt die zugelassenen Polymere.

→ Die Konformitätsbescheinigung bestätigt, dass in dem Liner der Schlauchleitung ausschließlich nach FDA zugelassene Polymere eingesetzt wurden.

USP Class VI:

Kunststoffe, die in der Medizintechnik und Pharmazie Anwendung finden, werden in der United States Pharmacopeia (USP), dem US-amerikanischen Arzneibuch, in sechs Biokompatibilitäts-Klassen unterteilt. Um elastomere und andere polymere Werkstoffe einer der Klassen zuzuordnen, werden sie verschiedenen Tests unterzogen, mit deren Hilfe die biologische Reaktivität im lebenden Organismus bestimmt wird. Das oberste Ziel der USP ist es, die Gesundheit der Menschen zu erhalten und zu verbessern. Anhand von verbindlichen Richtlinien für die Herstellung von Arzneimitteln und medizinischen Produkten soll die Qualität der untersuchten Substanzen garantiert werden. Dies erhöht die Sicherheit von Patienten und Verbrauchern. Bewertet werden die korrekte Identität des Arzneistoffes, Wirkstoffstärke, Qualität, Reinheit und Zusammensetzung. An den aufgestellten Standards orientieren sich sowohl die Hersteller als auch die Aufsichtsbehörden. Verschreibungspflichtige sowie nicht verschreibungspflichtige Medikamente müssen gemäß Bundesgesetz der USA den USP-NF Normen genügen. Um eine Einstufung nach USP Class VI zu erhalten, werden die folgenden Tests des Materials selbst sowie seiner verschiedenen Extrakte in externen Prüflaboratorien durchgeführt.

Die Versuche lassen sich in die folgenden drei Testfelder unterscheiden:

- akute systemische Toxizität: Es erfolgt die Bestimmung der akuten Reizwirkung bei Hautkontakt, Einatmen und Verschlucken.
- intrakutane Reaktivität: Das Testmaterial wird in direkten Kontakt mit dem Gewebe gebracht, für das es im normalen Gebrauch vorgesehen ist.
- Implantationstest: Es wird die Reaktion nach Implantation in das Gewebe eines lebenden Organismus untersucht. Die Zeitdauer beträgt in der Regel fünf Tage.

Diese Tests werden bei festgesetzten Expositionszeiten und Temperaturen durchgeführt, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Obwohl die Biokompatibilitätsprüfung am fertigen Medizinprodukt stattfinden muss, ist es für den Hersteller wichtig, dass auch alle verwendeten Ausgangsmaterialien geprüft sind und den Anforderungen des Endproduktes entsprechen.

Bei der USP Class VI wird weiterhin noch im Detail untergruppiert nach EP 3.1.9. Diese Unterkategorie gibt spezifische Prüfungen an Silikonelastomeren vor, wie zum Beispiel den Restgehalt an Peroxid.

→ Eine USP Class VI Zertifizierung bestätigt, dass das Schlauchseelenmaterial erfolgreich die Prüfungen gemäß USP Class VI bestanden hat.

Europäische Verordnung 1935/2004:

Die grundlegenden Anforderungen an Materialien und Gegenstände, die für den Kontakt mit Lebensmitteln bestimmt sind (nach Definition des LFGB1), sind in der Rahmenverordnung (EU) Nr. 1935/2004 niedergelegt. Alle Lebensmittelbedarfsgegenstände haben grundsätzlich diesen allgemeinen Anforderungen zu entsprechen. Sie sind nach „guter Herstellungspraxis so herzustellen, dass sie unter den normalen oder vorhersehbaren Verwendungsbedingungen keine Bestandteile auf Lebensmittel in Mengen abgeben, die geeignet sind, die menschliche Gesundheit zu gefährden oder eine unverträgliche Veränderung der Zusammensetzung (...) oder eine Beeinträchtigung der organoleptischen Eigenschaften der Lebensmittel herbeizuführen“ (Artikel 3 der Verordnung (EU) Nr. 1935/2004).

→ Die EU 1935/2004 bestätigt, dass das Schlauchmaterial den Anforderungen der 1935/2004 für den Einsatz mit Lebensmitteln entspricht.

BfR XV. Silicone:

Die EG-Verordnungen basieren unter anderem auf Empfehlungen des Bundesinstitutes für Risikoforschung (BfR). Hieraus ergeben sich auch weitergehende Anforderungen an Materialien wie zum Beispiel Silikon (BfR XV.Silicone). Hier werden spezifische Vorgaben für die Ausgangsstoffe von Silikon vorgegeben.

→ Diese Anforderung/Vorschrift gilt nur, wenn im Schlauch Silikone eingesetzt werden.

3-A Sanitary Standard:

3-A Sanitary Standards Inc. (3-A SSI) ist eine unabhängige, gemeinnützige Gesellschaft in den USA zum Zwecke der Verbesserung des Hygiene-Designs in der Lebensmittel-, Getränke- und Pharmaindustrie. Das 3-A-Symbol, verwaltet von 3-A SSI, ist eine eingetragene Marke, die zur Identifizierung von Betriebsmitteln dient, die den 3-A Sanitary Standards entsprechen. Diese Standards sind für das Design, die Herstellung und die Reinigungsmöglichkeiten von täglichem Lebensmittelzubehör definiert. Sie kommen zum Tragen, wenn dieses im Umgang, in der Produktion und in der Verpackung von verzehrbaren Produkten mit hohen Hygieneanforderungen verwendet wird.

Diese Hygiene-Richtlinien entstanden durch gemeinsame Bemühungen von Branchenexperten, Anlagenherstellern, Lebensmittel- und Getränkeproduzenten sowie dem Aufsichtsamt für Hygiene. Das Ziel von 3-A SSI ist der Schutz verzehrbarer Konsumgüter vor Kontamination, die Gewährleistung der mechanischen Reinigung aller Produktoberflächen sowie die einfache Demontage für die manuelle Reinigung. Die 3-A-Richtlinien haben weltweite Anerkennung und Akzeptanz erlangt.

→ Die Umsetzung der Hygiene-Richtlinien für Lebensmittelanwendungen ist bestätigt.

ISO 10993:

Die ISO 10993 beschreibt die wichtigsten Prüfverfahren im Rahmen der biologischen Beurteilung von Medizinprodukten hinsichtlich ihrer Zytotoxizität. Diese bezeichnet die Eigenschaft einer Substanz, eine lebende Zelle schädigen oder zerstören zu können.

→ Eine Bestätigung der ISO 10993 bescheinigt die Durchführung der in der Norm beschriebenen Prüfverfahren.

8. PTFE-Bördel

Um Schlauchleitungen in Prozesse zu integrieren, werden i. d. R. Armaturen eingesetzt. Die Verbindung der Armatur mit der Schlauchleitung kann durch Einpressen oder Bördeln erreicht werden. Beim Bördeln wird der PTFE-Schlauch durch Erwärmung formbar gemacht. In diesem Zustand wird er durch die Armatur oder Kupplung gezogen und entsprechend dem Anschlussende gebördelt, d. h. dem Anschluss angepasst. Der Vorteil bei diesem Verfahren ist, dass keine Toträume im Übergangsbereich von der Armatur zum Schlauch entstehen, an denen sich Medienreste sammeln könnten. Folglich wird die höchstmögliche Reinheit in sensiblen Bereichen wie der Pharma- und Lebensmittelindustrie gewährleistet.

Weitere Vorteile

- Bedeckung der kompletten Dichtungsfläche mit PTFE
- Totraumminimierung
- Antihaft-Wirkung
- Korrosionsbeständigkeit auch bei sehr aggressiven Medien wie Säuren und Laugen, die sogar Edelstahl zersetzen
- nahezu unbegrenzte Schlauch-Lebensdauer

Eine große Anzahl an Armaturen ist bördelbar:

- Losflansch/Festflansch
- Hebelarm/Kamlök
- Milchrohr
- Tankwagen
- TriClamp

- Die Funktion und Langlebigkeit der Bördel lässt sich bei Flanschen durch Verwendung einer PTFE-Schutzkappe / eines Protektors noch weiter verbessern.
- Für nicht direkt bördelbare Armaturen (z. B. Sprunggrößen) können PTFE-Einsätze verwendet werden.

Häufig kann beim Bördeln nicht der volle Dichtleistendurchmesser abgedeckt werden. Um eine gleichbleibend hohe Qualität sicherzustellen, setzt Markert daher auf einen automatisierten Bördelprozess, um die komplette Dichtleistenabdeckung zu garantieren (sogenannter Normbördel).



9. Reinigungs- und Prüfverfahren bei Schlauchleitungen in der Pharmazie

Schlauchleitungen müssen in der Pharmazie grundsätzlich vor jedem Erstein-satz gereinigt und geprüft werden. Hierbei kommen folgende im Markt übliche Verfahren zum Einsatz:

TOC Analyse (Total Organic Carbon):

Um den TOC (Total Organic Carbon = gesamter organischer Kohlenstoff) zu bestimmen, gibt es verschiedene Methoden. Die am häufigsten genutzte ist die Direkt- oder NPOC-Methode (Non Purgeable Organic Carbon = nicht ausblasbarer organischer Kohlenstoff). Bei dieser Bestimmung werden zunächst die anorganischen Kohlenstoffverbindungen eliminiert, wie Carbonate, Hydrogencarbonate und Kohlendioxid. Dazu wird die Wasserprobe mit einer Mineralsäure versetzt, z. B. Salzsäure. Die Carbonate und die Hydrogencarbonate werden zu Kohlendioxid und Wasser umgewandelt und das Kohlendioxid mittels eines Spülgases aus der Probe vollständig entfernt. So ist die Bestimmung des TOC schnell und einfach, sie dauert nur wenige Minuten. Außerdem gibt es keine langwierige Probenvorbereitung. Ferner erfasst die TOC-Analyse nicht nur eine einzelne Verbindung, sondern eine Vielzahl an Komponenten. Damit ist sie produktunabhängig und im höchsten Maße flexibel, sofern das Produkt organische Verbindungen enthält.

Lebensmittel sind in der Regel keine Reinstoffe, sondern setzen sich aus verschiedensten organischen Komponenten, wie Kohlenhydraten, Fetten oder Proteinen, zusammen. Zudem werden bei der TOC-Analyse neben dem eigentlichen Produkt auch die zur Reinigung eingesetzten Tenside erfasst.

Bei der indirekten Beprobung wird nach der Reinigung ein letztes Mal mit Wasser gespült. Dieses letzte Spülwasser (Final Rinse) wird anschließend analysiert. Der Vorteil der Final-Rinse-Methode liegt in der Geschwindigkeit. Das Wasser wird lediglich umgefüllt und analysiert.

CIP (Cleaning in Place)

Cleaning in Place, auf Deutsch Reinigung vor Ort, bezeichnet ein Verfahren, um Produktionsanlagen und Rohrleitungen zu reinigen. Die Anlage wird – ohne vorherige Demontage – im Kreis- oder Durchlaufverfahren gereinigt. Der Reinigungsprozess unterscheidet sich nach dem zu verarbeitenden Produkt, beispielsweise Lebensmitteln, Bier oder Milchprodukten. Üblicherweise beinhaltet Cleaning in Place folgende Schritte:

- Vorspülen mit Wasser, um grobe Verschmutzungen zu entfernen.
- Spülen der Anlage mit einer Lauge bzw. Reinigungsmittel
- Zwischenspülen mit Wasser zum Ausspülen des Reinigungsmittels
- Spülen der Anlage mit einer Säure
- Klarspülen mit Wasser
- Optional: Desinfektion, etwa mittels Standdesinfektion: Anlage bleibt nach Produktionsende, zum Beispiel über das Wochenende, mit Desinfektionsmittel befüllt.

SIP (Sterilization in Place)

Sterilization in Place, auf Deutsch Sterilisierung vor Ort, bezeichnet die Sterilisierung von Produktionsanlagen ohne vorherige Demontage. Üblicherweise erfolgt die Sterilisierung mittels Heißdampf. SIP-Systeme kommen in Bereichen zum Einsatz, in denen die Keimreduzierung eine entscheidende Rolle spielt. Beispiele sind die Biotechnologie oder Nahrungsmittelindustrie. Die Sterilisierung erfolgt mit Dampf von 120 °C und 2 bar über einen Zeitraum von etwa 60 bis 70 Minuten. Die Dauer variiert nach Anwendungsgebiet und Anlagentyp.

Gammastrahlensterilisation

Hochenergetische Gammastrahlung bewirkt in jedem Material, auf das sie trifft, eine Abspaltung von Elektronen (Ionisation). In lebenden Zellen führt diese Abspaltung zur Beschädigung der DNS und anderer zellulärer Strukturen. Diese durch Photonen ausgelösten Veränderungen auf molekularer Ebene können zu einem Absterben oder zur Reproduktionsunfähigkeit des Organismus führen.

Diese Wirkung ist besonders beim Abtöten von Bakterien, Insekten oder anderen Schadorganismen, die in oder auf einem Produkt vorhanden sein können, von großer Bedeutung.

Zu den allgemeinen Anwendungen im Bereich der Behandlung mittels Gammastrahlung zählen die Sterilisation (Abtöten von Bakterien) von medizinischen Produkten, die Reduzierung der mikrobiellen Belastung in Lebensmitteln, Kosmetika und den jeweiligen Verpackungen sowie die Schädlingsbekämpfung bei landwirtschaftlichen Produkten.

10. Schlauchnennweiten und Leitfähigkeit

Je nach Volumenstrom muss die Schlauchleitung auf die passende Nennweite ausgelegt werden. Markert bietet hier ein breites Nennweitenspektrum an.

- DN 19 (3/4")
- DN 25 (1")
- DN 32 (1 1/4")
- DN 38 (1 1/2")
- DN 50 (2")

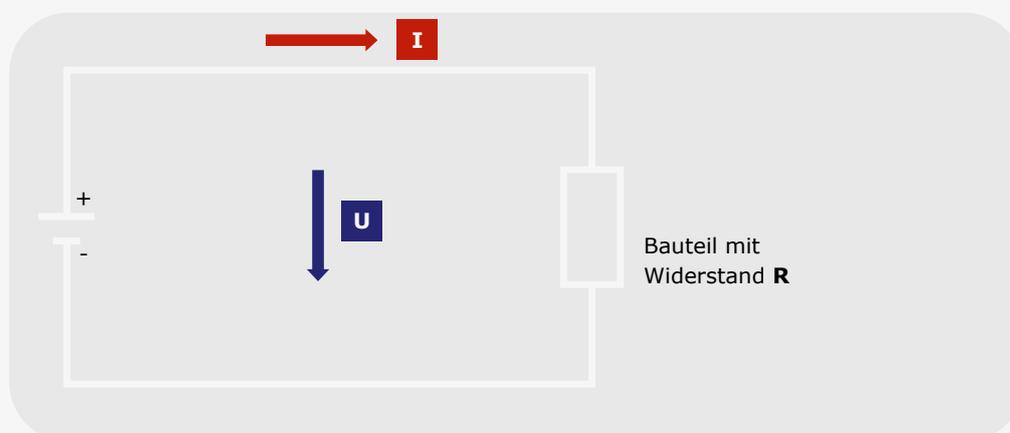
Bei dem Einsatz von PTFE-Schlauchleitungen kann es zu elektrostatischen Aufladungen kommen. Deshalb spielt die Leitfähigkeit der Schlauchleitung eine wichtige Rolle. Um den PTFE-Liner leitfähig zu machen, kann bei der Herstellung der PTFE-Mischung Kohlenstoff beigemischt werden. Dadurch entsteht ein leitfähiger schwarzer PTFE-Liner. Neben der Leitfähigkeit des Liners kann ebenfalls die Leitfähigkeit des Deckenaufbaus relevant sein. Die Nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über verschiedene Liner/Decken-Varianten und die jeweilige Leitfähigkeitsklasse.

Elektrische Eigenschaften

Die Klassifizierung der PTFE-Schlauchleitungen erfolgt in 8 Kategorien:

Der elektrische Widerstand ist ein Maß dafür, wie stark ein Bauteil den Stromfluss hemmt.

Definition Elektrischer Widerstand



Wenn über einen Leiter die Spannung [U] gemessen wird und durch diesen Strom der Stromstärke [I] fließt, dann hat der Leiter einen elektrischen Widerstand [R] von [U] geteilt durch [I].

$$R = \frac{\text{Spannungsabfall über dem Leiter/Bauteil}}{\text{Stromstärke des fließenden Stroms}} = \frac{U}{I}$$

Die Einheit des elektrischen Widerstands ist das Ohm.

[R] = Ω

Ω exponentielle Darstellung	Ω dezimale Darstellung	k Ω dezimale Darstellung	M Ω dezimale Darstellung	G Ω dezimale Darstellung
10 ⁰	1	0,001	0,000001	0,000000001
10 ¹	10	0,010	0,000010	0,000000010
10 ²	100	0,100	0,000100	0,000000100
10 ³	1.000	1	0,001000	0,000001000
10 ⁴	10.000	10	0,010000	0,000010000
10 ⁵	100.000	100	0,100000	0,000100000
10 ⁶	1.000.000	1.000	1	0,001000000
10 ⁷	10.000.000	10.000	10	0,010000000
10 ⁸	100.000.000	100.000	100	0,100000000
10 ⁹	1.000.000.000	1.000.000	1.000	1

Klasse	Eigenschaft
I	Elektrisch isoliert
M	Elektrisch verbunden
Ω-L	Ableitfähige Innenschicht (Liner)
Ω-C	Ableitfähige Außenschicht (Cover)
Ω-CL	Ableitfähige Innen- und Außenschicht (Cover+Liner)
M/Ω-L	Elektrisch verbunden + ableitfähige Innenschicht
M/Ω-C	Elektrisch verbunden + ableitfähige Außenschicht
M/Ω-CL	Elektrisch verbunden + ableitfähige Innen- und Außenschicht

Seele	PTFE-weiß	PTFE-weiß	PTFE-weiß	PTFE-weiß	PTFE-weiß	PTFE-weiß	PTFE-weiß	PTFE-weiß	PTFE-weiß	PTFE-weiß
Wendel	keine	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	keine	Edelstahl	Edelstahl	keine	Edelstahl	Edelstahl
Druck-träger	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Polypropylen	Polypropylen	Polypropylen	Aramid	Aramid	Aramid
Zusätzl. Decke	keine	keine	EPDM	Silikon	keine	keine	PE-Scheuerschutz	keine	keine	PE-Scheuerschutz
Klassifizierung	M	M	M/Ω-C	M	Ω-C	M/Ω-C	M/Ω-C	M	M	M/Ω-C

Seele	PTFE-schwarz	PTFE-schwarz	PTFE-schwarz	PTFE-schwarz						
Wendel	keine	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	keine	Edelstahl	Edelstahl	keine	Edelstahl	Edelstahl
Druck-träger	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Edelstahl	Polypropylen	Polypropylen	Polypropylen	Aramid	Aramid	Aramid
Zusätzl. Decke	keine	keine	EPDM	Silikon	keine	keine	PE-Scheuerschutz	keine	keine	PE-Scheuerschutz
Klassifizierung	M/Ω-L	M/Ω-L	M/Ω-CL	M/Ω-L	M/Ω-CL	M/Ω-CL	M/Ω-CL	M/Ω-L	M/Ω-L	M/Ω-CL

11. Ansprechpartner

Sie haben Fragen zu den oben genannten Themen oder sind auf der Suche nach einer Fachberatung für den Bereich Schlauchleitungen und Armaturen? Kommen Sie jederzeit auf unsere Außendienstmitarbeiter zu.

Deutschland



Bayern

Frank Siemering
+491703594801
f.siemering@markert-group.com



Nordrhein-Westfalen

Sönke Schmalfeld
+491718901704
s.schmalfeld@markert-group.com



Nordrhein-Westfalen |
Rheinland-Pfalz | Hessen |
Thüringen | Sachsen-Anhalt |
Sachsen

David Katholy
+491718901715
d.katholy@markert-group.com



Bremen | Hamburg |
Niedersachsen | Schleswig-
Holstein | Mecklenburg-
Vorpommern | Berlin |
Brandenburg | Sachsen-Anhalt

Jan-Phillip Matthies
+491718901710
j.matthies@markert-group.com



Baden-Württemberg | Saarland |
Rheinland-Pfalz

Claus Mehner
+491758529810
c.mehner@markert-group.com

Österreich | Schweiz



Markus Simhandl
+436645351600
m.simhandl@markert-group.com

Export



Tobias Stoltz
+491718901709
t.stoltz@markert-group.com