siegling extremultus
flachriemen

KOMPENDIUM
FLACHRIEMEN

100 YEARS

Siegling – total belting solutions

forbo
MOVEMENT SYSTEMS

1 Siegling – total belting solutions 5

1.1 Unternehmen und Konzern 6

1.2 Produkte und Märkte 7

2 Siegling Extremultus Flachriemen ... 9

2.1 Historie Flachriemen 10

2.2 Werkstoffe und Aufbau 16

2.3 Elektrostatische Eigenschaften 20

2.4 Lebensmittel-Konformität 22

2.5 Nomenklatur und Datenblatt 23

2.6 Allgemeine Eigenschaften kraftschlüssiger Riemengetriebe 24

2.7 Kraftschlüssige Riemengetriebe im Vergleich 26

2.8 Besondere Stärken des Flachriemens 28

2.9 Anwendungsgruppen 30

3 Chemische Beständigkeit 35

3.1 Allgemeine Hinweise 36

3.2 Chemische Beständigkeit 37

4 Riemenauswahl 41

4.1 Allgemeine Hinweise 42

4.2 Zugträger 43

4.3 Beschichtungsmaterialien 44

4.4 Product Finder Extremultus 46

4.5 B_Rex Berechnungsprogramm 47

5 Fertigungsdaten 49

5.1 Fertigungstoleranzen 50

5.2 Lieferformen 51

6 Umgang mit Flachriemen 53

6.1 Lagerung 54

6.2 Zustand der Anlage 55

6.3 Auflegen und Spannen 56

6.4. Pflege und Umgang 63

7 Verbindungs- und Konfektionierungstechnik 65

7.1 Allgemeine Hinweise 66

7.2 Verbindungsarten 67

7.3 Verbindungsherstellung 70

7.4 Möglichkeiten der Konfektionierung 72

8 Riemenscheiben 75

8.1 Geometrien von Riemenscheiben 76

8.2 Abmessungen und Qualität von Riemenscheiben 78

8.3 Einsatz balliger Riemenscheiben 79

9 Berechnung von Antriebsriemen ... 81

9.1 Allgemeine Hinweise 82

9.2 Kraftübertragung am Flachriemen 83

9.3 Terminologie 84

9.4. Rechengang 85

9.5 Betriebsfaktor c_2 86

9.6 Grundauflegedehnung c_4 87

9.7 Dehnungszuschlag für Fliehkraft c_5 92

9.8 Schwingungsberechnung 94

9.9 Berechnungsbeispiel 96

10 Berechnung von Rollenbahnantriebsriemen 99

10.1 Allgemeine Hinweise 100

10.2 Terminologie 101

10.3 Rechengang 102

11 Troubleshooting 107

11.1 Installation 108

11.2 Verbindungsöffnung 109

11.3 Lärmentwicklung 110

11.4 Schlechtes Laufverhalten 111

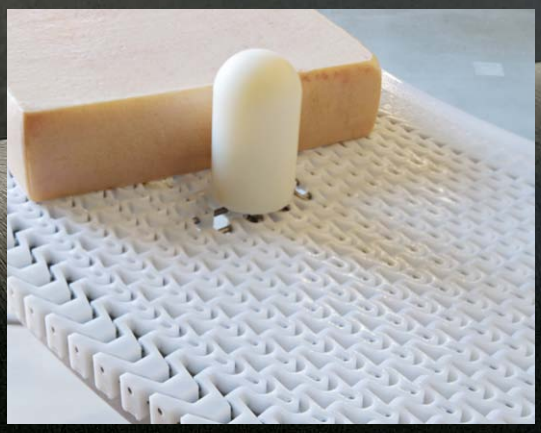
11.5 Verschleiß 113

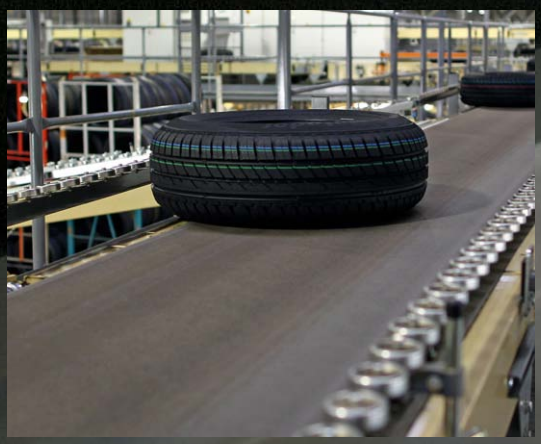
11.6 Veränderungen der Eigenschaften 115

12 Glossar 117

13 Rechtlicher Hinweis 126

Nicht immer sichtbar, jedoch fast überall präsent, sorgt Forbo Movement Systems dafür, dass die Arbeitsschritte in Intralogistik und Produktion reibungslos und optimal ablaufen. Unsere Lösungen zeichnen sich durch hohe Wirtschaftlichkeit, Präzision und Zuverlässigkeit aus.
Als kompetenter Partner bei der Entwicklung branchenspezifischer und zukunftsweisender Lösungen zum Antreiben, Fördern und Fertigen sind wir international gefragt.





1 SIEGLING – TOTAL BELTING SOLUTIONS

1.1 Unternehmen und Konzern

1.2 Produkte und Märkte

1.1 UNTERNEHMEN UND KONZERN

Forbo Movement Systems ist ein Geschäftsbereich der Forbo Holding AG. Der Sitz der Gesellschaft befindet sich in Baar im Kanton Zug/Schweiz. Die Gesellschaft ist an der SIX Swiss Exchange notiert. Forbo ist weltweit tätig und beliefert mit seinen beiden Geschäftsbereichen Forbo Flooring Systems und Forbo Movement Systems verschiedenste Branchen und Märkte.

Der Geschäftsbereich Movement Systems nimmt weltweit eine führende Stellung als Anbieter von hochwertigen Transport- und Prozessbändern, Plastikmodulbändern, erstklassigen Antriebsriemen sowie Zahn- und Flachriemen aus synthetischen Materialien ein. Sie werden für unterschiedlichste Anwendungen in der Industrie sowie in Handels- und Dienstleistungsbetrieben eingesetzt, zum Beispiel als Förder- und Prozessbänder in der Lebensmittelindustrie, als Laufbänder in Fitnessstudios oder als Flachriemen in Briefverteilanlagen.

Movement Systems beschäftigt mehr als 2.500 Mitarbeitende und verfügt über ein internationales Netz von Gesellschaften und Landesvertretungen mit Materiallägern und Werkstätten in über 80 Ländern.

1.2 PRODUKTE UND MÄRKTE

Die zunehmende Globalisierung der Märkte erfordert innovative Konzepte für Produktion, Materialfluss und Logistik, wobei Transport- und Prozessbänder sowie Antriebsriemen häufig eine zentrale Rolle spielen.
Mit diesen Produkten halten wir die Welt am Laufen. Wir verbinden Güter- und Menschenströme in Industrie- und Dienstleistungsbetrieben, in Bäckereien und Flughäfen, in Logistikzentren, Druckereien, Fitnessstudios und überall dort, wo Bewegung eine entscheidende Rolle spielt.

Unsere Produkte

siegling transilon
transport- und prozessbänder

… sind mehrschichtige, gewebebasierte oder aus homogenen Materialien hergestellte Bänder. Sie sichern rationellen Materialfluss und wirtschaftliche Prozessabläufe in allen Bereichen der Leichtfördertechnik.

siegling transtex
transportbänder

… sind mehrschichtige, gewebebasierte Bänder mit besonders robustem Aufbau und deshalb die Spezialbänder für fördertechnische Schwerstarbeit.

siegling extremultus
flachriemen

… sind mehrschichtige, gewebebasierte oder aus homogenen Materialien hergestellte Riemen. Sie optimieren als Antriebs- und Transportelemente die Leistungsübertragung und viele Produktionsprozesse.

siegling prolink
modulbänder

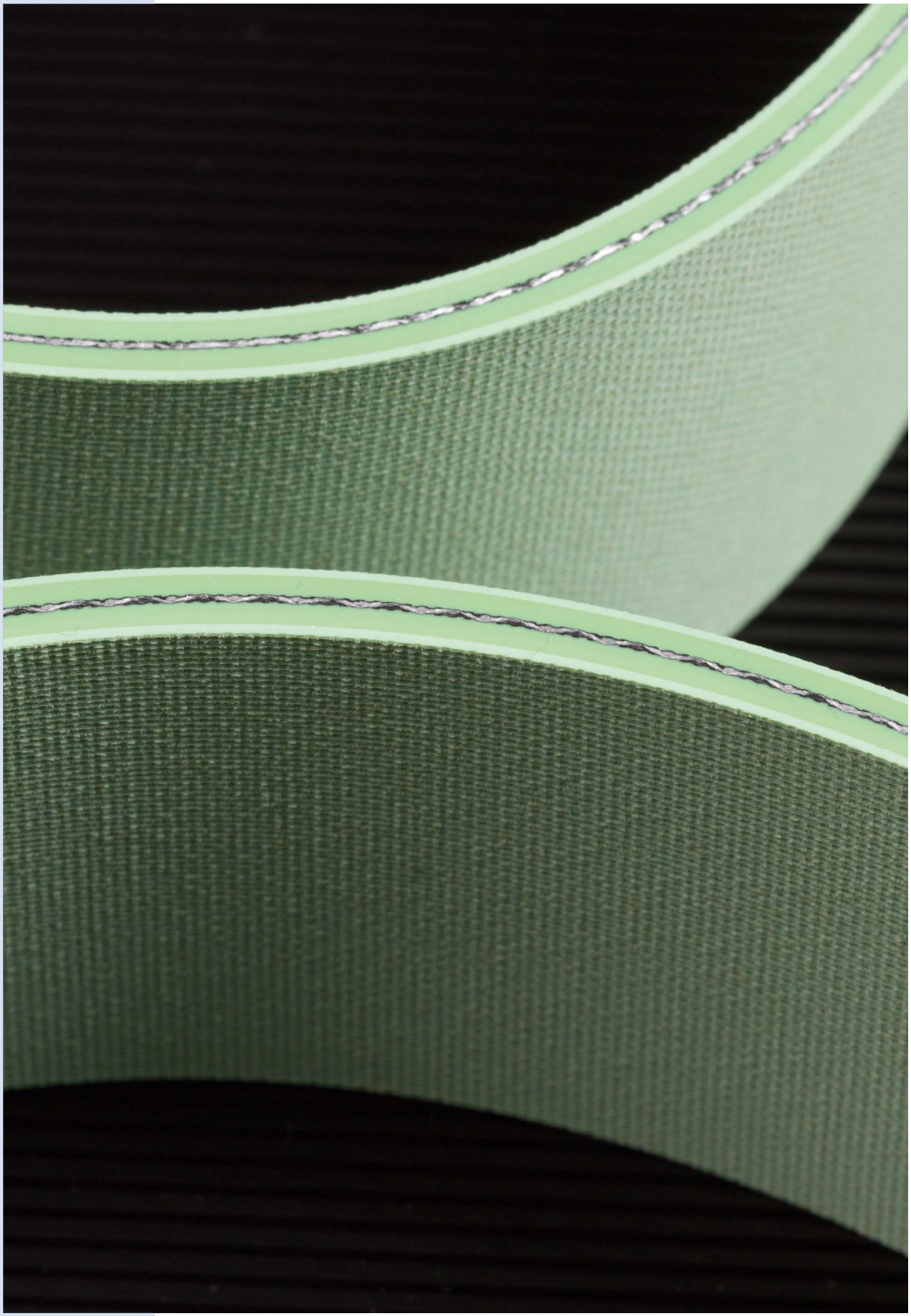
… sind aus homogenen Kunststoffen hergestellte und mit Scharnierösen verbundene Module unterschiedlicher Bauart. Mit ihrer Hilfe lassen sich Transport- und Prozessaufgaben oft besonders gut kombinieren.

siegling proposition
zahnriemen

… sind aus homogenen Kunststoffen hergestellte formschlüssige Riemen mit unterschiedlichen Zugträgern; insbesondere für den anspruchsvollen Einsatz beim Beschleunigen, Takten und Positionieren.

Unsere wesentlichen Märkte sind

■ Lebensmittelindustrie	▶ Lebensmittelverarbeitung, Agrar- und Verpackungsindustrie
■ Logistik, Flughäfen	▶ Intralogistik, Verteilzentren, Gepäckverteilung
■ Industrielle Produktion	▶ Automotive, Reifen, Chemie, Energie, Stahl und Metallverarbeitende Industrie
■ Rohstoffe	▶ Baumaterialien, Holz und Stein
■ Textilindustrie	▶ Garnherstellung, Nonwoven, Textildruck
■ Papierindustrie	▶ Papierherstellung und -verarbeitung sowie Briefverteilung
■ Druckindustrie	▶ Rotationsdruck, Bogendruck, Digitaldruck und Weiterverarbeitung
■ Sport und Freizeit	▶ Laufbänder, Bänder für Skilift-Anlagen sowie weitere Freizeitaktivitäten
■ Tabakindustrie	▶ Rohtabak und Zigarettenherstellung



2 SIEGLING EXTREMULTUS FLACHRIEMEN

2.1 Historie Flachriemen

2.2 Werkstoffe und Aufbau

2.3 Elektrostatische Eigenschaften

2.4 Lebensmitteleigenschaften

2.5 Nomenklatur und Datenblatt

2.6 Allgemeine Eigenschaften kraftschlüssiger Riemengetriebe

2.7 Kraftschlüssige Riemengetriebe im Vergleich

2.8 Besondere Stärken des Flachriemens

2.9 Anwendungsgruppen

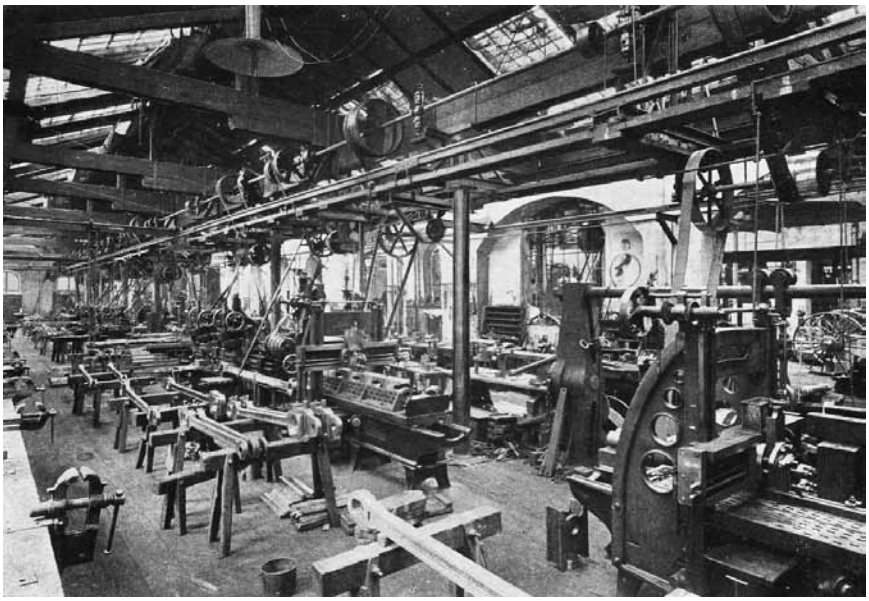
2.1 HISTORIE FLACHRIEMEN

Die industrielle Revolution

In vorindustrieller Zeit wurden die Kräfte der Natur durch Achsen, Zahnradgetriebe und Zugmittel wie Ketten und Seile nutzbar gemacht. Normalerweise wurde dafür eine Verbindung zwischen dem Erzeuger und einem einzigen Verbraucher hergestellt: vom Windmühlenflügel zum Mahlstein, vom Zugtier zum Schöpfrad, vom Wasserrad zum Schmiedehammer. Dieses Prinzip hatte jahrtausendelang Bestand – bis, völlig unabhängig von Wind- oder Wasserkraft, die Dampfmaschine mechanische Leistung auf Abruf bot, die so groß war, dass viele Verbraucher damit versorgt werden konnten.

Nach ihrer Erfindung zu Beginn des 18. Jahrhunderts hatten die ersten Dampfmaschinen noch einen schlechten Wirkungsgrad. Erst 1769 erhielt James Watt das Patent auf seine Erfindung des doppeltwirkenden Kolbens, mit dem die Leistungsfähigkeit enorm gesteigert wurde.
Im Lauf des 19. Jahrhunderts wurde der Wirkungsgrad durch eine Reihe von Erfindungen weiter verbessert, die Bauweise kompakter, der Einsatz immer effektiver. Die Verbreitung der Dampfmaschine entfachte in den Manufakturen die industrielle Revolution. Mit ihrem Siegeszug trat der Flachriemen in großem Stil auf den Plan. Über Stahlwellen an der Hallendecke, Riemenscheiben und flache Transmissionsriemen aus Leder wurden die einzelnen Produktionsmaschinen angetrieben. Transmissionsriemen verbanden die Dampfmaschine unkompliziert und zuverlässig mit den neuen mechanischen Erfindungen jener Zeit, wie Werkzeugmaschinen, Spinnmaschinen oder mechanische Webstühle.

Auch Landmaschinen und Kraftfahrzeuge (die ersten wurden zunächst mit Dampfmaschinen betrieben) nutzten bis weit in das 20. Jahrhundert hinein Flachriemen zur Leistungsübertragung.

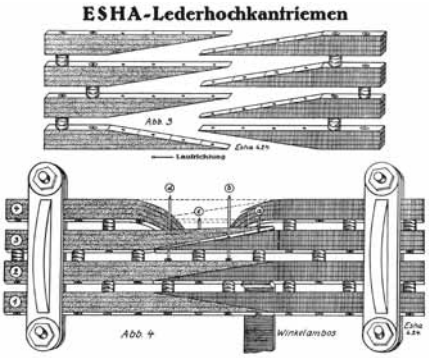


Produktionshalle 1906.
Die einzelnen Bearbeitungsmaschinen werden über eine zentrale Transmissionswelle unter der Hallendecke angetrieben.

Siegling prägt die Flachriemenentwicklung

1919 gründete Ernst Siegling unter seinem Namen eine Treibriemenfabrik in Hannover und begann kurz darauf mit der Produktion von Flachriemen aus Leder.

Anfang der 1920er Jahre verhalf er einer neuen Flachriemen-Bauweise zum Durchbruch: dem Chromleder-Hochkantriemen. Hochkant gestellte Lederriemen wurden dabei mit Nietstiften quer zur Laufrichtung verbunden. Der Riemen war dadurch besonders robust, gleichmäßig und effizient. Bei geringerer Wellenbelastung bot er eine höhere Leistungsübertragung und geringeren Schlupf.

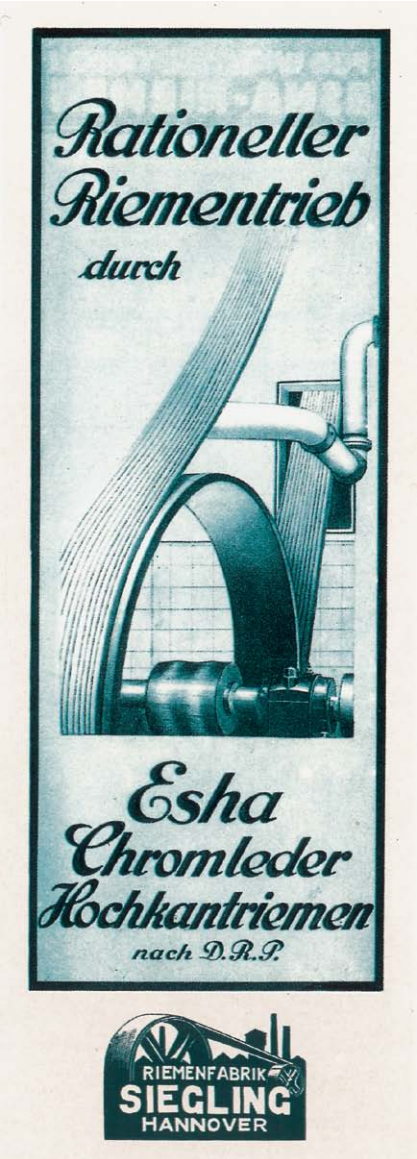


Oben:
Aufbau des Chromleder-Hochkantriemens (Darstellung aus dem Jahr 1925).

Rechts: Ernst Siegling

Links:
Ernst Siegling im Kreis der Belegschaft in den 1920er Jahren.

2.1 HISTORIE FLACHRIEMEN



Nach wie vor schlugen aber die Nachteile des Naturproduktes Leder zu Buche: Leder längt sich mit der Zeit, was dazu führte, das die Riemen in regelmäßigen Abständen gekürzt werden mussten. Darüber hinaus waren sie nicht besonders formstabil und obendrein feuchtigkeitsempfindlich. Gleichzeitig stiegen die technischen Anforderungen der industriellen Abnehmer. Mit dem Aufkommen von Motoren wurde die Energieverteilung durch Transmissionen immer mehr verdrängt und der Einzelantrieb von Werkzeugmaschinen zum Normalfall. Damit standen Flachriemen in harter Konkurrenz zu anderen Getriebevarianten.

Ernst Siegling entwickelte sein Flachriemenprogramm deshalb konsequent weiter. Zu Beginn der 1930er Jahre wurden die ersten Flachriemen mit Adhäsionsbelag erfolgreich eingeführt, 1939 folgten unter dem Namen „Nonel-stat" die ersten elektrisch leitfähigen Riemen für explosionsgefährdete Räume.

Ein technischer Meilenstein war zu Beginn der 1940er Jahre die Entwicklung eines mehrschichtigen Flachriemens aus Polyamid und Chromleder. Ein hochverstrecktes Polyamidband diente dabei als Zugträger, eine dünne Chromlederschicht als Lauffläche. Diese Riemenkonstruktion vereinte die Vorteile beider Materialien miteinander und wird in zahlreichen Varianten noch heute eingesetzt. Bei einem Wirkungsgrad von 98 % und mehr konnte damit die Energieeffizienz gegenüber herkömmlichen Riemen- und Kettenantrieben deutlich gesteigert werden. 1943 wurde diese Entwicklung patentiert, unter dem Namen Extremultus in den Markt eingeführt und ab Ende der 40er Jahre weltweit vermarktet.

ERNST SIEGLING

RIEMENFABRIK SIEGLING HANNOVER

Siegling-Riemen

Sieglingriemen HANNOVER

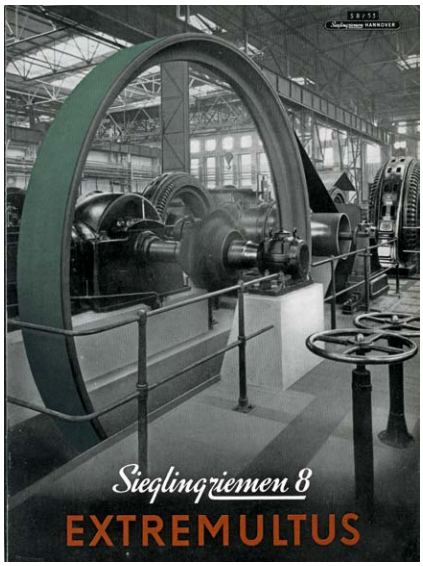
Nach dem Tod Ernst Sieglings (1954) übernahm sein Sohn Hellmut Siegling die Geschäftsführung und führte das Konzept der mehrschichtig aufgebauten Flachriemen erfolgreich fort. Dabei kamen neben dem bewährten Polyamidband verschiedene andere Gewebezugträger zum Einsatz. Auch die Chromlederbeschichtung erfuhr zahlreiche Alternativen. Durch Diversifikation entstanden neue Produkte, die aus verschiedensten Industriezweigen auch heute nicht mehr wegzudenken sind. Auch die damals bahnbrechende Entwicklung eines gewebebasierten Kunststoffförderbandes für den innerbetrieblichen Materialfluss (Transilon) in den 60er

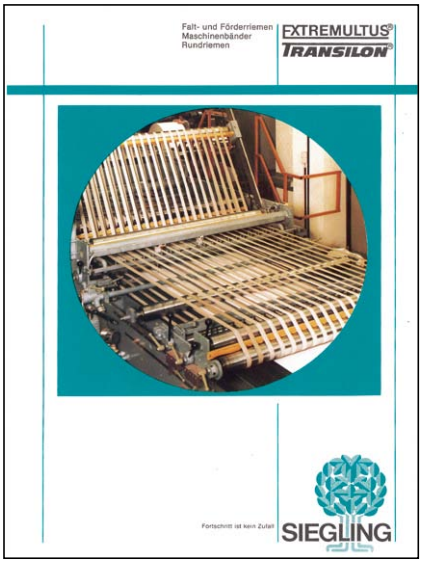
SIEGLING

SIEGLING
BELTING

forbo
MOVEMENT SYSTEMS

2.1 HISTORIE FLACHRIEMEN





Jahren basierte auf den Erfahrungen und Kenntnissen der langjährigen Beschäftigung mit Flachriemen.

1994 übernahm die Forbo Beteiligungs GmbH die bis dahin im Familienbesitz befindlichen Gesellschafteranteile. Mit neuen Produktions- und Konfektionierungsstandorten – unter anderem in China – wurde das Geschäft weiter internationalisiert. Konsequente Forschungs- und Entwicklungsarbeit forcierte die Entwicklung von Flachriemen, die neben ihrer Funktion als Antriebselement auch die jeweiligen Produktionsprozesse optimal unterstützen. Siegling Extremultus Flachriemen mit besonders guten Mitnahmeeigenschaften für die Papier- und Kartonverarbeitung (Grip Star™) sowie Riemen für ESD-Bereiche in der Elektronikindustrie (Flash Star™) stehen hierfür exemplarisch.

Flachriemen heute

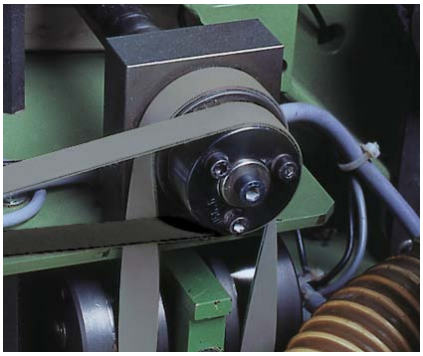
Die Enkel und Urenkel der alten Leder-Transmissionsriemen sind heute Hightech-Produkte, die in vielen industriellen Antriebs- und Produktionsprozessen maßgeblich zu rationellem und störungsfreiem Betrieb beitragen. Ihre eindrucksvolle Entwicklungsgeschichte und ihr heutiger Entwicklungsstand lässt sich an einigen wenigen Eckdaten ablesen:

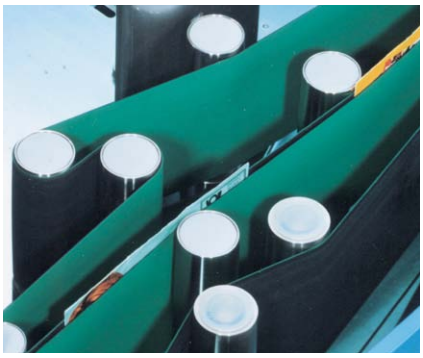
Zugfestigkeit
Die Zugfestigkeit stieg von 30 N/mm^2 für Kernlederriemen auf ca. 500 N/mm^2 für Flachriemen mit einer Polyamid-Zugschicht. Beim Einsatz von Polyester-Werkstoffen werden heute ohne weiteres Werte von ca. 800 N/mm^2 erreicht. Diese Steigerung führte zwangsläufig zu wesentlich kompakteren, preisgünstigeren Riemengetrieben. Die Leistungsübertragung pro mm Riemenbreite liegt bei guten konstruktiven Voraussetzungen und entsprechenden Riemengeschwindigkeiten bereits bei ca. 30 – 40 kW/mm.

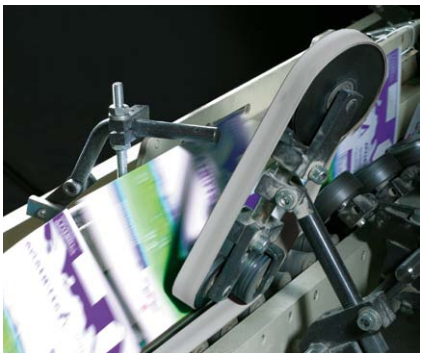
Riemengeschwindigkeit
Bei Kernlederriemen war die Grenze für die höchste Riemengeschwindigkeit schon bei ca. 35 m/s erreicht. Für die heute üblichen Riemenkonstruktionen sind Geschwindigkeiten bis 100 m/s keine Seltenheit. Auf Motorprüfständen können bereits über einen längeren Zeitraum Geschwindigkeiten bis zu 200 m/s realisiert werden. Hierfür kommen Siegling Extremultus Flachriemen mit Zugträgern aus endlos gewickelten Cordfäden ohne Verbindung zum Einsatz.

Biegefrequenzen
Für Kernlederriemen lag die Grenze bei ca. 40 Biegewechseln pro Sekunde. Siegling Extremultus Flachriemen mit Zugträgern aus endlos gewickelten Cordfäden (Polyestercord) erlauben heute ca. 250 Biegewechsel pro Sekunde ohne Einschränkung der Lebensdauer.

Wartungsfreiheit und Nachspannen
Die heute als Zugträger eingesetzten Werkstoffe Polyamid, Polyester und Aramid sind nach der Relaxation absolut spannungshaltend, sodass ein Nachspannen oder Kürzen der Siegling Extremultus Flachriemen im Betrieb entfällt. Gelungene Werkstoffkombinationen von Kunststoff-Zugträgern und Beschichtungen aus Elastomer benötigen keinerlei Wartung. Lediglich Flachriemen mit Chromlederbeschichtung müssen in gewissen Intervallen gepflegt werden. Mit dem entsprechenden Spezialspray ist das aber denkbar einfach und sauber.

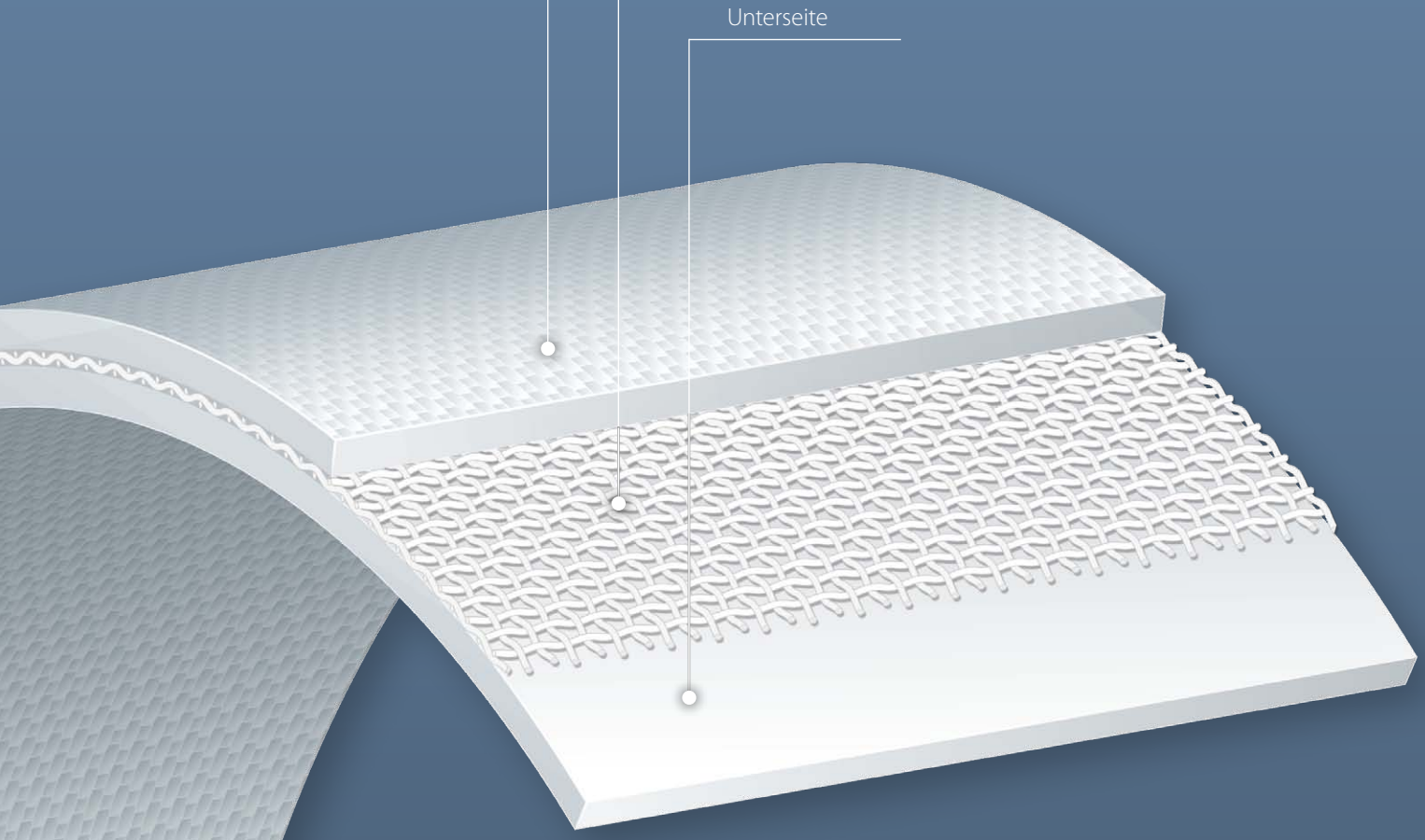




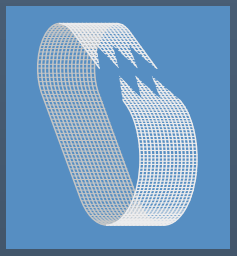


2.2 WERKSTOFFE UND AUFBAU

Schematischer Aufbau von Flachriemen

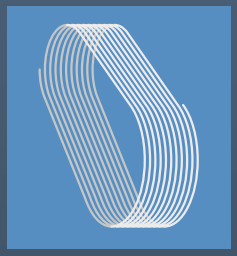


Zugträgerausführungen



Gewebe in Kette und Schuss

Zugband (hochverstreckt) oder Folie (elastisch)



Cordfäden endlos gewickelt

Die schematische Darstellung (Seite 16) stellt den Aufbau eines Flachriemens aus einem Zugträger sowie den Beschichtungen auf der Ober- und der Unterseite dar. Je nach Wahl der Werkstoffe, Ausführungen, etc. können Flachriemen sehr unterschiedliche Eigenschaften besitzen und sind damit für eine Vielzahl von Einsatzbereichen geeignet.

Zugträger

Die technischen Eigenschaften eines Flachriemens werden maßgeblich durch seinen Zugträger bestimmt. Siegling Extremultus Flachriemen mit gleichen Zugträgerwerkstoffen sind deshalb in Produktreihen zusammengefasst.

Zugträgerwerkstoffe

A = Aramid Reihe
E = Polyester Reihe
P = Polyamid Reihe
U = Polyurethan Reihe

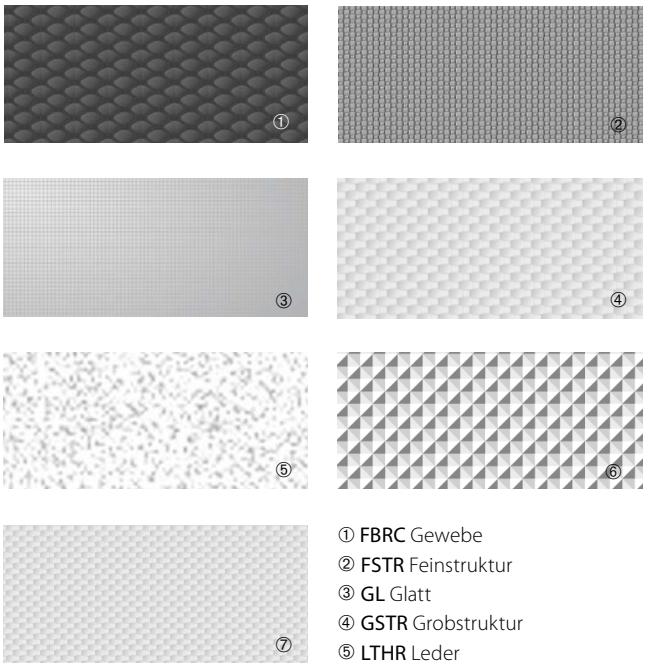
Beschichtung

Die Beschichtungen sind in direktem Kontakt mit den Antriebsscheiben (in der Regel die Riemenunterseite) und ggf. dem zu fördernden Produkt (in der Regel die Riemenoberseite). Durch eine geschickte Wahl des Werkstoffs und der Oberflächenstruktur lassen sich kontaktspezifische Eigenschaften wie z. B. Haftung/Mitnahme, chemische Beständigkeit, elektrostatische Eigenschaften oder auch Lebensmittelkonformität bestimmen.

Beschichtungswerkstoffe

G = Elastomer G
L = Chromleder
N = Novo (Polyesterfaservlies)
P = Polyamid
R = High/Medium Grip
T = Gewebe (Polyamid-, Polyester-, Mischgewebe)
U = Polyurethan

Oberflächenstruktur



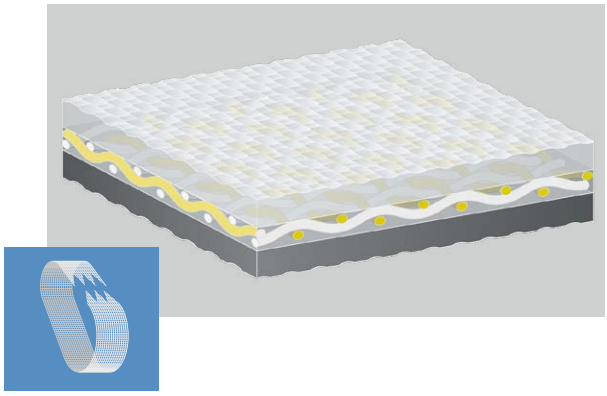
① **FBRC** Gewebe
② **FSTR** Feinstruktur
③ **GL** Glatt
④ **GSTR** Grobstruktur
⑤ **LTHR** Leder
⑥ **NP** Negative Pyramidenstruktur
⑦ **NSTR** Normalstruktur

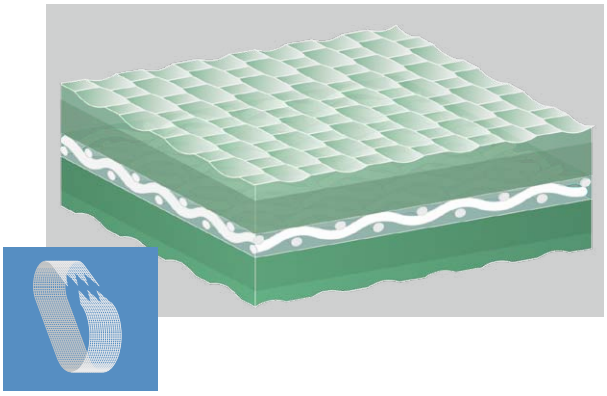
Kombinationsmöglichkeiten

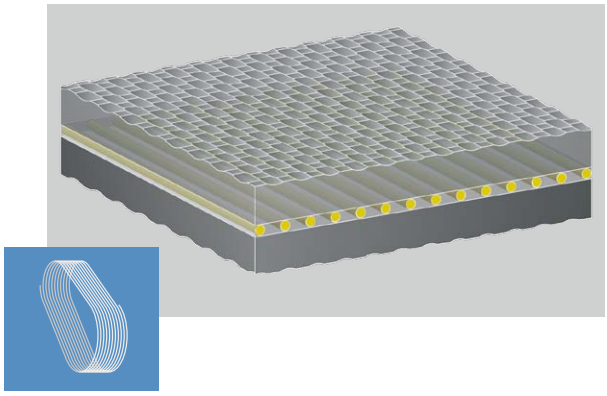
Nicht alle Kombinationen aus Zugträger- und Beschichtungsmaterialien sind sinnvoll. Jahrelange Erfahrung zum Einsatz von Flachriemen in diversen Anwendungen haben uns dazu veranlasst derzeit die untenstehenden Kombinationen anzubieten.

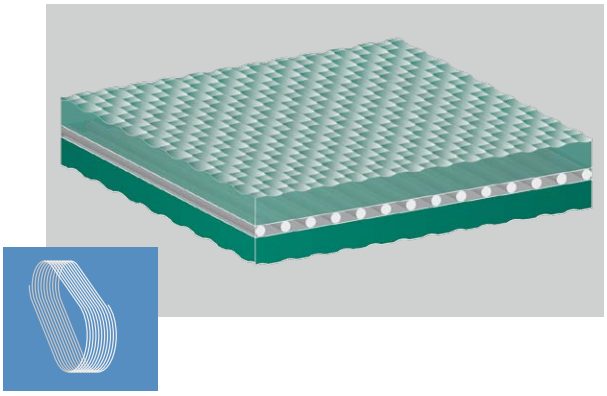
Kurzzeichen	Produktreihe	Zugträgerausführung	Beschichtungen
A	Aramid Reihe	Gewebe	G, U
		Cordfäden	G, L, T
E	Polyester Reihe	Gewebe	G, N, P, R, T, U
		Cordfäden	G, L, T, U
P	Polyamid Reihe	Gewebe	G, N, T, U
		Zugband	G, L, N, R, T, U
U	Polyurethan Reihe	Folie	G, R, U

2.2 WERKSTOFFE UND AUFBAU









Aramid Reihe

Flachriemen mit einem **Zugträger aus Mischgewebe** mit Aramidgarn in Zugrichtung sind besonders flexibel bei gleichzeitig sehr hoher Festigkeit. Sie können direkt in der Anlage verbunden werden.

Flachriemen mit einem **Zugträger aus endlos gewickeltem Aramidcord** sind Flachriemen ohne Verbindung für einen besonders ruhigen Lauf.

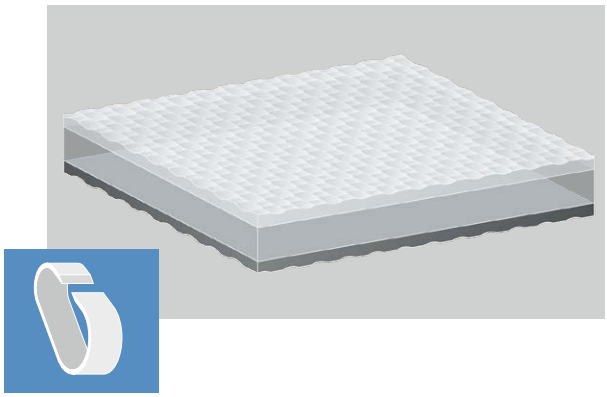
Siegling Extremultus Flachriemen der Aramid Reihe sind für sehr hohe Umfangskräfte und extrem kurze Spannwege konzipiert. Ein sorgfältiger Umgang beim Handling ist bei der Aramid Reihe eine wichtige Voraussetzung, da die Aramidfasern knickempfindlich sind.

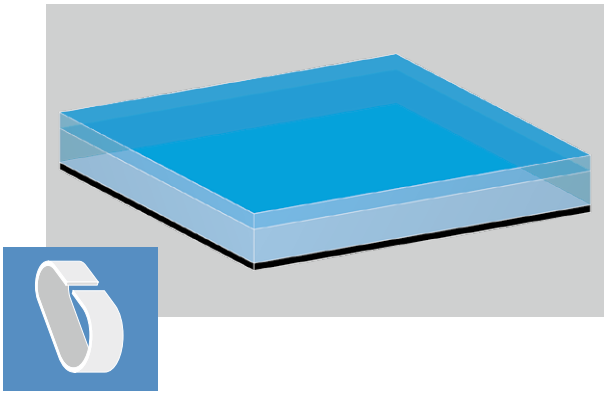
Polyester Reihe

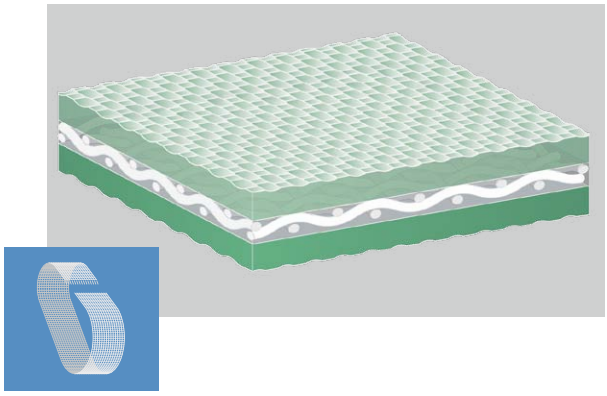
Flachriemen mit einem **Zugträger aus Polyestergewebe** sind für viele Anwendungen die richtige Wahl. Sie sind besonders flexibel bei gleichzeitig hoher Festigkeit und lassen sich in der Anlage verbinden.

Flachriemen mit einem **Zugträger aus endlos gewickeltem Polyestercord** sind Flachriemen ohne Verbindung für einen besonders ruhigen Lauf.

Siegling Extremultus Flachriemen der Polyester Reihe können hohe Umfangskräfte bei gleichzeitig kurzen Spannwegen übertragen. Zudem sind sie unempfindlich gegenüber Stößen und Klimaschwankungen.







Polyamid Reihe

Flachriemen mit einem **Zugträger aus hochverstrecktem Polyamidband** sind besonders kantenstabil, quersteif und robust.

Flachriemen mit einem **Zugträger aus Polyamidgewebe** sind besonders flexibel und besitzen eine relativ hohe Zugfestigkeit.

Polyamid zeichnet sich durch seine guten Dämpfungseigenschaften aus. Aufgrund der hygroskopischen Eigenschaften des Polyamid-Werkstoffs sind extreme Klimaschwankungen während der Lagerung und des Einsatzes zu berücksichtigen.

Polyurethan Reihe

Flachriemen mit einem **Zugträger aus hochelastischer Polyurethanfolie** sind elastisch, hochflexibel und zeichnen sich durch ihre sehr guten Dämpfungseigenschaften aus. Aufgrund ihrer Flexibilität besitzen Siegling Extremultus Flachriemen der Polyurethan Reihe gute Laufeigenschaften und sind besonders für Anlagen mit kurzen Achsabständen, manuellen Spannstationen und kleinen Umlenkdurchmessern geeignet.

Darüber hinaus sind die Flachriemen aus Polyurethan zu 100 % flusenfrei und sehr gut zu reinigen. Somit eignen sie sich ideal für den Einsatz in hygienesensiblen Bereichen.

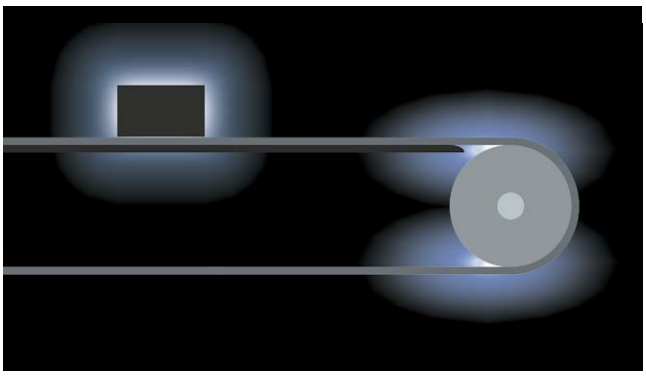
2.3 ELEKTROSTATISCHE EIGENSCHAFTEN

Beim Einsatz von Antriebs- und Förderriemen kann statische Aufladung grundsätzlich nicht vermieden werden. Sie entsteht durch den Kontakt und das anschließende Trennen unterschiedlicher Materialien (triboelektrischer Effekt), kann aber auch durch das Fördergut in das System importiert werden.

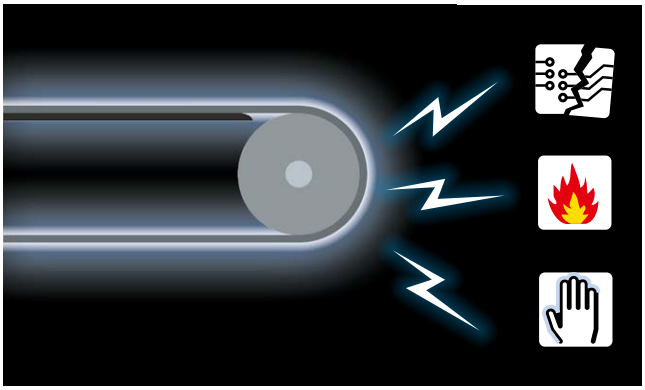
Folgen elektrostatischer Aufladung und unkontrollierter Entladungen können sein:

- Produktionsstörungen bei der Verarbeitung von Folien und Papier durch Haftung der Verarbeitungsgüter untereinander oder am Band
- Verschmutzungen durch Staub, Flusen usw.
- elektrische Schläge
- Schädigung elektronischer Komponenten (Fördergut und Maschinenkomponenten)
- Brände und Explosionen

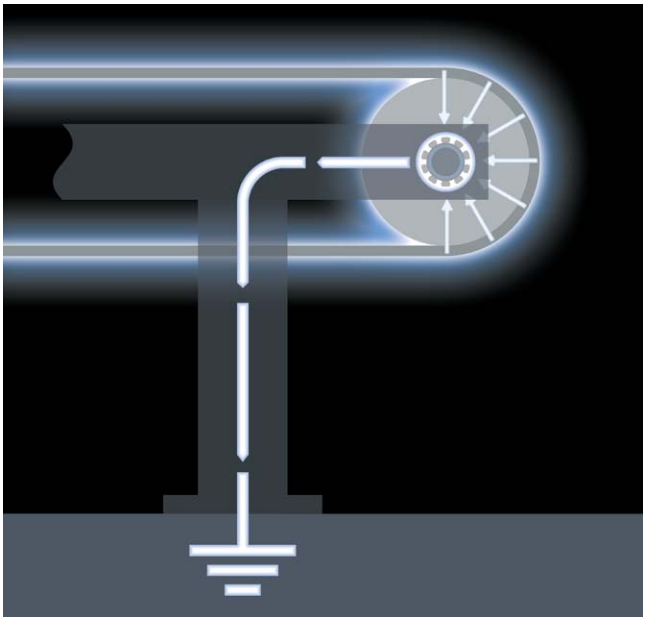
Das Ziel für jedes Antriebs- und Fördersystem muss daher sein, die elektrostatische Aufladung kontrolliert abfließen zu lassen.



Elektrostatische Aufladung durch das Fördergut und durch den triboelektrischen Effekt.



Gefahren durch unkontrollierte Entladung statischer Elektrizität.



Kontrollierter Abfluss der elektrostatischen Aufladung durch Auswahl des richtigen Flachriemens

Siegling Extremultus Flachriemen sind standardmäßig, also ohne zusätzliche Bezeichnung, antistatisch ausgerüstet. In einigen Anwendungen sind Siegling Extremultus Flachriemen mit besonderen elektrostatischen Eigenschaften erforderlich.

Artikel mit der Bezeichnung „NA" werden dort eingesetzt, wo leitfähige Komponenten die Anwendung stören könnten, z B. in Metalldetektoren. Alle antistatisch ausgerüsteten Artikel enthalten Elemente, die die Leitfähigkeit in Längsrichtung gewährleisten. Artikel mit einer hochleitfähigen Oberfläche sind mit der Bezeichnung „HC" gekennzeichnet. Die Bezeichnung „HC+" kennzeichnet alle Siegling Extremultus Flachriemen die zusätzlich zu den hochleitfähigen Oberflächen in allen drei Raumrichtungen hochleitfähig sind. Diese Artikel sind auch der Produktlinie Flash Star™, also den ESD-konformen Flachriemen, zugeordnet.

www.forbo.com/movement > Produkte > Flachriemen > Flash Star

In explosionsgefährdeten Bereichen, die nach ATEX eingestuft sein müssen, dürfen Siegling Extremultus Flachriemen unter bestimmten Voraussetzungen eingesetzt werden. Forbo Movement Systems kann nach technischer Klärung und abschließender Beurteilung durch die Anwendungstechnik entsprechende ATEX-Hersteller-Erklärungen für einzelne Artikel liefern.

Die europäischen und jeweiligen nationalen Vorschriften zum Explosionsschutz sind zu beachten: RL 94/4 EG RL 2014/34/EU (ATEX), ISO 80079-36 und -37, BGR 132 der Berufsgenossenschaft Chemie „Richtlinien für die Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen".

Nicht antistatisch (NA)
Bandmaterial mit elektrisch isolierenden Eigenschaften.

Antistatisch (ohne spezielle Abkürzung)
Bandmaterial mit elektrisch leitfähigen Komponenten innerhalb des Bandes oder an der Oberfläche.
Leitfähigkeit des gesamten Bandes in Längsrichtung $R_{Di} < 3*10^8\ \Omega$.

Hochleitfähig (HC)
Leitfähige Oberseite, meistens auch leitfähige Unterseite.
Antistatik-Eigenschaften müssen erfüllt sein.
Leitfähigkeit auf der Oberfläche in Längsrichtung $R_{OB} < 3*10^8\ \Omega$.

Hochleitfähig Plus (HC+)
Leitfähige Ober- und Unterseite, zusätzlich leitfähig in Dickenrichtung.
HC-Eigenschaften müssen auf beiden Seiten erfüllt sein.
Leitfähigkeit durch das Band hindurch $R_D < 10^9\ \Omega$.

Flash Star™

2.4 LEBENSMITTEL-KONFORMITÄT

Beim Einsatz von Siegling Extremultus Flachriemen in der Lebensmittelindustrie sind regional unterschiedliche Gesetzgebungen/Verordnungen zu beachten. Für den Kontakt mit unverpackten Lebensmitteln sind dabei insbesondere Flachriemen mit FDA und HACCP Kennzeichnung geeignet.

Siegling Extremultus Flachriemen mit der Kennzeichnung „FDA" sind geeignet für den Transport unverpackter Lebensmittel gemäß der FDA Verordnung 21 CFR. Darüber hinaus erfüllen diese Artikel in der Regel auch die Anforderungen der europäischen Verordnung (EU) 10/2011 und der Verordnung (EG) 1935/2004. Beachten Sie bitte stets die Hinweise auf den jeweiligen Datenblättern.

In allen hygienesensiblen Bereichen unterstützen wir Ihr HACCP-Konzept zuverlässig und rechtlich unbedenklich. Dafür bieten die Siegling Extremultus Artikel mit HACCP Kennzeichnung eine Reihe besonderer Produkteigenschaften und Ausführungen. Potenzielle Sicherheitslücken im Herstellungsprozess werden mit diesen Bausteinen geschlossen.

Alle HACCP-Artikel bieten aufgrund ihrer guten Ablöseeigenschaften einen großen Vorteil im Verarbeitungsprozess adhäsiver Lebensmittel. Für den Transport besonders zum Anhaften neigender Fördergüter bietet Forbo Siegling Bänder mit einzigartigen Oberflächenfinishs. Sie haben extrem gute Ablöseeigenschaften bei besonders klebrigen Produkten wie Teig, Karamell oder sonstigen Süßwaren und lassen sich einfach reinigen.

Weitere Informationen zu den lebensmitteltauglichen Artikeln erhalten Sie bei Ihrem lokalen Ansprechpartner:
www.forbo.com/movement > Kontakt

Zertifikate zu den Konformitätserklärungen können Sie über unsere Internetseite abrufen:
www.forbo.com/movement > Download > Konformitätserklärungen

2.5 NOMENKLATUR UND DATENBLATT

Nomenklatur

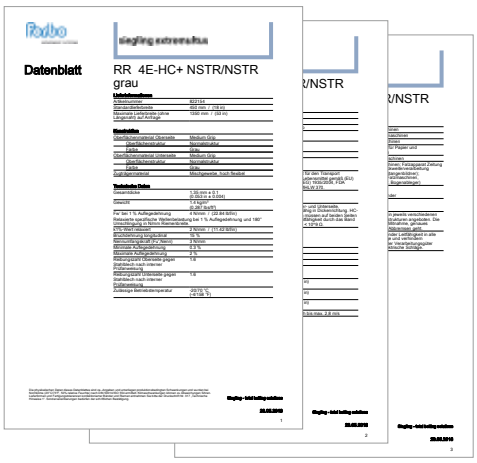
Die Benennung der Siegling Extremultus Flachriemen wird anhand einer sprechenden Nomenklatur vorgenommen. Aus der Nomenklatur sind also direkt der Aufbau und wichtige Eigenschaften der Riemen erkennbar. Die nachfolgende Tabelle zeigt einige repräsentative Beispiele.

Artikelnummer	Beschichtung Unterseite	Beschichtung Oberseite	Typenzahl	Zugträgermaterial		Gesamtdicke [1/10 mm]	Elektrostatische Eigenschaft	Oberflächenstruktur Gesamt bzw. Unterseite	Oberflächenstruktur Oberseite	Farbe Gesamt bzw. Unterseite	Farbe Oberseite	Lebensmittel-Konformität
822130	G	G	25	A	–	25		NSTR /	FSTR	grau /	schwarz	
822154	R	R	4	E	–		HC+	NSTR /	NSTR	grau		
822159	T	T	15	E	–	14	HC	FBRC		schwarz		
855635	N	N	4	P	–		HC+			grau		
850325	G	G	14	P	–	40				grün		
855646	U	U	20	U	–	9		GSTR /	FSTR	schwarz /	blau	HACCP FDA
855647	U	R	40	U	–	12		FSTR		blau		FDA

Hinweis: *Es sind nicht immer alle Informationen in der Nomenklatur der einzelnen Artikel enthalten, da die Nomenklatur historisch gewachsen ist. Die exakten und vollständigen Daten des jeweiligen Artikels finden sich daher im aktuellen Datenblatt.*

Datenblatt

Das Datenblatt enthält sämtliche wichtige Informationen zu den Siegling Extremultus Flachriemen und stellt diese in übersichtlicher Weise dar.


Forbo
siegling extremultus
Datenblatt
RR 4E-HC+ NSTR/NSTR
grau

Die Informationen auf den Datenblättern der Siegling Extremultus Flachriemen sind in folgende Gruppen unterteilt:

- Lieferinformationen
- Konstruktion
- Technische Daten
- Eigenschaften
- Lebensmitteleigenschaften
- Elektrostatische Eigenschaften
- Konfektionierung
- Mindestscheibendurchmesser
- Anwendungen
- Bemerkungen

Hinweis: *Die Datenblätter aller Siegling Extremultus Flachriemen können Sie dem Product Finder (siehe Kapitel 4.4) entnehmen. Nach der Suche eines Flachriemens können Sie über „Detailansicht" und dem Button „Datenblatt anzeigen" sich das jeweilige Datenblatt ausgeben lassen. Den Product Finder für die Siegling Extremultus Flachriemen finden Sie unter:*
www.forbo.com/movement > E-Tools

2.6 ALLGEMEINE EIGENSCHAFTEN KRAFTSCHLÜSSIGER RIEMENGETRIEBE

Kraftschlüssige Riemengetriebe gehören zur Gruppe der Zugmittelgetriebe. Aufgrund der Vorspann- oder Wellenkraft F_W und der Reibung μ zwischen Riemen und Riemenscheibe, ist es möglich, eine Umfangskraft F_U von der treibenden Riemenscheibe (1) auf die getriebene Riemenscheibe (2) mithilfe des Zugmittels – dem Riemen – zu übertragen. Dabei entstehen im biegeweichen, elastischen Riemen Zugkräfte F_1 und F_2, die von der Riemenkonstruktion aufgenommen werden müssen.

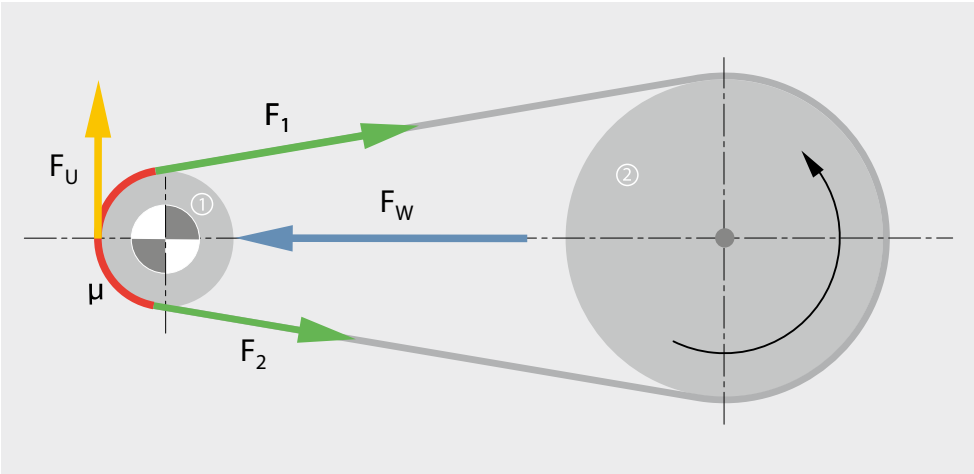
In kraftschlüssigen Riemengetrieben werden alternativ verschiedene Riementypen verwendet:

- Flachriemen
- Keilriemen
- Keilrippenriemen oder
- Rundriemen.

Unabhängig von der genauen Konstruktion und dem verwendeten Zugmittel weisen kraftschlüssige Riemengetriebe eine Reihe gemeinsamer Eigenschaften auf:

- technisch unkomplizierter sowie kompakter und kostengünstiger Aufbau
- große Achsabstände, geschränkte Achsen und Mehrscheibenantriebe möglich
- Zugmittel in der Regel einfach montier- und austauschbar
- nahezu wartungsfrei
- gute Dämpfungseigenschaften und damit eine gute Schwingungsisolierung
- geringerer Geräuschpegel als mechanische Getriebe
- keine Polygoneffekte bei der Leistungsübertragung (im Vergleich zu Ketten)

In allen kraftschlüssigen Riemengetrieben tritt das Phänomen auf, dass die Drehzahl – und damit auch die Umfangsgeschwindigkeit – an der Abtriebsscheibe geringfügig geringer ist, als der theoretisch berechnete Wert. Dieser lastabhängige Verlust wird als Schlupf bezeichnet. Bis zu einem Schlupf von 0,9 % wird von dem sogenannten Dehnschlupf gesprochen. Dehnschlupf tritt im normalen Betrieb eines Riemengetriebes immer auf und beschreibt den Ausgleich der unterschiedlichen Kräfte und damit Spannungen in den beiden Riementrumen durch die Elastizität des Zugträgers. Bei Schlupfwerten über 0,9 % wird von Gleitschlupf gesprochen. Der Riemen rutscht in diesem Fall über die Riemenscheibe. Hierbei leidet sowohl die Kraftübertragung als auch die Lebensdauer des Riemens. Der Betrieb des kraftschlüssigen Riemengetriebes im Gleitschlupfbereich ist daher unbedingt zu vermeiden.



Schematische Darstellung der Kraftübertragung an einem kraftschlüssigen Riemengetriebe.

Der Gleitschlupf bietet allerdings auch einen großen Vorteil gegenüber formschlüssigen Getrieben. Bei unvorhergesehenen Kraftspitzen rutschen die Riemen von kraftschlüssigen Riemengetrieben einfach durch, verhindern somit größere Schäden an den Anlagen und sind anschließend weiterhin funktionsbereit. Formschlüssige Getriebe wie Zahnriemengetriebe oder Zahnradgetriebe benötigen hierzu eine teure Kupplung, z. B. eine Rutschkupplung, um Kraftspitzen unbeschadet zu überstehen.

Abhängig von der Form und dem Aufbau des Zugmittels sowie der Geometrie der Riemenscheiben entstehen, neben dem Schlupf, noch weitere Verluste im Betrieb. Hierbei sind die Hysterese und die Flankenreibung zu nennen.

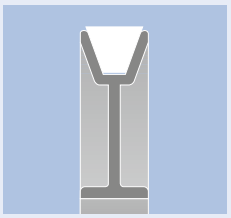
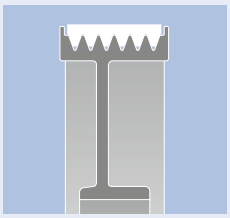
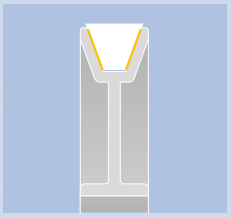
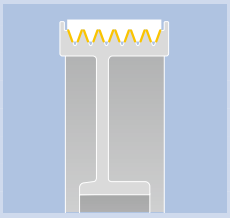
Die Flankenreibung tritt lediglich zwischen profilierten Riemen, wie den Keil- und Keilrippenriemen, und deren entsprechend geformten Riemenscheiben auf. Die Verluste entstehen durch den Effekt, dass der Keil bzw. die Keile beim Einlauf in die Nuten der Riemenscheibe eingreifen und beim Auslauf aus den Nuten herausgezogen werden müssen.

Die Hysterese ist wiederum bei allen Riemengetrieben zu beobachten und beschreibt die Umwandlung eines kleinen Teils der Bewegungsenergie in innere Energie bzw. Wärme innerhalb des Zugmittels.

Weiterhin stellt ein kraftschlüssiges Riemengetriebe stets ein schwingungsfähiges System dar, ähnlich einer gespannten Gitarrensaite. Bei der Auslegung des Getriebes sind daher auf äußere Einflüsse, die zu einer Schwingungsanregung des Systems führen könnten, zu achten. Wie eine gewissenhafte Auslegung eines Flachriemengetriebes durchgeführt wird, ist in den Kapiteln 9 und 10 umfangreich beschrieben.

Neben diesen Gemeinsamkeiten, weisen die verschiedenen kraftschlüssigen Riemengetriebe auch deutliche Unterschiede auf, die vor allem infolge der unterschiedlichen Zugmittelkonstruktionen hervorgerufen werden. Eine Auflistung und Gegenüberstellung der wesentlichen Merkmale der kraftschlüssigen Riemengetriebe sind für Flach-, Keil- und Keilrippenriemen in Form einer Tabelle in Kapitel 2.7 im Vergleich vorgenommen worden.

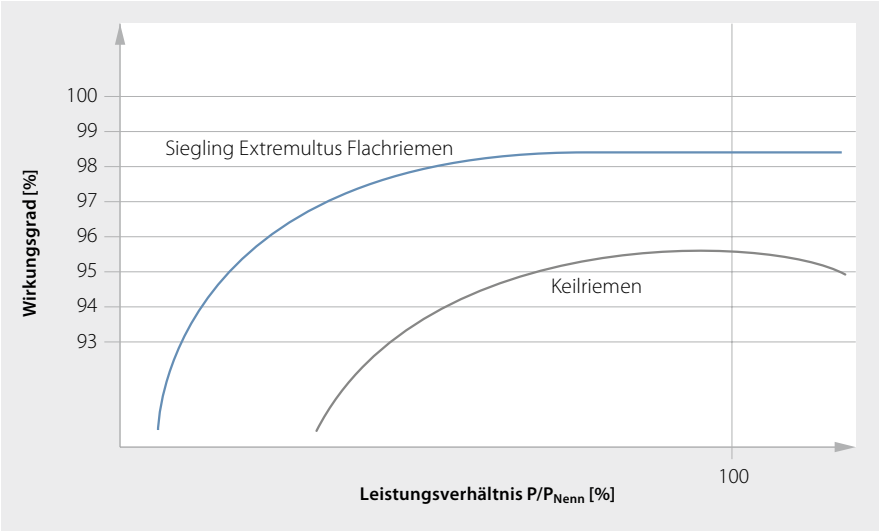
2.7 KRAFTSCHLÜSSIGE RIEMENGETRIEBE IM VERGLEICH

	Flachriemen	Keilriemen	Keilrippenriemen
			
max. Drehzahl [min^{-1}]	130000	10000	12500
Umfangsgeschw. max. [m/s]	200	50	60
Biegefrequenz max. [Hz]	>250	100	200
Temperaturbereich [C°]	-50/+100	-35/+80	-35/+80
Leistungsgrenze [kW]	5000*	3000	1000
Wirkungsgrad [%]	>98	96	96
Reibungsverluste			
– durch Schlupf	gering	gering	gering
– durch Flankenreibung	keine	relativ hoch	relativ hoch
			
– durch Hysterese	gering	relativ hoch	gering
Übersetzung	bis 1:12	bis 1:12	bis 1:35
Übersetzungsverhältnis	variabel (Konusgetriebe)	variabel (Verstellscheiben)	konstant
Endlosverbindung in der Anlage	gängige Praxis	möglich (15 % geringere Übertragungsleistung)	nicht möglich
Scheibengeometrie	einfach	komplex	komplex

* Generell möglich, Leistungsgrenze ist abhängig von den verwendeten Werkstoffen. Bitte Angaben der jeweiligen Flachriemen beachten. Bei Fragen bitte an Ansprechpartner von Forbo Movement Systems wenden.

Rundriemen dienen nicht zur Leistungsübertragung und werden daher im Vergleich nicht berücksichtigt.

Quellen:
– VDI 2758: Riemengetriebe (Juni 1993)
– Peeken, Troeder, Fischer: Wirkungsgradverhalten von Riemengetrieben im Vergleich, Antriebstechnik 28 (1989) Nr. 1, S. 42 – 45



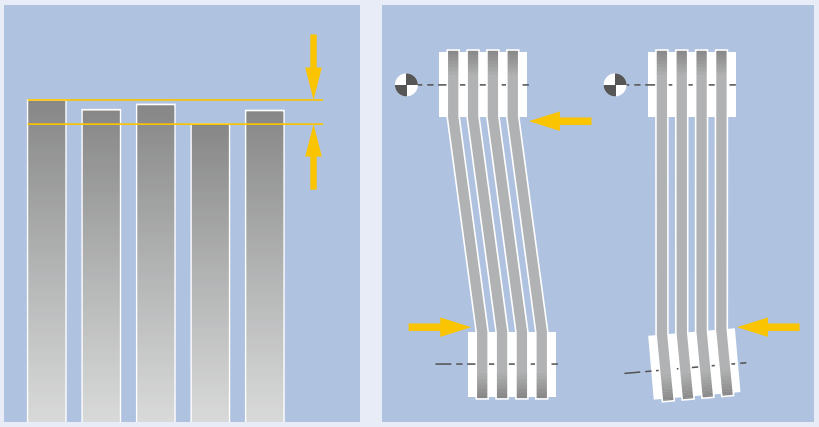
Wirkungsgrad eines Flachriemens. Siegling Extremultus Flachriemen haben einen Wirkungsgrad von 98,6 %.

Quelle:
Bundesanstalt für Materialprüfung: Untersuchungen an Riemengetrieben – Bericht zur Hannover Messe (1984)

Im Satz laufende Keilriemen

Leichte Abweichungen der einzelnen Riemenlängen zueinander bewirken:
– übermäßigen Schlupf
– unterschiedliche Wirkradien
– unterschiedliche Spannungen
– ggf. ruckartigen Dehnungsausgleich
– ungleichförmige Drehbewegung
– erhöhte Flankenreibung

Lageabweichung der Keilriemenscheiben führen zu erhöhten Reibungsverlusten.



2.8 BESONDERE STÄRKEN DES FLACHRIEMENS

Flachriemengetriebe sind für hohe Drehzahlbereiche einsetzbar, können hohe Kräfte übertragen und haben einen sehr guten Wirkungsgrad. Neben den in Kapitel 2.7 gezeigten technischen Eckdaten bieten sie weitere interessante Vorteile:

Vielfältige und einfache Getriebekonstruktion

Durch die hohe Flexibilität und die Möglichkeit beide Riemenseiten für Antriebsaufgaben zu nutzen, lassen sich mit Flachriemen die unterschiedlichsten Getriebekonfigurationen realisieren (siehe Abbildungsreihe rechts).

Da Flachriemen individuell konfektioniert werden entfällt die Bindung an genormte Längen und Breiten bei der Auslegung des Getriebes. Aufgrund des flachen Aufbaus der Flachriemen lassen sich relativ geringe Umlenkdurchmesser realisieren. Die ebene Lauffläche führt zudem dazu, dass Antriebs- und Umlenkscheiben einfach und deshalb kostengünstig herzustellen sind.

Hohe Standzeiten

Durch ihre generell hohe Abriebfestigkeit haben Flachriemen hohe Standzeiten. Durch ihren konstanten Reibwert garantieren sie eine sichere Drehzahleinhaltung über die gesamte Lebensdauer. Die als Zugträger verwendeten Werkstoffe Polyester, Aramid und Polyamid bieten eine hervorragende Spannungshaltung, die ein Nachspannen der Flachriemen nur in Ausnahmefällen erfordern. In der Kombination aus Kunststoff-Zugträgern und Elastomerbeschichtungen sind Flachriemen wartungsfrei.

Chromlederbeschichtungen, die hauptsächlich bei Schwerlastantrieben Verwendung finden, müssen von Zeit zu Zeit mit spezieller Sprühpaste behandelt werden um ihre Laufruhe und ihr Schlupfverhalten zu bewahren (siehe Kapitel 6.4).

Hoher Wirkungsgrad

Bei Flachriemen ist der Wirkungsgrad im Vergleich zu Keilriemen und Keilrippenriemen deutlich höher. Maßgeblich dafür sind die Reibungsverluste. Neben den Verlusten infolge von Schlupf und Hysterese, die bei Flachriemen sehr gering, bei Keil- und Keilrippenriemen zum Teil deutlich höher sind, führt bei Keil- und Keilrippenriemen die Flankenreibung ebenfalls zu Reibungsverlusten. Je ausgeprägter der Keil ist, desto höher ist auch die Berührfläche zwischen den Flanken des Keils und den Riemenscheiben. Mit der Berührfläche wächst dann die Flankenreibung und zwangsweise deren Reibungsverluste.

Bei Flachriemen ist der Wirkungsgradverlust infolge des Schlupfs derart gering, dass der Wirkungsgrad mit > 98 % im Bereich von formschlüssigen Getrieben, wie z. B. Zahnriemengetriebe und Zahnradgetriebe, teilweise sogar darüber liegt.

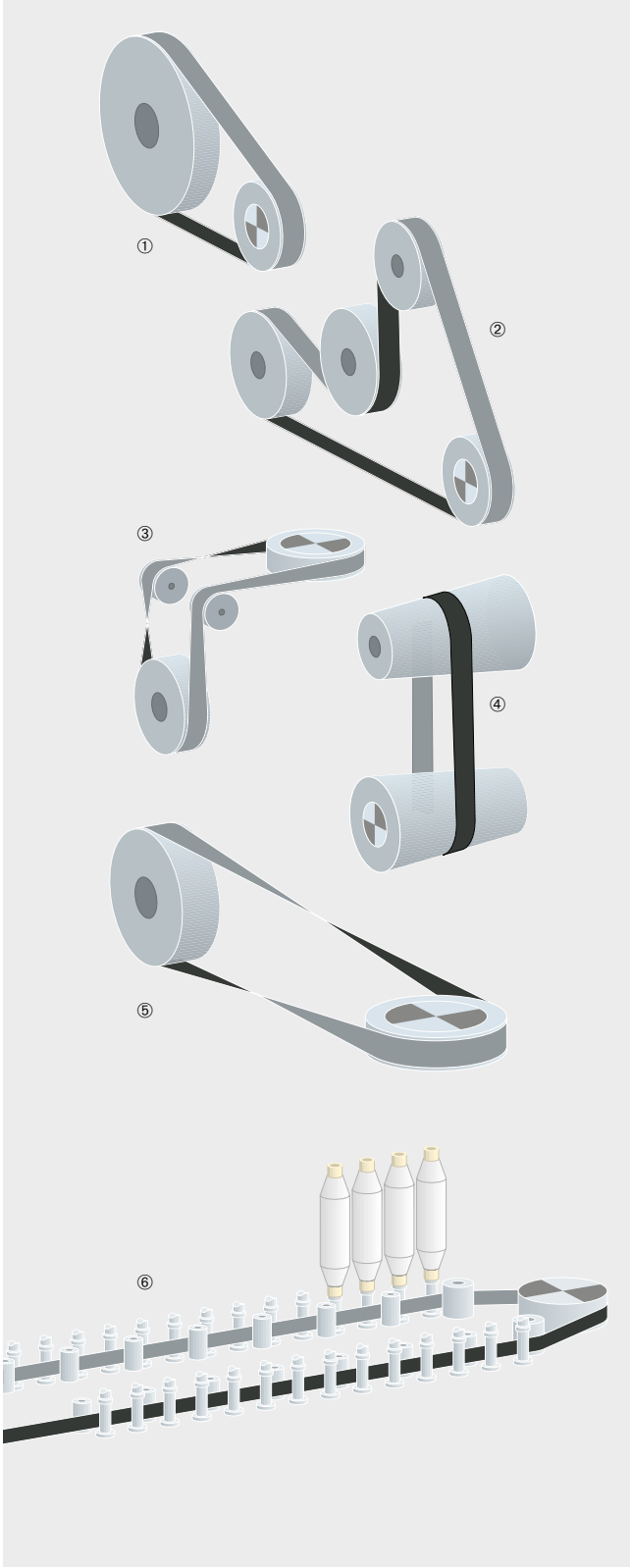
Geringe Laufgeräusche

Flachriemen bewirken eine Schallanregung mit hoher Frequenz und geringer Amplitude. Sie lässt sich durch die Gestaltung der Unterseitenbeschichtung, z. B. durch Wahl einer Chromlederschicht oder durch eine Strukturierung der Elastomer-Schicht minimieren. Daher weisen Flachriemen deutlich weniger Laufgeräusche auf als Keil- oder Keilrippenriemen.

Großes Einsatzspektrum

Flachriemen als reine Antriebselemente zu betrachten greift in der Praxis oft zu kurz. Neben der klassischen Antriebsfunktion übernehmen sie in großem Stil die Unterstützung industrieller (Produktions-) Prozesse; z. B. bei der Verarbeitung von Kartonagen. Auch Transportaufgaben, vor allem im Bereich der Elektronik- und Lebensmittelindustrie, wie z. B. bei der Solarzellen- oder Backwarenherstellung, werden seit Jahren auch von Flachriemen übernommen. Die Komplexität dieser Prozesse übersteigt die Möglichkeiten anderer Riementypen bei Weitem.

- Ausschließlich mit Flachriemen lassen sich die dafür notwendigen, zum Teil hochkomplexen, Bandverläufe realisieren
- Ausschließlich für Flachriemen steht ein derart großes Portfolio unterschiedlicher Eigenschaftsprofile zur Verfügung, inklusive Lebensmitteltauglichkeit, ESD-Tauglichkeit usw.
- Ausschließlich Flachriemen können so individuell dimensioniert und konfektioniert werden, einschließlich der Möglichkeit von Bandkantenversiegelungen, dem Aufbringen von Profilen usw.



① Klassischer Zweischeibenantrieb
② Mehrscheibenantrieb
③ Winkelantrieb
④ Konusantrieb
⑤ Geschränkter Antrieb
⑥ Vielstellenantrieb

2.9 ANWENDUNGSGRUPPEN

Material und Aufbau des Zugträgers sowie die Beschichtungen der Ober- und Unterseite bestimmen das Eigenschaftsprofil jedes Flachriemens. Mit unterschiedlichen Zugträgern und diversen Beschichtungsvarianten bietet das Siegling Extremultus Programm ein breites Spektrum unterschiedlichster Artikel für die Anwendungsgruppen:

- Antriebsriemen
- Rollenbahnantriebsriemen
- Tangentialriemen
- Doppelgurtriemen
- Faltschachtelriemen
- Maschinenbänder
- Elastische Food Bänder

Besonders in den vier letztgenannten Gruppen vermischt sich die Antriebsfunktion oft mit z.T. sehr anspruchsvollen Prozessaufgaben. Siegling Extremultus Flachriemen unterstützen diese Prozessformen aufgrund der vielfältigen Bandeigenschaften ideal.

Siegling Extremultus Antriebsriemen

Siegling Extremultus Antriebsriemen überzeugen im Vergleich zu anderen Antriebselementen durch ihren Wirkungsgrad (≥ 98 %), ihre hohe Gleichlaufgenauigkeit und ihr einfaches Handling.

Sie zeichnen sich darüber hinaus aus durch:

- sichere Drehzahleinhaltung und hohe Standzeiten
- kurze Spannwege, geringen Dehnschlupf
- gute Dämpfungseigenschaften
- Belastbarkeit bis zu einer Leistung von 1850 kW
- einfache Realisierung von Winkel- und Konusantrieben bei denen der Riemen auch um seine Längsachse verdreht wird

Übliche Beschichtungskombinationen

LT = Leder Unterseite, Gewebe Oberseite
LL = Leder Unter- und Oberseite
GT = Elastomer G Unterseite, Gewebe Oberseite
GG = Elastomer G Unter- und Oberseite

Siegling Extremultus Rollenbahnantriebsriemen

Siegling Extremultus Rollenbahnantriebsriemen sind energiesparende und langlebige Antriebselemente für hohe Geschwindigkeit und Sicherheit im Distributionsprozess.

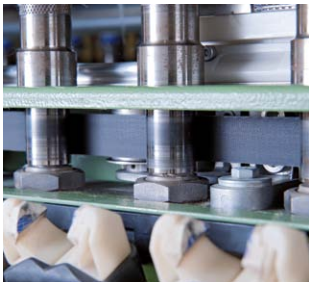
Sie zeichnen sich aus durch:

- langlebige Unterseiten mit konstantem Grip
- klimaunabhängige, konstante Spannung (Aramid und Polyester Reihe)
- hohe Flexibilität bei gleichzeitiger Zugfestigkeit
- geringe Verlustleistung durch reduzierte Walkarbeit
- geringe Stillstandzeiten durch schnelle Montage

Übliche Beschichtungskombinationen

GG = Elastomer G Unter- und Oberseite
UU = Polyurethan Unter- und Oberseite
RR = Medium Grip Unter- und Oberseite

Siegling Extremultus Tangentialriemen



Siegling Extremultus Tangentialriemen sind für verschiedene Verfahren der Garnherstellung und unterschiedliche Antriebsgeometrien optimiert. Sie leisten einen erheblichen Beitrag zu gleichbleibend hoher Garnqualität und rationeller Produktion durch:

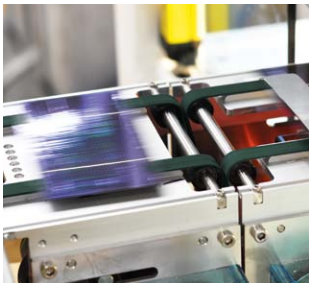
- hochabriebfeste Beschichtungen aus Elastomer G oder Polyurethan mit konstantem Reibwert und hoher Standzeit
- optimierte Oberflächenstrukturen für Ober- und Unterseite
- reduzierten Riemenschlupf und höchste Leistungsübertragung
- energieeffiziente Zugträger aus Polyester oder Aramid
- Zugträger aus hochverstrecktem Polyamidband mit guten Dämpfungseigenschaften
- geräusch- und schwingungsarmen Betrieb
- antistatische Ausrüstung

Übliche Beschichtungskombinationen

GG = Elastomer G Unter- und Oberseite
UT = Polyurethan Unterseite, Gewebe Oberseite

2.9 ANWENDUNGSGRUPPEN

Siegling Extremultus Doppelgurtriemen

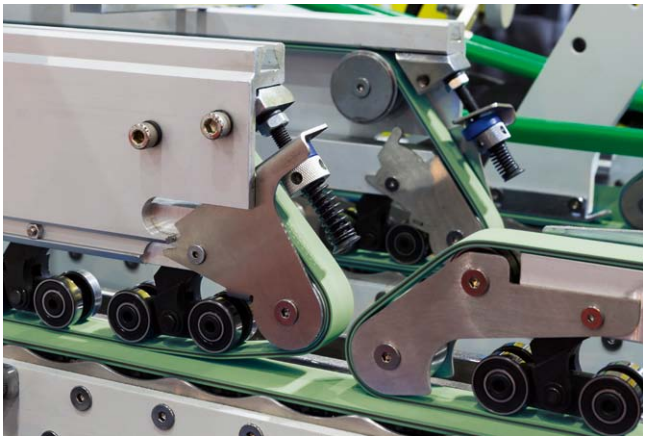


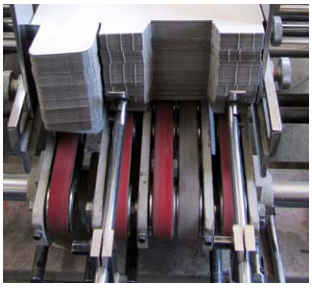
Siegling Extremultus Doppelgurtriemen sind Spezialentwicklungen mit besonderen mechanischen und elektrostatischen Eigenschaften, die Transport und Handling z. B. von elektronischen Bauteilen effizienter und sicherer machen:

- durch HC bzw. HC+ Eigenschaften (highly conductive bzw. highly conductive plus) kann die im Fördersystem entstehende statische Aufladung besser kontrolliert abgeleitet werden
- durch vereinfachten Staubetrieb mit TT-Typen, die dauerhaft niedrige Reibwerte auf Ober- und Unterseite aufweisen
- durch besonders hohe Abriebfestigkeit sowie stabile, flusenfreie Bandkanten

Übliche Beschichtungskombinationen
TT = Gewebe Unter- und Oberseite

Siegling Extremultus Faltschachtelriemen



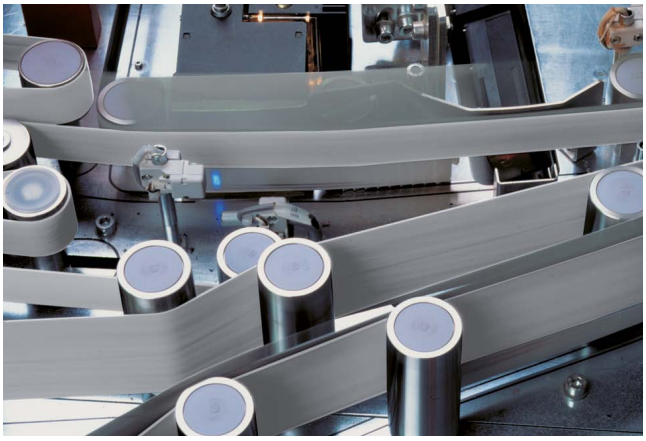


Bei der Herstellung und Verarbeitung von Kartonagen und Wellpappen tragen **Siegling Extremultus Faltschachtelriemen** entscheidend dazu bei, dass Qualitäts- und Produktivitätspotenzial der Anlage voll auszuschöpfen. Das Siegling Extremultus Typenprogramm bietet für jede Anwendung den optimalen Riemen mit spezifischem Eigenschaftsprofil:

- durch spannungsstabile Zugträger aus Polyester- oder Aramidgewebe, Polyamidband oder elastischem Polyurethan
- durch ‚Grip nach Maß' mit verschiedenen produktschonenden Oberseiten – auch zugelassen für den direkten Kontakt mit Lebensmitteln
- durch konstante Mitnahme und hohe Standzeiten

Übliche Beschichtungskombinationen
GG = Elastomer G Unter- und Oberseite
RR = Medium Grip Unter- und Oberseite

Siegling Extremultus Maschinenbänder



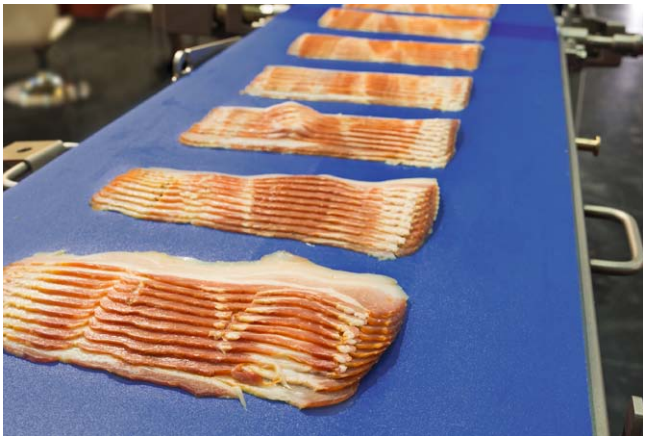
Siegling Extremultus Maschinenbänder sind in vielen industriellen Anwendungen unverzichtbare Maschinenelemente. Zuträger aus Polyestergewebe, Polyamidband oder Polyurethan qualifizieren sie für unterschiedlichste Einsatzbereiche. Siegling Extremultus Maschinenbänder bieten:

- hochabriebfeste Beschichtungen mit konstantem Reibwert und hoher Standzeit
- anforderungsgerechte Oberflächenstrukturen, -beschichtungen und elektrostatische Eigenschaften
- anforderungsgerechte Dämpfungseigenschaften (abhängig vom Zuträger)
- niedrige Auflegedehnung, geringe Wellenbelastung
- Eignung für kleine Umlenkdurchmesser/rollende Messerkanten

Verschiedene Beschichtungskombinationen, z. B.

GG = Elastomer G Unter- und Oberseite
TT = Gewebe Unter- und Oberseite
TG = Gewebe Unter- und Elastomer G Oberseite

Siegling Extremultus Elastische Food Bänder



Siegling Extremultus Elastische Food Bänder sind speziell für Anwendungen in der Lebensmittelindustrie konstruiert. Der Zugträger besteht aus elastischem Polyurethan und ist daher zu 100 % flusenfrei. Siegling Extremultus Elastische Food Bänder sind:

- lebensmitteltauglich; FDA- und EU konform
- in blauer oder weißer Farbe erhältlich, um die Qualitätssicherung zu optimieren (Kontrast zu Lebensmitteln)
- elastisch und daher hervorragend für kurze Achsabstände, Bandwaagen und als Spreizbänder geeignet
- leicht zu reinigen
- chemisch beständig
- mit High Grip Beschichtung lieferbar

Ausgewählte Siegling Extremultus Elastische Food Bänder unterstützen zudem das HACCP Konzept.

Übliche Beschichtungskombinationen

UU = Polyurethan Unter- und Oberseite
UR = Polyurethan Unterseite, High Grip Oberseite

3 CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT

3.1 Allgemeine Hinweise

3.2 Chemische Beständigkeit

3.1 ALLGEMEINE HINWEISE

Die Angaben zur Beständigkeit von Siegling Extremultus Beschichtungen basieren auf Laboruntersuchungen und praktischen Erfahrungen. Sie gelten bei Normklima (+23 °C und 50 % relative Luftfeuchtigkeit).

Bei größeren Abweichungen vom Normklima kann sich die Beständigkeit der Beschichtungen ändern. Wir empfehlen, die Beständigkeitsangaben im Rahmen der jeweiligen Betriebsverhältnisse und der auf das Band einwirkenden Medien selbst zu prüfen. Auf Anforderung liefern wir Ihnen gerne entsprechende Musterstücke. Bitte sprechen Sie uns an.

Sämtliche Siegling Extremultus Flachriemen sind nicht beständig gegen organische und anorganische Säuren.

Siegling Extremultus Flachriemen mit den Beschichtungsmaterialien G, N, P, T, U, R sind chemisch unempfindlich gegen Öle und Fette, sowie die meisten der handelsüblichen Lösungsmittel. Für eine einwandfreie Funktion müssen sie jedoch frei von Fett und Öl gehalten werden.

Siegling Extremultus Flachriemen mit dem Beschichtungsmaterial Chromleder (L) sind unempfindlich gegen Maschinenöle, Dieseltreibstoffe, Benzin, Benzol, gebräuchliche Lösungsmittel wie Ethylacetat, Aceton und dgl., Chlorkohlenwasserstoffe wie Perchlorethylen u.a..

Ausführungen mit ein- oder beidseitiger Lederbeschichtung können bei Öl- und Fetteinfluss eingesetzt werden.

Hinweis: *Diese Siegling Extremultus Flachriemen sollten regelmäßig mit Siegling Extremultus Sprühpaste behandelt werden,* *siehe Kapitel 6.4.*

Die chemische Beständigkeit der Siegling Extremultus Flachriemen ist besonders in Anwendungen mit direktem Kontakt zu Lebensmitteln und Pharmazieprodukten von entscheidender Bedeutung. Hierzu zählen hauptsächlich Artikel mit den Beschichtungswerkstoffen U und High Grip R. In diesen Anwendungen ist zudem eine häufige Reinigung der Flachriemen erforderlich.

Riemen mit Medium Grip R und G Beschichtung werden in Faltschachtelklebemaschinen in der Lebensmittelindustrie eingesetzt.

In den nachfolgenden Tabellen ist daher die chemische Beständigkeit dieser Beschichtungswerkstoffe gegenüber den gebräuchlichsten Substanzen aus den drei folgenden Bereichen aufgeführt:

- Pharmazeutika, Kosmetika
- Reinigungsmittel
- Nahrungs- und Genussmittel

Genaue Angaben über die chemische Beständigkeit eines speziellen Artikels erhalten Sie auf Anfrage. Auf Wunsch untersuchen wir unsere Siegling Extremultus Flachriemen auch hinsichtlich der Beständigkeit gegenüber Ihrem Reinigungsmittel. Wenden Sie sich hierfür bitte an Ihren lokalen Ansprechpartner:
www.forbo.com/movement > Kontakt

3.2 CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT

Pharmazeutika, Kosmetika

	Polyurethan (U)	High/Medium Grip (R)	Elastomer G (G)
Aspirin	●	●	●
Chinin	●	●	●
Fichtennadelöl	●	–	❍
Haarshampoo*	●	●	●
Jodtinktur	●	❍	❍
Kiefernnadelöl	●	–	❍
Lanolin	●	–	❍
Lysol	●	–	❍
Nagellack*	●	❍	●
Nagellackentferner*	–	–	–
Parfüm	●	–	●
Quecksilbersalbe	●	●	●
Rizinusöl	●	–	❍
Sagrotan	●	–	–
Schwefelsalbe*	●	–	❍
Seife (Stückseife)	●	●	●
Seifenlösung	❍	●	❍
Vaseline	●	–	●
Zahnpasta	●	●	●

Reinigungsmittel

	Polyurethan (U)	High/Medium Grip (R)	Elastomer G (G)
Aldehyde	–	●	–
Aliphatische Kohlenwasserstoffe	❍	●	●
Alkohole*	❍	❍	❍
Amine	–	●	●
Aromatische Kohlenwasserstoffe	–	–	–
Brenn-/Kraftstoffe	●	●	❍
Chlorkohlenwasserstoffe	❍	●	–
Erdöl	●	–	●
Ester	●	●	–
Ether	●	–	–
Fette, Öle	●	–	●
Flusssäure	–	●	❍
Halogene, trocken	❍	❍	–
Ketone	–	–	–
Laugen, schwach	–	●	●
Laugen, stark	–	●	❍
Lösungen anorganischer Salze	●	●	●
Organische Säuren	–	●	❍
Oxidierende Säuren	–	●	●
Säuren, schwach	–	●	●
Säuren, stark	–	❍	●
Terpentin	–	–	●
Ungesättigte Chlorkohlenwasserstoffe	–	–	–
Wasser, kalt	●	●	●
Wasser, warm	●	●	●

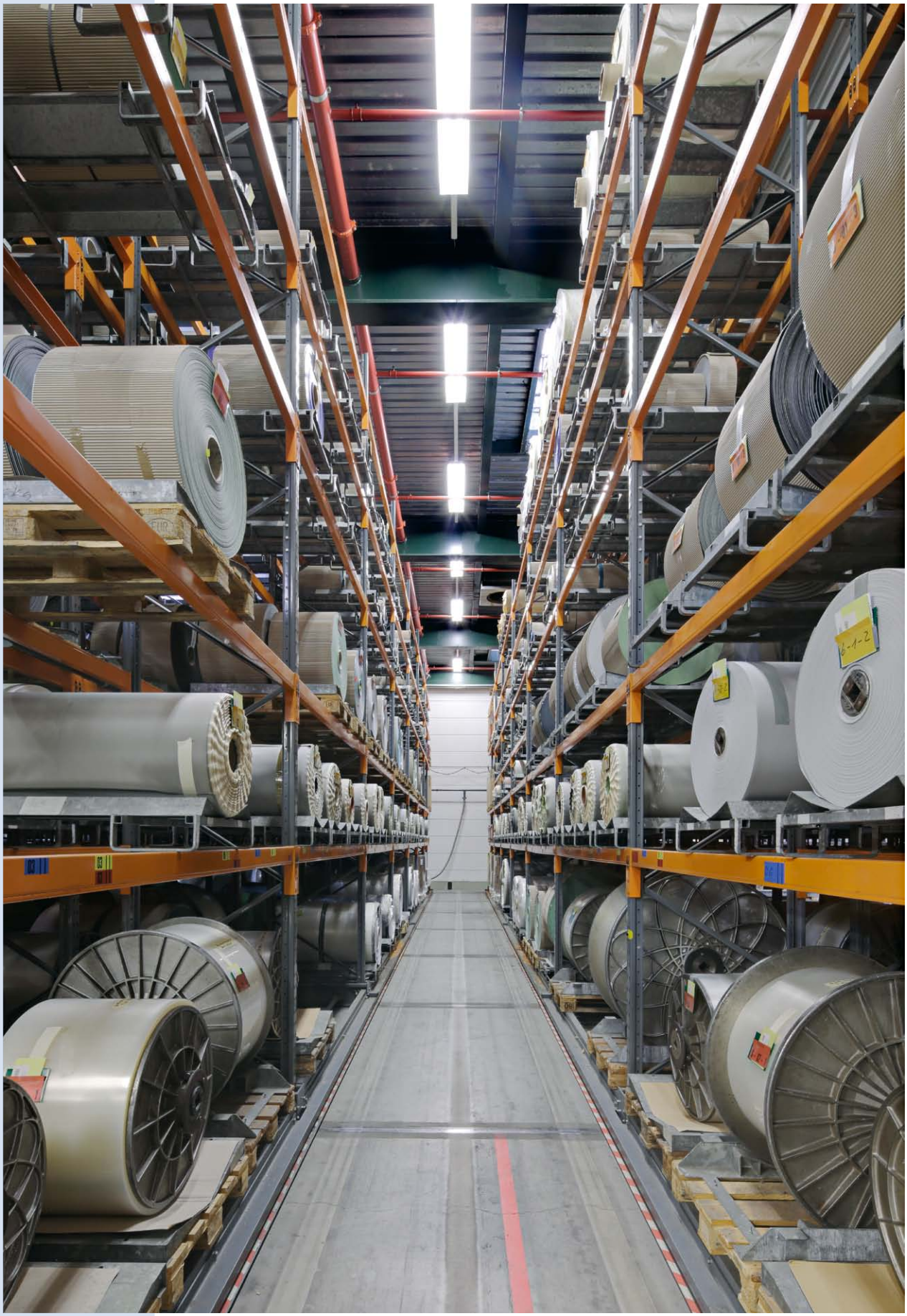
3.2 CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT

Nahrungs- und Genussmittel

	Polyurethan (U)	High/Medium Grip (R)	Elastomer G (G)
Ananassaft	●	●	●
Apfelmus	●	●	●
Apfelsaft	●	●	●
Apfelsinensaft	●	●	●
Bier	●	●	●
Bratensoße	●	●	●
Brot	●	●	●
Butter	●	●	●
Buttermilch	●	–	●
Ei (roh und gekocht)	●	●	●
Erdnußöl	●	–	●
Essig 5 %	❍	●	❍
Essigessenz	–	●	–
Fisch	●	●	●
Fisch (sauer eingelegt in versch. Soßen)*	❍	●	●
Fleisch	●	●	●
Fruchtsäfte	●	●	●
Gelatine	●	●	●
Gelee	●	●	●
Gemüse, roh	●	●	●
Gemüse, tischfertig	●	●	●
Getreide	●	●	●
Gin	●	●	●
Grapefruitsaft	●	●	●
Grießbrei	●	●	●
Hefe	●	●	●
Honig	●	●	●
Kaffee (Bohnen und gemahlen)	●	●	●
Kaffee, trinkfertig	●	●	●
Kakao, Pulver	●	●	●
Kakao, trinkfertig	●	●	●
Kartoffelbrei	●	●	●
Kartoffelsalat	●	●	●
Käse	●	●	●
Kokosnußöl	●	–	❍
Kola-Konzentrate	●	●	●
Kuchen*	●	●	●
Lebertran	●	–	●
Leinöl	●	–	●
Liköre	●	●	●
Limonaden	●	●	●
Mais	●	●	●
Maiskeimöl	●	–	●
Margarine	●	–	●
Marmelade	●	●	●
Mayonnaise	●	–	●
Meerrettich, tischfertig	●	●	●
Mehl	●	●	●
Melasse	●	●	●
Milch	●	●	●
Milchspeisen	●	●	●

	Polyurethan (U)	High/Medium Grip (R)	Elastomer G (G)
Nelken (Gewürz)	●	●	●
Obstsalat (ohne Fett)	●	●	●
Olivenöl	●	–	●
Palmkernöl	●	–	●
Paprika	●	●	●
Pfeffer	●	●	●
Pudding	●	●	●
Quark	●	❍	●
Reis	●	●	●
Rindertalg	●	–	●
Rum*	●	●	●
Sahne, Schlagsahne	●	❍	●
Salz, trocken	●	●	●
Salzheringe	●	●	●
Salzwasser	●	●	●
Sauerkraut	●	●	●
Schweineschmalz	●	–	●
Senf	●	❍	●
Sodawasser	●	●	●
Sojaöl	●	–	●
Sonnenblumenöl	●	–	●
Speiseöl, pflanzlich	●	–	●
Speiseöl, tierisch	●	–	●
Stärkelösung, Stärke, wässrig	●	●	●
Stärkesirup	●	●	●
Tee, trinkfertig	●	●	●
Teeblätter	●	●	●
Tomaten	●	●	●
Tomatenketchup	●	●	●
Tomatensaft	●	●	●
Traubenzucker	●	●	●
Vanille	●	●	●
Wasser	●	●	●
Wein, Glühwein	●	●	●
Weinbrand	●	●	●
Weinsäure	●	●	●
Weintrauben	●	●	●
Whisky	●	●	●
Wurst	●	●	●
Zimt, Pulver	●	●	●
Zimt, Stangen	●	●	●
Zitronenaroma	●	●	●
Zitronensaft	●	●	●
Zitronensäure	●	●	●
Zitronenschale	●	●	●
Zucker, trocken	●	●	●
Zuckerlösungen	●	●	●
Zuckerrübensirup	●	●	●

● = Beständig | ❍ = Eingeschränkt beständig | – = Nicht beständig | * Beständigkeit hängt von der Zusammensetzung ab



4 RIEMENAUSWAHL

4.1 Allgemeine Hinweise

4.2 Zugträger

4.3 Beschichtungsmaterialien

4.4 Product Finder Extremultus

4.5 B_Rex Berechnungsprogramm

4.1 ALLGEMEINE HINWEISE

Siegling Extremultus Artikel sind in unterschiedlichen Materialkombinationen erhältlich.

Damit eine geeignete, anwendungsspezifische Auswahl eines Siegling Extremultus Artikels erfolgen kann, sind die Eigenschaften des Zugträgers und die des Beschichtungsmateriales maßgeblich. Die erforderlichen Eigenschaften hängen vom gesamten Kontext des Einsatzes ab. Für eine fundierte Riemenauswahl müssen deshalb alle Parameter umfassend ermittelt werden.

Das grundlegende Vorgehen bei der Riemenauswahl erfolgt daher meistens nach dem folgenden Schema:

- Sammlung aller Einsatzbedingungen
- Festlegung der Zugträgerreihe und -ausführung
- Festlegung der Beschichtungsmaterialien
- Dimensionierung

Aufgrund produktionstechnischer Limitierungen sowie werkstoff- und anwendungsspezifischen Besonderheiten sind nicht alle Materialkombinationen möglich oder sinnvoll. Falls Sie Fragen zu der Auswahl der Siegling Extremultus Artikel hinsichtlich einer spezifischen Anwendung haben, wenden Sie sich bitte an Ihren lokalen Ansprechpartner:

www.forbo.com/movement > Kontakt

Wir helfen Ihnen gerne weiter.

Zugträgereigenschaften

Max. Auflegedehnung
Die maximale Auflegedehnung beschreibt die Dehnung, mit der ein Riemen dieser Zugträgerreihe maximal in der Anwendung aufgelegt werden darf, damit er keine dauerhafte Schädigung aufgrund übermäßiger Trumkräfte erfährt.

Sofortwert der Wellenkraft
Der Sofortwert der Wellenkraft stellt sich bei einem jungfräulichen, nicht relaxierten Riemen ein und ist zum Teil deutlich höher als die berechnete Wellenkraft (im beruhigten Zustand). Das Verhältnis zwischen dem Sofortwert und dem beruhigten Wert der Wellenkraft ist abhängig vom Werkstoff des Zugträgers. Weitere Informationen hierzu finden Sie in Kapitel 6.3.

Umfangskraftübertragung
Die Umfangskraftübertragung beschreibt die Eignung der Zugträgerreihe, eine hohe Umfangskraft zu übertragen. Je größer die (Umfangs-)Kraft ist, die pro Flächeneinheit übertragen werden kann, desto besser ist die Übertragungsfähigkeit.

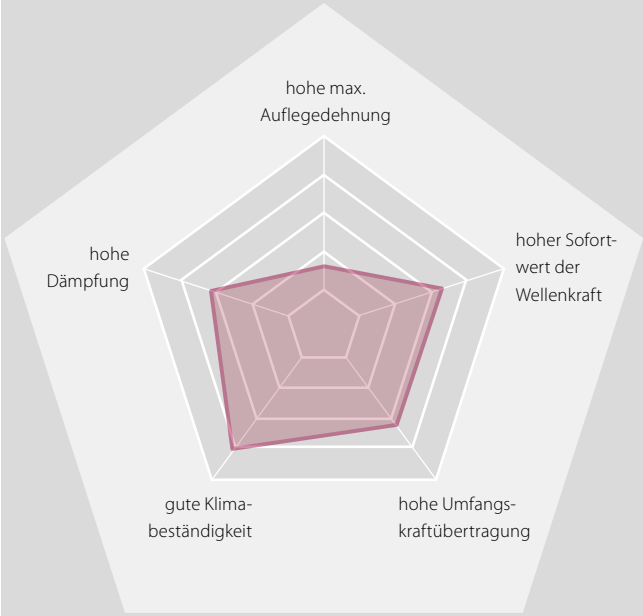
Klimabeständigkeit
Die Klimabeständigkeit gibt an, ob und in welchem Maß der jeweilige Zugträgerwerkstoff durch klimatische Änderungen (Temperatur und Luftfeuchte) beeinflusst ist.

Dämpfung
Die Dämpfung ist ein Maß dafür, wie gut mechanische Einflüsse, z. B. Kraftspitzen aber auch Schwingungen, vom Riemen bzw. dem Zugträger aufgenommen und abgebaut werden können. Die Dämpfung ist daher direkt vom E-Modul des Werkstoffs abhängig.

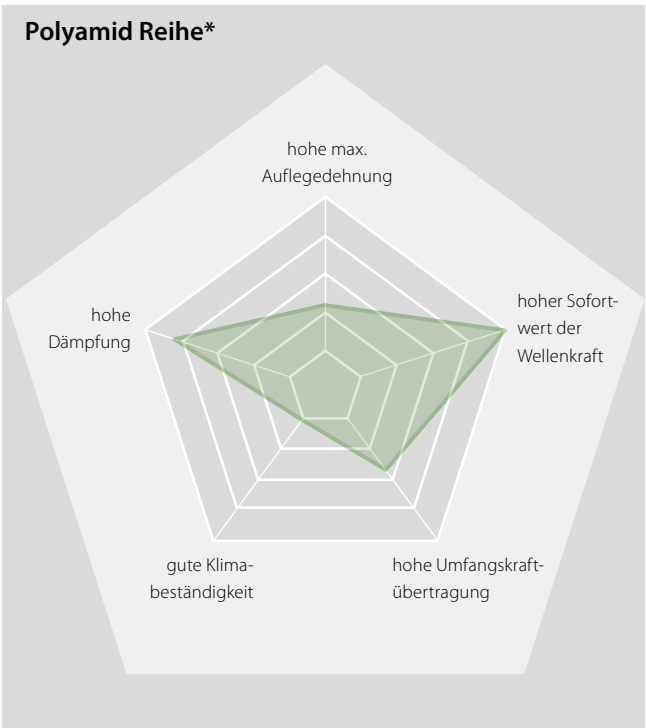
4.2 ZUGTRÄGER

Aramid Reihe*

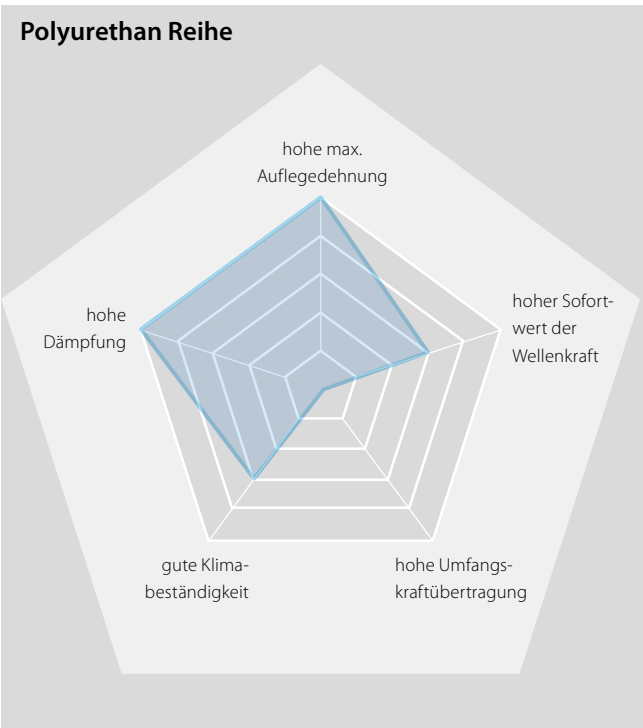
Polyester Reihe*



Polyamid Reihe*



Polyurethan Reihe



* Die gezeigten materialspezifischen Eigenschaften gelten sowohl für Gewebezugträger als auch für Zugband bzw. endlos gewickelte Cordfäden.

4.3 BESCHICHTUNGSMATERIALIEN

Eigenschaften der Beschichtungsmaterialien

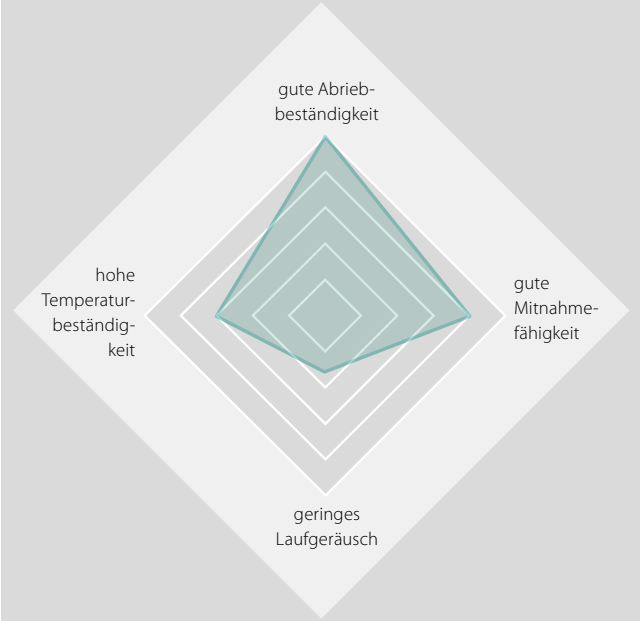
Abriebbeständigkeit
Die Abriebbeständigkeit bezieht sich auf den Kontakt mit den üblichen Materialien aus den entsprechenden Anwendungen.

Mitnahmefähigkeit
Die Mitnahmefähigkeit ist aus den Reibwerten zwischen den Beschichtungswerkstoffen und einer Stahlplatte abgeleitet. Die Messung der Reibwerte erfolgt im Rahmen Forbo Movement Systems interner, standardisierter Tests.

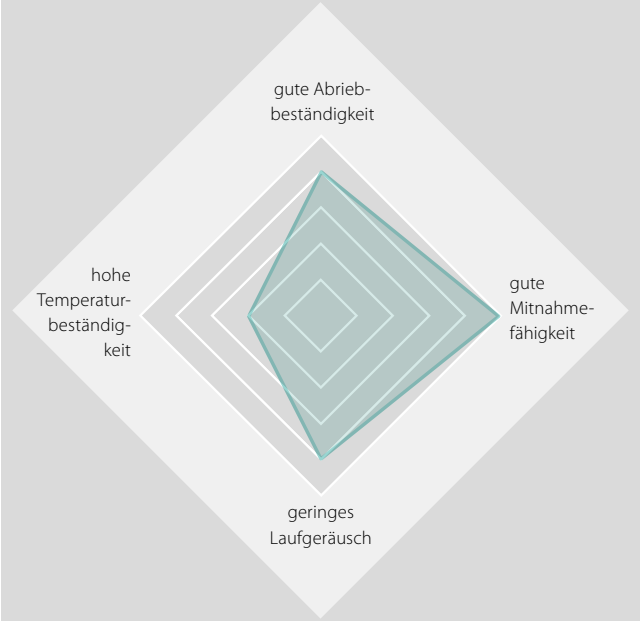
Laufgeräusch
Das Laufgeräusch ist von der Oberflächenstruktur und der Härte des Beschichtungswerkstoffs abhängig. Zudem spielt hierfür auch die Anlagenkonstruktion eine wesentliche Rolle.

Temperaturbeständigkeit
Als Temperaturbeständigkeit ist der Temperaturbereich zu verstehen, bei dem die Materialien bzw. die Riemen und Bänder betrieben werden können, ohne dass eine irreversible, thermische Zersetzung der Werkstoffe infolge hoher Temperaturen oder eine Schädigung infolge einer Versprödung bei tiefen Temperaturen einsetzt.

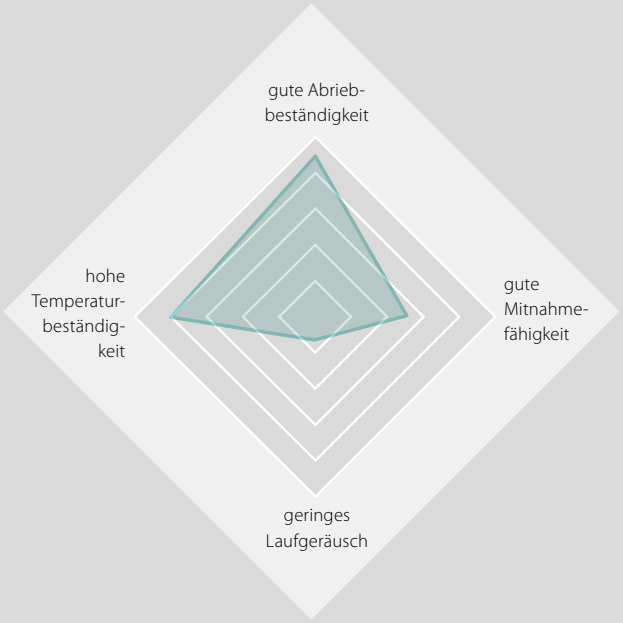
Elastomer (G)



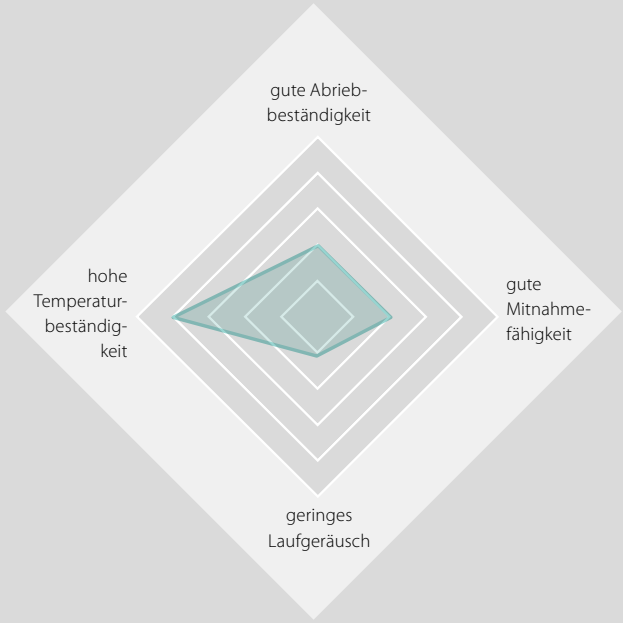
High/Medium Grip (R)



Chromleder (L)

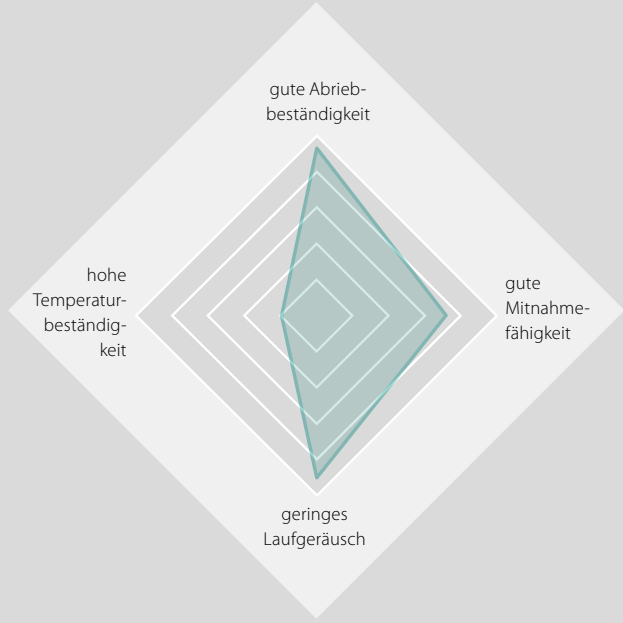


Gewebe (T)



Polyesterfaservlies (N)

Polyurethan (U)

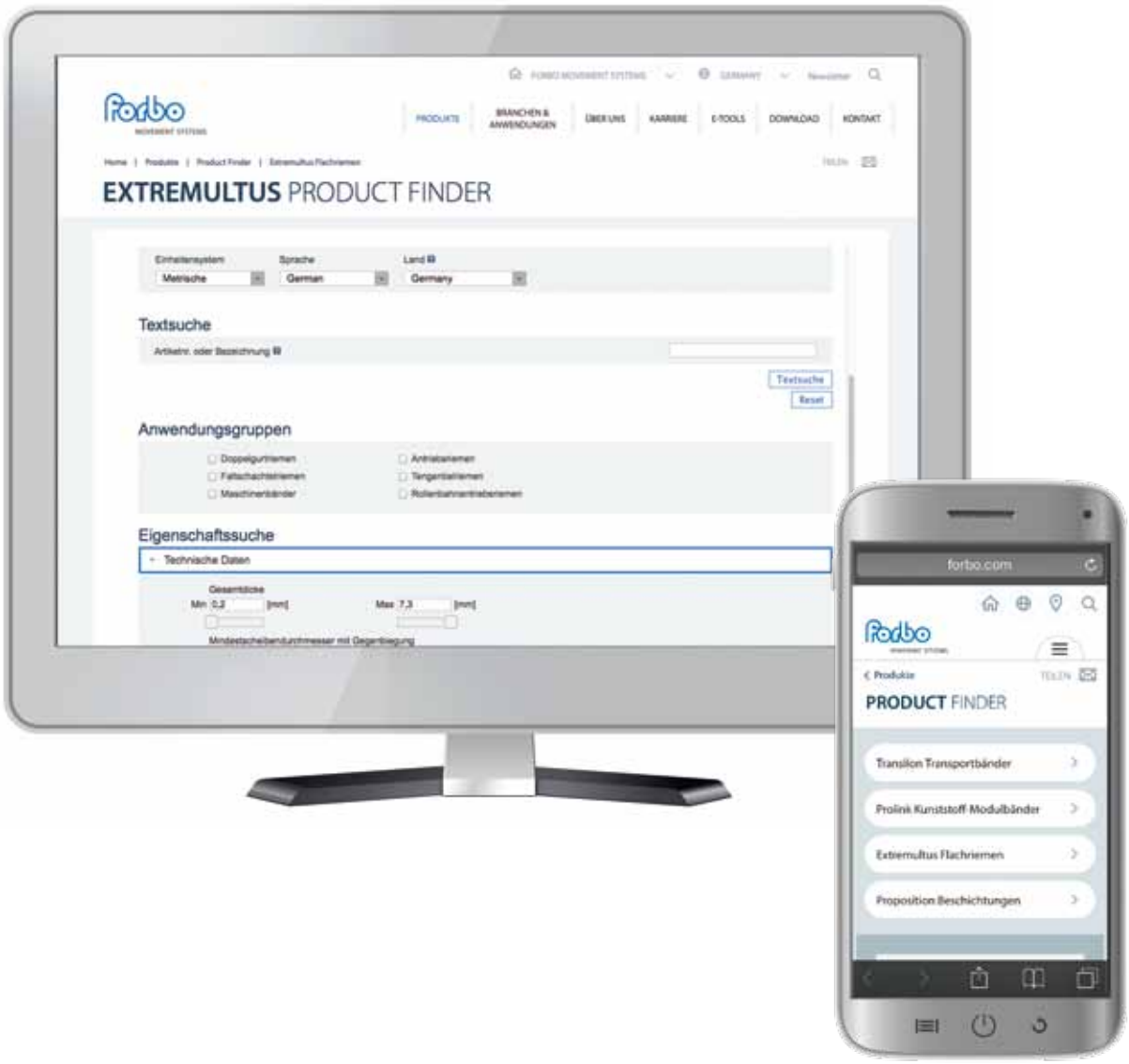


4.4 PRODUCT FINDER EXTREMULTUS

Eine pragmatische Möglichkeit der Riemenauswahl liefert der Extremultus Product Finder. Dieser komfortable Finder steht als E-Tool auf der Forbo Movement Systems Homepage zur Verfügung und ist gleichermaßen für Computer und für mobile Endgeräte optimiert.
www.forbo.com/movement > E-Tools

Der Extremultus Product Finder ist eine Suchmaschine, mit der sämtliche Siegling Extremultus Artikel anhand ihrer technischen Daten, signifikanten Parameter und spezifischen Eigenschaften durchsucht, gefiltert und letztendlich ausgegeben werden können. Eine Filterung nach Anwendungsgruppen sowie eine Textsuche kann ebenfalls durchgeführt werden.

Nach der erfolgreichen Suche oder Filterung wird eine Ergebnisliste ausgegeben. Für sämtliche Artikel der Ergebnisliste stehen Ihnen dann die Artikelnummern, Typenbezeichnungen sowie die Datenblätter (siehe Kapitel 2.5) im PDF-Format zur Verfügung. Konkrete Anfragen können unmittelbar per E-Mail platziert werden.



4.5 B_REX BERECHNUNGSPROGRAMM

Schon seit Jahren legt Forbo Movement Systems Kundenanwendungen mit dem hauseigenen Berechnungsprogramm B_Rex aus. Das Berechnungsprogramm erhalten Sie nach einer kostenlosen Registrierung unter: www.forbo.com/movement > E-Tools

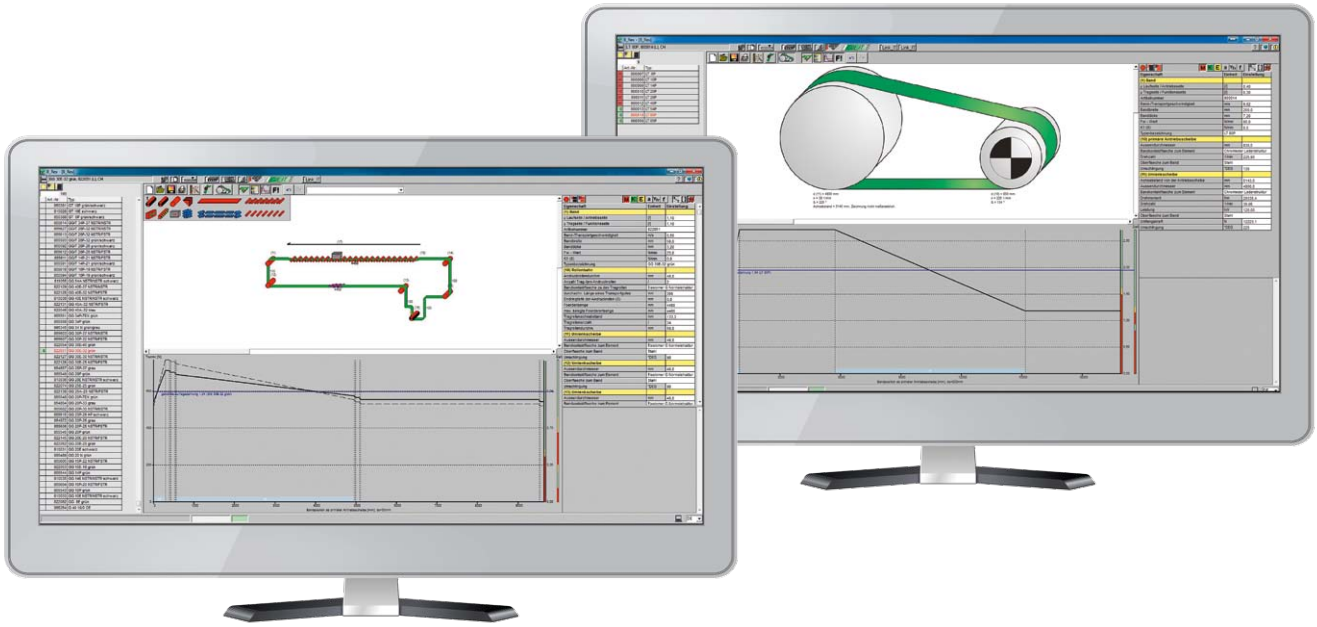
B_Rex ermöglicht die symbolische Abbildung und Veränderung von Förderanlagen und Antrieben am PC und kann so das Zusammenspiel jeder beliebigen Anlage mit jedem Siegling Extremultus Flachriemen simulieren. Die Artikeldaten sind in Form einer Datenbank in dem Programm hinterlegt.

Grundsätzlich unterteilt sich eine Anlagenauslegung mit B_Rex in vier einfache Schritte und fordert vom Konstrukteur lediglich solche Informationen ein, die ihm ohnehin bekannt sind. Jede Veränderung der Parameter einer Auslegung führt sofort zu einer Neuberechnung, sodass die Anlage leicht optimiert werden kann. B_Rex ist frei verfügbar und zurzeit das am weitesten entwickelte Berechnungsprogramm mit den meisten Möglichkeiten auf dem Gebiet der Flachriemen und leichten Transportbänder. Das Programm enthält ebenfalls eine Anleitung im PDF-Format.

Das Berechnungsprogramm B_Rex bietet eine komfortable Möglichkeit, für beliebige Riemenkonfigurationen den Verlauf von Riemenkraft und Riemendehnung zu berechnen und zu visualisieren. Typische Elemente der Fördertechnik wie Rollenbahnen, Reibtische usw. lassen sich mit parametrierbaren Bausteinen schnell modellieren. Für klassische Rollenbahnförderer mit Heck- oder Kopfantrieb stehen vorgefertigte Modelle bereit, um das häufige Modellieren der Anlagen zu unterstützen. Zudem steht ein separates Berechnungsmodell für den klassischen Zweischeibentrieb zur Leistungsübertragung zur Verfügung. Für jedes Riementeilstück wird außerdem eine Schwingungsanalyse durchgeführt, die vor dem Auftreten von Transversalschwingungen („Flattern“) des Flachriemens warnt, die die Riemenlebensdauer deutlich verkürzen können.

Für unsere Kunden ist die Version zeitlich beschränkt, um zu gewährleisten, dass in regelmäßigen Abständen eine aktuelle Version geladen wird, die neben Fehlerbereinigungen auch unser aktualisiertes Produktprogramm enthält.

Bei der Arbeit mit diesem Programm wünschen wir Ihnen viel Erfolg. Bei Fragen oder Problemen wenden Sie sich per E-Mail an: brex@forbo.com



5 FERTIGUNGS-DATEN

5.1 Fertigungstoleranzen

5.2 Lieferformen

5.1 FERTIGUNGSTOLERANZEN

Grundsätzlich gelten die Fertigungstoleranzen wie in den nachfolgenden Tabellen angegeben. Sie beinhalten keine Geometrieänderungen, die nach der Fertigung durch klimatische Schwankungen oder andere äußere Einwirkungen auftreten können. In einigen Fällen sind auf Wunsch auch Sondertoleranzen möglich. Bitte wenden Sie sich hierzu an Ihren lokalen Ansprechpartner: www.forbo.com/movement > Kontakt

Längentoleranzen

Polyester Reihe und Aramid Reihe (Gewebe)	
300 – 5000 mm	± 0,30 %
5001 – 15000 mm	± 0,20 %
> 15000 mm	± 0,15 %

Polyester Reihe und Aramid Reihe (Cordfäden)	
500 – 1000 mm	± 0,50 %
1001 – 5000 mm	± 0,40 %
> 5000 mm	± 0,30 %

Polyamid Reihe (Zugband und Gewebe)	
300 – 5000 mm	± 0,50 %
5001 – 15000 mm	± 0,30 %
> 15000 mm	± 0,20 %

Polyurethan Reihe	
300 – 5000 mm	± 0,30 %
5001 – 15000 mm	± 0,20 %
> 15000 mm	± 0,15 %

Breitentoleranzen

Polyester Reihe und Aramid Reihe (Gewebe)	
10 – 120 mm	+ 0,2/– 0,3 mm
121 – 500 mm	± 1,5 mm
> 500 mm	± 5,0 mm

Polyester Reihe und Aramid Reihe (Cordfäden)	
20 – 50 mm	± 1,0 mm
51 – 100 mm	± 1,5 mm
101 – 250 mm	± 2,0 mm
> 250 mm	± 3,0 mm

Polyamid Reihe (Zugband und Gewebe)	
10 – 50 mm	± 1,0 mm
51 – 120 mm	± 2,0 mm
121 – 500 mm	± 3,0 mm
501 – 1000 mm	± 10,0 mm

Polyurethan Reihe	
10 – 120 mm	+ 0,2/– 0,3 mm
121 – 500 mm	± 1,5 mm
> 500 mm	± 5,0 mm

Dickentoleranzen

Siegling Extremultus Flachriemen können, je nach Kombination aus Zugträger- und Beschichtungsmaterial, unterschiedliche Dickentoleranzen aufweisen. Beachten Sie bitte stets die Hinweise auf den jeweiligen Datenblättern.

Toleranzen für Lochungen

alle Reihen	
Lochdurchmesser	± 0,5 mm
Lochabstand	± 1,0 mm

5.2 LIEFERFORMEN

Die Siegling Extremultus Artikel werden in großen Breiten und als Rollenware in sehr großen Längen hergestellt. Die Auslieferung kann dann kundenspezifisch in unterschiedlichen Lieferformen erfolgen, abhängig von den Produktions- bzw. Standardliefermaßen.

Lieferformen

Alle Siegling Extremultus Flachriemen können – abgesehen von Flachriemen mit Zugträgern aus endlos gewickelten Cordfäden – in den folgenden drei Lieferformen bereitgestellt werden:

- Offen, als Rollenware
- Vorbereitet, für die Montage vor Ort in den Varianten
  - im 90°- oder 60°-Winkel zugeschnitten
  - einseitig vorbereitet zum Endlosmachen
  - beidseitig vorbereitet zum Endlosmachen
- Endlos, verbunden und fertig zum Einbau (auch Flachriemen mit Zugträgern aus endlos gewickelten Cordfäden)

Für weitere Informationen zu den Lieferformen wenden Sie sich bitte an Ihren lokalen Ansprechpartner: www.forbo.com/movement > Kontakt

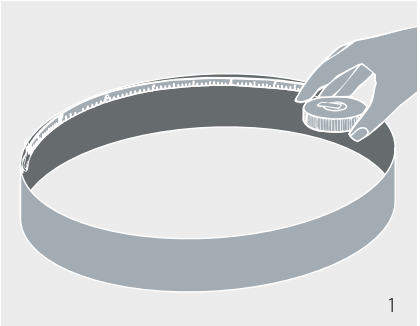
Wir helfen Ihnen gerne weiter.

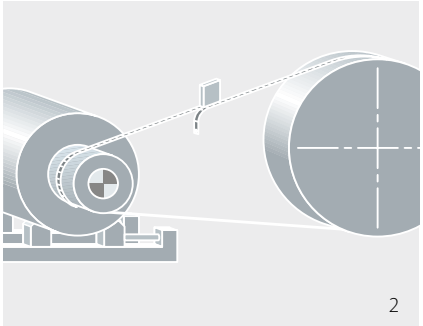
Bestelllänge ermitteln

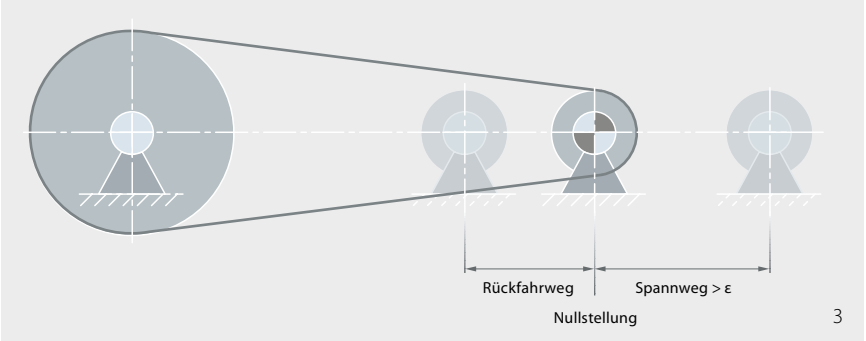
Die Bestelllänge endlos verbundener Flachriemen wird innen, d.h. auf der Unterseite gemessen.

Dazu Flachriemen hochkant stellen und Ende des Stahlbandmaßes innen festklammern (Abb. 1) oder direkt mit dem Bandmaß über die Riemenscheiben messen (Abb. 2).

Sofern ihre Anlage über eine Spannstation verfügt, sollte diese zur Ermittlung der Bestelllänge wie auf der Abbildung 3 gezeigt eingestellt werden.
Die Ermittlung der Bestelllänge sollte bei der Nullstellung der Spannstation erfolgen. Es wird dabei empfohlen, die Nullstellung der Spannstation so zu wählen, dass ein Spannweg möglich ist, der größer ist als der Weg, der für die Aufbringung der Auflegedehnung erforderlich ist. Zudem sollte ein Rückfahrweg von der Nullstellung aus möglich sein, der größer ist als die Minustoleranz die sich bei Fertigung des Riemens ergeben kann.


1


2



3

TEAC

6 UMGANG MIT FLACHRIEMEN

6.1 Lagerung

6.2 Zustand der Anlage

6.3 Auflegen und Spannen

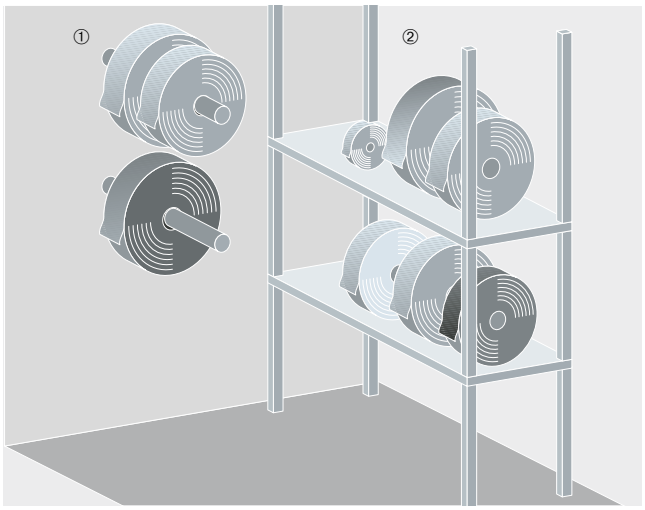
6.4 Pflege und Umgang

6.1 LAGERUNG

Aufgrund der spezifischen Eigenschaften der Siegling Extremultus Flachriemen, sind einige Hinweise zu den Lagerungsbedingungen zu berücksichtigen:

- Lagerung sollte bei Normklima (23 °C, 50 % Luftfeuchte) nach DIN EN ISO 291 erfolgen.
- Material nicht auf die Bandkante legen, sondern mit einer Papphülse auf ein Rohr oder dergleichen aufhängen (Abb. 1) oder, falls nicht anders möglich, hochkant stehend lagern (Abb. 2).
- hochwertige Flachriemen (z. B.: Tangentialriemen) mit Polyamidzugträger werden nach Absprache ab Werk in klimadichter Spezialverpackung geliefert. Verpackung erst bei Montage öffnen.
- Flachriemen keiner direkten Sonnenbestrahlung aussetzen (besonders bei G-, R- oder U-Beschichtung beachten)

Insbesondere bei der Polyamid Reihe kann sich das Material durch einseitigen Einfluss von Feuchtigkeit oder Wärme leicht verformen. Bei 0,2 bis 0,4 % Dehnung tritt jedoch eine Egalisierung ein, sodass ein einwandfreier Lauf gewährleistet ist. Siegling Extremultus Flachriemen mit Polyamidzugträger weisen eine besondere Feuchtigkeitsabhängigkeit auf. Beim



Einsatz in feuchter Umgebung oder bei Kontakt mit Wasser können sich der E-Modul und damit die wesentlichen Eigenschaften des Flachriemens signifikant ändern. Sollen Flachriemen mit diesem Zugträger unter extremen klimatischen Bedingungen eingesetzt werden, empfiehlt sich eine Rücksprache mit der Anwendungstechnik von Forbo Movement Systems.

6.2 ZUSTAND DER ANLAGE

Ein wichtiger Faktor zur Maximierung der Lebensdauer der Siegling Extremultus Flachriemen ist der Zustand der Anlage, auf der die Flachriemen betrieben werden sollen. Die maximale Lebensdauer der Flachriemen und damit ein störungsfreier Betrieb können nur gewährleistet werden, sofern sich die Anlage in einem einwandfreien Zustand befindet. Die folgende Aufzählung zeigt einige Punkte, die bei Nichtbeachtung einen vorzeitigen Ausfall des Flachriemens begünstigen:

- Lauffläche der Riemenscheiben von Korrosionsschutzmitteln, Schmutz und Öl säubern.
- Parallelität der Wellen und Flucht der Riemenscheiben prüfen, ggf. nach Herstellerangaben justieren.
- Leichtgängigkeit sämtlicher Umlenk- und Unterstützungsrollen überprüfen und sicherstellen.
- Möglichkeiten zum Anlaufen des Flachriemens im Betrieb eliminieren, wie z. B. Riemenscheiben ohne Bordscheiben verwenden (siehe auch Kapitel 8) oder Abstände von Anlagenrahmen und -gehäusen zum Flachriemen überprüfen und ggf. anpassen.
- Sauberkeit der Anlage und der Umgebung sicherstellen. Schmutz/Anhaftungen auf der Unterseite der Flachriemen kann zu übermäßiger mechanischer Belastung und/oder übermäßigen Schlupf führen und den Flachriemen somit zerstören.

Hinweis: *Weitere Informationen zur Verbesserung der Lebensdauer von Siegling Extremultus Flachriemen sowie zur Behebung von Fehlern und Ausfallursachen finden Sie in Kapitel 11.*

6.3 AUFLEGEN UND SPANNEN

Auflegen

Beim Auflegen der Siegling Extremultus Flachriemen besteht die Gefahr die Flachriemen bei unsachgemäßer Behandlung derart vorzuschädigen, dass eine Dauerfestigkeit der Flachriemen im Betrieb nicht mehr gegeben ist. Daher sollten das Auflegen sowie das Spannen möglichst von fachkundigem Personal durchgeführt werden. Gerne vereinbaren wir mit Ihnen einen Termin zur Montage des Flachriemens bei Ihnen vor Ort.
www.forbo.com/movement > Kontakt

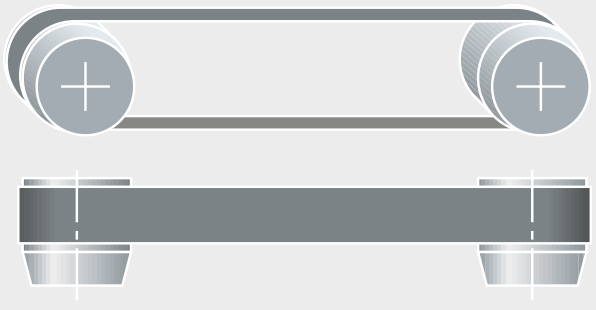
Grundsätzlich ist beim Auflegen der Siegling Extremultus Flachriemen die Anleitung des Anlagenherstellers zu berücksichtigen. Wichtig ist zudem, dass die Flachriemen nie über Scheibenkanten oder mit Hilfsmitteln aufgedreht werden, die Kantenbeschädigungen am Flachriemen verursachen und zum Knicken bzw. Einreißen führen.

Insbesondere Flachriemen der Aramid Reihe sind (bedingt durch den Aramid-Zugträger) anfällig für diese Art der Beschädigung.

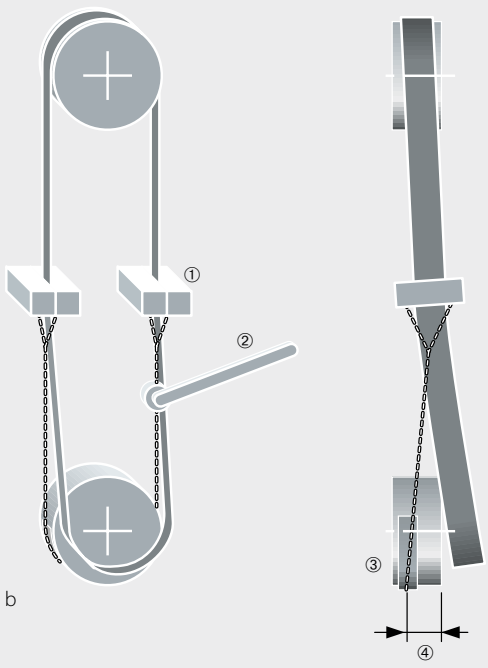
Die meisten Anlagen besitzen eine Spannvorrichtung, die ein Verringern der Achsabstände der Riemenscheiben zum Auflegen des Flachriemens ermöglicht. Ist dies nicht der Fall oder ist der Spannweg der Spannvorrichtung nicht groß genug, ist der Flachriemen derart zu dimensionieren, dass nach dem Auflegen die erforderliche Spannung erreicht wird.

Mögliche Hilfsmittel dafür sind:

– Aufdrehkegel (a)
– Hubzug (b – nur bei Polyamid Reihe verwenden)



a



b

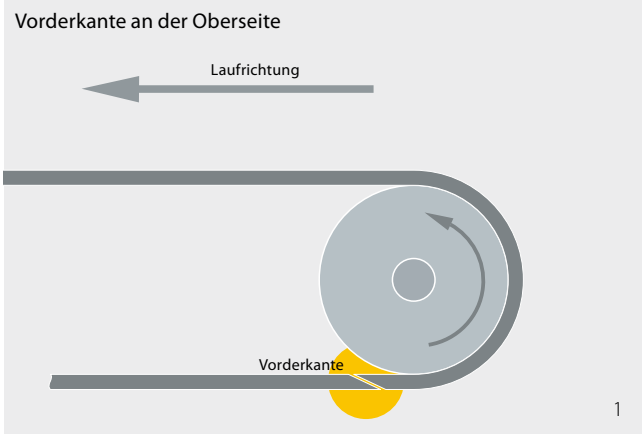
Zu b:
① Spannbacken
② Hubzug
③ Schutzunterlage (Riemenstück)
④ Riemenbreite (ca.)

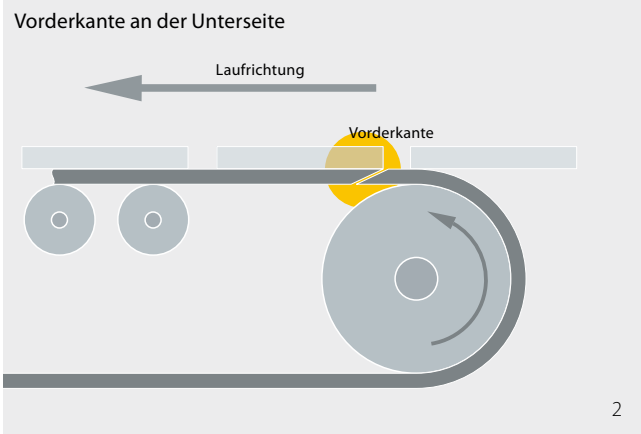
Neben den Methoden zum Auflegen der Flachriemen ist, bei Flachriemen mit Polyamid Zugträger, ebenfalls die Laufrichtung des Riemens in Bezug auf die Keilverbindung zu berücksichtigen.

Die Betrachtung der Keilverbindung im Querschnitt zeigt, dass diese Verbindungsart eine Vorderkante besitzt, die sich, je nach Ausrichtung des Flachriemens bezogen auf die Laufrichtung, entweder an der Oberseite oder der Unterseite des Flachriemens befindet.

Das geschmeidige Umlaufen an den Riemenscheiben oder der möglichst unkritische Kontakt mit einem Fördergut durch den Verbindungsbereich ist dann gegeben, wenn sich die Vorderkante auf der gegenüberliegenden Seite des kritischen Kontaktpunktes (Riemenscheibe oder Fördergut) befindet.

Der kritische Kontaktpunkt ist von der Anwendung des Siegling Extremultus Flachriemens abhängig.





Wird der Flachriemen beispielsweise als Antriebsriemen in einem 2-Scheibentrieb eingesetzt, ist der Kontakt mit den Riemenscheiben als kritischer Kontaktpunkt anzusehen, da die Riemenscheiben in der Regel den einzigen Kontakt mit dem Flachriemen darstellen. Um eine bessere Haltbarkeit der Keilverbindung zu gewährleisten, ist also eine Ausrichtung wie in Abbildung 1 dargestellt sinnvoll.

Wird der Flachriemen hingegen zum Transport eines abrasiven Förderguts, z. B. Papier eingesetzt, liegt der kritische Kontaktpunkt zwischen dem Flachriemen und dem Fördergut. Der Kontakt mit den Riemenscheiben spielt dann zumeist eine untergeordnete Rolle. Damit ist eine Ausrichtung wie in Abbildung 2 dargestellt zu empfehlen.

6.3 AUFLEGEN UND SPANNEN

Spannen

Zum Übertragen eines bestimmten Drehmoments ohne Gleitschlupf müssen Flachriemen vorgespannt sein. Das Aufbringen dieser Spannung erfolgt in der Regel über die Spannvorrichtung der Anlage. Dabei wird der Flachriemen gedehnt und erfährt eine Längenänderung im Vergleich zum ungedehnten Ausgangszustand. Diese so genannte Auflegedehnung wird in Prozent angegeben und ergibt sich im Detail aus der Auslegung des Siegling Extremultus Flachriemens für den entsprechenden Anwendungsfall. Die grundlegenden Richtwerte der Auflegedehnung für unterschiedliche Zugträger und unterschiedliche Anwendungen sind in der nebenstehenden Tabelle aufgeführt.

Das Spannen bzw. Aufbringen der Dehnung auf den Siegling Extremultus Flachriemen kann mithilfe unterschiedlicher Methoden und Hilfsmittel durchgeführt werden.

Produktreihe	Zugträgerart	Anwendungsgruppe/ Funktion	Richtwerte Auflegedehnung [%]
Aramid Reihe	Gewebe	Antriebsriemen	0,3 – 1,0
		Tangentialriemen	0,3 – 0,8
		Rollenbahnantriebsriemen	0,2 – 0,5
	Cordfäden	Antriebsriemen	0,3 – 1,0
Polyester Reihe	Gewebe	Antriebsriemen	1,0 – 2,0/2,5**
		Tangentialriemen	1,5 – 2,0/2,5**
		Faltschachtelriemen*, Doppelgurtriemen, Maschinenbänder*	0,3 – 2,0
		Rollenbahnantriebsriemen*	0,8 – 1,5
	Cordfäden	Antriebsriemen, Maschinenbänder*	0,5 – 1,5
Polyamid Reihe	Gewebe	Maschinenbänder*	0,6 – 3,0
	Zugband	Antriebsriemen, Rollenbahnantriebsriemen	1,5 – 3,0
		Tangentialriemen	1,8 – 2,8
		Rotorriemen	2,5 – 3,5
		Faltschachtelriemen*, Doppelgurtriemen	1,5 – 3,0
Polyurethan Reihe	Folie	Maschinenbänder*	3,0 – 8,0

* Nur so viel spannen bis die gewünschte Funktion erfüllt wird

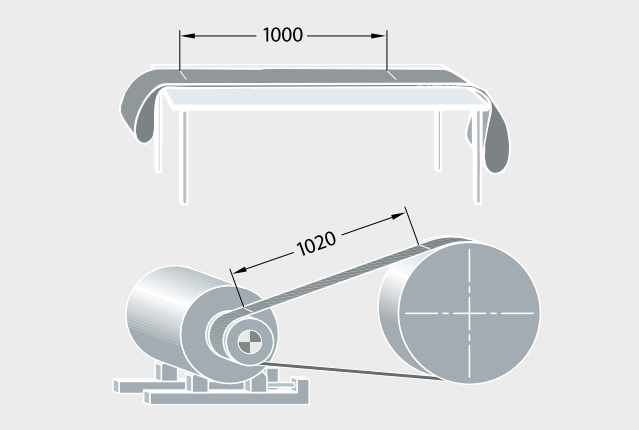
** Max. Auflegedehnung 2,5 % möglich für GG 40E-32 NSTR/NSTR grau/schwarz (822128) und GG 40E-37 NSTR/NSTR schwarz (822129)

Messmarken

Auf der Oberseite des glatt ausgelegten Flachriemens werden zwei dünne Messmarken in einem definierten Abstand, z. B. 1.000 mm, auftragen. Nach dem Auflegen wird der Flachriemen mithilfe der Spannstation in Längsrichtung gedehnt, bis der Messmarkenabstand den errechneten Wert erreicht hat (siehe Berechnungsbeispiel in der untenstehenden Tabelle).

Nach dem ersten Dehnen ist es sinnvoll den Antrieb mehrere Male durchzudrehen, anschließend den Dehnungswert zu kontrollieren und ihn ggf. zu korrigieren. Erst mit dem Durchdrehen wird die Dehnung auf die komplette Bandlänge verteilt.

Hinweis: *Die Messung nicht über der Verbindung durchführen!*

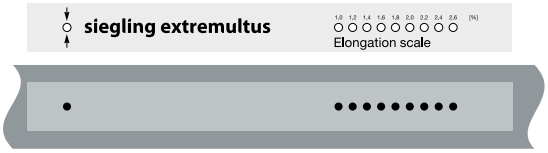


ungedehnt	gedehnt
1000 mm	1020 mm
500 mm	510 mm
250 mm	255 mm

Beispiel: Messmarkenabstände bei einer erforderlichen Auflegedehnung von 2 %.

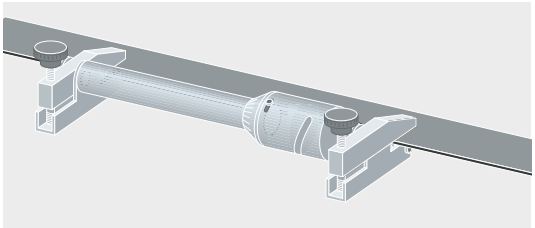
Dehnungsschablone

Als besonderen Service von Forbo Movement Systems kann die Oberseite des bestellten Siegling Extremultus Flachriemens mit Referenz-Messmarken versehen werden (siehe Kapitel 7.4). Nach dem Dehnen wird der Dehnungswert nach mehrmaligem Durchdrehen mit der mitgelieferten Dehnungsschablone kontrolliert.



Mechanisches Dehnungsmessgerät

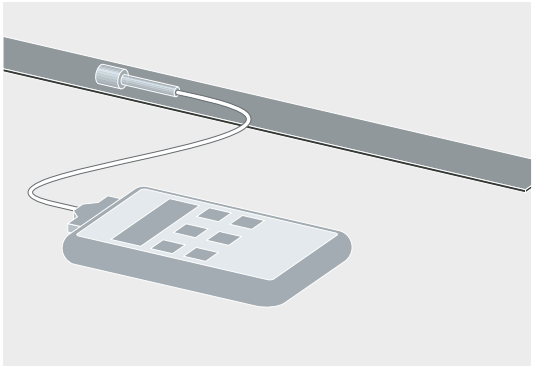
Zum direkten Messen der Auflegedehnung kann ein entsprechendes mechanisches Dehnungsmessgerät von Forbo Movement Systems eingesetzt werden. Das Gerät wird auf die Bandkante geklemmt und die Ableseskala auf den Wert Null gestellt. Während des Dehnens kann der Dehnungswert kontinuierlich abgelesen werden.



Vor dem Durchdrehen des Antriebes muss das Gerät entfernt werden. Eine spätere Kontrolle kann nur erfolgen, wenn die Kanten der Bandklemmen vor dem Abnehmen präzise markiert wurden.

Elektronisches Schwingungsmessgerät

Mit einem handelsüblichen elektronischen Schwingungsmessgerät (Genauigkeit < 1/10 Hz) wird die Riemenspannung indirekt über das Schwingungsverhalten des Trums ermittelt. Die Frequenz, die der Flachriemen bei einer definierten Dehnung zeigt, muss vor dem Messvorgang rechnerisch ermittelt werden.



Durch ein mechanisches Anschlagen, z. B. einen Hammerschlag, wird ein Trum in Schwingung versetzt und seine Frequenz gemessen. Der Flachriemen wird gespannt, bis die errechnete Schwingungsfrequenz erreicht ist. Zur Kontrolle wird der Antrieb mehrere Male durchgedreht und die Frequenz erneut gemessen.

Beim erstmaligen Auflegen jungfräulicher Flachriemen ist das Einlaufverhalten (Relaxation) des Zugträgers zu berücksichtigen. Nähere Informationen finden Sie nachfolgend im Abschnitt Einlaufverhalten von Kunststoff-Zugträgern. In Abhängigkeit des Zugträgers sind daher anfangs geringfügig höhere Frequenzen als für den eingelaufenen Betrieb berechnet einzustellen.

Hinweis: *Sowohl die korrekte Berechnung der Frequenz des Riementrums als auch die Durchführung einer verlässlichen Schwingungsmessung am Siegling Extremultus Flachriemen mit dem elektronischen Schwingungsmessgerät erfordert ein hohes Maß an Fachwissen und Erfahrung. Für die korrekte Durchführung des Spannens nach dieser Methode wenden Sie sich daher bitte an Forbo Movement Systems.*

6.3 AUFLEGEN UND SPANNEN

Einlaufverhalten von Kunststoff-Zugträgern

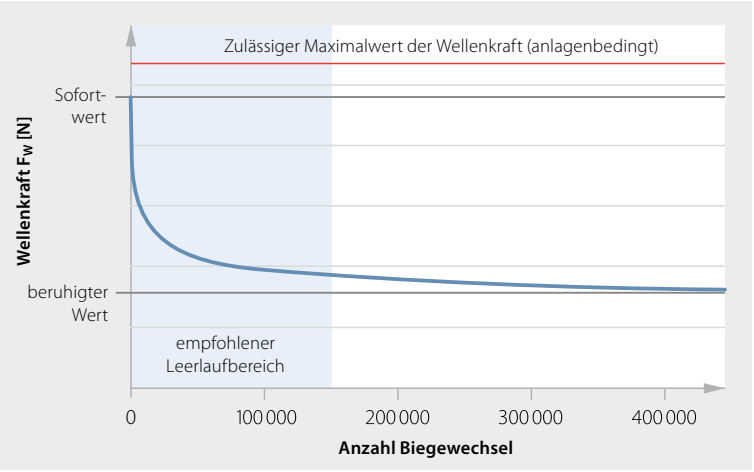
Kunststoffe weisen bei dynamischer Belastung ein Einlaufverhalten, auch Relaxation genannt, auf. Bei Flachriemen mit Kunststoff-Zugträgern wirkt sich dieses Verhalten in Form einer hohen Wellenkraft beim erstmaligen Auflegen aus.

Konstante Dehnung

Beim Auflegen neuer Siegling Extremultus Flachriemen mit einer definierten Dehnung stellt sich zunächst ein hoher Sofortwert der Wellenkraft $F_{W\,sofort}$ ein. Im Laufe der ersten Betriebsstunden fällt diese Wellenkraft auf einen beruhigten Wert $F_{W\,beruhigt}$ ab, der der berechneten dynamischen Wellenkraft F_{Wd} entspricht. Das nebenstehende Bild zeigt den exemplarischen Verlauf eines Siegling Extremultus Flachriemens während der Einlaufphase.

$$c_{sofort} = \frac{F_{W\,sofort}}{F_{W\,d}}$$

Je nach Zugträgermaterial und -bauart ändern sich das Verhältnis c_{sofort} zwischen dem Sofortwert der Wellenkraft und dem beruhigten Wert. Dieses Verhältnis bestimmt neben diversen weiteren Faktoren die Dauer des Einlaufvorgangs und kann daher kaum vorhergesagt werden. Grundsätzlich sollten Siegling Extremultus Flachriemen aber mindestens mit 150.000 Biegewechsel (entspricht in einem 2-Scheibentrieb 75.000 Umläufe) beaufschlagt werden, bevor die Anlage in Volllast betrieben wird.

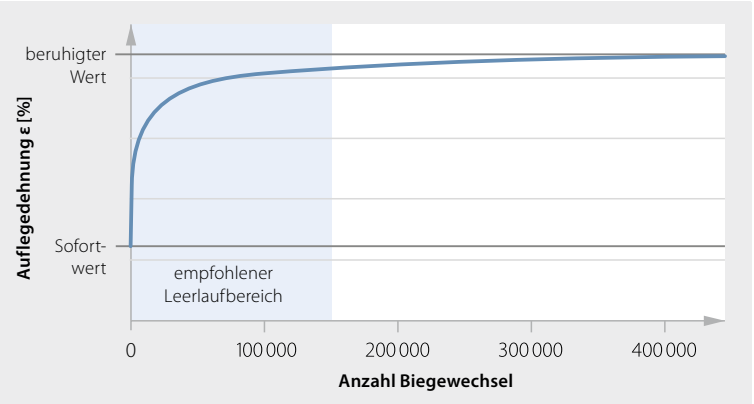


Hinweis: Der beruhigte Wert der Wellenkraft dient als Grundlage für die Berechnung der Leistungsübertragung eines Flachriemens. Der höhere Sofortwert der Wellenkraft ist vom Konstrukteur aber zumindest bei der statischen Dimensionierung der Wellenlager zu berücksichtigen.

Produktreihe	Zugträgerausführung	Einlaufverhältnis c_{sofort}
Polyester Reihe	Gewebe	1,8
	Cordfäden	1,5
Aramid Reihe	Gewebe	1,4
	Cordfäden	1,5
Polyamid Reihe	Zugband	2,2

Konstante Vorspannkraft

Pneumatische, gefederte oder gewichtsbelastete Spannvorrichtungen müssen den Flachriemen mindestens mit der berechneten dynamischen Wellenkraft F_{Wd} spannen. Die zugehörige berechnete Auflegedehnung ε wird aufgrund des Einlaufverhaltens der Zugträger erst nach einer gewissen Einlaufzeit erreicht. Der Wellenabstand vergrößert sich während der Einlaufzeit geringfügig.

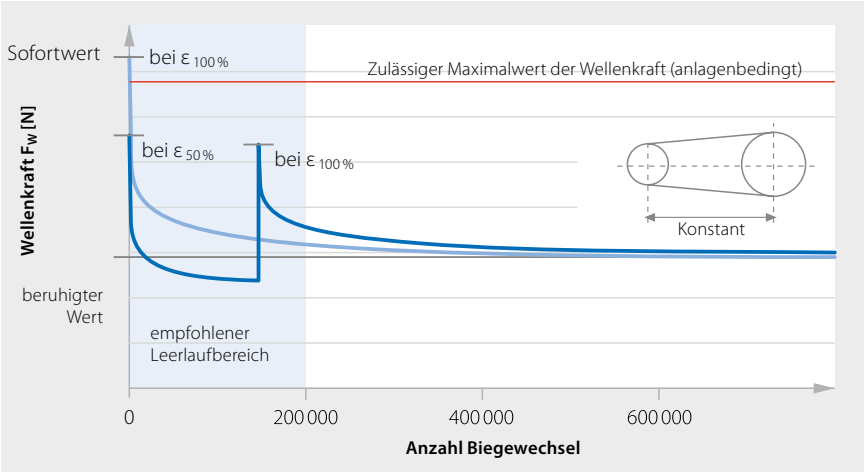


Installation starker Flachriemen

Bei der Installation von Siegling Extremultus Flachriemen mit einer hohen breitenbezogenen Wellenkraft F'_W können beim erstmaligen Auflegen Kräfte auf die Wellen und Lager ausgeübt werden, die deutlich höher sind als die berechneten Kraftwerte.

Spannen in zwei Stufen

Die Installation von Flachriemen mit einer hohen breitenbezogenen Wellenkraft kann für tragende Anlagenteile problematisch sein. Aufgrund des Einlaufverhaltens des Kunststoff-Zugträgers kann die zulässige Belastung der Wellen und/oder Lager der Anlage durch den hohen Sofortwert der Wellenkraft überschritten werden und ein Schaden an der Anlage entstehen.



Forbo Movement Systems empfiehlt in diesen Fällen nach einer Zwei-Stufen-Spannmethode zu verfahren:

1. Stufe:

Den Siegling Extremultus Flachriemen nur auf etwa 50 % (in Einzelfällen bis max. 70 %) der erforderlichen Auflegedehnung spannen ($\varepsilon_{50\,\%} = 0{,}5 \cdot \varepsilon$). Anschließend sollte die Anlage mit geringer Last und moderater Geschwindigkeit betrieben werden. Nach etwa 150.000 Biegewechsel (entspricht in einem 2-Scheibentrieb 75.000 Umläufe) sollte keine signifikante Veränderung der Wellenkraft mehr zu verzeichnen sein (in einigen Fällen kann dieser Punkt auch bereits früher oder etwas später eintreten).

2. Stufe:

Den Siegling Extremultus Flachriemen nun auf die erforderliche Auflegedehnung spannen ($\varepsilon_{100\,\%} = \varepsilon$) und weitere ca. 50.000 Biegewechsel (entspricht in einem 2-Scheibentrieb 25.000 Umläufe) einlaufen lassen. Anschließend kann die Anlage sicher im Volllastbereich gefahren werden. Im Betrieb wird der Flachriemen sich noch weiter einlaufen bis er den beruhigten Wert der Wellenkraft erreicht hat. Hierfür sind keine weiteren Handlungen erforderlich.

Durch diese Zwei-Stufen-Spannmethode kann ein Überschreiten des zulässigen Maximalwerts der Wellenkraft ($F_{W,max}$) für die Anlage vermieden werden (in der oben stehenden Grafik hellgrau eingezeichnet). Die Zwei-Stufen-Spannmethode hat keinen negativen Einfluss auf die breitenbezogene Wellenkraft F'_W des Siegling Extremultus Flachriemens und auf die maximal mögliche Kraftübertragung durch den Flachriemen.

Hinweis: *Forbo Movement Systems rät dringend davon ab, die Flachriemen in mehr als zwei Stufen zu spannen, da sich sonst das Wellenkraft-Dehnungsverhalten der Zugträger ändern kann und der Flachriemen somit unbrauchbar wird (Totspannen des Flachriemens).*

6.3 AUFLEGEN UND SPANNEN

Abnehmen und Wiederauflegen gelaufener Flachriemen

Wenn ein bereits gelaufener Flachriemen abgenommen wird, muss dieser nach dem Auflegen bei Wiederinbetriebnahme mit derselben Dehnung arbeiten wie vorher.

Wir empfehlen daher, vor dem Entspannen und Abnehmen den Flachriemen mit definierten Messmarken zu versehen oder alternativ die Arbeitsstellung der Spannvorrichtung zu markieren. Beim erneuten Auflegen des Flachriemens ist dann der ursprüngliche Messmarkenabstand bzw. die ursprüngliche Arbeitsstellung der Spannvorrichtung wiederherzustellen.

Bei Verwendung eines elektronischen Schwingungsmessgeräts kann die Frequenz des Riementrums im ursprünglichen Spannungszustand vor dem Entspannen ermittelt und beim Wiederauflegen erneut eingestellt werden. Aufgrund der Messungenauigkeiten wird jedoch zur Verwendung von Messmarken für das Spannen der Siegling Extremultus Flachriemen beim Wiederauflegen geraten.

Hinreichend relaxierte Flachriemen weisen nach dem Wiederauflegen grundsätzlich kein erneutes Einlaufverhalten auf.

Hinweis: *Zwischen dem Abnehmen und Wiederauflegen des Siegling Extremultus Flachriemens sollte möglichst ein gewisses Zeitfenster (>24 h) eingehalten werden, damit sich der Flachriemen entspannen kann.*

6.4 PFLEGE UND UMGANG

Pflege
Grundsätzlich sind die meisten Siegling Extremultus Flachriemen wartungsfrei.

Pflege von Siegling Extremultus Lederoberflächen
Die Chromlederschicht verliert ohne regelmäßige Pflege (und bei übertriebener Pflege) ihre besonderen Eigenschaften. Sie sollte deshalb alle 2 bis 3 Wochen kontrolliert werden.

Bei der Kontrolle ist darauf zu achten, dass die Lederoberfläche weich, fettig und matt ist. Wenn der Fettfilm seit der letzten Prüfung spürbar abgenommen hat, wird empfohlen, auf die Oberfläche Siegling Extremultus Sprühpaste (Art. Nr. 880026) aufzutragen. Weist das Leder bereits eine härtere, glänzende und trockene Oberfläche oder starke Verschmutzungen auf, sollte es vorher mit einer weichen Drahtbürste aufgeraut werden. Eine regelmäßige Reinigung der Scheiben sollte z. B. während dieser Servicezeit ebenfalls erfolgen. Bei auffälliger Veränderung des Riemenbildes bzw. ungewöhnlicher Geräuschentwicklung oder übermäßigem Abrieb (z. B. Rotstaub) empfehlen wir eine sofortige Kontaktaufnahme mit Forbo Movement Systems.
www.forbo.com/movement > Kontakt

Hinweis: *Für die Chromlederoberflächen der Siegling Extremultus Flachriemen ausschließlich Siegling Extremultus Sprühpaste verwenden!*

Die Sauberkeit im Anlagenbereich sowie der technische Zustand der Anlage können ebenfalls eine Rolle spielen und sollten daher in regelmäßigen Abständen überprüft und sichergestellt werden.

Weitere Informationen hierzu finden Sie auch in Kapitel 11.

Zulässige Betriebstemperaturen
Forbo Movement Systems empfiehlt, für den dauerhaften Betrieb von Siegling Extremultus Flachriemen die Einhaltung der untenstehenden Richtwerte.

Innerhalb der in den Produktdatenblättern angegebenen Grenzen der Einsatztemperaturen bleiben die Kraft-Dehnungswerte der Zugträger und die minimalen Umlenkdurchmesser im Rahmen der üblichen Produkt-Toleranzen erhalten. Einsätze bei tieferen Temperaturen, z. B. in Tiefkühllagern, sind möglich, erfordern dann jedoch größere Rollendurchmesser, ggf. bestimmte Reibbeschichtungen und meistens Laborversuche bei Forbo Movement Systems.

Hinweis: *Bitte unbedingt die Angaben der zulässigen Betriebstemperaturen in den jeweiligen Datenblättern der Siegling Extremultus Flachriemen beachten, da diese in Einzelfällen von den in der Tabelle angegebenen Pauschalwerten abweichen können.*

Produktreihe	Zugträgerausführung	Beschichtungen	Zulässige Betriebstemperatur [°C]
Aramid Reihe	Gewebe	alle	-20/+70
	Cordfäden	alle	-20/+60
Polyester Reihe	Gewebe	alle	-20/+70
	Cordfäden	alle	-20/+60
Polyamid Reihe	Gewebe	alle	-20/+80
	Zugband	LL, LT und unbeschichtet	-40/+80
	Zugband	restliche Beschichtungen (GG, GT, TT, TG, RR, UU, NN)	-20/+80
Polyurethan Reihe	Folie	alle	-20/+60

7 VERBINDUNGS- UND KONFEKTIONIERUNGS-TECHNIK

7.1 Allgemeine Hinweise

7.2 Verbindungsarten

7.3 Verbindungsherstellung

7.4 Möglichkeiten der Konfektionierung

7.1 ALLGEMEINE HINWEISE

Bei allen als Rollenware hergestellten Siegling Extremultus Flachriemen ist die präzise hergestellte Endlosverbindung eine wesentliche Voraussetzung für gute Laufeigenschaften und eine lange Lebensdauer.

Außer beim Einsatz von mechanischen Verbindern werden die Verbindungsarten nach der geometrischen Form unterschieden in der die Enden des Flachriemens vorbereitet sind, z. B. Keilverbindung, Z-Verbindung oder Stoßverbindung. Die vorbereiteten Enden des Flachriemens werden je nach verwendetem Zugträgermaterial entweder miteinander verklebt oder verschmolzen. Das Verschmelzen der Zugträgermaterialien erfordert allerdings thermoplastische Werkstoffe wie z. B. Aramid, Polyester und Polyurethan.

In enger Zusammenarbeit mit Anwendern und Geräteherstellern hält Forbo Movement Systems die Verfahrens- und Gerätetechnologie auf dem aktuellen Stand der Flachriemenentwicklung und bietet aufeinander abgestimmte Konfektionierungssysteme für rationelle und sichere Endlosverbindungen an:

- hochwertige Geräte mit allem Zubehör
- ausführliche Verfahrensanleitungen
- umfassende Serviceleistungen

Je nach Anwendungsfall und Kundenwunsch kann die Herstellung einer Endlosverbindung direkt vor Ort in der Anlage erfolgen. Alternativ wird die Endlosverbindung in einem unserer Konfektionierungszentren hergestellt und der endlos verbundene Siegling Extremultus Flachriemen ausgeliefert.

Neben der Herstellung von Endlosverbindungen sind unsere Konfektionierungszentren ebenfalls in der Lage die Siegling Extremultus Flachriemen auf Wunsch mit Lochungen, Profilen oder Bandkantenversiegelungen zu versehen. Analog zur Verbindungstechnik ist auch hierbei im Einzelfall zu prüfen, ob die gewünschte Zusatzbearbeitung technisch machbar und von Forbo Movement Systems freigegeben ist.

Die folgenden Beschreibungen illustrieren die grundsätzliche Beschaffenheit der unterschiedlichen Verbindungstypen und deren Herstellung. Sofern Sie eine Arbeitsanleitung zum Herstellen einer Endlosverbindung für einen spezifischen Siegling Extremultus Flachriemen benötigen, kontaktieren Sie bitte Ihren lokalen Ansprechpartner bei Forbo Movement Systems:
www.forbo.com/movement > Kontakt

Wir helfen Ihnen gerne weiter.

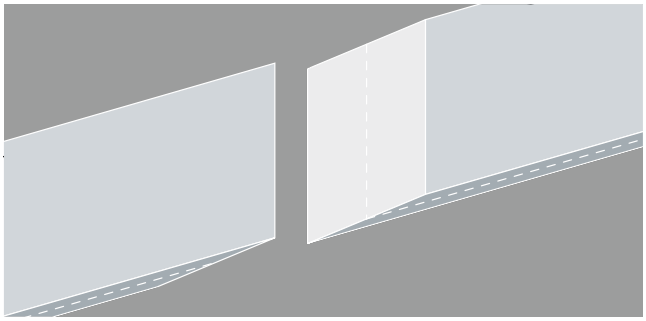
Weitere Informationen finden Sie zudem unter:
www.forbo.com/movement > Produkte > Geräte & Zubehör

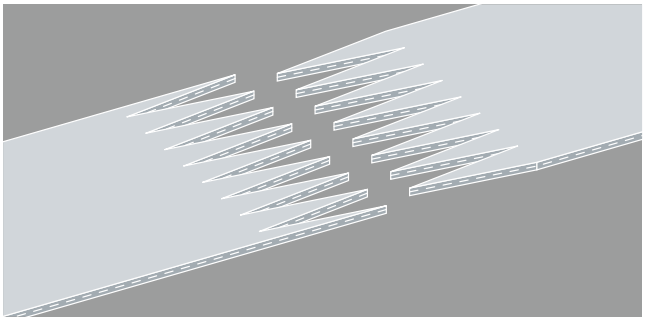
Vorbereitungs- und Verbindungsmethoden

Preparation (Geräte zum Vorbereiten)	
	P
Cutting (Schneiden)	**PC**
Splitting/Peeling (Spalten/Schälen)	**PS**
Grinding (Schleifen)	**PG**
Punch-cutting (Stanzen)	**PP**

Splicing (Geräte zum Verbinden)	
	S
Bonding (≤120 °C) (Kleben)	**SB**
Melting (>120 °C) (Schmelzen)	**SM**
Clamping (Mechanisch)	**SC**

7.2 VERBINDUNGSARTEN





Keilverbindung

Die Keilverbindung ist eine Verbindung, bei der die Enden des abgelängten Flachriemens keilförmig angeschliffen werden. Zur Verbindung der angeschliffenen Enden des Flachriemens werden diese übereinandergelegt, mit Kleber eingestrichen und in einem Heizgerät miteinander verbunden.

Die Verbindung erfolgt im Klebeverfahren und wird bei Siegling Extremultus Flachriemen der Polyamid Reihe eingesetzt. Das Ablängen und Anschleifen des Flachriemens kann generell in einem 90° oder 60° Winkel erfolgen. Zudem kann über die Steigung des Keils die Verbindungslänge variiert werden:

– 3,5 mm : 100 mm – 4,5 mm : 100 mm

Vorbereiten

– keilförmiges Anschleifen der Bandenden mit entsprechenden Vorbereitungsgeräten

Endlosverbindung im Klebeverfahren

– Ausrichten und Klemmen der vorbereiteten Bandenden, mobile Halterung mit geklemmtem Bandende entfernen
– Benetzen des Verbindungsbereiches mit Klebstoff(en), je nach Bandaufbau und entsprechend dem Verbindungsdatenblatt
– Einsetzen der mobilen Halterung mit geklemmtem Bandende und Einlegen der Beilegeschienen
– Verkleben/Heizen der Verbindung unter Hitze (≤ 120 °C) und Druck mit definierter Haltezeit

Hinweis: *Unter und über dem Band müssen je nach Oberflächenstruktur des Bandes Strukturgewebe, Ausgleichsmatten, etc. eingesetzt werden (siehe Verbindungsdatenblatt).*

Z-Verbindung

Für eine Z-Verbindung werden die Enden des abgelängten Flachriemens mit einer geeigneten Stanze Z-förmig gestanzt. Anschließend werden die gestanzten Enden ineinandergeschoben und in einem Heizgerät verbunden.

Die Verbindung erfolgt im Schmelzverfahren und ist somit lediglich für thermoplastische Werkstoffe zugelassen (Polyester, Aramid und Polyurethan Reihe sowie einige Artikel der Polyamid Reihe mit Gewebezugträger (nur mit Folie U)). Die Z-Verbindungen stehen für Siegling Extremultus Flachriemen in vier verschiedenen Ausführungen zur Verfügung, die sich in Flankenlänge und/oder -breite der Z-Flanken unterscheiden:

– 35 x 5,75 mm – 35 x 11,5 mm
– 70 x 11,5 mm – 110 x 11,5 mm

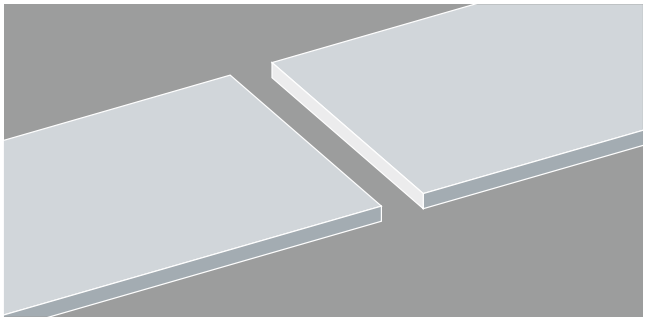
Vorbereiten

– Z-förmiges Stanzen der Bandenden mit Handstanzmessern oder Stanzgeräten

Endlosverbindung im Schmelzverfahren

– Einlegen von Strukturfolie in den Formschuh (ermöglicht ein Nachbilden der Oberflächenstruktur und ein Ausgasen der Kunststoffe)
– passgenaues Einlegen der Bandenden (ggf. samt Folie U) in den Formschuh
– Auflegen von Strukturfolie auf den Verbindungsbereich (ermöglicht ein Nachbilden der Oberflächenstruktur und ein Ausgasen der Kunststoffe)
– Einlegen des Formschuhes in ein Heizgerät, Verschmelzung unter Hitze (> 120 °C) und Druck mit definierter Haltezeit

7.2 VERBINDUNGSARTEN



Stoßverbindung

Bei der Stoßverbindung müssen die Enden des Flachriemens vorher exakt im 90° Winkel und gerade abgelängt werden. Anschließend werden die Enden aufgeschmolzen und gegeneinandergedrückt.
Für spezielle Anwendungen fertigt Forbo Movement Systems auch Stoßverbindungen mit anderen Winkeln an.

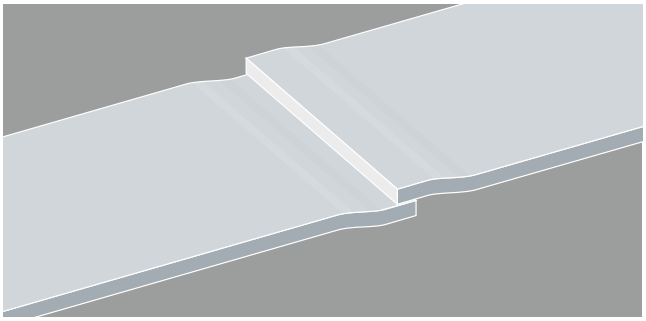
Die Herstellung einer Stoßverbindung erfolgt stets im Schmelzverfahren. Aufgrund der geringen Verbindungsfläche zwischen den Enden des Flachriemens ist diese Verbindung nur für Anwendungen geeignet, in denen relativ geringe Kräfte auf den Flachriemen wirken. Daher werden ausschließlich Siegling Extremultus Flachriemen der Polyurethan Reihe mit einer Stoßverbindung verbunden.

Vorbereiten

– paralleles Schneiden der Bandenden

Endlosverbindung im Schmelzverfahren

– Enden des Flachriemens an gegenüberliegenden Seiten der Heizplatte positionieren
– Enden des Flachriemens aufschmelzen
– Heizplatte entfernen und Enden gegeneinander pressen



Überlappungsverbindung

Bei der Überlappungsverbindung müssen die Enden des Flachriemens vorher möglichst exakt im 90° Winkel und gerade abgelängt werden. Anschließend werden die Enden mit einer Überlappungslänge von etwa 2 mm übereinander gelegt und in einem Heizgerät verbunden.
Für spezielle Anwendungen fertigt Forbo Movement Systems auch Überlappungsverbindungen mit anderen Winkeln an.

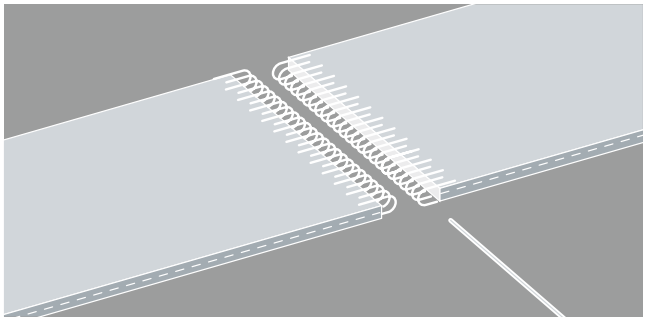
Die Überlappungsverbindung wird stets im Schmelzverfahren hergestellt. Zwar ist die Verbindungsfläche größer als bei einer Stoßverbindung, im Vergleich zur Keil- oder Z-Verbindung ist die Verbindungsfläche jedoch sehr gering. Daher wird die Überlappungsverbindung, analog zur Stoßverbindung, ebenfalls ausschließlich für Siegling Extremultus Flachriemen der Polyurethan Reihe durchgeführt.

Vorbereiten

– paralleles Schneiden der Bandenden

Endlosverbinden im Schmelzverfahren

– Einlegen von Strukturfolie in einen Formschuh (ermöglicht ein Nachbilden der Oberflächenstruktur und ein Ausgasen der Kunststoffe)
– passgenaues Einlegen der Bandenden in den Formschuh
– Auflegen von Strukturfolie auf den Verbindungsbereich (ermöglicht ein Nachbilden der Oberflächenstruktur und ein Ausgasen der Kunststoffe)
– Einlegen des Formschuhes in ein Heizgerät, Verschmelzung unter Hitze (> 120 °C) und Druck mit definierter Haltezeit



Mechanischer Verbinder

Mechanische Verbinder sind Drahtklammern oder Scharnierkonstruktionen die in die Enden der Siegling Extremultus Flachriemen eingepresst und anschließend mit einem Verbindungsdraht oder Pin zusammengehalten werden.

Die mechanischen Verbinder sind generell als Metall- und Kunststoffausführung verfügbar.

Diese Verbindungsart entstand in den Anfängen der Industrialisierung und war zu der Zeit die einzige Möglichkeit einer adäquaten Verbindung von Flachriemen. Heutzutage sind die mechanischen Verbinder aufgrund hochfester Materialien, bei gleicher Leistungsfähigkeit, deutlich filigraner geworden. Zudem sind mit den zuvor beschriebenen Verbindungstechniken alternative Möglichkeiten zur Verbindung von Flachriemen im Laufe der Zeit hinzugekommen. Bei Siegling Extremultus Flachriemen wird daher die mechanische Verbindung nur noch, sofern überhaupt möglich, als Sonderlösung auf Anfrage und speziellen Wunsch eingesetzt.

Vorbereiten

- senkrechtes Schneiden der Bandenden im 90° Winkel
- Anbringen der Verbindungselemente an den Bandenden

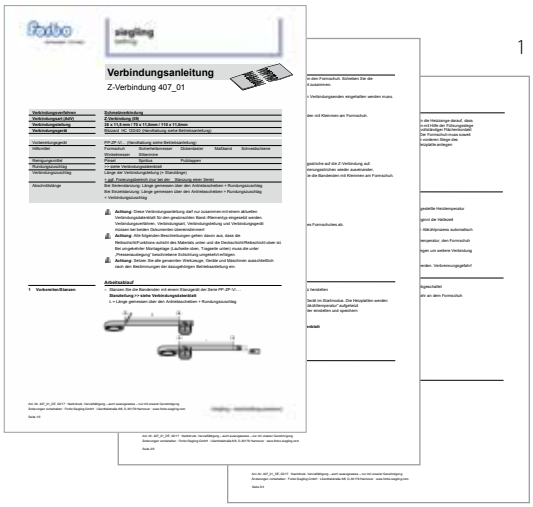
Endlosverbinden mit mechanischem Verbinder

- Zusammenlegen der Bandenden, sodass die Ösen der Verbindungselemente in einer Reihe angeordnet sind
- Einführen des Verbindungsdrahts/Pins in die Ösen der Verbindungselemente

7.3 VERBINDUNGSHERSTELLUNG

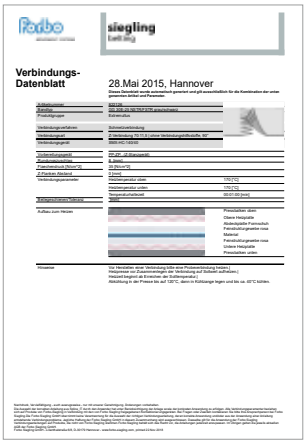
Die Herstellung von Verbindungen in Flachriemen ist weitgehend handwerkliche Arbeit. Nur einzelne Arbeitsschritte können automatisiert durchgeführt werden. Bei der Verbindungsherstellung entstehen daher leicht Fehler, die durch das nachfolgend beschriebene Vorgehen vermieden werden können.

Zu jedem Verbindungsverfahren (siehe Kapitel 7.2) für Siegling Extremultus Flachriemen existieren Verbindungsanleitungen (1). In ihnen ist der Arbeitsablauf von der Vorbereitung des Bandmaterials bis zum Entnehmen der fertigen Verbindung beschrieben.
Die Verbindungsanleitungen werden durch Verbindungsdatenblätter (2) ergänzt. Darin ist für jeden Artikel der Heizvorgang durch Zeit- und Temperaturangaben sowie durch Benennung von Verbindungshilfsstoffen (z. B. Strukturgewebe, Klebstoffe) genau beschrieben. Die Verbindungsanleitungen und -datenblätter sind in der hauseigenen Verbindungsdatenbank B_Rex/Splice_It (3) abrufbar.



1

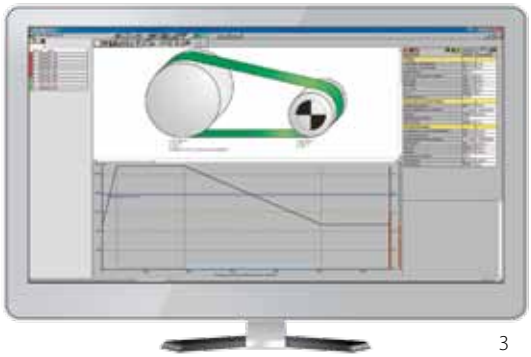
Die Vermeidung von Fehlern bei der Verbindungsherstellung beginnt mit dem aufmerksamen Lesen von Verbindungsanleitung und -datenblatt. Entsprechend dieser Dokumente ist dann das benötigte Zubehör bereitzulegen und auf einwandfreie Funktionalität zu überprüfen.



2

Während einiges Zubehör wie z. B. die Formschuhe einfach zu überprüfen sind, benötigt verschleißanfälliges Zubehör besondere Aufmerksamkeit.
Ist z. B. der Klebstoff noch verwendbar?
Ist das Strukturgewebe sauber und unverschlissen?

Auch die Vorbereitung des Bandmaterials muss sorgfältig erfolgen. Dazu ist die Länge korrekt zu bestimmen (siehe Kapitel 5.2) und zuzuschneiden. Auch die Bandbreite muss präzise geschnitten werden. Schließlich ist das Stanzen, Schneiden oder Schleifen des unmittelbaren Verbindungsbereiches essenziell. Hierbei ist u. a. auf geeignete Schneidmesser oder Schleifmittel und -maschinen zu achten.


3

Überprüft werden sollte je nach Verbindungsart:
Keilverbindung – Sind die Bandenden in gleichmäßigen Winkeln angeschliffen?
Z-Verbindung – Sind die Z-Flanken vollständig gestanzt und gerade? Sind die Bandenden in einer Flucht?

Wenn die vorbereitenden Schritte präzise durchgeführt wurden, liegt der Schlüssel für eine gute Verbindung im Auftragen der Klebstoffe auf die Bandenden (bei Keilverbindungen) und/oder in der Einhaltung der gegebenen Parameter: Druck, Temperatur, Zeit.

Der Druck ist meist durch das Heizgerät vorgegeben. Die Parameter Temperatur und Zeit sind hingegen durch den Anwender beeinflussbar. Sie sind dem Verbindungsdatenblatt zu entnehmen und am Heizgerät (4) entsprechend einzustellen.

Forbo Movement Systems empfiehlt, immer eine Testverbindung zu machen und damit alle Schritte der Verbindungsherstellung auszuprobieren.

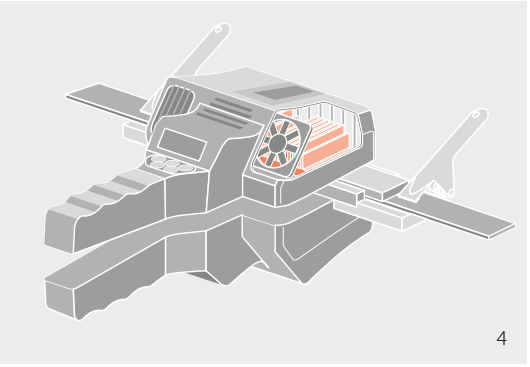
Nach dem Abkühlen des Bandes (siehe Verbindungsanleitung und -datenblatt) und der Entnahme aus dem Formschuh können abschließend die Verbindungskanten begradigt werden.

Der Riemen ist nun gebrauchsfertig. Bitte beachten Sie dabei die in Kapitel 6 dargestellten Hinweise zum Umgang mit Flachriemen:

- Lagerung
- Zustand der Anlage
- Auflegen und Spannen
- Pflege und Umgang

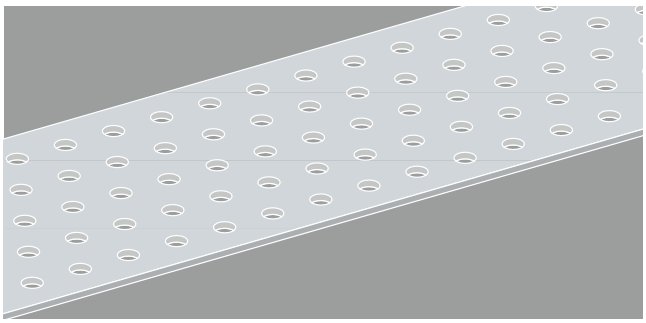
Sofern Sie Unterstützung beim Herstellen einer Endlosverbindung für einen spezifischen Siegling Extremultus Flachriemen benötigen, kontaktieren Sie bitte Ihren lokalen Ansprechpartner bei Forbo Movement Systems:
www.forbo.com/movement > Kontakt

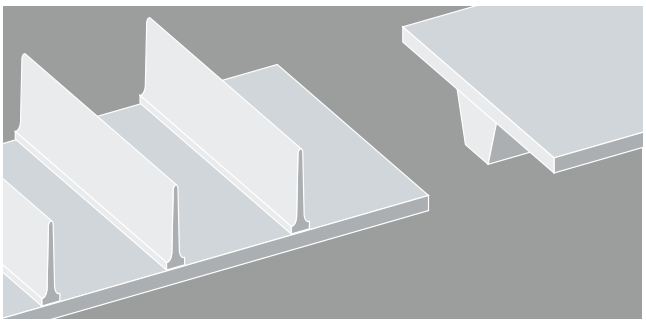
Wir helfen Ihnen gerne weiter.



4

7.4 MÖGLICHKEITEN DER KONFEKTIONIERUNG





Weitere Aufgaben der Konfektionierung, neben der Herstellung von Endlosverbindungen, sind das Anbringen von Profilen, Erstellen von Lochungen oder das spezielle Bearbeiten der Bandkanten sowie das Aufbringen von Beschriftungen.

Da nicht jede Bearbeitung für alle Siegling Extremultus Flachriemen sinnvoll und technisch möglich ist, ist bei entsprechenden Sonderwünschen eine detaillierte Absprache mit Ihrem lokalen Ansprechpartner erforderlich:
www.forbo.com/movement > Kontakt

Wir helfen Ihnen gerne weiter.

Profile

Profile werden nur äußerst selten auf die sehr dünnen Extremultus Bänder geschweißt. Vor allem bei Antriebsriemen sind Profile nicht üblich. Generell können zwar sowohl Längsprofile für eine bessere Führung als auch Querprofile abhängig von der Oberseite eines Flachriemens aufgebracht werden. Anwendung finden Profile jedoch lediglich bei Flachriemen, die Transportaufgaben übernehmen.

Lochungen

Lochungen können kundenspezifisch in jeder denkbaren Art ausgeführt werden. Meist werden Lochungen von Siegling Extremultus Flachriemen vorgenommen, die als Vakuumbänder zum Einsatz kommen. Forbo Movement Systems liefert diese Bänder vorzugsweise in die Druck- und Papierindustrie.

Bandkantenversiegelung

Eine Bandkantenversiegelung bei Siegling Extremultus Flachriemen mit Gewebe-Zugträger ist grundsätzlich möglich, kommt jedoch nur in Spezialfällen z. B. im Lebensmittelbereich oder bei Textilmaschinen zur Anwendung. Dabei geht es vorranging um einen flusenfreien Lauf und damit um einen leichten Schutz des Zugträgers gegen ein Anlaufen des Flachriemens an Anlagenteilen.

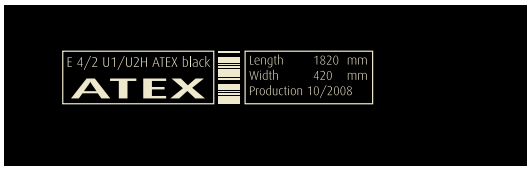
Bandkantenausführungen

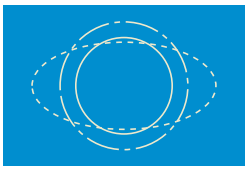
Eine spezielle Form der Bandkantenausführung ist die „gesägte Kante“ an schweren Riemen der Polyamid Reihe. Sinnvoll ist diese Art der Bandkantenausführung sofern der Flachriemen seitlich geführt oder in Transmissionen im Lauf seitlich verschoben werden muss, da die gesägte Kante bei seitlichem Anlauf deutlich robuster als die geschnittene Kante des Polyamid-Zugträgers ist.

Beschriftung

Bei vielen Anwendungen ist das Aufbringen von Schriftzügen und Bildern gewünscht. Forbo Movement Systems hat unterschiedliche technische Verfahren, die je nach Anwendungsfall und Umfang der Beschriftung ausgewählt werden können.

- Folien: Heizen von Folien auf die Bandoberfläche
- Bedruckung: Aufbringen von Partikeln auf die Bandoberfläche, z. B. im Tintenstrahldruck
- Laserbeschriftung: Thermisches Umfärben der Oberfläche mittels Laser





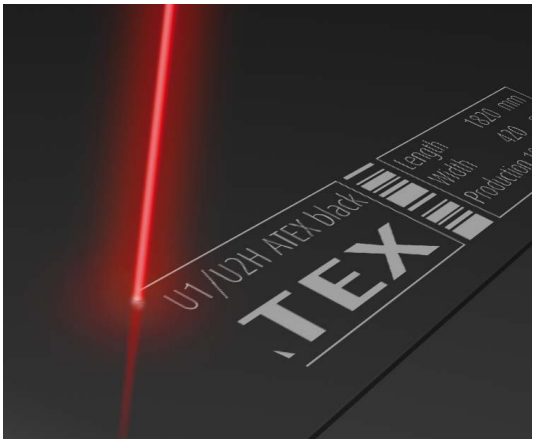
Beschriftungen erfüllen im Wesentlichen folgende Funktionen:

Automation
In automatisierten Prozessen können Markierungen über optische Sensoren erfasst werden. Das Fördergut wird präzise positioniert oder in der Bearbeitung punktgenau angesteuert.

Sicherheit
Kontraststarke Markierungen sorgen für gute Sichtbarkeit eines sich bewegenden Bandes und tragen so zur Unfallverhütung bei.

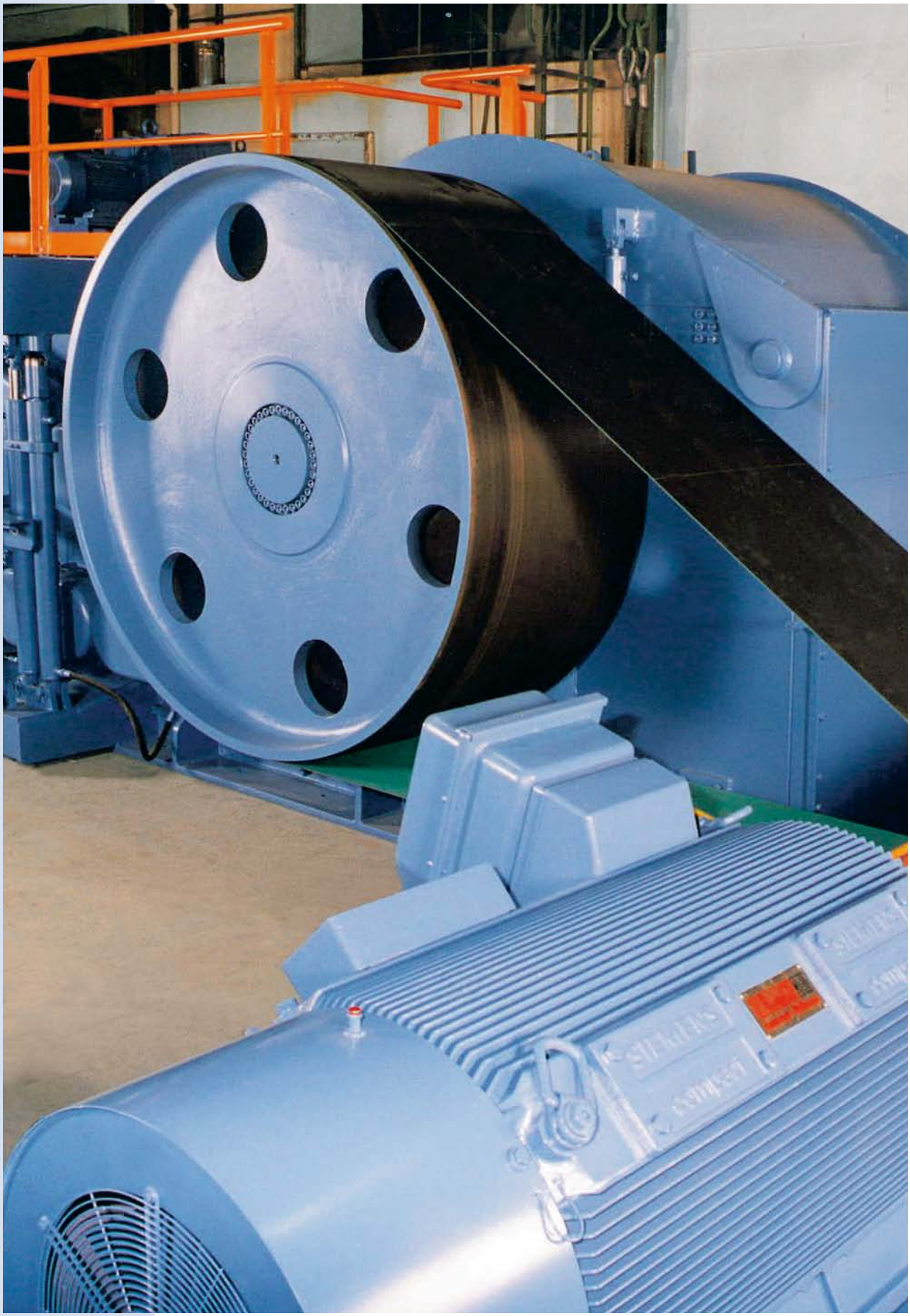
Werbung
Eine Beschriftung aus Text oder beliebigen Bildmotiven bietet Kunden die Möglichkeit eines aufmerksamkeitsstarken und unverwechselbaren Brandings.

Kennzeichnung
Es lassen sich wertvolle Informationen wie technische Daten, Bandeigenschaften oder Bestellcodes aufbringen, um dem Anwender die Nachbestellung des Bandes oder die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften zu erleichtern.



Insbesondere die Laserbeschriftung bietet viele Vorteile. Die Beschriftungen haben eine extrem hohe Beständigkeit, Positioniergenauigkeit und Feinheit. Zudem ist sie auch bei Kleinstauflagen wirtschaftlich.
Laserbeschriftung ist ideal für Bänder mit direktem Kontakt zu unverpackten Lebensmitteln gemäß der FDA Verordnung 21 CFR sowie der europäischen Verordnung (EU) 10/2011 und der Verordnung (EG) 1935/2004.

Weitere Informationen zur Bandbeschriftung erhalten Sie bei Ihrem lokalen Ansprechpartner:
www.forbo.com/movement > Kontakt



8 RIEMENSCHEIBEN

8.1 Geometrien von Riemenscheiben

8.2 Abmessungen und Qualität von Riemenscheiben

8.3 Einsatz balliger Riemenscheiben

8.1 GEOMETRIEN VON RIEMENSCHEIBEN

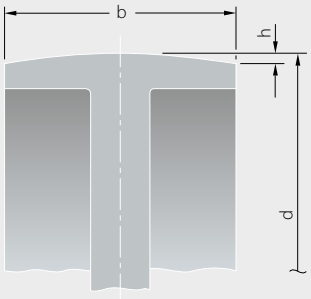
Ein wesentlicher Vorteil bei Flachriemengetrieben ist die einfache Geometrie der Riemenscheiben, die im Gegensatz zu Getrieben mit Keil- und Keilrippenriemen, verwendet wird. Forbo Movement Systems empfiehlt den Einsatz zylindrischer oder ballig ausgeführter Riemenscheiben. In speziellen Einsatzfällen (z. B. einem Konusantrieb) sind auch konisch ausgeführte Riemenscheiben zulässig.

Scharfe Kanten an und auf den Riemenscheiben müssen hingegen unbedingt vermieden werden. Aus diesem Grund sind Riemenscheiben mit trapezförmiger bzw. zylindrisch-konischer oder gar spitzkegeliger Ausführung nicht geeignet.

Auch eine übermäßige Balligkeit ist zu vermeiden, um eine maximale Lebensdauer des Flachriemens zu gewährleisten. Die von Forbo Movement Systems empfohlenen Wölbhöhen „h" für die Balligkeiten der Riemenscheiben sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

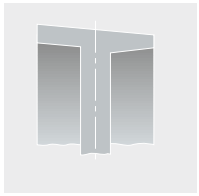
Durch den Einsatz von Riemenscheiben nach ISO 22 wird eine lange Lebensdauer des Flachriemens, eine optimale Leistungsübertragung, ein guter Riemenlauf und eine niedrige Wellenbelastung gewährleistet.

Hinweis: *Bei Scheibendurchmessern > 2.000 mm empfehlen wir bezüglich der Wölbhöhe eine Rücksprache mit Forbo Movement Systems.*

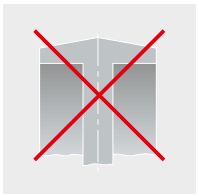


Lauffläche zylindrisch

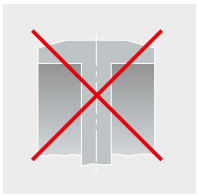
Lauffläche ballig



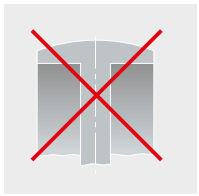
Lauffläche konisch



Lauffläche spitzkegelig



Lauffläche trapezförmig



Lauffläche übermäßig ballig

Wölbhöhe „h" nach ISO 22

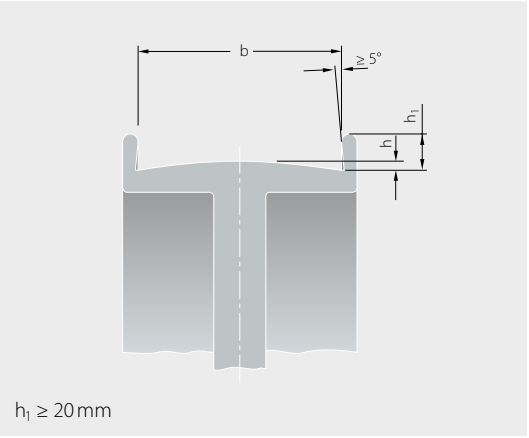
Riemenscheiben-durchmesser d [mm]			Wölbhöhe h [mm] für Riemenscheibenbreite b ≤ 250 mm	b > 250 mm
40	bis	112	0,3	
125	bis	140	0,4	
160	bis	180	0,5	
200	bis	224	0,6	
250	bis	280	0,8	
315	bis	500	1,0	
560	bis	710	1,2	
800	bis	1000	1,2	1,5
1120	bis	1400	1,5	2,0
1600	bis	2000	1,8	2,5

Riemenscheiben mit Bordscheiben

In einigen Anwendungsfällen kann der Einsatz von Bordscheiben an den Riemenscheiben erforderlich sein. Grundsätzlich rät Forbo Movement Systems jedoch vom Einsatz der Bordscheiben ab.

Sollte der Einsatz von Bordscheiben unumgänglich sein, ist darauf zu achten, dass die Lauffläche der Riemenscheibe ballig nach ISO 22 ausgeführt ist (siehe Tabelle auf vorheriger Seite). Zudem müssen die Innenflanken der Bordscheiben eine Hinterschneidung von 5° aufweisen und sämtliche Kanten abgerundet sein. Durch diese Maßnahmen soll sichergestellt werden, dass der Flachriemen in keinem Fall an die Bordscheiben anläuft, da dies den Flachriemen beschädigt.

Hinweis: *Bordscheiben dürfen nicht zum Steuern des Flachriemens verwendet werden!*



$h_1 \geq 20\,mm$

8.2 ABMESSUNGEN UND QUALITÄT VON RIEMENSCHEIBEN

Die Breite der Riemenscheiben b ergibt sich aus der Breite des verwendeten Flachriemens b_0. In Anlehnung an ISO 22 empfiehlt Forbo Movement Systems die nebenstehenden minimalen Breiten b der Riemenscheiben für die diversen Riemenbreiten. Für nicht aufgeführte Riemenscheibenbreiten kann näherungsweise die folgende Formel angewandt werden:

$b \geq 1{,}1 \cdot b_0$

Die minimalen Durchmesser der Riemenscheiben, die in einer Anlage verwendet werden dürfen sind abhängig vom verwendeten Flachriemen und sind in den jeweiligen Produktdatenblättern der Siegling Extremultus Flachriemen angegeben.

Grundsätzlich sollten die Laufflächen der Riemenscheiben eine mittlere Rauheit von $R_a \leq 6{,}3$ µm (nach DIN EN ISO 4287 und DIN EN ISO 4288) aufweisen. Oberflächen mit einer mittleren Rauheit von $R_a \leq 3{,}2$ µm sind, vor allem als Antriebsscheiben, jedoch nicht zu empfehlen. Hierbei besteht die Gefahr von Schlupfeffekten, die zu einer verminderten Leistungsübertragung führen können.

Für Geschwindigkeiten bis zu $v_{max} = 40$ m/s sind gewöhnliche Riemenscheiben verwendbar. Bei höheren Geschwindigkeiten sollten Sonderscheiben (z. B. Stahl, gewuchtet) zum Einsatz kommen.

b_0 [mm]	b [mm]
20	25
25	32
30	40
35	40
40	50
45	50
50	63
55	63
60	71
65	71
70	80
75	90
80	90
85	100
90	100
95	112
100	112
120	140
140	160
160	180

b_0 [mm]	b [mm]
180	200
200	225
220	250
250	280
280	315
300	315
320	355
350	400
380	400
400	450
450	500
500	560
550	630
600	630
650	710
700	800
750	800
800	900
900	1000
1000	1120

8.3 EINSATZ BALLIGER RIEMENSCHEIBEN

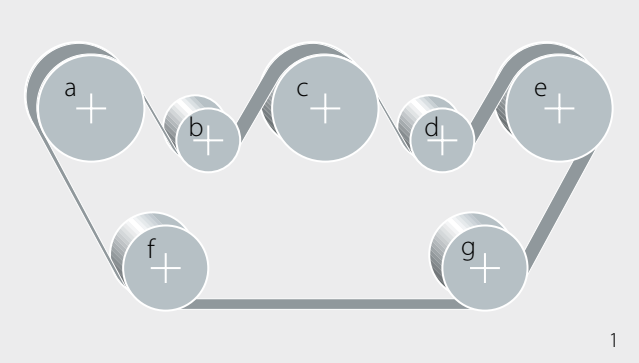
Zweischeibentriebe
Grundsätzlich sollten beide Riemenscheiben in einem Zweischeibentrieb mit einer Balligkeit nach ISO 22 ausgeführt sein. Bei waagerecht liegenden Wellen und Übersetzungsverhältnissen, die größer sind als 1:3, kann die kleine Riemenscheibe jedoch zylindrisch ausgeführt werden.

Mehrscheibenantriebe
Bei Mehrscheibenantrieben grundsätzlich nur die Riemenscheiben gewölbt ausführen, die den Flachriemen in gleicher Richtung biegen. In der Regel eignen sich hierfür die „innen" liegenden Riemenscheiben besonders.

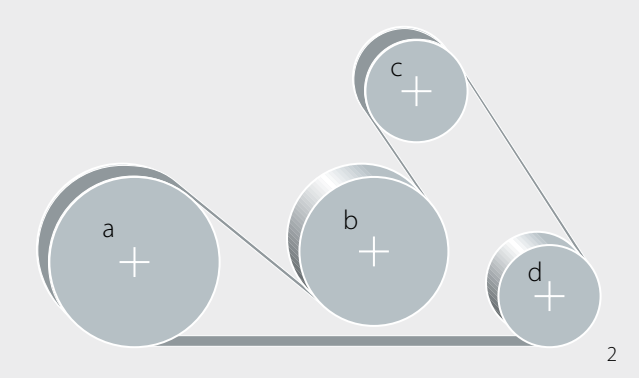
Bei kürzeren Riemenlängen reicht es jedoch häufig, lediglich die größte Riemenscheibe ballig auszuführen, um eine sichere Riemenführung zu gewährleisten.

Im Beispiel 1 empfehlen wir, die Riemenscheiben a, c, e, f und g gewölbt auszuführen. Bei kürzeren Flachriemen genügt es, nur a und e gewölbt auszuführen.

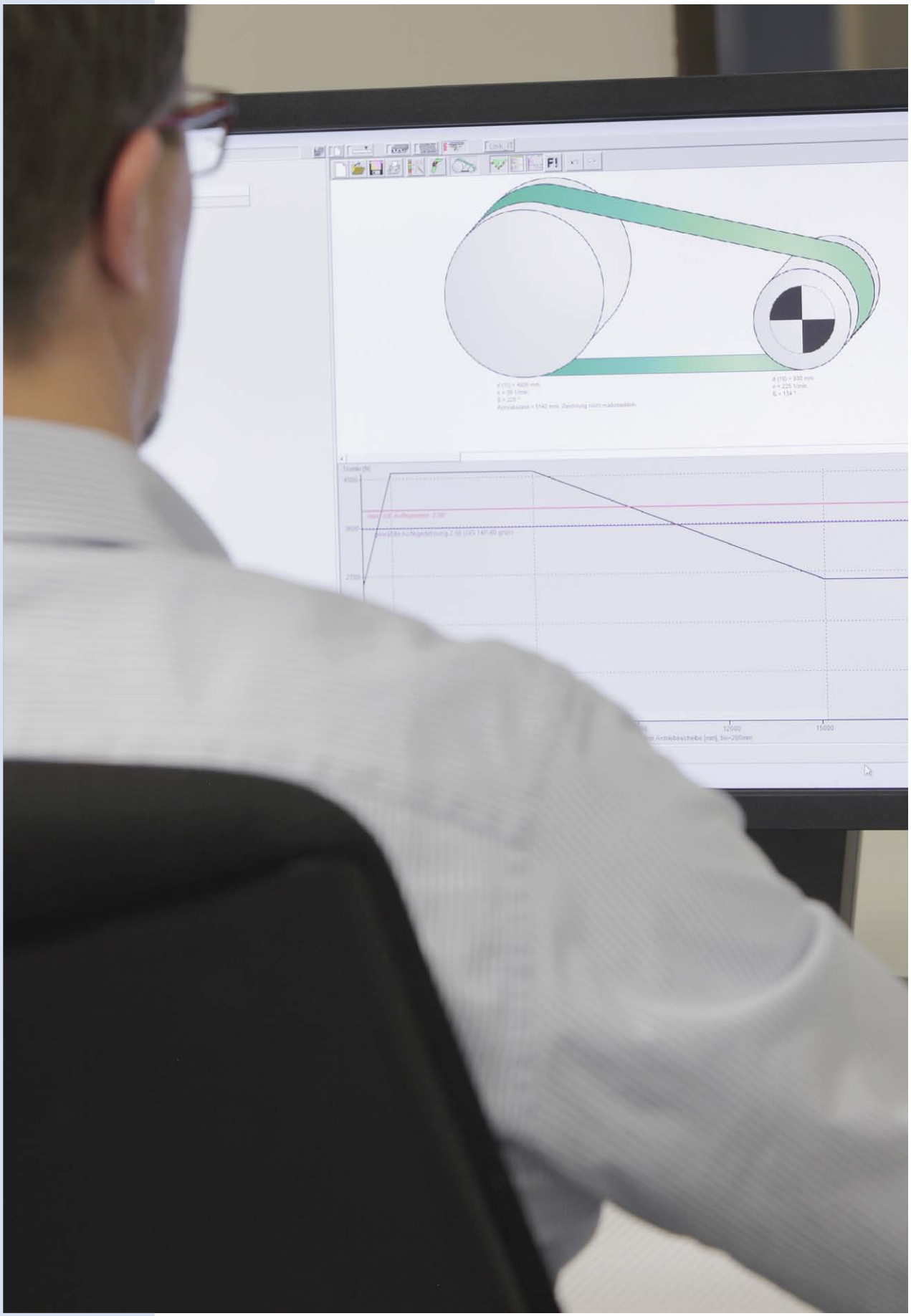
Im Beispiel 2 empfehlen wir, die Riemenscheiben a, c und d gewölbt auszuführen. Bei kurzen Riemenlängen ist a in gewölbter Ausführung ausreichend.



1



2



9 BERECHNUNG VON ANTRIEBSRIEMEN

9.1 Allgemeine Hinweise

9.2 Kraftübertragung am Flachriemen

9.3 Terminologie

9.4 Rechengang

9.5 Betriebsfaktor c_2

9.6 Grundauflegedehnung c_4

9.7 Dehnungszuschlag für Fliehkraft c_5

9.8 Schwingungsberechnung

9.9 Berechnungsbeispiel

9.1 ALLGEMEINE HINWEISE

Die in diesem Kapitel verwendeten Formeln, Werte und Empfehlungen entsprechen dem derzeitigen Stand der Technik und unseren langjährigen Erfahrungen. Sie gelten für die Kraftübertragung zwischen Unterseiten aus Elastomer G oder Chromleder und Stahl/Grauguss-Scheiben. Die Berechnungsergebnisse können jedoch von denen unseres Berechnungsprogramms B_Rex (siehe Kapitel 4.5) abweichen.

Diese Abweichungen ergeben sich aus den grundsätzlich unterschiedlichen Ansätzen: während B_Rex auf empirischen Messungen beruht und eine detaillierte Anlagenbeschreibung erfordert, basieren die hier gezeigten Rechenwege auf allgemeinen, einfachen physikalischen Formeln und Ableitungen, ergänzt durch Faktoren (z. B. c_2), die eine Sicherheitsreserve beinhalten.

In den meisten Fällen wird die Sicherheitsreserve bei Berechnung nach dieser Broschüre größer sein als in der entsprechenden B_Rex-Berechnung.

Hinweis: *Siegling Extremultus Flachriemen der Polyurethan Reihe sind primär nicht zur Leistungsübertragung gedacht und können nicht nach diesen Formeln berechnet werden.*

9.2 KRAFTÜBERTRAGUNG AM FLACHRIEMEN

Zur kraftschlüssigen Übertragung eines bestimmten Drehmoments M und damit einer Umfangskraft F_U muss der Flachriemen gegen die Riemenscheiben gespannt werden. Dabei entsteht eine Kraft, die sowohl im Last- und Leertrum des Flachriemens (F_1 und F_2) als auch als Reaktionskraft auf die Wellen der Riemenscheiben wirkt. Diese Kraft wird Wellenkraft F_W genannt (siehe auch Kapitel 2.6).

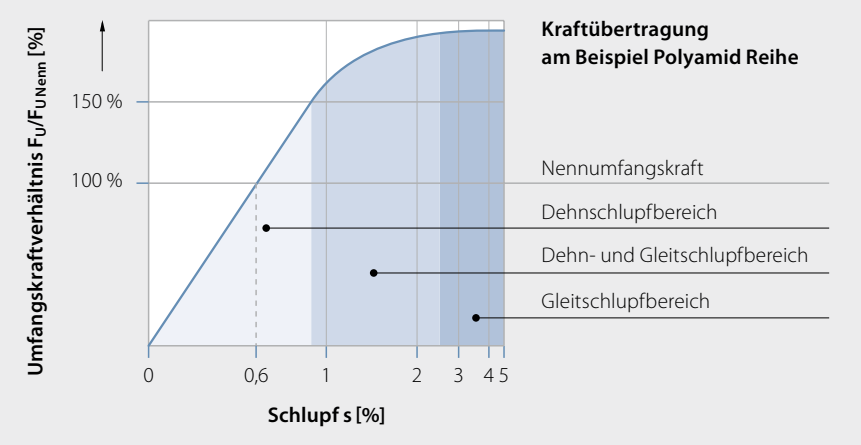
Über die Kontaktfläche zwischen dem Flachriemen und den Riemenscheiben wird dann mithilfe der Reibung die Umfangskraft F_U von der treibenden Riemenscheibe zur getriebenen Riemenscheibe übertragen. Dabei sind die Kraft F_1 und damit die Dehnung im Lasttrum des Flachriemens, also in dem Teil, der zur treibenden Riemenscheibe läuft, höher als die Kraft F_2 und die Dehnung im Leertrum, also in dem Teil der von der treibenden Riemenscheibe wegläuft. Diese Dehnungsunterschiede im Flachriemen werden durch den Schlupf s ausgeglichen.

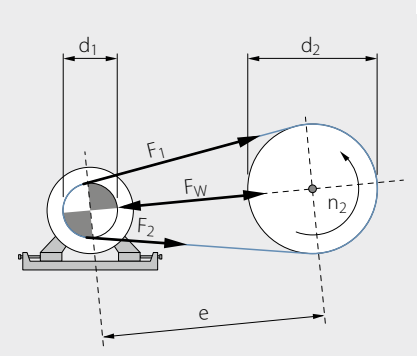
Wie das untenstehende Diagramm zeigt, gibt es drei Schlupfbereiche, den Dehnschlupfbereich, den Dehn- und Gleitschlupfbereich sowie den Gleitschlupfbereich. Gleitschlupf bedeutet in diesem Fall, dass der Flachriemen auf der Riemenscheibe gleitet, also durchrutscht. Ein Betrieb von Flachriemen im Gleitschlupfbereich ist unbedingt zu vermeiden, da dies die Lebensdauer des Flachriemens deutlich verkürzt. Auch beim Betrieb im Dehn- und Gleitschlupfbereich kann Gleitschlupf nicht vollständig ausgeschlossen werden, so dass auch dieser Betriebsbereich vermieden werden sollte.

Dehnschlupf hingegen bedeutet, dass die durch die Umfangskraft F_U entstehenden Kraft- und Dehnungsunterschiede in den Riementrumen (F_1 und F_2) durch das elastische Materialverhalten des Flachriemens ausgeglichen werden. Hierbei entsteht kein übermäßiger Verschleiß am Flachriemen.

Die Siegling Extremultus Flachriemen (Polyamid Reihe) werden in der Form entwickelt, dass sie ihre Nennumfangskraft $F_{U\,Nenn}$ bei einer definierten Auflegedehnung, der Nennauflegedehnung ε_{Nenn} und bei einem Schlupfwert von s = 0,6 % erreichen. Werden die Flachriemen in ihrem vorgesehenen Arbeitspunkt betrieben, arbeiten sie stets sicher im Dehnschlupfbereich. Dieser Bereich reicht bis zu einem Schlupf von etwa s = 0,9 %, so dass die Siegling Extremultus Flachriemen im Extremfall bis zu 150 % ihrer Nennumfangskraft $F_{U\,Nenn}$ übertragen können. Dadurch wird sichergestellt, dass Siegling Extremultus Flachriemen stets ihre Aufgabe der sicheren Kraftübertragung zur vollsten Kundenzufriedenheit erfüllen. Da abhängig vom Anwendungsfall unterschiedliche Breiten der Flachriemen benötigt werden, wird zur Kategorisierung der Flachriemen die Nennumfangskraft im Datenblatt als breitenbezogene Nennumfangskraft $F'_{U\,Nenn}$ – bezogen auf 1 mm Breite – angegeben.

Hinweis: *Die Schlupfbereiche sind abhängig vom Material des verwendeten Flachriemens. Siegling Extremultus Flachriemen der Aramid Reihe sowie der Polyester Reihe arbeiten daher bei anderen Schlupfwerten als Flachriemen der Polyamid Reihe.*





9.3 TERMINOLOGIE

Kurzzeichen	Einheit	Bezeichnung
b	mm	Kranzbreite der Riemenscheibe
b_0	mm	Breite des Flachriemens
c_2	–	Betriebsfaktor
c_4	%	Grundauflegedehnung
c_5	%	Dehnungszuschlag für Fliehkraft
c_R	N/m	Federkonstante des Flachriemens
c_{sofort}	–	Einlaufverhältnis
d_1	mm	Durchmesser der treibenden Riemenscheibe
d_2	mm	Durchmesser der getriebenen Riemenscheibe
d_{klein}	mm	Durchmesser der kleinsten Riemenscheibe
e	mm	Abstand der Wellen/Riemenscheiben
F_1	N	Trumkraft Lasttrum
F_2	N	Trumkraft Leertrum
F_B	N	Bemessungskraft
F_U	N	Zu übertragende Umfangskraft
F'_U	N/mm	Breitenbezogene Umfangskraft
$F_{U\,Nenn}$	N	Nennumfangskraft bei Nennauflegedehnung
$F'_{U\,Nenn}$	N/mm	Breitenbezogene Nennumfangskraft bei Nennauflegedehnung
F_W	N	Wellenkraft
F'_W	N/(mm · %)	Breitenbezogene Wellenkraft bei 1 % Auflegedehnung
F_{Wd}	N	Dynamische Wellenkraft
$F_{W\,max}$	N	Zulässiger Maximalwert der Wellenkraft (anlagenbedingt)
F_{Ws}	N	Statische Wellenkraft
$F_{W\,sofort}$	N	Sofortwert der Wellenkraft
f_1	Hz	Transversale Eigenfrequenz Lasttrum
f_2	Hz	Transversale Eigenfrequenz Leertrum
f_{err}	Hz	Erregerfrequenz
h	mm	Wölbhöhe
J_1	kgm^2	Massenträgheitsmoment der treibenden Riemenscheibe
J_2	kgm^2	Massenträgheitsmoment der getriebenen Riemenscheibe
l	mm	Geometrische Riemenlänge
l_1	mm	Bogenlänge an der treibenden Riemenscheibe
l_2	mm	Bogenlänge an der getriebenen Riemenscheibe
l_S	mm	Frei schwingende Riemenlänge
M	Nm	Drehmoment
m'	kg/m^2	Flächengewicht des Flachriemens
m'_R	kg/m	Metergewicht des Flachriemens
n_1	1/min	Drehzahl der treibenden Riemenscheibe
n_2	1/min	Drehzahl der getriebenen Riemenscheibe
P	kW	Zu übertragende Leistung
v	m/s	Riemengeschwindigkeit
z_{err}	–	Anzahl der Erregungen pro Riemenumlauf
β_1	mm	Umschlingungswinkel der treibenden Riemenscheibe
β_2	mm	Umschlingungswinkel der getriebenen Riemenscheibe
ε	%	Auflegedehnung
ε_{Nenn}	%	Nennauflegedehnung

9.4 RECHENGANG

Bekannt sind P [kW], d_1 [mm], n_1 [1/min], d_2 [mm] sowie e [mm]

1 Umschlingungswinkel β_1 und β_2

$$\beta_1 = 2 \cdot \arccos\left(\frac{(d_2 - d_1)}{2e}\right) \quad [°]$$

$$\beta_2 = 2 \cdot \arccos\left(\frac{(d_1 - d_2)}{2e}\right) \quad [°]$$

2 Riemengeschwindigkeit v

$$v = \pi \cdot \frac{d_1}{1000} \cdot \frac{n_1}{60} \quad [m/s]$$

Zu übertragende Umfangskraft F_U

$$F_U = \frac{P \cdot 1000}{v} \quad [N]$$

3 Bemessungskraft F_B

$$F_B = F_U \cdot c_2 \quad [N]$$

Betriebsfaktor c_2

c_2 aus der Tabelle Betriebsfaktor ablesen (siehe Kapitel 9.5)

4 Breitenbez. Umfangskraft F'_U
Breitenbez. Nennumfangskraft $F'_{U\,Nenn}$
Grundauflegedehnung c_4
Vorauswahl des Flachriemens

Im Diagramm von d_{klein} senkrecht nach oben bis zum Schnittpunkt mit β, nach links F'_U, nach rechts c_4 und $F'_{U\,Nenn}$ ablesen

Anhand der breitenbezogenen Nennumfangskraft von $F'_{U\,Nenn}$ wird ein geeigneter Artikel vorausgewählt.

5 Breite des Flachriemens b_0

$$b_0 = \frac{F_B}{F'_U} \quad [mm]$$

6 Bogenlänge an der treibenden Riemenscheibe l_1 und getriebenen Riemenscheibe l_2

$$l_1 = \pi \cdot \frac{d_1}{2} \cdot \frac{\beta_1}{180} \quad [mm]$$

$$l_2 = \pi \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \frac{\beta_2}{180} \quad [mm]$$

Freischwingende Länge l_s

$$l_s = \sqrt{e^2 - \frac{(d_2 - d_1)^2}{4}} \quad [mm]$$

Hinweis: Die Bestelllänge des Flachriemens hängt von der Auflegedehnung ab (siehe Kapitel 5.2. und Kapitel 6.3)

Geometrische Riemenlänge l

$$l = l_1 + l_2 + 2 \cdot l_s \quad [mm]$$

7 Auflegedehnung ε

$$\varepsilon = c_4 + c_5 \quad [\%]$$

Dehnungszuschlag für Fliehkraft c_5

c_5 aus den Tabellen Dehnungszuschlag für Fliehkraft für den gewählten Siegling Extremultus Flachriemen ablesen (siehe Kapitel 9.7)

8 Wellenkraft F_W
im Stillstand (statisch) F_{Ws}
im Betrieb (dynamisch) F_{Wd}

$$F_{Ws} = \varepsilon \cdot F'_w \cdot b_0 \quad [N]$$

$$F_{Wd} = c_4 \cdot F'_w \cdot b_0 \quad [N]$$

Hinweis: F'_W aus Datenblatt ablesen (siehe Kapitel 2.5)

Sofortwert der Wellenkraft $F_{W\,sofort}$

$$F_{W\,sofort} = c_{sofort} \cdot \varepsilon \cdot F'_w \cdot b_0 \quad [N]$$

Einlaufverhältnis c_{sofort}

c_{sofort} aus der Tabelle Einlaufverhältnis ablesen (siehe Kapitel 6.3)

9 Schwingungsberechnung
Erregerfrequenz f_{err}

$$f_{err} = \frac{n}{60} \cdot z_{err} \quad [Hz]$$

Die Drehzahl der Riemenscheibe mit der höchsten Umwuchterregung einsetzen

Metergewicht des Flachriemens m'_R

$$m'_R = m' \cdot \frac{b_0}{1000} \quad [kg/m]$$

m' aus dem Datenblatt des jeweiligen Siegling Extremultus Flachriemens ablesen

Riemenkraft im Lasttrum F_1

$$F_1 = \frac{F_{Ws} + F_u}{2} \quad [N]$$

Riemenkraft im Leertrum F_2

$$F_2 = \frac{F_{Ws} - F_u}{2} \quad [N]$$

Transversale Eigenfrequenz:
im Lasttrum f_1

$$f_1 = \frac{1000}{l_s} \sqrt{\frac{F_1}{4 \cdot m'_R}} \quad [Hz]$$

im Leertrum f_2

$$f_2 = \frac{1000}{l_s} \sqrt{\frac{F_2}{4 \cdot m'_R}} \quad [Hz]$$

9.5 BETRIEBSFAKTOR c_2

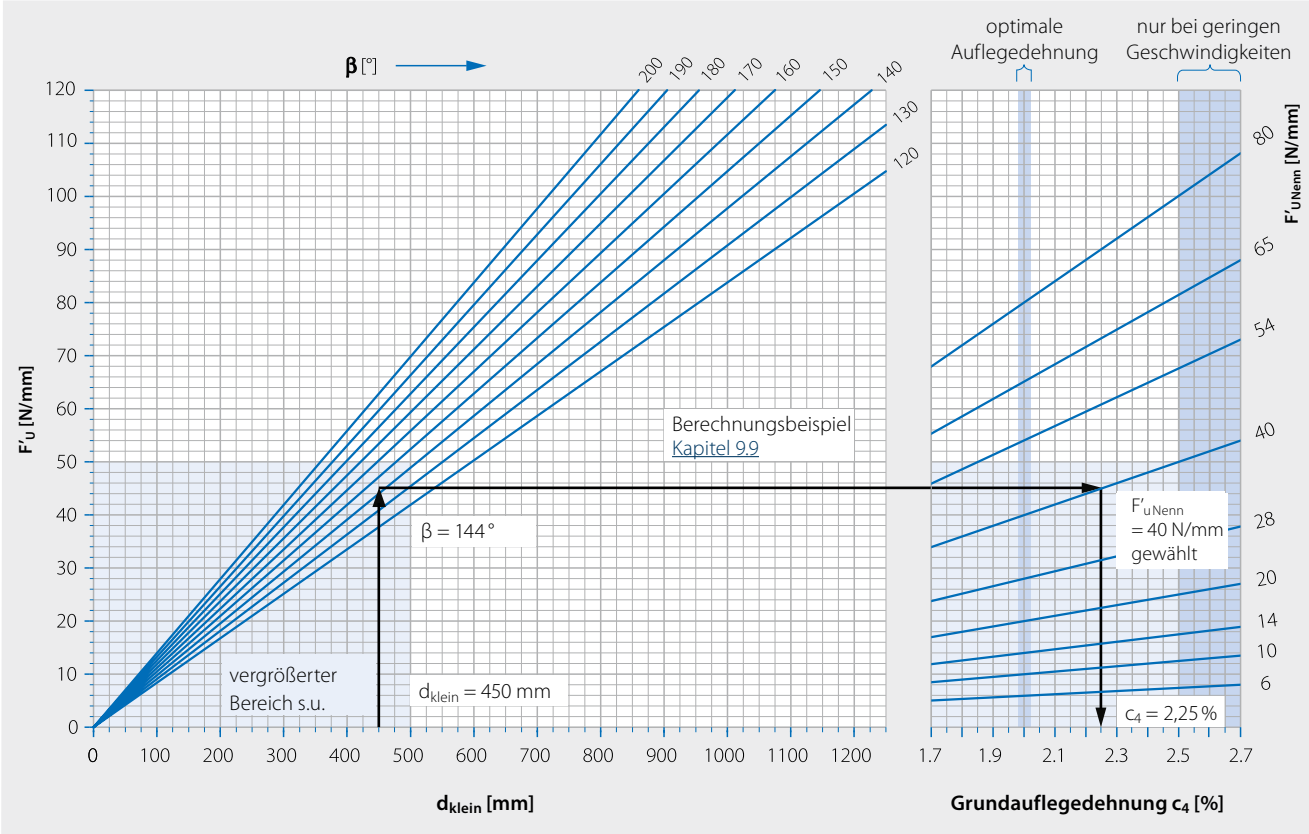
Art des Antriebes	Antriebsbeispiele	Betriebs-faktor c_2
gleichmäßiger Betrieb geringe zu beschleunigende Massen lastfreier Anlauf	Generatoren geringer Leistung Zentrifugalpumpen Drehautomaten leichte Textilmaschinen	1,0
fast gleichmäßiger Betrieb mittlere zu beschleunigende Massen meistens lastfreier Anlauf	kleine Ventilatoren bis 8 kW Werkzeugmaschinen Drehkolbengebläse Holzbearbeitungsmaschinen, leicht und mittel Generatoren Getreidewalzenstühle Gruppenvorgelege Karden, Krempel Extruder Steinsägegatter Schraubenkompressoren	1,2
ungleichmäßiger Betrieb mittlere zu beschleunigende Massen Stöße	Kolbenpumpen, Kompressoren, Ungleichförmigkeitsgrad > 1:80 Zentrifugen Großpresspumpen Ventilatoren Knetmaschinen Holländer Mahlgänge Kugelmühlen Rohrmühlen Webstühle Rührwerke Zerspaner Holzindustrie Karosseriepressen Konusriemen Papierindustrie	1,35
ungleichmäßiger Betrieb große zu beschleunigende Massen starke Stöße Anlauf unter Last	Kolbenpumpen, Kompressoren, Ungleichförmigkeitsgrad < 1:80 Holzsägegatter Rüttelmaschinen Baggerantriebe Kollergänge Rollapparate Ziegelpressen Schmiedepressen Scheren Stanzen Walzwerke Steinbrecher Hacker	1,7

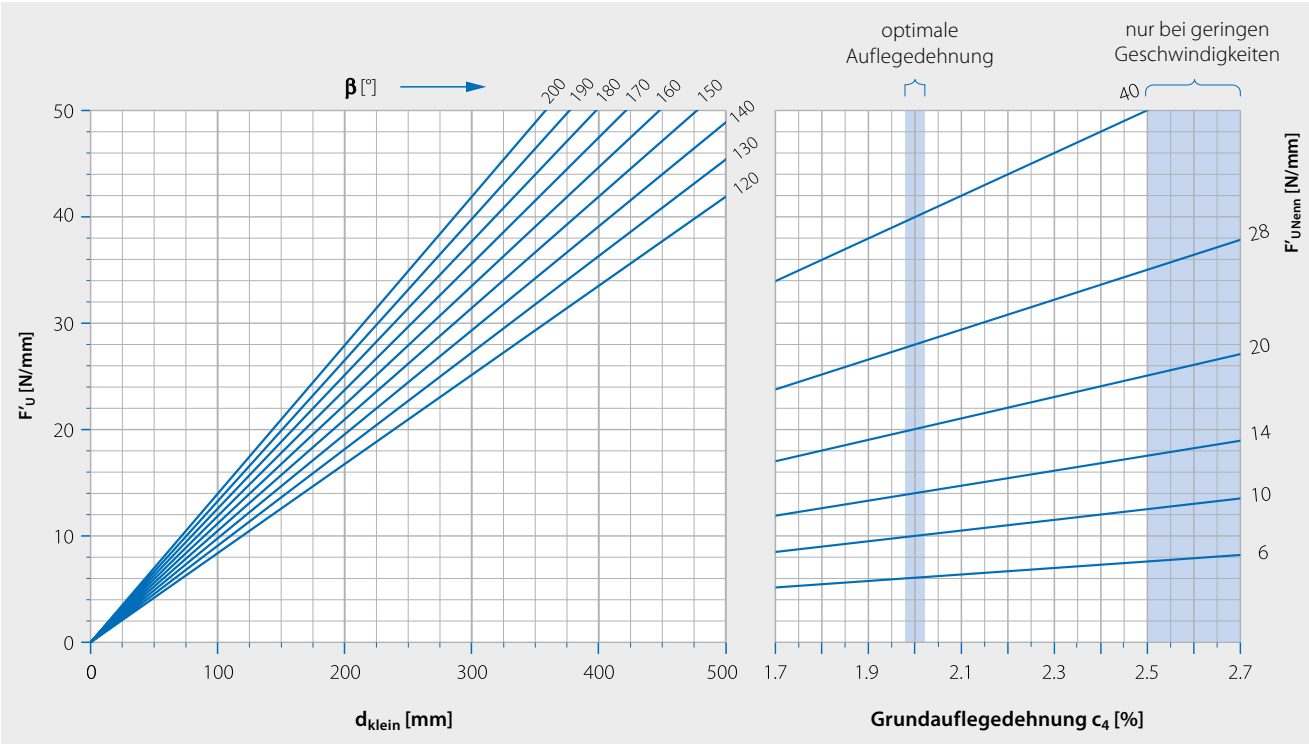
In Abhängigkeit von der Drehmomentcharakteristik der Antriebsmaschine sollten folgende Betriebsfaktoren nicht unterschritten werden:

Antriebsmaschine	Mindestwert c_2
drehzahlgeregelte Elektromotoren (z. B. Frequenzumrichter)	1,0
Elektromotoren mit Stern-Dreieck-Umschaltung Elektromotoren mit mechanischer oder hydrodynamischer Kupplung polumschaltbare Elektromotoren Verbrennungsmotoren Wasserturbinen	1,3
direkt eingeschaltete Elektromotoren ohne Anlaufkupplung	1,7

9.6 GRUNDAUFLEGEDEHNUNG c_4

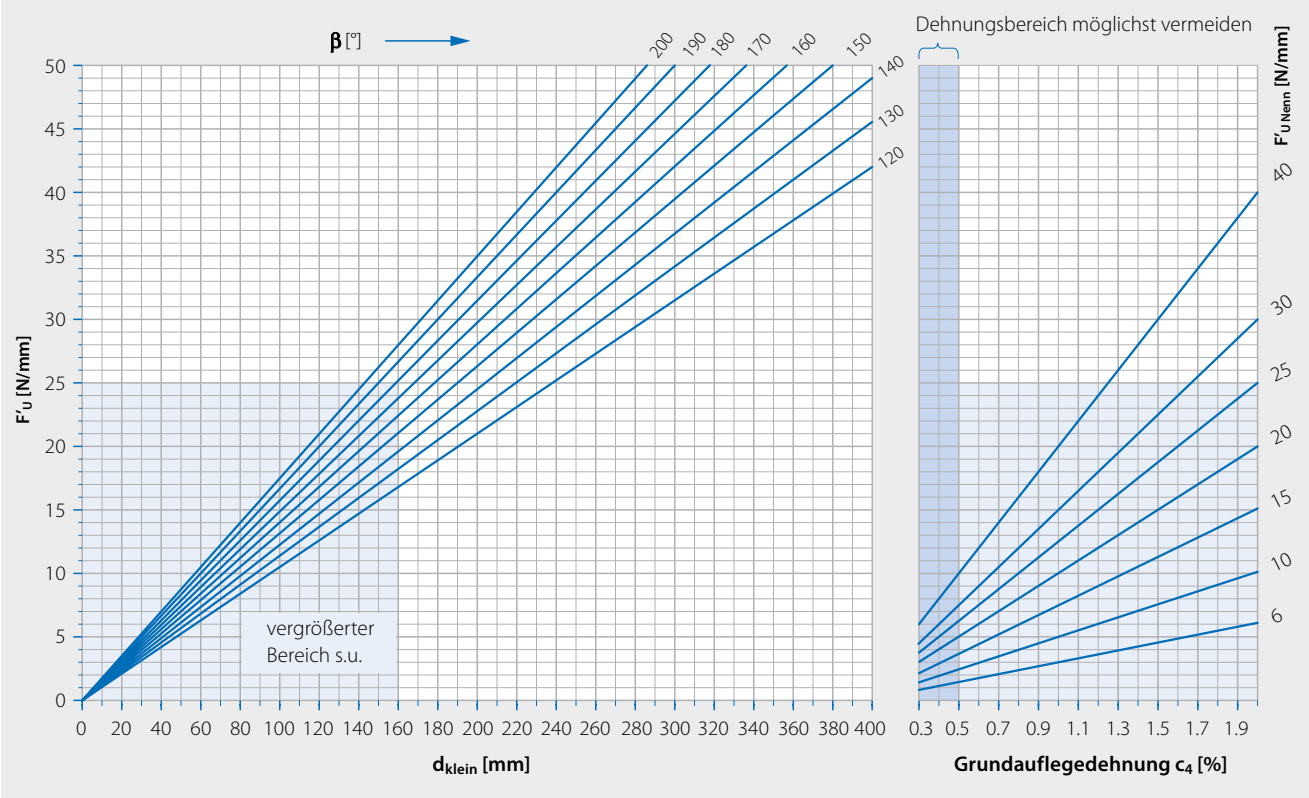
Polyamid Reihe – Zugband

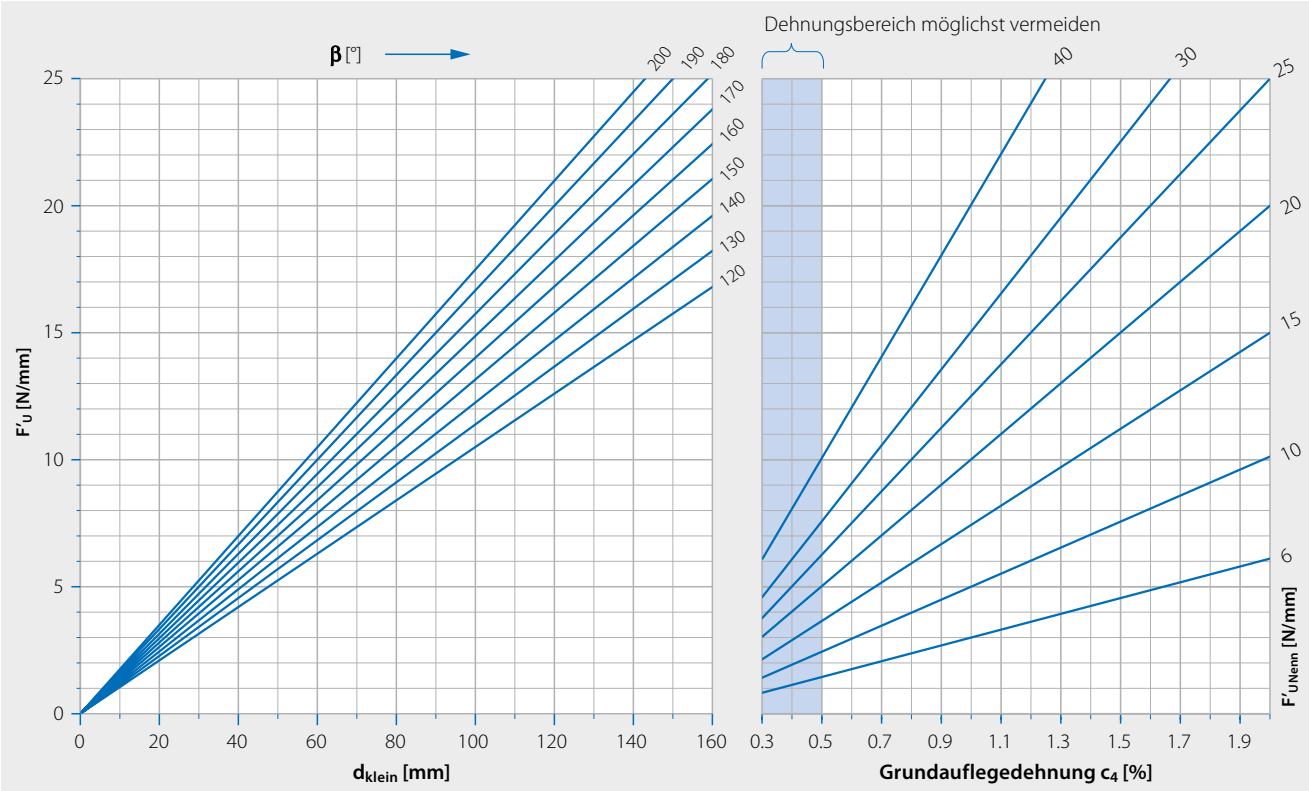




9.6 GRUNDAUFLEGEDEHNUNG c_4

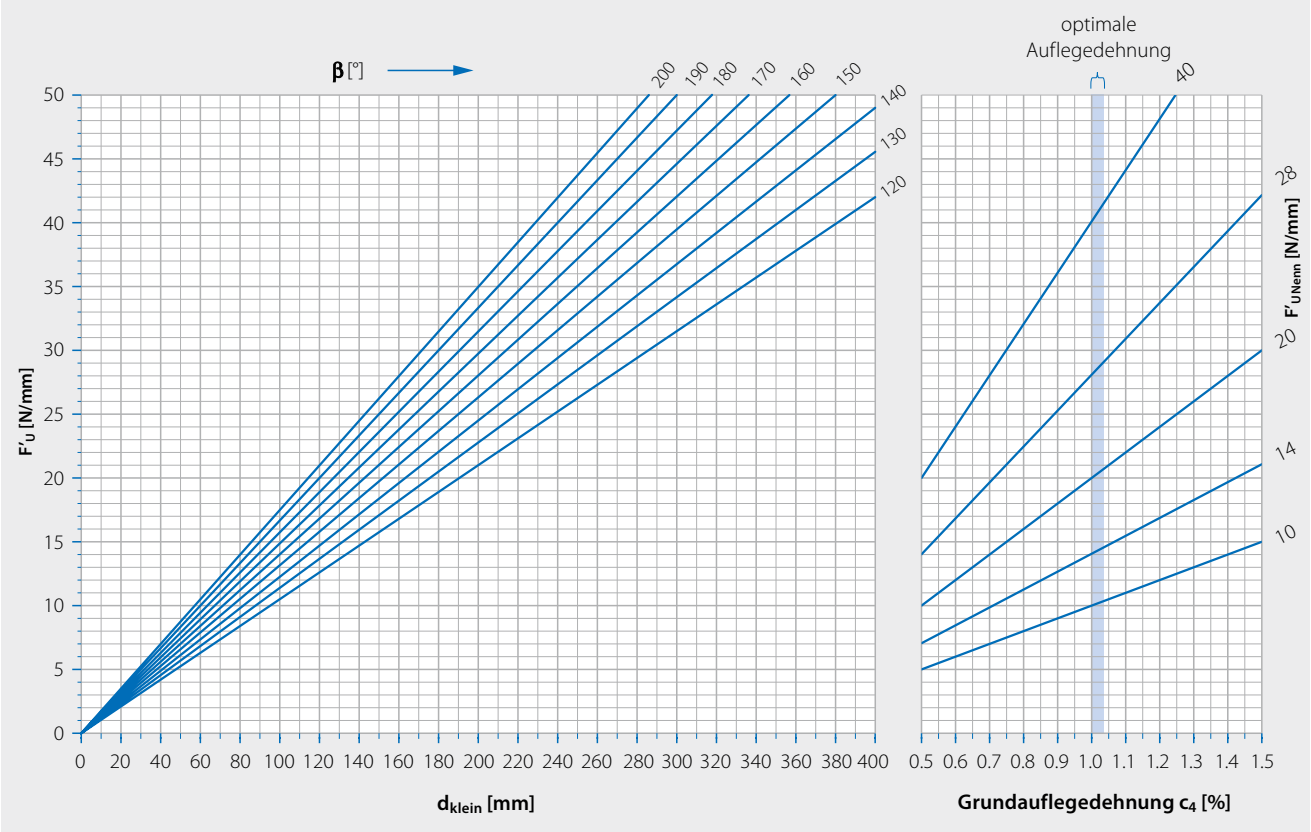
Polyester Reihe – Gewebe





Hinweise zur Polyester Reihe: Für Riemen mit U-Beschichtung ist wegen der geringeren Strukturfestigkeit des Polyurethans die übertragbare Umfangskraft um 1/3 zu reduzieren. Eine Grundauflegedehnung von > 2,0 % ist typabhängig möglich, jedoch sollte die Forbo Movement Systems Anwendungstechnik konsultiert werden.

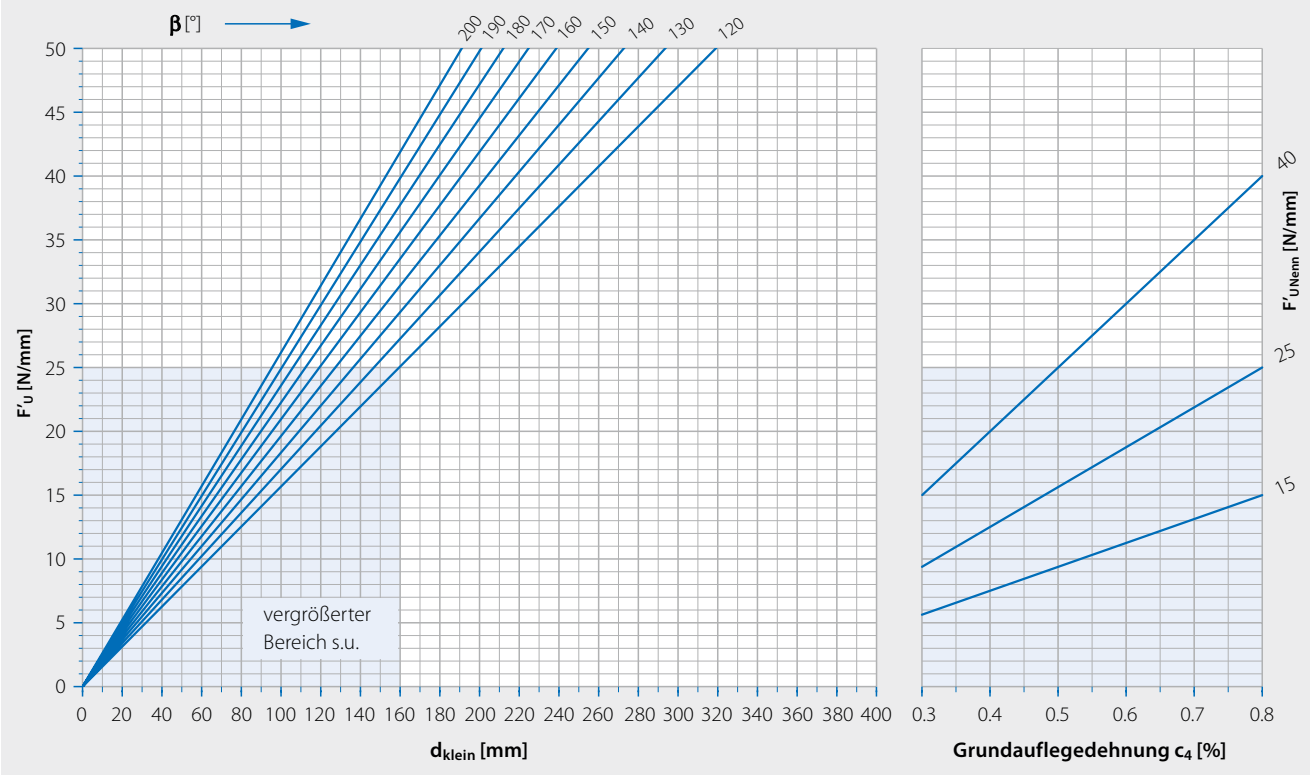
Polyester Reihe – Cordfäden

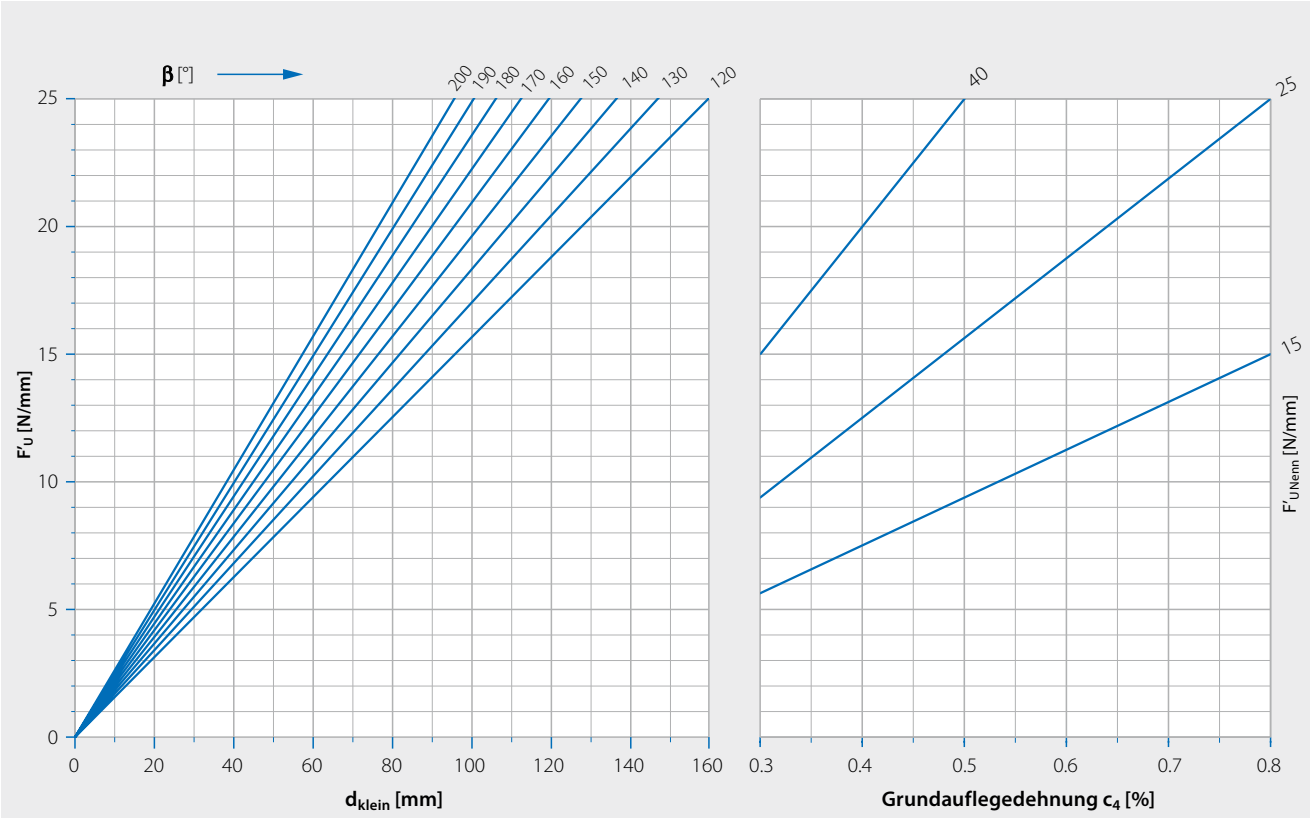


Hinweise zur endlosen Polyester Reihe: Für Riemen mit U-Beschichtung ist wegen der geringeren Strukturfestigkeit des Polyurethans die übertragbare Umfangskraft um 1/3 zu reduzieren. Die Riemen sind hoch belastbar und erlauben bei Gummi-Unterseite auch eine Unterschreitung der im Diagramm dargestellten Durchmessergrenzen. Wir empfehlen bei hoch belasteten Antrieben generell die Rücksprache mit der Forbo Movement Systems Anwendungstechnik.

9.6 GRUNDAUFLEGEDEHNUNG c_4

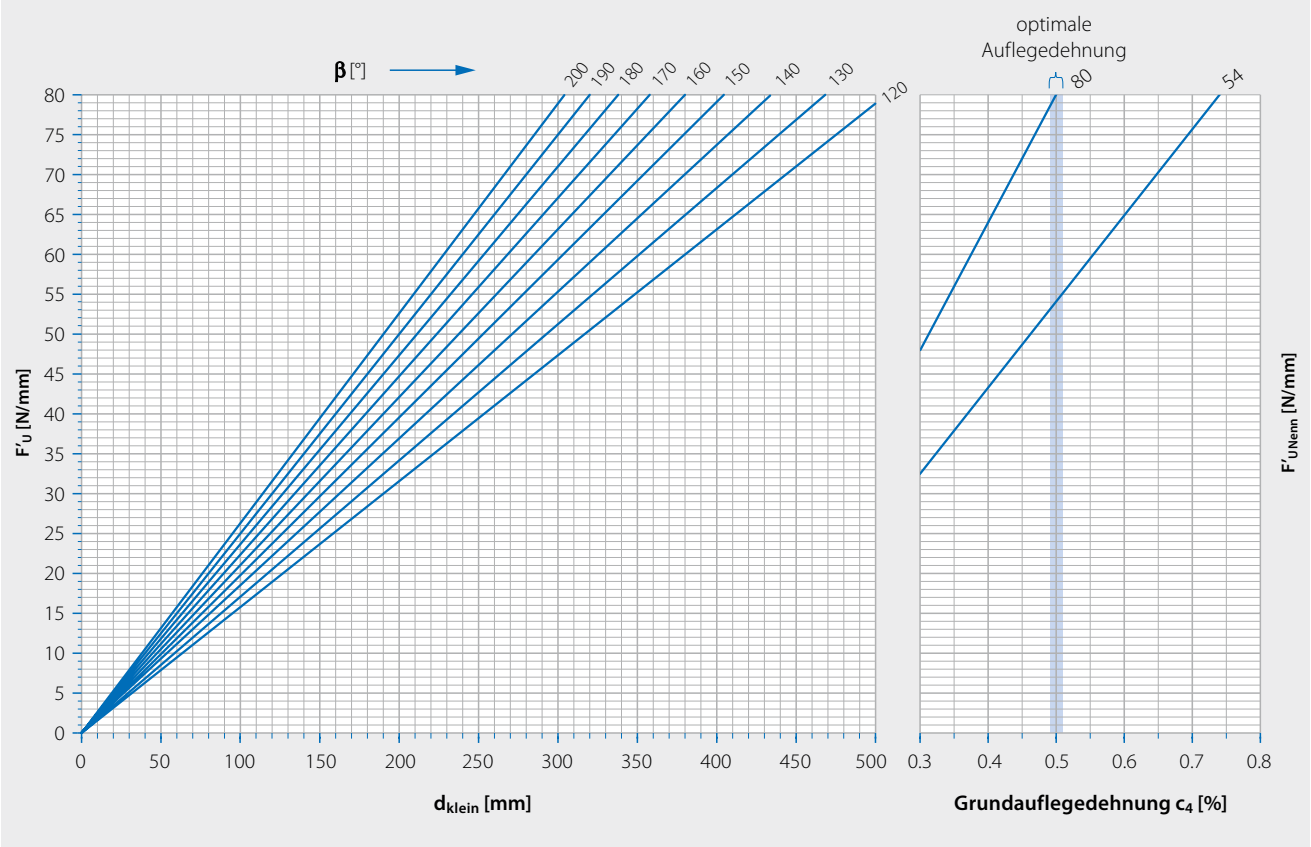
Aramid Reihe – Gewebe





Hinweise zur Aramid Reihe: Für Riemen mit U-Beschichtung ist wegen der geringeren Strukturfestigkeit des Polyurethans die übertragbare Umfangskraft um 1/3 zu reduzieren. Eine Grundauflegedehnung von > 0,8 % ist typabhängig möglich, jedoch sollte die Forbo Movement Systems Anwendungstechnik konsultiert werden.

Aramid Reihe – Cordfäden



Hinweise zur endlosen Aramid Reihe: Die Riemen sind hoch belastbar und erlauben bei Gummi-Unterseiten auch eine Unterschreitung der im Diagramm dargestellten Durchmessergrenzen. Ebenfalls kann unter bestimmten Betriebsbedingungen die übertragbare Umfangskraft weit über die Nennumfangskraft hinaus gesteigert werden. Wir empfehlen bei hoch belasteten Antrieben generell die Rücksprache mit der Forbo Movement Systems Anwendungstechnik.

9.7 DEHNUNGSZUSCHLAG FÜR FLIEHKRAFT C_5

Polyester Reihe

F'_{UNenn}	v [m/s]		
	30	**40**	**50**
6	0,1	0,15	0,2
10	0,1	0,15	0,2
15	0,1	0,15	0,2
20	0,1	0,15	0,2
25	0,1	0,15	0,2
30	0,1	0,15	0,2
40	0,1	0,15	0,2

Zugträgerausführung: Gewebe
Beschichtungen: alle
Die Auflegedehnung ε darf bei der Polyester Reihe 2,1 % nicht überschreiten.

F'_{UNenn}	v [m/s]		
	40	**50**	**60**
10	0,1	0,2	0,3
14	0,1	0,2	0,3
20	0,1	0,2	0,3
28	0,1	0,2	0,3
40	0,1	0,2	0,3

Zugträgerausführung: Cordfäden
Beschichtungen: GT, GG, UU
Die Auflegedehnung ε darf bei den endlos gewickelten Typen der Polyester Reihe 1,5 % nicht überschreiten.
Bei Riemengeschwindigkeiten über 60 m/s erbitten wir Rücksprache mit der Forbo Movement Systems Anwendungstechnik.

F'_{UNenn}	v [m/s]			
	30	**40**	**50**	**60**
10	0,1	0,15	0,2	0,25
14	0,1	0,15	0,2	0,25
20	0,1	0,15	0,2	0,25
28	0,1	0,15	0,2	0,25
40	0,1	0,15	0,2	0,25

Zugträgerausführung: Cordfäden
Beschichtungen: LT, LL
Die Auflegedehnung ε darf bei den endlos gewickelten Typen der Polyester Reihe 1,5 % nicht überschreiten.
Bei Riemengeschwindigkeiten über 60 m/s erbitten wir Rücksprache mit der Forbo Movement Systems Anwendungstechnik.

Aramid Reihe

F'_{UNenn}	v [m/s]	
	40	50
15	0,05	0,05
25	0,05	0,05
40	0,05	0,05

Zugträgerausführung: Gewebe
Beschichtungen: alle
Die Auflegedehnung ε darf bei der Aramid Reihe 1 % nicht überschreiten.

F'_{UNenn}	v [m/s]		
	40	50	60
54	0,05	0,05	0,1
80	0,05	0,05	0,1

Zugträgerausführung: Cordfäden
Beschichtungen: GT, GG, LT
Die Auflegedehnung ε darf bei den endlos gewickelten Typen der Aramid Reihe 1 % nicht überschreiten.
Bei Riemengeschwindigkeiten über 60 m/s erbitten wir Rücksprache mit der Forbo Movement Systems Anwendungstechnik.

Polyamid Reihe

F'_{UNenn}	v [m/s]					
	20	30	40	50	60	70
6	0,2	0,3	0,7	1,0	*	*
10	0,2	0,3	0,6	0,9	*	*
14	0,1	0,3	0,5	0,8	1,0	*
20	0,1	0,3	0,4	0,7	1,0	*
28	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	*
40	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0
54	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9
80	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8

Zugträgerausführung: Zugband
Beschichtungen: GT
Die Auflegedehnung ε darf bei der Polyamid Reihe 3 % nicht überschreiten.

F'_{UNenn}	v [m/s]					
	20	30	40	50	60	70
6	0,3	0,6	1,0	*	*	*
10	0,2	0,5	0,8	*	*	*
14	0,2	0,4	0,6	1,0	*	*
20	0,1	0,3	0,5	0,9	1,0	*
28	0,1	0,2	0,4	0,7	0,9	*
40	0,1	0,2	0,3	0,6	0,8	1,0
54	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0
65	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9
80	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9

Zugträgerausführung: Zugband
Beschichtungen: LT
Die Auflegedehnung ε darf bei der Polyamid Reihe 3 % nicht überschreiten.

* Bei diesen Konfigurationen sowie bei Riemengeschwindigkeiten von 70 m/s und höher empfiehlt sich für die Auswahl des geeigneten Siegling Extremultus Flachriemens generell eine Rückfrage bei Forbo Movement Systems.

9.8 SCHWINGUNGSBERECHNUNG

Ein Flachriemengetriebe ist ein dynamisches System und damit auch schwingungsfähig. Je nach Anwendungsfall wird das System durch die treibende und/oder getriebene Maschine periodisch angeregt, sodass Transversal- und/oder Longitudinalschwingungen auftreten.

Um unerwünschte Effekte, z. B. eine reduzierte Lebensdauer, zu vermeiden, darf die periodische Erregerfrequenz nicht in der Nähe der Eigenfrequenzen des Flachriemens liegen. Diese so genannte Resonanz tritt aufgrund der guten Dämpfungseigenschaften und der dadurch niedrigen Eigenfrequenzen der Siegling Extremultus Flachriemen relativ selten auf.

Empfehlenswert ist dennoch, insbesondere bei Kolbenkompressoren, Wasserturbinen (Kaplan, Francis), Vollgattern o.ä., Schwingungsberechnungen für Longitudinalschwingungen durch Forbo Movement Systems durchführen zu lassen.

Biegefrequenz

Die zulässige max. Biegefrequenz ist vom Aufbau des Flachriemens abhängig. Eine zu große Biegefrequenz verringert die Lebensdauer eines Flachriemens, auch kann die Geräuschentwicklung beim Auflaufen der Endlosverbindung auf die Riemenscheiben erheblich sein. Keilverbindungen der Polyamid Reihe sollten bei hohen Biegefrequenzen immer als 60° Keilverbindung ausgeführt werden.

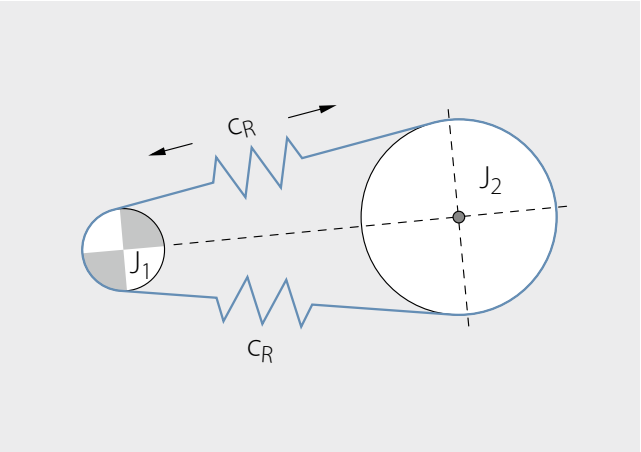
Bei Biegefrequenzen über 30 Hz sollte in jedem Fall eine Beratung durch Forbo Movement Systems erfolgen.

Longitudinale Eigenfrequenz

Die longitudinale Eigenfrequenz eines Flachriemens ist abhängig von der Federkonstante des Flachriemens c_R sowie den Massenträgheitsmomenten (J_1) der treibenden und getriebenen Riemenscheibe (J_2).

Longitudinalschwingungen können nur außerordentlich aufwändig messtechnisch sichtbar gemacht werden. Indizien für Longitudinalschwingungen sind übermäßiger Verschleiß der Unterseite des Flachriemens, polierte Oberflächen der Riemenscheiben sowie feiner roter Staub. Vorhandene Longitudinalschwingungen lassen sich nur durch die Verwendung eines Flachriemens mit anderem Zugträgermaterial beheben.

Resonanz wird vermieden, wenn die Erregerfrequenz f_{err} um mindestens 30 % von der Eigenfrequenz des Systems abweicht.

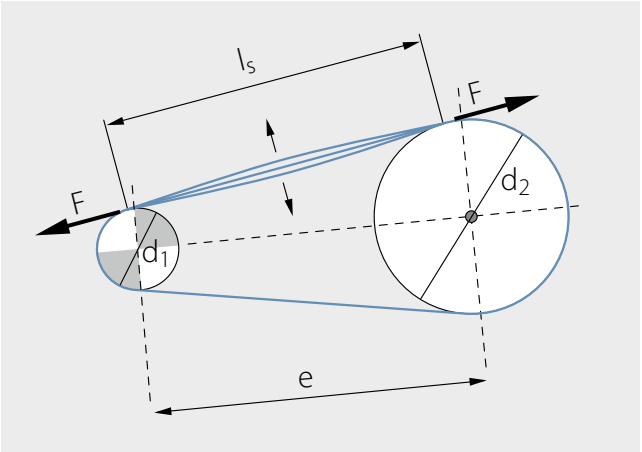


Transversale Eigenfrequenz

Die transversale Eigenfrequenz eines Flachriemens ist abhängig von der frei schwingenden Riemenlänge l_S, der Trumkraft (Lasttrum F_1, Leertrum F_2) und dem Metergewicht des Flachriemens m'_R.

Das bedeutet, dass für eine vollständige Schwingungsanalyse sowohl die Eigenfrequenz des Lasttrums als auch des Leertrums zu betrachten sind.
Die Transversalschwingung ist sichtbar – der Flachriemen flattert übermäßig – und kann durch Einbau einer tangierenden Rolle (Beruhigerrolle), durch Veränderung des Wellenabstands oder der Riemenspannung vermieden werden.

Resonanz wird vermieden, wenn die Erregerfrequenz f_{err} um mindestens 20 % von den Eigenfrequenzen des Flachriemens (im Lasttrum f_1 und im Leertrum f_2) abweicht.



9.9 BERECHNUNGSBEISPIEL

Motorleistung	P	= 280 kW
Durchmesser Antriebsscheibe	d_1	= 450 mm
Motordrehzahl	n_1	= 1490 1/min
Achsabstand	e	= 2500 mm
Durchmesser Abtriebsscheibe	d_2	= 2000 mm
Drehzahl Abtriebsscheibe	n_2	= 335 1/min

Die Umgebung ist staubig und ohne Einfluss von Öl, normales Klima

Gesucht: Antriebsriemen für den elektrischen Antrieb eines Sägegatters

1 Umschlingungswinkel β_1 und β_2

$$\beta_1 = 2 \cdot \arccos\left(\frac{(2000\ \text{mm} - 450\ \text{mm})}{2 \cdot 2500\ \text{mm}}\right) = 143{,}9°$$

$$\beta_2 = 2 \cdot \arccos\left(\frac{(450\ \text{mm} - 2000\ \text{mm})}{2 \cdot 2500\ \text{mm}}\right) = 216{,}1°$$

2 Riemengeschwindigkeit v

$$v = \pi \cdot \frac{450\ \text{mm}}{1000\ \text{mm/m}} \cdot \frac{1490\ \text{1/min}}{60\ \text{s/min}} = 35{,}1\ \text{m/s}$$

Zu übertragende Umfangskraft F_U

$$F_U = \frac{280\ \text{kW} \cdot 1000\ \text{W/kW}}{35{,}1\ \text{m/s}} = 7976\ \text{N}$$

3 Bemessungskraft F_B

$$F_B = 7976\ \text{N} \cdot 1{,}7 = 13559\ \text{N}$$

Betriebsfaktor c_2

$c_2 = 1{,}7$ aus der Tabelle Betriebsfaktor abgelesen (siehe Kapitel 9.5)

4 Breitenbez. Umfangskraft F'_U

Breitenbez. Nennumfangskraft $F'_{U\,Nenn}$

Grundauflegedehnung c_4

Aufgrund der Umgebungseinflüsse ist der Einsatz eines Siegling Extremultus Flachriemens mit Polyamid-Zugband und Gummibeschichtung möglich. Daher wird das Diagramm der Polyamid Reihe ausgewertet:

F'_U		β		c_4	$F'_{U\,Nenn}$
45 N/mm	←	143,9 °	→	2,25 %	40 N/mm

$d_{klein} = 450\ \text{mm} = d_1$

Vorauswahl des Flachriemens

Anhand der breitenbezogenen Nennumfangskraft von $F'_{U\,Nenn} = 40$ N/mm wird der Artikel GT 40P schwarz (850049) vorausgewählt (siehe Kapitel 4).

5 Breite des Flachriemens b_0

$$b_0 = \frac{13559\ \text{N}}{45\ \text{N/mm}} = 301\ \text{mm}$$

gewählt wird $b_0 = 320$ mm

6 Bogenlänge an der treibenden Riemenscheibe l_1 und getriebenen Riemenscheibe l_2

$$l_1 = \pi \cdot \frac{450\ \text{mm}}{2} \cdot \frac{143{,}9°}{180°} = 565\ \text{mm}$$

$$l_2 = \pi \cdot \frac{2000\ \text{mm}}{2} \cdot \frac{216°}{180°} = 3772\ \text{mm}$$

Freischwingende Länge l_s

$$l_s = \sqrt{(2500\ \text{mm})^2 - \frac{(2000\ \text{mm} - 450\ \text{mm})^2}{4}} = 2377\ \text{mm}$$

Geometrische Riemenlänge l

$$l = 565\ \text{mm} + 3772\ \text{mm} + 2 \cdot 2377\ \text{mm} = 9091\ \text{mm}$$

Hinweis: Die Bestelllänge des Flachriemens hängt von der Spannmethode ab (siehe Kapitel 5.2. und Kapitel 6.3)

7

Auflegedehnung ε

$\varepsilon = 2{,}25\,\% + 0{,}25\,\% = 2{,}5\,\%$

Dehnungszuschlag für Fliehkraft c_5

$c_5 = 0{,}25\,\%$ aus der Tabelle für die Polyamid Reihe GT abgelesen (siehe Kapitel 9.7)

8

Wellenkraft F_W

im Stillstand (statisch) F_{Ws}

im Betrieb (dynamisch) F_{Wd}

Sofortwert der Wellenkraft $F_{Wsofort}$

Einlaufverhältnis c_{sofort}

$F'_W = 40$ N/mm für GT 40P schwarz (850049) aus Datenblatt abgelesen (siehe Kapitel 2.5).

$F_{Ws} = 2{,}5\,\% \cdot 40\ \text{N/(mm} \cdot \%) \cdot 320\ \text{mm} = 32000\ \text{N}$

$F_{Wd} = 2{,}25\,\% \cdot 40\ \text{N/(mm} \cdot \%) \cdot 320\ \text{mm} = 28800\ \text{N}$

$F_{W\,sofort} = 2{,}2 \cdot 2{,}5\,\% \cdot 40\ \text{N/(mm} \cdot \%) \cdot 320\ \text{mm} = 70400\ \text{N}$

$c_{sofort} = 2{,}2$ aus der Tabelle Einlaufverhältnis abgelesen (siehe Kapitel 6.3)

9

Schwingungsberechnung

Ein Sägegatter besitzt wie alle Kurbeltriebe ein ungleichförmiges Kraftübertragungsverhalten. Es führt pro Umdrehung der Antriebsscheibe 2 Arbeitshübe (= z_{err}) aus.

Erregerfrequenz f_{err}

$$f_{err} = \frac{335\ 1/\text{min}}{60\ \text{s/min}} \cdot 2 = 11{,}2\ \text{Hz}$$

für n die Drehzahl der Abtriebsscheibe einsetzen

Metergewicht des Flachriemens m'_R

$$m'_R = 4\ \text{kg/m}^2 \cdot \frac{320\ \text{mm}}{1000\ \text{mm/m}} = 1{,}28\ \text{kg/m}$$

m' aus dem Datenblatt des jeweiligen Siegling Extremultus Flachriemens ablesen

Riemenkraft im Lasttrum F_1

$$F_1 = \frac{32000\ \text{N} + 7976\ \text{N}}{2} = 19988\ \text{N}$$

Riemenkraft im Leertrum F_2

$$F_2 = \frac{32000\ \text{N} - 7976\ \text{N}}{2} = 12012\ \text{N}$$

Transversale Eigenfrequenz:
im Lasttrum f_1

$$f_1 = \frac{1000\ \text{mm/m}}{2377\ \text{mm}} \sqrt{\frac{19988\ \text{N}}{4 \cdot 1{,}28\ \text{kg/m}}} = 26{,}3\ \text{Hz}$$

im Leertrum f_2

$$f_2 = \frac{1000\ \text{mm/m}}{2377\ \text{mm}} \sqrt{\frac{12012\ \text{N}}{4 \cdot 1{,}28\ \text{kg/m}}} = 20{,}4\ \text{Hz}$$

Die Eigenfrequenzen von Last- und Leertrum liegen beide mehr als 20 % von der Erregerfrequenz entfernt. Transversalschwingungen (Flattern) des Flachriemens sind daher nicht zu befürchten.

Lösung: GT 40 P schwarz (850049) ist für diese Anwendung geeignet

10 BERECHNUNG VON ROLLENBAHN-ANTRIEBSRIEMEN

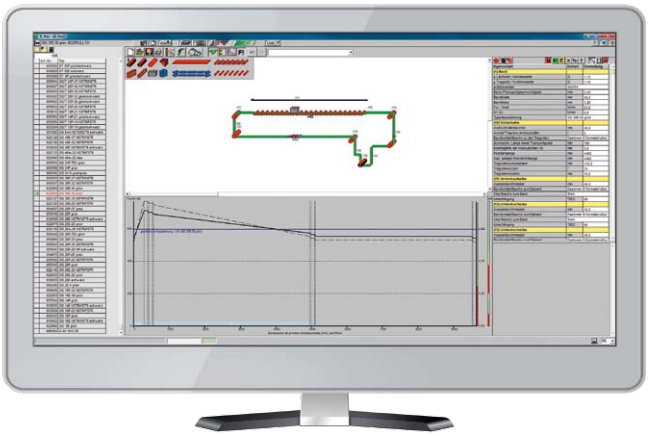
10.1 Allgemeine Hinweise

10.2 Terminologie

10.3 Rechengang

10.1 ALLGEMEINE HINWEISE

Grundsätzlich empfehlen wir die Auslegung von Rollenbahnantriebsriemen mit unserer Berechnungssoftware B_Rex (siehe Kapitel 4.5) durchzuführen. Für klassische Rollenbahnförderer mit Heck- oder Kopfantrieb stehen dort vorgefertigte Modelle bereit (siehe Bild).



Ergänzend wird in diesem Kapitel das Vorgehen bei einer Handberechnung zur Auslegung von Rollenbahnantriebsriemen beschrieben.

Die adäquate Auslegung eines Rollenbahnantriebsriemens, egal ob mit der Berechnungssoftware B_Rex oder per Handberechnung, erfordert eine Reihe von Daten zur Anlage und zum Betrieb der Anlage, die idealerweise vom Anlagenhersteller und/oder -betreiber bereitgestellt werden.

Hierzu gehören die geometrischen Daten der Anlage (u.a. Anzahl und Durchmesser der Förder- und Andruckrollen, Durchmesser von Antriebs- und Umlenkscheibe, Förderlänge, etc.) sowie Informationen zur Beladung und zu einem möglichen Staubetrieb. Weiterhin liegen häufig Anforderungen zur Riemendicke s, Riemenbreite b_0 oder zur max. Beladung der Rollenbahn aus einer bestehenden Anlagenkonstruktion vor.

Eine Auflistung dieser grundlegend erforderlichen Anlagenparameter finden Sie in der Siegling Extremultus – Einsatzcheckliste. Dafür wenden Sie sich bitte an Ihren lokalen Ansprechpartner:
www.forbo.com/movement > Kontakt

Auf Basis dieser Anlagenparameter soll nun eine Auslegung von Rollenbahnantriebsriemen durchgeführt werden. Die Auslegung umfasst die folgenden Berechnungsschritte:

- Berechnung der Umfangskraft
- Berechnung der Riemenbreite und der Auflegedehnung
- Berechnung der Kraftübertragung an der Antriebsscheibe
- Berechnung des Umschlingungswinkels an den Tragrollen
- Berechnung der Eindringtiefe

10.2 TERMINOLOGIE

Kurzzeichen	Einheit	Bezeichnung
b_0	mm	Breite des Flachriemens
$b_{0,min}$	mm	minimal notwendige Breite des Flachriemens
$b_{0,tat}$	mm	Gewählte Breite des Flachriemens
$d_{Antrieb}$	mm	Durchmesser der Antriebsscheibe
d_{TR}	mm	Durchmesser der Tragrollen
e_{TR}	mm	Achsabstand zwischen den Tragrollen
$F_{U,a}$	N	Umfangskraftanteil infolge der Beschleunigung
$F_{U,Bel}$	N	Umfangskraftanteil infolge der Beladung
$F_{U,Biege}$	N	Umfangskraftanteil infolge der Biegearbeit
$F_{U,erf}$	N	Erforderliche Gesamtumfangskraft
$F_{U,J}$	N	Umfangskraftanteil infolge der Massenträgheit
$F_{U,max}$	N	Maximal übertragbare Umfangskraft
$F_{U,St}$	N	Umfangskraftanteil infolge der Steigung
$F_{U,Stau}$	N	Umfangskraftanteil infolge des Staubetriebs
$F_{U,TR}$	N	Umfangskraft an einer Tragrolle
$F'_{U\ Nenn}$	N/mm	Nennumfangskraft (pro mm Riemenbreite) bei Nennauflegedehnung
$F'_{U\ Nenn,min}$	N/mm	Minimal notwendige Nennumfangskraft (pro mm Riemenbreite)
g	m/s^2	Erdbeschleunigung
$l_{Förder}$	m	Förderlänge
m'_L	kg/m	Streckenlast
m_R	kg	Masse des Flachriemens
m_{TR}	kg	Masse der Tragrollen
n_{TR}	–	Anzahl der Tragrollen
s	mm	Dicke des Flachriemens
x	mm	Zustellung der Andruckrolle
y	mm	Eindringtiefe des Riemens in die Tragrollen
α	°	Umschlingungswinkel zwischen Flachriemen und Tragrollen
β_1	°	Umschlingungswinkel zwischen Flachriemen und Antriebsscheibe
ε	%	Auflegedehnung
ε_{Nenn}	%	Nennauflegedehnung
μ_r	–	Reibwert für rollende Abtragung
ρ_{max}	N/mm^2	Übertragungsfähigkeit

10.3. RECHENGANG

Berechnung der Umfangskraft

Die erforderliche Umfangskraft für den sicheren Betrieb der jeweiligen Rollenbahn setzt sich aus mehreren Anteilen zusammen. Hierzu gehören:

- Umfangskraftanteil infolge der Beladung ($F_{U,Bel}$)
- Umfangskraftanteil infolge der Steigung ($F_{U,St}$)
- Umfangskraftanteil infolge des Staubetriebs ($F_{U,Stau}$)
- Umfangskraftanteil infolge der Massenträgheit ($F_{U,J}$)
- Umfangskraftanteil infolge der Biegearbeit ($F_{U,Biege}$)
- Umfangskraftanteil infolge der Beschleunigung ($F_{U,a}$)

Die erforderliche Gesamtumfangskraft $F_{U,erf}$ ergibt sich aus der Summe der Umfangskraftanteile.

$$F_{U,erf} = F_{U,Bel} + F_{U,St} + F_{U,Stau} + F_{U,J} + F_{U,Biege} + F_{U,a}$$

Je nach Topologie und Geometrie der Anlage sowie der Kontaktsituationen zwischen Tragrollen und Antriebsriemen können die Anteile der Umfangskraft von Anlage zu Anlage stark voneinander abweichen.

Zumeist liegen allerdings keine umfassenden Daten zur Berechnung aller Umfangskraftanteile vor, so dass lediglich der Umfangskraftanteil infolge der Beladung über die folgende Formel berechnet werden kann:

$$F_{U,Bel} = (l_{Förder} \cdot m'_L + m_R + m_{TR}) \cdot \mu_r \cdot g$$

Der Reibwert bei einer rollenden Abtragung (Lauf über eine Rolle) kann mit $\mu_r = 0{,}033$ angenommen werden.

Zur Abschätzung der erforderlichen Gesamtumfangskraft $F_{U,erf}$, wird bei einer horizontalen Förderanlage der Umfangskraftanteil für die Beladung $F_{U,Bel}$ mit dem Anpassungsfaktor 3 multipliziert.

$$F_{U,erf} \approx 3 \cdot F_{U,Bel}$$

Berechnung der Riemenbreite und der Auflegedehnung

Oftmals werden bereits konstruktionsseitig, also vom Anlagenhersteller, Vorgaben zur maximalen Riemenbreite b_0 gemacht. Über die folgende Gleichung wird dann die Nennumfangskraft $F'_{U\,Nenn,min}$ berechnet, die der Riemen für diesen Anwendungsfall mindestens aufweisen muss.

$$F'_{U\,Nenn,min} = \frac{F_{U,erf}}{b_0}$$

Aus der Riemendatenbank der Software B_Rex oder aus dem Extremultus Product Finder ist nun ein Riemen auszuwählen, dessen Nennumfangskraft $F'_{U\,Nenn}$ größer als die mindestens erforderliche Nennumfangskraft $F'_{U\,Nenn,min}$ ist.

$$F'_{U\,Nenn} > F'_{U\,Nenn,min}$$

Die Nennumfangskraft jedes Artikels ist im jeweiligen Datenblatt aufgeführt (siehe Kapitel 2.5).

Lässt sich kein Riemen mit einer entsprechend hohen Nennumfangskraft finden und/oder kann die Breite variiert werden, kann die obige Formel nach b_0 umgestellt werden, so dass sich die minimale Riemenbreite $b_{0,min}$ aus dem Quotienten der erforderlichen Umfangskraft und der Nennumfangskraft eines ausgewählten Riemens (Auswahl in B_Rex oder Extremultus Product Finder > Anwendungsgruppe: Rollenbahnantriebsriemen) ergibt:

$$b_{0,min} = \frac{F_{U,erf}}{F'_{U\,Nenn}}$$

Zur Sicherheit sollte dann eine tatsächliche Riemenbreite $b_{0,tat}$ gewählt werden, die größer ist als die berechnete minimale Riemenbreite.

$$b_{0,tat} > b_{0,min}$$

Zur überschlägigen Berechnung der erforderlichen Auflegedehnung ε kann nun folgende Formel herangezogen werden:

$$\varepsilon = \frac{F_{U,erf}}{\frac{F'_{U\,Nenn}}{\varepsilon_{Nenn}} \cdot b_{0,tat}}$$

Die Nennauflegedehnung ε_{Nenn} ist die Auflegedehnung, bei der die Nennumfangskraft $F'_{U\,Nenn}$ des gewählten Riemens ermittelt wird. Diese Nennauflegedehnung ist abhängig vom Zugträgermaterial und kann für die jeweiligen Zugträgermaterialien wie folgt angenommen werden:

Zugträgermaterial	ε_{Nenn} [%]
Aramid	0,8
Polyamid	2,0
Polyester	2,0

Berechnung der Kraftübertragung an der Antriebsscheibe

Die Kraftübertragung zwischen dem Flachriemen und der Antriebsscheibe ist abhängig von der so genannten Übertragungsfähigkeit ρ_{max}. Die Übertragungsfähigkeit ρ_{max} ist materialabhängig und bezieht sich auf das verwendete Zugträgermaterial. Die ρ_{max}-Werte für die von Forbo Movement Systems eingesetzten Zugträgermaterialien sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Zugträgermaterial	ρ_{max} [N/mm²]
Aramid	0,15
Polyamid	0,08
Polyester	0,10

Um die maximal übertragbare Umfangskraft $F_{U,max}$, die mit dem gewählten Flachriemen bzw. dem Zugträger des Riemens von einer Antriebsscheibe übertragen werden kann zu berechnen, muss die Übertragungsfähigkeit ρ_{max} mit der Berührfläche zwischen Riemen und Antriebsscheibe multipliziert werden. Die Formel dafür lautet:

$$F_{U,max} = \rho_{max} \cdot \frac{\pi \cdot \beta_1}{180°} \cdot b_0 \cdot \frac{d_{Antrieb}}{2}$$

Diese Formel beinhaltet die Variablen

– Umschlingungswinkel β_1

– Breite des Flachriemens b_0

– Durchmesser der Antriebsscheibe $d_{Antrieb}$

Durch Veränderung dieser Variablen – in Abstimmung mit dem Kunden – kann die maximal übertragbare Umfangskraft $F_{U,max}$ beeinflusst werden. Für einen sicheren Betrieb muss die maximal übertragbare Umfangskraft $F_{U,max}$ größer als die erforderliche Gesamtumfangskraft $F_{U,erf}$ sein oder dieser zumindest entsprechen.

$$F_{U,max} \geq F_{U,erf}$$

Um die minimale Grenze von einer dieser Variablen, z. B. dem Durchmesser, zu erhalten, ist die Formel nach $d_{Antrieb}$ umzustellen und für die maximal übertragbare Umfangskraft $F_{U,max}$ die erforderliche Gesamtumfangskraft $F_{U,erf}$ einzusetzen. Daraus ergibt sich somit die folgende Formel:

$$d_{Antrieb} \geq 2 \cdot \frac{F_{U,erf}}{\frac{\pi \cdot \beta_1}{180°} \cdot b_0 \cdot \rho_{max}}$$

Durch dieses Vorgehen erhält man den minimal möglichen Antriebsscheibendurchmesser bei der berechneten erforderlichen Gesamtumfangskraft.

10.3. RECHENGANG

Berechnung des Umschlingungswinkels an den Tragrollen

Im nächsten Schritt ist der Umschlingungswinkel des Flachriemens an den Tragrollen zu bestimmen, damit die Transportaufgabe sicher gewährleistet ist. Dies erfordert eine Abschätzung der Umfangskraft $F_{U,TR}$ die an einer Tragrolle für den sicheren Betrieb übertragen werden muss.

Für den Fall, dass stets eine Andruckrolle zwischen zwei Tragrollen positioniert ist (siehe Skizze), und unter der Annahme, dass an allen Tragrollen die gleiche Umfangskraft übertragen wird, ergibt die Division der erforderlichen Gesamtumfangskraft $F_{U,erf}$ durch die Anzahl der Tragrollen n_{TR}, die Umfangskraft $F_{U,TR}$ die an einer Tragrolle zu übertragen ist:

$$F_{U,TR} = \frac{F_{U,erf}}{n_{TR}}$$

Zur Berechnung des minimalen Umschlingungswinkels α wird die Gleichung der Übertragungsfähigkeit ρ_{max} nach dem Umschlingungswinkel α umgestellt:

$$\alpha \geq \frac{F_{U,TR}}{\frac{\pi}{180°} \cdot b_0 \cdot \frac{d_{TR}}{2} \cdot \rho_{max}}$$

Hinweis: *Sollte der Winkel α deutlich größer gewählt werden, kann eine Neuberechnung der erforderlichen Umfangskraft (mit höherem Anpassungsfaktor) notwendig sein, da der Umfangskraftanteil infolge der Biegeleistung ($F_{U,Biege}$) hierdurch ansteigt.*

Berechnung der Eindringtiefe

Nachdem der erforderliche Umschlingungswinkel α an den Tragrollen bestimmt ist, kann damit geometrisch die Eindringtiefe y des Riemens in die Tragrollen und somit auch die Zustellung x der Andruckrollen ermittelt werden (siehe Skizze):

$$\tan(\alpha) = \frac{y}{\left(\frac{e_{TR}}{2}\right)}$$

$$y = \tan(\alpha) \cdot \left(\frac{e_{TR}}{2}\right)$$

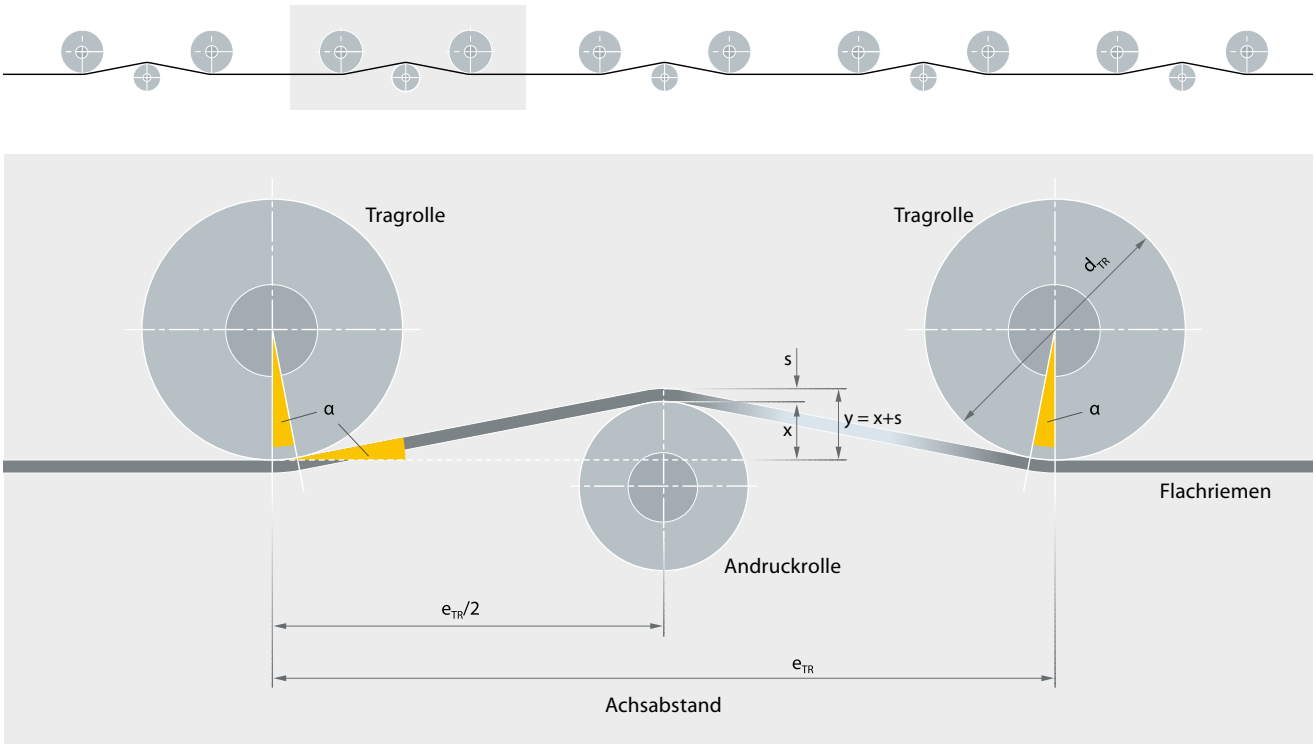
Neben dem Umschlingungswinkel an den Tragrollen ist für diese Berechnung zudem der Achsabstand zwischen den Tragrollen e_{TR} erforderlich.

Die Zustellung x der Andruckrollen ergibt sich dann aus der Eindringtiefe y des Riemens abzüglich der Riemendicke s:

$$x = y - s$$

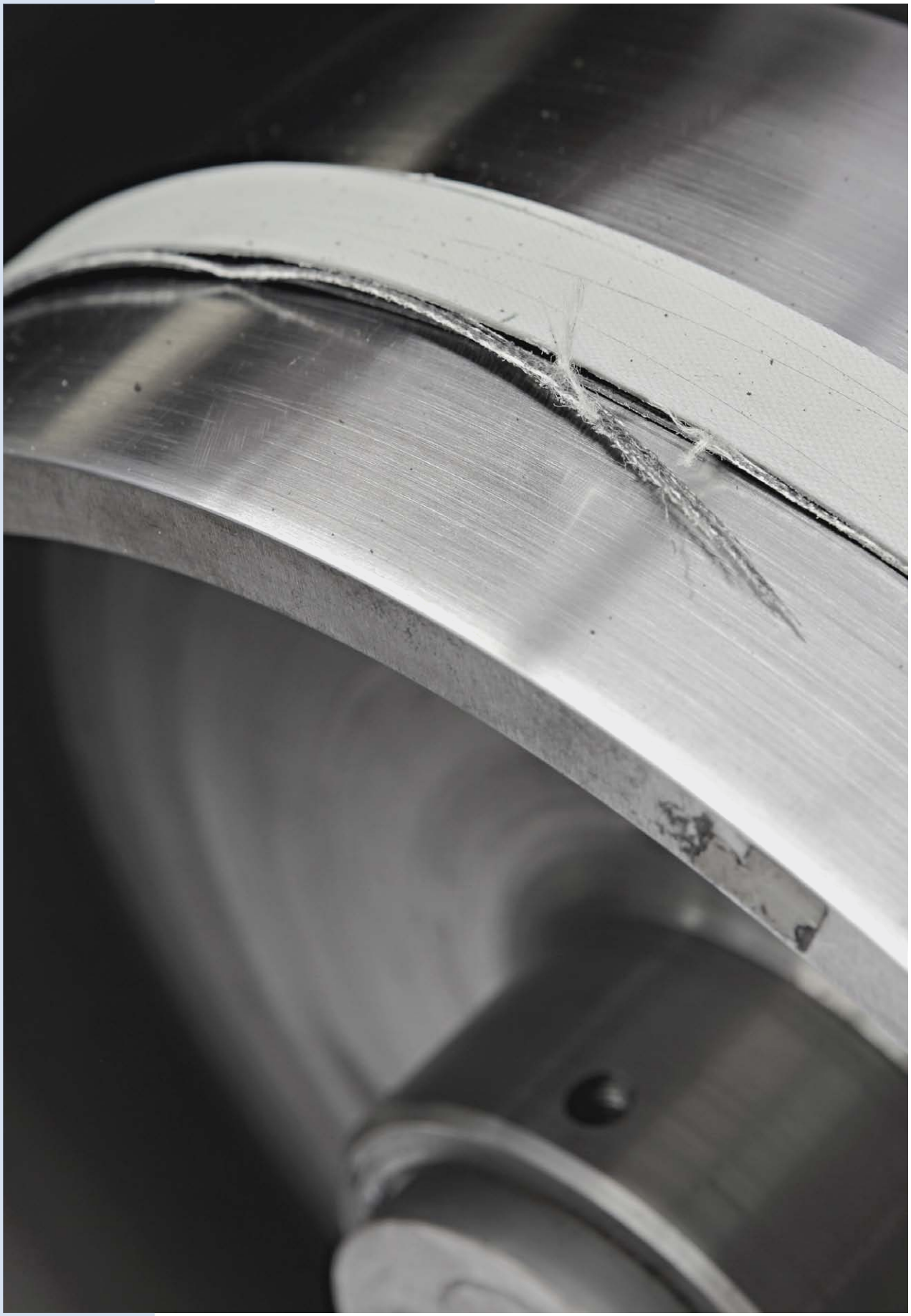
Hinweis: *Bei einer Zustellung der Andruckrollen von x = 0 mm entspricht die Eindringtiefe y der Riemendicke s (siehe Skizze).*

Mithilfe dieser Formeln kann ein Rollenbahnantriebsriemen vollständig für den jeweiligen Anwendungsfall ausgelegt werden. Vor einer verbindlichen Bestellung empfehlen wir jedoch, die Berechnung durch unsere Experten überprüfen zu lassen. Bitte wenden Sie sich dafür an Ihren lokalen Ansprechpartner:
www.forbo.com/movement > Kontakt



Hinweis: *Als Startwert für die Berechnung eines Rollenbahnantriebsriemens empfiehlt sich die Wahl der Eindringtiefe des Riemens in die Tragrollen y gleich der halben Banddicke s.*

$y = s/2$
$x = y - s = s/2 - s = -s/2$



11 TROUBLE-SHOOTING

11.1 Installation

11.2 Verbindungsöffnung

11.3 Lärmentwicklung

11.4 Schlechtes Laufverhalten

11.5 Verschleiß

11.6 Veränderungen der Eigenschaften

11.1 INSTALLATION

Problembeschreibung	Problemursache	Gegenmaßnahmen	Bemerkung/Empfehlung
Flachriemen lässt sich nicht montieren bzw. müsste zu stark gedehnt werden	Umgebungstemperatur zu kalt, Flachriemen dadurch zu steif	Flachriemen kurz vor der Montage erwärmen	Kunststoffe ändern grundsätzlich ihre Steifigkeit bei einer Temperaturänderung
	Flachriemenlänge falsch ermittelt (Bestelllänge falsch)	Benötigte Flachriemenlänge korrekt messen (siehe Kapitel 5.2) und Flachriemen ersetzen	Für die Bestellung ist die innere Länge des Flachriemens entscheidend
Flachriemen lässt sich leicht montieren, kann aber nicht auf berechnete Auflegedehnung gebracht werden	Flachriemen zu lang. Flachriemenlänge falsch ermittelt (Bestelllänge falsch)	Benötigte Flachriemenlänge korrekt messen (siehe Kapitel 5.2) und Flachriemen kürzen, sofern möglich, sonst ersetzen	Für die Bestellung ist die innere Länge des Flachriemens entscheidend
Errechneter Wert der Wellenkraft wird deutlich übertroffen	Relaxation des Flachriemens nicht abgeschlossen	Flachriemen langsam, ohne Last laufen lassen; ggf. in zwei Stufen spannen (siehe Kapitel 6.3)	Relaxation von Siegling Extremultus Flachriemen kann mehrere Betriebsstunden dauern
Errechneter Wert der Wellenkraft im beruhigten Zustand wird nicht erreicht	Flachriemen wurde in vielen kleinen Stufen hochgespannt (Totspannen)	Flachriemen ersetzen; neuen Flachriemen maximal in zwei Stufen spannen (siehe Kapitel 6.3). Mehrstufiges Hochspannen (>2) vermeiden	Das Wellenkraft-Dehnungsverhalten des Flachriemens ändert sich, wenn dieser in vielen kleinen Stufen hochgespannt wird
Flachriemen bekommt Längsrille(n) und/oder bricht in Längsrichtung	Flachriemen wurde bei der Montage auf die Scheibe geknickt	Flachriemen ersetzen	Zugträgermaterial aus Aramid darf nicht geknickt werden! Endlos gewickelter Flachriemen soll sorgfältig auf die Scheiben aufgezogen werden. Knicke in Längs- oder Querrichtung sind zu vermeiden

11.2 VERBINDUNGSÖFFNUNG

Problembeschreibung	Problemursache	Gegenmaßnahmen	Bemerkung/Empfehlung
Verbindungsöffnung mit glatten Trennflächen (Keilverbindung)	Endlosverbindung mangelhaft	Flachriemen ersetzen	Verbindungsparameter, Klebstoffe und Heizgerät überprüfen; Endlosverbindung nach Verbindungsanleitungen von Forbo Movement Systems herstellen
Verbindungsöffnung mit gesplitterten Trennflächen (Keilverbindung)	Überlastung der Endlosverbindung	Flachriemen ersetzen	Siegling Extremultus Flachriemen nur auf die berechnete Auflegedehnung spannen
	Äußerer mechanischer Einfluss	Flachriemen ersetzen und Anlage auf stehende Wellen, Lager und Scheiben sowie auf scharfe Kanten kontrollieren, die in Kontakt mit dem Flachriemen kommen können	Aufgrund der hohen Relativgeschwindigkeiten zwischen einem Flachriemen im Betrieb und einem stehenden Anlagenteil führt ein derartiger Kontakt zu einem schnellen Ausfall des Flachriemens
Verbindungsöffnung mit glatten Trennflächen (Z-Verbindung)	Endlosverbindung mangelhaft	Flachriemen ersetzen	Verbindungsparameter und Heizgerät überprüfen; Endlosverbindung nach Verbindungsanleitung von Forbo Movement Systems herstellen
Verbindungsöffnung mit ausgefransten Trennflächen (Z-Verbindung)	Überlastung der Endlosverbindung	Flachriemen ersetzen	Siegling Extremultus Flachriemen nur auf die berechnete Auflegedehnung spannen
	Äußerer mechanischer Einfluss	Flachriemen ersetzen und Anlage auf stehende Wellen, Lager und Scheiben sowie auf scharfe Kanten kontrollieren, die in Kontakt mit dem Flachriemen kommen können	Aufgrund der hohen Relativgeschwindigkeiten zwischen einem Flachriemen im Betrieb und einem stehenden Anlagenteil führt ein derartiger Kontakt zu einem schnellen Ausfall des Flachriemens

11.3 LÄRMENTWICKLUNG

Problembeschreibung	Problemursache	Gegenmaßnahmen	Bemerkung/Empfehlung
Pfeifgeräusche (Pfeiftrieb)	Gleitschlupf infolge eines großen Übersetzungsverhältnisses zwischen An- und Abtrieb (Umschlingungswinkel an der kleinen Riemenscheibe zu gering)	Anlagengeometrie verändern bzw. den Umschlingungswinkel an der kleinen Flachriemenscheibe durch Einschnürrollen vergrößern	Erfahrungsgemäß kann ein Zwei-Scheibentrieb ab einem Übersetzungsverhältnis über 5:1 zu pfeifen beginnen
Quietschende Geräusche (Lederbeschichtung)	Gleitschlupf durch eine harte, glänzende Lederoberfläche	Lederoberfläche mit einer Drahtbürste aufrauen und mit Extremultus-Sprühpaste pflegen. Flachriemen der Polyamid Reihe um ca. 0,2 % nachspannen	Eine stark komprimierte Lederoberfläche kann kein Fett aufnehmen. Durch das Aufrauen wird die Aufnahmefähigkeit des Leders wieder hergestellt
Quietschende Geräusche (Gummibeschichtung)	Belastung und damit Schlupf zu hoch	Flachriemen neu berechnen lassen und ersetzen	Leistung kann langfristig nur mit größeren Durchmessern der Riemenscheiben und/oder breiteren Flachriemen realisiert werden
Schlag-/Klappgeräusche	Verbindung verursacht Klappgeräusche, weist keine Beschädigung auf	Kein Eingreifen notwendig	Geschweißte und geklebte Verbindungen weisen meist andere Biegesteifigkeit als der Riemengrundkörper auf
	Verbindung ist beschädigt	Flachriemen ersetzen	Siehe Kapitel 11.2

11.4 SCHLECHTES LAUFVERHALTEN

Problembeschreibung	Problemursache	Gegenmaßnahmen	Bemerkung/Empfehlung
Flachriemen läuft von der Riemenscheibe ab	Riemenscheiben sind nicht richtig zueinander ausgerichtet	Riemenscheiben parallel und fluchtend zueinander ausrichten	Falsch ausgerichtete Riemenscheiben (bes. ballige Riemenscheiben) führen zu deutlich höherer Belastung und zu kürzerer Lebensdauer der Flachriemen. Läuft der Flachriemen sogar über die Kante wird dieser innerhalb kürzester Zeit zerstört
	Flachriemen ist zu stark gespannt	Riemenspannung reduzieren (empfohlene Auflegedehnung beachten) Bei fliegender Lagerung: Durchbiegung der Wellen berechnen und ggf. Wellendurchmesser erhöhen	Durch eine zu hohe Spannung der Flachriemen in der Anlage können die Wellen der Riemenscheiben eine Durchbiegung erfahren, wodurch sich die Position und damit die Ausrichtung der Riemenscheiben verändern.
	Riemenscheiben sind verschmutzt	Riemenscheiben reinigen	Eine regelmäßig gewartete Anlage führt zu einer höheren Lebensdauer der Flachriemen
	Riemenscheiben sind nicht ballig ausgeführt	Riemenscheiben ballig drehen	Angaben zu Wölbhöhen siehe Kapitel 8.1
Flachriemen wandert, Flachriemen schlägt auf den Riemenscheiben regelmäßig aus (läuft von einer Riemenscheibenseite zur anderen und zurück)	Die Endlosverbindung des Flachriemens hat einen „Knick" oder Flachriemen ist bogenförmig	Gegenmaßnahme nur notwendig, wenn extrem ruhiger Lauf des Flachriemens erforderlich ist	Produktionsseitig kann nicht immer eine komplette Spannungsfreiheit des Materials garantiert werden. Dies kann zu einer Bogenförmigkeit des Materials führen. In der Regel wird die Bogenförmigkeit bereits bei geringer Auflegedehnung egalisiert, siehe Kapitel 6.1 Ist ein extrem ruhiger Lauf des Flachriemens notwendig, kann dies durch Maßnahmen wie Flachriemen im Bogen verbinden oder nachträgliches Abstechen der Riemenkanten realisiert werden.
Flachriemen schlägt auf den Riemenscheiben unregelmäßig aus (läuft von einer Riemenscheibenseite zur anderen und zurück)	Zylindrisch ausgeführte Riemenscheibe weist Drehrillen auf der Oberfläche auf	Riemenscheibe überdrehen, Drehrillen vermeiden	Durch Drehrillen kann ein Gewinde-Effekt auftreten, der den Lauf des Flachriemens beeinflusst
	Wölbung der Riemenscheiben falsch ausgewählt	Riemenscheiben ballig drehen	Angaben zu Wölbhöhen siehe Kapitel 8.1
	Riemenscheiben sind verschmutzt	Riemenscheiben reinigen	Eine regelmäßig gewartete Anlage führt zu einer höheren Lebensdauer der Flachriemen

11.4 SCHLECHTES LAUFVERHALTEN

Problembeschreibung	Problemursache	Gegenmaßnahmen	Bemerkung/Empfehlung
Flachriemen flattert	Transversalschwingungen (Erregerfrequenz entspricht der transversalen Eigenfrequenz des Flachriemens)	Riemenspannung ändern (empfohlene Auflegedehnung beachten); Geschwindigkeit ändern; Freischwingende Länge ändern (z. B. Einbau Beruhigerrolle)	Resonanz zwischen Erreger- und Eigenfrequenz kann im ungünstigen Fall zur Zerstörung des Flachriemens führen. Vor der Anwendung der genannten Gegenmaßnahmen bitte Rücksprache mit Forbo Movement Systems halten.
Flachriemen schlupft (keine/reduzierte Leistungs-/ Kraftübertragung)	Riemenspannung zu gering	Riemenspannung erhöhen (empfohlene Auflegedehnung beachten)	Tritt keine Verbesserung ein oder wird die empfohlene Auflegedehnung überschritten, bitte Rücksprache mit Forbo Movement Systems halten
	Flachriemen zu lang. Flachriemenlänge falsch ermittelt (Bestelllänge falsch)	Benötigte Flachriemenlänge korrekt messen (siehe Kapitel 5.2) und Flachriemen kürzen, sofern möglich, sonst ersetzen	Für die Bestellung ist die innere Länge des Flachriemens entscheidend
Flachriemen wird übermäßig heiß	Ungenügende Riemenspannung, starker Schlupf	Riemenspannung erhöhen (empfohlene Auflegedehnung beachten)	Tritt keine Verbesserung ein oder wird die empfohlene Auflegedehnung überschritten, bitte Rücksprache mit Forbo Movement Systems halten
	Zu hohe Biegefrequenz	Geschwindigkeit reduzieren	Tritt keine Verbesserung ein, bitte Rücksprache mit Forbo Movement Systems halten
Riemenscheiben werden übermäßig heiß	Überlastung der Riemenlager, Relaxation des Flachriemens nicht abgeschlossen	Flachriemen langsam, ohne Last laufen lassen; ggf. in zwei Stufen spannen (siehe Kapitel 6.3)	Relaxation von Siegling Extremultus Flachriemen kann bis zu 10 h und mehr dauern. Ist das Spannen des Flachriemens in zwei Stufen nicht möglich, sind die Lager der Anlage auf den Sofortwert der Wellenkraft auszulegen. Bitte dazu Rücksprache mit Forbo Movement Systems halten
	Überlastung der Riemenlager durch Austrocknung des Polyamid-Zugträgers	Bei konstant trockenem Klima: Riemen leicht entspannen Bei wechselndem Klima: Flachriemen mit anderem Zugträgermaterial einsetzen	Polyamid ist empfindlich gegenüber Änderungen der Umgebungstemperatur und der Luftfeuchte. Bei Problemen bitte Rücksprache mit Forbo Movement Systems halten
Einschnürung	Flachriemen überdehnt (Auflegedehnung zu hoch)	Flachriemen wechseln, Riemenspannung reduzieren (empfohlene Auflegedehnung beachten)	Bitte Rücksprache mit Forbo Movement Systems bzgl. der Auslegung des Flachriemens halten

11.5 VERSCHLEISS

Problembeschreibung	Problemursache	Gegenmaßnahmen	Bemerkung/Empfehlung
Verschleiß der Unterseite des Flachriemens	Abrieb im normalen Betrieb	Keine Gegenmaßnahme notwendig/möglich	Abrieb/Verschleiß an der Unterseite des Flachriemens ist normal. Der Flachriemen ist als Verschleißteil zu betrachten
	Riemenspannung zu gering oder zu übertragende Leistung zu hoch (übermäßiger Schlupf)	Riemenspannung erhöhen (empfohlene Auflegedehnung beachten)	Der Flachriemen wird ganz oder teilweise im Gleitschlupfbereich betrieben. Tritt keine Verbesserung ein oder wird die empfohlene Auflegedehnung überschritten, bitte Rücksprache mit Forbo Movement Systems halten
	Riemenscheiben sind verschmutzt	Riemenscheiben reinigen	Eine regelmäßig gewartete Anlage führt zu einer höheren Lebensdauer der Flachriemen
	Drehrillen oder Beschädigungen an den Riemenscheiben	Riemenscheibe überdrehen, Drehrillen vermeiden	Beschädigungen der Oberfläche der Riemenscheibe können die Laufseite des Flachriemens schädigen
	Riemenscheiben sind nicht exakt zueinander ausgerichtet	Riemenscheiben parallel und fluchtend zueinander ausrichten	Falsch ausgerichtete Riemenscheiben (bes. ballige Riemenscheiben) führen zu deutlich höherer Belastung und zu kürzerer Lebensdauer der Flachriemen
	Riemenscheiben haben die falsche Geometrie	Riemenscheiben rundballig oder zylindrisch ausführen	Angaben zu Wölbhöhen siehe Kapitel 8.1
	Flachriemen läuft an Anlagenteile an	Anlage auf stehende Wellen, Lager und Scheiben sowie auf scharfe Kanten kontrollieren, die in Kontakt mit dem Flachriemen kommen können	Aufgrund der hohen Relativgeschwindigkeiten zwischen einem Flachriemen im Betrieb und einem stehenden Anlagenteil führt ein derartiger Kontakt zu einem schnellen Ausfall des Flachriemens
	Lederoberfläche verhärtet, grober Abrieb	Lederoberfläche mit einer Drahtbürste aufrauen und mit Extremultus Sprühpaste pflegen	Leder ist ein Naturprodukt, das ohne regelmäßige Pflege seine besonderen Eigenschaften verliert. Die Lederoberfläche sollte weich, fettig und matt sein. Pflegehinweise siehe Kapitel 6.4
Verschleiß der Unterseite des Flachriemens mit feinem roten Staub	Longitudinalschwingungen	Flachriemen durch einen anderen, mit geeignetem Zugträger ersetzen	Longitudinalschwingungen lassen sich nur durch die Verwendung eines Flachriemens mit anderem Zugträgermaterial beeinflussen. Bitte Rücksprache mit Forbo Movement Systems halten
Verschleiß der Oberseite des Flachriemens	Abrieb im normalen Betrieb durch zu transportierendes Medium (z. B. Papier)	Keine Gegenmaßnahme notwendig/möglich	Abrieb/Verschleiß an der Oberseite des Flachriemens im Rahmen von Transportaufgaben ist normal. Der Flachriemen ist als Verschleißteil zu betrachten
	Siehe „Verschleiß der Unterseite des Flachriemens“	Siehe „Verschleiß der Unterseite des Flachriemens“	Siehe „Verschleiß der Unterseite des Flachriemens“

11.5 VERSCHLEISS

Problembeschreibung	Problemursache	Gegenmaßnahmen	Bemerkung/Empfehlung
Verschleiß der Kante(n) des Flachriemens	Flachriemen läuft an Anlageteilen an	Riemenscheiben zueinander ausrichten, Balligkeit der Riemenscheiben überprüfen, Anlage auf stehende Wellen, Lager und Scheiben sowie auf scharfe Kanten kontrollieren, die in Kontakt mit dem Flachriemen kommen können	Aufgrund der hohen Relativgeschwindigkeiten zwischen einem Flachriemen im Betrieb und einem stehenden Anlagenteil führt ein derartiger Kontakt zu einem schnellen Ausfall des Flachriemens
	Flachriemen läuft an eine Bordscheibe an	Riemenscheiben zueinander ausrichten, Balligkeit der Riemenscheiben überprüfen, Bordscheiben demontieren	Bordscheiben sind generell zu vermeiden. Falls Bordscheiben jedoch unvermeidbar sind, Hinweise in Kapitel 8.1 beachten
	Kanten nicht gesägt (Polyamid Reihe im Sägegatter mit Ausrücker)	Flachriemen ersetzen, bei der Neubestellung auf gesägte Kanten hinweisen.	Im Betrieb mit einem Ausrücker haben sich gesägte Kanten bei Flachriemen der Polyamid Reihe gegenüber geschnittenen Kanten als langlebiger erwiesen.
Lagentrennung (Delamination)	Mindestscheibendurchmesser unterschritten	Riemenscheiben durch größere ersetzen oder Siegling Extremultus Artikel für entsprechenden Mindestscheibendurchmesser wählen	Siegling Extremultus Flachriemen werden aus mehreren Lagen in „Sandwichbauweise“ hergestellt. Bei zu kleinen Riemenscheiben werden die Spannungen zwischen den Lagen derart groß, dass es zu Trennungen zwischen den Lagen kommen kann
	Äußere mechanische Einflüsse, Abschälen der Oberfläche	Flachriemen ersetzen und Anlage auf stehende Wellen, Lager und Scheiben sowie auf scharfe Kanten kontrollieren, die in Kontakt mit dem Flachriemen kommen können	Aufgrund der hohen Relativgeschwindigkeiten zwischen einem Flachriemen im Betrieb und einem stehenden Anlagenteil führt ein derartiger Kontakt zu einem schnellen Ausfall des Flachriemens
	Trennfestigkeit zwischen den Lagen zu gering	Flachriemen ersetzen	Tritt eine Lagentrennung am Siegling Extremultus Flachriemen auf und ist der Mindestscheibendurchmesser nicht unterschritten, bitte unbedingt Rücksprache mit Forbo Movement Systems halten
Lagentrennung (Delamination) im Bereich der Endlosverbindung	Überlastung der Endlosverbindung oder Endlosverbindung mangelhaft, siehe Kapitel 11.2	siehe Kapitel 11.2	siehe Kapitel 11.2
Flachriemen bekommt Längsrille(n) und/oder bricht in Längsrichtung	Riemenscheibe(n) ist konisch-zylindrisch oder spitzballig ausgeführt	Ballige oder zylindrische Riemenscheiben einsetzen	Angaben zu den empfohlenen Geometrien von Riemenscheiben siehe Kapitel 8.1
	Riemen läuft auf Bordscheibe auf	Riemenscheiben zueinander ausrichten, Balligkeit der Riemenscheiben überprüfen, Bordscheiben demontieren	Bordscheiben sind generell zu vermeiden. Falls Bordscheiben jedoch unvermeidbar sind, Hinweise in Kapitel 8.1 beachten

11.6 VERÄNDERUNGEN DER EIGENSCHAFTEN

Problembeschreibung	Problemursache	Gegenmaßnahmen	Bemerkung/Empfehlung
Querrisse in der Gummioberfläche	Alterung des Gummimaterials	Keine Gegenmaßnahme erforderlich/möglich	Querrisse sind ein bekanntes Phänomen bei alterndem Gummimaterial, das einer stetigen dynamischen Beanspruchung unterliegt
Zersetzung	Einfluss von unverträglichen Medien	Eingesetzte Temperaturen und Chemikalien untersuchen und geeigneten/beständigen Flachriemen einsetzen	Forbo Movement Systems hat eine Vielzahl von Siegling Extremultus Flachriemen im Sortiment, die eine unterschiedliche Beständigkeit gegenüber Temperatur und/oder Chemikalien aufweisen. Bei Problemen bitte Rücksprache mit Forbo Movement Systems halten
Versprödung, Vergilbung	Einfluss von UV-Strahlung	Flachriemen vor Strahlung schützen oder UV-resistenten Flachriemen einsetzen	Kunststoffe werden, je nach Dauer und Intensität, unter Einwirkung von UV-A-, B- und C-Strahlung (Sonnenlicht) chemisch abgebaut (Alterung). Die UV-Strahlung bewirkt eine Versprödung und eine Farbveränderung (Vergilbung) des Materials. Für den Einsatz in Anwendungen, bei dem die Flachriemen erhöhter UV-Strahlung ausgesetzt sind, hat Forbo Movement Systems spezielle Produkte im Sortiment. Bei Problemen bitte Rücksprache mit Forbo Movement Systems halten.
Wellenkraft/übertragbare Leistung sinkt	Einfluss von Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit	Klimaverhältnisse kontrollieren, Spezifikation des Flachriemens beachten, ggf. Flachriemen durch einen anderen, mit geeignetem Zugträger ersetzen	Polyamid ist empfindlich gegenüber Änderungen der Umgebungstemperatur und der Luftfeuchte. Bei Problemen bitte Rücksprache mit Forbo Movement Systems halten

12 GLOSSAR

12 GLOSSAR

Begriff	Erklärung
A	
Abrieb	Abrieb, auch Abrasion oder Verschleiß genannt, beschreibt den Materialverlust an der Oberfläche von Materialien während des Gebrauchs. Abrieb wird durch mechanische Beanspruchung (z. B. Reibung) verursacht. Abhängig von den Materialien und Oberflächenbeschaffenheiten lösen sich dabei Partikel (Staub) von den Oberflächen der Kontaktpartner (z. B. Flachriemen und Riemenscheiben).
Abtriebsscheibe	Riemenscheibe am Generator oder der Arbeitsmaschine, an der die Umfangskraft bzw. das Drehmoment der Antriebsscheibe durch den Flachriemen übertragen wird.
Antistatisch	Eigenschaft eines Bauteils elektrostatische Aufladungen gezielt abzuleiten, um eine plötzliche Entladung zu verhindern. Antistatische Siegling Extremultus Flachriemen sind dazu mit leitfähigen Komponenten ausgestattet. Der Widerstand (R_{Di} gemäß ISO 21178) liegt unter $3 \cdot 10^8\ \Omega$.
Antriebsriemen	Speziell für die Übertragung hoher Leistungen entwickelte Siegling Extremultus Flachriemen, mit denen eine Leistung zwischen dem treibenden (z. B. Motor) und getriebenen (z. B. Schwungrad) Maschinenelement übertragen wird. Weitere Informationen in Kapitel 2.9.
Antriebsscheibe	Riemenscheibe am Motor oder einer Turbine, die angetrieben wird und dadurch eine Umfangskraft auf den Flachriemen überträgt.
Aramid	Zugträgermaterial mit hoher Zugfestigkeit und hohem E-Modul. Wird in Siegling Extremultus Flachriemen in Form von Cordfäden (endlos gewickelter Flachriemen) oder als Garn im Mischgewebe zusammen mit Polyestergarn eingesetzt.
Auflegedehnung (ALD)	Um eine Leistung/Kraft übertragen zu können, muss der Flachriemen in der Anlage gespannt werden. Die Auflegedehnung (ALD) gibt dabei die Dehnung, also die Längenänderung des Flachriemens in Prozent an, die zum Aufbringen der erforderlichen Spannung notwendig ist.
Ausrücker, Ausrückerrolle	Als Ausrücker wird eine Vorrichtung zur seitlichen Verschiebung eines Flachriemens (Antriebsriemen) im laufenden Betrieb bezeichnet. Diese Vorrichtung kommt hauptsächlich in Hackerantrieben zum Einsatz. Der Kontakt mit der Bandkante des Flachriemens erfolgt über eine so genannte Ausrückerrolle, die entweder fest oder rollend gelagert ausgeführt sein kann.
B	
B_Rex	Forbo Movement Systems Software zur Auslegung der Riementriebe sowie Auswahl geeigneter Siegling Extremultus Flachriemen.
Balligkeit	Wölbung der Lauffläche der Riemenscheibe um einen zentrierten Lauf des Flachriemens zu ermöglichen. Weitere Informationen in Kapitel 8.1.
Bandkantenversiegelung	Umhüllung/Versiegelung der Bandkante/Flachriemenkante i.d.R. mit dem Beschichtungswerkstoff. Weitere Informationen in Kapitel 7.4.
Bemessungskraft	Die Bemessungskraft ergibt sich aus der zu übertragenden Umfangskraft multipliziert mit dem Betriebsfaktor c_2.
Beruhigerrolle	Rolle die zur Beruhigung eines schwingenden („flatternden“) Riementrums eingesetzt wird, um die freischwingende Länge zu verändern.
Beruhigter Wert der Wellenkraft	Wellenkraft nach der Relaxation des Flachriemens. Weitere Informationen in Kapitel 6.3
Bestelllänge	Länge, die zur Bestellung und Fertigung des Flachriemens notwendig ist. Die Ermittlung der Bestelllänge ist in Kapitel 5.2 beschrieben.

Begriff	Erklärung
Betriebsfaktor	Der Betriebsfaktor c_2 ist ein Sicherheitsfaktor, um den die zu übertragende Umfangskraft, aufgrund ungleichmäßiger Belastung und/oder Kraftstöße während der Anwendung, erhöht wird.
Biegefrequenz	Anzahl der Biegevorgänge eines Flachriemens pro Zeiteinheit. Beispiel: Vollzieht ein Riemen einen vollen Umlauf über zwei Scheiben innerhalb einer Sekunde beträgt die rechnerische Biegefrequenz 2 1/s = 2 Hz.
Bleibende Dehnung	Der Anteil der Auflegedehnung, der sich nach einer Entspannung oder einem Ausbau des Flachriemens nicht zurückbildet.
Bogenlänge	Länge des Flachriemens, der sich, durch den Umschlingungswinkel, im Kontakt mit der Riemenscheibe befindet
Bordscheibe	Eine Riemenscheibe mit zusätzlich einer oder zwei „Wänden" an den Scheibenkanten. Weitere Informationen in Kapitel 8.1.
Breitenbezogene Nennumfangskraft	Die breitenbezogene Nennumfangskraft gibt die Umfangskraft an, die bei optimaler Auflegedehnung optimalen Schlupf von einem Flachriemen pro 1 mm Breite des Flachriemens übertragen werden kann.
C	
Cordfäden	Siehe „Endlos gewickelter Flachriemen".
D	
Dämpfung	Beschreibt die zeitliche Abnahme der Amplitude einer Schwingung. Je höher die Dämpfung eines Flachriemens ist, desto schneller werden Schwingungen infolge einer stoßartigen oder periodischen Anregung abgebaut.
Dehnschlupf	Dehnschlupf bedeutet, dass die durch die Umfangskraft F_U entstehenden Kraft- und Dehnungsunterschiede in den Riementrumen (F_1 und F_2) durch das elastische Materialverhalten des Flachriemens ausgeglichen werden. Flachriemen sollten im normalen Betrieb in diesem Schlupfbereich betrieben werden.
Dehnung	Längenänderung des Flachriemens aufgrund einer äußeren Krafteinwirkung.
Doppelgurtriemen	Speziell für Doppelgurtförderer entwickelte Siegling Extremultus Flachriemen. Hierbei sind sowohl die Ober- als auch die Unterseite mit einer gleitfreudigen Textilbeschichtung mit besonderen elektrostatischen Eigenschaften versehen. Weitere Informationen in Kapitel 2.9.
E	
E-Modul, Elastizitätsmodul	Materialkennwert, der den Zusammenhang zwischen der Spannung und der Dehnung eines Materials im elastischen Verformungsbereich beschreibt. Das bedeutet, dass je höher der E-Modul eines Materials ist, desto mehr Spannung, also Kraft pro Fläche, wird benötigt um eine Dehnung (Längenänderung) von z. B. 1 % des Materials hervorzurufen.
Einlaufverhältnis	Das Einlaufverhältnis c_{sofort} beschreibt das Verhältnis aus dem Sofortwert der Wellenkraft und dem beruhigten Wert. Durch die Multiplikation des Einlaufverhältnisses mit der statischen Wellenkraft Fws erhält man die Sofortwellenkraft, die direkt nach dem Hochspannen (vor der Relaxation) des Flachriemens auf die Lager der Anlage wirkt.
Einlaufverhalten	Siehe „Relaxation".
Elastische Food Bänder	Speziell entwickelte Siegling Extremultus Flachriemen für den Einsatz im hygienesensiblen Bereichen, wie z. B. der Lebensmittelindustrie. Weitere Informationen in Kapitel 2.9.
Elastomer	Formfeste, aber elastisch verformbare Kunststoffe (z. B. Gummi). Elastomere bestehen aus weitmaschig vernetzten Polymeren. Die Weitmaschigkeit erlaubt unter Zugbelastung eine Streckung des Materials.
Elektrostatik	Lehre der ruhenden elektrischen Ladungen, Ladungsverteilungen und der mit elektrischen Feldern geladener Körper. Bei Flachriemen entstehen durch die stetige Berührung und Trennung der Flachriemen und der Riemenscheiben (Triboelektrischer Effekt) Potentialunterschiede, die bei unkontrollierter Entladung Schäden verursachen können.

12 GLOSSAR

Begriff	Erklärung
Endloser Riemen	Flachriemen mit einer Endlosverbindung nach Kapitel 7.2 (außer endlos gewickelte Flachriemen)
Endlos gewickelter Flachriemen	Flachriemen mit einem Zugträger aus Cordfäden, die helixförmig um zwei Zylinder gewickelt und beschichtet werden. Weitere Informationen in Kapitel 2.2.
Endlosverbindung	Verbindung im Flachriemen nach Kapitel 7.2.
Extremultus Product Finder	Online Hilfsmittel zur schnellen, komfortablen Artikelsuche (für Siegling Extremultus Flachriemen). Weitere Informationen in Kapitel 4.4. Verfügbar unter: www.forbo.com/movement > E-Tools
Extremultus Sprühpaste	Pflegemittel für Siegling Extremultus Antriebsriemen mit Lederbeschichtung. Artikel-Nummer: 880026.
F	
Faltschachtelriemen	Speziell für den Einsatz in Faltschachtelmaschinen entwickelte Siegling Extremultus Flachriemen. Hierbei sind die Oberseite und oftmals auch die Unterseite mit Beschichtungsmaterialien zu versehen, die ein hohes Grip-Niveau und gleichzeitig eine hohe Abriebfestigkeit aufweisen. Weitere Informationen in Kapitel 2.9.
Federkonstante	Verhältnis aus der Auslenkung einer Feder oder eines elastischen Bauteils (z. B. Flachriemen) und der zur Auslenkung erforderlichen Kraft. Die Federkonstante ist materialabhängig und gilt nur für den elastischen Bereich der Materialien.
Flash Star™	Siegling Extremultus Artikel mit HC+ Klassifizierung. Siehe „Highly Conductive (HC/HC+)".
Fliehkraft	Die Zentrifugalkraft (ugs. Fliehkraft) ist eine Kraft, die den Flachriemen an den Riemenscheiben nach außen „zieht" und dadurch zu einer Reduzierung der Wellenkraft führt. Allerdings handelt es sich hierbei um eine Scheinkraft (keine reale Kraft), aufgrund der Massenträgheit. Ihr entgegengerichtet ist die Zentripetalkraft (reale Kraft). Vor allem bei hohen Geschwindigkeiten darf die Fliehkraft nicht vernachlässigt werden.
G	
Gewebe	Verkreuztes Fadensystem aus Kettfäden (Längsrichtung) und Schussfäden (Querrichtung). Wird in diversen Siegling Extremultus Flachriemen als Zugträger eingesetzt. Weitere Informationen in Kapitel 2.2.
Gleitschlupf	Im Gegensatz zum Dehnschlupf können die Kraft- und Dehnungsunterschiede in den Riementrumen (F_1 und F_2), die durch die Umfangskraft FU entstehen, in diesem Schlupfbereich nicht mehr vollständig durch das elastische Materialverhalten des Flachriemens ausgeglichen werden. Der Flachriemen rutscht auf der Riemenscheibe durch und sollte in diesem Schlupfbereich nicht betrieben werden.
Grip Star™	Siegling Extremultus Artikel, mit einer thermoplastischen High oder Medium Grip Beschichtung (Beschichtungswerkstoff R). Grip Star™ Artikel haben alle Vorteile von Gummi, ohne die gummitypischen Alterungserscheinungen wie Versprödung und Querrisse aufzuweisen.
Grundauflegedehnung	Dehnungswert, mit dem der Flachriemen aufgelegt werden muss, um die zu übertragende Umfangskraft, ohne Berücksichtigung der Fliehkraft, übertragen zu können.
Gummi	Visko-elastischer Werkstoff (vulkanisierter Kautschuk) aus der Gruppe der Elastomere.
H	
Haltezeit	Zeit, die die Heiztemperatur zur Herstellung einer Z-, Keil-, Stoß- oder Überlappungsverbindung an dem Flachriemen bzw. dem Heizgerät anliegen muss um eine sichere Verbindung zu garantieren.
Heiztemperatur	Temperatur, die zur Herstellung einer Z-, Keil-, Stoß- oder Überlappungsverbindung im Heizgerät eingestellt sein muss um eine sichere Verbindung zu garantieren.
Heizzange/-gerät	Gerät, mit dem eine Z-, Keil-, Stoß- oder Überlappungsverbindung hergestellt wird.

Begriff	Erklärung
Highly Conductive (HC/HC+)	Eigenschaft eines Bauteils elektrostatische Aufladungen gezielt abzuleiten, um eine plötzliche unkontrollierte Entladung zu verhindern. Siegling Extremultus Flachriemen sind dazu mit leitfähigen Komponenten im Flachriemenaufbau ausgestattet. HC: Antistatik-Eigenschaften müssen erfüllt sein und eine Leitfähigkeit auf der Oberfläche in Längsrichtung (Widerstand R_{OB} gemäß ISO 21178 unter $3 \cdot 10^8$ Ω) gegeben sein. HC+: HC-Eigenschaften müssen auf der Ober- und Unterseite erfüllt sein und eine Leitfähigkeit durch das Band hindurch (Widerstand R_D gemäß ISO 21178 unter 10^9 Ω) gegeben sein. Siegling Extremultus Artikel mit HC+ Eigenschaft werden mit Flash Star™ bezeichnet.
K	
Keilverbindung	Verbindungsart mit keilförmig vorbereiteten Enden für Siegling Extremultus Flachriemen, die übereinander gelegt und verbunden werden. Die Verbindung erfolgt im Klebeverfahren. Weitere Informationen in Kapitel 7.2.
Klimabeständigkeit	Die Klimabeständigkeit beschreibt die Fähigkeit eines Siegling Extremultus Flachriemens auch bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen (z. B. rel. Luftfeuchte) zuverlässig die erforderlichen Kräfte zu übertragen.
Konfektionierung	Konfektionieren umfasst das Zuschneiden auf Länge und Breite, das Vorbereiten und das Erzeugen der Endlosverbindung sowie das Lochen und die Bandkantenbearbeitung des Siegling Extremultus Flachriemens. Je nach Kundenwunsch kann die Konfektionierung sämtliche Punkte oder auch nur Teile davon umfassen.
Kraftspitzen	Kurzzeitige Erhöhung der Belastung des Flachriemens (z. B. im Start-Stopp-Betrieb).
Kunststoff	Werkstoffe mit guten technischen Eigenschaften, die hauptsächlich aus Makromolekülen bestehen. Kunststoffe lassen sich in die Gruppen Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere unterteilen.
L	
Lasttrum	Lasttrum beschreibt den Teil des Flachriemens, an dem von der Antriebsscheibe gezogen wird. Im Betrieb treten dort die höchsten Kräfte im Flachriemen auf.
Laufgeräusch	Als Laufgeräusch wird das Geräusch beschrieben, welches bei der Flachriemen im dynamischen Einsatz, also im Lauf, erzeugt. Teilweise können ungewöhnliche Laufgeräusche auf einen Defekt oder Fehler hindeuten. Weiter Informationen hierzu fnden Sie in Kapitel 11.3.
Laufrichtung	Von Forbo Movement Systems empfohlene Einbaurichtung des Siegling Extremultus Flachriemen. Vor allem bei Flachriemen mit einer Keilverbindung kann die Lauf- bzw. Einbaurichtung entscheidend sein, um ein Öffnen der Verbindung zu vermeiden.
Lebensmittelkonformität	Siegling Extremultus Flachriemen, die bestimmte Kriterien (z. B. FDA oder EU) erfüllen, um in der Lebensmittelindustrie eingesetzt werden zu können
Leerlauf	Grundsätzlich kann in Anlagen zwischen drei Betriebszustände unterschieden werden: Leerlauf, Teillast und Volllast. Der Leerlauf beschreibt dabei den Betriebszustand bei dem keine Leistungs-/Kraftübertragung erfolgt.
Leertrum	Leertrum beschreibt den Teil des Flachriemens, an dem nicht von der Antriebsscheibe gezogen wird. Im Betrieb treten dort z.T. deutlich geringere Kräfte als im Lasttrum auf.
Leistung	Physikalische Größe, die sich aus der zu übertragenden Kraft und der Geschwindigkeit des Flachriemens oder dem zu übertragenden Drehmoment und der Drehzahl berechnet.

12 GLOSSAR

	Begriff	Erklärung
M		
	Maschinenband	Speziell entwickelte Siegling Extremultus Flachriemen für Transport-, Verteil-, Positionier- und weitere Aufgaben innerhalb einer Produktionslinie. Weitere Informationen in Kapitel 2.9.
	Massenträgheitsmoment	Das Massenträgheitsmoment gibt den Widerstand eines starren Körpers gegenüber einer Änderung seiner Rotationsbewegung um eine gegebene Achse an und ist dabei von der Massenverteilung in Bezug auf die Drehachse abhängig. Bei großen Zwei-Scheibentrieben z. B. in Wasserkraftwerken werden die Massenträgheitsmomente der treibenden und der getriebenen Seite benötigt, um die longitudinale Eigenfrequenz der Anlage zu berechnen.
	Mindestscheiben-durchmesser	Für sämtliche Siegling Extremultus Flachriemen ist ein Mindestscheibendurchmesser freigegeben. Werden Riemenscheiben mit geringerem Durchmesser verwendet, können Schäden am Flachriemen infolge zu großer Stauchung oder Dehnung bei der Umlenkung entstehen.
	Mischgewebe	Gewebe, bei dem die Kett- und Schussfäden aus unterschiedlichen Materialien bestehen (z. B. Kettfäden aus Aramid und Schussfäden aus Polyester).
	Mitnahme, Mitnahmefähigkeit	Die Mitnahme oder Mitnahmefähigkeit beschreibt die Fähigkeit einer Beschichtung und Struktur eines Siegling Extremultus Flachriemens zur sicheren Förderung eines Transportguts (z.B. von Lebensmitteln in einer Schneidemaschine oder von Pappe in einer Faltschachtelklebemaschine).
N		
	Nennumfangskraft	Die Nennumfangskraft gibt die Umfangskraft an, die bei optimaler Auflegedehnung und optimalen Schlupf von einem Flachriemen übertragen werden kann.
	Nomenklatur	Als Nomenklatur wird die Benennung der Siegling Extremultus Flachriemen bezeichnet, durch die eine eindeutige Identifizierung auf Basis der verwendeten Materialien, Eigenschaften und Oberflächenstrukturen (z. B. GG 30E-30 NSTR/NSTR schwarz) möglich ist.
	Normklima	Für die Konditionierung und Prüfung von Kunststoffen gibt die DIN EN ISO 291 als Normalklima für nicht tropische Länder eine Lufttemperatur von 23 °C und eine relative Luftfeuchte von 50 %, für tropische Länder von 27 °C und 65 % an.
O		
	Oberflächenstruktur	Mit Oberflächenstruktur wird die Beschaffenheit der Oberfläche der Siegling Extremultus Flachriemen beschrieben. Es wird zwischen Feinstruktur (FSTR), Normalstruktur (NSTR), Grobstruktur (GSTR), Negative Pyramiden Struktur (NP), Glatt (GL), Gewebeoberfläche (FBRC), Lederoberfläche (LTHR), High Performance (HP) unterschieden. Weitere Informationen in Kapitel 2.2.
	Oberseite	Seite des Flachriemens, die nicht mit der Oberfläche der Antriebsscheibe in Kontakt kommt. Früher auch als Funktionsseite bezeichnet.
P		
	Pfeiftrieb	Ein hochfrequentes Geräusch das bei einer Kraftübertragung über einen Flachriemen entsteht. Das Übersetzungsverhältnis ist dabei in der Regel über 5:1.
	Polyamid	Synthetischer, teilkristalliner, thermoplastischer Kunststoff mit hervorragender Festigkeit und Zähigkeit. Polyamid hat eine gute chemische Beständigkeit gegenüber organischen Lösungsmitteln und eine relativ hohe Schmelztemperatur. Allerdings ist dieser Kunststoff empfindlich gegenüber Temperatur- und Luftfeuchteveränderungen. Der Einsatz in Siegling Extremultus Flachriemen erfolgt zumeist in Form eines hochverstreckten Zugbands.
	Polyester	Polyester ist ein synthetischer, thermoplastischer Kunststoff, der in Siegling Extremultus Flachriemen als Gewebezugträger eingesetzt wird. Die dafür verwendeten Polyesterfasern zeichnen sich durch ein gutes Verschleißverhalten sowie eine hohe Bruchdehnung aus.

Begriff	Erklärung
Polyurethan	Polyurethan ist ein Kunststoff oder Kunstharz, der aus der Polyadditionsreaktion von Diolen/Polyolen mit Polyisocyanaten entsteht. Je nach Vernetzungsgrad und variierbarer Engmaschigkeit der Vernetzung kann das Polyurethan ein Duroplast, Thermoplast oder Elastomer sein. In den Siegling Extremultus Flachriemen werden thermoplastische Polyurethane eingesetzt.
Product Finder	Online Hilfsmittel zur schnellen, komfortablen Artikelsuche (für Siegling Extremultus Flachriemen). Weitere Informationen in Kapitel 4.4. Verfügbar unter: www.forbo.com/movement > E-Tools
Q	
Querrisse	Phänomen, das bei der Alterung von dynamisch belastetem Gummi entsteht.
R	
Reibwert, Reibbeiwert	Der Reibwert μ ist ein Maß für die Reibungskraft im Verhältnis zur Anpresskraft. Der Reibwert ist dabei abhängig von den Materialien und der Oberflächenstruktur. In diesem Fall sind die Materialien und Oberflächen des Flachriemens (Unterseite) und der Riemenscheiben ausschlaggebend
Relaxation (Relaxierung)	Typisches Verhalten von Kunststoffen in dynamischen Anwendungen. Im Riementrieb bedeutet dies eine „Entspannung" des Zugträgers infolge des „Setzens". Erkennbar ist dieser Vorgang durch eine Reduzierung der Wellenkraft innerhalb der ersten Stunden im Betrieb des Flachriemens. Nähere Informationen in Kapitel 6.3.
Rho-Wert (ρ)	Der Rho-Wert (ρ) berechnet sich aus dem Quotienten der Umfangskraft und der Berührfläche mit der Riemenscheibe. Er beschreibt die Fähigkeit eines Zugträgers zur Übertragung einer Umfangskraft.
Riemenkonstruktion	Aufbau des Flachriemens. Weitere Informationen in Kapitel 2.2.
Riemenscheibe	Rotationssymmetrisches Maschinenelement, auf dem der Flachriemen in einem Riementrieb aufgelegt wird. In der Berührfläche zwischen der Riemenscheibe und dem Flachriemen findet die kraftschlüssige Übertragung der Leistung statt.
Riemenspannung	Spannung im Flachriemen, die zu einer kraftschlüssigen Leistungsübertragung erforderlich ist. Die erforderliche Riemenspannung wird durch das Auflegen des Flachriemens mit einer definierten Auflegedehnung eingestellt.
Rollenbahnantriebsriemen	Speziell für den Einsatz in angetriebenen Rollenbahnförderern entwickelte Siegling Extremultus Flachriemen. Sie zeichnen sich durch eine hohe Abriebfestigkeit bei gleichzeitig geringer Walkarbeit aus. Weitere Informationen in Kapitel 2.9.
S	
Schlupf	Bezeichnet das Abweichen der Geschwindigkeiten miteinander in Reibkontakt stehender mechanischer Elemente in Prozent. Beim Riementrieb tritt Schlupf zwischen dem Flachriemen und den Riemenscheiben auf. Hier wird zwischen Dehnschlupf (im normalen Betrieb) und Gleitschlupf (Überlast) unterschieden.
Schwingungen longitudinal	Nicht sichtbare Schwingungen des Flachriemens bzw. der gesamten Anlage in Längsrichtung. Weitere Informationen in Kapitel 9.8.
Schwingungen transversal	Sichtbare Schwingungen des Flachriemens bzw. des Last- und/oder Leertrums senkrecht zur Laufrichtung (Flachriemen „flattert"). Weitere Informationen in Kapitel 9.8.
Sofortwert der Wellenkraft	Wellenkraft vor der Relaxation des Flachriemens. Weitere Informationen in Kapitel 6.3
Spannstation	Vorrichtung an der Anlage/Förderer zur Krafteinleitung beim Spannen von Flachriemen.
Spannung	Mechanische Spannung ist eine Kraft pro Flächeneinheit, die in einer gedachten Schnittfläche durch einen Körper (z. B. dem Querschnitt des Flachriemens) wirkt.

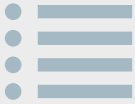
12 GLOSSAR

Begriff	Erklärung
Spannweg	Weg, der der Spannstation beim Spannen von Flachriemen zur Verfügung steht.
Steifigkeit, Biegesteifigkeit	Widerstand des Flachriemens gegen elastische Verformung durch Biegung beim Lauf über die Scheiben.
Stoßverbindung	Verbindungsart für einige Siegling Extremultus Flachriemen der Polyurethan Reihe. Die Enden der Flachriemen werden dabei stirnseitig aufgeschmolzen und miteinander verbunden. Weitere Informationen in Kapitel 7.2.
T	
Tangentialriemen	Speziell entwickelte Siegling Extremultus Flachriemen für den Einsatz als Spindelantriebe in Spinn- und Zwirnmaschinen. Diese Flachriemen weisen eine besondere Dickengleichheit über den gesamten Flachriemen, auch in Bereich der Endlosverbindung, auf, um Drehzahlschwankungen an den Spindeln zu minimieren. Weitere Informationen in Kapitel 2.9.
Teillast	Grundsätzlich kann in Anlagen zwischen drei Betriebszuständen unterschieden werden: Leerlauf, Teillast und Volllast. Die Teillast beschreibt dabei den Betriebszustand zwischen dem Leerlauf (keine Leistungs-/Kraftübertragung) und der Volllast (maximale Leistungs-/Kraftübertragung)
Temperaturbeständigkeit	Die Temperaturbeständigkeit beschreibt die Fähigkeit eines Siegling Extremultus Flachriemens auch bei höheren Temperaturen zuverlässig die erforderlichen Kräfte zu übertragen.
Thermoplast	Kunststoffe, die sich in einem bestimmten Temperaturbereich (thermoplastisch) verformen lassen. Dieser Vorgang kann beliebig oft wiederholt werden, sofern keine thermische Zersetzung des Materials durch Überhitzung einsetzt. Durch dieses Materialverhalten ist es zudem möglich, thermoplastisches Material aufzuschmelzen und zu schweißen. Dieser Effekt wird bei der Herstellung einer Endlosverbindung von Siegling Extremultus Flachriemen mit thermoplastischem Zugträger genutzt.
Totspannen	Phänomen, das bei der Installation neuer Flachriemen auftreten kann, wenn dieser in vielen kleinen Stufen hochgespannt wird. Die physikalischen Eigenschaften des Flachriemens bzw. Zugträgers werden derart verändert, dass eine sichere Leistungs-/Kraftübertragung nicht mehr möglich ist. Weitere Informationen in Kapitel 6.3.
Triboelektrischer Effekt	Effekt, der die Aufladung (Bildung von Potentialunterschieden) von unterschiedlichen Materialien durch häufiges Zusammenführen und Trennen beschreibt. Die tatsächliche Quantität der Ladungstrennung durch den triboelektrischen Effekt hängt von Faktoren wie Temperatur, Oberflächenbeschaffenheit, elektrische Leitfähigkeit, Wasseraufnahme und der Position der Materialien in der triboelektrischen Reihe (Elektronenaffinität) ab.
U	
Überlappungsverbindung	Verbindungsart für Siegling Extremultus Flachriemen der Polyurethan Reihe. Die Enden der Flachriemen werden mit einer Überlappung von 2 mm übereinander gelegt und im Schmelzverfahren verbunden. Weitere Informationen in Kapitel 7.2.
Übersetzungsverhältnis	Das Übersetzungsverhältnis i gibt das Verhältnis der Drehzahlen (und damit auch der Durchmesser der Riemenscheiben) zwischen der treibenden und der getriebenen Seite an. $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$
Übertragungsfähigkeit	siehe Rho-Wert (ρ)
Umfangskraft	Kraft, die bei gegebener Leistung und Geschwindigkeit auf den Flachriemen während der Leistungsübertragung ausgeübt wird. Weitere Informationen in Kapitel 2.6.
Umschlingungswinkel	Kontaktbereich in Winkelgraden, in denen der Flachriemen die Riemenscheibe umschließt.
Unterseite	Seite des Flachriemens, die direkt mit der Oberfläche der Antriebsscheibe in Kontakt kommt. Früher auch als Laufseite bezeichnet.

	Begriff	Erklärung
V		
	Verbinder, mechanisch	Sonderverbindung für einige Siegling Extremultus Flachriemen. In die Enden der Flachriemen werden Drahtklammern oder Scharniere eingepresst und diese mit einem Draht oder Pin verbunden. Weitere Informationen in Kapitel 7.2.
	Verbindung	Siehe „Endlosverbindung“.
	Verbindungsanleitung	Anleitung zur Erstellung einer Endlosverbindung
	Verschleiß	Siehe „Abrieb“.
	Volllast	Grundsätzlich kann in Anlagen zwischen drei Betriebszustände unterschieden werden: Leerlauf, Teillast und Volllast. Die Volllast beschreibt dabei den Betriebszustand bei dem die maximale Leistungs-/Kraftübertragung erfolgt.
W		
	Wellenkraft	Kraft, die durch die Auflegedehnung und damit durch die Spannung des Flachriemens auf die Wellen und Lager der Riemenscheiben ausgeübt wird. Die Wellenkraft ist somit maßgeblich für die maximal übertragbare Leistung. Weitere Informationen in Kapitel 2.6.
	Wölbung	Siehe „Balligkeit“.
Z		
	Z-Verbindung	Verbindungsart für Siegling Extremultus Flachriemen der Polyester, Aramid und Polyurethan Reihe. Die Enden der Flachriemen werden mit einer Stanze Z-förmig gestanzt, zusammengelegt und im Schmelzverfahren verbunden. Weitere Informationen in Kapitel 7.2.
	Zugband	Hochverstrecktes Polyamid in Form eines Bandes zur Verwendung als Zugträgermaterial für Flachriemen mit hoher Kraftübertragung. Weitere Information in Kapitel 2.2.
	Zugträger	Teil des Flachriemens, der für die Festigkeit des Flachriemens und damit für die Aufnahme der Kräfte, die im Betrieb auf den Flachriemen wirken, verantwortlich ist. Weitere Information in Kapitel 2.2.

13 RECHTLICHER HINWEIS

Wegen der Vielfalt der Verwendungszwecke unserer Produkte sowie der jeweiligen besonderen Gegebenheiten stellen unsere Gebrauchsanweisungen, Angaben und Auskünfte über Eignung und Anwendung der Produkte nur allgemeine Richtlinien dar und entbinden den Besteller nicht von der eigenverantwortlichen Erprobung und Prüfung. Bei anwendungstechnischer Unterstützung durch uns trägt der Besteller das Risiko des Gelingens seines Werkes.



Siegling – total belting solutions

Engagierte Mitarbeiter, qualitätsorientierte Organisation und Fertigungsabläufe sichern den konstant hohen Standard unserer Produkte und Dienstleistungen. Das Forbo Siegling Qualitätsmanagementsystem ist nach ISO 9001 zertifiziert.

Neben der Produktqualität ist der Umweltschutz ein wichtiges Unternehmensziel. Schon früh haben wir deshalb ein ebenfalls zertifiziertes Umweltmanagementsystem nach ISO 14001 eingeführt.

Forbo Siegling Service – jederzeit, überall

Forbo Siegling beschäftigt in der Firmengruppe mehr als 2.300 Mitarbeiter. Unsere Produkte werden weltweit in neun Produktionsstätten hergestellt. Gesellschaften und Landesvertretungen mit Materiallägern und Werkstätten finden Sie in über 80 Ländern. Forbo Siegling Servicestationen gibt es in mehr als 300 Orten der Welt.

Forbo Siegling GmbH
Lilienthalstraße 6/8, D-30179 Hannover
Telefon +49 511 6704 0
www.forbo-siegling.com, siegling@forbo.com

MOVEMENT SYSTEMS

Best.-Nr. 333-1
01/19 · GB · Nachdruck, Vervielfältigung – auch auszugsweise – nur mit unserer Genehmigung. Änderungen vorbehalten.