

Riementriebe

1 Grundlagen

Riementriebe dienen der kraft- oder formschlüssigen Übertragung von Drehmomenten. Als Zugmittel werden Rundriemen, Flachriemen, Keilriemen und Zahnriemen (Synchronriemen) eingesetzt.

1.1 Riementriebe

a) Kraftschlüssige Riementriebe (Abb. 1a) mit Flach-, Keil- oder Rundriemen übertragen das Drehmoment durch die zwischen Riemen und Riemenscheibe wirkende Reibungskraft.

b) Bei formschlüssigen Riementrieben (Abb. 1b) wird das Drehmoment durch das Ineinandergreifen der Zähne von Zahnriemen und Synchronriemenscheibe übertragen. Eine Bordscheibe verhindert das seitliche Abrutschen des Riemen. Die Anlaufkraft an die Bordscheiben sollte im Regelfall minimal sein.



Abb. 1a

Kraftschlüssige Riementriebe¹



Abb. 1b

Formschlüssiger Riementrieb²

Eigenschaften von Riementrieben:

► **Keilriemen**

- kleine Vorspannung
- große Übersetzung
- kleiner Abstand
- Drehmomentstöße

► **Flachriemen**

- große Vorspannung
- mittlere Übersetzung
- große Geschwindigkeit
- geringe Laufgeräusche
- großer Wellenabstand

► **Synchronriemen**

- geringe Vorspannung
- konstante Übersetzung
- winkelgenaue Übertragung
- kein Schlupf
- keine Überlastsicherheit

¹ <http://www.schaefer-technik.de/>

² <http://www.lenze-selection.com/>

1.2 Keilriemenformen

a) Normalkeilriemen und Schmalkeilriemen werden sowohl im Maschinenbau als auch im Landmaschinensektor verwendet.

a) Standardkeilriemen (Abb. 2a) bestehen aus:

- Gummikern und Zugstrang aus Polyesterfasern.
- Einer Gummiauflage (Deckplatte) und einer Gewebeumhüllung.

Für Hochleistungskeilriemen wird anstelle von Polyester auch Aramid verwendet.

b) Keilriemen mit Formzahnung (Abb. 2b) bestehen aus:

- Einem Unterbau aus Elastomer auf Polychloropren-Basis mit quer zur Laufrichtung ausgerichteten Fasern.
- Einem Zugstrang aus Polyester cord von hoher Festigkeit und geringer Dehnung in einer Einbettmischung.
- Einem Oberbau, welcher einen dauerhaften Schutz des Zugstranges und die Verwendung von Rückenspannrollen ermöglicht.

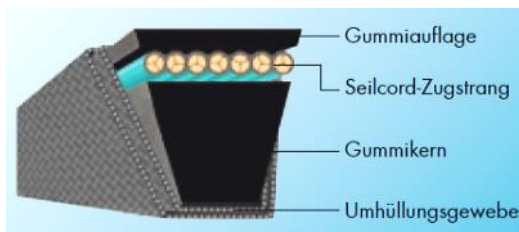


Abb. 2a

Aufbau eines Keilriemens (Optibelt VB)

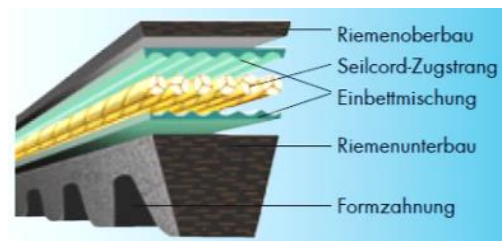


Abb. 2b

Aufbau eines Keilriemens mit Formzahnung (Optibelt SUPER TX M=S)

c) Ausser den bereits genannten Keilriemenarten gibt es auch Sonderformen wie z.B. Verbundkeilriemen, Breitkeilriemen und Keilrippenriemen (Abb. 3).

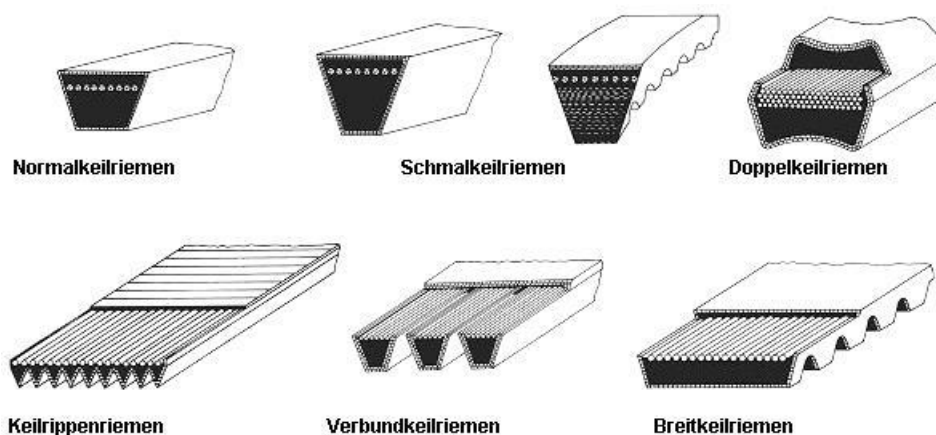


Abb. 3

Keilriemenformen³

³ Rolof/Matek: Maschinenelemente (Vieweg + Teubner).

Die keilförmigen Rippen (Abb. 4) gewährleisten einen erhöhten Kraftschluss und eine gleichmässige Kraftverteilung über die gesamte Riemenbreite.



Abb. 4a
Antrieb mit Keilrippenriemen⁵

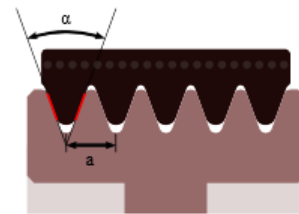


Abb. 4b
Keilrippenriemen müssen zur Rillenscheibe passen.⁴

1.3 Schmalkeilriemen

Schmalkeilriemen (Abb. 5) werden in vier Grössen hergestellt. Ihr Vorteil gegenüber Normalkeilriemen sind höhere Leistungen und Geschwindigkeiten bis 40 m/s.

Im Handel sind zwei unterschiedliche Normen erhältlich, die sich in der Breite leicht unterscheiden.

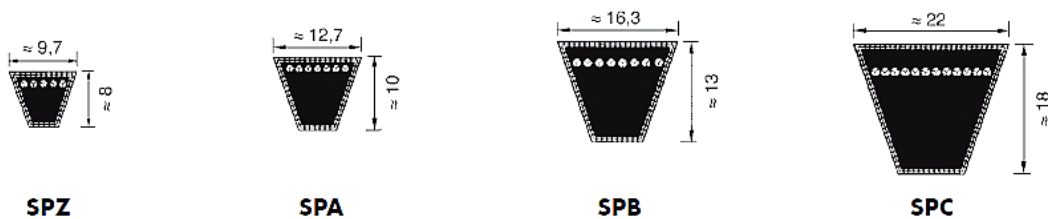


Abb. 5a
Schmalkeilriemen nach DIN 7753

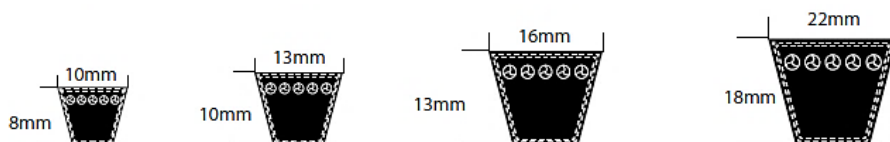


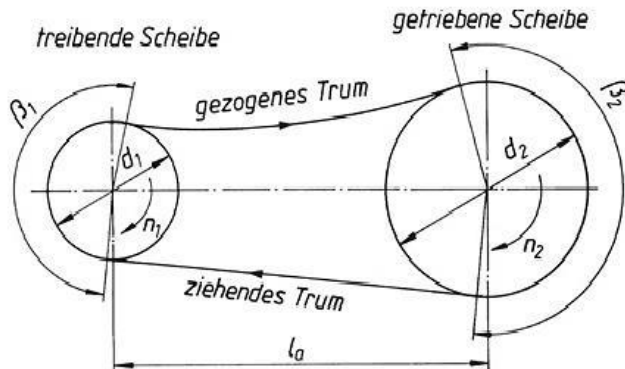
Abb. 5b
Schmalkeilriemen nach ISO 4183

⁴ <https://de.wikipedia.org/wiki/Keilriemen>

⁵ Continental CONTITECH

1.4 Riemenlänge

Beim Zweischeibentrieb (Abb. 6) unterscheiden wir zwischen „treibender Scheibe“ und „getriebener Scheibe“ bzw. zwischen Antrieb und Abtrieb.



- a, e Achsabstand
- d₁, d_{dk} Richtdurchmesser
kleine Riemenscheibe
- d₂, d_{dg} Richtdurchmesser
grosse Riemenscheibe

Abb. 6
Offener Zweischeibentrieb⁶

Die freien Riemenabschnitte bezeichnet man als „Trum“. Abhängig von der Belastung ist vom ziehenden Trum (Lasttrum) oder gezogenen Trum (Leertrum) die Rede.

Die Richtlänge eines Keilriemens lässt sich näherungsweise mit einer Formel bestimmen.

$$L_{dth} \approx 2e + 1,57(d_{dg} + d_{dk}) + [(d_{dg} - d_{dk})^2/4e]$$

Anm.: Die bisherigen Bezeichnungen Wirkdurchmesser (d_w), Wirklänge (L_w) und Wirkumfang (U_w) wurden nach aktuellen Normenbezeichnungen auf Richtdurchmesser (d_d), Richtlänge (L_d) und Richtumfang (U_d) umgestellt. In diesem Skript werden alte und neue Bezeichnungen gleichermaßen verwendet.

Tabelle 1		
	Innenlänge	Aussenlänge
SPZ	$L_w - 37$	$L_w + 13$
SPA	$L_w - 45$	$L_w + 18$
SPB	$L_w - 60$	$L_w + 22$
SPC	$L_w - 83$	$L_w + 30$

Bei einem defektem Keilriemen, dessen Länge sich nicht mehr bestimmen lässt, kann folgendes Verfahren angewandt werden:

Schlinge eine Schnur um beide Riemenscheiben und messe anschliessend deren gestreckte Länge. Unter Zuhilfenahme von Tabelle 1 lässt sich anschliessend die Wirklänge ermitteln.

Berechnungsbeispiel:

Gestreckte Länge 450 mm

Wirklänge (SPZ) 450 mm + 37 mm = 487 mm

⁶ Rolof/Matek: Maschinenelemente (Vieweg + Teubner).

2 Montageverfahren

2.1 Scheibenmontage

Die Ausrichtung der Scheiben (Abb. 7) ist massgend für einen einwandfreien Lauf. Riemen-
scheiben sollen ein gutes „finish“ vorweisen, also keine scharfen Kanten oder Grate vorweisen.
Auch auf Rillengleichheit ist zu achten. Die Scheiben sollten so nahe wie möglich am Wellen-
lager montiert werden. Zu grosser Abstand kann zu vorzeitigem Lagerausfall führen. Ferner ist
darauf zu achten, dass die Scheiben beim Spannen in der Flucht bleiben.

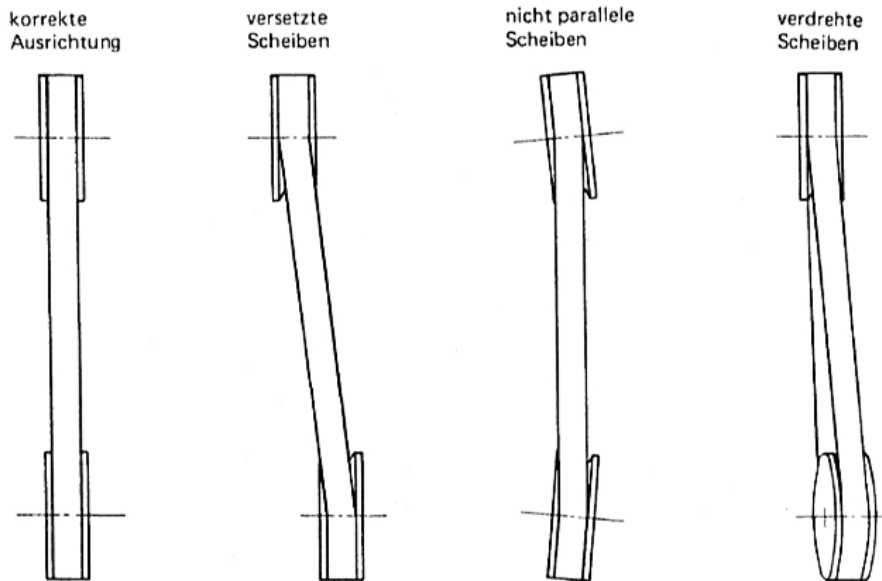


Abb. 7
Scheibenausrichtung⁷

Bei formschlüssigen Riementrieben kommt es bei mangelhaft ausgerichtete Scheiben zum Schleifen der Zahnriemen an den Bordscheiben, so dass ein erhöhter Riemenverschleiss die Folge ist. Gelegentlich kommt es auch zum Aufsteigen des Riemens, was zu einer Beschädigung der Riemenzähne führen kann.

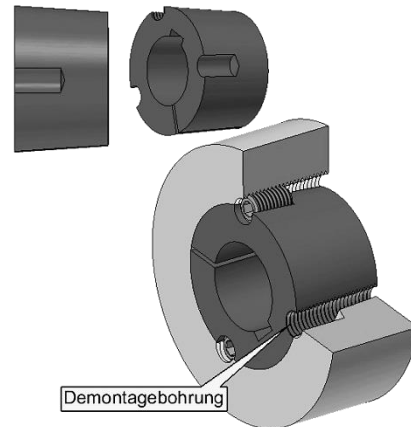
Es gibt verschiedene Prüfmethode für die korrekte Ausrichtung der Scheiben. Mit dem SIT-LineLASER⁸ lassen sich Antriebsscheiben lateral, horizontal und vertikal auf ihre Lage überprüfen.

Ein im Kontext wichtiger Aspekt ist die Welle-Nabe-Verbindung. Oft werden bei Riemenscheiben sog. Taperlock-Spannbuchsen (Abb. 8) verwendet. Mit der Taper-Buchse lässt sich eine Keilriemenscheibe auf einfache Weise axial zentriert auf der Welle befestigen.

Anm.: Die Taperlock-Buchse ist eine konische Spannbuchse mit verschiedenen Bohrungen in standardisierten Größen. Bei den Bohrungen für die Befestigung ist in der Nabenhälfte ein Gewinde und in der Buchse ein Sackloch vorhanden. Durch das Halbgewinde in der Nabe wird die Schraube beim Eindrehen gegen das Sackloch gepresst und die Spannbuchse in die Nabe getrieben. Bei den Bohrungen zum Lösen ist es umgekehrt. Durch eindrehen der Schrauben wird die Taperbuchse aus der Nabe heraus gestossen.

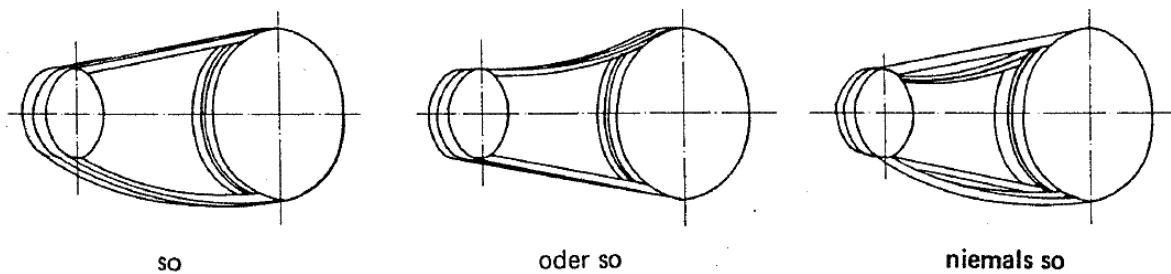
⁷ Werkstatthandbuch über Keilriemenantriebe (René Baer AG, Antriebstechnik).

⁸ <http://www.sit-antriebstechnik.ch/>

**Abb. 8a**Rillenscheibe aus Grauguss mit Taperbuchse⁹**Abb. 8b**Taper-Lock-System¹⁰

2.2 Riemenmontage

Zunächst wird die verstellbare Riemenscheibe auf den kleinsten Achsabstand eingestellt, um dadurch das Auflegen der Riemen zu erleichtern (Abb. 9).

**Abb. 9**Keilriemenmontage¹¹

Nach dem Auflegen ist der Antrieb zu spannen, bis die Riemen fest in den Rillen sitzen. Danach wird einige Umdrehungen ohne Belastung gedreht, damit die Riemen sich „setzen“ können. Schliesslich wird nochmals die Ausrichtung der Riemenscheiben überprüft.

Folgende Aspekte sind bei der Montage unbedingt zu berücksichtigen:

- Riemen dürfen nie mit Gewalt oder mittels einem Werkzeug (Schraubenzieher, Stemmeisen usw.) über den Scheibenrand gedrückt werden.

Ausgenommen von obiger Vorschrift sind sog. Elastiemen¹², die sich nur mittels Werkzeug resp. Montagekit (Abb. 10) auflegen lassen.

- Bei Riemensätzen sind immer längengleiche Riemen desselben Herstellers zu verwenden. Gebrauchte und neue Riemen dürfen nicht im selben Satz verwendet werden.

⁹ <http://www.bue-antriebs Elemente.de/>

¹⁰ <http://www.konstruktionsatlas.de/antriebstechnik/>

¹¹ Werkstatthandbuch über Keilriemenantriebe (René Baer AG, Antriebstechnik).

¹² Elastische Keilrippenriemen werden vielfach bei Kraftfahrzeugen verwendet.



Abb. 10

Auflegen eines Elastiemens mittels Spezialwerkzeug¹³

2.3

Riemenspannung

Die durch den Hersteller festgelegte Riemenspannung ist einzuhalten, um den erforderlichen Kraftschluss zwischen Riemen und Scheibe zu erzielen.

► Eine überhöhte Spannung führt infolge übermässiger Beanspruchung zum vorzeitigen Ausfall des Riemens oder eines Lagers. Auch eine Durchbiegung der Welle ist möglich. Nach einer Einlaufzeit sollte die Spannkraft nochmals gemessen und ggf. nachjustiert werden.

► Riemen mit unzureichender Spannung rutschen durch und erwärmen sich, wodurch der Schlupf zunimmt. Schliesslich kommt es zu bleibenden Schäden an den Riemenflanken.

2.3.1 Direkte Bestimmung der Riemenspannung

Mit einem mechanischen Spannkrafttester (Abb. 11) lässt sich die Vorspannung auf einfache Weise bestimmen. Von den Herstellern werden unterschiedliche Geräte angeboten.

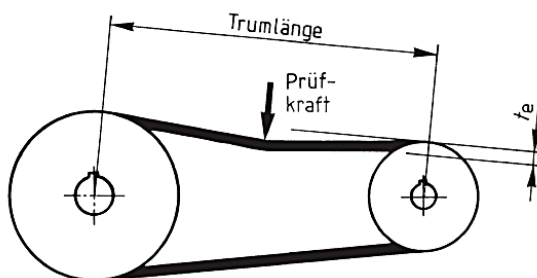


Abb. 11a
Riemenspannung

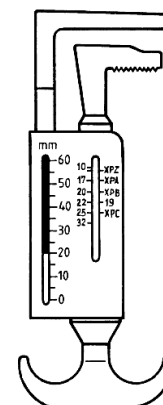


Abb. 11b
Mechanisches Trum-Meter¹⁴

¹³ <http://www.kfztech.de/kfztechnik/motor/elastischer-keilrippenriemen.htm>

¹⁴ Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG: Schulungsunterlagen Instandhaltung.

Es gibt auch berührungslose Riemenmessgeräte (Abb. 12), welche die statische Trumkraft durch Messung der Eigenfrequenz des frei schwingenden Trums berechnen. Die herstellerspezifischen Anweisungen sind jeweils zu beachten.

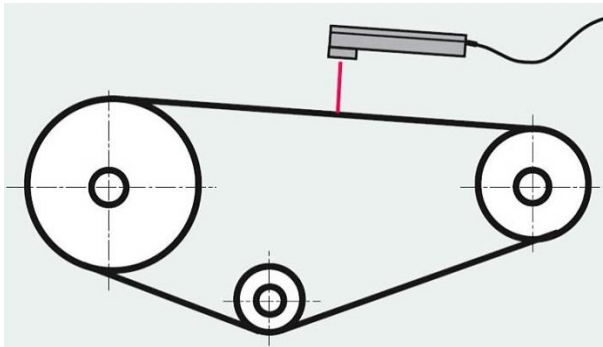


Abb. 12

Berührungslose Messung der Riemen Spannung mit einem elektronischen Trum-Meter¹⁵

Riemenvorspannung in Newton:

$$F = [(540 \cdot P \cdot 1.3)/(z \cdot v)] + mv^2$$

P Antriebsleistung in kW

z Riemenzahl

v Riemengeschwindigkeit in m/s

D Wirkdurchmesser (kleine Scheibe) in mm

n Drehzahl (kleine Scheibe) in rpm

mv^2 Fliehkraft (relevant für $n > 800 \text{ min}^{-1}$)

m Riemen gewicht in kg/m

Ausser optischen Messungen mit Laser-Geräten werden auch akustische Verfahren angewandt. Das TEN-SIT¹⁶ basiert auf dem physikalischen Zusammenhang zwischen der Kraft im Riementrum und der Eigenfrequenz des angeregten Trums (Prinzip der schwingenden Seite). Bei der Messung wird die Frequenz des gespannten und angeregten Riementrums durch ein an einem Schwanenhals befestigtes Mikrophon erfasst und digitalisiert. Die Anregung kann bspw. durch einen leichten Schlag mit einem Schraubendrehergriff in der Mitte des Riementrums erfolgen.

2.3.2 Indirekte Bestimmung der Riemen Spannung

Die Vorspannung lässt sich auch ohne Messgeräte überprüfen.

a) Über die Eindringtiefe des Trums wird die statische Trumkraft berechnet. Die Angaben des Herstellers (z.B. Optibelt, Technisches Handbuch) sind dazu erforderlich.

b) Eine zweite Methode bestimmt über den Schlupf die korrekte Riemen Spannung. Zunächst werden an Antriebs- und Abtriebsscheibe die Drehzahlen im Leerlauf und unter Belastung gemessen. Bei Nennbelastung und genügender Vorspannung soll der Schlupf 1% nicht überschreiten.

2.4 Riemen spannrollen

Der Einsatz von Spannrollen wird bei Keilriementrieben nicht empfohlen. Aufgrund besonderer Anforderungen lässt sich diese Regel nicht immer einhalten.

Derartige Forderungen können sein:

- Riemenmontage bei festem Achsabstand.
- Beruhigung des Riemens bei Oszillationen.
- Richtungsänderungen bei verschränkten Antrieben.

¹⁵ <http://www.azmeasure.com/>

¹⁶ <http://www.sit-antriebstechnik.ch/>

- Lange Spannweiten mit Riemenstrahl.
- Beabsichtigte Kupplungseffekte.

Für eine konstante Spannung werden Riemenrollen feder- oder gewichtsbelastet eingesetzt.

Spannrollen sollen nur auf der losen Seite eines Antriebes (Abb. 13) verwendet werden (nicht im ziehenden Trum). Durch die Biegebeanspruchung verkleinert sich die Leistung.

► Eine Aussenspannrolle vergrößert den Umschlingungswinkel. Oft werden dafür Flachscheiben mit zylindrischer Form eingesetzt. Zur seitlichen Führung der Keilriemen sind Bordscheiben empfehlenswert.

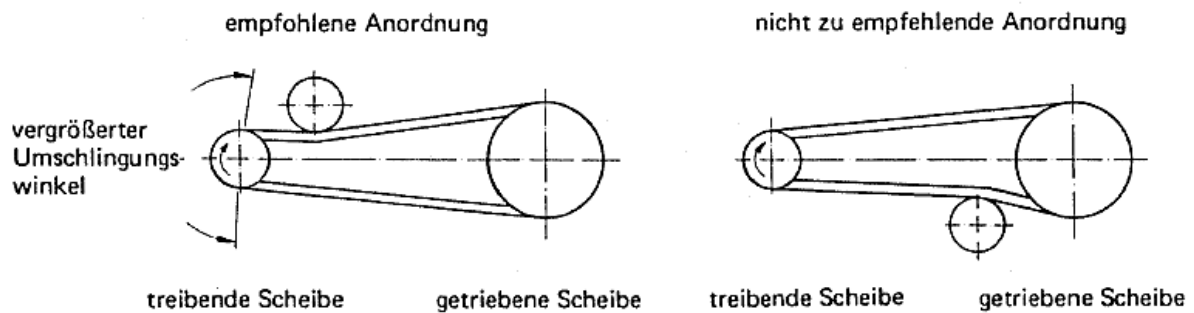


Abb. 13a
Aussenspannrolle¹⁷

► Bei einer Innenspannrolle verringert sich der Umschlingungswinkel. Als Innenspannrollen – insbesondere bei langen Achsabständen – eignen sich Rillenscheiben.

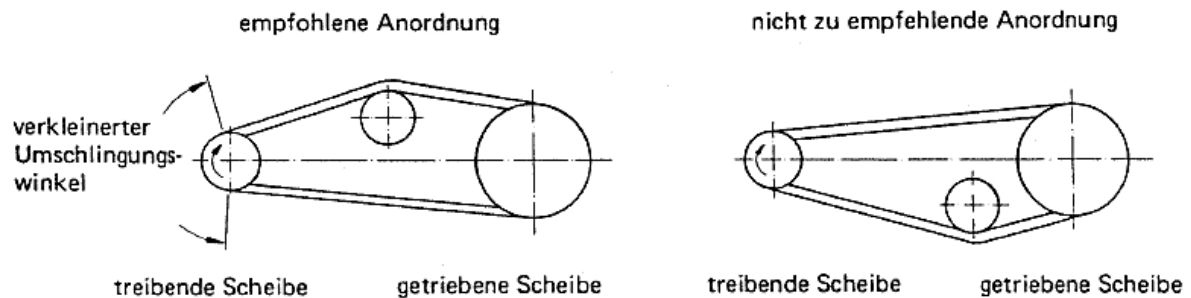


Abb. 13b
Innenspannrolle

¹⁷ Werkstatthandbuch über Keilriemenantriebe (René Baer AG, Antriebstechnik).

2.5 Fehlerfibel

Tabelle 2		
Fehler	Ursache	Abhilfe
Riemenbruch nach kurzer Laufzeit	gewaltsame Montage mit Beschädigung des Zugstranges	Auflegen nach Montagevorschrift
	zu geringe Riemenzahl	Antriebsdimensionierung überprüfen
	blockierter Abtrieb	Fehlerursache eliminieren
Brüche und Risse im Riemenunterbau	Unterschreitung des Mindest-Scheibendurchmessers	Einhaltung der Herstellerangaben
	Temperatureinflüsse (Kälte, Hitze)	Riemen mit verbesserten Eigenschaften verwenden
	erhöhter Schlupf	Riemenspannung kontrollieren
Starke Schwingungen, Riemen „flattert“	Antrieb unterdimensioniert	Antrieb neu dimensionieren
	Achsabstand zu gross	Achsabstand verringern oder Beruhigungsrolle im Leertrum
	zu geringe Vorspannung	Vorspannung korrigieren
	Riemenscheibe läuft unrund	Scheiben auswuchten
Riemen können nicht nachgespannt werden	Verstellmöglichkeit des Achsabstandes zu gering	Verstellweg modifizieren
	übermäßige Riemendehnung infolge Unterdimensionierung	stärkere Riemen verwenden
	falsche Riemenlänge	passende Riemen verwenden
Verdrehte Keilriemen	Scheiben fluchten nicht	Scheiben ausrichten
	falsche Riemenart	Riemen- und Rillenprofil astimmen
	starke Schwingungen	Beruhigungsrolle im Leertrum
	zu geringe Vorspannung	Riemen nachspannen
	Fremdkörper in den Scheibenrillen	Fremdkörper entfernen; wenn nötig Schutzbleche anbringen
Grosser Flankenverschleiss	zu grosses Anlaufmoment	Antrieb richtig dimensionieren
	Riemenprofil passt nicht zum Rillenkinkel	passende Riemen verwenden
	Scheiben fluchten nicht	Scheiben ausrichten
	Riemen schleift	Antrieb korrekt justieren; störende Gegenstände entfernen
Übermäßige Laufgeräusche	Scheiben fluchten nicht	Scheiben ausrichten
	zu geringe Vorspannung	Vorspannung überprüfen und Riemen ggf. nachspannen
	Antrieb überlastet	Antriebsverhältnisse überprüfen
Riemen schwammig und klebrig	Einwirkung von Öl, Fett, Chemikalien	Antrieb vor Fremdeinwirkungen schützen; Riemen mit verbesserten Eigenschaften verwenden
Ungleichmäßige Riemendehnung	Scheibenrillen fehlerhaft	Scheiben austauschen
	alte und neue Riemen zu einem Satz zusammengestellt	Riemensatz komplett erneuern
	Verschiedene Riemenfabrikate zu einem Satz zusammengestellt	Riemen nur eines Herstellers verwenden

3 Quellenverweise

3.1 Fachliteratur

- Roloff, Matek: Maschinenelemente (Springer)
- Niemann, Winter: Maschinenelemente (Springer)
- Schlecht: Maschinenelemente (Pearson)

3.2 Hersteller/Lieferanten:

- <http://www.optibelt.com/>
- <http://www.habasit.com/>
- <http://www.renebaerag.ch/>
- <http://www.luetgert-antriebe.de/>