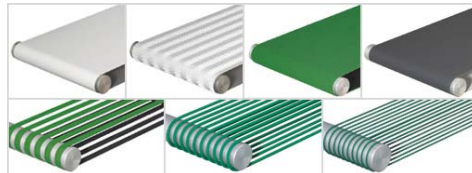
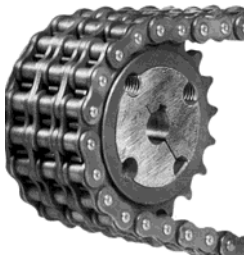
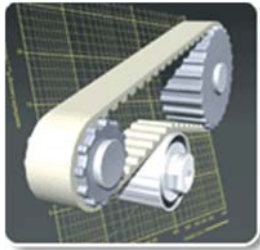


Modul TA.PR+SY

Zugmittelgetriebe

1. Teil: Flach- und Keilriemengetriebe



FH Zentralschweiz

Hochschule Luzern
Technik & Architektur

Inhalt und Ziele

- Funktion und Aufbau von Flachriemen
- Bauarten von Keilriemen
- Verbindungen von Flach- und Keilriemen
- Zentrieren von Flachriemen
- Ausführungen von Riemenscheiben
- Vorspannung der Zugmittel
- Auslegung der Riementriebe
- Riemenschwingungen
- Anwendungsbeispiele

Ziele: **Kennt die Eigenschaften und Charakteristika von Flach- und Keilriemen.**
 Kann Flach- und Keilriemengetriebe auslegen und nachrechnen.

Funktion und Aufbau von Flachriemen

Je nach Funktion werden die (Flach)-Riemen in **Antriebsriemen** und **Transportriemen** eingeteilt.



Antriebsriemen



Transportriemen

Bilder Sieglung

• Mehrschicht- oder Verbundriemen

• Laufschrift

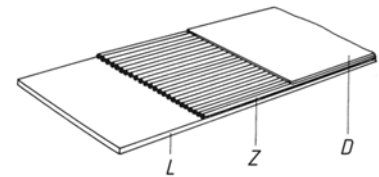
- Leder oder Kunststoff mit hoher Reibung für geringen Schlupf (PU, Elastomer)

• Zugschicht

- reissfeste Fasern oder Bänder (PA, E, Stahl, Glasfasern, Aramid) (Markennamen für Aramid sind *Nomex* und *Kevlar* von DUPont)

• Deckschicht

- imprägniertes Textilgewebe oder zweite Laufschrift



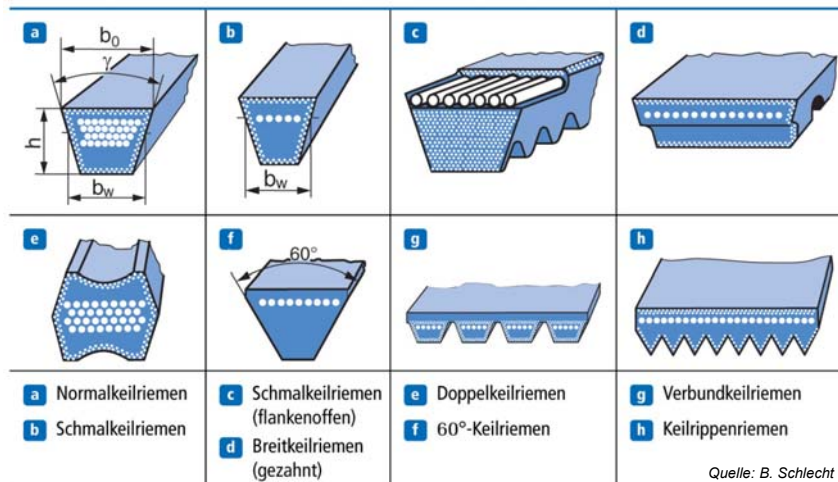
L) Laufschrift
Z) Zugschicht
D) Deckschicht

Eigenschaften und Kennwerte moderner Hochleistungsflachriemen

Begriff	Einheit	Zugschicht aus	
		Polyamid PA	Polyester cord E
Zugfestigkeit	N/mm ²	450 – 600	700 – 900
Zugkraft pro Riemenbreite	N/cm	1.300 – 1.800	1.300 – 6.600
Reibungszahl μ gegen Stahl und GG	–	0,6 – 0,7	0,6 – 0,7
Zulässige Riemenspannung σ_{zul}	N/mm ²	6 – 18	14 – 25
Zug-Elastizitäts-Modul E_z	N/mm ²	500 – 600	600 – 700
Biege-Elastizitäts-Modul E_b	N/mm ²	250	300
Bruchdehnung ϵ_b	%	≈ 22	≈ 12 – 15
Spannung bei 1% Dehnung	N/cm	30 – 400	100 – 400
Betriebsdehnung ϵ	%	1,3 – 3,0	1,0 – 1,5
Temperateinsatzbereich	°C	–50 – +100	–50 – +100
Dichte ρ	g/cm ³	1,1 – 1,4	1,1 – 1,4
Spezifische Nenn-Umfangskraft F	N/cm	40 – 800	100 – 400
Spezifische Nennleistung P_N	kW/cm	bis 45	bis 60
Maximale Riementgeschwindigkeit v	m/s	60 – 80	80 – 150
Maximal zulässige Biegefrequenz f	1/s	80 – 100	100 – 250
Dehnschlupf bei Nenn-Umfangskraft s	%	≈ 0,8 – 1,0	≈ 0,4 – 0,6
Dämpfungseigenschaft – logarithmisches Dekrement δ	–	≈ 0,28	≈ 0,25
Wirkungsgrad η	–	0,98 – 0,99	0,985 – 0,99
Gesamtdicke a	mm	1,0 – 8,0	0,8 – 4,0
Riemenbreite b_0	mm	max. 100	max. 450
Riemenlänge l	mm	Ohne Begrenzung	max. 1.200

Quelle: B. Schlecht

Bauarten von Keilriemen



Werkstoffe

- Zugschicht
 - Polyesterfasern
- Kern
 - Kautschuk (Polyurethan)
- Hülle
 - Textilgewebe

Normalkeilriemen $b_0 / h \approx 1.6$

Schmalkeilriemen $b_0 / h \approx 1.2$, weniger Platz, höherer Wirkungsgrad

Flankenoffene Schmalkeilriemen, geschliffen Flanken, höhere Genauigkeit

Breitkeilriemen, Verstellgetriebe

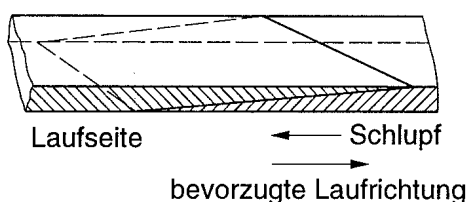
60°-Keilriemen, Polyurethan, hoher Reibwert, grosser Winkel zur Vermeidung von Selbsthemmung

Verbundkeilriemen, gleichmässige Lastverteilung, weniger anfällig gegen Schwingungen

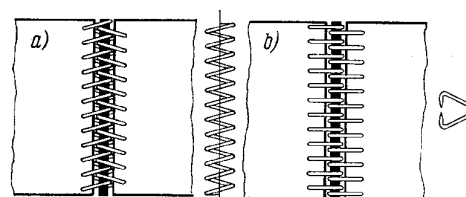
Keilrippenriemen, hohe Umfangsgeschwindigkeiten, leise und vibrationsfrei

Verbindungen von Flach- und Keilriemen

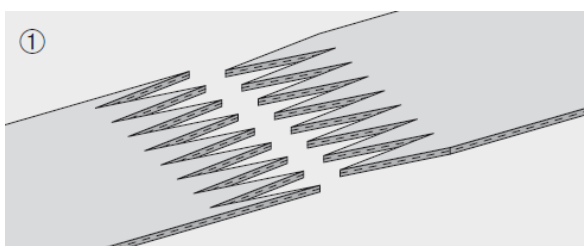
Riemen werden in passender Länge endlos hergestellt, oder an den Enden bearbeit und verschweisst oder verklebt.



Schäftung an der Verbindungsstelle von Flachriemen



Mechanische Binder für Flachriemen

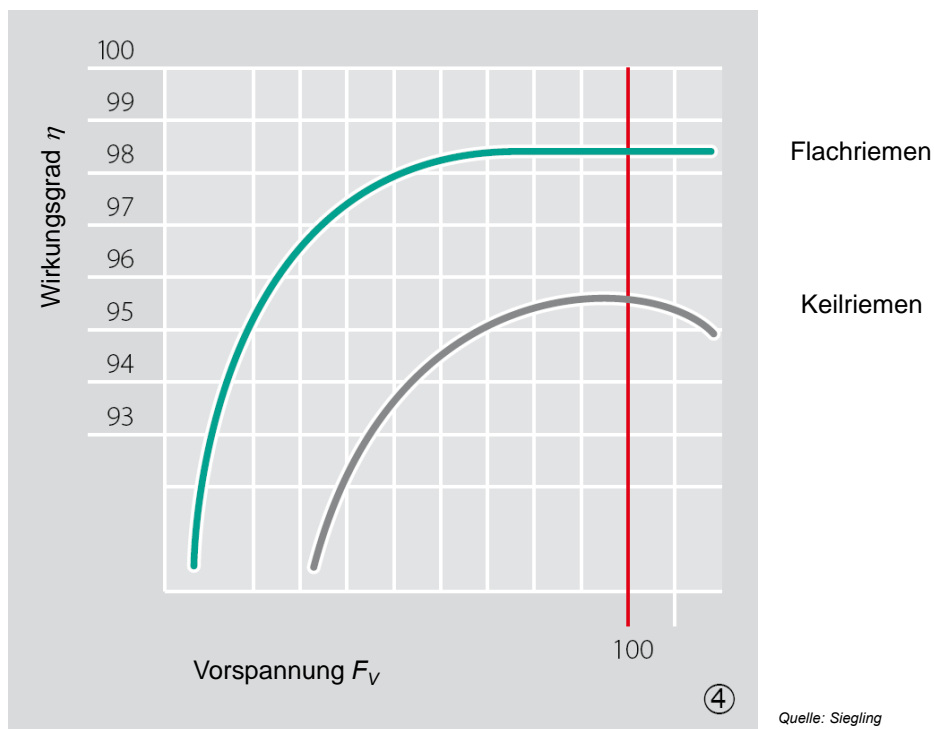


Z-Verbindung für Flachriemen

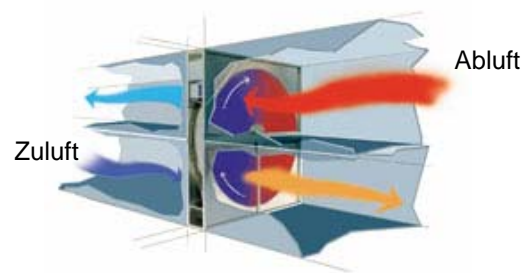
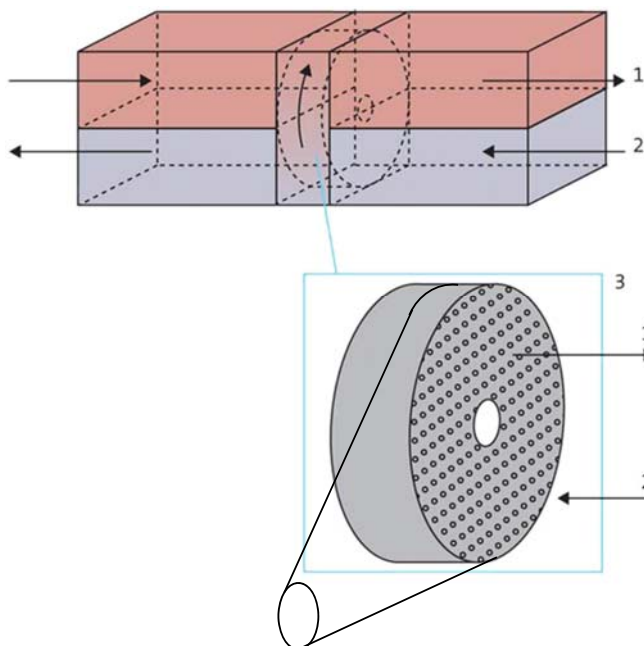


Lösbare Verbindung für einen Keilriemen

Vergleich Wirkungsgrad Flachriemen-Keilriemen



Beispiel: Antrieb mit Keilriemen für Rotationswärmetauscher

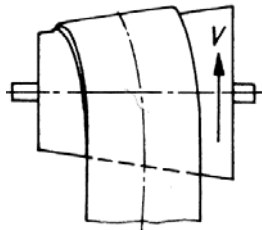


Lösbare Verbindung des Keilriemens

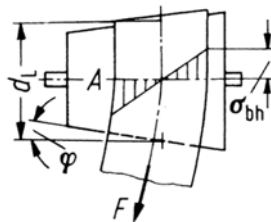
Antrieb am Zylinderumfang der
Wärmetauschertrommel mit Keilriemen

Zentrieren von Flachriemen

Durch die Wölbung der Riemenscheiben wird ein Zentrieren der Riemen erreicht.

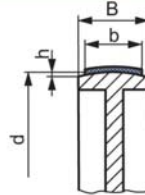


Zentrierwirkung durch unterschiedliche Geschwindigkeiten.



Zentrierwirkung durch Biegemoment aufgrund eines Schrägzuges.

Wölbung und Abmasse von Riemenscheiben



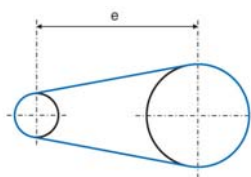
Wölbung der großen Scheibe:
 $h_2 \approx 0,005 \cdot b \dots 0,001 \cdot b$

Wölbung der kleinen Scheibe:
 $h_1 \approx h_2 \cdot \frac{d_1}{d_2}$

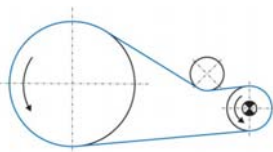
Zuordnung Riemenbreite b zu kleinster Scheibenkranzbreite B				Scheibendurchmesser d_1	Riemenbreite b
b	B	b	B		
20	25	140	160	40	25 ... 50
25	32	160	180	50	25 ... 100
32	40	180	200	63	32 ... 100
40	50	200	224	71	40 ... 100
50	63	224	250	80	40 ... 140
71	80	250	280	90 ... 100	50 ... 200
90	100	280	315	112 ... 180	63 ... 200
112	125	315	355	200 ... 400	63 ... 315
125	140	355	400	450 ... 630	63 ... 400
Kranzdicke s :				710 ... 1.000	100 ... 400
$s \approx \frac{d}{300} + 2 \text{ mm} \geq 3 \text{ mm}$				1.120 ... 1.400	125 ... 400
				1.600 ... 2.000	200 ... 400

Quelle: B. Schlecht

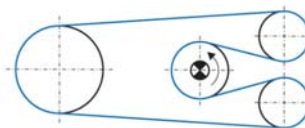
Möglichkeiten zur Vorspannung des Zugmittels



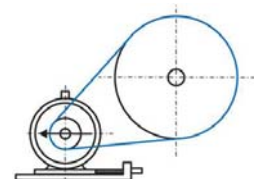
Spannbetrieb



Spannrolle

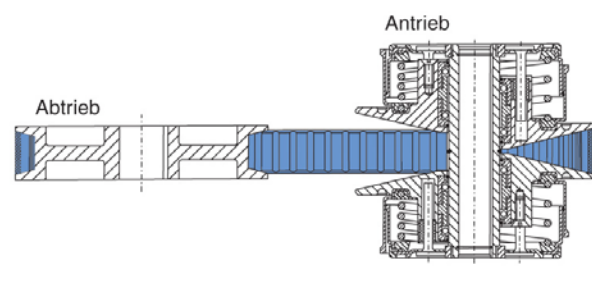
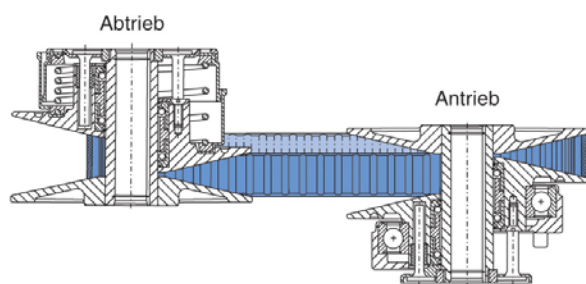


Umlenkrolle



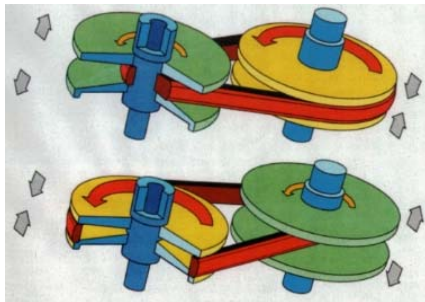
Motor mit Spannschiene

Ausführungsformen verstellbarer Riemenscheiben (Spreizschieben)



Bilder B. Schlecht

Beispiel Riemenantrieb: Variomatik Antriebe für Roller

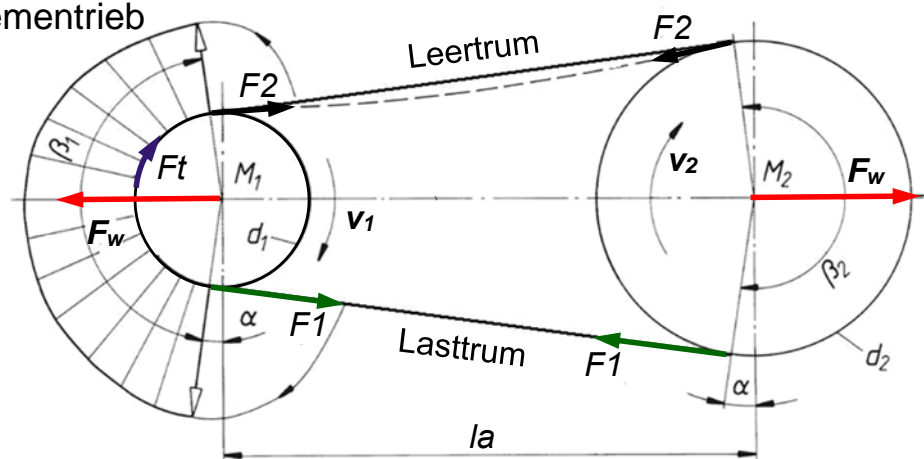


© HSLU PR+SY_H16: Zahnriemengetriebe

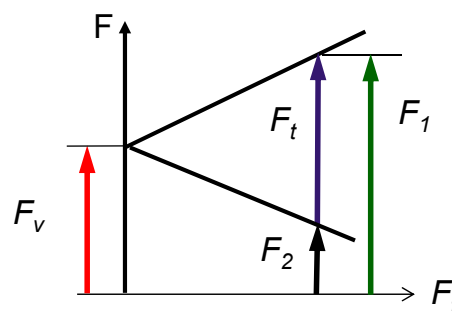
14

Auslegung der Riementriebe

- Kräfte am Riementrieb



$$F_t = F_1 - F_2 \quad (16.2)$$



© HSLU PR+SY_H16: Flachriemengetriebe

17

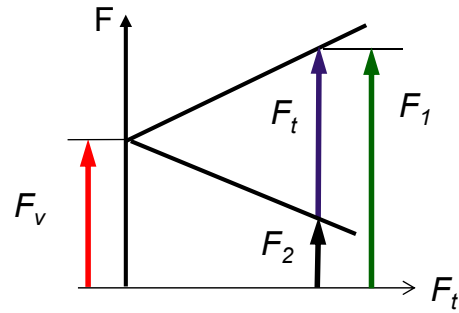
Auslegung der Riementriebe

• Kräfte am Riementrieb

Euler-Eytelwein-Seilreibungsformel

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\beta_1} = m \quad (16.3)$$

m : Trunkraftverhältnis



Übertragbare Umfangskraft (Nutzkraft)

$$F_t = F_1 - \frac{F_1}{m} = F_1 * \frac{m-1}{m} = F_1 * \kappa \quad (16.4)$$

κ : Ausbeute

Belastung des Riemens durch die Fliehkraft F_z

$$F_z = A_s * \rho * v^2 \quad (16.5)$$

Anwendung Euler-Eytelwein-Seilreibungsformel

Halbmastwurf Sicherungsknoten



Quelle: de.academic.ru/

Schiffspoller



Quelle: www.bildarchiv-hamburg.de/

Auslegung der Riementriebe

• Wellenbelastung

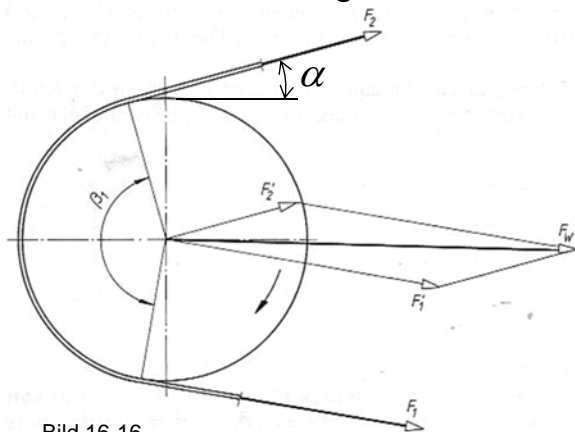


Bild 16-16

Wellenbelastung (auch grafisch zu ermitteln)

$$F_w = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2 * F_1 * F_2 * \cos \beta_1}$$

$$F_w = F_t \cdot \frac{\sqrt{m^2 + 1 - 2 \cdot m \cdot \cos \beta_1}}{m - 1} = k \cdot F_t \quad (16.6)$$

Wellenbelastung im Stillstand

$$F_{w0} = F_w + F_z \quad (16.7)$$

ist grösser, da die Fliehkräfte nicht wirken

$$F_{w0} = 2 * F_v * \cos \alpha$$

Auslegung der Riementriebe

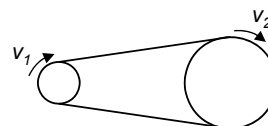
• Dehn- und Gleitschlupf, Übersetzung

• Dehnschlupf

- Dehnungsausgleich aufgrund der unterschiedlichen Trumkräfte F_1 und F_2
- Kann nicht vermieden werden
- Macht genaue Übersetzung unmöglich

Schlupf

$$\Psi = \frac{(v_1 - v_2) * 100\%}{v_2} \quad (16.8)$$



• Gleitschlupf

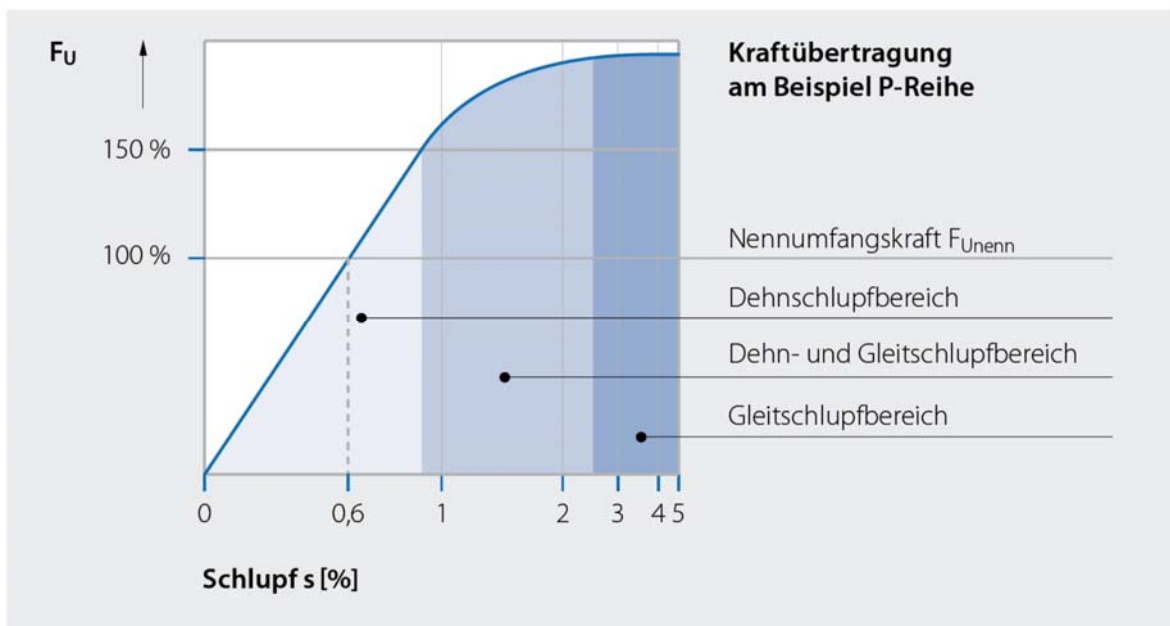
- $F_t > F_R$
- Darf nicht längere Zeit auftreten wegen Verschleiss

• Übersetzung

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2 + t}{d_1 + t} * \frac{100\%}{100\% - \Psi} \quad (16.9)$$

$$i \approx \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (16.10)$$

Dehn- und Gleitschlupf

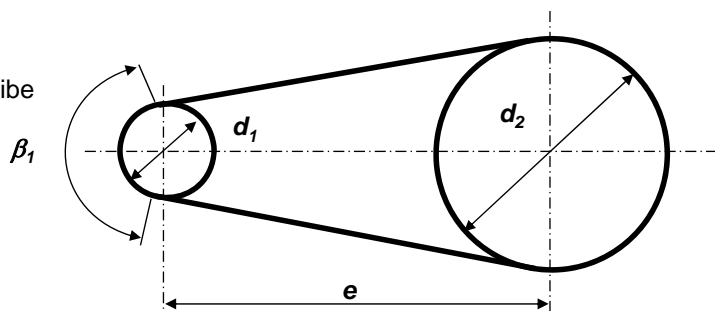


Quelle: Siegling

Geometrische und kinematische Beziehungen

Umschlingungswinkel an der kleinen Scheibe

$$\beta_1 = 2 * \arccos\left(\frac{d_2 - d_1}{2 * e}\right) \quad (16.24)$$



Wellenabstand

$$e \approx \frac{L}{4} - \frac{\pi}{8} * (d_2 + d_1) + \sqrt{\left[\frac{L}{4} - \frac{\pi}{8} * (d_2 + d_1)\right]^2 - \frac{(d_2 - d_1)^2}{8}} \quad (16.22)$$

Grenzwerte nach 16.21 beachten

Riemenlänge

$$L = 2 * e + \frac{\pi}{2} * (d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 * e} \quad (16.23)$$

Spannweg x

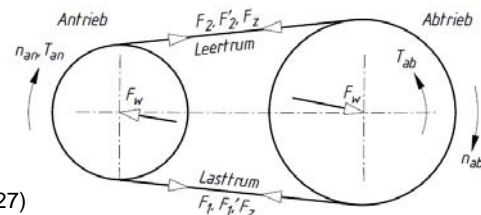
$$\text{Flachriemen und Keilriemen: } x \geq 0.03 * L \quad (16.25)$$

Unbedingt Herstellerangaben beachten

Leistungsberechnung

- Umfangskraft F_t

$$F_t = \frac{K_A * P_{nenn}}{v} = \frac{K_A * T_{nenn}}{d_d/2} \quad (16.27)$$



$$F_t = F_1 - F_2 \quad (16.2)$$

- Riemenbreiten, Riemenzahl

- Flachriemen

$$b' = \frac{F_t}{F'_t} \quad (16.28)$$

b' theoretische Riemenbreite, b und B nach TB 16-9
 F'_t spezifische Umfangskraft TB 16-8

- Keilriemen, Keilrippenriemen

$$z \geq \frac{K_A * P_{nenn}}{(P_N + \ddot{U}_Z) * c_1 * c_2} \quad (16.29)$$

P_N von einer Rippe übertragbare Nennleistung TB 16-15
 \ddot{U}_Z Übersetzungszuschlag für $i > 1$, TB 16-16
 c_1 Winkelfaktor nach TB 16-17
 c_2 Längenfaktor nach TB 16-17

Riemenvorspannung

- Flachriemen

$$F_v \approx (1 \dots 2) * F_t \quad F_{w0} \approx (2 \dots 4) * F_t$$

- Keilriemen

$$F_v \approx (1 \dots 1.25) * F_t \quad F_{w0} \approx (2 \dots 2.5) * F_t$$

- Kontrolle der Vorspannkraft F_v

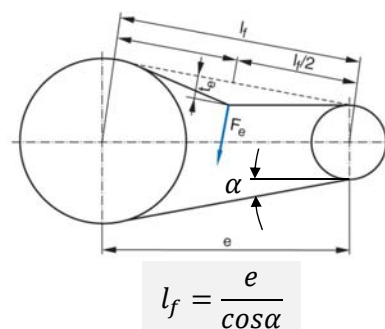
$$t_e = \frac{l_f}{50}$$

- Flachriemen

$$F_e = \frac{F_t}{25} \dots \frac{F_t}{12.5}$$

- Keilriemen

$$F_e = \frac{F_t}{25} \dots \frac{F_t}{20}$$



Praktische Riemenauslegung am Beispiel des Flachriemens

1. Festlegen der Berechnungsleistung

$$P_B = K_A * P_n = K_A * T_n * \omega \quad (16.27)$$

2. Festlegen der Scheibendurchmesser

Kleiner Scheibendurchmesser d_1
gemäss Faktor P/n gemäss TB 16-7

3. Ermittlung des vorläufigen Wellenabstandes

$$\text{Flachriemen: } 0.7 * (d_2 + d_1) \leq e' \leq 2 * (d_2 + d_1) \quad (16.21)$$

4. Ermittlung und Festlegung der Riemenlänge

5. Festlegen des endgültigen Wellenabstandes

6. Berechnen der Umfangskraft

$$F_t = \frac{P_B}{v} = \frac{T_B}{r}$$

7. Ermittlung des Riementyps (TB 16-8)

8. Berechnen der Riemenbreite

$$b' = \frac{F_t}{F'_t}$$

9. Festlegen der Riemenbreite b

10. Festlegen der Scheibenbreite B

11. Festlegen der Vorspannkraft und Ermittlung der Wellenbelastung

$$F_{w0} \approx \varepsilon_{\text{ges}} * k_1 * b \quad (16.34)$$

$$F_{w0} \approx (2.0 \dots 4.0) * F_t \quad (16.35)$$

Überschlagsberechnung

12. Berechnung des Spannwegs x

$$x \geq 0.03 * L$$

13. Kontrolle der Biegefrequenz

$$f_B = \frac{v * z}{L} \leq f_{Bzul} \quad (16.37)$$