Leitfaden für die Auswahl energieeffizienter Riemen

FfE Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH

HABERKORN
EINFACH BESSER

Optimierung von Riemenantrieben

Optimierung von Riemenantrieben

Leitfaden für die Auswahl energieeffizienter Riemen.

Auftraggeber:	Haberkorn GmbH
FfE-Auftragsnummer:	Hbk-01
Bearbeiter/in:	Franziska Biedermann
	Anna Gruber
Fertigstellung:	Juli 2014

Impressum:
Leitfaden der Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH (FfE)

zum Projekt:
Optimierung von Riemenantrieben
Leitfaden für die Auswahl
energieeffizienter Riemen

Kontakt:
Am Blütenanger 71
80995 München
Tel.: +49 (0) 89 158121-0
Fax: +49 (0) 89 158121-10
E-Mail: info@ffe.de
Internet: www.ffegmbh.de

Geschäftsführer:
Dr.-Ing. Serafin von Roon

Auftraggeber:
Haberkorn GmbH
Hohe Brücke
6961 Wolfurt

ISBN: 978-3-945029-96-1
ISBN-A: 10.978.3945029/961

Inhalt

1 Einleitung 6
2 Hintergrundwissen 7

2.1 Flachriemen 9
2.2 Keilriemen 9
2.2.1 Klassischer Keilriemen 10
2.2.2 Schmalkeilriemen 10
2.2.3 Breitkeilriemen 11
2.2.4 Doppelkeilriemen 11
2.2.5 Kraftbänder 11
2.3 Keilrippenriemen 12
2.4 Zahnriemen (Synchronriemen) 12
2.5 Zusammenfassung 13

3 Energieeffizienz beim Riemenantrieb 14
4 Energie sparen durch die richtige Wahl der Riemen 17
5 Riemenantriebe in der Praxis 22

5.1 Auslegung von Riemenantrieben 22
5.2 Montage von Riemenantrieben 23
5.3 Wartung von Riemenantrieben 25

6 Anhang 26

6.1 Infoblätter und Checklisten 26
6.1.1 Auswahl von Riemen (Infoblatt) 26
6.1.2 Auslegung von Riemenantrieben 27
6.1.3 Montage von Riemenantrieben 28
6.1.4 Wartung von Riemenantrieben 29

7 Literaturverzeichnis 30

1 Einleitung

Der effiziente und nachhaltige Umgang mit Energie und Ressourcen entwickelt sich in Zeiten steigender Ressourcenknappheit immer mehr zum strategischen Faktor. Nicht nur die Verantwortung gegenüber nachfolgenden Generationen, sondern auch der steigende Wettbewerbsvorteil rücken den nachhaltigen Handel in den Fokus zahlreicher Unternehmen.

Das Thema Nachhaltigkeit ist im Familienunternehmen Haberkorn seit langem ein fester Bestandteil des Managementkonzeptes und somit in allen Unternehmensbereichen integriert. Neben der aktiven Einbeziehung und der kontinuierlichen Motivation der Mitarbeiter stehen vor allem die bewusste Gestaltung von Sortiment und Service sowie die Nutzung ressourcenschonender Prozesse im Vordergrund.

Der verantwortungsvolle Umgang mit vorhandenen Ressourcen sowie der effiziente Einsatz von Energie müssen in allen Teilbereich eines Unternehmens erfolgen. Im Rahmen dieses Leitfadens und als Händler von Riemen möchte Haberkorn seine Kunden für energieeffizientere Produkte sensibilisieren und auf fachgerechten Einsatz, Montage und Wartung dieser Maschinenelemente aufmerksam machen.
Der Leitfaden entstand in Zusammenarbeit mit den beiden weltweit führenden Riemenherstellern Gates und Optibelt.

Zunächst wird eine kurze Übersicht über die unterschiedlichen auf dem Markt befindlichen Riementypen gegeben sowie erläutert, für welche Einsatzfelder diese Riemen eingesetzt werden können. In den folgenden Kapiteln liegt der Fokus des Leitfadens auf dem Einsatz von Keilriemen, da dieser neben dem Zahnriemen der in der Industrie am häufigsten eingesetzte Riementyp ist /HAB 01 14/. Dabei wird insbesondere auf die Energieeffizienz des Keilriemens sowie auf richtigen Einsatz und Wartung eingegangen.

2 Hintergrundwissen

Riemengetriebe gehören zu der Gattung der Hülltriebe und sind nach ihrem Lastübertragungsmittel, den Riemen, benannt. Seit dem 18. Jahrhundert werden Riemengetriebe eingesetzt, damals bildeten sie als Verbindungsglied zwischen Dampfmaschine und Arbeitsmaschine die entscheidende Schlüsselstelle für die fortschreitende Industrialisierung.

Auch heutzutage sind Riemen neben Ketten und Zahnrad immer noch das entscheidende Verbindungsglied zwischen Antrieb und Arbeitsmaschine. Gegenüber Zahnrad- und Kettengetrieben haben Riemen den Vorteil, dass sie die Kraft geräuscharm und elastisch übertragen, so können etwaige Stöße besser abgepuffert werden. Keilriemen sind meist preisgünstiger habe aber im Gegensatz zu Zahnrad- und Kettengetriebe einen Schlupf. Allerdings steigt bei Keilriemen der Platzbedarf und in der Regel ist von einer höheren Wellenbelastung auszugehen. Aufgrund der Vielfalt der Riemen reichen die Anwendungen von kleinen präzise arbeitenden Werkzeugmaschinen bis hin zu großen Brechern in Mahlwerken.

Grundlegend können Riemenantriebe in unterschiedliche Riemenarten unterteilt werden **(vgl. Abbildung 2-1)**, welche die Umfangskraft als Zugkraft von der Antriebs- auf die Abtriebswelle übertragen. Es wird zwischen reibschlüssigen Riemen wie z. B. Flach-, Keil- und Keilrippenriemen und formschlüssigen Riemen wie z. B. Zahnriemen[1] unterschieden. Neben der reinen Leistungsübertragung werden vorwiegend Flachriemen auch als Transportbänder eingesetzt.

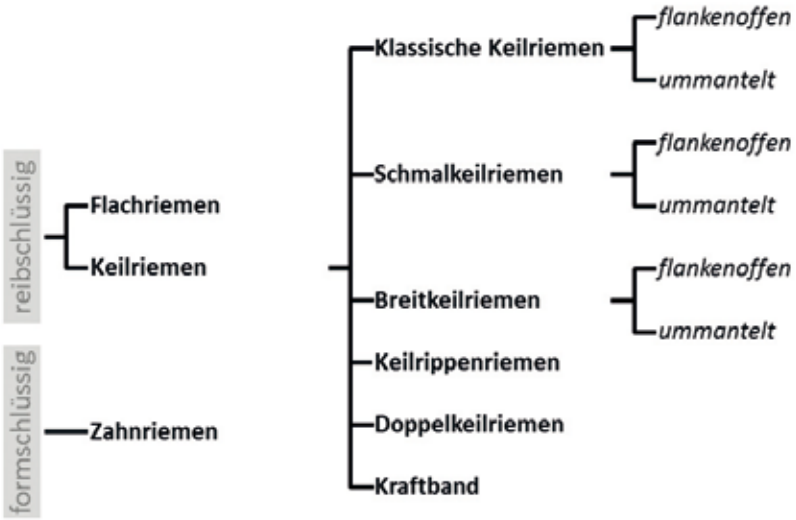


Abbildung 2-1: Übersicht der unterschiedlichen Riementypen

[1] *Nach DIN 180 5296 werden die umgangssprachlich als Zahnriemen bekannten Zugmittel Synchronriemen bezeichnet.*

Die richtige Wahl des Riemens ist vor allem abhängig von einer sicheren Leistungsübertragung. Um diese zu gewährleisten, muss der Riemen den erforderlichen Drehzahlen, auftretenden Drehmomenten, dem vorhandenen Raum sowie etwaigen extremen Temperaturen oder anderem genügen. Des Weiteren sollte berücksichtigt werden, dass die Gesamtkosten, bestehend aus Investition und jährlichen Betriebskosten, möglichst gering sind. Da die Betriebskosten oft einen Großteil der Gesamtkosten ausmachen, sollte Wert darauf gelegt werden, diese zu minimieren.

Unterschiedliche Riementypen können ihre maximale Leistung bei verschiedenen Geschwindigkeiten übertragen. Grundsätzlich sind jedoch alle Riemen nahezu universell einsetzbar. **Abbildung 2-2** zeigt die Leistungsübertragung der Riementypen in Abhängigkeit der Umfangsgeschwindigkeit. Dabei liegt die maximal zulässige Umfangsgeschwindigkeit der Schmalkeilriemen über den Ketten, aber unterhalb von Zahnriemen und Hochleistungsflachkeilriemen, die speziell für hohe Geschwindigkeiten ausgelegt sind.

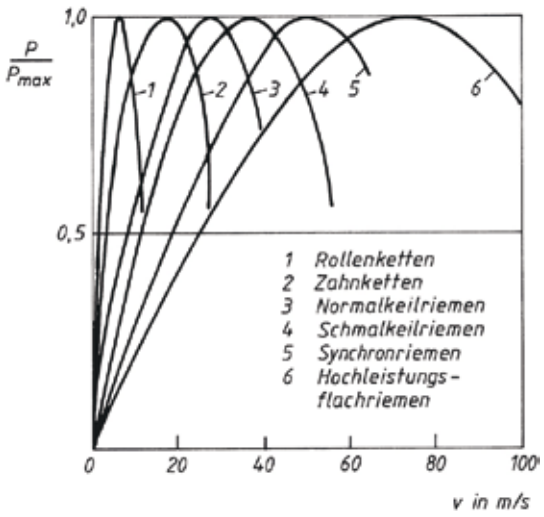
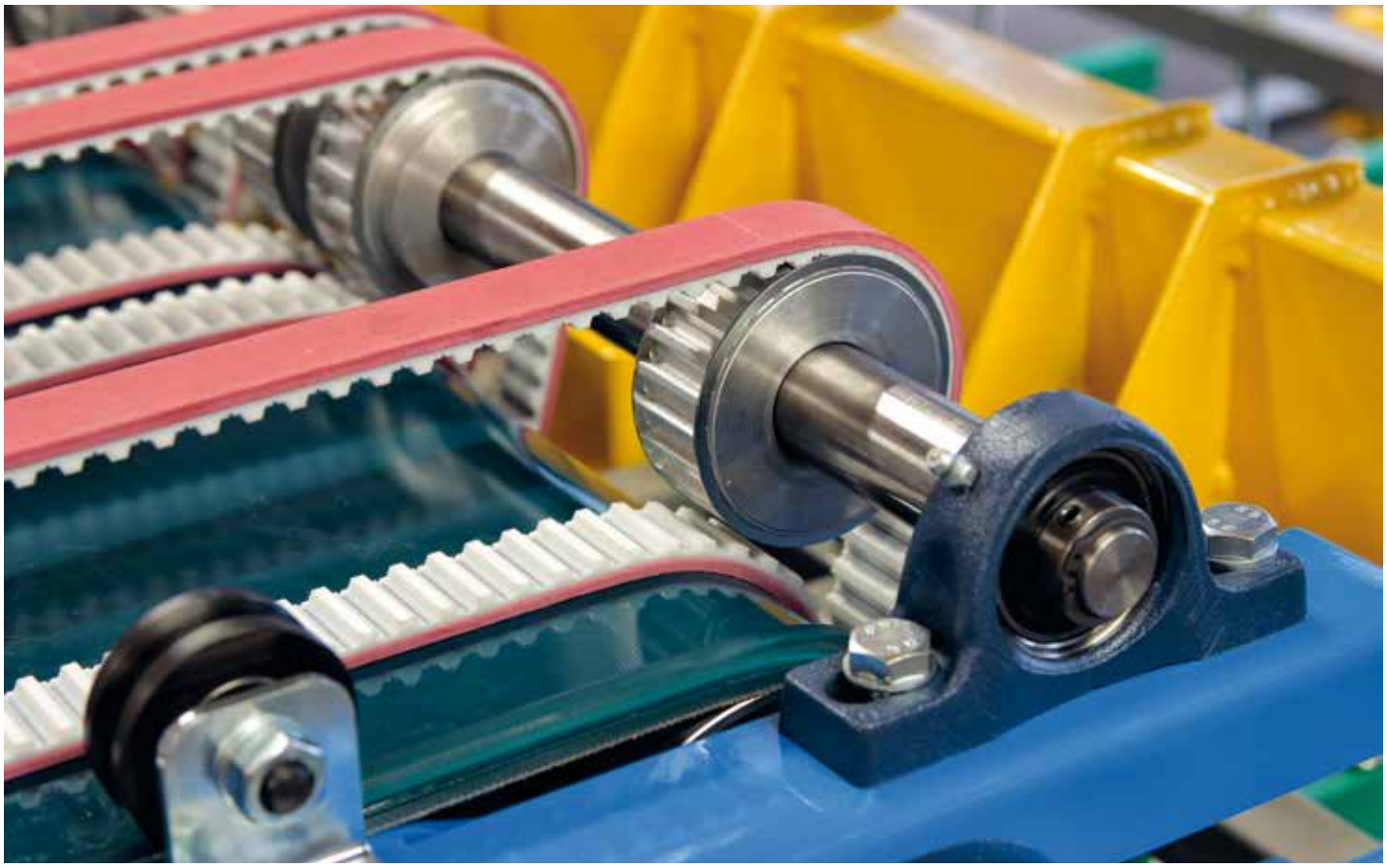


Abbildung 2-2: Einsatzbereiche der Riemenarten in Abhängigkeit der Umfangs-geschwindigkeit /ROL 01 13/



2.1. Flachriemen

Flachriemengetriebe sind reibschlüssige Hülltriebe, welche zur Kraft- oder Bewegungsübertragung zwischen einer oder mehreren Wellen eingesetzt werden.

Flachriemen sind aus drei Elementen aufgebaut: Deckschicht (D), Zugschicht (Z) und Reibschicht (L). Die Deck- und Reibschichten bestehen aus einem hochabriebfesten Elastomer. Die Zugelemente sind entweder aus Chromleder oder Polyamidgewebe aufgebaut. /SCH 02 07/

Flachriemen können aufgrund ihrer erhöhten Elastizität Stöße gut absorbieren und laufen sehr geräuscharm. Bedingt durch die höhere Vorspannung als bei Keilriemen wirken höhere Belastungen auf die Wellen und Lager. Der bei Überlast auftretende Gleitschlupf schützt die Maschine vor Schäden.

Für folgende Einsatzgebiete eignen sich die Flachriemen im Besonderen: Antriebe mit Kupplungsrolle und Stufenscheibe – vornehmlich Landmaschinen; Werkzeugmaschinen, Textilmaschinen, Misch- und Mahlwerke, Papiermaschinen, Sägegatter, Drahtziehmaschinen, Pressen, Stanzen, Kompressoren oder als Transportbänder.

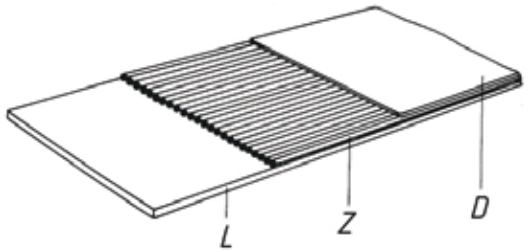


Abbildung 2-3: Flachriemen mit Cordfäden /ROL-01 13/

2.2. Keilriemen

Keilriemenantriebe sind wie Flachriemen reibschlüssige Hülltriebe. Durch ihren kleineren Umschlingungswinkel an den Scheiben sind größere Übersetzungen möglich. Des Weiteren können eine Vielzahl von Keilriemen (Mehrrilliger Antrieb) nebeneinander auf einer Welle betrieben werden. Mit der Einführung des Keilriemens wurde der Flachriemen mehr und mehr aus dem Markt verdrängt. Allerdings ist die Walkarbeit und somit die Erwärmung des Keilriemens größer, wodurch der Wirkungsgrad gegenüber dem Flachriemen etwas abnimmt.

Der grundsätzliche Aufbau aller Keilriemen ist identisch. Sie unterscheiden sich hauptsächlich durch ihr Breiten-Höhen-Verhältnis und ob es sich um ummantelte oder flankenoffene Keilriemen handelt.

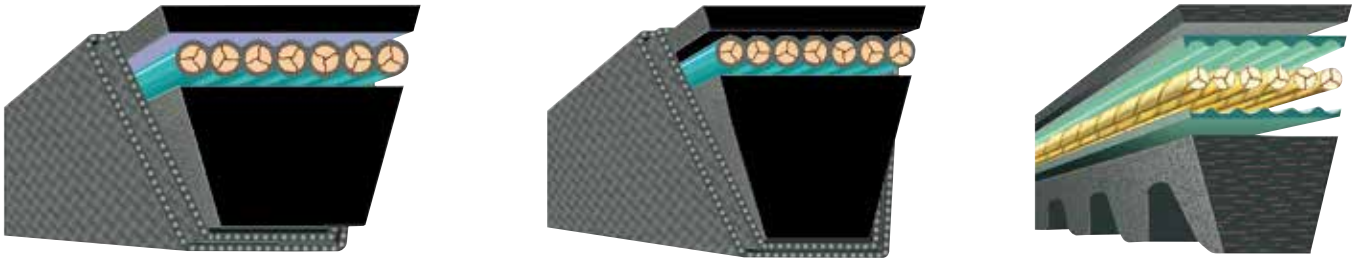


Abbildung 2 4: Klassischer Keilriemen (links) im Vergleich zum ummantelten (Mitte) und flankenoffenen (rechts) Schmalkeilriemen /HAB 01 10/

2.2.1 Klassischer Keilriemen

Klassische Keilriemen haben ein Breiten-Höhen-Verhältnis von 1,6 und besitzen ein Zugelement aus hochfesten Textil- oder Polyester-Cordfäden. Die Cordfäden sind in Kautschuk oder elastomerem Kunststoff eingebettet, welcher die Kraft von den Keilriemen-Flanken auf die Fäden überträgt. Es sind insgesamt sieben Profile mit den ISO-Kurzzeichen Y, Z, A, B, C, D und E nach DIN 2215/ ISO 4148 genormt. Die Profile unterschieden sich durch ihre Wirkbreite von geringer (Y) bis großer Breite (Profil E nach ISO 4148). Des Weiteren gibt es alle Profile außer die Profile D und E als auch flankenoffene Varianten, welche durch ein zusätzliches X gekennzeichnet sind, z. B. ZX.

Die Unterschiede zwischen flankenoffenen und ummantelten Riemen werden in **Abbildung 2-5** für Schmalkeilriemen erläutert, gelten aber ebenso für klassische Keilriemen.

Einsatzgebiete klassischer Keilriemen sind: Pumpen, Pressen, Brecher, Verdichter, Rasenmäher, Vertikutierer.

Abbildung 2-5: Ummantelter (links) und flankenoffener (rechts) Schmalkeilriemen /HAB 01 10/

2.2.2 Schmalkeilriemen

In **Abbildung 2-5** ist der Vergleich eines ummantelten zu einem flankenoffenen Schmalkeilriemen dargestellt. Der größte Unterschied liegt in der zusätzlichen abriebfesten Gummimischung, welche den Riemen vor äußeren Einflüssen schützt. Auf diese Ummantelung verzichtet der flankenoffene Riemen zu Gunsten eines ruhigeren Laufes. Des Weiteren besteht dieser aus einer Elastomer-Fasermischung, deren Fasern quer zur Laufrichtung verlaufen, was die Quersteifigkeit verbessert, ohne die Biegewilligkeit zu beeinflussen. Die gezahnte Formgebung des flankenoffenen Keilriemens erhöht die Biegewilligkeit des Riemens. Beide Keilriemenvarianten übertragen ihre Kraft jedoch mittels Reibschluss.

Grundsätzlich können beide Schmalkeilriemen-Varianten für die gleichen Einsatzzwecke benutzt werden. Lediglich spezielle Rahmenbedingungen, wie starker Schmutz oder Chemikalien und Antriebsgegebenheiten könnten eher für einen ummantelten Keilriemen sprechen.

Einsatzgebiete: Ventilatoren, Pumpen, Mischer, Dreh- und Bohrmaschinen, Schleifmaschinen, Mischer, Schraubenkompressoren, Webmaschinen, Radialkreiselpumpen, Rotationsdruckmaschinen, etc.

2.2.3 Breitkeilriemen

Breitkeilriemen **(vgl. Abbildung 2-6)** können besonders hohe Leistungen übertragen. Sie werden als flankenoffene und ummantelte Riemen hergestellt. Wie auch die Schmalkeilriemen bestehen sie aus einem Riemenober- und unterbau, auf ihrer Wirkbreite liegt der Cordfäden-Zugstrang und bei der ummantelten Variante wird alles von einer Gummimischung umgeben.

Zusätzlich können Breitkeilriemen auch zweifach gezahnt hergestellt werden, dann besitzen sie an der Ober wie auch an der Unterseite Formzanken, welche die Biegewilligkeit erhöhen.

Einsatzgebiete: Sonderantriebe, Vibrationsantriebe, Schneeschlittenantriebe

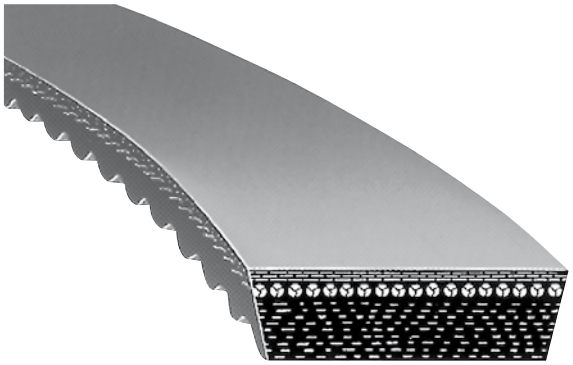


Abbildung 2-6: Breitkeilriemen /HAB 01 10/

2.2.4 Doppelkeilriemen

Der Doppelkeilriemen besteht im eigentlichen Sinn aus zwei an der Oberseite verbundenen Keilriemen, welche zusammen ein Sechseck bilden **(vgl. Abbildung 2-7)**. In der Mitte befindet sich die neutrale Faser mit dem Seilcord-Zugstrang. Dieser wird oben und unten von einem Gummikern umgeben und von einem Umhüllungsgewebe ummantelt. Diese Art von Antrieben wird dann eingesetzt, wenn eine Drehzahlumkehrung im System notwendig ist.

Einsatzgebiete: Sonderantriebe mit Drehrichtungsänderung (Webstühle oder Erntemaschinen)

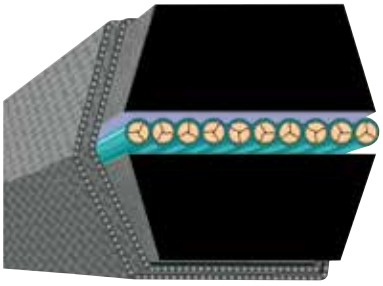


Abbildung 2-7: Doppelkeilriemen /HAB 01 10/

2.2.5 Kraftbänder

Kraftbänder **(vgl. Abbildung 2-8)** sind Einzelriemen, die durch eine gemeinsame Deckplatte miteinander verbunden sind.

Die Verbindung erfolgt mittels einer speziellen Vulkanisationstechnik. Durch das Deckband ist ein Verdrehen der einzelnen Keilriemen, vor allem bei großem Achsabstand, nicht möglich. Zusätzlich können sie auch für Transportaufgaben eingesetzt werden. Die Bänder können mit zwei, drei, vier oder mehr Rippen hergestellt werden.

Einsatzgebiete: Lüfter, Schredder, Extruder, Steinbrecher, Verdichter, Hobelmaschinen

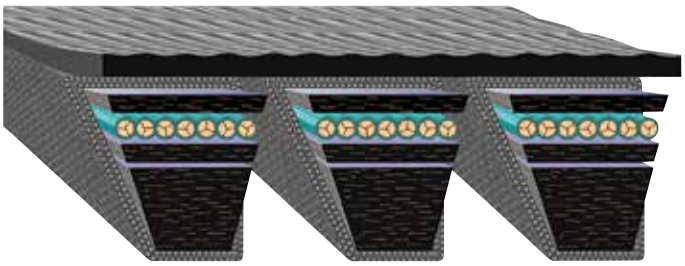


Abbildung 2-8: Verbundkeilriemen /HAB 01 10/

2.3 Keilrippenriemen

Der Keilrippenriemen **(vgl. Abbildung 2-9)** vereint in sich die Vorteile des Flachriemens mit denen des Keilriemens.

Das Rippenband ist vom Aufbau einem Kraftband sehr ähnlich, jedoch erstreckt sich der Polyester-Zugstrang über die gesamte Breite des Rippenbandes und ist nicht, wie beim Kraftband, nur in den Einzelriemen vorhanden. Der Oberbau, der Zugstrang und der Unterbau sind durch Vulkanisation miteinander verbunden.

Einsatzgebiete: Offset-Maschinen, Waschmaschinen, Fräsmaschinen, Bohnermaschinen

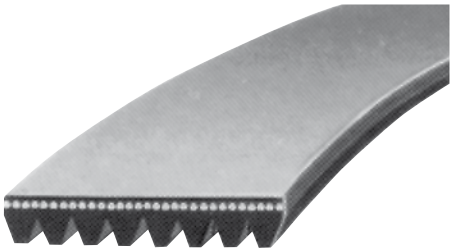


Abbildung 2-9:
Keilrippenriemen /HAB 01 10/

2.4 Zahnriemen (Synchronriemen)

Zahnriemen sind im Gegensatz zu Keilriemen formschlüssige Hülltriebe. Durch diesen Formschluss laufen ohne Schlupf, weshalb sie sehr gut für präzise Anwendungen geeignet sind und im Vergleich zu Keilriemen nahezu wartungsarm sind.

Wie in **(vgl. Abbildung 2-10)** ersichtlich, bestehen Zahnriemen aus einem Rücken, einem Zugstrang und den namensgebenden Zähnen, welche von einem Schutzgewebe umgeben sind.
Es gibt unterschiedliche Arten von Zahnriemen, welche sich anhand des Zahnprofils unterscheiden.

Die Zugstrangeinlage besteht aus schraubenförmig gewickelter Glasfaser, Carbon oder Stahl. Die hohe spezifische Zugfestigkeit des Zugstrangs führt dazu, dass der Riemen nur einen kleinen Querschnitt benötigt. Dementsprechend ist auch die Höhe der Zahnriemen im Vergleich zu anderen Riemenformen gering. Der Rücken besteht aus einer hochwertigen Kautschukmischung, welche den Zugstrang vor äußeren Einwirkungen schützt. Die Zähne werden aus mäßig harten, scherfesten widerstandsfähigen Gummimischungen hergestellt und mit dem Riemenrücken zu einer Einheit vulkanisiert.
Eine Weiterentwicklung ist die Fertigung der Zahnriemen aus Polyurethan und einem Stahlcordzug, was die Zahnriemen besonders widerstandfähig gegen Schmiermittel, Feuchtigkeit und Chemikalien, sowie sehr altersbeständig gegenüber Ozon und UV Licht macht.

Einsatzgebiete: Steuer- und Regelantriebe sowie sonstige Kleinantriebe (Büromaschinen, chemische Industrie, Nockenwelle), Leistungsantriebe (Dreh-, Fräs- und Bohrmaschinen, Kompressoren, Kolbenpumpen, Druckereimaschinen) Hochgeschwindigkeitsmaschinen (Ventilatoren, Holzbearbeitungsmaschinen)

Abbildung 2-10: Einfach verzahnte (links) und doppelt verzahnte (rechts) Polyurethan Zahnriemen. /HAB 01 10/

2.5. Zusammenfassung

In Tabelle 2-1 sind die Eigenschaften der jeweiligen Riementypen nochmals zusammengefasst.

Tabelle 2-1: Übersicht der Eigenschaften der Riementypen /DEC 01 07, ROL 01 13, HAB 01 14, OPT 01 14, SCH 02 07/

Riementyp	Flachriemen	Keilriemen	Keilrippenriemen	Zahnriemen
Riemengeschwindigkeit	sehr hoch (bis v = 100 m/s)	gering (bis v = 20 m/s*, bis v = 30 m/s**)	mittel (bis v = 60m/s)	hoch (bis v = 80m/s)
Leistungsübertragung	mittel	hoch	hoch	hoch
Übersetzungsverhältnis	mittel (i<15)	hoch (i<20)	sehr hoch (i<40)	gering (i<10)
Drehzahlverlust	sehr hoch	hoch	hoch	keine
Geräuschentwichlung	gering	gering	gering	hoch
Wellen- und Lagerbelastung	hoch	mittel	mittel	gering
Wartungshäufigkeit	hoch	hoch	hoch	gering
Lebensdauer	hoch	hoch	hoch	gering
Kosten bei Neuanschaffung	gering	mittel	mittel	hoch
Funktionssicherheit	hoch	hoch	hoch	gering
Vorspannung	hoch	gering	gering	gering
Wellenabstand	hoch	gering	hoch	gering

* Normalkeilriemen ** Schmalkeilriemen v-Geschwindigkeit in m/s i-Übersetzungsverhältnis

3 Energieeffizienz beim Riemenantrieb

Der Wirkungsgrad eines Antriebsystems setzt sich aus den Wirkungsgraden seiner Teilsysteme, wie Motor, Lager und Riemenantrieb, zusammen. Der Gesamtwirkungsgrad ergibt sich aus dem Verhältnis von abgegebener zu aufgenommener Leistung **(vgl. Formel (1)**. Oftmals ergibt sich durch eine optimal ausgelegte Riemenlösung ein besserer Gesamtwirkungsgrad des Antriebssystems.

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \quad \textbf{(1)}$$

Pab = abgegebene Leistung
Pzu = zugeführte Leistung

Der Wirkungsgrad des Hülltriebes ist abhängig von dem gewählten Riementyp. Nach Literatur- und Herstellerangaben liegen die Wirkungsgrade in folgender Größenordnung:

- Flachriemen: 98 %[2]
- Keilriemen: 90 bis 96 %[2]
- Zahnriemen: 98 %[2]

Dabei können die Wirkungsgrade je nach spezifischer Ausführungsform noch variieren. Die Verringerung des Wirkungsgrades geht auf unterschiedliche Ursachen zurück. **Abbildung 3-1** zeigt im Vergleich die Verluste eines Keilriemens und eines Zahnriemens:

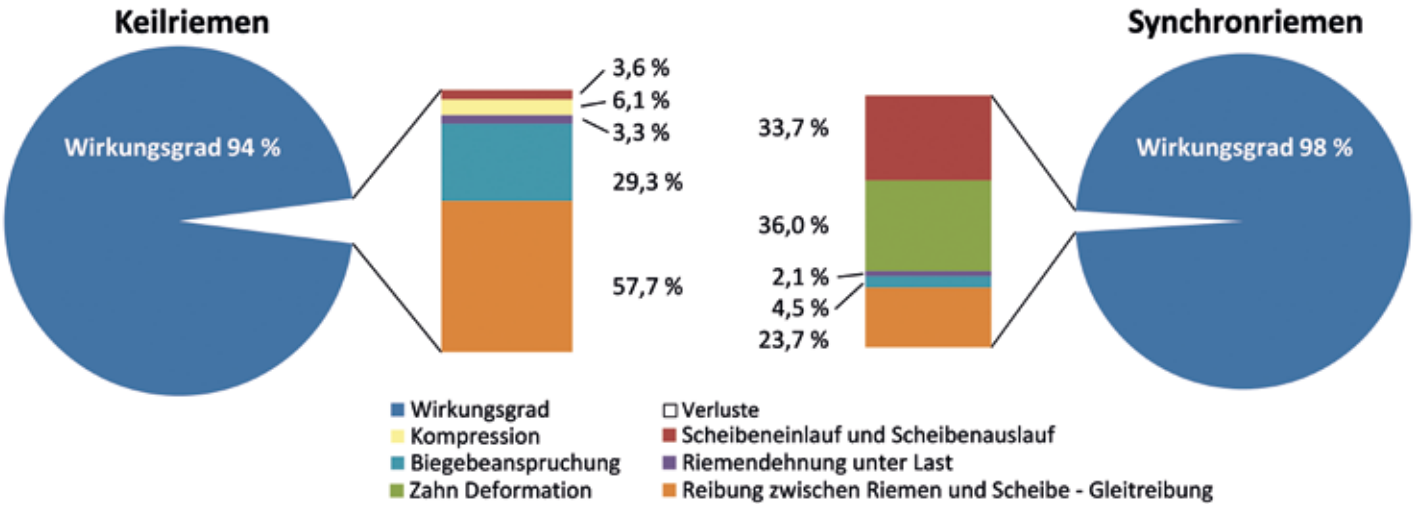


Abbildung 3-1: Wirkungsgradverluste bei Keil- und Zahnriemen (eigene Darstellung nach /GAT 01 13/)

Generell gilt, dass durch den Einsatz von Zahnriemen anstelle von Keilriemen eine Wirkungsgradverbesserung von durchschnittlich ca. 5 % erreicht werden kann. Aufgrund der formschlüssigen Leistungsübertragung treten Wirkungsgradverluste.

Durch Biegebeanspruchung und Reibung zwischen Riemen und Scheibe bei Zahnriemen kaum auf.
Dieses sind die größten Verluste bei Schmalkeilreimen. Lediglich die Deformation der Zähne und die Verluste bei Scheibenein- und auslauf sind größer. Der größte Vorteil des Zahnriemens ist die geringe Längendehnungen über die Lebensdauer. Diese Eigenschaft macht ihn bezogen auf die Wartungs- und Instandhaltungskosten besonders kostengünstig und wartungsarm.

Die Wirkungsgradverluste bei Keilriemenantrieben entstehen vor allem durch:

- Drehmomentverluste durch Biegebeanspruchung und Reibung
- Drehzahlverluste durch Riemenschlupf

[2]Diese Wirkungsgrade wurden unter optimalen Bedingungen von unabhängigen Instituten, wie z. B. der Bundesanstalt für Materialforschung (BAM) in Berlin gemessen. Die Wirkungsgrade in der Praxis können aufgrund äußerer Einflüsse von diesen Werten abweichen.

Der Wirkungsgrad von Keilriemen setzt sich zusammen aus dem Verhältnis von abgegebenem Drehmoment zu aufgenommenem Drehmoment und abgegebener Drehzahl zu aufgenommener Drehzahl **(vgl. Formel (2)**.

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{M_{ab}}{M_{zu}} \times \frac{n_{ab}}{n_{zu}} \quad \textbf{(2)}$$

M = Drehmoment
n = Drehzahl
ab = abgegeben
zu = zugeführt

Eine optimale kraftschlüssige Leistungsübertragung ist bei Keilriemen nur möglich, wenn der Riemen optimal in der Scheibe läuft. Für die Biegung der Riemen um die jeweilige Antriebs- bzw. Abtriebswelle ist Kraft erforderlich, welche durch die notwendige Vorspannung erzeugt wird **(vgl. Abbildung 3-2)**.

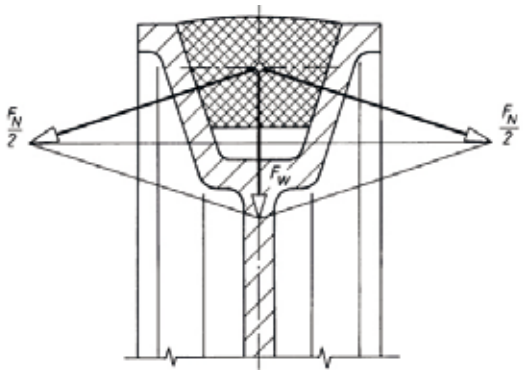


Abbildung 3-2: Kraftübertragung Keilriemen /ROL 01 13/

Dieser Kraftschluss führt zur Reibung der Keilriemen an den Scheiben, welche wiederum zu Verlusten durch Wärmeentwicklung führt. Die Biegung ebenso wie die Reibung haben am Riemen Drehmomentverluste zur Folge, welche den Wirkungsgrad reduzieren.

Zu Drehzahlverlusten kommt es durch den sogenannten Riemenschlupf. Dieser bezeichnet den Unterschied aus der Drehbewegung des Riemens zur Drehbewegung der Scheibe. Der Schlupf entsteht durch die Dehnung des Riemens und führt generell zu einer Reduktion der Drehzahl um ca. 1,5 % /GAT 01 08/. Über die gesamte Lebensdauer längt sich ein Keilriemen in der Regel um 1 bis 2,5 %. Diese Längung tritt bei Zahnriemen so gut wie nicht auf /GAT 01 14/. Umso wichtiger ist es daher, dass Keilriemen regelmäßig fachgerecht gewartet und bei Bedarf nachgespannt werden. **(Abbildung 3-3)** verdeutlicht den Einfluss der Vorspannung auf den Wirkungsgrad eines Keilriemens. Eine Über- wie auch eine Unterspannung führen zu Wirkungsgradeinbußen.

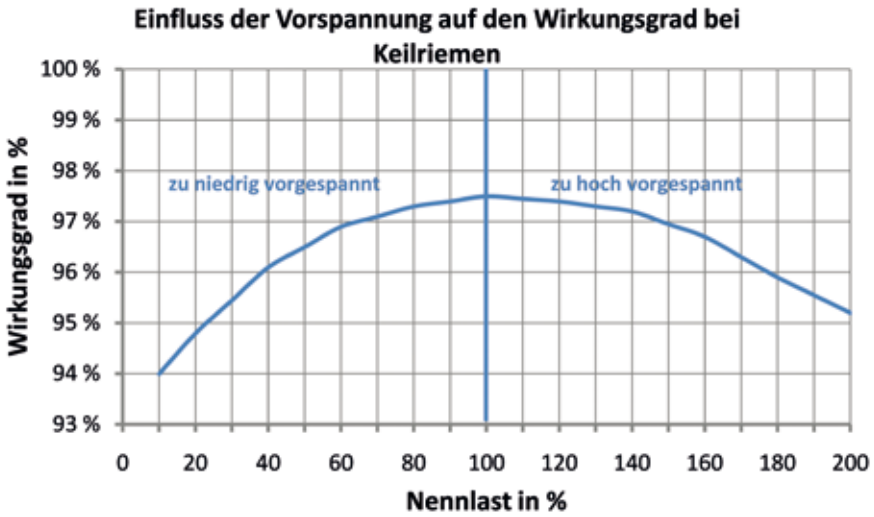


Abbildung 3-3: Einfluß der Vorspannung auf den Wirkungsgrad bei Keilriemen. /GAT - 01 14/

Zusätzlich ist der Wirkungsgrad noch abhängig von:

- den Scheibendurchmessern:
  Je kleiner die Scheiben sind, desto größer ist die Biegebeanspruchung für den Keilriemen. Deshalb ist es empfehlenswert, die Scheibe immer größer als den Mindestdurchmesser auszuwählen.

- der Riemenanzahl:
  Heutzutage bieten namenhafte Hersteller Riemen an, welche als satzkonstant gelten. Liegt die Riemenlänge eines Riemens innerhalb der genormten Toleranz, kann es trotzdem der Fall sein, dass bei einem Antrieb mit mehreren Riemen ein Riemen die Leistung optimal überträgt, während ein anderer „durchrutscht“ bzw. hier keine Kraftübertragung erfolgt. Dadurch wird der Gesamtwirkungsgrad verringert. Um dem entgegenzuwirken haben sich die Premiumhersteller wesentlich engere Toleranzen gesetzt, als die Norm das fordert.
  Abhängig von der Antriebsleistung und der Wahl des Riemens muss auch die Anzahl der Riemen so gewählt werden, dass ein möglichst hoher Wirkungsgrad erreicht wird **(vgl. Abbildung 3-4)**.

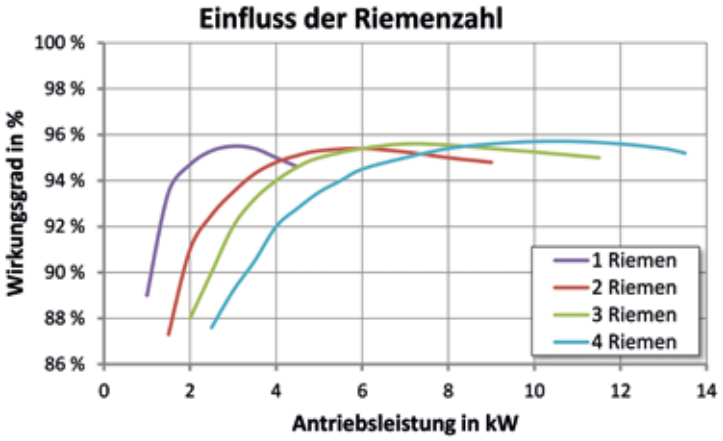


Abbildung 3-4: Einfluss der Riemenanzahl auf den Wirkungsgrad von Keilriemen (eigene Darstellung nach /GAT 01 13/)

- und der Übersetzung:
  Je nachdem wie viel Leistung übertragen werden soll, muss die Übersetzung angepasst werden.

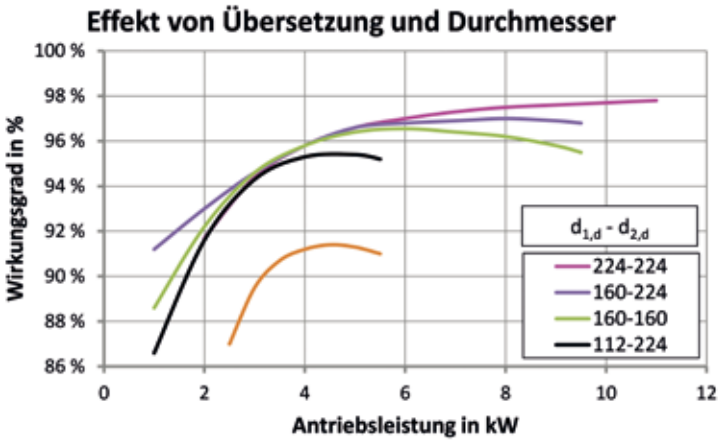


Abbildung 3-5: Effekt der Übersetzung auf den Wirkungsgrad des Keilriemens eigene Darstellung nach /GAT 01 13/)

4 Energie sparen durch die richtige Wahl der Riemen

Durch die Verwendung energieeffizienter Hochleistungsschmalkeilriemen können zum einen Energie eingespart und zum anderen Kosten reduziert werden.

In dem folgendem Kapitel werden die energetischen, technischen und finanziellen Vorteile der Hochleistungsriemen gegenüber Standard-Schmalkeilriemen aufgezeigt und an ausgewählten Fallbeispielen berechnet. Keilriemen gehören neben den Zahnriemen zu den am häufigsten eingesetzten Riementypen, weshalb der Fokus in diesem Kapitel auf Keilriemen gelegt wird.

Energetische Bewertung
Wie in Abschnitt 3 bereits erläutert, ist der Wirkungsgrad u.a. abhängig von der Biegebeanspruchung, der Rutschanfälligkeit (Schlupf) sowie der Anzahl der eingesetzten Riemen.

Generell können klassische Keilreimen, normale Schmalkeilriemen und Hochleistungsschmalkeilriemen unter Beachtung des mind. Scheibendurchmesser in den gleichen Scheiben laufen, da deren Biegequerschnitte identisch sind. **(vgl. Abbildung 4-1)** Dadurch entstehen bei der Umrüstung keine weiteren Kosten durch neue Scheiben.

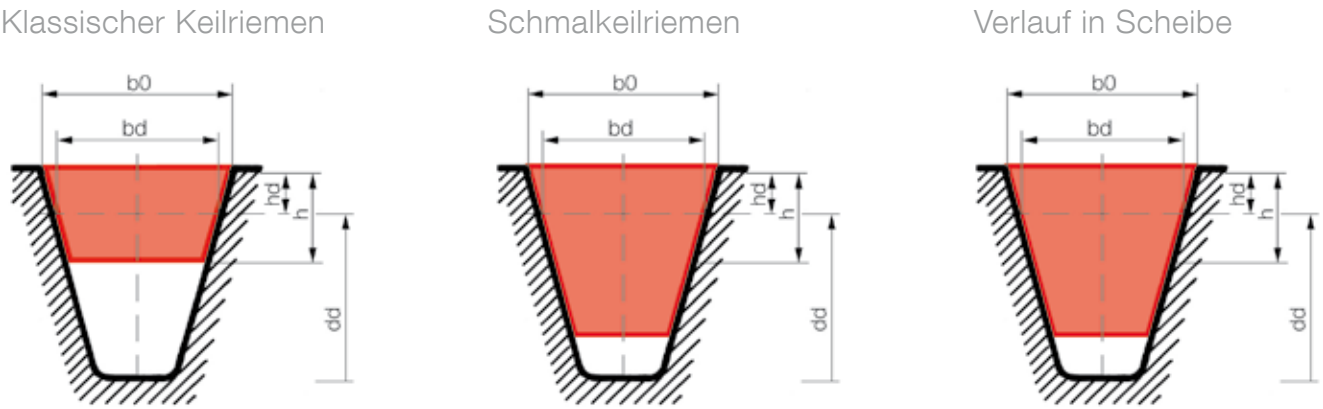


Abbildung 4-1: Riemenquerschnitt eines klassischen Keilriemens und eines Schmalkeilriemens sowie Verlauf in der Scheibe (eigene Darstellung nach /OPT 01 14/)

Durch den unterschiedlichen Aufbau der Keilriemen weisen die Hochleistungsschmalkeilriemen nahezu keine Dehnung des Riemens im Betrieb auf. Der Einsatz von einem speziellen Seilcord-Zugstrang in Verbindung mit einem entsprechenden Unter- und Oberbau macht dies möglich. Dadurch tritt der Riemenschlupf, der bei schlecht gewarteten Keilriemen einen Wirkungsgradverlust von bis zu 10 % ausmachen kann, nur stark vermindert oder gar nicht auf.

Des Weiteren reduziert sich durch die quer zur Laufrichtung verlaufenden Fasern der Gummimischung die Biegebeanspruchung des Riemens, was ebenfalls zu einem höheren Wirkungsgrad beiträgt.

Normale Schmalkeilriemen weisen nach Angaben der Hersteller einen Wirkungsgrad von ca. 90 bis 94 % auf. Hochleistungsschmalkeilriemen erreichen einen Wirkungsgrad von bis zu 97 %, liegen aber im Mittel bei etwa 96 % /GAT 01 14, OPT 01 14/. Höhere Wirkungsgrade erreichen nur Zahnriemen, welche in einer Größenordnung von 98 % liegen und diesen Wert auch nahezu über ihre gesamte Lebensdauer beibehalten /OPT 01 14, GAT 01 14/.

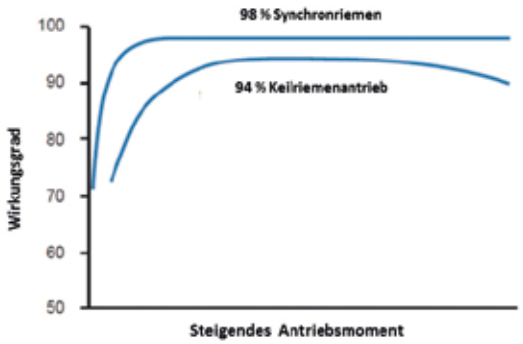


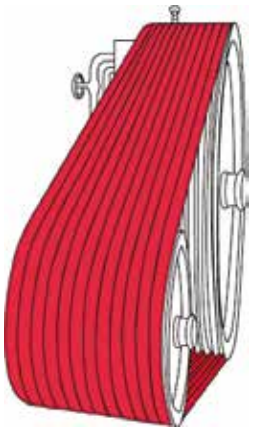
Abbildung 4-2: Wirkungsgrad von Keil- und Zahnriemen in Abhängigkeit des Antriebsmoments /GAT 01 08/

Fallbeispiel
Im folgenden Fallbeispiel stieg ein Kunde von Haberkorn aus der Automobilbranche bei einigen seiner Antriebe von Schmalkeilriemen auf Hochleistungsschmalkeilriemen um. Der Austausch der Riemen wurde an drei Produktionsanlagen (z. B. Absaugung der Sandaufbereitung) durchgeführt. Die Leistungen der Antriebsmaschinen lagen im Bereich von 160 bis 200 kW. Die übertragbare Nennleistung erhöhte sich durch Einsatz der Hochleistungsschmalkeilriemen um 7 bis 9 kW je Riemen. Das entspricht einer höheren verfügbaren Nennleistung um 15 bis 18 %. Zusätzlich konnte die Riemenanzahl um einen Riemen reduziert werden. Unter der Annahme, dass sich der Wirkungsgrad um im Mittel 2,5 % erhöht und die Anlagen etwa 4.200 h pro Jahr betrieben werden, reduziert sich der jährliche Stromverbrauch des gesamten Antriebs um 3 %.

Technische Bewertung
Aufgrund der baulichen Unterschiede können bei einem Wechsel von Schmalkeilriemen auf Hocheffizienzschmalkeilriemen die Anzahl der Riemen, auch oft der Bauraum der Antriebslösungen reduziert werden.

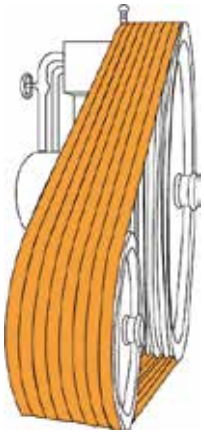
Neben den energetischen Vorteilen können die Hochleistungskeilriemen auch deutlich höhere Leistungen übertragen. Dadurch ist es möglich, mit einer geringeren Anzahl an Riemen die gleiche Leistung zu übertragen. Zusätzlich reduziert sich aufgrund der geringeren Anzahl an Riemen auch die insgesamte Scheibenbreite erheblich. Des Weiteren verringern sich auch die Kosten, da durch die geringere Anzahl an Riemen auch weniger Riemen als Ersatz auf Lager gehalten werden müssen. **Abbildung 4-3** zeigt exemplarisch für klassische Keilriemen, Schmalkeilriemen und Hochleistungskeilriemen die notwendige Anzahl an Keilriemen zur Übertragung der gleichen Leistung.

Klassischer Keilriemen



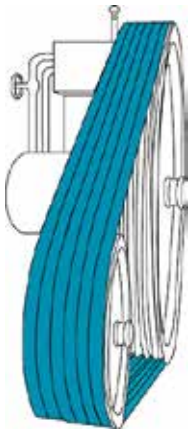
12 Stück
Scheibenbreite 234 mm
Lebensdauer 25.000 h

Schmalkeilriemen



8 Stück
Scheibenbreite 158 mm
Lebensdauer 25.000 h

Hochleistungskeilriemen



6 Stück
Scheibenbreite 120 mm
Lebensdauer 25.000 h

Abbildung 4-3: Notwendige Riemenanzahl in Abhängigkeit des Riementyps /HAB 01 10/

Durch die Verringerung der Scheibenbreite reduziert sich aufgrund des geringeren Hebelarms auch die Lagerbelastung um fast 50 % /OPT 01 14/. (vgl. Abbildung 4-4)

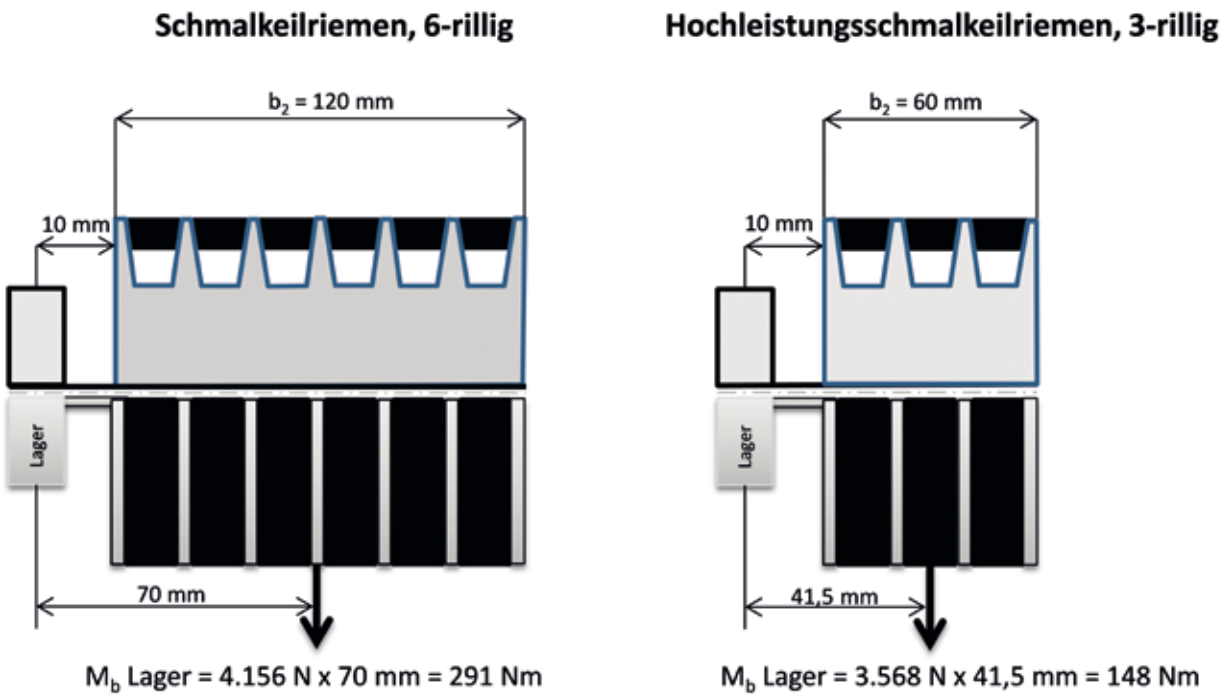


Abbildung 4-4: Belastung der Scheibenlager durch Antriebsriemen/OPT 01 14/

Auswirkungen auf den Wartungsaufwand

Der Wartungsaufwand für einen Keilriemen setzt sich zusammen aus dem regelmäßigen Nachspannen des Riemens, der Kontrolle der Scheiben sowie aller weiteren beweglichen Teile. Zusätzlich kann es notwendig sein, dass ein neuer Riemen inklusive weiterer Antriebsteile installiert werden muss. Neben den Kosten für das Personal können weitere Kosten für zusätzliches Material oder - bei größeren Instandsetzungen - etwaige Stillstandskosten im Fertigungsprozess anfallen.

Bei der Neuinstallation eines Keilriemens muss dieser sich zunächst etwa 30 bis 60 min einlaufen und anschließend nachgespannt werden, damit eine optimale Kraftübertragung möglich ist. Das Wartungsintervall für gut gewartete Keilriemen liegt bei etwa 4.000 h Laufzeit, was bei Dauerbetrieb ca. 6 Monaten entspricht. Bei ungünstigen Betriebsbedingungen kann ein deutlich kürzeres Wartungsintervall notwendig sein. Nach einer Laufzeit von ca. 25.000 h bzw. knapp drei Jahren[3] sollten Keilriemen generell gewechselt werden. Bei optimalen Bedingungen und regelmäßigen Sichtprüfungen können vor allem Hochleistungskeilriemen durchaus länger laufen. Die Lebensdauer von Keilriemen reduziert sich merklich, wenn sie ungünstigen Umgebungsfaktoren ausgesetzt sind, wie z.B. hohen Temperaturen, staubiger oder öliger Umgebung etc.

[3]*Unter der Bedingung, dass der Antrieb ganzjährig 24 h pro Tag in Betrieb ist, ergeben sich nach drei Jahren etwa 25.000 Betriebsstunden.*

Fallbeispiel
Die Wartungskosten für alle Riementypen setzen sich zusammen aus den einmaligen Kosten für die Installation und das Einlaufen der Riemen sowie die über das Jahr anfallenden Instandhaltungskosten (z. B. Sichtprüfung). **Tabelle 4-1** verdeutlicht die angesetzten Wartungskosten für einen Schmalkeilriemen. Insgesamt ergeben sich Wartungskosten von 500 € pro Jahr, wenn davon ausgegangen wird, dass der Riemen jährlich getauscht wird.

Tabelle 4-1: Typische Wartungskosten eines Antrieb mit Schmalkeilriemen[4].

Aufwand pro Antrieb	Zeit	Personal	Kosten
Installation	2 h	2 Techniker	200 €
Einlaufen	1 h	2 Techniker	100 €
Wartung	1 h, 2 x pro Jahr	2 Techniker	200 €

Annahme Riemen werden nach einem Jahr ausgetauscht, Stundensatz 50€/h

Für Hochleistungsschmalkeilriemen entstehen im Falle eines Riemenwechsels die gleichen Kosten wie für einen regulären Schmalkeilriemen. Durch den wartungsärmeren Riemenaufbau und die Reduktion des Nachspannens reduzieren sich die Wartungskosten pro Jahr auf 50 €, insgesamt entstehen jährliche Kosten von 350 €. Somit ergibt sich eine Ersparnis von 150 € pro Jahr.

Wirtschaftliche Bewertung
Letztendlich entscheiden nicht die energetischen Vorteile oder ein geringerer Wartungsaufwand über den Einsatz hocheffizienter Schmalkeilriemen, sondern die Lebenszykluskosten, welche für das Unternehmen entstehen.

Zu diesen Kosten zählen die einmaligen Anschaffungskosten der unterschiedlichen Riemen, die bereits berechneten Wartungs- und Instandhaltungskosten sowie die laufenden Betriebskosten. Die Anschaffungskosten der unterschiedlichen Keilriemen sind in **Abbildung 4-5** dargestellt. Je länger die Riemen sind, desto teurer sind die Hochleistungsschmalkeilriemen im Vergleich zu den Standardschmalkeilriemen (vgl. grüne Linie). Im Mittel liegen die Mehrkosten für energieeffiziente Schmalkeilriemen bei ca. 30 %.

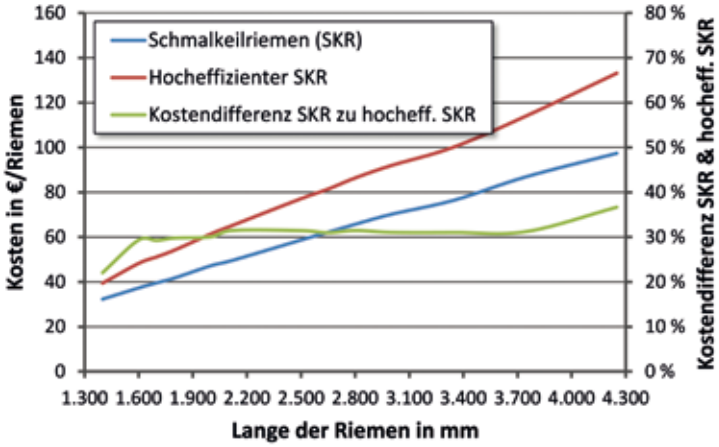


Abbildung 4-5: Anschaffungskosten der Schmalkeilriemen im Vergleich zu Hochleistungsschmalkeilriemen[5] /eigene Darstellung nach HAB 01 14/

[4]Für die hier angegeben Wartungskosten wurden typische Werte angesetzt. Je nach Maschine können die Kosten deutlich höher sein, wenn z.B. die Anlage schwer erreichbar ist oder externes Fachpersonal hinzugezogen werden muss.

[5]Für die Kostendarstellung runden jeweils den mittleren Preis des jeweiligen Preis von Optibelt & Gates gewählt.

Fallbeispiel
Für die o.g. Sandaufbereitungsanlage des Kunden kann durch die Umrüstung von Schmalkeilriemen auf Hochleistungsschmalkeilriemen die Riemenanzahl von 6 auf 5 Stück reduziert werden. Zusätzlich war der Austausch der Taper-Lock-Buchsen und Riemenscheiben notwendig. Durch eine Umrüstung auf hocheffiziente Schmalkeilriemen konnte durch die Verwendung von kleineren und damit günstigeren Buchsen und Riemenscheiben die höhere Investition für die Riemen kompensiert werden. Für die Auslegung mit Schmalkeilriemen wären Kosten in Höhe von 1.140 € entstanden, die tatsächlichen Kosten für die Hochleistungsschmalkeilriemen lagen bei 1.120 €.

Allerdings können durch die Verwendung von Hochleistungsschmalkeilriemen nicht immer kleinere und günstigere Buchsen sowie Scheiben verwendet werden, sodass es durch deren Einsatz auch zu höheren Investitionen kommen kann. Diese sind immer abhängig vom jeweiligen Antrieb.

Für die Berechnung der Betriebs- bzw. Energiekosten wurden 4.200 Betriebsstunden des Antriebs sowie ein Strompreis von 9,5 ct/kWh angesetzt. Bei einer Leistungsaufnahme von etwa 160 kW und einer Wirkungsgradsteigerung um etwa 2,5 % gibt sich eine theoretische Einsparung 17 MWh/a und 1.600 €/a.[6]

Der höhere Wirkungsgrad der Hochleistungsschmalkeilriemen führt jedoch nur zu einer energetischen und somit auch monetären Einsparung, wenn die mechanische Leistung der Antriebsmaschine beispielsweise mittels eines Frequenzumrichters (FU) konstant gehalten wird.

Die Wartungskosten wurden wie im oben berechneten Fallbeispiel angesetzt.

Tabelle 4-2: Gesamtkosten eines Hochleistungsschmalkeilriemens im Vergleich zum Schmalkeilriemen

	Investitionen in € (einmalig)	Jährliche Betriebskosten in €/a	Jährliche Wartungs- und Instandhaltungskosten in €/a
	Gesamtkosten bei einjähriger Betrachtung		
Hochleistungs SKR	1.120 €	~ 61.600 €	350 €
SKR	1.140 €	~ 63.200 €	500 €
Differenz	20 €	~ 1.600 €	150 €

Die größten Einsparungen ergeben sich bei den jährlichen Betriebs- bzw. Energiekosten. Etwaige höhere Investitionen für die Hochleistungsschmalkeilriemen können innerhalb weniger Monate durch die geringeren Energiekosten kompensiert werden. Der zusätzliche positive Effekt der geringeren Wartungskosten bzw. des reduzierten Wartungsaufwands macht einen Betrieb der effizienten Schmalkeilriemen vor allem für schwer zugängliche Antriebe interessant.

[6] *Da bisher keine Langzeitmessung von Anlagen mit Schmalkeilriemen und Hochleistungskeilriemen durchgeführt wurde, können die Betriebskosten nur theoretisch bestimmt werden.*

5 Riemenantriebe in der Praxis

Riemenantriebe in Form von Keilriemen und Zahnriemen kommen so gut wie in jedem Betrieb vor. Um die Gesamtkosten über die gesamte Lebensdauer möglichst gering zu halten, wird in diesem Abschnitt auf die wichtigsten Aspekte für Auslegung, Montage und Wartung von Riemenantrieben eingegangen.

5.1 Auslegung von Riemenantrieben

Für jede Anwendung gibt es einen Riementyp, welcher am besten für die Gegebenheiten und die erforderliche Leistungsübertragung passt. Bei der Leistungsübertragung muss berücksichtigt werden, dass das Anlaufdrehmoment je nach Antriebsart unterschiedlich hoch sein kann, beispielsweise wird zwischen einem Direktstarter, einem Motor mit Stern/Dreieck- oder einem Sanftanlauf unterschieden. Bei Überlast können Keilriemen durch die Scheibe rutschen, während Zahnriemen jederzeit das komplette Anlaufdrehmoment auf die Abtriebswelle übertragen. Allerdings kann Letzteres zu Schäden an der Arbeitsmaschine führen.

Generell gilt, dass der Riemenantrieb für die maximal benötigte Leistung ausgelegt sein sollte, es sollte darauf geachtet werden, dass dieser bei der Auslegung durch zu hohe Sicherheitszuschläge nicht über- und durch zu geringe Sicherheitszuschläge auch nicht unterdimensioniert wird.

Zudem sollten etwaige Einflüsse der Umgebung berücksichtigt werden. Beispielsweise haben die Höhe der Umgebungstemperatur, eingesetzte Chemikalien, Öle oder Fett sowie UV-Licht Einfluss auf die Lebensdauer des Riemens. Vielen Umgebungseinflüssen kann mit der korrekten Riemenwahl entgegengewirkt werden. Des Weiteren sollte der Antrieb gut belüftet sein, sodass es nicht zu einer Überhitzung kommen kann. Weiter sollte er gegen größere Verschmutzung geschützt werden.

In **Tabelle 5-1** sind Parameter zusammengefasst, die einen Effekt auf den Wirkungsgrad von Keilriemen oder Zahnriemen haben können. Diese Parameter sollten bei der Auslegung von Riementrieben Berücksichtigung finden.

Tabelle 5-1 : Einflüsse auf die Riemenwahl /GAT - 01 14/

Parameter	Variation/Tendenz	Effekt auf den Wirkungsgrad	
		Keilriemen	Synchronriemen
Scheibendurchmesser	Größer	++	+
Zustand der Scheibe	Abgenutzt	--	--
Scheibenausrichtung	Nicht fluchtend (parallel, winklig)	--	--
Anzahl der Scheiben	Zunehmend	--	--
Riemengeschwindigkeit	Zunehmend	-	-
Riemenvorspannung	Anders als empfohlen	--	-
Anzahl der Riemen	Zunehmend	0	0
Lage der Spannrolle	Lastrum Lostrum	-- ++	-- ++
Antriebsbelastung	kleiner als Nennlast höher als Nennlast	-- --	- -
Umgebungstemperatur	Steigend	--	0

++ = positive Wirkung + = positive Tendenz 0 = neutral - = negative Tendenz -- = negative Wirkung

5.2 Montage von Riemenantrieben

Für die Montage und die Wartung von Riemenbetrieben ist es unerlässlich, die Stromversorgung der Anlage abzuschalten und die Anlage gegen Wiedereinschalten zu sichern.

Für die Demontage des alten Riemens müssen die Motorbefestigung gelöst und der Achsabstand verkürzt werden, bis der Riemen locker durchhängt. Keinesfalls darf der Antriebsriemen aus der Scheibe gehebelt werden. Der alte Riemen sollte immer auf außergewöhnliche Verschleißstellen geprüft werden, da diese Hinweise auf Problemstellen geben können. Eventuell kann auch eine Neuauslegung des Antriebes notwendig sein, daher erfordert die Kontrolle der Verschleißteile bei Wartungen besondere Aufmerksamkeit.

Die Scheibe sollte mit einem mit nichtflüchtigem Lösungsmittel getränkten Lappen gereinigt werden. Daraufhin werden die Scheiben auf Kerben und Verschleiß geprüft. Dies kann sehr einfach mit einer Scheibenrillenlehre geschehen **(vgl. Abbildung 5-1)**. Sind die Rillen stärker als 0,4 mm abgenutzt, sollten die Scheiben ersetzt werden. Zusätzlich sollte begutachtet werden, ob die Scheiben richtig fluchten. Die Scheiben sollten weder parallel noch vom Winkel her verschoben sein **(vgl. Abbildung 5-2)**.

Andere Antriebselemente, wie z. B. Lager oder Wellen, sollten ebenfalls auf Verschleiß, Fluchtung und Schmierung kontrollieren werden.

Im nächsten Schritt wird der neue Riemen eingesetzt. Bei Mehrfachriemenantrieben werden stets alle Riemen ersetzt, alte und neue Riemen werden nie gemischt. Aufgrund der mit der Zeit eintretenden Längung würde die Last hauptsächlich von den neuen Riemen getragen, was zu einem vorzeitigem Ausfall führen könnte. Des Weiteren sollten nie Riemen verschiedener Hersteller miteinander kombiniert werden, da diese unterschiedliche Charakteristiken aufweisen können.

Anschließend wird der Achsabstand des Antriebes eingestellt und der Riemen wird per Hand einige Male mit den Scheiben bewegt, bis dieser sich gesetzt hat und die richtige Vorspannung eingestellt wurde. Die Vorspannung des Riemens kann mit unterschiedlichen Werkzeugen geprüft werden. Neben einfachen mechanischen Vorspannungsprüfer gibt es doppelte Spannungsprüfer oder professionelle Frequenzmessgeräte zur Vorspannungsprüfung der Riemen.

Abbildung 5-1: Überprüfung der Scheibenabnutzung mittels einer Scheibenrillenlehre

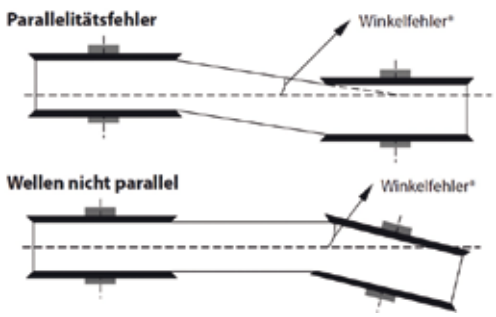


Abbildung 5-2: Fluchtungsfehler bei der Ausrichtung der Scheiben/GAT 01 09/

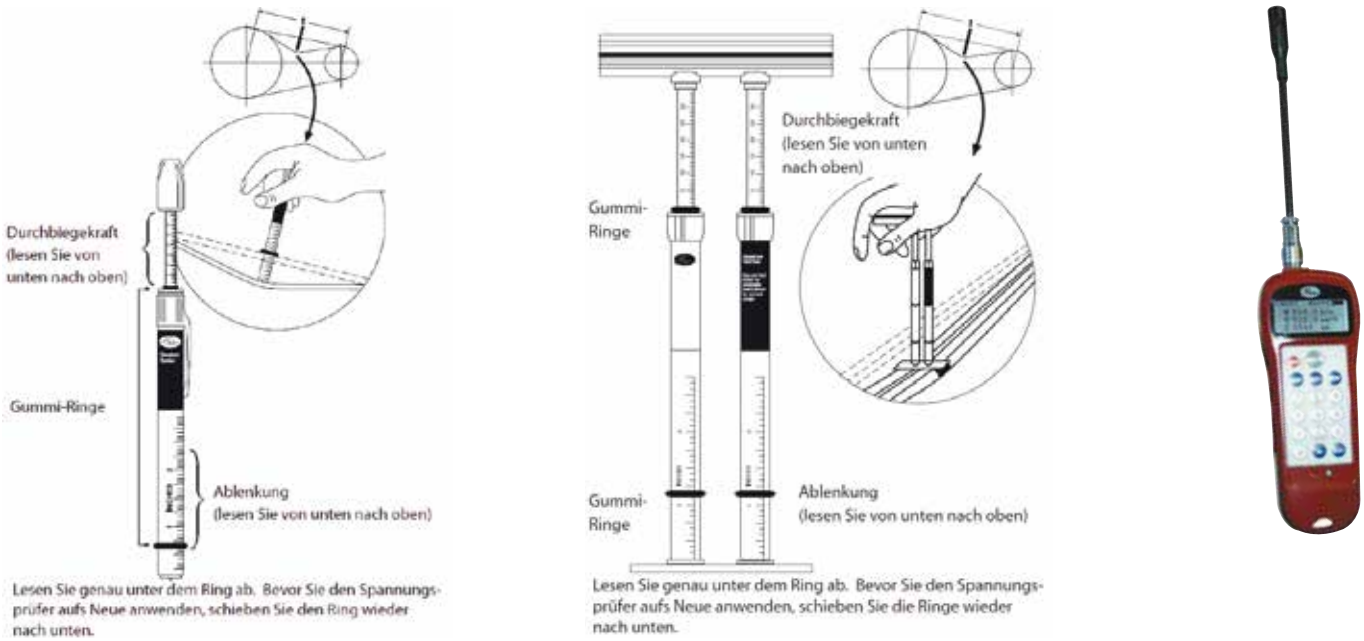


Abbildung 5-3: Vorspannungsprüfer: einfacher mech. Spannungsprüfer (links), Doppelspannungsprüfer (Mitte), Frequenzmessgerät (rechts) /GAT 01 09/

Für die korrekte Einstellung der Vorspannung ist ein Werkzeug unbedingt erforderlich. Die oftmals immer noch verwendete „Daumendruckmethode“ führt bei modernen Riemen zu keiner korrekten Einstellung der Vorspannung. Abschließend werden die Motorbefestigung festgedreht und die Schutzvorrichtung wieder montiert. Nach der Wiederinbetriebnahme sollte auf ungewöhnliche Geräusche und Vibrationen geachtet werden.

Nach einer Einlaufzeit von 30 bis 60 Minuten sollte der Riemen nachgespannt werden. Ein erneutes Nachspannen nach 24 h ist zu empfehlen, da bis dahin die erste größere Längung abgeschlossen sein sollte.

5.3 Wartung von Riemenantrieben

Zunächst sollte bei der Wartung zwischen einfacher Antriebskontrolle und einer längeren vollständigen Inspektion des Antriebes unterschieden werden.

Eine einfache Antriebskontrolle setzt sich zusammen aus:

- **Beobachten und hören**
  Ein gut gewarteter und ausgelegter Antrieb sollte ruhig und geräuscharm laufen. Bei ungewöhnlichen Vibrationen oder Geräuschen ist eine genauere Wartung nötig.

- **Prüfung der Schutzvorrichtung**
  Die Schutzvorrichtung sollte auf Spiel, Schaden und Verschmutzungen untersucht werden. Verschmutzungen können zu einem Temperaturanstieg führen, welcher einen direkten Einfluss auf die Riemenleistung bzw. die Lebensdauer hat. Die Lebensdauer eines Keilriemens verringert sich bei länger anhaltenden Betriebstemperaturen von 60 °C um die Hälfte /GAT 01 09/.

- **Achten auf Öl und Fett**
  Es sollte auf tropfendes Öl und Fett geachtet werden. Dies kann ein Hinweis auf zu stark geschmierte Lager sein. Öle und Fette greifen die Gummimischung vieler Riemen an, sodass dieser aufquillt und sich verformt.

- **Motorhalterung**
  Prüfung der Motorhalterung auf Festigkeit

Bei einer vollständigen Inspektion wird die Maschine abgeschaltet und gegen Wiedereinschalten gesichert.
Der Riemen sollte auf ungewöhnlichen Verschleiß und Risse überprüft werden. Direkt nach dem Maschinenstopp kann der Riemen auf seine Betriebstemperatur überprüft werden. Diese sollte nicht höher als 45 °C liegen, was einfach mittels Anlegefühler oder Infrarotthermometer überprüft werden kann.

Des Weiteren sollten die Scheiben auf Verschleiß getestet werden. Als Richtwert gilt: die Lebensdauer einer Scheibe beträgt das Dreifache der Riemenlebensdauer. Die Kontrollintervalle für Riemen hängen sehr stark von den Betriebs- und Umgebungsbedingungen ab. Als Riemen mit erhöhtem Wartungsaufwand werden Riemen bezeichnet, auf die folgende Aspekte zutreffen:

- Hohe Betriebsgeschwindigkeit der Antriebe
- Schwere Belastung
- Häufige Start- und Stopp-Vorgänge der Antriebe
- Extreme Umgebungstemperaturen
- Ungünstige Umgebungseinflüsse

Als Empfehlung gilt, dass an problematischen Antrieben ca. alle 2 Wochen eine einfache Sichtprüfung durchgeführt werden sollte, bei normalen Antrieben reicht ein Intervall von einmal pro Monat. Eine komplette Inspektion sollte je nach Antrieb im Abstand von drei bis sechs Monaten erfolgen.

Alle diese Angaben sind nur als Richtwerte zu verstehen. Letztendlich kennen die Anlagenbetreiber ihre Maschinen am besten und können so einschätzen, wie oft eine Wartung bzw. der Tausch eines Riemens notwendig ist. Tendenziell schadet eine zusätzliche Sichtprüfung nicht.

Wichtig für Ersatzkeilriemen ist die sachgemäße Lagerung. Dadurch bleiben ihre Eigenschaften über mehrere Jahre hinweg unverändert. Bei der Lagerung sollte darauf geachtet werden, dass extreme Temperaturen, starkes Sonnenlicht, erhöhte Feuchtigkeit sowie Kontakt zu Ozon, Sauerstoff oder Lösungsmitteln vermieden werden.

6 Anhang

6.1 Infoblätter und Checklisten

6.1.1 Auswahl von Riemen (Infoblatt)

Die Riemenauswahl erfolgt je nach Anforderung der Arbeits- und Antriebsmaschinen. **Tabelle 6-1** fasst die wichtigsten Parameter bei der Auswahl des Riemens zusammen.

Tabelle 6-1 : Übersicht der Eigenschaften der Riementypen /DEC 01 07,ROL 01 13, HAB 01 14, OPT 01 14, SCH 02 07/

Riementyp	Flachriemen	Keilriemen	Keilrippenriemen	Zahnriemen
Riemengeschwindigkeit	sehr hoch (bis v = 100 m/s)	gering (bis v = 20 m/s*, bis v = 30 m/s**)	mittel (bis v = 60 m/s)	hoch (bis v = 80 m/s)
Leistungsübertragung	mittel	hoch	hoch	hoch
Übersetzungsverhältnis	mittel (i<15)	hoch (i<20)	sehr hoch (i<40)	gering (i<10)
Drehzahlverlust	sehr hoch	hoch	hoch	keine
Geräuschentwichlung	gering	gering	gering	hoch
Wellen- und Lagerbelastung	hoch	mittel	mittel	gering
Wartungshäufigkeit	hoch	hoch	hoch	gering
Lebensdauer	hoch	hoch	hoch	gering
Kosten bei Neuanschaffung	gering	mittel	mittel	hoch
Funktionssicherheit	hoch	hoch	hoch	gering
Vorspannung	hoch	gering	gering	gering
Wellenabstand	hoch	gering	hoch	gering

* Normalkeilriemen ** Schmalkeilriemen v-Geschwindigkeit in m/s i-Übersetzungsverhältnis

Die am häufigsten eingesetzten Riementypen sind Keilriemen und Zahnriemen. Der entscheidende Vorteil von Zahnriemen ist der über die Lebensdauer fast konstant bleibende hohe Wirkungsgrad von etwa 98 %. Jedoch ist der Wechsel von Keilriemen auf Zahnriemen neben den höheren Investitionen für den Riemen eventuell auch mit Zusatzkosten für neue Scheiben, ggf. neue Auslegung oder Verstärkung des Systems verbunden. Die Zusatzkosten beim Wechsel auf Hochleistungsschmalkeilriemen mit einem Wirkungsgrad von ca. 96 % beschränken sich üblicherweise auf die etwas höheren Investitionen.

Bei durchschnittlich 30 % höheren Investitionen pro Riemen werden folgende Verbesserungen erreicht:

- Verbesserter Wirkungsgrad
- Längere Betriebszeiten ohne Wartung
- Längere Lebensdauer
- Geringere Lagerhaltung

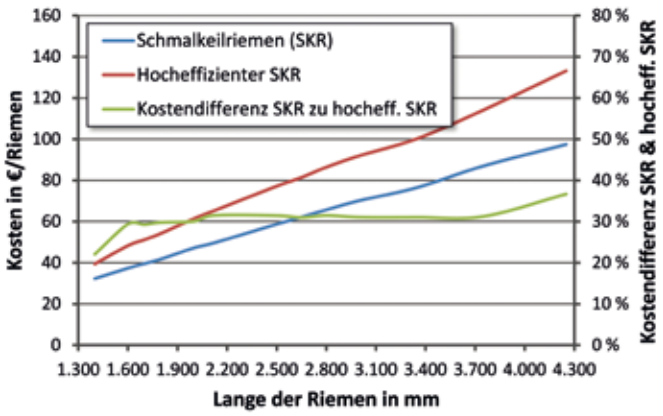


Abbildung 6-1: Anschaffungskosten der Schmalkeilriemen im Vergleich zu Hochleistungsschmalkeilriemen /HAB 01 14/

6.1.2 Auslegung von Riemenantriebe

Grundsätzlich wird empfohlen, vor der Beschaffung des entsprechenden Getriebes mit dem Hersteller oder Händler Kontakt aufzunehmen und sich die Auslegung bestätigen oder berechnen zu lassen.
Für die Auslegung von Riemengetrieben können die notwendigen Daten und Werte aus den technischen Handbüchern der Hersteller entnommen oder aber deren Berechnungsprogramme genutzt werden.

Für die Auslegung der Riemen gilt folgende generelle Vorgehensweise:

Schritt 1: Wahl des Riementyps anhand der Anforderungen und Einsatzbedingungen
Schritt 2: Bestimmung der Berechnungsleistung aufgrund von An- und Abtriebsmaschine
Schritt 3: Berechnung der notwendigen kinematischen und geometrischen Werte
Schritt 4: Berechnung der erforderlichen Anzahl der Riemen oder Rippen (Keilriemen) oder der Riemenbreite (Zahnriemen)
Schritt 5: Ermittlung der notwendigen Vorspannung des Riemensystems

Tabelle 6-2 : Einflüsse auf die Riemenwahl /GAT 01 14/

Parameter	Variation/Tendenz	Effekt auf den Wirkungsgrad	
		Keilriemen	Synchronriemen
Scheibendurchmesser	Größer	++	+
Zustand der Scheibe	Abgenutzt	--	--
Scheibenausrichtung	Nicht fluchtend (parallel, winklig)	--	--
Anzahl der Scheiben	Zunehmend	--	--
Riemengeschwindigkeit	Zunehmend	-	-
Riemenvorspannung	Anders als empfohlen	--	-
Anzahl der Riemen	Zunehmend	0	0
Lage der Spannrolle	Lastrum Lostrum	-- ++	-- ++
Antriebsbelastung	kleiner als Nennlast höher als Nennlast	-- --	- -
Umgebungstemperatur	Steigend	--	0

++ = positive Wirkung + = positive Tendenz 0 = neutral - = negative Tendenz -- = negative Wirkung

6.1.3 Montage von Keilriemenantrieben

Für die Montage neuer Riemen gilt folgende Vorgehensweise:

Wartungsschritt	durchgeführt	
	Ja	Nein
Anlage von der Stromversorgung trennen und gegen Wiedereinschalten sichern		
Motorbefestigungsschrauben lösen und Achsabstand verkürzen bis Riemen durchhängt		
Alte Riemen entfernen und dabei auf ungewöhnlichen Verschleiß kontrollieren		
Korrekten Austauschriemen auswählen (siehe Kapitel 6.1.2)		
Riemen und Scheibe mit einem trockenen Tuch reinigen		
Scheiben auf Verschleiß und Schaden prüfen, bei Verschleiß größer als 0,4 mm Scheiben ersetzen		
Antriebskomponenten wie Lager, Wellen, Halterung und Spannschienen prüfen		
Horizontales Ausrichten der Wellen: Maximale Maschinenabweichung sollte nicht mehr als 0,5 ° betragen		
Vertikales Ausrichten der Keilriemenscheiben, d.h. Fluchtung der Keilriemenscheiben vor und nach dem Anziehen der Scheibenschrauben überprüfen		
Neuen Riemen (ohne Gewalt) montieren. Keine Schraubendreher, Brecheisen, etc. für die Montage verwenden, da diese zu Beschädigungen am Riemen führen. Bei zu kleinem Verstellweg Scheibe mit Riemen auf die Welle montieren.		
Bei Mehrfachantrieben immer alle Riemen ersetzen und Riemen eines Herstellers verwenden		
Vorspannung überprüfen und bei Bedarf nachspannen		
Fluchtung der Scheiben erneut prüfen		
Nach einer Einlaufzeit (volle Belastung) von 0,5 bis 1 h erneut nachspannen. Nach 24 h empfiehlt es sich, nochmals nachzuspannen, um den folgenden Nachstellbedarf zu reduzieren.		
Schutzvorrichtung wieder montieren		
Anlage in Betrieb nehmen und auf ungewöhnliche Geräusche achten		

Lagerung
Nur sachgemäß gelagerte Keilriemen können ihre Laufeigenschaften über Jahre unverändert aufrechterhalten. Dafür sollten die Riemen wie folgt gelagert werden:

- Trocken und staubfrei
- Temperaturen zwischen 0 und 25°C
- Keine Aussetzung in direktes Sonnenlicht bzw. Licht mit hohem UV-Anteil
- Spannungsfreie Lagerung, da sonst Verformungen und Rissbildung möglich

6.1.4 Wartung von Riemenantrieben

Die Wartung wird unterschieden nach häufigen und vorbeugenden Sichtprüfungen sowie sorgfältigeren Inspektionen inklusive einer Stillstandzeit der Maschine.

Vorbeugende Sichtprüfung
Diese sollte zu einem festen Bestandteil der regelmäßigen Kontrolle werden. Kann einer der folgenden Punkte positiv beantwortet werden, ist eine genauere Inspektion erforderlich:

	Ja	Nein
Hören Treten ungewöhnliche Vibrationen oder Geräusche auf?		
Kontrolle der Schutzvorrichtung und Halterung des Motors Anhäufung von Schmutz oder lose Elemente vorhanden?		
Beobachten Austritt von Öl und Fett aus dem Antrieb?		

Zeitplan

Antriebstyp	Wartung
Problemantriebe Hohe Betriebsgeschwindigkeiten, hoher Betriebszyklus, extreme Umgebungstemperaturen, deutliche Umgebungseinflüsse wie Staub, Chemikalien, schwere Zugänglichkeit des Antriebs	1-2 Wochen
Normale Antriebe gute Zugänglichkeit, keine außergewöhnlichen Umgebungsparameter wie hohe Temperaturen oder Kontakt zu Chemikalien, Betriebsgeschwindigkeiten bis 40 m/s sowie meist kontinuierlicher Betrieb	4 Wochen

Vollständige Inspektion
Diese sollte für Problemantriebe alle 3 Monate oder öfter sowie für alle normalen Antriebe alle 6 Monate erfolgen.

Wartungsschritt	durchgeführt	
	Ja	Nein
Anlage von der Stromversorgung trennen und gegen Wiedereinschalten sichern		
Alle Maschinenelemente in eine neutrale Position bringen		
Schutzvorrichtung abnehmen und auf Verschleiß kontrollieren		
Riemen auf Verschleiß und Schaden prüfen, bei Bedarf ersetzen (siehe Kapitel 6.1.3)		
Scheiben auf Verschleiß und Schaden prüfen, bei Bedarf ersetzen (siehe Kapitel 6.1.3)		
Antriebskomponenten wie Lager, Wellen, Halterung und Spannschienen prüfen		
Vorspannung Keilriementrieb überprüfen und bei Bedarf nachspannen		
Fluchtung der Scheiben prüfen		
Schutzvorrichtung wieder montieren		
Anlage in Betrieb nehmen und auf ungewöhnliche Geräusche achten		

7 Literaturverzeichnis

BAM	Bundesanstalt für Materialforschung (BAM) in Berlin
DEC 01 07	Decker, Karl-Heinz; Kabus, Karlheinz; Rieg, Frank; Weidermann, Frank; Engelken, Gerhard; Hackenschmidt, Reinhard: Maschinenelemente - Funktion, Gestaltung und Berechnung. München: Carl Hanser Verlag, 2007
GAT 01 08	Konstruktionshandbuch - Umrüstung von Keilriemenantrieben auf Zahnriemenantriebe. Erembodegem: Gates Cooperation, 2008
GAT 01 09	Vorbeugende Wartung von industriellen Antriebsriemen und Antrieben - Für eine lange und problemlose Lebensdauer. Erembodegem: Gates Cooperation, 2009
GAT 01 13	Energie- und Kostenreduzierung –Schulungsunterlagen. Gates Cooperation, 2013
GAT 01 14	Experteninterview mit der Firma Gates am 23. April 2014
HAB 01 10	Antriebselemente - Hauptkatalog. Wolfurt: Haberkorn Ulmer GmbH, 2010
HAB 01 14	Experteninterviews mit der Firma Haberkorn, Zeitraum: Februar bis Juni 2014
IME	Institut für Maschinenelemente und Maschinengestaltung (IME) der RWTH Aachen
OPT 01 14	Experteninterview mit der Firma Optibelt am 2. April 2014
ROL 01 13	Wittel, Herbert; Muhs, Dieter; Jannasch, Dieter; Voßiek, Joachim: Roloff/Matek Maschinenelemente - Normung, Berechnung, Gestaltung. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2013
SCH 02 07	Schäfer, Frank: Antriebsriemen. Höxter: Arntz Optibelt Gruppe Höxter, 2007

Impressum Für Satz- und Druckfehler sowie Irrtümer übernehmen wir keine Haftung. Alle Rechte vorbehalten. Verwendung von Texten und Abbildungen bzw. Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit unserer schriftlichen Genehmigung. Alle Lieferungen erfolgen aufgrund unserer Verkaufs- und Lieferbedingungen (AGB). © Haberkorn GmbH - Wolfurt 2015.

Einfach mehr Standorte. Nummer eins in Österreich – erfolgreich in Europa.

16x
IN EUROPA

Haberkorn GmbH
6961 Wolfurt
Hohe Brücke
T +43 5574 / 695 - 0
F +43 5574 / 695 - 99
info.wolfurt@haberkorn.com

Haberkorn GmbH
1030 Wien
Modecenterstraße 7
T +43 1 / 74 074 - 0
F +43 1 / 74 074 - 99
info.wien@haberkorn.com

Haberkorn GmbH
6063 Rum / Innsbruck
Bundesstraße 51
T +43 512 / 24 400 - 0
F +43 512 / 24 400 - 99
info.innsbruck@haberkorn.com

Haberkorn GmbH
4060 Leonding
Technologiering 11
T +43 7229 / 687 - 0
F +43 7229 / 687 - 99
info.leonding@haberkorn.com

Haberkorn GmbH
9500 Villach
Zehenthofstraße 35
T +43 4242 / 42 038 - 0
F +43 4242 / 42 038 - 99
info.villach@haberkorn.com

Haberkorn GmbH
8055 Graz
Hafnerstraße 124
T +43 316 / 28 70 82 - 0
F +43 316 / 28 70 82 - 99
info.graz@haberkorn.com

Haberkorn GmbH
Profilsysteme
8054 Graz
Gradnerstraße 145
T +43 316 / 25 33 40 - 0
info.profilsysteme@haberkorn.com

Unico Haberkorn AG
CH - 9442 Berneck
Musterplatzstrasse 3
T +41 71 / 74 74 920
F +41 71 / 74 74 930
www.unico-haberkorn.ch

Haberkorn s.r.o.
CZ - 747 62 Mokré Lazce
Generála Vlachého 305
T +420 553 / 75 71 11
F +420 553 / 75 71 01
www.haberkorn.cz

Haberkorn s.r.o.
SK - 917 01 Trnava
Zavarská 10/B
T +421 33 / 591 46 00
F +421 33 / 591 46 01
www.haberkorn.sk

Haberkorn Sp. z o.o.
PL - 44-348 Skrzyszów
ul. Powstańców Śląskich 238
T +48 32 / 459 79 99
F +48 32 / 459 79 98
www.haberkorn.pl

Haberkorn Kft.
H - 1087 Budapest
Asztalos Sándor u. 9-12
T +36 1 / 30 30 325
F +36 1 / 30 30 262
www.haberkorn.hu

Haberkorn d.o.o.
SI - 2000 Maribor
Vodovodna ul. 7
T +386 2 / 32 06 710
F +386 2 / 32 06 730
www.haberkorn.si

Haberkorn d.o.o.
HR - 10431 Sveta Nedelja
Dr. Franje Tudmana 16
T +385 1 / 33 35 870
F +385 1 / 33 73 902
www.haberkorn.hr

Haberkorn Eood
BG - 1360 Sofia
ul. Adam Mizkewitsch Nr. 4a
T +359 2 / 827 05 61
F +359 2 / 827 33 54
www.haberkorn.bg

Haberkorn d.o.o.
RS - 21203 Veternik
Kralja Petra I 59
T +381 21 / 820 071
F +381 21 / 820 188
www.haberkorn.rs

www.haberkorn.com

HABERKORN
EINFACH BESSER