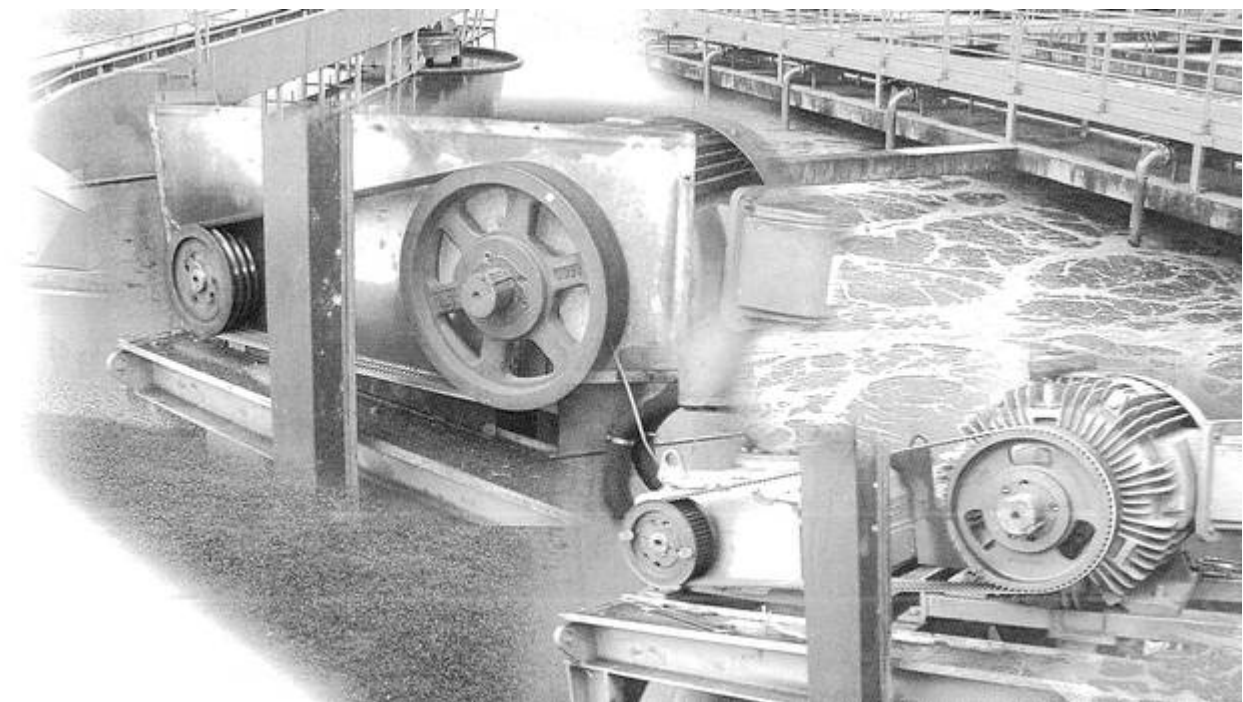


Energieeffizientes Betreiben von Lüfteranlagen

Einsparpotentiale durch Umbau von Keilriemen auf Zahnriemen

1. Einführung

Lufttechnische Anlagen mit Riemenantrieben aller Art sind in Unternehmen verschiedenster Branchen zu finden. Lebensmittelerzeuger, Krankenhäuser und Pharmaunternehmen sind nur einige der Betreiber solcher Anlagen. Eingesetzt werden unterschiedliche Auslegungen von der Kleinanlage bis hin zu komplexen Systemen. Viele Erstausrüster verwenden vor allem aus Kostengründen Keilriemen für die Kraftübertragung, wobei auch Synchronriemenantriebe eine Reihe von Vorteilen bieten.



2. Vorteile von Synchronriemenantrieben

2.1. Wirkungsgrad

Hauptvorteil von Synchronriemen ist der hohe **Wirkungsgrad**. Der Wirkungsgrad eines Antriebssystems ist Maß für den Leistungsverlust, der durch Motor, Lager und Riemenantrieb entsteht. Durch eine Minimierung der Leistungsverluste in System können die Betriebskosten des Antriebs spürbar reduziert werden.

Der **Wirkungsgrad** wird durch folgende Gleichung definiert:

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{abgegebenes Drehmoment} / \text{Abtriebsdrehzahl}}{\text{zugeführtes Drehmoment} / \text{Antriebsdrehzahl}}$$

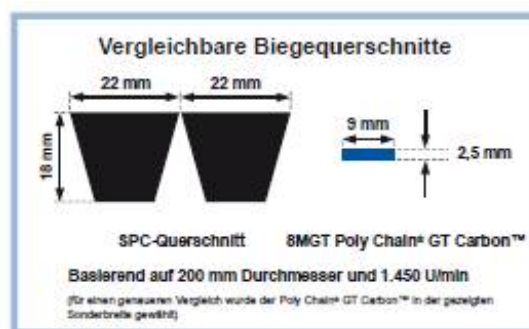
Diese Gleichung zeigt, dass Energieverluste bei Riemenantrieben in Drehmoment- oder Drehzahlverluste eingeteilt werden können. Drehmomentverluste resultieren aus der Energie, die benötigt wird, um den Riemen um die Scheibe zu legen. Energieverluste in Form von Wärme (Reibung) vermindern ebenfalls das Drehmoment. Drehzahlverluste sind die Folge von Durchrutschen der Riemen auf Grund unzureichender Reibung und unvermeidlichem Riemenschlupf.

Synchronriemen können aufgrund des formschlüssigen Eingriffs der Zähne in die Zahnscheibe nicht durchrutschen. Keilriemen rutschen immer dann durch, wenn die Vorspannung für die Übertragung einer Last nicht ausreicht.

Der Riemenschlupf ist die Differenz zwischen der Drehbewegung des Riemens und der Drehbewegung der Scheibe.

Riemenschlupf entsteht durch die allmähliche Dehnung des Riemens aufgrund der Riemen Spannung. Der Riemenschlupf ist in der Regel für einen Verlust von 0,5% der Drehzahl der angetriebenen Scheibe verantwortlich.

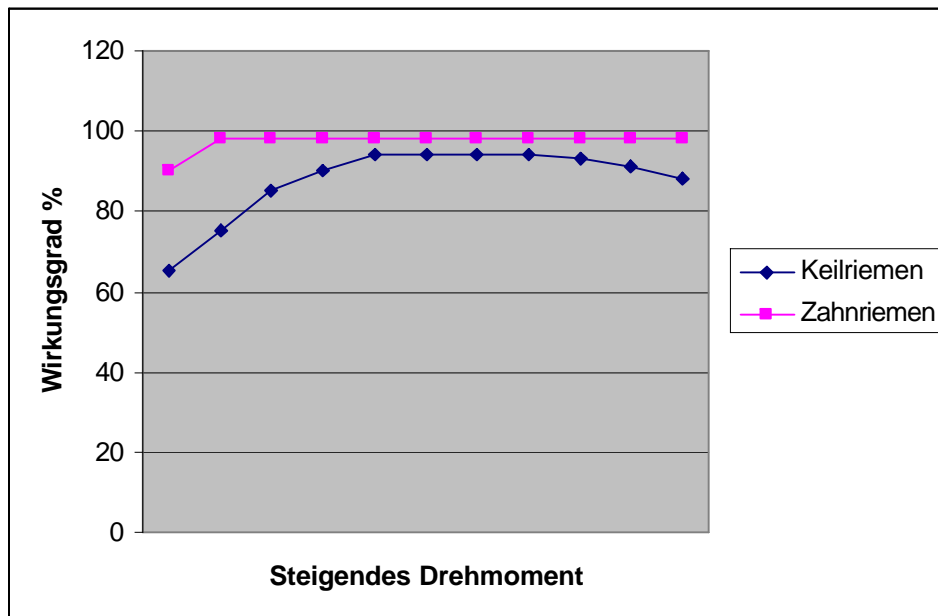
Da Keilriemen normalerweise einen größeren Querschnitt als Synchronriemen aufweisen, verbraucht das Biegen des Riemens um die Scheibe mehr Energie:



Keilriemen nutzen auch die Verkeilung mit der Scheibe. Dabei entsteht durch die Reibung zwischen der Seitenwand des Riemens und der Oberfläche der Scheibenrinne Reibungsverlust. Dieser Wärmeverlust ist größer als der Verlust, der aus der minimalen Rollreibung der in die Verzahnung eingreifenden und sich lösenden Riemenzähne resultiert.

Keilriemenantriebe rutschen, speziell bei mangelhafter Wartung.
Synchronriemen arbeiten formschlüssig und rutschen nicht.

Obwohl fachgerecht gewartete Keilriemenantriebe zum Zeitpunkt der Installation mit Wirkungsgraden von ca. 95% arbeiten können, verschlechtert sich der Wirkungsgrad während des Betriebs in der Regel um 5-7%.



Schlecht gewartete Keilriemenantrieb können sogar bis zu 10% ihres Wirkungsgrades verlieren, wobei Synchronriemenantriebe ihren Wirkungsgrad von 98% oder größer während der gesamten Lebensdauer des Riemens aufrecht erhalten.

2.2. Geringerer Wartungsaufwand

Synchronriemen besitzen nicht nur einen höheren Wirkungsgrad als Keilriemenantriebe sondern erfordern unter Umständen auch einen deutlich niedrigeren Wartungsaufwand. Synchronriemen dehnen sich nur minimal und verursachen somit keinen Wartungsaufwand für das Nachspannen bzw. für die Kontrolle der Spannung.

3. Beispiele

3.1. Umrüstung einer Lüfteranlage bei einem Pharmaunternehmen

Betriebsdauer: 6650h/Jahr
Energiekosten: 0,085€/kWh

Daten vor dem Umbau:

Motor:	7,5KW Stern / Dreieck
Riemen:	2 Stück Keilriemen SPA 3000 (LP 53,20 Euro/St.)
Drehzahl Motor:	1464 1/min gemessen
Riemenscheibe Motor:	Durchmesser 190mm SPA (LP 43,70 Euro/St.)
Drehzahl Lüfter:	532 1/min gemessen
Riemenscheibe Lüfter:	Durchmesser 510mm SPA (LP 180,00 Euro/St.)
Achsabstand:	950 mm
Spannweg:	ca. 60mm
Stromverbrauch der Anlage	62510 kWh/Jahr

Wartung / Nachspannen:	alle 4 Wochen à 30 Minuten
Wechsel Keilriemen:	alle 8 Monate à 40 Minuten
Stundensatz für Montage / Wartung:	40,00 Euro / Stunde
Energiekosten p.a.:	5313.-€
Wartungskosten p.a.	386,40 €
Materialkosten p.a.	377,20 €

Daten nach dem Umbau

Motor:	7,5KW mit FU (kundenseitig umgerüstet)
Riemen:	Zahnriemen 8MGTC-2520-12 (LP 126,10 Euro/St.)
Drehzahl Motor:	1464 1/min gemessen
Riemenscheibe Motor:	8M 36 S12 (LP 55,92 Euro/St.)
Drehzahl Lüfter:	474 1/min gemessen
Riemenscheibe Lüfter:	8M 112 S21 (LP 297,41 Euro/St.)
Achsabstand:	959 mm
Stromverbrauch der Anlage	51205 kWh/Jahr (Einsparung; 18,1%)
Energiekosten p.a.	4.352.-€
Aufwand für Umrüstung:	46,67€
Material für Umrüstung	479,45 €
	Amortisation nach 7 Monaten
Einsparung Jahr 1:	1198,48 €
Einsparung Jahr 2 ff:	1724,6 €

3.2. Umbau einer Lüfteranlage bei einem Lebensmittelproduzenten (Paniermehl)

Betriebsdauer: 8736h/Jahr
Energiekosten: 0,10€/kWh

Daten vor dem Umbau:

Motor:	55kW Stern / Dreieck
Riemen:	6 Stück Keilriemen SPB 3350 (LP 112,10 Euro/St.)
Drehzahl Motor:	1489 1/min gemessen
Riemenscheibe Motor:	Durchmesser 250mm SPB 6-rillig (LP 266,80 Euro/St.)
Drehzahl Lüfter:	1861,3 1/min gemessen
Riemenscheibe Lüfter:	Durchmesser 200mm SPB 6-rillig (LP 165,20 Euro/St.)
Achsabstand:	1306,3mm
Spannweg:	+100 / -120mm
Stromverbrauch der Anlage	522260 kWh/Jahr

Wartung / Nachspannen:	alle 6 Wochen à 30 Minuten
Wechsel Keilriemen:	alle 12 Monate à 40 Minuten
Stundensatz für Montage / Wartung:	42,00 Euro / Stunde
Energiekosten p.a.:	52226.-€
Wartungskosten p.a.	196,00 €
Materialkosten p.a.	672,60 €

Daten nach dem Umbau

Motor:	55kW mit FU (kundenseitig umgerüstet)
Riemen:	Zahnriemen 14MGTC-3136-37 (LP 937,34 Euro/St.)
Drehzahl Motor:	1489 1/min gemessen
Riemenscheibe Motor:	14M-44S-37 (LP 311,61 Euro/St.)
Drehzahl Lüfter:	1819,9 1/min gemessen
Riemenscheibe Lüfter:	14M-36S-37 (LP 367,54 Euro/St.)
Achsabstand:	1287,9mm
Stromverbrauch der Anlage	482.623 kWh/Jahr (Einsparung: 7,6%)
Energiekosten p.a.	48262,30.-€
Aufwand für Umrüstung:	58,33 € (=70 min x 50.-€/Std)
Material für Umrüstung	1616,49 € Amortisation nach 5 Monaten

Einsparung Jahr 1:	3157,48 €
Einsparung Jahr 2 ff:	4832,30 €

4. Prüfungskriterien:

4.1. Antriebskonstruktion:

Luftechnische Anlagen sind oftmals nicht sehr stabil gebaut, was für Keilriemenantrieb nicht sonderlich problematisch ist; Zahnriemenantriebe jedoch reagieren sehr empfindlich auf sich verändernde Achsabstände. Insbesondere beim Motoranlauf erbringen die Wechselstrommotoren häufig 200-400% ihrer Nennleistung. Keilriemen kompensieren diese Anlaufleistungen, indem Sie durchrutschen und somit einen Kupplungseffekt erzeugen. Zahnriemen rutschen nicht, sondern müssen das höhere Moment beim Anlauf übertragen. Ist die Konstruktion nicht stabil genug können sich die Achsen in diesem Moment aufeinander zu bewegen mit möglichen Folgeschäden für Lager, Achsen aber evtl. auch für den Riemen durch Zahnübersprung.



Speziell bei Anlagen mit kurzen Zykluszeiten ist ein besonderes Augenmerk auf die Anlaufdrehmomente zu richten. Antriebe, die ständig laufen, müssen das Anlaufdrehmoment relativ selten aushalten und sind, selbst wenn hohe Anlaufdrehmomente und geringe Festigkeit zusammentreffen, wenig anfällig.

Ideale Voraussetzung sind Motoren mit Softstart oder mit FU

Merkmale für eine stabile Konstruktion:

1. Motor und Gebläse sind auf Betonfundament montiert
2. Motor ist an den Trägern der Gebläsehalterung befestigt
3. doppelt verschraubte Motoraufnahmen
4. Gebläse und Motor sind auf den selben schwingungsdämpfenden Lagern montiert.

Bei weniger geeigneten Konstruktionen können evtl. konstruktive Verstärkungen umgesetzt werden, um einen Umbau möglich zu machen.

Eine gründliche Inspektion des vorhandenen Riementriebs beim Anlauf wird empfohlen. Werden dabei keine ungewöhnliche Schwingungen am Riementrum erkenntlich, so kann i.d.R. ohne zusätzliche Versteifung der Konstruktion ein Synchronriemenantrieb benutzt werde.

4.2. Betriebsgeräusche

Für das Geräusch, das ein Antrieb erzeugt, kann eine Vielzahl von Komponenten ursächlich sein. Nahezu jedes bewegte Teil in einem System kann Geräusche erzeugen und laut werden, z.B. Lager, Motoren und Riemen.

Bei der Lösung von Geräuschproblemen sind auch mögliche Laufgeräusche von anderen Komponenten einzubeziehen. Zu kleine, schlecht geschmierte, ausschlagende oder nicht fluchtende Lager können Geräusche erzeugen. Auch drehende, die Luft bewegende Komponenten können laut sein. Eine instabile Konstruktion kann unter Last nachgeben.

Durch die Fehlausrichtung des Riemens beginnt der Riemen zu schlagen und wird dadurch laut. Synchronriemenantriebe können im Gegensatz zu anderen Antriebssystemen sehr hohe Betriebsgeräusche verursachen.

Jeder Synchronriemen gibt im Takt des Ein- und Ausgriff der Zähne in die Zahnscheibe Geräusche von sich. Das Riemengeräusch nimmt mit Riemenspannung und Interferenz zu, d.h. je besser ein Riemen gespannt und ausgerichtet ist, desto leiser wird der Antrieb laufen.

Maßnahmen zur Geräuschdämmung:

1. **Riemengeschwindigkeit:** Da das Betriebsgeräusch i.d.R. mit zunehmender Riemengeschwindigkeit steigt, kann es ratsam sein mit kleineren Scheibendurchmessern die Geschwindigkeit zu reduzieren. Es ist dabei aber darauf zu achten, dass die Scheiben nicht sehr viel kleiner als die ursprünglichen Keilriemenscheiben gewählt werden, da dies wiederum zu einer erhöhten Belastung der Achsen und Lager führen wird.
2. **Riemenbreite:** Riemengeräusche nehmen mit entsprechender Breite zu. Mit der Auswahl von Hochleistungsriemen können bei gleicher Leistung schmalere Riemen gewählt werden, die somit die Geräuschentwicklung reduzieren.

4.3. Gebläsedrehzahl

Lufttechnische Anlagen sind insofern einzigartig, als eine kleine Veränderung bei der Drehzahl der angetriebenen Welle weitreichende Folgen für die Anwendung haben kann. Das umgewälzte Luftvolumen reagiert empfindlich auf Veränderungen bei der Gebläsedrehzahl. Aus der Gebläsegeschwindigkeit leitet sich auch der Strombedarf ab. Um den günstigen Energieverbrauch von Synchronriemenantrieben auszunutzen, ist es wichtig, dass der Riemenantrieb für die gewünschte Antriebsdrehzahl ausgelegt ist.

Bei der Berechnung von Zahnriemenantrieben sollte die tatsächlich gemessene Drehzahl des ursprünglichen Keilriemenantriebs zu Grunde gelegt werden und nicht die aus den Scheibendurchmessern berechnete.

Der Strombedarf für Gebläse verändert sich in der dritten Potenz mit der Drehzahl. D.h. eine kleine Änderung der Gebläsedrehzahl erzeugt eine sehr viel größere Änderung beim Strombedarf.



Beispiel:

Die tatsächliche Gebläsedrehzahl wird von 1.100 U/min auf 1.125 U/min erhöht. Die Leistung bei 1.100 U/min beträgt 25KW. Zur Berechnung des neuen Leistungsbedarfs wird folgende Formel herangezogen:

$$LUFTSTROM \text{ Endwert} = LUFTSTROM \text{ Anfangswert} \cdot \frac{DREZAHL \text{ Endwert}}{DREZAHL \text{ Anfangswert}}$$

$$DRUCK \text{ Endwert} = DRUCK \text{ Anfangswert} \cdot \left[\frac{DRUCK \text{ Endwert}}{DRUCK \text{ Anfangswert}} \right]^2$$

$$LEISTUNG \text{ Endwert} \cdot \left[\frac{LEISTUNG \text{ Endwert}}{DRUCK \text{ Anfangswert}} \right]^3$$

$$KW \ 2 = 25 \cdot \left[\frac{1125}{1100} \right]^3 = 26,7 \text{ kW}$$

Daraus folgt, dass eine Erhöhung der Gebläsedrehzahl um lediglich 2,3%, einen um 7% erhöhten Leistungsbedarf zur Folge hat.

Ein Riemenantrieb, der die Gebläsedrehzahl erhöht führt also zu deutlich höheren Energiekosten. Bei der Umrüstung eines Keilriemenantriebs darf der Synchronriemenantrieb also nicht anhand der Scheibendurchmesser errechnet werden. Da die tatsächliche Gebläsegeschwindigkeit wahrscheinlich aus Gründen des Riemenschlupfes deutlich geringer ist, muss zur Berechnung nach Möglichkeit immer die Drehzahl der Gebläsewelle herangezogen werden.

Die angenommene und die tatsächliche Drehzahl eines Keilriemens unterscheiden sich erfahrungsgemäß um 5%. Dieser Wert kann auch als Anhaltspunkt herangezogen werden.

5. Zusammenfassung

Synchronriemen können bei richtiger Auslegung und ausreichender Stabilität der Antriebseinheiten einige Vorteile gegenüber Keilriemen bieten. Diese Vorteile führen zu wesentlich geringerem Energieverbrauch, können nahezu wartungsfrei betrieben werden und reduzieren die Gesamtkosten des Riementriebs signifikant.

Gerne beraten und unterstützen wir auch Sie bei der Optimierung oder Umrüstung Ihrer Anlage.

Schäfer-Technik GmbH
Bleichstraße 24
89077 Ulm
0731/96622-0
0731/9662-51
info@schaefer-technik.de
www.schaefer-technik.de

6. Weitere Energieeinsparung durch die richtige Lagerung

CON Centra Rollenlagereinheit



Vorteile:

- Einfache und schnelle Montage
- Vorbereitung für CoMo Sensoren
- Montage und Demontage von gleicher Seite
- Niedrigere Mindestbelastungen
- Höhere Loslagerverschiebung
- Niedrige Betriebskosten / Senkung der Energiekosten

Beispiel:

Umbau von Stehlagergehäusen mit Zweilippendichtung auf SYNT
D= 50mm, 2500 1/min

- Reduziert die Reibung bis zu 30%
- Schmierung: 100 Einheiten (D = 50mm) sparen ca. 24 kg
- Fettfrei, sofern nachschmierfreie Lagerung



7. Arbeitsblatt zur Beurteilung von Antrieben und möglichen Energieeinsparungen

Datum:
Kunde:
Anzahl Antriebe:

Antrieb

Typ und Bezeichnung
Nennleistung kw
Drehmoment Nm
Nenn Drehzahl 1/min
Var. Drehzahl min. max.
Wellendurchmesser mm
Wellenlänge mm
Achsabstand mm
min max
Temperatur C°
Umgebungsmedien Öl usw.

Abtrieb

Typ und Bezeichnung
Spitzenleistung kw
max. Drehmoment Nm
Nenn Drehzahl 1/min
Var. Drehzahl min. max.
Wellendurchmesser mm
Wellenlänge mm
Vorspannung
Motor J/N Spannrolle J/N
Temperatur C°
Umgebungsmedien Öl usw.

Daten zur Berechnung der Energieeinsparung

Betriebsstunden pro Tag
Betriebsstunden pro Jahr
Energiekosten je KW-Stunde
Lohnkosten Wartung je Stunde
Wartungshäufigkeit je Jahr
Kosten Produktionsausfälle / Stunden

Anlagenstatus

Motorbefestigung doppelt verschraubte Basis J/N
Feste Konstruktion J/N
Motor auf Blech befestigt J/N
Motorbasis beweglich / drehbar J/N