

00017405

Bild 1 · Breitstreckwalze mit Hybrid-Rillenkugellager

Werkfoto: Metalspray-Intech

Breitstreckwalzen befinden sich in der Nass- und Trockenpartie von Papiermaschinen. Aber auch in der Veredelung und Weiterverarbeitung werden diese Baugruppen eingesetzt. Sie haben bei der Papier-, Textil- und Folienherstellung die Aufgabe, das erzeugte Bahnprodukt glatt und längsfaltenfrei zu führen.

Die Standzeit der Walzen hängt direkt von der Gebrauchsdauer der Lagerung ab. Für die schwierigen Betriebsbedingungen werden besondere Lagerausführungen, Dichtungen und Schmiersysteme benötigt.

Die Schaeffler Gruppe liefert eine Lösung mit Hybrid-Rillenkugellagern. Bei diesen Wälzlagern sind die Ringe aus Wälzlagerstahl und die Kugeln aus Keramik. Mit den entsprechenden Dichtungen und einem geeigneten Schmierstoff erreichen die Wälzlager eine lange Gebrauchsdauer und ermöglichen damit eine hohe Wirtschaftlichkeit. Im Vergleich zu Standard-Rillenkugellagern erhöht sich die Gebrauchsdauer um bis zu Faktor 3.

## Umgebungsbedingungen

Papiermaschinen laufen in der Regel täglich 24 Stunden, mehr als 350 Tage im Jahr. Steht die Maschine außerplanmäßig still, entstehen Zusatzkosten in Höhe von mehreren Tausend Euro pro Stunde. Alle Bauteile müssen sehr zuverlässig sein. Eine lange Gebrauchsdauer wird ebenfalls gefordert. Für herkömmliche Rillenkugellager in Breitstreckwalzen wurde eine Ermüdungslebensdauer von weit über 100 000 Stunden errechnet.

In der Praxis werden jedoch oft nur Standzeiten von deutlich weniger als 20 000 Stunden erreicht. Im Nassbereich sind sie die Umgebungstemperaturen der Walzen circa 40 °C, im Trockenbereich mit Infrarot-Trocknung bis zu 180 °C. Üblicherweise werden die Walzen durch die Produktbahn angetrieben mit Bahngeschwindigkeiten bis zu 2 200 m/min, im Bereich der Veredelung bis zu 3 600 m/min.

Diese Bahngeschwindigkeiten führen abhängig vom Walzendurchmesser zu Drehzahlkennwerten ( $n \cdot d_M$ ) von 200 000  $\text{min}^{-1} \cdot \text{mm}$  bis 1 000 000  $\text{min}^{-1} \cdot \text{mm}$ .

## Aufbau Breitstreckwalze

Breitstreckwalzen bestehen aus einer feststehenden Achse, die symmetrisch zu ihrer Längsachse gebogen ist. Um diese Achse dreht sich der Walzenmantel. Der Walzenmantel besteht aus Stahlrohrsektionen mit gleichem Durchmesser, *Bild 2*. Dadurch kann er der gekrümmten Achse

folgen. Jede Sektion ist mit einem Rillenkugellager freidrehend und winkelbeweglich gelagert. Spezielle Walzenendabdichtungen schützen die Lager vor Feuchtigkeit und Schmutz.

Je nach Einsatzbereich haben die Sektionen eine gemeinsame Gummiummantelung. Diese Ummantelung ist leicht und flexibel. Die Walze wird durch den Bahnzug bei einem Umschlingungswinkel von maximal 30° nur gering belastet.

## Technische Daten

■ Walzendurchmesser	285 mm
■ Walzenlänge	8 150 mm
■ Sektionslänge	380 mm
■ Sektionsgewicht	15 kg
■ Geschwindigkeit	1 300 m/min
■ Drehzahl	1 452 $\text{min}^{-1}$
■ Bahnzug	2 000 N/m
■ Umschlingung	30°
■ Walzentemperatur	+150 °C.

## Belastung, Drehzahl

Bei Umschlingung im unteren Walzenbereich ergibt sich ein Bahnzug nach oben und die Lagerbelastung wird reduziert. Die so reduzierte Hertz'sche Pressung zwischen Kugel und Lagerring bewirkt, dass die Antriebskräfte nicht mehr ausreichen, um den Kugelkranz in Drehung zu versetzen oder zu halten. Das Gleiten der Kugeln ist die technische Herausforderung dieser Lagerung. Durch diesen Schlupf wird der Schmierfilm zwischen Kugel und Wälzlagering stark belastet.

Im Extremfall reißt der Schmierfilm, Kugel und Wälzlagering berühren sich. Bei Standard-Rillenkugellagern mit Stahlkugeln wird durch die hohe Adhäsionsneigung der Werkstoffpaarung Stahl – Stahl der Verschleiß begünstigt und damit die Lebensdauer deutlich reduziert.

Die Lagerbelastung ergibt sich aus Belastung durch:

- Walzengewicht = 150 N
- Bahnzug von  $2 \cdot 2 000 \text{ N/m} \cdot \sin 15^\circ \cdot 0,38 \text{ m}$ .

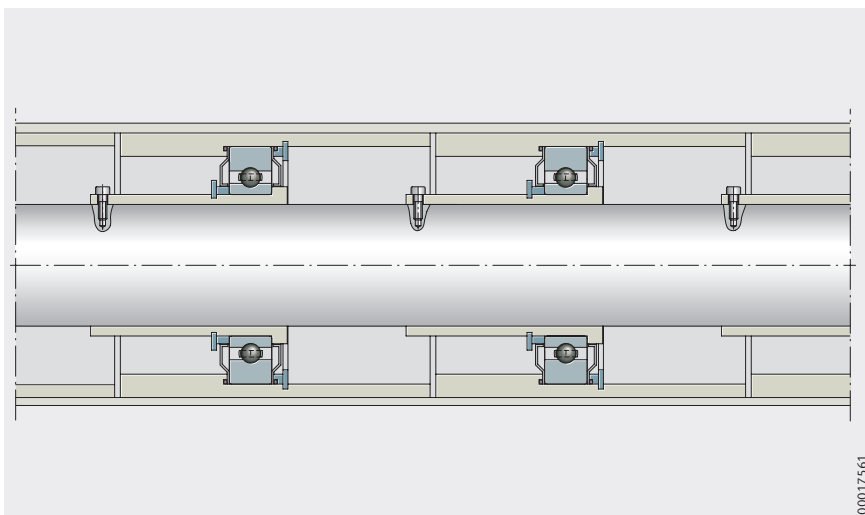
Die dynamisch äquivalente Belastung des Lagers P ist dann 540 N. Werden die Lager bei Geschwindigkeiten von  $v = 3 600 \text{ m/min}$  verwendet, liegt der Drehzahlkennwert  $n \cdot d_M$  bei  $860 000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$ .

## Lagerwahl

Die neue Lagerung sollte deutlich wirtschaftlicher sein. Die Teilanforderungen an die Lager sind:

- Leichtgängigkeit durch möglichst wenig zu beschleunigende Massen
- Langlebigkeit durch Vermeidung von Schlupf
- Verwendung von genormten Lagerkomponenten.

Um unter den schwierigen Betriebsbedingungen eine befriedigende Gebrauchsdauer zu erreichen, werden Hybrid-Rillenkugellager eingesetzt. Jedes Einzelrohrelement der Breitstreckwalze wird durch ein Spezial-Rillenkugellager F-HC804557.07.KL abgestützt, *Bild 3*.



*Bild 2* · Jedes Einzelrohrelement wird durch ein Hybrid-Rillenkugellager abgestützt



*Bild 3* · Hybrid-Rillenkugellager mit Ringen aus Wälzlagerstahl, Kugeln aus Siliziumnitrid

Die Lagerabmessungen sind (d×D×B) 190×260×33 mm.

Im Vergleich mit einem Standardlager hat dieses Kugellager einen dünnen Innenring, einen stabilen Außenring, kleine Keramikkugeln aus Siliziumnitrid  $\text{Si}_3\text{N}_4$  und einen Stahlblechkäfig. Der massive Außenring hat den Vorteil, dass er dem dünnen Walzenmantel zusätzlich Steifigkeit und Formgenauigkeit verleiht.

Um die rotierenden Massen (Kugelkranz) zu verringern, sind nur halb so viele Kugeln montiert. Für die einzelne Keramikkugel bedeutet dies eine höhere Belastung, wodurch die Schlupfgefahr reduziert wird.

### Lagerluft, Einbaupassungen

Durch unterschiedliche Bahnspannung verkippen die Einzelrohrelemente zueinander. Die erforderliche Radialluft nach C3 lässt auch bei höheren Drehzahlen noch ein genügend großes Kippspiel zu.

Der Außenring sitzt mit der Toleranz M6 fest im Walzenmantel. Der Innenring ist mit der Toleranz h7 lose auf die feststehende Achse gepasst und kann so leicht montiert werden.

### Schmierung, Abdichtung

Der Schmierstoff wird wegen der kleinen Masse und der günstigen Kontaktgeometrie der Keramikkugeln nur gering beansprucht. Bei drehendem Außenring besteht je nach Fetttyp die Gefahr, dass das Grundöl aus dem Schmierfett austritt. Bewährte Dichtungselemente, die besonders auf Öldichtheit optimiert sind, halten das abgeschiedene Grundöl sicher im Lager.

### Vorteile Hybrid-Lager

Der Einsatz der Hybrid-Lager hat mehrere Vorteile:

- deutlich weniger Verschleiß beim Schlupf, da bessere tribologische Eigenschaften durch die günstige Werkstoffpaarung Stahl – Keramik
- geringere Reibung, dadurch wesentlich weniger Antriebsleistung erforderlich, *Bild 4*
- höhere Beschleunigung und Drehzahlen möglich durch geringere Massenkräfte
- erheblich weniger Vibration
- längere Fettstandzeit durch geringere Reibung und niedrigere Temperatur.

### Keramikkugeln

Keramikkugeln sind bei Mangel-schmierung und Schmierfilmriss besser geeignet als Stahlkugeln, weil die Materialkombination Stahl-Siliziumnitrid deutlich weniger Adhäsivverschleiß bewirkt.

Die um den Faktor 2,5 niedrigere Masse der Keramikkugeln und die Halbierung der Anzahl führen zu erheblich niedrigeren Massekräften des Kugelkranzes (Käfig mit Kugeln), *Bild 5*.

Eine schlupffreie Beschleunigung ist damit deutlich wahrscheinlicher. Zudem ist die Fliehkraft einer Keramik-kugel um circa 90% niedriger als bei einer Stahlkugel der ursprünglichen Größe. Der Elastizitätsmodul von Siliziumnitrid ist circa 50% höher als der von Wälzlerstahl. Daher haben Keramikkugeln eine kleinere Kontaktfläche. So entsteht weniger Reibung und es wird weniger Wärme erzeugt.

Durch die kleinere Kontaktfläche in Verbindung mit einer besonderen Bearbeitung der Laufbahnen werden die Gleitanteile reduziert. Außerdem wird die Versorgung mit Schmierstoff verbessert. Insgesamt ergibt sich eine längere Fettgebrauchsdauer.

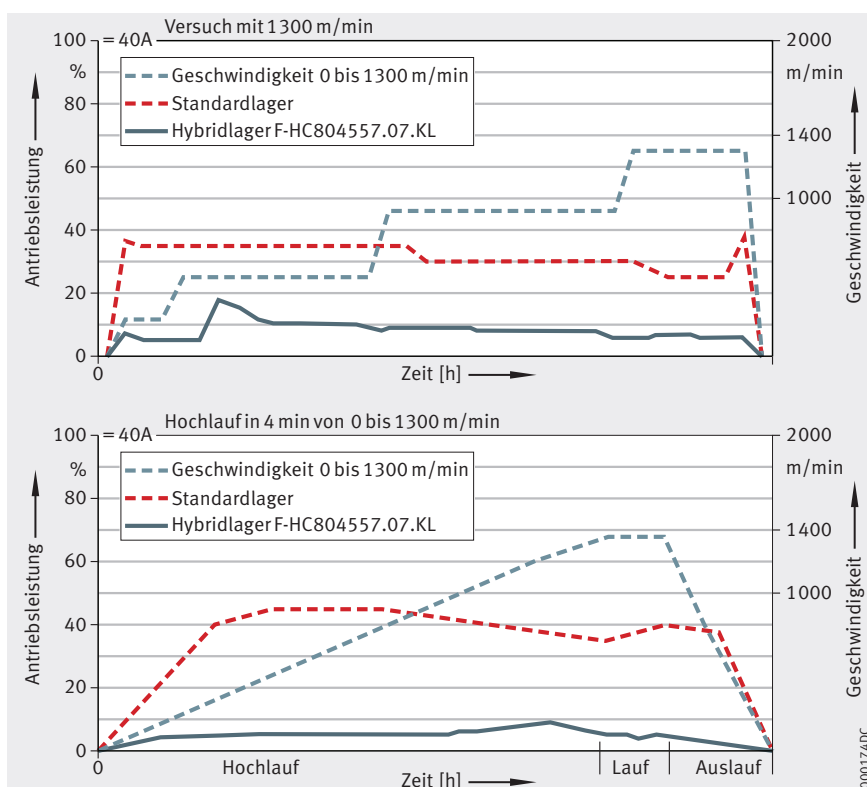


Bild 4 · Antriebsleistung und Geschwindigkeit beim stufenweisen und gleichförmigen Hochfahren der Papiermaschine

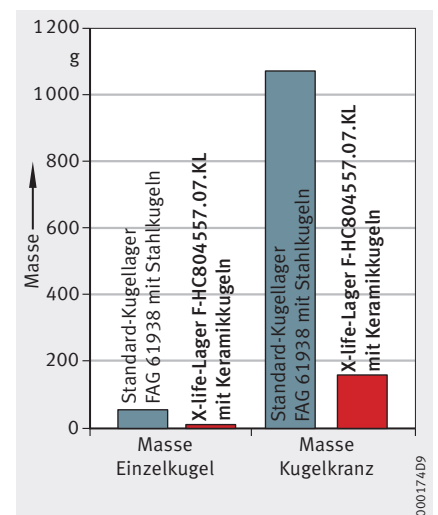


Bild 5 · Vergleich der Massen von Einzelkugeln und Kugelkranzen

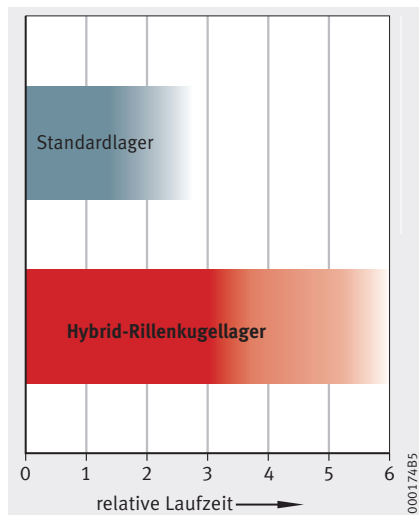
## Wirtschaftlichkeit

Die Systemkosten werden nur zu einem Teil durch die Beschaffungskosten für die Wälzlager und den Aufwand für die Umgebungsstruktur bestimmt. Wesentlich sind auch Betriebskosten, Reparaturkosten und Kosten für Ausfallzeiten.

Geringe Leistungsaufnahme und reduzierte Wartungskosten bewirken niedrige Betriebskosten.

Die Einsatzzeit der Breitstreckwalzen wird mit den Hybrid-Rillenkugellagern stark verlängert. Die Lager müssen viel seltener gewechselt werden, *Bild 6*.

Die Wartungsintervalle werden verlängert und Kosten für Maschinenstillstand, Walzenwechsel und Walzenreparatur gesenkt.



*Bild 6* · Gebrauchsdauer Hybrid-Rillenkugellager, verglichen mit Standardlagern

## Kundennutzen

Die bessere Wirtschaftlichkeit ergibt sich aus mehreren Faktoren:

- geringere Reibung und somit geringere Betriebstemperatur
- längere Lagerlebensdauer.

Der Einsatz der neuen Wälzlager führt dazu, dass die bisherige Gebrauchsdauer von drei Jahren auf über sechs Jahre erhöht wird. Auf sechs Jahre berechnet beträgt die Einsparung bei drei Walzen mehr als 30 000 Euro. Die Einsparung ist noch größer, denn die ebenfalls eingesparten Kosten für den Stillstand bei einem Walzenwechsel nach drei Jahren sind in diesem Betrag nicht berücksichtigt.

Die Vorteile durch den Einsatz von Hybrid-Lagern in Breitstreckwalzen werden sich zukünftig bei höherer Bahngeschwindigkeit oder höherem Bahnzug noch stärker auswirken.

## Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG

Heavy Industries  
Pulp & Paper  
Georg-Schäfer-Straße 30  
97421 Schweinfurt  
Telefon +49 9721 91-0  
Fax +49 9721 91-3435  
E-Mail pulp\_paper@schaeffler.com  
Internet www.fag.de