

Als weitere Vergleichslager wurden zwei Hartholzlager untersucht, **Bild 7**. Die Lager waren in Öl getränkt und liefen mit Fettschmierung. Die Reibungszahlen schwankten sehr stark, was auf die Wirkung von Mischreibung hinweist. Während einer

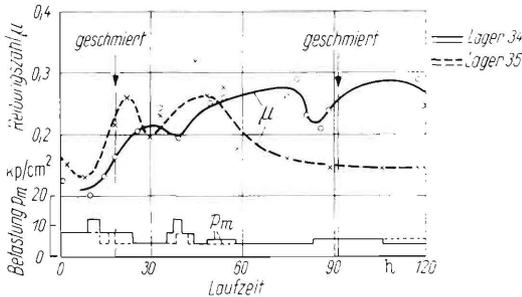


Bild 7. Reibungszahlen und Belastung von ölgetränkten Hartholzlagern aus Buchenholz mit Fettschmierung während der Laufzeit.

Lagerdurchmesser $d = 40$ mm Wellendrehzahl $n = 175$ U/min
Lagerbreite $b = 40$ mm Grenztemperatur $\vartheta_a = 100^\circ\text{C}$

Laufzeit von 120 Stunden mußten diese Buchenholzlager trotz niedriger Belastung zweimal nachgeschmiert werden. Das Quellen des Holzes machte ein Spiel von 0,6 mm, d. s. $15^0/00$ des Wellendurchmessers, erforderlich.

Zahlreiche Versuche wurden mit Fett geschmierten Lagern, die mit Kufalit-, Polyamid- und Vullkollanbuchsen ausgerüstet waren, durchgeführt. Es wurden hierbei sehr starke Schwankungen in der Leistungsfähigkeit festgestellt, je nachdem ob sich der Laufzustand der Lager mehr einem hydrodynamischen Schmierzustand oder einer trockenen Reibung zuneigte; alle Zustände sind möglich, sie sind jedoch bei Fettschmierung noch nicht einwandfrei zu beherrschen.

Als Beispiel mögen die in **Bild 8** gezeigten Diagramme von zwei mit einer Polyamidfolie ausgerüsteten und mit Fett geschmierten Lagern dienen. Es sind die gleichen Folienlager, wie sie auch bei den Trockenlaufversuchen verwendet wurden. Obwohl die beiden Lager unter den gleichen Bedingungen ar-

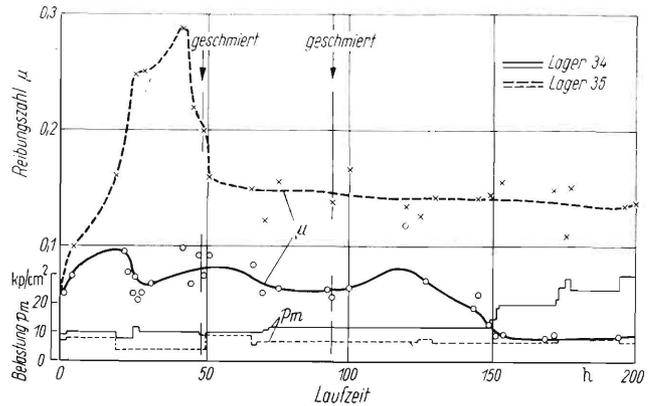


Bild 8. Reibungszahlen und Belastung von zwei mit Polyamidfolien (Nylatron GS) ausgestatteten Lagern während der Laufzeit. Die Lager wurden mit Fett geschmiert.

Lagerdurchmesser $d = 40$ mm Wellendrehzahl $n = 260$ U/min
Lagerbreite $b = 40$ mm Grenztemperatur $\vartheta_a = 70^\circ\text{C}$

beiten, ergeben sich vollständig verschiedene Reibungszahlen, die bei beiden Lagern sehr stark schwanken. Wegen der für beide geltenden gleichen Grenztemperatur waren die möglichen Belastungen auch sehr verschieden. Bei beiden Lagern waren die Folien noch am Ende des Versuches im guten Zustand, obwohl mindestens Lager 35 200 Stunden im Mischreibungsgebiet lief. Die Lager wurden beim Einbau und nach einer Laufzeit von 49 und 94 Stunden mit Fett geschmiert. Die Drehzahl betrug abweichend von den vorher beschriebenen Versuchen 260 U/min.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß auch Kunststofflager zur Verminderung der Lagerreibung nach Möglichkeit geschmiert werden sollten; das erhöht ihre Leistungsfähigkeit und ihre Lebensdauer. Ungeschmiert eignen sich diese Lager, mit Ausnahme von Sonderkonstruktionen, nur für sehr kleine Gleitgeschwindigkeiten oder geringe Belastungen. Bei aussetzendem Betrieb können die Belastungswerte gesteigert werden, denn der größte Feind der Lagerhaltbarkeit ist die Reibungswärme.

Stand der Wälzlager-technik im Landmaschinenbau und Entwicklungstendenzen

Von Leonhard Halliger, Schweinfurt

Wälzlager haben sich auch im Landmaschinenbau in den letzten Jahrzehnten gegenüber Gleitlagern mehr und mehr durchgesetzt und nehmen heute eine führende Stellung ein. Die weite Verbreitung der Wälzlager ist darin begründet, daß sie unter normalen Einbaubedingungen praktisch keinen Verschleiß haben. Ein weiterer beachtlicher Vorteil gegenüber Gleitlagern ist ihre einfache Wartung und der geringe Schmiermittelverbrauch. In bestimmten Fällen wird auch die Leistungersparnis durch Wälzlager eine Rolle spielen.

Die zum Teil preislich bedingten konstruktiven Besonderheiten des Landmaschinenbaues haben zur Entwicklung spezieller Lagereinheiten geführt, die unter dem Oberbegriff „Landmaschinenlager“ zusammengefaßt werden können und die in den Katalogen der meisten Wälzlagerhersteller einen besonderen Platz einnehmen.

Wälzlager in Landmaschinen Gebräuchliche Landmaschinenlager

Da die meisten Landmaschinen nachgiebige Blechwände haben, kann auf die im allgemeinen Maschinenbau übliche Trennung zwischen Fest- und Loslager verzichtet werden. Auch eine etwaige Verspannung der Lager führt innerhalb gewisser Grenzen nicht zur Überlastung und damit zum baldigen Ausfall der Lager.

Auf diese Weise ist es möglich, die einzelnen Bauteile der Maschinen ohne hohe Genauigkeit herzustellen. An die Lager werden eine Reihe Forderungen gestellt:

- Die Lager sollen einstellbar sein, damit Fluchtfehler ausgeglichen werden.
- Die Lager sollen auf der Welle leicht montiert werden können; man verwendet meist gezogene Wellen.
- Das Ausschlagen der Welle an der Lagersitzstelle sowie die Bildung von Passungsrost durch Wandern des Innenringes auf der Welle sollen möglichst vermieden werden.
- Die Lager sollen möglichst billig sein.

Es hat sich gezeigt, daß das in **Bild 1** dargestellte Pendelkugellager die beschriebenen Anforderungen gut erfüllt. Die Bohrungstoleranz dieser einstellbaren Lager ist abweichend von den üblichen Wälzlagertoleranzen zur Ausschußseite hin auf J7 verschoben worden. Der beidseitig verlängerte Innenring hat auf der einen Seite einen Schlitz, in den nach der Montage ein Stift zur Arretierung des Innenringes auf der Welle eingreift. Je

Dipl.-Ing. Leonhard Halliger ist Beratungsingenieur bei der Firma SKF Kugellagerfabriken GmbH, Schweinfurt, u. a. für das Fachgebiet Landmaschinen.

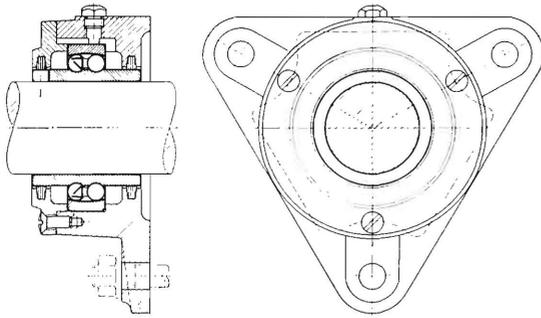


Bild 1. Flanschlagergehäuse und Pendelkugellager mit breitem Innenring.

nach den Belastungsverhältnissen können Lager der Reihe 112... oder der tragfähigeren Reihe 113... zur Anwendung gelangen¹⁾. Der gehärtete und geschliffene Innenring kann gleichzeitig als Lauffläche für eine schleifende Dichtung, wie die in Bild 1 gezeigten Filzringe, herangezogen werden.

Daneben gibt es Pendelkugellager mit kegeliger Bohrung und einer einfachen Klemmhülse (Lagerreihe 115). Trotz der Klemmhülse können Wellen mit dem gleichen Durchmesser wie für Lager mit zylindrischer Bohrung verwendet werden. Die Klemmhülse kann auf der dünnen Seite neben dem Schlitz zur Sicherung des Lagers auseinandergespreizt werden, wie dies aus **Bild 2** hervorgeht. Der Filzring schleift bei diesen Lagern auf der Welle. Durch Verwendung der Klemmhülsen können sich die Lager auf der Welle in axialer Richtung nicht bewegen. Die Lager sollten nur beim Auftreten geringfügiger Kräfte eingesetzt werden, wobei besonders darauf zu achten ist, daß die Wände, insbesondere bei großem Lagerabstand, genügend nachgeben können.

Werden höhere Ansprüche an die Lagerung gestellt, dann empfiehlt sich auch im Landmaschinenbau die Verwendung von Pendelkugellagern mit Spannhülsen bzw. Abziehhülsen sowie eine klare Aufteilung in Fest- und Loslager. **Bild 3** zeigt den Aufbau eines Flanschlagers für höhere Ansprüche.

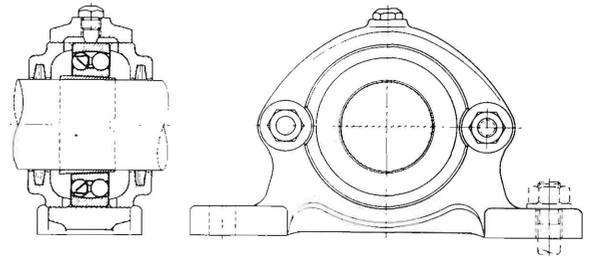


Bild 2. Stehlagergehäuse und Pendelkugellager mit Klemmhülse.

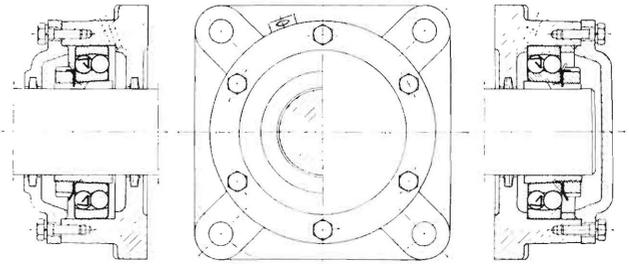
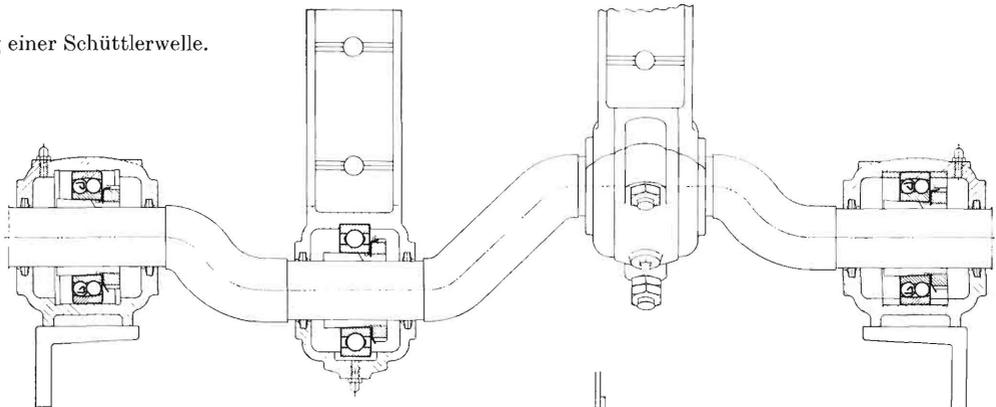


Bild 3. Flanschgehäuse mit Spannhülsenlager.
rechts: Festlager; links: Loslager

Schlitz ins Lager gelangt und der Filz durch die Schnittkante der Hülse beschädigt wird. Dieser Nachteil muß übrigens auch bei der in Bild 1 gezeigten Abdichtung in Kauf genommen werden.

So gut bei den im Landmaschinenbau vorkommenden Fluchtfehlern und bei den Verwindungen der Landmaschinen während des Betriebes Pendelkugellager geeignet erscheinen, ist dennoch auf einige Nachteile dieser Lager hinzuweisen. Bei erheblichen Schrägstellungen der Welle gegenüber der Gehäusebohrung atmen die Dichtungen, d. h., es wird ein ständiges Pumpen und Saugen stattfinden. Schleifende Dichtungen werden höher beansprucht als normal, und Schmutz wird in das Lagerinnere gefördert. Aber noch ein anderer wichtiger Gesichtspunkt kommt

Bild 4. Lagerung einer Schüttlerwelle.



Auch Rillenkugellager mit kegeliger Bohrung werden hin und wieder benötigt. Meist werden solche Lager auf Kurbelwellen montiert, **Bild 4**. In diesem Fall müssen die dazugehörigen Spannhülsen geteilt sein, weil sonst eine Montage auf den gekröpften Wellen ausgeschlossen ist.

Für die beschriebenen Lager werden von den Wälzlagerfirmen gußeiserne Steh- und Flanschlagergehäuse (Bild 1, 2 und 3) sowie eine Reihe von Spezial-Gehäusen (Bild 4) angeboten. Verschiedene Landmaschinenfirmen fertigen sich die Gehäuse selbst.

Neben Gußkonstruktionen sieht man auch einfache Blechgehäuse. Bei der in **Bild 5** gezeigten Bauart schleift der Filzring auf der einen Seite auf dem Hülsenmantel und auf der Gegenseite auf der Hülsenmutter. Die Praxis hat bewiesen, daß diese preiswerte Bauart zu befriedigenden Betriebsergebnissen führt. Allerdings besteht die Gefahr, daß Schmutz einseitig durch den

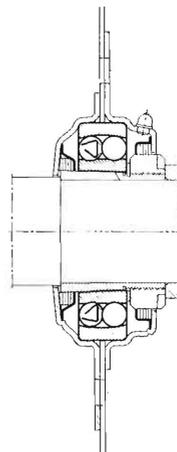


Bild 5. Blechflanschgehäuse.

¹⁾ DIN 630 Pendelkugellager (Mai 1960)

hinzu. Während des Betriebes können beachtliche Axialkräfte auf die Lager wirken, hervorgerufen durch äußere Kräfte oder starke Verwindungen der Maschine.

Pendelkugellager sind auf Grund der ungünstigen Schmiegunungsverhältnisse am Außenring zur Aufnahme von Axialkräften wenig geeignet. Anders verhält es sich mit Rillenkugellagern, wie aus Bild 6 klar hervorgeht. Diese Lager können in radialer und insbesondere in axialer Richtung wesentlich höher belastet werden als Pendelkugellager. Außerdem sind Rillenkugellager im Hinblick auf ihre Tragfähigkeit preisgünstiger als Pendelkugellager. Da es sich um starre Lager handelt, können Dichtungen direkt in normale Rillenkugellager verlegt werden. Hierauf wird später noch näher eingegangen werden.

Die angegebenen Gründe führen auch im Landmaschinenbau zu einer steigenden Beliebtheit der Rillenkugellager. Zwar muß auf die Vermeidung von Fluchtfehlern eine größere Sorgfalt verwendet werden. Dennoch ist eine gewisse Einstellbarkeit der Rillenkugellager vorhanden, insbesondere dann, wenn die Lager mit größerem Spiel geliefert werden.

Sonstige Lagerbauarten

Alle übrigen Lagerbauarten treten im Landmaschinenbau an Bedeutung hinter den bereits erwähnten Lagerarten zurück, soweit es sich nicht um Getriebe oder Radlagerungen handelt, die von den Landmaschinenfirmen selbst gefertigt werden. Als Anwendungsbeispiel für Zylinderrollenlager und Kegelrollenlager wird in Bild 7 eine Ritzellagerung gezeigt. Getriebe mit einer solchen Lageranordnung können für besonders hohe Belastungen eingesetzt werden, wie sie beispielsweise bei Bodenbearbeitungsmaschinen zu verwenden sind. Außerdem ermöglicht die Verwendung des Zylinderrollenlagers eine einfache Montage.

Hinzuweisen ist noch auf die interessante Schmierung der Lager. Das Öl wird vom Ritzel hochgeschleudert und sammelt sich in einer Mulde im Gehäuse. Von dort fließt es durch Bohrungen in den Raum zwischen den beiden Kegelrollenlagern. Durch die Fliehkraft der Käfige wird das Öl auf beiden Seiten der Kegelrollenlager nach außen geschleudert. Stauscheiben sorgen dafür, daß die Kegelrollenlager und das Zylinderrollenlager mit genügend Öl versehen sind und bei Inbetriebnahme nach einer längeren Stillstandszeit sogleich mit Öl versorgt werden. Das Ölstaurohr ist nur bei hochtourigen Lagerungen erforderlich, bei denen die Möglichkeit besteht, daß das Öl nicht schnell genug durch das Zylinderrollenlager abgeführt werden kann.

Während das Zylinderrollenlager nur radial belastet wird, müssen die Kegelrollenlager eine kombinierte Belastung aufnehmen. Je nach Höhe und Richtung der Belastung könnten statt der Kegelrollenlager auch gepaarte Rillenkugellager oder Schrägkugellager oder auch zweireihige Schrägkugellager zur Anwendung kommen.

Es ist darauf zu achten, daß die Schräglager so angestellt werden, wie es die jeweiligen Betriebsbedingungen verlangen. Da hierbei in der Praxis häufig Fehler gemacht werden, soll auf die Anstellung der Schräglager etwas näher eingegangen werden.

Anstellung von Kegelrollenlagern

Die Berechnung der nominellen Lebensdauer der Kegelrollenlager wird üblicherweise unter der Annahme durchgeführt, daß beim Auftreten der Betriebsbelastung die Hälfte der Kegelrollen unter Belastung steht. Die Belastung konzentriert sich auf weniger und weniger Rollen, je mehr Spiel zwischen Rollen und Laufbahnen vorhanden ist. Die Tragfähigkeit der Lagerung kann dadurch erheblich absinken. Aus diesen Überlegungen geht hervor, daß die Lagerung im Idealfall nicht nur spielfrei sein soll, sondern sogar ein bestimmtes negatives Lagerspiel aufweisen soll. Die notwendige Vorspannung hängt von verschiedenen Einflußfaktoren, wie Lagerart, Lagerreihe und -größe (wegen des Druckwinkels), Belastung sowie der Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenring und Gehäuse und Welle ab.

Bei der in Bild 8 dargestellten Lagerung werden die Ritzellager über den Innenring und die Kegelrollenlager auf der Abtriebswelle über den Außenring angestellt.

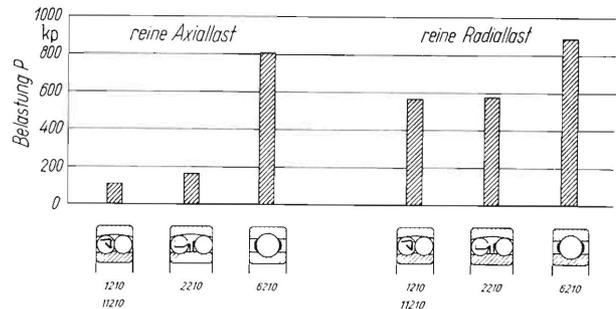


Bild 6. Axiale und radiale Belastbarkeit verschiedener Lagerbauarten.

Gegeben: nominelle Lebensdauer 1000 Stunden
Drehzahl $n = 500$ U/min

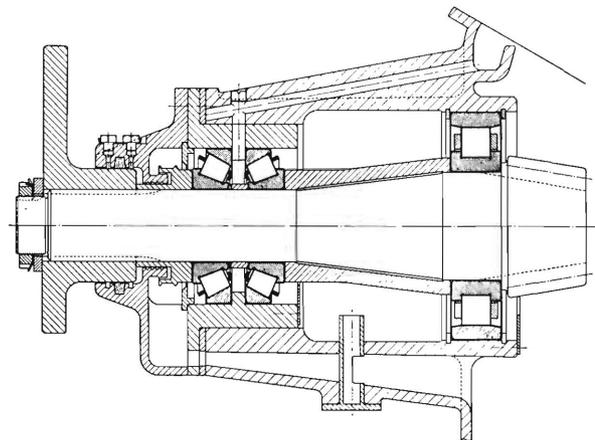


Bild 7. Ritzellagerung.

Ritzellagerung

Die Kegelrollenlager werden zuerst ohne Welle in das Gehäuse eingebaut und der Abstand zwischen den Innenringen wird gemessen. Die Anzahl der kalibrierten Beilagscheiben B ist so zu wählen, daß das gewünschte negative Spiel während des Betriebes erreicht wird. Das Anziehen der Wellenmutter kann ohne besondere Sorgfalt erfolgen.

Anders verhält es sich, wenn auf die Beilagscheiben verzichtet wird. In diesem Fall muß der spielfreie Zustand der Kegelrollenlager bei der Montage ermittelt werden, um die errechnete axiale Vorspannung exakt einhalten zu können. Da die rollende Reibung bei Wälzlagern sehr klein ist, steigt das Drehmoment beim Überschreiten des spielfreien Zustandes nur wenig an. Die Prüfmethode ist sehr empfindlich und ergibt bei Vorhandensein von schleifenden Dichtungen keine gleichbleibenden Meßwerte.

Eine bessere Möglichkeit, die Spielfreiheit zu kontrollieren, wird durch einen Anstellschlüssel erreicht, dessen Klauen zwischen die Rollen eingreifen, und der während der Montage hin und her bewegt wird.

Beim Erreichen der Spielfreiheit tritt zwischen den Rollen und den Laufbahnen gleitende Reibung auf. Das Drehmoment des Schlüssels steigt sprunghaft an. Bei der zuletzt genannten Einbau-Methode muß der Innenring des Kegelrollenlagers neben der Wellenmutter einen losen Sitz auf der Welle haben.

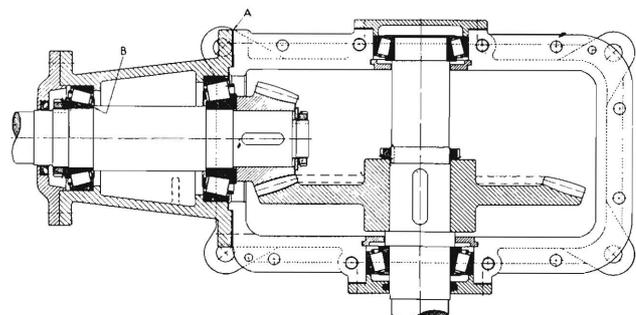


Bild 8. Lagerung eines Kegelradgetriebes.

Lagerung der Abtriebswelle

Bei den Kegelrollenlagern der Abtriebswelle wird die Anstellung über die Außenringe vorgenommen. Zu diesem Zweck werden zwischen das Gehäuse und die beiden Abschlußdeckel Distanzscheiben eingelegt. Im allgemeinen wird der Innenring etwas wärmer als der Außenring. Die Gefahr eines Heißlaufens bei falscher Anstellung ist bei den Lagern der Abtriebswelle mit nach innen gerichteten Drucklinien besonders groß.

Wenn die Welle aufgeheizt wird, beispielsweise durch einen benachbarten Riemenantrieb, ist dies bei der Anstellung zu berücksichtigen. Unter Umständen kann es richtig sein, wenn die Lagerung spielfrei oder sogar mit einem geringen positiven Spiel montiert wird. In Zweifelsfällen ist es besser, etwas mehr Spiel zu lassen als zu wenig. Die mit den Buchstaben „A“ bezeichneten Beilagscheiben dienen zur richtigen Einstellung der Zahnräder zueinander.

Die Anstellung von Schrägkugellagern läßt sich in gleicher Weise vornehmen.

Abdichtung von Wälzlagern

Die Abdichtung von Wälzlagern stellt im Landmaschinenbau in bezug auf die Lagerung das wichtigste Problem dar. Die Feststellung dürfte nicht übertrieben sein, daß mindestens 90% aller Landmaschinenlager infolge Verschmutzung vorzeitig ausfallen. Folgende Anforderungen werden an eine Abdichtung hauptsächlich gestellt:

1. Die zur Schmierung der Lager erforderliche Fettfüllung bzw. das im Lagerraum vorhandene Öl sollen am Austritt aus dem Lagerraum gehindert werden.
2. Schmutz und Feuchtigkeit sollen vom Lager ferngehalten werden. Verunreinigungen rufen Eindrückungen in den Laufbahnen und Wälzkörpern hervor und ergeben einen unerwünschten Verschleiß. Wasser und andere aggressive Medien verdünnen das Schmiermittel und setzen die Schmierfähigkeit herab. Außerdem tritt Korrosion auf, was gleichfalls zu einer Verminderung der Gebrauchsdauer der Wälzlager führt.
3. Die Abdichtwirkung soll im Laufe der Zeit nicht nachlassen.
4. Reibungsverluste und die damit verbundene Erwärmung sollen vermieden oder möglichst gering gehalten werden.

Zur Bewältigung dieser Aufgaben steht eine Vielzahl von Abdichtungen zur Verfügung. Es läßt sich manchmal gar nicht einfach entscheiden, wie die optimale Lösung eines Abdichtungsproblems aussehen muß. Sicher ist es möglich, durch die Kombination mehrerer Dichtungselemente das Austreten des Schmierstoffes und das Eindringen von Verunreinigungen vollständig zu verhindern. Ein solcher Dichtungsaufwand läßt sich jedoch im allgemeinen nicht ausführen, da z. B. nicht genügend Platz vorhanden ist, die Dichtung für Serienmaschinen zu teuer wird oder weil eine unzulässig hohe Reibung entsteht. Als Optimallösung ist deshalb eine Dichtung anzusehen, die bei geringstem Aufwand einen ausreichenden Dichtungseffekt für den betreffenden Einbaufall erzielt. Es soll nachstehend ein Überblick auf die zur Zeit üblichen Dichtungselemente gegeben werden.

Schleifende Dichtungen

Bei schleifenden Dichtungen sind die Fragen des Verschleißes, der Reibung und als Folge davon der Wärmeentwicklung besonders zu berücksichtigen. Schleifende Dichtungen sind hervorragend, aber sie müssen geschützt werden. Schon bei der Montage ist darauf zu achten, daß die Dichtung nicht beschädigt wird. Mitunter sind ziemlich enge Toleranzen erforderlich, und die Oberflächengüte muß besonders bei hohen Drehzahlen ausgezeichnet sein. Die Gleitflächen sind ausreichend mit Schmiermittel zu versorgen. Die Vor- und Nachteile der wichtigsten schleifenden Dichtungen werden nachfolgend kurz gestreift:

Radiale schleifende Dichtungen

Filzring

Der Filzring wird immer noch sehr häufig zur Abdichtung herangezogen, obwohl er bei stärkerem Schmutzanfall rasch ver-

schleißt. Er ist in den üblichen Steh- und Flanschlagergehäusen das Dichtungselement schlechthin.

Manchmal wird der Filzring durch einen Ring aus Kunststoff (z. B. Zellvulkollan) mit gutem Erfolg ersetzt. Dabei ist jedoch zu beachten, daß erhöhte Anforderungen an die Form und die Toleranzen der Kunststoffringe und der Einstechnuten im Gehäuse gestellt werden, weil wegen der geringeren Kompressibilität das Reibungsmoment sonst sehr hoch werden kann.

Manschettendichtungen

Bereits seit langem stellen Manschettendichtungen (Lippendichtungen) ein bewährtes Dichtungselement dar. Es ist darauf zu achten, daß die Gleitfläche der Dichtlippe genügend mit Schmiermittel versehen ist. Bei Vorhandensein von viel Staub ist öfters nachzuschmieren, damit die Lippe nicht schnell abgeschmiergelt wird. Manschettendichtungen werden auch vielfach eingesetzt, um den Austritt von Öl, z. B. bei Getrieben, zu verhindern.

O-Ringe

O-Ringe sind weniger empfehlenswert, da sie nur bei geringen Drehzahlen verwendet werden können und auch dann nur, wenn die übrigen Bauteile mit hoher Präzision hergestellt worden sind. Es gibt jedoch neuerdings Profiltringe, die an Stelle der O-Ringe eingebaut werden können und bei denen die Anpreßkraft auf die Welle wesentlich herabgesetzt ist. Eine Möglichkeit, den geschilderten Schwierigkeiten beim Einbau normaler O-Ringe zu begegnen, ist in **Bild 9** dargestellt. Der O-Ring wird hier auf eine kegelige Hülse mit einem Neigungswinkel von ca. 15° geschoben.

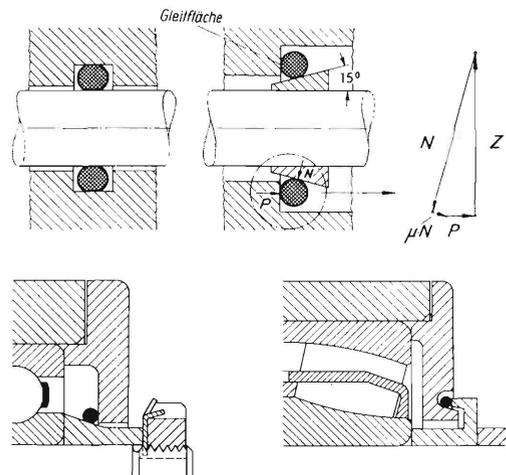


Bild 9. O-Ringe.

Er hat das Bestreben, gegen das kleine Ende des Konus zurückzufedern. Diese Verschiebung wird unterbunden, z. B. durch die Wand des Gehäuses. Auf Grund der gewählten Kegelsteigung wird der O-Ring nur mit einem Bruchteil der Normalkraft an die seitliche Anlagefläche gepreßt. Es sind nur qualitativ hochwertige Gummisorten verwendbar, die sich beim Altern nicht unzulässig verlängern.

Axiale schleifende Dichtungen

Gleitringdichtungen

Diese Dichtungen führen auch bei schwierigen Abdichtungsproblemen zu guten Ergebnissen. Sie sind allerdings etwas teuer. Gleitringdichtungen werden mit recht unterschiedlichen Bauformen angeboten, wie aus **Bild 10** hervorgeht. Bei groben Einbautoleranzen ist den Dichtungen mit langem Federweg der Vorzug zu geben.

Nilosringe

Nilosringe sind zuerst zur Abdichtung von Förderbandrollen im Kohlenbergbau herangezogen worden. Die Dichtungsprobleme sind in diesem Fall besonders schwierig.

Bild 11 zeigt zwei Beispiele, die sich in der Praxis gut bewährt haben. Das Lagerinnere wird jeweils durch die vorgeschalteten

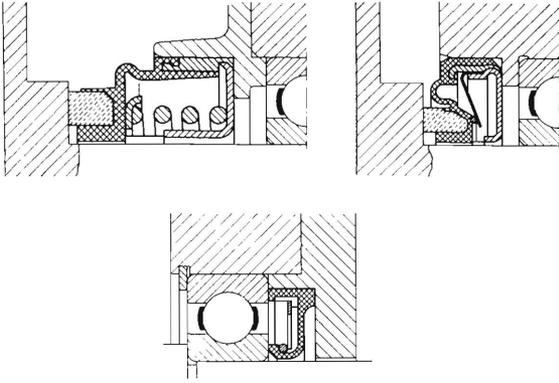


Bild 10. Axial-Gleitringdichtungen.

oben links: lange Bauart — oben rechts: kurze Bauart
unten: extrem kurze Bauart (RAZ-Dichtung)

Nilosringe abgeschlossen. Schmutz und Feuchtigkeit werden durch das im Vorraum reichlich vorhandene Fett wirkungsvoll daran gehindert, zum Lager vorzudringen. Die Abdichtwirkung kann, wie im linken Beispiel gezeigt, durch ein Labyrinth und gelegentliches Auffüllen des Vorraumes mit frischem Fett weiter verbessert werden. Als Dichtungsfett hat sich Kalkseifenfett gut eingeführt, da es wasserabweisend ist.

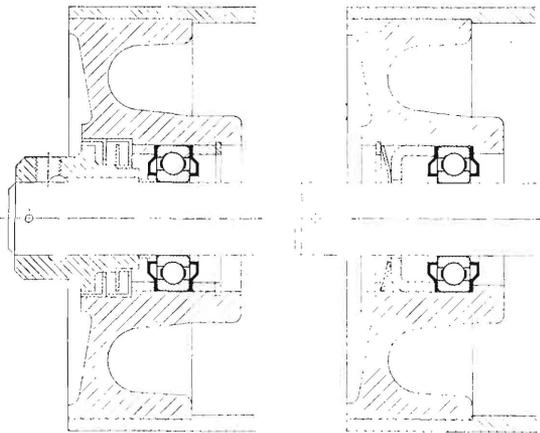


Bild 11. Nilosringe zur Abdichtung von Lagern in Förderbandrollen.

Nilosringe sind im Landmaschinenbau bereits seit langem eingeführt. In **Bild 12** sind die Schrägkugellager eines Frontschneidwerkes durch Nilosringe abgedichtet. Eine Nachschmierung von Fett in den freien Raum zwischen den Schrägkugellagern ist allerdings fragwürdig, da die Nilosringe unter Umständen deformiert werden, wenn das Fett plötzlich und mit ziemlichem Überdruck in den Lagerraum gepreßt wird.

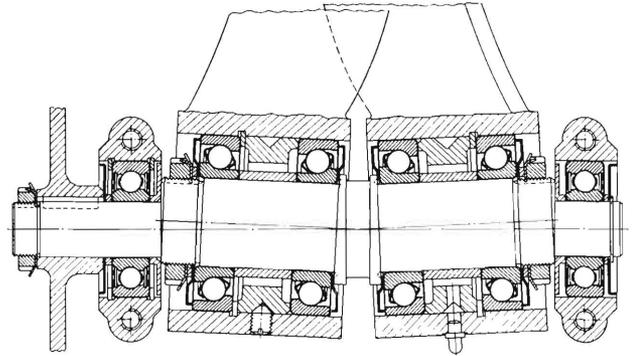


Bild 12. Schleifende Dichtungen. Antriebslagerung für Frontschneidwerk.

Berührungsfreie Dichtungen

In diese Gruppe gehören einfache Spaltdichtungen sowie die allgemein bekannten Radial- und Axiallabyrinth, mit denen auch bei schwierigen Dichtungsproblemen gute Ergebnisse erzielt werden. Die Abdichtwirkung läßt sich verbessern, wenn die Labyrinthgänge von Zeit zu Zeit nachgeschmiert werden. Einige spezielle Bauarten nichtschleifender Dichtungen sind in **Bild 13** zusammengefaßt.

Kolbenringe ergeben in vielen Fällen eine befriedigende Abdichtung. Eine Nachschmierung der Lager ist nicht ratsam, da die Kolbenringe das überschüssige Fett am Austreten hindern, so daß es durch die Übersmierung zu starker Lagererwärmung kommen kann.

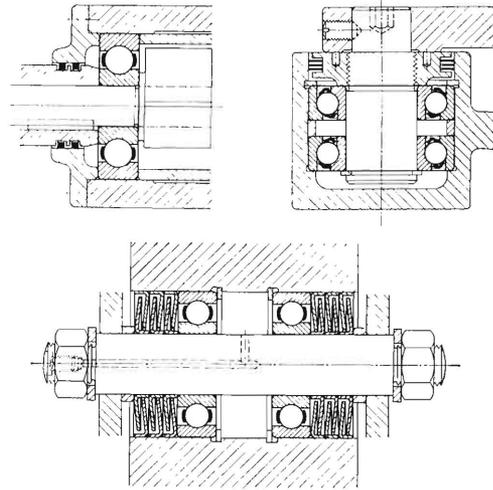


Bild 13. Sonderbauarten von berührungsfreien Dichtungen.
oben links: Kolbenringe — oben rechts: Fey-Lamellenringe
unten: Z-Lamellen

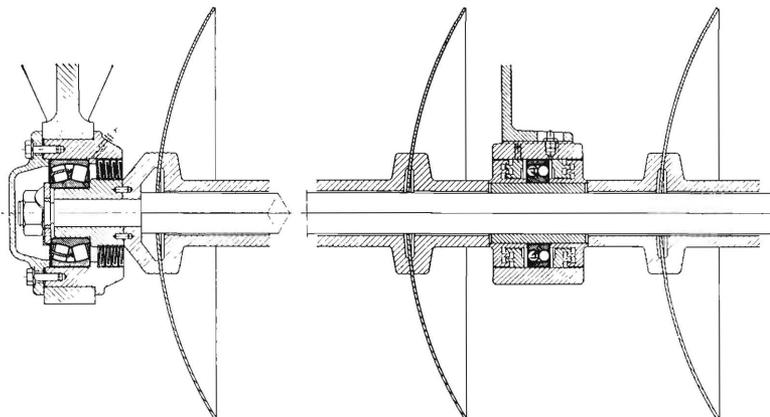


Bild 14. Berührungsfreie Dichtungen. Lagerung für Scheibenegge.

Lamellenringe bauen in axialer Richtung sehr raumsparend. Nach Wahl der Ringe entsteht ein kleiner Spalt, entweder an der Welle, Bild 13, oder in der Bohrung des Gehäuses. Auch Kombinationen beider Bauarten sind möglich und erhöhen die Wirksamkeit.

Z-Lamellen bilden ein Radiallabyrinth, dessen Dichtungsvermögen mit der Zahl der verwendeten Z-Lamellen stark ansteigt. Wenn die Labyrinthgänge nicht nur während der Montage, sondern auch während des Betriebes hin und wieder mit frischem Fett versorgt werden, kann diese Dichtungsart für schwierigste Abdichtungsfälle in Bodennähe herangezogen werden. Bild 14 zeigt die Lagerung einer Scheibenege, bei der zur Abdichtung des Festlagers 4 Z-Lamellenpaare eingebaut worden sind. Die Spaltbreite zwischen den Z-Lamellen ist nicht groß. Wenn während des Betriebes mit größeren Verschiebungen des Loslagers zu rechnen ist, sollte die Anwendung der Z-Lamellen auf das Festlager beschränkt bleiben. In dem dargestellten Beispiel wurde deshalb auf der Loslagerseite ein Axial-Labyrinth mit großem axialem Verschiebeweg vorgesehen.

Nachschmierung von Landmaschinenlagern

Die Verschmutzungsgefahr der einzelnen Landmaschinen sowie der verschiedenen Lagerstellen an jeder Maschine ist sehr unterschiedlich. Bei Lagern, die besonders stark schmutzgefährdet sind, hat sich häufiges Nachschmieren immer noch als die beste Methode erwiesen, um die Lager vor einer schnellen Zerstörung zu bewahren. In den Zeiten, in denen solche Maschinen ganztägig im Einsatz sind, dürfte deshalb auch weiterhin die Anweisung an die Bauern berechtigt sein, öfters, evtl. sogar täglich, nachzuschmieren.

Bei mittlerem Schmutzanfall kann unter Umständen mit einer Nachschmierung pro Jahr ausgekommen werden. Die Nachschmierung ist gegebenenfalls nach der Ernte, und zwar nach der Reinigung der Maschine, vorzunehmen. Auf diese Weise werden der Schmutz und die Feuchtigkeit aus dem Lagerraum gedrückt, und das Lager wird für die bevorstehende Stillstandszeit konserviert. Besonders ist eine Nachschmierung erforderlich, wenn die Reinigung mit einem Dampfstrahlgerät vorgenommen wird. Die Anwendung eines solchen Gerätes ist recht fragwürdig, wenn die Maschine mit wartungsfreien Lagern ausgerüstet ist, auf die anschließend näher eingegangen werden soll.

Jede Nachschmierung birgt die Gefahr in sich, daß durch Unachtsamkeit zusammen mit dem frischen Fett Verunreinigungen in den Lagerraum befördert werden und die Lager vorzeitig verschleifen. Der Landmaschinenhersteller sollte deshalb in der Schmieranweisung ausdrücklich darauf hinweisen, daß nur völlig sauberes Fett verwendet werden darf und daß die Schmier-nippel vor dem Nachschmieren sorgfältig zu reinigen sind.

Wartungsfreie Lager

Standardausführungen

Die Wälzlagerindustrie hat schon frühzeitig den Gedanken aufgegriffen, abgedichtete Lager herzustellen. Nachdem jedoch anfänglich keine Dichtungen gefertigt werden konnten, für die der in den genormten Lagern vorhandene Platz genügt hätte, war die Verwendung auf Speziallager mit größerer Breite beschränkt. Das in Bild 15 gezeigte Rillenkugellager hat auf jeder Seite Filzringe, die in einfachen Blechgehäusen gefaßt sind. Das Lager wird bei der Montage mit Fett gefüllt und kann nicht nachgeschmiert werden. Die Dichtwirkung ist gegenüber Staub

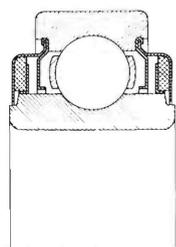


Bild 15. Rillenkugellager mit beidseitiger Filzringabdichtung.

und geringer Feuchtigkeit gut. Die Lager werden deshalb auch heute noch häufig im Landmaschinenbau angewendet.

Katalogmäßige Rillenkugellager konnten anfänglich wegen des geringen zur Verfügung stehenden Raumes nur mit einfachen Blechscheiben (Z-Deckscheiben) abgedichtet werden. Da zwischen Innenring und Blechscheibe ein Spalt verbleibt, Bild 16, können solche mit einer Fettfüllung versehenen Lager nur für untergeordnete und wenig schmutzgefährdete Betriebsverhältnisse empfohlen werden.

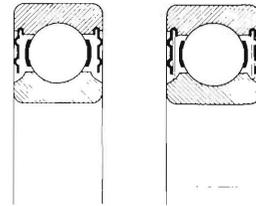


Bild 16. Abgedichtete Rillenkugellager.

links: mit Blechscheiben (Z) — rechts: mit Gummidichtscheiben (RS)

Die Anwendbarkeit abgedichteter Lager wurde erheblich vergrößert, als es gelang, dünne Gummidichtscheiben (RS-Gummidichtscheiben) herzustellen, die zusammen mit der Blechdeckscheibe eingebaut werden und so eine wesentliche Verbesserung der Abdichtung ergeben, Bild 16. Gummiabgedichtete Lager sind den filzringabgedichteten Lagern vor allem bei höheren Drehzahlen überlegen. Es sei darauf hingewiesen, daß auch Gummidichtungen nicht dazu geeignet sind, Wasser, das in größerem Maße auftritt, am allmählichen Eindringen in das Lagerinnere zu hindern. Bei solchen Betriebsverhältnissen emulgiert das Fett der wartungsfreien Lager zuerst, wird dann ausgewaschen, und es kommt an den Laufbahnen und Rollkörpern zur Korrosion. Auch bei besonders hohem Schmutzanfall eignen sich wartungsfreie Lager mit Gummidichtscheiben nicht, wie die früheren Ausführungen über schleifende Dichtungen gezeigt haben. Es besteht jedoch die Möglichkeit, Lager mit nur einer Deckscheibe einzubauen und die Feuchtigkeit oder den Schmutz durch Nachschmieren von dem Lagerinneren fernzuhalten, Bild 17.

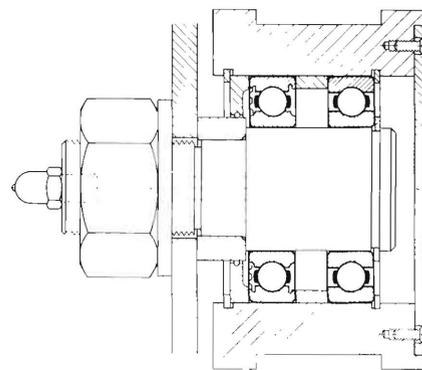


Bild 17. Tragrolle.

Neuentwickelte wartungsfreie Lager

Außer Rillenkugellagern könnten auch einstellbare Lager mit einer Abdichtung versehen werden. Im allgemeinen ergibt sich jedoch ein höherer Fertigungsaufwand, eine größere Lagerbreite und die Gefahr einer Beschädigung der Dichtung vor dem Einbau. Die Überlegungen, daß für die rauen Einsatzbedingungen in Landmaschinen Rillenkugellager gut geeignet sind, weil sie preisgünstig, außerordentlich tragfähig und einfach abzudichten sind, daß aber andererseits eine Einstellbarkeit bei der Montage oder bei starken Verwindungen der Maschine erwünscht ist, führte zur Entwicklung der in Bild 18 gezeigten Lager mit kugeligem Manteldurchmesser.

Eines der beiden dargestellten Lager hat zur Abdichtung Gummidichtscheiben mit vorgeschalteten Deckblechen, die die Gummidichtscheiben vor mechanischen Beschädigungen weitgehend schützen. Bei der zweiten Ausführung wird zur Abdich-

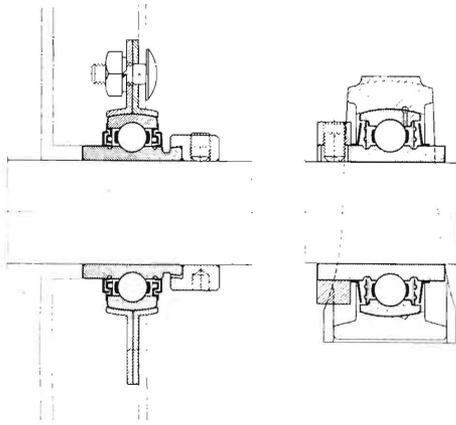


Bild 18. Abgedichtete einstellbare Rillenkugellager.

links: mit Labyrinthabdichtung — rechts: mit schleifender Abdichtung

tung ein Axiallabyrinth herangezogen. Bei dieser Bauart ist es möglich, im Lager einen großen Fettvorrat unterzubringen. Vom Hersteller werden die Labyrinthgänge der Lager mit Fett gefüllt, wodurch der Schmutz wirkungsvoll am Eindringen in das Lager gehindert wird.

Die Gehäuse können vereinfacht werden, da die Dichtung in die Lager verlegt ist. Es gibt Gehäuse aus Gußeisen oder, billiger, aus Blech. Die Tragfähigkeit der neuentwickelten Lager entspricht der von Rillenkugellagern der Reihe 62. Bei hohen, stoßartigen Belastungen scheidet jedoch die Verwendung von Blechgehäusen aus.

Die gußeisernen Gehäuse sind mit einer Nachschmiermöglichkeit für die Lager versehen. Das Fett wird durch eine Nute in der Gehäusebohrung und durch ein Loch im Außenring in das Lager gebracht. Eine Nachschmierung widerspricht jedoch dem eigentlichen Zweck dieser Lager und ist nur in Ausnahmefällen von einiger Bedeutung. Die Standardausführung stellt deshalb das Blechflanschlager oder Blechstehlager dar, bei dem keine Nachschmierung vorgesehen ist.

Auch raumsparende Ausführungsformen der neuentwickelten wartungsfreien Lager sind manchmal gefragt. Bei dem in **Bild 19** dargestellten Lager ist der Innenring nur einseitig, gerade so viel verlängert, daß er einfach auf der Welle durch einen Exzentering befestigt werden kann. Die Gummidichtscheiben können bei dieser Bauart nicht durch vorgeschaltete Schleuderscheiben geschützt werden und sind deshalb in ihrem konstruktiven Aufbau etwas verändert worden.

Die Ursache dafür, daß sich solche Lager auch in Europa mehr und mehr einführen, ist darin zu sehen, daß die Abnehmer Landmaschinen zu erhalten wünschen, bei denen das lästige Nachschmieren der Lager entfällt. Ein Hinweis auf wartungsfreie Lager kann ein zugkräftiges Werbeargument sein für eine Maschine, die neu auf den Markt kommt. Dies gilt vor allem für Maschinen, die sehr viele Schmierstellen haben, wie z. B. Mährescher.

Rillenkugellager mittlerer Größe erreichen bei günstigen Betriebsbedingungen eine durch das Schmiermittel bestimmte Gebrauchsdauer, wie sie für Landmaschinen überhaupt nicht benötigt wird. Sicher können die aus dem allgemeinen Maschinenbau bekannten Schmierfristen für abgedichtete Lager nicht ohne weiteres auf Landmaschinenlager übertragen werden, weil bei den langen Stillstandszeiten die Alterung des Fettes sowie die Gefahr einer Kontaktkorrosion zu berücksichtigen sind. Wenn jedoch wartungsfreie Lager bereits nach zwei- bis dreijährigem Feldeinsatz ausfallen, wird dies sicher nicht auf ein Versagen der qualitativ hochwertigen, zum Teil mit Rostschutzmitteln versehenen Fette zurückzuführen sein, sondern es wird in den meisten Fällen Schmutz in das Lager eingedrungen sein. In diesem Zusammenhang taucht die Frage auf, nach welcher Zeit dem Abnehmer ein Lagerwechsel zugemutet werden kann, ohne daß dadurch die Qualität der Maschine in Verruf kommt. Die meisten Landmaschinenhersteller erwarten, daß mindestens 5 Jahre keine Schäden auftreten. Die Eignung der abgedichteten

Lager und die erreichbaren Laufzeiten werden am besten durch Feldversuche festgestellt, bevor eine serienmäßige Umstellung erfolgt. Läßt sich tatsächlich eine Laufzeit erreichen, die einer Gebrauchsdauer von 5 Jahren entspricht, dann ist der Einbau wartungsfreier Lager bestimmt gerechtfertigt, wenn man bedenkt, welche Zeit die Bauern durch den Fortfall des lästigen Nachschmierens einsparen.

Die neuentwickelten Lager haben genormte Toleranzen für Bohrung und balligen Mantel. Dies kann mitunter zu Schwierigkeiten bei der Montage der Lager auch auf gezogenen Wellen führen. Es zeigte sich jedoch, daß die Laufergebnisse um so günstiger sind, je geringer das Spiel zwischen Innenring und Welle ist. Versuche mit Wellen, die jeweils an der unteren Grenze der Toleranzen h7, h9 und h11 lagen bei 1500 U/min und einer vorgesehenen Unwucht, ergaben um so mehr Passungsrost, je größer das vorhandene Spiel war. Der exzentrische ungehärtete Haltering eines labyrinthabgedichteten Lagers, das auf der Welle mit der Toleranz h11 befestigt war, begann nach relativ kurzer Laufzeit allmählich einzureißen.

Je mehr aber die Wellentoleranz in Richtung auf h7 zu eingeeengt wird, um so größer wird die Gefahr, daß auf eine bestimmte Welle auch verschiedene Lager nicht von Hand aufgezogen werden können. In solchen Fällen muß durch leichte Schläge mit einem Messingbolzen auf den Innenring nachgeholfen werden. Bei einer Lagermontage am Fließband ist es evtl. erforderlich, eine Aufpreßvorrichtung anzufertigen.

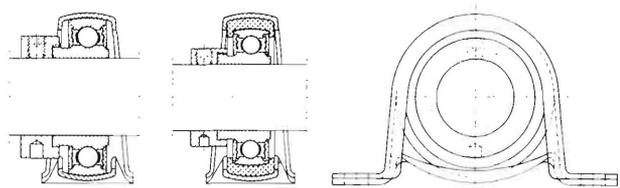


Bild 19. Blechstehlager.

Der Exzentering ist bei der Montage in Umlaufrichtung der Welle festzuspannen. Bei wechselnder Drehrichtung sind die Exzenteringe auf jeder Wellenseite in einander entgegengesetzter Richtung zu verspannen. Es ist dafür Sorge zu tragen, daß die sowohl für Exzenteringe als auch für Stellringe gebräuchlichen Gewindestifte bei der Montage fest angezogen werden. Dadurch arbeitet sich die Ringschneide der Gewindestifte etwas in das Wellenmaterial ein, wodurch die axiale Belastbarkeit der Lager erhöht wird. Wenn ausgeprägte Axialkräfte zu erwarten sind, wie dies bei Förderschnecken der Fall ist, dann sollte unbedingt eine zusätzliche Sicherung, beispielsweise durch einen Seegering, vorgesehen werden.

Anwendungsmöglichkeiten

Für diese neuentwickelten Lager ergeben sich eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten im Landmaschinenbau. Da jedes Lager als Festlager eingebaut wird, können diese Lager jedoch nur dort vorgesehen werden, wo nachgiebige Blechwände eine unzulässige Verspannung verhindern. Der Einbau bietet sich an bei: Mähreschern, Strohpressen, einfachen Gebläsen, Fördereinrichtungen, Düngerstreuern, ja auch an verschiedenen Lagerstellen für Feldhäcksler und Vollerntemaschinen.

Zusammenfassung

Wie die vorstehenden Ausführungen gezeigt haben, stehen bei Lagern für den Landmaschinenbau zwei Probleme im Vordergrund, nämlich die Gefahr der Verkantung und der Verschmutzung der Lager. Die Wälzlagerindustrie hat die Wünsche der Landmaschinenkonstruktoren durch die Entwicklung spezieller einstellbarer Lagerbauarten berücksichtigt. Darüber hinaus stehen heute abgedichtete und mit Fett gefüllte Lager zur Verfügung, wodurch sich die Wartung der Maschinen erheblich vereinfachen läßt. Bei besonders schmutzgefährdeten Lagerstellen sollten jedoch auch weiterhin separate Dichtungen vorgesehen werden, über die ein kurzer Überblick gegeben wurde. Gelegentliches Nachschmieren hält Verunreinigungen vom Lager fern und erhöht die Gebrauchsfähigkeit der Lager.