

Wiederverwendung und Instandsetzung von Wälzlagern

Ing. K. Tschackert, KDT

VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal, Wissenschaftlich-technisches Zentrum der landtechnischen Instandhaltung

Wälzlager finden in Form von Radial- bzw. Axial-, Kugel-, Rollen- oder Nadellagern in der Technik in großer Anzahl Anwendung. Ihr Zustand bestimmt wesentlich die Funktion, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Arbeitsmittel sowie die Qualität und Quantität der von ihnen verrichteten Arbeit. Ein vorzeitiger Ausfall von Wälzlagern zieht, da er mit Betriebsunterbrechungen und Folgeschäden verbunden ist, oft erhebliche Kosten nach sich. Andererseits verursacht bei der Instandsetzung der Arbeitsmittel der Ersatz durch neue Lager erhebliche Kosten. So geben z. B. die Betriebe des VEB Kombinat Landtechnische Instandsetzung jährlich rd. 6,9 Mill. Mark für neue Wälzlager aus [1]. Der Verlängerung der Nutzungsdauer von Wälzlagern durch Verbesserung der Betriebs-, Umgebungs- und Wartungsbedingungen sowie der Wiederverwendung und Instandsetzung kommt eine große volkswirtschaftliche Bedeutung zu.

1. Aufbau und Herstellung der Wälzlager

Über den Aufbau der Wälzlager, die Bezeichnung der Einzelteile und weitere für Wälzlager relevante Begriffe gibt der Standard TGL 15502 Auskunft. Innen- und Außenringe mit einem Bohrungsdurchmesser bis zu 125 mm werden aus nahtlosem Rohr (100 Cr 6) und größere aus Schneidestücken gefertigt. Die Bearbeitung erfolgt auf Dreh- und Schleifautomaten, die speziell für die Bearbeitung von Innen- bzw. Außenringen entwickelt wurden. Nach dem Drehen, d. h. vor dem Vor- und Fertigschleifen sowie Superfinish, erfolgt ein durchgehendes Härten der Ringe. Die Käfige werden als Blech-(Lappen- und Nietkäfige) oder Massivkäfige (Metall- oder Plastkäfige) ausgeführt. Für die an landtechnischen Arbeitsmitteln typischen kleineren Lager kommen meist die nach der Demontage nicht wiederverwendbaren, im Stanzverfahren hergestellten Blechkäfige bzw. die wiederverwendbaren Plastkäfige (Miramid VW 30-Spritzguß) zur Anwendung. Die Fertigung der Einzelteile, ihre Vermessung sowie die Montage und Prüfung der Wälzlager einschließlich des Transports ist weitgehend automatisiert. Für die Herstellung von 100 Radial-Rillenkugellagern 6206 werden z. B. 122,17 min benötigt. Der Anteil der Materialkosten an den Gesamtkosten beträgt bei Radial-Rillenkugellagern rd. 43 % [1].

2. Wälzlagerschäden

Die Qualität des Wälzlagers wird durch den Zustand und das Zusammenspiel seiner Einzelteile bestimmt. Seine Gebrauchsdauer [2], d. h. die Laufzeit des Lagers, während der es unter den vorliegenden Betriebs-, Umgebungs- und Wartungsbedingungen den gestellten Anforderungen entspricht, kann begrenzt werden durch:

- Ermüdung (Ermüdungslaufzeit, Lebensdauer)
Darunter versteht man die Laufzeit (L) bis zum Auftreten von Ermüdungserscheinungen (L 10: Laufzeit, nach der 10 % der Lager Ermüdungserscheinungen aufweisen).

- Verschleiß (Verschleißlaufzeit)

Darunter ist die Laufzeit bis zum Erreichen einer vorgeschriebenen Grenze des Verschleißes der Lagerfunktionsflächen zu verstehen.

- Korrosion
- Deformation usw.

Eschmann [2] untersuchte 4 949 Wälzlager, die in Getrieben und Achsen von 5-t-LKW gleichen Typs eingesetzt waren, und verglich die effektiv in der Praxis erreichte Verschleißlaufzeit sowie die L-10-Ermüdungslaufzeit mit der rechnerisch ermittelten L-10-Ermüdungslaufzeit. In 18 von 22 Fällen wurde die rechnerisch ermittelte L-10-Ermüdungslaufzeit bei weitem nicht erreicht. In 15 Fällen fielen die Lager wegen Verschleiß und in 6 Fällen wegen Ermüdung aus. In einem Fall führten Verschleiß und Ermüdung zur Aussonderung. Ohne näher auf die Gründe einzugehen [2], kann festgestellt werden, daß trotz ständiger Verfeinerung der Berechnungsmethoden [2, 3, 4] z. Z. noch nicht ermittelt werden kann, wie lange ein Lager in einem Arbeitsmittel den gestellten Anforderungen entspricht.

Mit der folgenden Beschreibung der Wälzlagerschäden und ihrer Ursachen soll gleichzeitig auf die Dringlichkeit der Verbesserung der Betriebs-, Umgebungs- und Wartungsbedingungen hingewiesen werden und die Ableitung der erforderlichen Instandsetzungsmaßnahmen vorbereitet werden.

2.1. Ermüdung

Infolge der ständigen, mit einer elastischen Verformung der Laufbahn und Wälzkörper einhergehenden Wechselbeanspruchung (Wälzbeanspruchung) unterliegen die Außenringe, Wälzkörper und meist besonders die Innenringe infolge höherer Flächenpressungen einer Ermüdung. Da bei einer Wälzbeanspruchung die maximalen Schubspannungen nicht an der Werkstofffläche, sondern im Werkstoff in einer von der Hertzschen Druckspannung abhängigen Tiefe auf-

treten, beginnt die Ermüdung an einer in dieser Zone liegenden Schwachstelle (z. B. nichtmetallische Einschlüsse). Sind die durch die Kerbwirkung der nichtmetallischen Einschlüsse erzeugten Spannungsspitzen so groß, daß sie das Werkstoffgefüge schädigen, so kommt es infolge der Wechselbeanspruchung (Überrollung) zu Anrissen, die sich dann meist zu senkrecht zur Richtung der Wälzspur [4] verlaufenden und zur Werkstofffläche führenden Rissen entwickeln [5]. Das führt zu Werkstoffausbrüchen, die sich als regellos verteilte bzw. inselförmig konzentriert angeordnete kleine Pittings zeigen. Diese Mikropittings werden sehr rasch zahlreicher und tiefer, es entstehen Makropittings. Dieser Phase der Ermüdung folgen dann bald Werkstoffabschälung und wegen des Anwachsens der mechanischen und thermischen Beanspruchung der Totalausfall des Lagers [5]. Neben Schwachstellen im Werkstoff und inneren Spannungen können auch Schwachstellen an der Werkstoffoberfläche, wie z. B. durch Verunreinigungen, abgetragene Metallteilchen oder Montagefehler erzeugte Eindrücke in die Laufbahn, die Ermüdung auslösen [5] bzw. beschleunigen [6]. Pittings und Abschälungen äußern sich in einem unruhigen Lauf des Lagers. Aussagen über den Umfang und den Stand der Schädigung, z. B. durch Analyse des Körperschallspektrums bzw. mit Hilfe der Stoßimpuls (SPM)-Methode [7], sind z. Z. weder am eingebauten noch am ausgebauten und demontierten Lager möglich [8, 9, 10].

Auch für die Beantwortung der u. a. für die Instandsetzung der Wälzlagere Einzelteile durch Abtragen der geschädigten Werkstoffschicht wichtigen Frage nach der Dicke dieser Schicht gibt es z. Z. noch keine in der Praxis einsetzbaren Meßverfahren. In diesem Zusammenhang sind u. a. die Arbeiten von Zwirlein und Schlicht [8] von Interesse. Sie stellten bei Mikrohärtmessungen an Laufbahnen von Radial-Rillenkugellager-In-

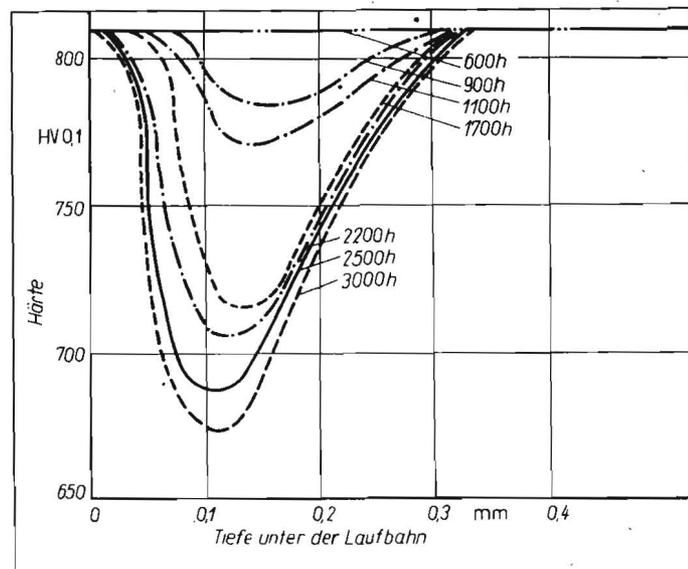


Bild 1
Härteverläufe in Radial-Rillenkugellager-Innenringen mit unterschiedlicher Anzahl von Überrollungen nach [8] (Lagertyp 6206, Drehzahl 900 U/min, Hertzische Pressung $p_0 = 2\ 900\ \text{MPa}$, Umgebungstemperatur $80\ ^\circ\text{C}$)

nenringen fest, daß sich mit steigender Anzahl der Überrollungen die Härte in dem Bereich, in dem strukturelle Änderungen auftreten, verringert (Bild 1).

Die in der Literatur zur Tiefe der Risse getroffenen Aussagen sind widersprüchlich und u. a. wegen der Nichtnennung der Bedingungen für die Festlegung des erforderlichen Werkstoffabtrags ungeeignet. Im allgemeinen wird ein Abtrag von 0,1 bis 0,2 mm erforderlich sein.

2.2. Verschleiß und Korrosion

Der in der Praxis an Wälzlagern auftretende z. T. hohe Verschleiß ist nicht unvermeidbar, sondern wird durch unsachgemäße Aufbewahrung, falsche Montage, schlechte Abdichtung und Wartung sowie die Verwendung ungeeigneter Schmierstoffe und mangelnde Schmierung, d. h. durch ungeeignete Betriebs-, Umgebungs- und Wartungsbedingungen, verursacht. An unter idealen Bedingungen laufenden Wälzlagern konnte selbst nach 50 000 Betriebsstunden kaum eine Vergrößerung der Lagerluft nachgewiesen werden [10]. Von entscheidender Bedeutung für die Verringerung des adhäsiven und abrasiven Verschleißes ist die Ausbildung eines kontaktausschließenden Schmierstofffilms.

Nach der elastohydrodynamischen (EHD-) Theorie besteht ein Zusammenhang zwischen der vor allem von der Betriebsviskosität und der Geschwindigkeit abhängigen Dicke des Schmierfilms, dem geometrischen und arithmetischen Mittel der Rauhtiefe beider Partner und der Lebensdauer des Lagers [11, 12].

Nach praktischen Erfahrungen muß bei einem Verhältnis von elastohydrodynamischer Schmierfilmdicke zur Rauhtiefe R_a unterhalb von 2 bis 5 mit einer erheblichen Abnahme der Überrollungslebensdauer gerechnet werden [11]. Da die Schmierfilmdicke im allgemeinen nur einige Zehntel bis einige Mikrometer beträgt und bei den langsamlaufenden Lagern der landtechnischen Arbeitsmittel besonders gering ist, wirkt sich eine große Rauhtiefe erheblich verschleißfördernd aus, d. h., alle zu einer Aufrauung der Funktionsflächen führenden Vorgänge, wie z. B. Korrosion, Verschleiß, Abschälung, Überrollung von Verunreinigungen, wirken verschleißfördernd. Abrasiv wirkende Schmutzteilchen können verschiedene Quellen haben. Am bedeutendsten dürften der durch Undichtheit eingedrungene Schmutz, der Metallabrieb (in Getrieben z. B. von Zahnradern), die Ölalterungsprodukte und die auf verschiedene Weise entstehenden sehr harten Korrosionsprodukte sein. Letztere werden nicht nur durch im Schmierstoff enthaltenes Wasser und saures Öl sowie die Oxydation von Verschleißteilchen, sondern auch durch Tribokorrosion und ähnliche Vorgänge gebildet. Dem Werkstoffabtrag unterliegen nicht nur die Funktionsflächen, sondern auch die Käfige sowie die Bohrungs- und Mantelflächen. Bereits kleinste Relativbewegungen zwischen Lager und Welle bzw. Gehäuse (Schwingungen) führen zum Abtrag von Werkstoffteilchen und zur Bildung harter, schmirgelnd wirkender, den Metallabtrag beschleunigender Metalloxydteilchen. Können diese Teilchen aus der Passung entweichen, führt dieser als Tribokorrosion bezeichnete Vorgang zur Lockerung der Passung. Bei ihrem Verbleiben in der Passung besteht die Möglichkeit, daß infolge

der mit der Oxidbildung verbundenen Volumenzunahme in der Passung hohe Lastkonzentrationen entstehen, die zu Pittings und Dauerbrüchen führen können [6]. Wirken auf ein nicht arbeitendes Lager, z. B. während des Transports zur spezialisierten Instandsetzung, Schwingungen ein, so kann die Tribokorrosion zur Bildung von Riffelmarken führen [6].

Während der Abstellperiode, also auch wenn keine Schwingungen wirken, kann es zu einem Eindringen der Wälzkörper in die Laufflächen kommen. Diese schon bei relativ geringer Belastung auftretende und sich mit zunehmender statischer Belastung verstärkende Erscheinung ist immer mit der Bildung von Metalloxydteilchen verbunden, die sich in unmittelbarer Nähe des Eindrucks ablagern [13, 14, 15].

Nicht zu unterschätzen ist der negative Einfluß von Verunreinigungen, die mit unsachgemäß aufbewahrten Neulagern, während der Instandsetzung verunreinigten und korrodierten Lagern bzw. vor der Montage nicht ausreichend gereinigten Einzelteilen (besonders Gehäusen) eingetragen werden.

Der Verschleiß äußert sich wegen der mit ihm verbundenen Aufrauung der Funktionsflächen in einer Zunahme des Körperschalls und letztlich in einer Zunahme der Lagerluft.

Zu berücksichtigen ist ferner die zwischen Ermüdung und Verschleiß bestehende Wechselwirkung (Ermüdungstheorie des Verschleißes) [4], die zur Prägung des Begriffs „Ermüdungverschleiß“ führte. Andererseits führen die mit dem Verschleiß einhergehende Aufrauung (Verringerung des Traganteils) [15] und die Vergrößerung der Lagerluft sowie die daraus resultierende ungleichmäßige Belastung der Wälzkörper zu einer Vergrößerung der Spannungsspitzen und somit zu einer Beschleunigung der Ermüdung [14].

2.3. Deformation

Deformation, Ausbrüche und ähnliche grobe maßliche Veränderungen haben u. a. folgende Ursachen:

- Einsatz ungeeigneter Lager
- Maßabweichungen bei der Welle bzw. Bohrung
- unsachgemäße Montage bzw. Demontage
- Verspannung der Lager
- zu starke Erwärmung der Lager (normale Lager sind nur bis 100 °C maßstabil)
- Schmierstoffmangel
- ungeeigneter Schmierstoff.

Auch die daraus resultierenden Schäden äußern sich in einem unruhigen Lauf, d. h. in einer Zunahme des Körperschalls. Infolge von Deformationen können an den Ringen durchgehende Risse (Ringbrüche) entstehen, die z. T. schwer erkennbar sind.

3. Wiederverwendung von Wälzlagern

3.1. Voraussetzungen

Die Wiederverwendung von bereits über ein Instandsetzungsintervall genutzten Lagern setzt voraus, daß die beim vorgesehenen Einsatzfall an die Lager zu stellenden Mindestanforderungen (Betriebs- bzw. Aussonderungsgrenzwerte) bekannt sind und ihre Einhaltung mit vertretbarem Aufwand sowie mit der erforderlichen Genauigkeit unter Praxisbedingungen überprüft werden kann. Bei der Erarbeitung von Grenzwerten ist festzu-

legen, welche Kompromisse hinsichtlich der sich während der Nutzung des Lagers verändernden, die Nutzungsdauer bestimmenden Parameter aus technischer und ökonomischer Sicht gegenüber einem Neulager vertretbar sind. Da die Wiederverwendung bzw. Instandsetzung eines Wälzlagers nur geringe Einsparungen bringt, sein vorzeitiger Ausfall hingegen um ein Mehrfaches höhere Kosten verursacht, sind Zugeständnisse in bezug auf die Zuverlässigkeit der Lager bzw. der Arbeitsmittel nicht zu vertreten. Die an ein Wälzlager zu stellenden Anforderungen werden u. a. von den jeweiligen Betriebs-, Umgebungs- und Wartungsbedingungen sowie der daraus resultierenden Schädigungsgeschwindigkeit bestimmt. Diese Bedingungen sind bei jeder Lagerstelle und selbst für eine bestimmte Lagerstelle von Maschine zu Maschine in Abhängigkeit von der Wartung, Auslastung, Länge des Instandsetzungsintervalls usw. verschieden. Je besser die Grenzwerte den Variablen Rechnung tragen und je genauer die Prüfung der Lager erfolgt, um so besser können die durch die Wiederverwendung möglichen Reserven erschlossen werden. Dabei braucht sich die Wiederverwendung nicht auf den Einsatz für die gleiche Aufgabe zu beschränken. Besteht eine entsprechende Übersicht, so kann man Lager, die für ihren ursprünglichen Einsatz nicht mehr geeignet sind, für Einsatzfälle mit geringeren Anforderungen einsetzen. Da die Erarbeitung von Betriebs- und Aussonderungsgrenzwerten allgemein und speziell für Wälzlager problematisch und sehr zeit- und kostenaufwendig ist, liegen für landtechnische Arbeitsmittel z. Z. nur wenige, auf empirischem Wege ermittelte Grenzwerte vor.

Zur Erfüllung der zweiten Voraussetzung, d. h. zur Überprüfung der Wälzlager auf Wiederverwendbarkeit, wurde vom VEB KfL Dippoldiswalde der Wälzlagerprüfstand DS 602 entwickelt. Mit ihm können der Körperschall des sich drehenden Lagers zur Beurteilung des Laufbahnzustands sowie die Radiallagerluft gemessen werden [10, 16, 17].

Letztlich sei noch darauf verwiesen, daß die Prüfung und Wiederverwendung von Wälzlagern eine intensive Reinigung der Lager voraussetzt.

3.2. Durchführung der Prüfung

Fast in allen Instandsetzungsbetrieben, in denen eine Prüfung auf Wiederverwendbarkeit erfolgt, führt man diese nach der subjektiven, ohne Meßmittel und ohne definierte Grenz- und Aussonderungswerte arbeitenden Sicht-, Gehör- und Verschiebepfung durch. Im Bereich der Landtechnik wird lediglich im VEB KfL Zwickau/Werdau eine objektive Prüfung mit Hilfe des DS 602 vorgenommen. In diesem Betrieb wird das Radial-Rillenkugellager 6309-2 RS, das für die Lagerung der Dreschtrommel bzw. in Variatoren des Mähdreschers E 512 zum Einsatz kommt, geprüft. Als Körperschallmeßwert wurde auf Empfehlung von Ullmann [18] zunächst ein Wert angenommen, der um 20 bis 30 % über dem eines Neulagers der gleichen Art liegt. Er betrug 2,8 mV. Bezüglich der Radiallagerluft wurde ein Einstellwert von 50 µm festgelegt. Da der Einsatz der unter diesen Bedingungen als wiederverwendbar eingestuften Lager keine offensichtlichen negativen Folgen hatte (exakte Untersuchungen wurden nicht durchgeführt), wurde der Körperschall-

Tafel 1. Ökonomie der Überprüfung des Radial-Rillenkugellagers 6309-2 RS mit dem Wälzlagerprüfstand DS 602

Lohn- und Gemeinkosten je geprüfetes Lager	2,42 M
Wiederverwendungsrate	68 %
Kosten je wiederverwendbares Lager	3,56 M
IAP der Neulager und Prüfkosten, bezogen auf den IAP	
Lager ohne Dichtscheiben	7,45 M (47,8 %)
Lager mit einer Dichtscheibe (RS)	13,40 M (26,6 %)
Lager mit zwei Dichtscheiben (2 RS)	19,10 M (16,6 %)

meßwert inzwischen von 2,8 über 4,3 auf 4,8 mV und der Einstellwert für die Radiallagerluft von 50 auf 70 µm erhöht. Die im Zusammenhang mit der Prüfung erforderlichen Arbeitsgänge (Vorreinigung, Vermessen von Bohrung und Mantel, Entfernen der Dichtscheiben, Reinigen, Sichtprüfung, Fetten, Prüfen auf DS 602, Montage der Dichtscheiben) erfordern im VEB KfL Zwickau/Werdau je Lager 7 min. Die eigentliche Prüfung der Lager erfordert beim DS 602 rd. 60 s (Programmmlänge) und bei der subjektiven Prüfung rd. 15 s.

3.3. Ökonomie

Die unter den Bedingungen des VEB KfL Zwickau/Werdau bei der Prüfung des Radial-Rillenkugellagers 6309-2 RS entstehenden Kosten sowie einige weitere ökonomische Kennwerte enthält Tafel 1. Die Zahlen verdeutlichen, daß besonders die Wiederverwendung der Dichtscheiben (NSW-Import), die z. B. im Bereich der Landtechnik seit einigen Jahren praktiziert wird, erhebliche Einsparungen bringt.

Der z. Z. noch relativ hohe Arbeitszeitbedarf kann zweifellos durch die Rationalisierung der erforderlichen Arbeitsgänge und die Weiterentwicklung der Prüftechnik, besonders hinsichtlich der automatischen Zu- und Abführung sowie Sortierung der Lager, gesenkt werden (die Körperschallmessung einschließlich Zu- und Abführung sowie Sortierung erfolgt bei den Lagerherstellern vollautomatisch und erfordert nur rd. 4 s). Der jetzige Zustand, daß die objektive Prüfung mit

Tafel 2. Bei der Instandsetzung der Wälzlager nach Variante 2 erforderliche Arbeitsgänge (Ausgangszustand: bei der Prüfung auf Wiederverwendbarkeit als instand setzbar ausgesonderte Lager)

Konservierung
Verpackung
Versand zur Instandsetzung
Reinigung
Demontage
Schadaufnahme
Sortierung in Maßgruppen
Instandsetzung (Schleifen, Superfinish der Außen- und Innenringe)
Reinigung
Montage
Signieren
Ölen
Prüfen
Konservieren
Verpacken
Versand

dem DS 602 rd. viermal mehr Zeit als die z. Z. noch übliche subjektive Prüfung erfordert, kann und muß unbedingt beseitigt werden.

4. Instandsetzung von Wälzlagern

Die Aufgabe der Wälzlagerinstandsetzung besteht in der

- Beseitigung der unerwünschten Werkstoffveränderungen (z. B. Aufrauung, Ermüdung, Bruch)
- Wiederherstellung des erforderlichen standardgerechten maßlichen Zustands.

4.1. Instandsetzungsvarianten

Je nach Lagerart, Schädigungszustand, Stückzahl und Anforderungen an die Qualität (vorgesehene Verwendung) kann die Instandsetzung unter Berücksichtigung der Ökonomie nach einer der im folgenden beschriebenen Instandsetzungsvarianten erfolgen:

Variante 1

Reinigen und Glätten der Laufflächen mit Läpppapier oder ähnlichen Mitteln bei minimalem Werkstoffabtrag (nur einige Mikrometer)

Variante 2

Schleifen und Superfinish der Laufflächen, um die geschädigte Werkstoffschicht (0,1 bis 0,2 mm) abzutragen und die Werkstofffläche zu glätten, Montage unter Verwendung von Übermaßwälzkörpern.

Bei großen und teuren Lagern kann eine Instandsetzung der Bohrungs- und Mantelflächen durch Beschichten, z. B. mit Hartchrom, außenstromlos abgeschiedenes Nickel oder 100Cr6-Spritzschichten wirtschaftlich sein [19]. Auf Laufflächen bewährten sich erforderliche Beschichtungen wegen der hohen Beanspruchung nicht.

Nach der Variante 1 werden seit Jahren, u. a. im VEB Schankanlagen Magdeburg und bei der Fa. Helmut Meyer, Strausberg, Pendelrollen-, Schrägrollen-, Kegelrollen-, Rillenkugel- und Pendelkugellager instand gesetzt. Während in dem erstgenannten Betrieb die Wälzkörper, ohne sie vorher zu prüfen, un bearbeitet wiederverwendet werden (Lagerluft vergrößert sich um den Werkstoffabtrag), setzt die Fa. Meyer neue Übermaßwälzkörper ein. Da nur etwa 2 bis 5 µm Werkstoff abgetragen werden, eignet sich dieses Verfahren nicht für Lager, bei denen mit einer Ermüdung gerechnet werden muß. Eine Wiederverwendung der Wälzkörper ist nur dann möglich, wenn die Lager einen geringen Verschleiß aufweisen und der vorgesehene Einsatzfall eine Erhöhung der Lagerluft ermöglicht. Die nach der Variante 1 instand gesetzten Lager eignen sich nur für die Anwendungsfälle mit geringen Anforderungen. Mit dem weiteren Ausbau der Wiederverwendung von Wälzlager und der unbedingt notwendigen Verbesserung der Betriebs-, Umgebungs- und Wartungsbedingungen wird diese Variante sicher an Bedeutung verlieren.

Nach Variante 2 instand gesetzte Lager – das bestätigten die in der Praxis gesammelten Erfahrungen sowie die vom VEB Kombinat Wälzlager- und Normteile mit instand gesetzten Radial-Rillenkugellagern durchgeführten Prüfversuche – verfügen etwa über den gleichen Gebrauchswert wie Neulager. Die Instandsetzung wird in diesem Fall nicht durch den erreichbaren Gebrauchswert, sondern durch die Ökonomie, d. h. durch den hohen Instandsetzungsaufwand

(Tafel 2) und den infolge der hocheffektiven Fertigung relativ niedrigen Neupreis der Lager begrenzt.

4.2. Ökonomie

Der Preis für instand gesetzte Wälzlager wird durch die in der Preisliste getroffene Festlegung begrenzt: „Für regenerierte Wälzlager sind 70 % des Vollpreises (Grundpreis zuzüglich Aufpreis) für das jeweils neue Wälzlager zu berechnen“ [20].

Wegen des erheblichen Aufwands bei der Instandsetzung nach Variante 2 (Tafel 2) werden danach z. Z. nur größere und teurere Lager (z. B. im VEB Metall Lauchhammer, BT Ortrand, Zylinderrollen und Pendelkugellager ab einem Bohrungsdurchmesser von 90 bzw. 100 mm [1]) instand gesetzt. Die in vielen Wirtschaftszweigen, z. B. auch in der Landtechnik, anfallenden kleinen Lager können nach einer in [1] vorgenommenen Kalkulation nur dann ökonomisch instand gesetzt werden, wenn dies mit dem für die Wälzlagerindustrie typischen hohen technologisch-organisatorischen Niveau erfolgt. Unter diesen Bedingungen dürfte die auf den IAP des Neulagers bezogene Wirtschaftlichkeitsgrenze der Instandsetzung bei rd. 6,- M liegen [1].

Angesichts der großen volkswirtschaftlichen Bedeutung der Wälzlagerinstandsetzung sollte die Instandsetzung, wie von einem Neuererkollektiv des VEB Wälzlagerwerk Berlin vorgeschlagen, beim Hersteller der Lager bzw., wie bis zum Jahr 1960, in einem Wälzlagerinstandsetzungswerk des VEB Kombinat Wälzlager und Normteile erfolgen [1].

5. Zusammenfassung

Die durch den vorzeitigen Ausfall eines Wälzlagers entstehenden Kosten übersteigen den durch die Wiederverwendung bzw. Instandsetzung eines Wälzlagers erzielbaren Nutzen um ein Mehrfaches. Das heißt, eine Verringerung der Zuverlässigkeit der Arbeitsmittel durch die Wiederverwendung bzw. Instandsetzung von Wälzlager muß unbedingt ausgeschlossen werden. Die in der Wiederverwendung liegenden großen ökonomischen Reserven können um so mehr ausgeschöpft werden, je besser die Betriebs- und Aussonderungsgrenzwerte der im konkreten Anwendungsfall an das Lager zu stellenden Anforderungen entsprechen und um so genauer und billiger die Einhaltung der Grenzwerte kontrolliert werden kann. Die Erarbeitung derartiger Grenzwerte ist problematisch und sehr zeit- und kostenintensiv. Man ist deshalb in vielen Fällen zu Kompromissen hinsichtlich der Qualität der Grenzwerte gezwungen. Die vorhandene Prüftechnik (DS 602) sollte hinsichtlich der Meßgenauigkeit, Qualifizierung der Laufbahnschäden und Senkung des Arbeitszeitbedarfs weiterentwickelt werden.

Billige Wälzlager können in Betrieben instand gesetzt werden, die über ein technologisch-organisatorisches Niveau verfügen, wie es für die Wälzlagerindustrie typisch ist. Unter diesen Bedingungen können Radial-Rillenkugellager ab einem IAP von rd. 6,- M wirtschaftlich instand gesetzt werden.

Fortsetzung auf Seite 404

Rationalisierung der technologischen Projektierung von Instandsetzungseinrichtungen mit der Bausteinprojektierungsmethode

Dr.-Ing. H. Schache, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Sektion Technologie der Instandsetzung

1. Problemstellung

In der Aufbauphase der MAS, MTS und RTS wurden Typenlösungen bzw. Typenprojekte für den Bau von Instandsetzungseinrichtungen verwendet. Diese Projekte hatten den Vorteil, daß sie nur an die konkreten Bedingungen angepaßt werden mußten und daher einen relativ geringen Projektierungsaufwand erforderten. Das bedeutete, daß man an das Projekt als Gesamtheit, die Gestaltung, die Kapazität, die Ausrüstung usw. gebunden war und damit die multivalente Nutzung eingeschränkt wurde. Die Grundlagen für diese Projekte wurden durch Basedow [1] erarbeitet.

Im letzten Jahrzehnt wurde der Weiterentwicklung der Grundlagen für die technologische Projektierung von Instandsetzungseinrichtungen wenig Aufmerksamkeit gewidmet. Die historische Entwicklung der Landwirtschaftsbetriebe hatte zu sehr unterschiedlichen Varianten von Instandsetzungseinrichtungen in bezug auf Aufgabe, Profil, Kapazität, Gestaltung und Ausrüstung geführt. Dadurch wurden an die technologischen Projekte sehr differenzierte Anforderungen gestellt. Typenprojekte, die die Gesamtheit einer Instandsetzungseinrichtung betreffen, wurden diesen Anforderungen nicht gerecht. In der Praxis wurden aus diesen Gründen die Instandsetzungseinrichtungen in den letzten Jahren ohne Anwendung wiederverwendbarer Lösungen mit hohem Aufwand und in sehr unterschiedlicher Qualität projektiert.

Zur Zeit wird die benötigte Projektierungskapazität zu 25 bis 30 % von Ingenieur- oder Projektierungsbüros realisiert. Die überwiegende Anzahl von technologischen Projekten muß daher vom Bedarfsträger selbst er-

arbeitet werden. Durch fehlende wiederverwendbare Lösungen wird vor allem für den Teil der Ingenieure, die die Projektierung zusätzlich zu ihren Aufgaben, häufig nur einmalig durchführen, sehr aufwendig. Untersuchungen zur Anwendung einer geeigneten Methode für die Projektierung stationärer Instandsetzungseinrichtungen zur Teilinstandsetzung mobiler landtechnischer Arbeitsmittel führten zur Bausteinprojektierungsmethode [2]. Im folgenden werden wesentliche Ergebnisse dieser Untersuchungen dargelegt.

2. Zu einigen Grundlagen der Bausteinprojektierung

Ein Projektierungsbaustein (PB) ist die Widerspiegelung eines Elements des materiellen Instandsetzungsprozesses in Form einer Projektlösung bzw. Projektierungslösung [2, 3]. Diese Projektierungsmethode wird dadurch charakterisiert, daß bei der Projektierung auf vorhandene, wiederverwendbare Lösungen und Lösungsvorschriften in Form von Bausteinen zurückgegriffen wird. Durch Kombination und Kopplung von einzelnen Bausteinen kann entsprechend den vorliegenden Bedingungen ein Neu- oder Rekonstruktionsprojekt erarbeitet werden. Für die technologische Projektierung ist es eine unabdingbare Voraussetzung, daß der künftige Instandsetzungsprozeß in allen seinen Elementen und Teilen bekannt ist (Elementarisierung). Bild 1 enthält ein Schema der Gliederung des Teilinstandsetzungsprozesses in einzelne Elemente nach dem räumlichen Aspekt im Zusammenhang mit der Bausteinhierarchie. Die typischen Arbeitsplätze in der Teilinstandsetzung sind die Arbeitsplätze, deren Gestaltung durch den Arbeits-

gegenstand bestimmt wird. Entsprechend der Hierarchie werden 3 Bausteine unterschieden [2]:

- PB 1. Ordnung (PB_I): Arbeitsplatz
- PB 2. Ordnung (PB_{II}): Arbeitsabschnitt
- PB 3. Ordnung (PB_{III}): Instandsetzungseinrichtung.

Die Schnittlegung eines Arbeitsplatzes für den Baustein 1. Ordnung ist für die Projektierung von Teilinstandsetzungseinrichtungen günstig. In der Praxis zeigt sich, daß eine Schnittlegung innerhalb eines Arbeitsplatzes nicht notwendig ist und der PB 1. Ordnung den multiplen Einsatzbedingungen gerecht wird. Der PB wird in konstante und variable Elemente gegliedert. Durch wahlweises Austauschen, Ergänzen und zeitweiliges Zuordnen variabler Elemente zum Baustein wird eine universelle Anwendung erhöht. Zu den konstanten Elementen gehören z. B. Schlossergrundwerkzeug, Werkbänke und Arbeitsplatzbeleuchtung, zu den variablen Elementen zählen Kranbahn, Gabelstapler und spezielle Meß- und Prüfgeräte. Die Zuordnung der variablen Elemente ist von der Arbeitsaufgabe, von der Technologie und von der Instandsetzungsorganisation abhängig. Durch die Zusammenfassung der PB in Projektierungsbaukästen wird die Effektivität der Bausteinprojektierungsmethode weiter erhöht. Die Bausteinprojektierungsmethode wird im Normalfall nicht selbständig, sondern in Verbindung mit der Modellprojektierungsmethode angewendet. Dabei ist die zweidimensionale Modellprojektierungsmethode ausreichend.

3. Inhalt und Aufbau der Projektbausteine

Wie aus Bild 1 zu entnehmen ist, sind ver-

Fortsetzung von Seite 403

Literatur

- [1] Tschackert, K.: Instandsetzungsmöglichkeiten für verschlissene Gleit- und Wälzlager. VEB Prüf- und Versuchsbetrieb Charlottenthal, Studie 1983 (unveröffentlicht).
- [2] Eschmann, P.: Der Einfluß der Betriebsbedingungen auf die Gebrauchsdauer der Wälzlager. VDI-Berichte, Düsseldorf (1970) 141, S. 63–66.
- [3] Eschmann, P.: Die Gebrauchsdauer der Wälzlager. Schmieringstechnik und Tribologie, Stuttgart 18 (1971) 3, S. 104–109.
- [4] Kragelski, I. V.; Dobyčín, M. N.; Komalov, V. S.: Grundlagen der Berechnung von Reibung und Verschleiß. Berlin: VEB Verlag Technik 1982.
- [5] Münnich, H.: Zusammenhänge zwischen der Betriebsviskosität der Schmierstoffe und der Lebensdauer von Wälzlagern. Schmieringstechnik und Tribologie, Stuttgart 18 (1971) 6, S. 213–221.
- [6] Heinicke, G.; Harenz, H.: Tribooxydation als Korrosionsprozeß bei Reibungs-, Schmier- und Verschleißvorgängen. die Technik, Berlin 23 (1968) 4, S. 236–241.
- [7] Baumgarter, K.: Die Beurteilung des Wälzlagerzustandes mit der SPM-Methode in einem Kraftwerk. Der Maschinenschaden, München 51 (1978) 6, S. 221–225.
- [8] Zwirnlein, O.; Schlicht, H.: Werkstoffermüdung bei Wälzbeanspruchung – Einfluß von Reibung und Eigenspannung. Zeitschrift für Werkstofftechnik, Weinheim 11 (1980) 1, S. 1–14.
- [9] Persönliche Mitteilung von Prof. Ihle, TU Dresden, und Dr. Förster, IH Zittau.
- [10] Ullmann, R.: Verfahren zur demontagelosen Überprüfung von Ermüdungserscheinungen in Wälzlagern. TU Dresden, Dissertation 1974.
- [11] Münnich, H.: Einflüsse auf den Schmierzustand von Wälzlagern. VDI-Berichte, Düsseldorf (1970) 141, S. 67–74.
- [12] Dowson, D.: Elastohydrodynamische Schmiering. In: P. M. Ku. Interdisciplinary Approach to the Lubrication of Concentrated Contacts. NASA, S. 237, Washington D. C. 1970.
- [13] Englisch, C.: Verschleiß, Betriebszahlen und Wirtschaftlichkeit von Verbrennungskraftmaschinen. Wien: Springer-Verlag 1952.
- [14] Pittroff, H.: Riffelbildung bei Wälzlagern infolge Stillstanderschütterung. TH München, Dissertation 1962.
- [15] Broszeit, E.: Verschleiß durch Oberflächenzerüttlung wälzbeanspruchter Bauteile. Schmieringstechnik und Tribologie, Stuttgart 30 (1983) 2, S. 85–91; 3, S. 156–160; 4 S. 215–221.
- [16] Ullmann, R.: Wälzlagerprüfstand DS 602 zur Prüfung von Wälzlagern im ausgebauten Zustand. agrartechnik, Berlin 29 (1979) 12, S. 546–548.
- [17] Thomas, F.; Ullmann, R.: Erfahrungen in der Anwendung des Wälzlagerprüfstandes DS 602 zur Diagnose von Wälzlagern. agrartechnik, Berlin 31 (1981) 3, S. 111–114.
- [18] Bedienungsanleitung zum Wälzlagerprüfstand DS 602. VEB KfL Dippoldiswalde 1980.
- [19] Riedel, H.; Beyer, J.: Aufarbeitung von Zylinderrollenlagern – ein Beitrag zur Materialökonomie. Schmieringstechnik, Berlin 12 (1981) 9, S. 200–282.
- [20] Preisliste Nr. 1 vom 1. Jan. 1982. VEB Kombinat Wälzlager und Normteile Karl-Marx-Stadt. A 4173