

Anwendung der Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen in einer 2000er-Milchviehanlage

Dr.-Ing. W. Schiroslawski, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik
Dipl.-Ing. A. Stirl, KDT, ZBE Industrielle Milchproduktion Paulinenaue, Bezirk Potsdam

1. Problemstellung

Das Durchsetzen einer planmäßig vorbeugenden Instandhaltung der maschinentechnischen Ausrüstung von Anlagen der industriemäßigen Tierproduktion ist eine wesentliche Voraussetzung für das Wirksamwerden der umfassenden Vorzüge dieser Anlagen [1]. Plötzliche Ausfälle der maschinentechnischen Ausrüstung dieser Anlagen können zu außerordentlich hohen Produktionsverlusten führen. Damit werden an die Instandhaltung der maschinentechnischen Ausrüstung von Anlagen hohe Anforderungen gestellt.

Untersuchungen der Bedingungen in Anlagen der Tierproduktion ergaben, daß auch in diesen Anlagen die allgemein bekannten drei klassischen Instandhaltungsmethoden zur Anwendung kommen [2, 3]. Dabei läßt die Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen in vielen Fällen eine hohe Effektivität erwarten [4].

Spezifische Besonderheiten, z. B. die geringe Anzahl von gleichen Maschinen und Ausrüstungen sowie der erforderliche Dauerbetrieb von wichtigen Anlagenteilen, erschweren das Bestimmen der optimalen Instandhaltungsmethode sowie deren optimaler Instandhaltungsintervalle [2]. Näherungsweise Bestimmungsmethoden für Instandsetzungstermine erlangen damit eine besondere Bedeutung [2, 5].

Der vorliegende Artikel soll dazu beitragen, die genannte Problematik einer Lösung zuzuführen. Es werden Möglichkeiten gezeigt, wie die Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen unter Bedingungen in Anlagen der industriemäßigen Tierproduktion zur Anwendung kommen kann.

2. Auswahl der Elemente für die Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen

Für die Anwendung der Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen muß eine Reihe von technischen Voraussetzungen und ökonomischen Bedingungen erfüllt sein, die im weiteren näher erläutert werden. Für Elemente, die nicht der Abnutzung unterliegen, ist die Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen wie alle vorbeugenden Methoden nicht zweckmäßig. Das gilt für alle Elemente, bei denen Zufallsschäden, hervorgerufen durch Bedienungsfehler, unvorhersehbare Überlastungen u. a. m., überwiegen. Ermüdungsschäden sind gegenwärtig noch nicht mit der Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen bekämpfbar, da Diagnoseverfahren, wie z. B. die akustische Emission, im Bereich der Landtechnik noch nicht einsetzbar sind.

Damit ist der Anwendungsbereich der Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen aus ingenieurtechnischer Sicht von vornherein eingeschränkt.

2.1. Voraussetzungen für die Anwendung der Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen

Unter Beachtung der o. g. Einschränkungen müssen für die Anwendung der Instandhal-

tungsmethode nach Überprüfungen folgende technische Voraussetzungen erfüllt sein:

- Es muß eine der Abnutzung proportionale, meßbare Zustandsgröße existieren.
- Der Anfangszustand und die Aussonderungsbzw. Schadensgrenze müssen ermittelbar sein.
- Es müssen Diagnosegeräte, Meßmittel oder subjektive Verfahren für das hinreichend genaue Bestimmen des Zustandsparameters verfügbar sein.

Bei Erfüllung dieser Voraussetzungen kann mit der Anwendung der Überprüfungs-methode begonnen werden. Das Abnutzungsverhalten wird durch wiederholte Messungen und der Anfangszustand durch die sog. Nullvermessung ermittelt. Die Aussonderungsbzw. Schadensgrenzen können, soweit sie nicht vom Konstrukteur vorgegeben sind, durch Übertragung der Schadensgrenzen analoger Elemente gewonnen werden. Richtwerte für Schadensgrenzen wurden von Grothus [6] erarbeitet. In Tafel 1 ist eine Auswahl zusammengestellt. Ansonsten müssen die Schadensgrenzen adaptiv ermittelt werden.

Das Überprüfungsintervall muß anfangs geschätzt werden. Kann auf eine Schätzung der mittleren Grenznutzungsdauer zurückgegriffen werden, so ist zunächst ein Überprüfungsintervall von 0,05 bis 0,1 der mittleren Grenznutzungsdauer zu empfehlen. Nach den ersten zwei Messungen liegen Erkenntnisse über die Ab-

nutzungsgeschwindigkeit vor, so daß eine Präzisierung erfolgen kann.

Mit dieser Verfahrensweise kann die Überprüfungs-methode realisiert, jedoch nicht optimal gestaltet werden. Bei geringen Diagnosekosten ist die Wahl der Überprüfungsintervalle unkritisch [4], so daß in diesem Fall die Effektivität der Überprüfungs-methode gegenüber den anderen Instandhaltungsmethoden gewährleistet ist ($K_d < 0,02$).

2.2. Voraussetzungen für die Optimierung der Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen

Für die Optimierung der Überprüfungs-methode sind wesentlich schärfere Bedingungen als unter 2.1. zu nennen:

- Das Abnutzungsverhalten $z(t)$ muß für eine Grundgesamtheit bekannt sein.
- Sämtliche Kostengrößen (Instandsetzungskosten bei plötzlichem Ausfall und bei planmäßiger Instandsetzung, Diagnosekosten, Ausfallkosten) müssen bekannt sein.
- Anfangszustand und Schadensgrenzen müssen vorliegen.
- Diagnosegeräte wie unter 2.1.

Diese genannten Optimierungsvoraussetzungen sind in Tierproduktionsanlagen meist nicht erfüllt. Bei Kenntnis der Anwendungsbereiche von Instandhaltungsmethoden sind jedoch Abschätzungen zur optimalen Instandhaltungs-

Tafel 1. Richtwerte für Schadensgrenzen nach Grothus [6]

Maschinenelement	Zustandsparameter	Aussonderungsgrenze
Schiene	Breite des Schienenkopfes	0,8 der Neubreite
	Höhe des Schienenkopfes	0,85 der Neuhöhe
Gewindespindel	Spiel der Spindelmutter auf der Spindel	10% der Gewindesteigung
Getriebe	Zahnflankenverschleiß	5% der Zahnteilung
Gurtantriebs-, Umlenk- oder Spanntrommel	Wandstärke	50% v. Neuzustand
Seiltrommel (gerillt) Seilumlenscheibe	Rillenradius	1,2 mal Seilradius
Einbolzenkupplung	Bolzenspiel	5% v. Durchmesser
Kupplung, elastisch, nicht schaltbar	Unflucht der Wellen	0,1% v. Kupplungsdurchmesser
	Verdrehs- spiel	2°
	Abstandsänderung bei Verkanten	0,5 mm je $r = 100$ mm und 180° Drehung

Wanddicke von Rohrleitungen und Behältern S_{min} ($S_{min} = b \cdot S_{neu}$)

Druckdifferenz kPa	Verhältnis G/S_{neu} t/mm	b	
		leichte Schadensfolgen	schwere Schadensfolgen
bis 20	bis 0,2	0,4	0,7
20...600	0,2...2,0	0,6	0,8
600	2,0	0,8	0,9

Anm.: Mit Druckdifferenz und Belastungsverhältnis (G Belastung) rechnen und ungünstigsten Fall verwenden.

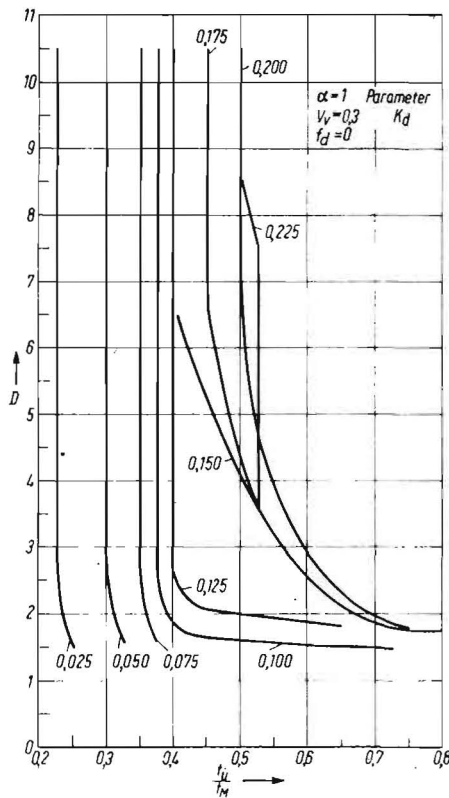
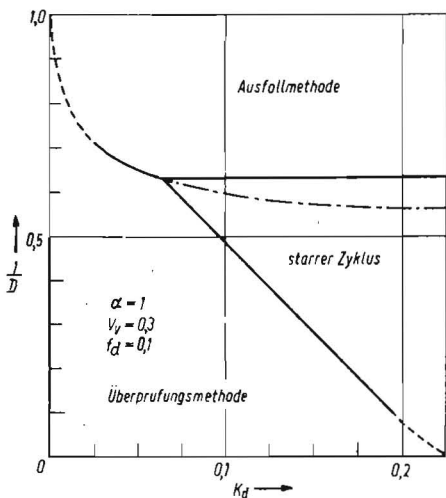
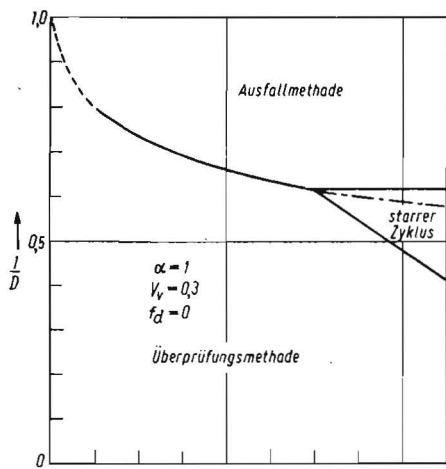


Bild 2. Ermittlung des optimalen Überprüfungsintervalls bei betriebsdauerabhängiger Überprüfung und variabler Betriebsgrenze

Bild 1. Anwendungsbereiche von Instandhaltungsmethoden bei betriebsdauerabhängigen Überprüfungen und variabler Betriebsgrenze

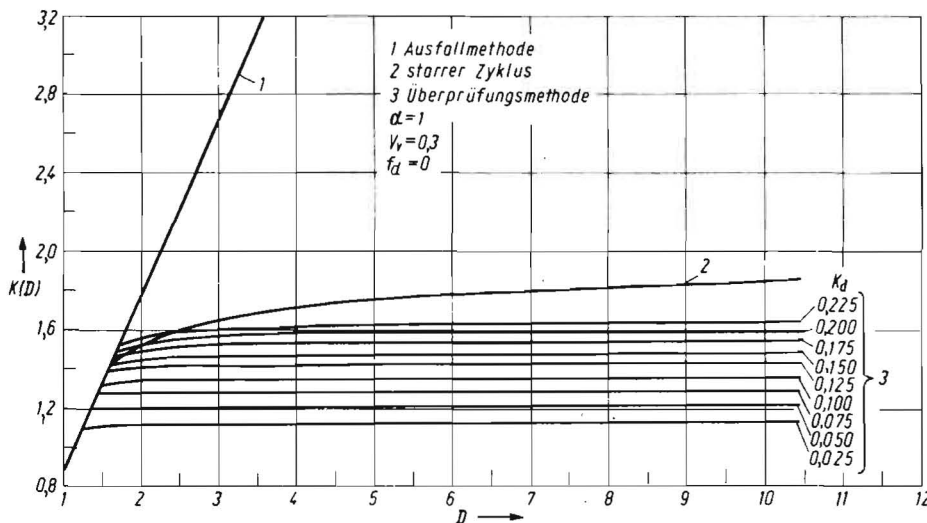


Bild 3. Effektivität der Überprüfungs-methode bei variabler Betriebsgrenze

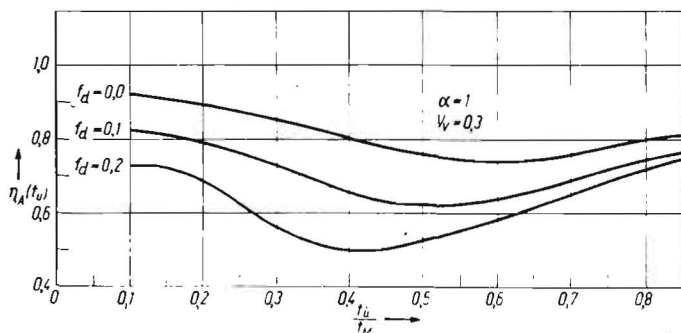


Bild 4. Ausnutzung der Abnutzungsreserve bei betriebsdauerabhängigen Überprüfungen mit variabler Betriebsgrenze

methode und ihrer Parameter möglich. Im Bild 1 sind sog. Methodendiagramme zum Bestimmen der Anwendungsbereiche von Instandhaltungsmethoden dargestellt. Darin fungieren folgende Eingangparameter:

- Ausfallkostenverhältnis $D = K_{pA}/K_{pI}$:
 K_{pA} Summe der Material-, Lohn- und Gemeinkosten sowie Ausfallkosten bei plötzlichem Ausfall
 K_{pI} Summe der Material-, Lohn- und Gemeinkosten bei planmäßiger Instandsetzung
- Diagnosekostenverhältnis $K_d = K_D/K_{pI}$:
 K_D Kosten für eine Überprüfung
- Diagnosefehler f_d
- Abnutzungsverhalten mit dem Variationskoeffizienten der Abnutzungsgeschwindigkeit V_v und dem Exponenten α der Abnutzungs-kurve $z(t) = v t^\alpha$.

Diese Methodendiagramme liegen für verschiedene α , V_v und f_d sowie unterschiedliche Varianten der Überprüfungs-methode vor [4, 7]. Für bestimmte Ausfallkostenverhältnisse D und Diagnosekostenverhältnisse K_d ist unmittelbar abzulesen, welche Instandhaltungsmethode optimal ist.

Bei unbekanntem Abnutzungsverhalten, besonders bei einfachen Verschleißpaarungen, können lineares Abnutzungsverhalten ($\alpha = 1$) und ein mittlerer Variationskoeffizient der Abnutzungsgeschwindigkeit von $V_v = 0,3$ näherungsweise zum Ansatz gebracht werden. Bild 1 zeigt, daß die Überprüfungs-methode bei $D = 2$ auch bei relativ teuren Diagnoseverfahren noch optimal ist. Bild 2 dient zum Ermitteln des optimalen Überprüfungsintervalls. Meist ist das Ausfallkostenverhältnis stark fehlerbehaftet, wobei dann aus Bild 2 der Bereich des optimalen Überprüfungsintervalls zu bestimmen ist.

2.3. Effektivität der Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen

Die Effektivität der Überprüfungs-methode, d. h. wie hoch die Kosteneinsparung einschließlich Ausfallkosten gegenüber den anderen Instandhaltungsmethoden ist, kann aus Bild 3 ermittelt werden. Die Kosteneinsparung ergibt sich zu $\Delta K(D) K_{pI}$, entsprechend den Differenzen zu den jeweiligen Instandhaltungsmethoden. Damit ist die zu erwartende Kosteneinsparung bestimmt.

Die Effektivität der Instandhaltungsmethoden ist weiterhin von Bedeutung, wenn alle Organisationsprobleme kostenmäßig nicht erfassbar oder bewertbar sind. Wenn auch die Überprüfungs-methode nach Bild 1 formal optimal ist, so wird man bei sehr geringer Kosteneinsparung wegen des höheren Organisationsaufwands auf ihre Anwendung verzichten.

Aus materialökonomischer Sicht ist die Ausnutzung der Abnutzungsreserve von Bedeutung. Die Auswirkungen der Anwendung einer bestimmten Instandhaltungsmethode auf die Materialwirtschaft sind in jedem Fall zu bestimmen, um die erforderlichen Voraussetzungen zu schaffen. Bild 4 liefert die tatsächlich vorliegende mittlere Grenznutzungsdauer bei Anwendung der Überprüfungs-methode, die für die Materialplanung zu verwenden ist.

3. Varianten der Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen

Die Überprüfungs-methode kann in einer Vielzahl von Varianten realisiert werden [4, 8]. Die Bewertung des Überprüfungs-befunds kann in zwei grundsätzlichen Varianten erfolgen:

- Durch Vergleich mit der Betriebsgrenze wird die Entscheidung über die sofortige Instandsetzung des Elements oder den Verbleib im System herbeigeführt.
- Der Instandsetzungstermin wird über eine Restnutzungsdauerprognose bestimmt.

Für die Art der Festlegung der Betriebsgrenze und für die Restnutzungsdauerprognose sind weitere Untergliederungen möglich [4].

Die Kennfelder (Bilder 1 bis 4) wurden für die Überprüfungs-methode mit betriebsdauerabhängiger Festlegung der Betriebsgrenze gemäß Bild 5 erarbeitet. Nach Ablauf von konstanten Perioden $t_{\bar{u}}$ wird der Abnutzungszustand der Elemente diagnostiziert und mit der Betriebsgrenze verglichen. Hat der Abnutzungszustand z_M die Betriebsgrenze z_B erreicht oder überschritten, so wird das Element sofort instand gesetzt.

Kennfelder für die Überprüfungs-methode mit Restnutzungsdauerprognose liegen derzeit nicht vor. Sie ist aber mit der Methode mit Betriebsgrenzenvergleich eng verwandt, so daß ein Übertragen der bei dieser Methode erzielten Ergebnisse in erster Näherung möglich erscheint.

Häufig sind die Elemente eines Systems ökonomisch-technologisch abhängig, d.h. bei ihrer gleichzeitig durchgeführten Instandsetzung (komplexe Instandsetzung) sind im Vergleich zu ihrer elementweise einzeln durchgeführten Instandsetzung (individuelle Instandsetzung) Kosteneinsparungen möglich. Die Entscheidung zwischen individueller und komplexer Instandsetzung kann im Einzelfall unter Verwendung folgender Beziehung in guter Näherung getroffen werden:

$$\sum_i K_i - K_m > \sum_i K_i \frac{t_{Ri}}{t_{Mi}}; \quad (1)$$

- K_i Instandsetzungskosten einschließlich Ausfallkosten bei individueller Instandsetzung des i -ten Elements
- K_m Instandsetzungskosten bei komplexer Instandsetzung
- t_{Mi} zentrale Grenznutzungsdauer des i -ten Elements
- t_{Ri} Restnutzungsdauer des i -ten Elements zum Instandsetzungszeitpunkt.

4. Anwendungsbeispiele

4.1. Formulierung der Zielgrößen

Die technischen Voraussetzungen für die Anwendung der Überprüfungs-methode sind entsprechend 2.1. bei folgenden Elementen erfüllt:

- Laufrollen, Laufschienen und Hülsen der Antriebssegmente des Melkkarusells MK 693-40 (direkte Verschleißmessung)
 - Gliederketten der Restfutter-Kratzerkette und der Kratzerböden der Dosierer DS 300 und H 10 (Messung der Kettenlänge)
 - Vakuumpumpen (Volumenstrommessung nach Troppens [9]).
- Nach Kalkulation der Instandsetzungskosten

Bild 5. Betriebsdauerabhängige Überprüfungs-methode mit variabler Betriebsgrenze

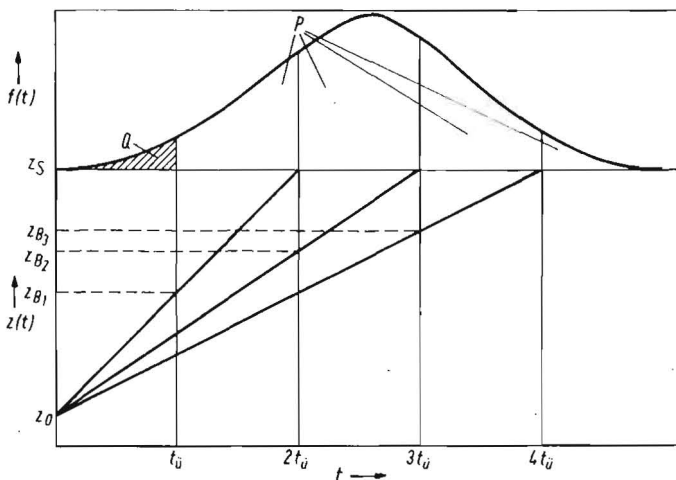
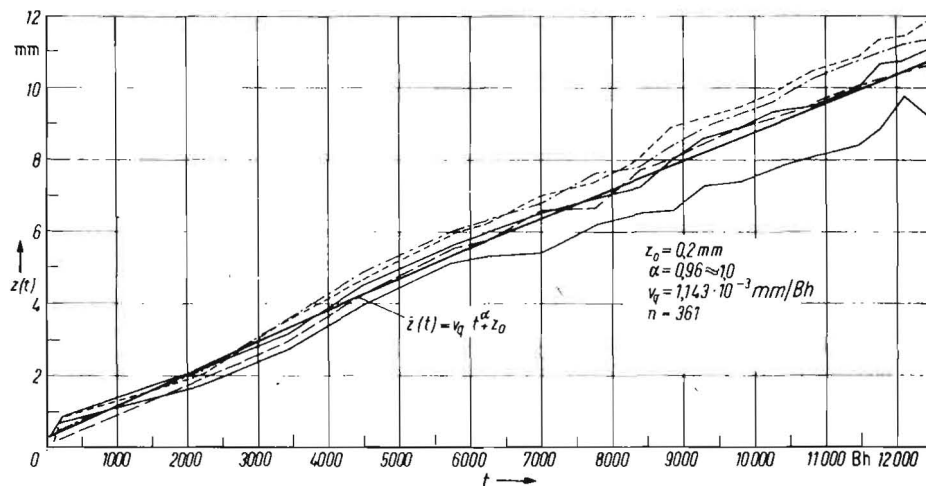


Bild 6. Abnutzungsverhalten der inneren Laufrollen des Melkkarusells M 693-40 (Beispiele)



und Schätzung der Ausfallkosten ergeben sich die Ausfallkostenverhältnisse und Diagnosekostenverhältnisse wie in Tafel 2 dargestellt. Die Anwendung des unteren Teils von Bild 1 führt zu der Schlußfolgerung, daß für diese Elemente — mit Ausnahme der Hülsen — die Überprüfungs-methode optimal ist.

Die zu erwartenden Kosteneinsparungen innerhalb der zentralen Grenznutzungsdauer $\Delta K(D) K_{pl}$, die über die Bilder 3 und 4 ermittelt wurden, sind in Tafel 3 zusammengestellt. Bei einem Überprüfungsintervall von rd. 0,1 t_M wird die Ausnutzung der Abnutzungsreserve $\eta_A = 0,92$ betragen. Folglich ist gegenüber der Ausfallmethode nur ein geringer Anstieg des Materialverbrauchs zu erwarten. Bei der Vakuumpumpe liegt kostenmäßig ein Grenzfall zur Ausfallmethode vor, für endgültige Aussagen sind tieferegehende Untersuchungen erforderlich.

4.2. Prognostizierung des Instandsetzungstermins

Unter den angeführten Zielstellungen wurden Messungen mit einfachen Längenmeßmitteln

durchgeführt. Aus den Bildern 6, 7 und 8 folgt, daß die Verschleißverläufe annähernd linear sind ($\alpha = 1$). Die Verläufe für die äußeren Laufrollen und Laufschienen sind hier nicht dargestellt. Die Bilder machen deutlich, daß die Verschleißverläufe einen geringeren Variationskoeffizienten V_v als angenommen aufweisen ($V_v = 0,06$ bei den äußeren Laufrollen) und relativ glatt sind. Nach Michlin [10] wird bei glatten Verschleißverläufen die Restnutzungsdauer wie folgt bestimmt:

$$t_R = t_u \left[\left(\frac{u_S}{u_M} \right)^{1/\alpha} - 1 \right]; \quad (2)$$

u_S Schadensgrenze
 u_M Verschleißzustand zum Zeitpunkt $t_{\bar{u}}$.
 Für die Restnutzungsdauerprognose sind die Laufrollen und die Laufschienen mit dem größten Verschleißzustand zu verwenden. Mit den Schadensgrenzen $u_S = 30$ mm bei den Laufrollen und $u_S = 20$ mm bei den Laufschienen wurde bei einem Überprüfungszeitpunkt von $t_{\bar{u}} = 12522$ Bh und $\alpha = 1$ die Restnutzungs-

Tafel 2. Kostenverhältnisse für ausgewählte Maschinenelemente

	K_{pA} M	K_{pl} M	K_D M	D	K_d
Laufrolle	349,20	99,20	1,00	3,50	0,010
Laufschiene, innen	1691,25	291,25	2,00	5,80	0,007
Laufschiene, außen	1701,25	301,25	2,00	5,60	0,007
Restfutter-Kratzerkette	18808,00	15808,00	10,00	1,20	0,0006
Vakuumpumpe	165,00	115,00	6,00	1,43	0,050
Hülsen gesamt	2700,00	2700,00	20,00	1,00	0,007

Tafel 3. Effektivität der Überprüfungs-methode

	$\Delta K(D)$	$\Delta K(D) K_{pl}$ M	$n \Delta K(D) K_{pl}$ M
Laufrollen	0,65	64,50	2708,00
Laufschiene, innen	0,74	215,50	2155,00
Laufschiene, außen	0,74	223,00	2230,00
Restfutter-Kratzerkette	0,05	790,00	790,00
Vakuumpumpe	0,00	—	—

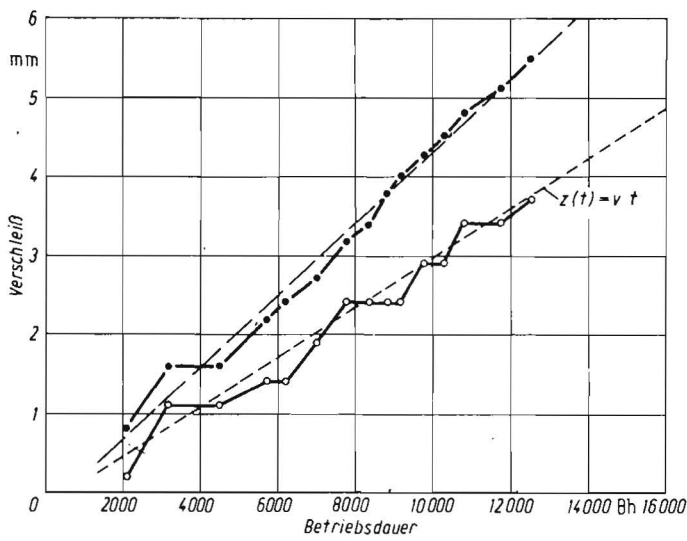


Bild 7. Abnutzungsverhalten der inneren Laufschiene des Melkkarussells M 693-40 (Beispiele)*

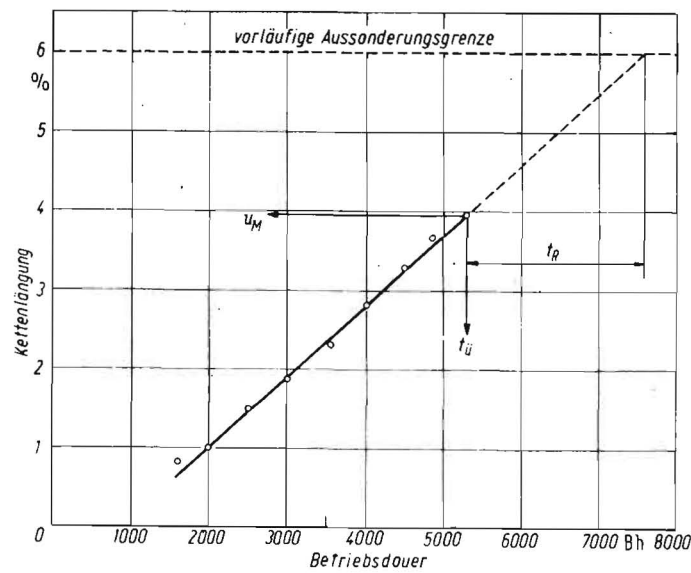


Bild 8. Abnutzungsverhalten der Restfutter-Kratzerkette

dauer ermittelt (Tafel 4). Es zeigen sich Unterschiede bis zu 7 Jahren, die in den unterschiedlichen Verschleißgeschwindigkeiten begründet sind. Hier leitet sich für den Konstrukteur die Aufgabenstellung ab, diese Verschleißgeschwindigkeiten in Übereinstimmung zu bringen oder die Abnutzungsreserve entsprechend zu verändern.

Bei individueller Instandsetzung müßten die Laufrollen und Laufschienen nach Ablauf der Restnutzungsdauer t_R (Tafel 4) instand gesetzt werden, womit sich 4 Instandsetzungszeitpunkte ergeben würden. Zur Entscheidung über eine komplexe Instandsetzung ist die zentrale Grenznutzungsdauer t_M erforderlich, die über eine 3parametrische Regression mit einem speziellen EDV-Programm bestimmt wurde (Tafel 4), wobei die erhaltene Regressionskurve extrapoliert wurde. In guter Näherung kann t_M auch über grafische Extrapolation des mittleren Verschleißverlaufs bis zur Schadensgrenze ermittelt werden. Eine komplexe Instandsetzung des Systems Laufrolle/Laufschiene wäre nach 4,3 Jahren denkbar. Das entspräche einer Grundüberholung des Melkkarussells nach einer Betriebsdauer von 7,2 Jahren. Zu diesem Zeitpunkt, der dem prognostizierten Ausfallzeitpunkt der inneren Laufrollen entspricht, haben die übrigen Elemente noch eine Restnutzungsdauer t_{Ri} , wie in Tafel 4 angegeben.

Bei Anwendung des Entscheidungskriteriums für die komplexe Instandsetzung nach Gl. (1) ergibt sich folgender Sachverhalt:

Mit den K_i gleich K_{pl} beträgt die rechte Seite von Gl. (1) $0,11 \cdot 2083,20 \text{ M} + 0,44 \cdot 3012,50 \text{ M} + 0,25 \cdot 2912,50 \text{ M} = 2283,00 \text{ M}$; das bedeutet, daß eine Kostensenkung von rd. 23% durch die komplexe Instandsetzung erzielt werden müßte, wenn diese ökonomisch sein soll. Diese Kostensenkung ist technologisch nicht realisierbar.

Weiterhin wäre denkbar, die Laufrollen nach Ablauf von 4,3 Jahren, gerechnet ab Überprüfungszeitpunkt, und die Laufschienen nach Ablauf von 7,6 Jahren komplex instand zu setzen. Dabei müßten bei der komplexen Instandsetzung der Laufrollen technologisch $0,11 \cdot 2083,20 \text{ M} = 229,10 \text{ M}$ und bei der komplexen Instandsetzung der Laufschienen technologisch $0,26 \cdot 3012,50 \text{ M} = 789,40 \text{ M}$ eingespart werden, was durchaus möglich er-

scheint. Ausgehend vom Abnutzungsverhalten dieses konkreten Melkkarussells ist die letzte Variante der komplexen Instandsetzung zu empfehlen.

5. Zusammenfassung

Der Beitrag verdeutlichte die Probleme der Anwendung der Instandhaltungsmethode nach Überprüfungen in einer Milchviehanlage und stellte Lösungsmöglichkeiten dazu vor. Ergebnisse und Verfahren zur Restnutzungsdauerprognose und zur Planung des Termins für Grundinstandsetzungen am Beispiel des Melkkarussells wurden vorgelegt.

Bei der Darstellung der Lösungsmöglichkeiten wurde berücksichtigt, daß Informationen über die Ausfallverteilung nicht vorhanden sind, sondern soweit wie erforderlich prognostiziert werden müssen.

Literatur

- [1] Eichler, C.; Schiroslawski, W.; Verch, H.: Empfehlungen und Grundsätze für die Instandhaltung der maschinentechnischen Ausrüstung von Anlagen der industriemäßigen Tierproduktion. agrartechnik 26 (1976) H. 2, S. 67—70.
- [2] Eichler, C.; Schiroslawski, W.; Karpowsky, H.: Zum näherungsweise Bestimmen der optimalen Instandhaltungsmethode am Beispiel von Anlagen der industriemäßigen Tierproduktion. agrartechnik 23 (1973) H. 9, S. 396—399.
- [3] Stirl, A.: Erfahrungen bei der Anwendung einer Instandhaltungsvorschrift in der 2020er-Milchviehanlage Paulinenaue. agrartechnik 26 (1976) H. 5, S. 244—245.
- [4] Schiroslawski, W.: Eigenschaften und Anwendungsbereiche von Instandhaltungsmethoden. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Forschungszwischenbericht 1978 (unveröffentlicht).
- [5] Eichler, C.: Näherungsweise Bestimmen der Instandhaltungstermine für die Instandsetzung

Tafel 4. Ergebnisse zur Restnutzungsdauerprognose

	t_U Bh	$u_{M,max}$ mm	t_R Bh	t_R a	t_M Bh	t_{Ri} Bh	t_R/t_M
Laufrolle, außen	12 522	10,4	23 600	5,4	39 960	4 600	0,11
Laufrolle, innen	12 522	11,9	19 000	4,3	35 505	0	0
Laufschiene, außen	12 522	3,8	53 380	12,7	77 770	34 380	0,44
Laufschiene, innen	12 522	5,5	33 000	7,6	56 530	14 000	0,25
Restfutter-Kratzerkette	5 268	4,0%	1 317	—	—	—	—

nach starrem Zyklus, insbesondere für Anlagen der industriemäßigen Tierproduktion. agrartechnik 24 (1974) H. 2, S. 73—75.

- [6] Grothus, H.: Universal-Bauteilkataloge. Institut für Anlagentechnik Dorsten.
- [7] Setzepfand, G.: Ermittlung der Anwendungsgrenzen zwischen der Ausfallmethode, der Instandhaltung nach starrem Zyklus und nach Überprüfungen. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Großer Beleg 1978 (unveröffentlicht).
- [8] Schiroslawski, W.: Eigenschaften, Anwendungsbereiche und Anwendungsgrenzen von Instandhaltungsmethoden. agrartechnik 25 (1975) H. 9, S. 455-458.
- [9] Troppens, D.: Diagnoseverfahren für das Vakuumsystem von Melkanlagen. agrartechnik 26 (1976) H. 9, S. 419—422.
- [10] Michlin, V. M.: Prognostirovanie tehničeskogo sostojanija mašin. Moskva: Kolos 1976.

A 2277