

### 5. Instandhaltungsgerechte Konstruktion

#### 5.1. Verschleißhemmende Konstruktion

Zunächst sollte der Konstrukteur versuchen, den Verschleiß ganz zu vermeiden. Er hat diese Möglichkeit z. B. durch flexible Verbindungen. Er kann durch ihren Einsatz unter bestimmten Bedingungen eine gleitende Bewegung und den damit verbundenen Reibverschleiß umgehen.

Läßt sich ein Verschleiß nicht vermeiden, so werden von der instandhaltungstechnischen Seite unter 5 verschiedenen Gesichtspunkten Forderungen an den Konstrukteur zu stellen sein. Es sind das

1. der Verschleißbetrag;
2. die Verschleißgeschwindigkeit (also der Verschleißbetrag über der Zeit);
3. die Grenznutzungsdauer der Verschleißteile (Grenznutzungsdauer in der Definition nach TGL 80 - 102:03, nach DIN 50321 auch als Verschleiß-Lebensdauer bezeichnet);
4. die Abstimmung der Grenznutzungsdauer der Teile aufeinander;
5. die konstruktive Gestaltung der Verschleißteile.

Verschleißbetrag, Verschleißgeschwindigkeit und Grenznutzungsdauer stehen dabei in engem Zusammenhang. Sie werden durch den Konstrukteur durch die Wahl des Werkstoffes, der Passung, der Oberflächengüte sowie durch die konstruktive Gestaltung beeinflußt. Die konstruktive Gestaltung beeinflußt maßgeblich die Verschleißbedingungen, wie Flächenpressung, Relativgeschwindigkeit, Art der Schmierung sowie Einfluß von Fremdkörpern und anderen (siehe DIN 50 320). Der Verschleißbetrag bestimmt die Grenze der Funktionstauglichkeit eines Verschleißteiles oder einer Verschleißpaarung. Beispielsweise wird bei einem Gleitlager nach Erreichung eines bestimmten Grenzspieles, also einer bestimmten Größe der Differenz zwischen dem Außenmaß des Lagerzapfens und dem Innenmaß der Lagerbohrung, der Schmierfilm abreißen und damit das Lager funktionsuntauglich werden. Von der Spanne, die zwischen dem minimalen Einbauspiel der Paarung und diesem Grenzspiel liegt, kann ein Teil durch die Herstellungstoleranzen in Anspruch genommen werden, der andere Teil wird durch den Verschleiß abgetragen. An einem Zahlenbeispiel sei das verdeutlicht: Bei einer Passung bestehen für die Bohrung die Werte Kleinmaß  $D_K = N + 0,10$  mm, Größtmaß  $D_G = N + 0,13$  mm, also eine Toleranz von  $T_B = D_G - D_K = 0,03$  mm. Für die Welle lauten die Werte Größtmaß  $d_G = N \pm 0$  mm, Kleinmaß  $d_K = N - 0,02$  mm, eine Toleranz also von  $T_W = d_G - d_K = 0,02$  mm. Damit ist das Kleinstspiel  $S_K = D_K - d_G = 0,10$  mm, das Größtspiel der Passung  $S_G = D_G - d_K = 0,15$  mm. Die Grenze der Funktionstauglichkeit möge bei einem Spiel von 0,3 mm liegen. Durch den Verschleiß können also bei Einbau mit Kleinstspiel  $S_K$  insgesamt 0,20 mm abgetragen werden. Wird jedoch die Fertigungstoleranz bei beiden Paarungsteilen voll ausgenutzt, so verringert sich der mögliche Verschleißbetrag auf 0,15 mm. Die gleiche Verschleißgeschwindigkeit vorausgesetzt, wird die Grenznutzungsdauer im zweiten Fall um 25 % kürzer sein als im ersten.

Aus diesen Darstellungen lassen sich einige Überlegungen ableiten:

1. Die Grenznutzungsdauer eines Verschleißteiles oder einer Verschleißpaarung wird nicht nur durch Verschleißbetrag und Verschleißgeschwindigkeit bestimmt, sondern schon durch die Wahl der Passung.

2. Durch die Auswahl der Passung ergibt sich bereits ein Streubereich für die Grenznutzungsdauer. Dieser Streubereich wird um so größer, je größer die Fertigungstoleranzen im Verhältnis zum möglichen Verschleißbetrag sind.

3. In den engen Zusammenhang zwischen Funktion, Passung und Verschleißbetrag hat nur der Konstrukteur Einsicht. Er muß also auch die Grenze des Verschleißbetrages, die Verschleißgrenze, festlegen.

4. Die Angabe einer Grenznutzungsdauer kann nur nach der Sicherheitsgrenze von 90 %, d. h. 90 % aller Teile müssen diese Grenznutzungsdauer erreichen, festgelegt werden. Eine Streuung ist unvermeidlich.

Der Verschleißbetrag, der in der Grenznutzungsdauer erreicht wird, bestimmt im weiteren die Aufarbeitungs- oder Nacharbeitungsmöglichkeit. Ein geringer Verschleißbetrag z. B. verlangt die Wiederherstellung durch galvanische Verfahren oder Metallspritzen. Bei einer Nacharbeitung läßt ein geringer Verschleißbetrag ein mehrmaliges Nacharbeiten zu, es können mehrere Nacharbeitungsstufen vorgesehen werden. Ein großer Verschleißbetrag erfordert im allgemeinen zur Aufarbeitung den Einsatz von Schweißverfahren und bringt damit eine hohe thermische Belastung des Teiles mit sich.

Die Verschleißgeschwindigkeit bestimmt die Grenznutzungsdauer, die Nutzungsdauer bis zur Erreichung des Betriebsgrenzmaßes und die Einlaufzeit. Sie dürfte damit die entscheidende Kennziffer für die Beurteilung des Verschleißverhaltens eines Teiles sein.

Das Verschleißteil mit der geringsten Grenznutzungsdauer bestimmt, in welchem Abstand eine Maschine zur Instandsetzung stillgesetzt werden muß. Dieser Abstand kann nicht beliebig kurz gehalten werden, eine Mindestnutzungsdauer muß von jedem Verschleißteil erreicht werden.

Bei kampagneweise eingesetzten Maschinen muß diese Mindestnutzungsdauer gleich der Einsatzzeit während einer Kampagne sein, um Stillstände während der Kampagne wegen Instandsetzungsarbeiten zu vermeiden. Für ganzjährig eingesetzte Maschinen wird die Mindestnutzungsdauer aus ökonomischen Überlegungen heraus festzusetzen sein. Sie wird dort liegen, wo der zusätzliche Herstellungsaufwand für die Verlängerung der Nutzungsdauer der Teile gleich oder größer wird als die Einsparungsmöglichkeiten in der Instandhaltung.

Diese ökonomische Grenze ist aber bei vielen Teilen heute noch nicht erreicht. Der Mehraufwand für die Vergütung von Laufbuchsen und den Einsatz von verchromten Kolbenringen, die die Nutzungsdauer des Kolben-Buchsen-Systems etwa verdoppeln, beträgt beispielsweise bei einem Vierzylinder-motor nur etwa 10 bis 15 % des Aufwandes für einen Buchsenwechsel zwischen zwei Grundüberholungen.

Im Standardentwurf sind für 30 Maschinenarten die Einsatzzeiten im Jahr festgehalten und damit die angestrebten Werte für die Mindestnutzungsdauer fixiert.

Mit gleicher Aufmerksamkeit wie die Mindestnutzungsdauer muß auch die Abstimmung der Nutzungsdauer der verschiedenen Verschleißteile beachtet werden. Das Teil mit der kürzesten Grenznutzungsdauer bestimmt den Abstand zwischen zwei Instandsetzungen. Ist die Grenznutzungsdauer aller anderen Verschleißteile nicht auf diesen Rhythmus abgestimmt, so muß die Maschine entweder zusätzlich stillgesetzt werden, oder die Teile werden nicht voll ausgenutzt. Da die Kosten für zusätzliche Stillstandzeiten normalerweise höher liegen als für nicht ausgenutztes Material, nimmt man in der planmäßigen Instandhaltung im allgemeinen eine vorzeitige Auswechslung in Kauf. Die Grenznutzungsdauer der

<sup>1</sup> Teil I siehe H. 9/1965, S. 395

einzelnen Teile muß also nach Möglichkeit ein ganzzahliges Vielfaches der Mindestnutzungsdauer oder der kürzesten auftretenden Grenznutzungsdauer sein.

Die konstruktive Gestaltung der Verschleißteile ist eine Funktion ihrer Grenznutzungsdauer. Ist die Grenznutzungsdauer kurz, so muß das Teil einfach und billig herstellbar und leicht und schnell auswechselbar sein. Ist umgekehrt ein Teil nicht einfach und billig herstellbar und nicht ohne Demontage anderer Teile auswechselbar, so muß es eine hohe Grenznutzungsdauer besitzen. Daraus abgeleitet ergeben sich drei Grundforderungen:

1. Ein Verschleiß an allen tragenden Teilen einer Maschine, wie Rahmen, Gehäuse, Motorenblöcke usw., ist grundsätzlich zu vermeiden. Verschleißstellen an ihnen müssen durch auswechselbare Einsätze z. B. Buchsen, Verschleißringe, Wälzlager usw. umgangen werden. Bei häufig erforderlichem Auswechseln dieser Einsätze muß der Sitz nacharbeitbar sein.
2. Verschleißteile, zu deren Auswechslung eine weitgehende Demontage der Maschine notwendig ist, müssen die höchste Grenznutzungsdauer aller Verschleißteile der Maschine ausweisen.
3. Bei Verschleißpaarungen muß der größere Verschleißanteil immer in dem Paarungsteil liegen, das einfach und billig herstellbar ist.

Das für die Gestaltung der Einzelteile gesagte gilt sinngemäß auch für das Verschleißverhalten von Baugruppen einer Maschine. In Tafel I ist die Verteilung der durchschnittlichen Lebensdauer der Teile einiger Maschinen mit den durchschnittlichen Kosten je Teil zusammengestellt. Die Werte wurden 1962 im WITZ für Landtechnik, Krakow am See, aus den Verbrauchskennziffern der Bezirkskontore ermittelt. Sie zeigen, daß man den Grundsatz, schnell verschleißende Teile einfach und billig herstellbar zu konstruieren, teilweise schon verwirklicht.

## 5.2. Korrosionshemmende Konstruktion

Die Landmaschinen sind während des Einsatzes und zum Teil auch während der einsatzfreien Zeit einer Abnutzung durch Korrosion unterworfen. Die Ursachen dieser Korrosion sind Witterung, Pflanzenrückstände, organische und mineralische Düngemittel, Pflanzenschutzmittel usw.

Tafel I. Nutzungsdauer der Einzelteile einiger ausgewählter Maschinen (ohne Normteile und Reifen)

	Mäh- hächs- ler E 650/1	Mäh- dresch. E 175	Viel- fach- gerät P 320	Kom- binator B 812	RS 14/30	KS 07/62
Anzahl der erfaßten Teile	554	2468	579	475	832	630
Wert der erfaßten Teile [MDN]	5009	29816	953	1385	11072	26058
Davon mit einer Nutzungsdauer bis 1 Jahr						
Anzahl [Stück]	239	319	113	237	45	110
Wert [MDN]	965	273	98	326	131	3701
[MDN/Stück] <sup>2</sup>	4,05	0,85	0,87	1,39	2,90	34,30
1 bis 2 Jahre						
Anzahl [Stück]	26	265	95	--	61	40
Wert [MDN]	405	1011	140	--	423	775
[MDN/Stück] <sup>2</sup>	15,60	3,85	1,48	--	6,93	19,35
2 bis 5 Jahre						
Anzahl [Stück]	92	414	154	84	108	97
Wert [MDN]	1004	1667	177	37	923	3019
[MDN/Stück] <sup>2</sup>	10,90	4,00	1,15	0,44	8,55	30,80
5 bis 10 Jahre						
Anzahl [Stück]	101	286	38	21	90	128
Wert [MDN]	1013	1824	32	99	1295	1469
[MDN/Stück] <sup>2</sup>	10,01	0,40	0,85	4,70	14,40	11,65
über 10 Jahre						
Anzahl [Stück]	94	671	148	86	453	222
Wert [MDN]	1602	12163	342	816	7952	11002
[MDN/Stück] <sup>2</sup>	17,05	19,80	2,31	9,45	17,60	49,70
ohne Kennziffer <sup>3</sup>						
Anzahl [Stück]	2	513	32	13	75	33
Wert [MDN]	18	11877	162	107	346	6090
[MDN/Stück] <sup>2</sup>	8,90	23,00	5,05	8,27	4,62	184,20

<sup>1</sup> Wert nach Ersatzteilpreisen (IAP)

<sup>2</sup> Durchschnittlicher Wert je Stück

<sup>3</sup> In der Mehrzahl Teile, für die kein Bedarf auftrat

Während speziell auftretende Korrosionsursachen wie Düngemittel, Pflanzenschutzstoffe und ähnliches im allgemeinen vom Konstrukteur bei der Werkstoffwahl beachtet werden, berücksichtigt man Witterungseinflüsse, pflanzliche und andere Arbeitsrückstände ungenügend. Um diesen Einflüssen begegnen zu können, muß der Konstrukteur

1. die Konstruktion so gestalten, daß eine einwandfreie Reinigung der Maschine möglich ist, ohne daß sie dabei weitgehend demontiert werden muß,
2. alle Sammelstellen für Wasser (Regen, Tau, Schnee), Staub und Schmutz konstruktiv vermeiden,
3. angeben, welche Sicherungsmaßnahmen an der Maschine zu treffen sind, wenn sie im Freien abgestellt wird. Er muß evtl. Verschleißdeckel für bestimmte Öffnungen, Aufbock- und Entlastungsvorrichtungen usw. vorsehen und abzubauen Teile farblich kennzeichnen lassen,
4. die Korrosionsschutzmittel (Anstriche usw.) entsprechend auswählen.

## 5.3. Die pflege- und wartungsgerechte Konstruktion

Unter Wartung sind nach TGL 80 - 102:03 alle Maßnahmen zur Überprüfung oder Herstellung der Betriebsbereitschaft zu verstehen. Das wären also im einzelnen: Kontrolle des Kraftstoff-, Öl- und Wasserstandes und ihre Auffüllung, Kontrolle von Brems-, Lenk-, Regel- und Beleuchtungseinrichtungen auf ihre Funktion, Kontrolle und Nachspannen von Ketten- und Riementrieben, Kontrolle der Funktion einzelner Funktionsgruppen, wie Schneidwerk usw.

Unter Pflege sind nach gleicher TGL alle Maßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung der Abnutzung zu verstehen, das sind also das Schmieren mit Öl und Fett, Ölwechsel, Batteriepflege, Reinigen der Maschine oder einzelner Elemente (Kühler, Filter usw.), Anwendung von Rostschutzmitteln, Nachziehen von Verschraubungen usw.

Die Wartungsaufgaben lassen sich konstruktiv wenig beeinflussen. Der Konstrukteur muß eine gute Zugänglichkeit sichern, er kann durch selbsttätige Riemenspanner ein häufiges Nachspannen vermeiden, Bremsen können mit selbsttätiger Nachstellvorrichtung versehen werden, durch Kontrolllampen läßt sich die Kontrolle der elektrischen Anlagen vereinfachen und ähnliches.

Auf den Pflegeaufwand hat der Konstrukteur einen größeren Einfluß durch die Wahl von selbstschmierenden Lagern oder Lager mit Vorratsschmierung, durch den Schutz der einzelnen Lagerstellen gegen Verschmutzung, durch gute Sicherung der Schrauben usw.

Die Forderungen der Instandhaltung betreffen insbesondere drei Punkte:

1. Die Anzahl der Pflege- und Wartungsstellen, besonders der Schmierstellen
2. Die Häufigkeit der Kontrolle oder Betätigung der Pflege- und Wartungsstellen
3. Die Zugänglichkeit der Pflege- und Wartungsstellen.

Die Anzahl der Pflege- und Wartungsstellen, insbesondere der Schmierstellen, wird begrenzt durch die vom Bediener ohne Hilfsmittel überschaubare Zahl und durch den zur Erfüllung der Pflege- und Wartungsanforderungen nötigen Zeitaufwand. Der Mensch kann in Abhängigkeit von der Übung, der Kennzeichnung und seiner Qualifikation eine bestimmte Anzahl Pflege- und Wartungsmaßnahmen übersehen. Die untere Grenze der Überschaubarkeit bei Verteilung der Pflege- und Wartungsstellen auf beliebige Punkte der Maschine und keiner besonderen Kennzeichnung dürfte nach Erfahrungswerten bei etwa 30 bis 40 liegen, sie kann durch Zusammenfassung an wenigen Punkten, gute Übersichtlichkeit und Kennzeichnung wesentlich erhöht werden. Wird die Anzahl jedoch zu groß, so besteht die Gefahr des „Übersehens“, insbesondere dann, wenn diese Stellen schlecht zugänglich sind. Die Folge sind höherer Verschleiß und höhere Instandsetzungskosten. Technisch ist es heute möglich, durchaus unter dieser Grenze zu bleiben.

Die Grenze für den zulässigen Zeitaufwand zur Durchführung der Pflege- und Wartungsmaßnahmen wird beeinflußt durch die Art der Maschine, ihre Leistung, ihre Einordnung

in den Arbeitsprozeß, aber auch vom allgemeinen technischen Entwicklungsstand. Diese Zeitgrenze ist für jede Maschinenart gesondert festzulegen.

Zweckmäßig erscheint es dabei, alle Pflege- und Wartungsmaßnahmen auf die 10-h-Schicht umzurechnen, um Vergleichswerte bei unterschiedlichen Intervallen zu erhalten. Da der Zeitaufwand auch stark durch die bei der Durchführung eingesetzten technischen Hilfsmittel beeinflusst wird, erscheint es richtig, grundsätzlich alle Angaben unter Einsatz von elektrischen Kraftstoffpumpen, elektrischen, pneumatischen oder motorgetriebenen Hochdruckschmierpressen mit 100 bis 150 at Preßdruck und elektrischen Ölpumpen oder Ölwechselgeräten mit einer Förderleistung von 10 bis 15 l/min zu ermitteln, da auch in dieser Hinsicht der technische Höchststand zur Norm gemacht werden muß.

Die Grenze des Zeitaufwandes gibt keine direkte Aussage über die Anzahl der Schmierstellen, da die Zugänglichkeit und die Häufigkeit der Betätigung in die Zeitermittlung mit eingehen.

THUM und TSCHIEDEL [18] haben den Pflegeaufwand bei mehreren Großmaschinen untersucht. Tafel 2 enthält den aus diesen Werten errechneten Aufwand für eine 10-h-Schicht und seine Aufgliederung. Während der durchschnittliche Aufwand je Schmierstelle und Schicht bei der Kartoffelvollerntemaschine E 675 0,10 min betrug, betrug er beim Mährescher E 175 — bedingt durch schlechtere Zugänglichkeit und kürzere Schmierintervalle — 0,61 min je Schmierstelle und Schicht. Die Zugänglichkeit wird bei THUM und TSCHIEDEL durch die Zugangszeit erfaßt, das ist der Zeitaufwand zum Übergang von einer Schmierstelle zur nächsten. Diese Zugangszeit betrug bei der E 675 0,127 min je Schmierung, beim E 175 0,301 min je Schmierung, sie war also fast 2,5mal so hoch.

Zur Beantwortung der Frage nach dem anzustrebenden Schmierintervall muß der Aufwand für die Schmierung einer Schmierstelle in der gesamten Nutzungsdauer einer Maschine dem Aufwand gegenübergestellt werden, der zur Erhöhung des Schmierintervalls oder beim Einbau eines selbstschmierenden Lagers nötig ist. In Tafel 3 ist der Zeitaufwand für die Schmierung einer Schmierstelle in Abhängigkeit vom Schmierintervall bei verschiedenen Einsatzzeiten im Jahr und einer zehnjährigen Nutzungsdauer zusammengestellt. Die Berechnung der Zeiten erfolgte unter der Voraussetzung einer guten Zugänglichkeit der Schmierstelle und der damit möglichen Schmierzeit von 0,5 min je Einzelschmierung.

In Tafel 4 ist der Aufwand in Geldwert ausgedrückt, wobei mit einem Kostensatz von 3,60 MDN/h gerechnet wurde. Dieser Kostensatz enthält den durchschnittlichen Lohn und die direkt zurechenbaren Sozialkosten. Damit sind zwar die direkten Kosten erfaßt, nicht aber der volkswirtschaftliche Ausfall an Produktion, der durch die nicht produktiven Zeiten entsteht. Die Bruttoproduktion je Arbeitsstunde liegt

Tafel 3. Zeitaufwand für die Schmierung einer Schmierstelle bei 10jähriger Nutzungsdauer der Maschine in Abhängigkeit vom Schmierintervall und der jährlichen Einsatzzeit, Ausgangswert: 0,5 min je Einzelschmierung

Jährliche Einsatzzeit d. Maschine [h/Jahr]	Zeitaufwand [min] für die Schmierung bei einem Schmierintervall von							
	5 h	10 h	25 h	50 h	100 h	200 h	250 h	500 h
250	250	125	50	25	12,5	6,25	5	2,5
500	500	250	100	50	25	12,5	10	5
1000	1000	500	200	100	50	25	20	10
2000	2000	1000	400	200	100	50	40	20
3000	3000	1500	600	300	150	75	60	30
4000	4000	2000	800	400	200	100	80	40
5000	5000	2500	1000	500	250	125	100	50

Tafel 4. Lohn- und direkt zurechenbare Sozialkosten für die Schmierung einer Schmierstelle bei 10jähriger Nutzungsdauer der Maschine in Abhängigkeit vom Schmierintervall und der jährlichen Einsatzzeit, Kostensatz: 3,60 MDN/h. Schmierzeit: 0,5 min je Einzelschm.

Jährl. Einsatzzeit d. Maschine [h/Jahr]	Aufwand an Lohn- u. dir. zurechenb. Sozialkosten [MDN]							
	5 h	10 h	25 h	50 h	100 h	200 h	250 h	500 h
250	15,-	7,50	3,-	1,50	0,75	0,375	0,30	0,15
500	30,-	15,-	6,-	3,-	1,50	0,75	0,60	0,30
1000	60,-	30,-	12,-	6,-	3,-	1,50	1,20	0,60
2000	120,-	60,-	24,-	12,-	6,-	3,-	2,50	1,20
3000	180,-	90,-	36,-	18,-	9,-	4,50	3,60	1,80
4000	240,-	120,-	48,-	24,-	12,-	6,-	4,80	2,-
5000	300,-	150,-	60,-	30,-	15,-	7,50	6,-	3,-

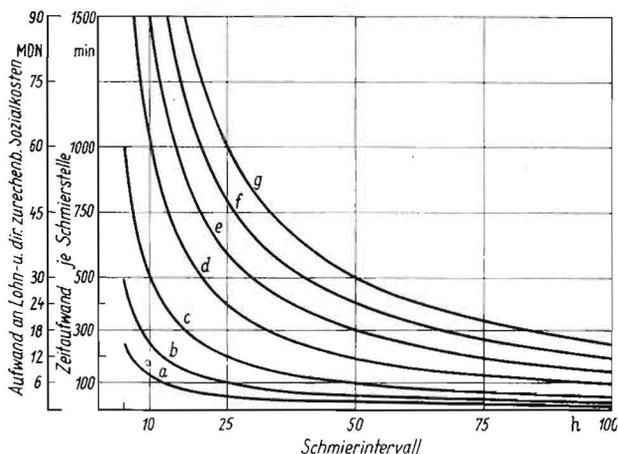
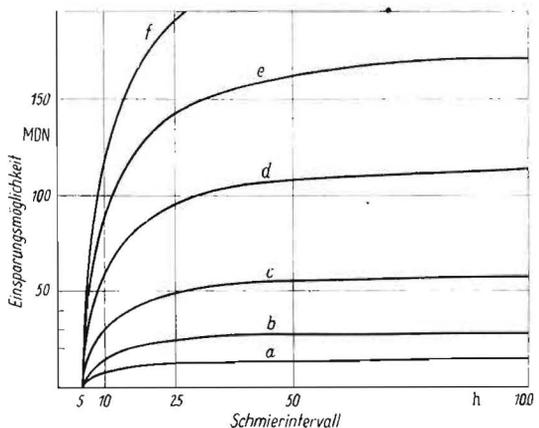


Bild 1. Zeit- und Kostenaufwand für Lohn und direkt zurechenbare Sozialkosten für die Schmierung einer Schmierstelle bei 10jähriger Nutzungsdauer der Maschine in Abhängigkeit vom Schmierintervall und der jährlichen Einsatzzeit. Ausgangswerte: Schmierzeit 0,5 min je Einzelschmierung; 3,60 MDN/h Kosten; a 250, b 500, c 1000, d 2000, e 3000, f 4000 und g 5000 jährliche Einsatzstunden

Tafel 2. Vergleich der Schmiersysteme des Mähäckslers E 065/1, des Mähreschers E 175, der Rübenvollerntemaschine E 710 und der Kartoffelvollerntemaschine E 675 (Grundzahlen nach THUM und TSCHIEDEL; H. 9/1962, S. 408)

	E 065/1	E 175	E 710	E 675
1. Anzahl der Schmierstellen der Maschine [Stück]	86	113	106	100
2. Durchschnittliche Zahl der Einzelschmierungen je Schicht (10 h)	100,8	90,8	99,2	19,15
3. Mittlere Häufigkeit der Schmierung jeder Schmierstelle in 1 Schicht	1,17	0,805	0,935	0,19
4. Zeitaufwand je Schmierstelle und Schicht [min]	0,342	0,61	0,433	0,099
5. Gesamte Schmierzeit in einer Schicht [min]	29,4	69	45,9	9,9
6. Mittleres Schmierintervall [h]	8,55	12,4	10,7	52,6
7. Durchschn. Gesamtzeit je Einzelschmierung [min]	0,292	0,760	0,463	0,517
8. Durchschn. Zugangszeit je Einzelschmierung [min]	0,122	0,301	0,28	0,127
9. Durchschn. reine Schmierzeit je Einzelschmierung [min]	0,0803	0,225	0,097	0,141
10. Durchschn. Fettpressenfüllzeit je Einzelschm. [min]	0,083	0,156	0,085	0,141

Bild 2. Einsparungsmöglichkeiten an Lohn- und direkt zurechenbaren Sozialkosten in MDN je Schmierstelle bei Erhöhung des Schmierintervalls in Abhängigkeit von der jährlichen Einsatzzeit. Grundwerte: Schmierzeit 0,5 min je Einzelschmierung, 3,60 MDN/h Lohn- und Sozialkosten; a 250, b 500, c 1000, d 2000, e 3000 und f 4000 jährliche Einsatzstunden



in der Landwirtschaft im Mittel etwa doppelt so hoch wie der veranschlagte Kostensatz, dementsprechend auch der Produktionsausfall.

Bild 1 stellt die Werte aus Tafel 3 und 4 graphisch dar. Bild 2 gibt zur stärkeren Hervorhebung die Einsparungsmöglichkeiten je Schmierstelle bei Erhöhung des Schmierintervalls wieder, wobei als Ausgangswert die 5-h-Schmierung gewählt wurde.

Wie die Tabellen und Bilder zeigen, ergeben sich die hauptsächlichsten Einsparungen bei Maschinen mit einer Einsatzdauer bis zu jährlich 500 h im Bereich bis zur 30-h-Schmierung, bei Maschinen mit höherer jährlicher Einsatzzeit im Bereich bis zur 60-h-Schmierung. Für welches Schmierintervall der Konstrukteur ein Lager auslegt, muß in jedem Einzelfall ökonomisch ausgewogen werden. Dabei dürfen aber die Grenzwerte in der Anzahl der Pflege- und Wartungsstellen nicht überschritten werden.

Um einige Vergleichswerte zu geben, sind in Tafel 5 die Anzahl der Schmierstellen und die Häufigkeit ihrer Betätigung sowie der errechnete Zeitaufwand je Schicht von einer Anzahl Traktoren zusammengestellt. Sie wurden den Bedienungsanleitungen entnommen. Die Zusammenstellung zeigt die zur Zeit herrschenden erheblichen Unterschiede. Künftig sollte bei Traktoren ein Schmierintervall unter 60 h völlig vermieden werden.

#### 5.4. Instandsetzungsgerechte Konstruktion

Einige Forderungen zum Teilgebiet „Instandsetzungsgerechte Konstruktion“ ergaben sich bereits im Abschnitt „Verschleißhemmende Konstruktion“: Gute Zugänglichkeit aller schnell verschleißenden Teile und Baugruppen, ihre schnelle Auswechslungs- sowie einfache und billige Herstellungsmöglichkeit. Aus der Organisation und Technologie der Instandsetzung ergeben sich weitere Forderungen an die konstruktive Gestaltung.

Um bei Schäden an einzelnen Baugruppen die Maschine schnell wieder betriebsbereit machen zu können und bei serienmäßiger Instandsetzung Möglichkeiten zur Beschleunigung der Demontage und Montage zu haben, muß eine Maschine klar in Baugruppen unterteilt sein, die leicht voneinander trennbar sind. Dabei müssen an schweren Baugruppen (etwa über 25 kg Masse) Anschlagpunkte für Hebezeuge und Absetzpunkte für die Abstellung vorgesehen sein. Diese Absetzpunkte können dabei den Einsatz von Vorrichtungen verlangen.

Bei Prüf- und festen Übergangsspannungen müssen Angriffspunkte für Vorrichtungen vorgesehen werden, um eine Demontage und Montage zu ermöglichen.

Um das System der periodischen Überprüfungen weiter ausdehnen zu können und eine Materialverbrauchsnormung zu ermöglichen, muß der Konstrukteur für alle Verschleißteile Betriebs- und Aussonderungsgrenzmaße festlegen. Für die Verschleißteile müssen einfache Überprüfmöglichkeiten ohne größere Demontage gegeben sein. Der Konstrukteur muß sich dabei über die im Instandhaltungswesen eingesetzten Meßmethoden und meßtechnischen Einrichtungen informieren.

Der Konstrukteur muß weiterhin berücksichtigen, daß Paßarbeiten mit höherer Genauigkeitsstufe nicht in allen Werkstätten vorgenommen werden können. Flächen- und Rundschleifmaschinen sind beispielsweise nur in Spezialbetrieben vorhanden. Der Konstrukteur kommt der Instandsetzung daher entgegen, wenn er aufwendige Instandsetzungsarbeiten — besonders hinsichtlich der Genauigkeit — in wenigen Baugruppen konzentriert, da derartige Instandsetzungen in Spezialbetrieben ausgeführt werden müssen. Die Wirtschaftlichkeit einer solchen Spezialisierung steigt aber mit dem Faktor der Spezialisierungswürdigkeit, der als Verhältnis des Instandsetzungsaufwandes zur Transportmasse definiert ist. Lassen sich an komplizierten und teuren Teilen, wie z. B. Kurbelwellen, Verschleißstellen nicht vermeiden, so müssen Auf- oder Nacharbeitungsmöglichkeiten und die dazugehörigen Grenzwerte — die Schrottgrenze — angegeben werden.

#### 5.4. Standardisierung

Die Vorteile einer Standardisierung für das Instandhaltungswesen liegen im Bereich der Ersatzteilversorgung und der Technologie. Ihr Nutzen wird hier mindestens ebenso groß sein, wie der Nutzen der Standardisierung für die Fertigung. Zunächst verlangen das Instandhaltungswesen wie die Fertigung, daß Teile gleicher Funktion und Belastung an verschiedenen Maschinen vereinheitlicht sind.

Die Instandhaltung verlangt aber weiter, daß die Anschlußmaße von Baugruppen generell nicht verändert werden und daß bei Änderungen an der Maschine die Hauptverschleißteile in ihren Maßen und Toleranzen wie auch in ihrem Verschleißverhalten erhalten bleiben.

Bei jeder Änderung an Baugruppen muß die Austauschbarkeit voll erhalten bleiben, das gleiche trifft für die Änderungen an Einzelteilen zu. Ist diese Austauschbarkeit nicht gegeben, so bedeutet das nicht nur die Möglichkeit der Verwechslung, sondern doppelte Lagerhaltung, zweifache Buchführung, Planung usw. in der Ersatzteilwirtschaft. Die Mehrkosten, die allein in den Bezirkskontoren und Versorgungslagern entstehen, liegen nach überschlägigen Berechnungen bei etwa 5000 MDN je Einzelteil. Sie dürften damit im allgemeinen höher sein als der Nutzen der Neuerung in der Fertigung.

Bei Änderungen an Baugruppen sollten alle vorher erzeugten Maschinen auf die neueste Konstruktion umrüstbar sein. Ist das nicht möglich, sollten Änderungen nur in bestimmten Zeitabständen eingeführt werden, wobei als Periode 1 Jahr nicht unterschritten werden darf. Werden z. B. 100 Änderungen an einer Maschine laufend vorgenommen, so kann sich der Instandsetzungstechnologe bei 100 Maschinen in einer Instandsetzungsserie allen 100 Varianten gegenübersehen, ohne daß er in der Arbeitsvorbereitung sagen kann, um welche Variante es sich bei der einzelnen Maschine handelt.

#### 6. Veraltungsmindernde Konstruktion

Die Veraltung — auch als moralischer Verschleiß bezeichnet, wirkt unabhängig vom Arbeitsprozeß, also unabhängig davon, ob eine Maschine eingesetzt wird oder nicht. Sie interessiert das Instandhaltungswesen aus dem Gesichtspunkt der Wert-erhaltung heraus.

Die Veraltung einer Maschine tritt dadurch ein, daß entweder der Wiederbeschaffungspreis der Maschine sinkt oder eine Maschine mit gleichem Wiederbeschaffungspreis, aber höherem Gebrauchswert auf dem Markt erscheint. In einzelnen Fällen können auch Fragen der Formgebung zum Gebrauchswert zu rechnen sein.

Die Gefahr einer Veraltung ist bei den verschiedenen Maschinenarten und -typen unterschiedlich groß, sie steigt, wenn es sich um völlig neuartige Erstkonstruktionen handelt, die noch nicht voll ausgereift sind.

Der Konstrukteur kann diese Entwertung dadurch mindern, daß er durch eine klare Trennung nach Baugruppen und ihrer Austauschbarkeit die Möglichkeit schafft, auch Maschinen älteren Typs immer auf den neuesten Stand zu bringen.

Tafel 5. Anzahl der Schmierstellen, Häufigkeit und Zeitaufwand bei ihrer Betätigung von verschiedenen Traktorentypen

Traktorentyp	Gesamtzahl der Schmierstellen		2x wöchentlich (25...30 h)	wöchentlich (30...60 h)	Gesamtzahl der Einzel-schmierungen je Woche	Zeitaufwand je 10-h-Schicht [min]
	[St.]	[St.]				
1. Güldner (18 PS)	24	—	21	3	45	2,3
2. Normag (18 PS)	10	—	—	10	10	0,5
3. Porsche (22 PS)	26	4	—	22	46	2,3
4. Porsche (44 PS)	28	4	—	24	48	2,4
5. Massey-Ferguson FE 35 (22 PS)	11	9	—	2	56	2,8
6. Massey-Ferguson FE 65 (42 PS)	10	10	—	—	60	3,3
7. MTS-5E (45 PS)	18	—	15	3	33	1,7
8. RS 14/36 (36 PS)	39	27	—	12	174	8,7
9. RS 09 (18 PS)	29	27	—	2	164	8,2
10. GT 124 (24 PS)	47	36	—	11	227	11,4

Der Anteil der weiter zu verwendenden Baugruppen und Einzelteile kann dabei durchaus unterschiedlich sein. Es wird dadurch aber die völlige Veraltung der gesamten Maschine verhindert.

## 7. Zur praktischen Anwendung des Standard-Entwurfs „Instandhaltungsgerechte Konstruktion“

Der Standard-Entwurf formuliert die allgemeinen Grundforderungen des Instandhaltungswesens an die konstruktive Gestaltung von Landmaschinen, Traktoren und Geräten. Er kann nicht alle Forderungen an spezielle Maschinen enthalten, er muß also von Fall zu Fall durch besondere Zusatzforderungen ergänzt werden.

Der Standard-Entwurf kann also insofern dem Konstrukteur nur Hinweise geben, unter welchem Gesichtspunkt der Instandhaltungsingenieur eine Konstruktion betrachtet. Er soll dabei Anregungen zu eigenen Überlegungen des Konstrukteurs geben. Der Konstrukteur muß sich ständig alle Abnut-

zungsvorgänge an der Maschine vor Augen halten und die Frage stellen, wie ihre Instandsetzung möglich ist. Um die Anschauungsweise des Instandhaltungsingenieurs näher kennen zu lernen, ist dem Konstrukteur eine enge Zusammenarbeit mit ihm vom Beginn einer Entwicklung an zu empfehlen.

Als Zusammenfassung der Grundforderungen muß der Standardentwurf weiter Berücksichtigung finden in den Planungsunterlagen für neue Maschinensysteme und in den Vorstudien einzelner Maschinen.

Zum dritten soll der Standardentwurf Maßstäbe für die Gebrauchswertbestimmung einer Maschine in der Prüfung finden helfen. Er muß also auch bei der Prüfung berücksichtigt werden.

## Literatur

- [18] THUM, E./E. TSCHIEDEL: Zum Zeitaufwand für das Schmierieren von landwirtschaftlichen Großmaschinen. Deutsche Agrartechnik, Berlin (1962) II. 9, S. 408 A 5772

Ing. B. FREITAG, KDT\*

## Hinweise zur Schmierungstechnik in der Landwirtschaft

Die Probleme der planmäßig vorbeugenden Instandhaltung sind weitgehend diskutiert und publiziert. Dabei findet die richtige Schmierung — wenn der richtige Schmierstoff in richtiger Menge und zur richtigen Zeit an die richtige Stelle der Maschine gebracht wird — nicht immer die ihr gebührende Aufmerksamkeit als Hauptfaktor zur Minderung von Reibung und Verschleiß. Nach grober Schätzung beträgt der Reparaturanteil der Landtechnik im Durchschnitt etwa jährlich ein Drittel ihres Neuwertes. Das ist außerordentlich hoch. Eine gute Schmierungstechnik in die Landwirtschaft eingeführt, könnte beachtliche Kosteneinsparungen bringen. Nachstehend sollen deshalb einige Hinweise für eine bessere Schmierungstechnik in der Landwirtschaft folgen.

### Richtig lagern

Die richtige Schmierung beginnt schon bei der Lagerung der Kraft- und Schmierstoffe. Die oft anzutreffende unsachgemäße Lagerung von Schmier- und Kraftstoffen (Bild 1) führt zu Gebrauchswertminderungen und zum Teil zur Unbrauchbarkeit. Der Lagerraum muß gut zugänglich, genügend groß (der Betriebsgröße entsprechend), abgeschlossen, sauber, lüft- und heizbar sein. Ein rutschsicherer Fußboden ist durch geeignete Profil- oder Rostwahl zu schaffen.

Bei der Projektierung von Tankstellen und Reparaturwerkstätten für landwirtschaftliche Betriebe darf nie das Schmierstofflager vergessen werden.

Aus Gründen der Verwechslungsgefahr sowie des Arbeitsschutz und Brandschutzes müssen Schmier- und Kraftstoffe getrennt voneinander gelagert werden. Durch Kraftstoff verdünnte Schmierstoffe können bei Einsatz Lagerschäden nach sich ziehen. Über den Verkehr mit brennbaren Flüssigkeiten, worunter man alle Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt bis zu 100 °C und aus solchen Flüssigkeiten hergestellte Produkte versteht, gibt die ABAO 850/1 vom 1. Oktober 1962 erschöpfend Auskunft. Um Verwechslungen auszuschließen, dürfen Farbstoffe und deren Verdüner nicht im Schmierstofflager gelagert werden. Chemisch aggressive Medien, Feuchtigkeit und Schmutz in jeglicher Form sind stärkste Gebrauchswertminderer für Schmierstoffe, deshalb muß das Schmierstofflager äußerst sauber gehalten werden. Fette sind aus Gründen der Ausblutungsgefahr vor Sonneneinstrahlung zu schützen. Die technische Ausrüstung des Schmierstofflagers ist in Abhängigkeit vom vorhandenen Bedarf an Schmierstoffen zu wählen. Geeignete Hilfsmittel sind:

Für den Bereich der Schmierfette:

- Metallspatel zur Entnahme von Fett (keine Holzspatel verwenden) und
- für jede Fettqualität eine Fettpresse in wirtschaftlicher Größe (Fette verschiedener Qualität dürfen aus Gründen chemischer Unverträglichkeit nicht untereinander gemischt werden).

Sofern das Abschmiergerät „Sprimat“ bei irgendwelchen von Maschinenherstellern geforderten Fettqualitäten sich als nicht geeignet erweist, ist nicht auf eine für den Sprimat gangbare Fettqualität umzustellen, sondern im Interesse der abzuschmierenden Maschine auf eine geeignetere Abschmiervorrichtung.

Für die Ölausgabe stehen folgende Geräte zur Verfügung:

- Eine Ölbar
- Faßdichte Handölpumpen oder verschließbare Ausgüßmundstücke bei Ausgabe aus auf Böcken gelagerten Fässern. Für jede Sorte Öl ist eine Pumpe notwendig.
- Die Ausgabe darf nur in Kanistern, Meßeimern und Ölkannen erfolgen, die die gleiche Farbsymbol-Kennzeichnung wie der Lagerbehälter haben.
- Trichter entsprechend Notwendigkeit

Zur technischen Ausrüstung gehören weiter eine Waschgelegenheit für Meßeimer, Trichter, Pumpen usw.

Nähere Informationen über Schmiereinrichtungen sind dem Buch „Schmiereinrichtungen — Lehrmaterial“, Ausg. 1965, zu entnehmen. Das Buch wurde vom Institut für Wälz- und

Bild 1. Schlechtes Beispiel eines Öl- und Schmiermittellagerplatzes in einer LPG — wie man es leider noch häufig findet



\* WTZ Schmierstoffe und Schmierstoffanwendung, Krumpa