

Ermittlung von Gesamt-Lastkollektiven für Ackerschlepper

Von Rainer H. Biller, Braunschweig-Völkenrode*)

Mitteilung aus dem Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode

DK 631.372

Bisherige Berechnungsmethoden für die Dimensionierung von Ackerschleppergetrieben arbeiten überwiegend mit z.T. unzureichend abgestützten Sicherheitsfaktoren. Neuere Methoden gehen von Lastkollektiven aus, um auf ihrer Grundlage Betriebsfestigkeitsversuche durchzuführen oder sie mit der Wöhlerlinie des zu dimensionierenden Bauteils mit Hilfe einer Schadensakkumulationshypothese zu vergleichen. Wesentlich für die Zuverlässigkeit dieser Methode ist die möglichst genaue und vollständige Erfassung aller während der Lebensdauer auftretenden Belastungen nach Art und Zeitanteil. Der vorliegende Beitrag schildert am Beispiel der Antriebs-elemente eines Ackerschleppers die Vorgehensweise bei der Aufstellung derartiger Lastkollektive.

1. Einleitung

Die technischen und wirtschaftlichen Anforderungen an Bauteile und Baugruppen von Maschinen und Geräten in der Landwirtschaft, besonders auch von Ackerschleppern, sind vielfältig und steigen ständig. So erfordern der Zwang zu kostengünstiger Entwicklung, Herstellung und Erprobung sowie das Streben nach bestmöglicher Werkstoffausnutzung bei gleichzeitig minimaler Ausfallwahrscheinlichkeit eine ausgefeilte Dimensionierung und möglichst exakte Vorausberechnung der Lebensdauer der Bauteile, vor allem bei Großserienprodukten [1, 2, 3]. Um diesen Anforderungen zu genügen, ist es notwendig, die im praktischen Einsatz tatsächlich auftretenden Belastungen als Dimensionierungsgrundlage zu verwenden. Für Bauteile und Baugruppen an Ackerschleppern wird dieses erschwert durch seinen Einsatz als Universalmaschine und das dadurch vielseitige veränderliche Belastungsspektrum [4].

Neben der möglichst umfassenden Kenntnis aller während der Einsatzdauer eines Ackerschleppers auftretenden Belastungsarten sind auch Angaben über deren Häufigkeit unumgänglich, um durch die Verknüpfung dieser Informationen ein für seinen Einsatz gültiges Gesamt-Belastungsspektrum (Gesamt-Lastkollektiv) zu erhalten. Auf dieser Grundlage ist es möglich, die relevanten Bauteile oder Baugruppen auf Zeitfestigkeit zu dimensionieren (z.B. durch einen Betriebsfestigkeitsversuch oder durch Vergleich mit der Wöhlerkurve des Werkstoffes unter Verwendung einer geeigneten Schadensakkumulationshypothese [5 bis 8]).

Für das Aufstellen eines Gesamt-Lastkollektivs ist eine Reihe von Schritten notwendig, **Bild 1**. Anhand eines Beispiels soll im folgenden die Vorgehensweise bei der Aufstellung eines Gesamt-Lastkollektivs für Ackerschlepper erläutert werden.

Vortrag bei der "Internationalen Tagung Landtechnik" in Neu-Ulm, 13.-14. Nov. 1980.

*) Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing. R.H. Biller ist wiss. Mitarbeiter am Institut für Betriebstechnik (Leiter: Prof. Dr. H. Schön) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

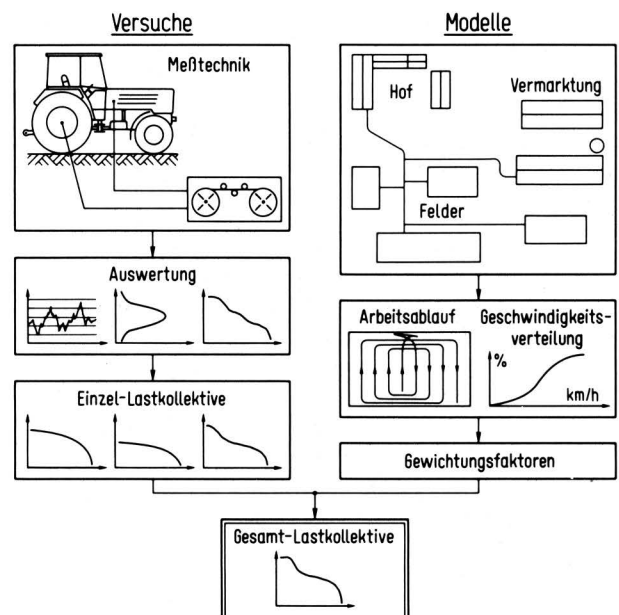


Bild 1. Schritte bei der Ermittlung von Gesamt-Lastkollektiven für Modellbetriebe.

Nach einer kurzen Darstellung der Meßtechnik, der Versuchsdurchführung und -auswertung werden Ergebnisse aus Einzelversuchen vorgestellt. Anschließend wird ein Modellbetrieb gewählt und auf die Ermittlung der Zeitanteile für die Einzelbelastungen eingegangen. Nach der Aufstellung eines Gesamt-Lastkollektivs für diesen Modellbetrieb wird anhand von Beispielen gezeigt, welche Auswirkungen auf das Gesamt-Lastkollektiv verschiedene Einflußfaktoren besitzen.

2. Versuchsdurchführung und Auswertung

Für die Ermittlung der Belastungsverläufe wurde ein entsprechend ausgerüsteter 70 kW-Schlepper verwendet. Die Anordnung der Meßstellen zeigt **Bild 2**.

Die über Dehnungsmeßstreifen aufgenommenen Spannungen wurden über Kabel auf ein Magnetband übertragen und registriert. Die erhaltenen Spannungsverläufe wurden mit Hilfe eines Rechenprogrammes [9] nach verschiedenen Klassierverfahren ausgewertet [10]. Im weiteren Verlauf dieses Beitrages werden nur die Ergebnisse nach dem Verweildauerverfahren, **Bild 3**, betrachtet, einem Verfahren, das als günstig angesehen wird, wenn es sich um die Dimensionierung zyklisch belasteter Bauteile handelt (z.B. Zahnräder eines Ackerschleppergetriebes) [11, 12]. Beim Verweildauerverfahren wird der Spannungs- bzw. Drehmomentverlauf mit einer hohen Frequenz abgetastet und die Anzahl der Zeitabschnitte in den einzelnen Klassen gezählt.

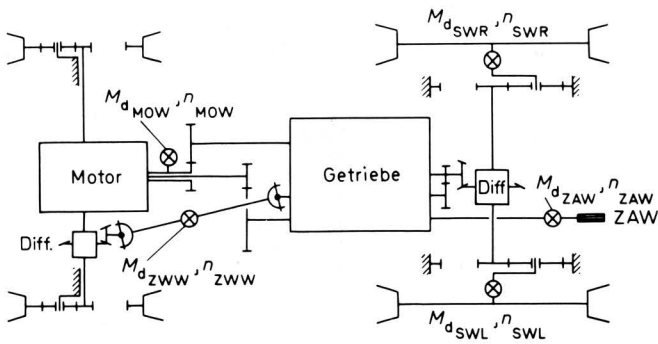


Bild 2. Anordnung der Meßstellen (⊗) zur Messung von Drehmoment M_d und Drehzahl n am Versuchsschlepper (Schlüter SF 6900 V).

MOW Motorwelle ZAW Zapfwelle
 SWL Seitenwelle, links ZZW Zwischenwelle
 SWR Seitenwelle, rechts

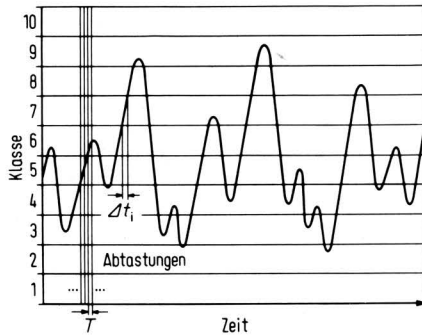


Bild 3. Schematische Darstellung der Klassierung nach dem Verweildauerverfahren.

Das Ergebnis ist eine Verteilung der Summen der Zeitabschnitte, die der betrachtete Spannungs- bzw. Drehmomentverlauf in den einzelnen Klassen verweilt. Durch Umwandeln der Verteilung in eine Summenhäufigkeitskurve und Auftragen im logarithmischen Maßstab erhält man eine typische Verteilung, die als Lastkollektiv bezeichnet wird, **Bild 4**. Nach diesem Verfahren werden für die unterschiedlichsten Arbeitsgänge oder Teilarbeiten im praktischen Versuch Einzel-Lastkollektive ermittelt. Am Beispiel Pflügen werden im folgenden die Auswirkungen einiger Einflußfaktoren auf das Lastkollektiv für die Hinterachswellen eines Acker-schleppers untersucht.

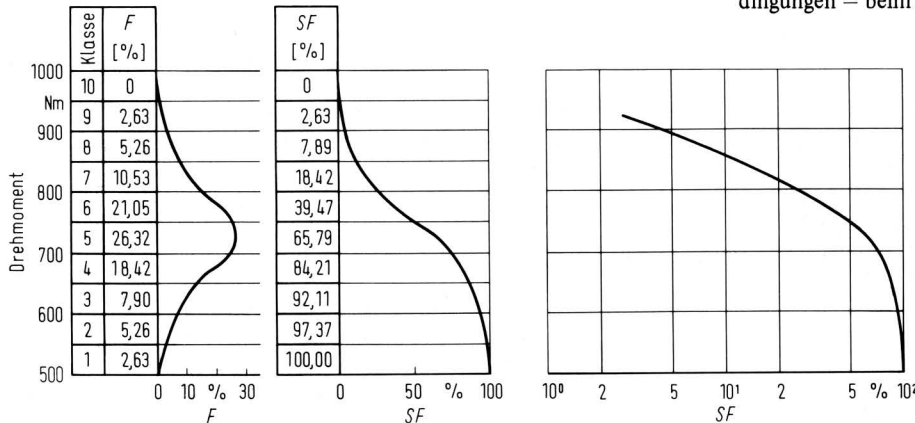


Bild 4. Umwandlung einer Häufigkeitsverteilung in ein Lastkollektiv.

3. Einzel-Lastkollektive beim Pflügen

Betrachtet man den Arbeitsgang Pflügen, so beinhaltet er drei Bereiche, die sich bezüglich der auftretenden Belastungen deutlich unterscheiden. Es sind dies das Pflügen der Hauptparzelle und des Vorgewendes, die Leerfahrten mit ausgehobenem Gerät sowie Anfahr- und Schaltvorgänge.

3.1 Pflügen der Hauptparzelle und des Vorgewendes

Haupteinflußfaktoren auf die Höhe der Belastung der Antriebswellen beim Pflügen sind der Zugwiderstand und die auftretenden Vertikalbeschleunigungen am Fahrzeug. Der Zugwiderstand wird beeinflusst durch Bodenparameter (z.B. Bodenart und Bodenfeuchtigkeit), durch technische Daten des Pfluges, durch Arbeitsparameter (z.B. Arbeitsbreite und Arbeitstiefe) sowie durch die Fahrgeschwindigkeit. Die Vertikalbeschleunigungen sind vorwiegend abhängig von der Fahrbahnbeschaffenheit (z.B. Bodenwellen) und ebenfalls von der Fahrgeschwindigkeit.

Betrachtet man die Lastkollektive für das Pflügen der Hauptparzelle in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit, **Bild 5**, so erkennt man einen Anstieg der Belastung mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit.

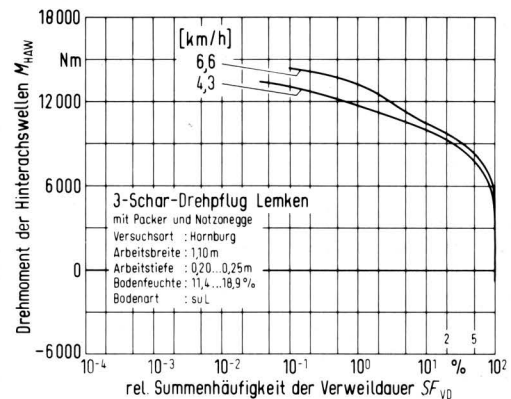


Bild 5. Einfluß der Fahrgeschwindigkeit auf das Lastkollektiv für die Hinterachswellen beim Pflügen der Hauptparzelle.

Ein Anstieg ergibt sich ebenfalls bei höherer Bodenfeuchtigkeit, bei schwererem Boden, bei größerer Arbeitstiefe oder bei Verwendung von Nachlaufgeräten, **Bild 6**. Nachlaufgeräte bewirken durch den erhöhten Zugwiderstand höhere Belastungen an den Antriebs-elementen. Fast doppelt so hohe Belastungen wie beim Pflügen der Hauptparzelle treten — bei sonst vergleichbaren Bedingungen — beim Pflügen des Vorgewendes auf. Auf dem Vorge-

wende ist der Boden durch das häufige Befahren stärker verdichtet und zusätzlich geprägt durch typische wellenförmige Bodenunebenheiten, die beim Ein- und Ausziehen des Pfluges entstehen. Beide Faktoren bewirken eine starke Zunahme der Belastung.

3.2 Leerfahrten (Fahrten mit ausgehobenem Gerät)

Einen nicht zu vernachlässigenden Anteil an der Gesamtarbeitszeit für das Pflügen beanspruchen die Fahrten mit ausgehobenem Gerät auf dem Vorgewende des zu bearbeitenden Feldes sowie die Fahrten vom Hof zum Feld und zurück, die auf Feldwegen und asphaltierten Straßen durchgeführt werden.

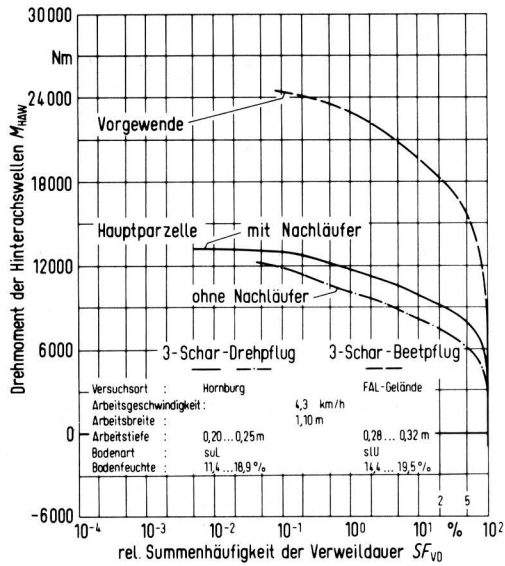


Bild 6. Einfluß von Nachlaufgeräten beim Pflügen der Hauptparzelle und Einfluß der Fahrbahnart beim Pflügen auf das Lastkollektiv für die Hinterachswellen.

Die auftretenden Belastungen, **Bild 7**, werden im wesentlichen durch Art und Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche bestimmt. Die Belastungen bei Straßenfahrt und für das Fahren auf einem ebenen Schotterweg liegen bei relativ niedrigen Werten, für den Schotterweg aufgrund der größeren Bodenebenenheiten etwas höher als für die Straße. Dagegen erreichen die Spitzenbelastungen bei der Leerfahrt auf dem Feld (Vorgewende) etwa vierfach so hohe Werte und liegen damit fast im Bereich der Werte für dreischariges Pflügen auf mittelschwerem Boden (vgl. Bild 5). Dabei ist jedoch die Art der Belastung unterschiedlich, wie aus der Form der Lastkollektive unschwer zu erkennen ist. Ausgehend vom 100 %-Wert der Summenhäufigkeit steigt die Kurve des Lastkollektivs bei der Leerfahrt fast linear an, während sie beim Pflügen zuerst steil ansteigt, um danach zu höheren Momenten hin flacher zu werden.

Dies bedeutet einen Drehmomentverlauf bei der Leerfahrt auf dem Feld mit großen Amplituden um einen geringeren Mittelwert als beim Pflügen, bei dem das Drehmoment mit kleineren Amplituden um einen wesentlich höheren Mittelwert schwankt. So liegt z.B. der 50 %-Wert (Median) des Lastkollektivs für Leerfahrten auf dem Feld bei etwa 3000 Nm, während er beim Pflügen mit 8,5 km/h etwa 9000 Nm beträgt.

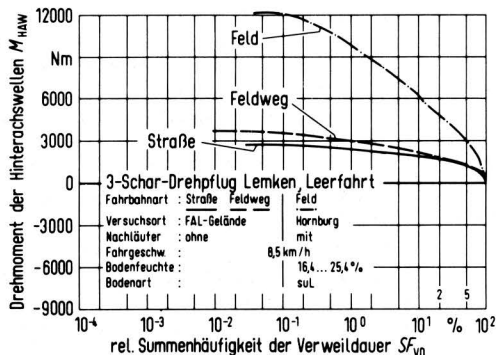


Bild 7. Einfluß der Fahrbahnart bei Leerfahrten mit ausgehobenem Pflug auf das Lastkollektiv für die Hinterachswellen.

3.3 Anfahr- und Schaltvorgänge

Ebenfalls von Bedeutung bei der Ermittlung wesentlicher, während der Einsatzdauer eines Ackerschleppers auftretender Belastungen sind Anfahr- und Schaltvorgänge.

Als Beispiel sollen hier nur die Lastkollektive für das Hochschalten gezeigt werden, **Bild 8**. Die Belastungen nehmen mit fallender Fahrgeschwindigkeit, d.h. mit steigender Übersetzung, zu, da bei den bestehenden Massenträgheitsmomentverhältnissen bei großer Übersetzung größere Momente vom Motor auf die Treibräder übertragen werden können als bei direkterer Übersetzung.

Für normales Anfahren liegen die Belastungen in der gleichen Größenordnung wie für normale Schaltvorgänge. Von wesentlichem Einfluß auf die Höhe der Belastung bei Anfahr- und Schaltvorgängen ist die Art der Betätigung der Kupplung, **Bild 9**. Es geschieht z.B. manchmal, daß während des Schaltvorganges der Fuß des Fahrers vom Kupplungspedal abrutscht und die Kupplung "reinknallt" — was auch dem besten Fahrer einmal passieren kann —. Die hierbei auftretenden Belastungen übersteigen die Belastungen bei normaler Betätigung um ein Vielfaches. So liegen, wie hier dargestellt, die Spitzenbelastungen etwa beim Dreifachen der Belastungen für normales Hochschalten.

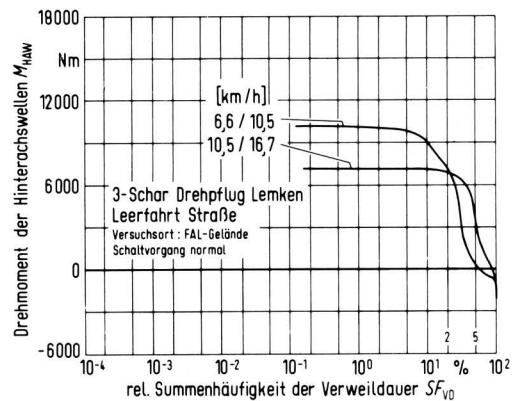


Bild 8. Einfluß der Fahrgeschwindigkeit bzw. des gewählten Ganges auf das Lastkollektiv für die Hinterachswellen beim Schaltvorgang.

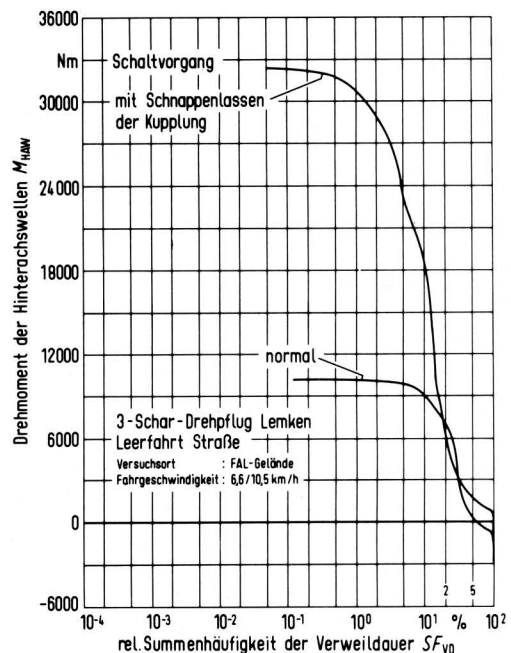


Bild 9. Einfluß der Betätigungsart der Kupplung auf das Lastkollektiv für die Hinterachswellen beim Schaltvorgang.

Für die Aufstellung eines Gesamt-Lastkollektivs ist nun noch die Ermittlung der Zeiteile erforderlich, mit denen die Einzel-Lastkollektive während der Einsatzdauer des Ackerschleppers vertreten sind (siehe Bild 1). Aus diesen Zeiteilen ergeben sich die Gewichtungsfaktoren für die Einzel-Lastkollektive. Die Ermittlung der Zeiteile bzw. Gewichtungsfaktoren geschieht am zweckmäßigsten anhand eines Modellbetriebes, in dem der betrachtete Schlepper bestimmte Arbeiten durchführen soll.

4. Der Modellbetrieb

Es wurde ein Modellbetrieb gewählt, **Tafel 1**, mit einer landwirtschaftlich genutzten Fläche von 90 ha, der drei Ackerschlepper besitzen soll, von denen der leistungsstärkste vorwiegend für die Bodenbearbeitung und für Transporte eingesetzt wird. Für die Bodenbearbeitung ist es notwendig, z.B. Anbauverhältnis, Feldgröße und Bodenart festzulegen, für die Erntetransporte sind die angenommenen Erträge bei Getreide und Zuckerrüben sowie die Entfernungen zum Landhandel bzw. zur Zuckerfabrik von Bedeutung. Um zu den einzelnen Zeiteilen für die verschiedenen Arbeitselemente zu gelangen, ist es erforderlich, einen üblichen Arbeitsablauf, wie hier in **Bild 10** für das Beispiel Pflügen dargestellt, zugrunde zu legen. Anhand solcher Arbeitsablaufschemata lassen sich die zurückgelegten Strecken, z.B. für das Pflügen der Hauptparzelle oder für Leerfahrten festlegen, oder die durchschnittlichen Häufigkeiten der Anfahr- oder Schaltvorgänge ermitteln. In Verbindung mit Fahrgeschwindigkeitsverteilungen für die einzelnen Teilarbeiten, **Bild 11**, lassen sich dann die Benutzungsanteile der einzelnen Gänge (zwei Beispiele im Bild als unterbrochene Linien) und damit die Zeiteile und Gewichtungsfaktoren ermitteln, die für die entsprechenden Einzel-Lastkollektive maßgebend sind.

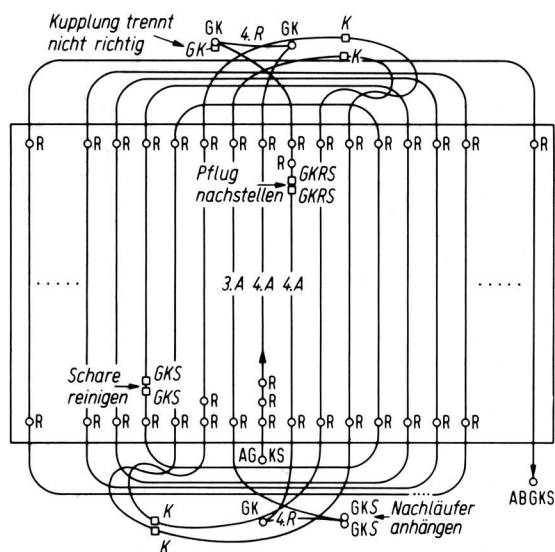


Bild 10. Beispiel für einen typischen Arbeitsablauf beim Pflügen.

- Betätigung, praxisüblich
- Betätigung im Versuch
- A Allradantrieb
- R Regelhydraulik
- G Gruppenschaltung
- S Gangschaltung
- K Kupplung

Modellbetrieb				
landw. genutzte Fläche :	90 ha			
Bodenart :	suL, uL, IS			
Feldgröße :	6,5ha (300m × 217m)			
Schlepperbesatz :	33 kW	55 kW	70 kW	
Anbauverhältnis, Ertrag :				
	W-Weizen	W-Gerste	Z-Rüben	sonst. Kult.
Fläche [ha]	32,5	19,5	22,5	22
Ertrag [dt/ha]	50	52	406	o. A.
Entfernung				
Hof – Feld :	0,85 km			
Hof – Landhandel :	8,00 km			
Hof – ZR-Fabrik :	12,00 km			
durchgeführte Arbeiten :	Pflügen (mit Nachläufer), (70-kW-Schlepper) Stoppelbearbeitung (Grubber), Erntetransporte (Z.-Rüben, Getreide) sonstige Arbeiten			

- suL sandig-schluffiger Lehm
- uL schluffiger Lehm
- IS lehmiger Sand

Tafel 1. Zusammenstellung der wichtigsten Daten des gewählten Modellbetriebes.

Die Addition der derart gewichteten Einzel-Lastkollektive ergibt dann Teil-Lastkollektive der Arbeitsgänge, die für den Einsatz des Versuchsschleppers in dem gewählten Modellbetrieb unter den vorgegebenen Randbedingungen bzw. Einsatzparametern Gültigkeit besitzen. Für die Arbeitsgänge Pflügen, Stoppelbearbeitung und Transporte sind in **Bild 12** die Teil-Lastkollektive am Beispiel des Drehmoments an der linken hinteren Antriebswelle dargestellt.

Diese Teil-Lastkollektive beinhalten alle wesentlichen Teilarbeiten, also z.B. für das Teil-Lastkollektiv Pflügen: das Pflügen der Hauptparzelle und des Vorgewendes, die Leerfahrten auf Feld,

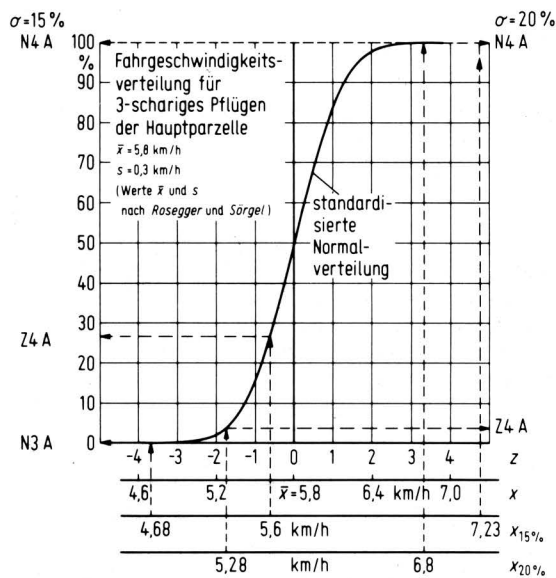


Bild 11. Standardisierte Fahrgeschwindigkeitsverteilung für 3schariges Pflügen der Hauptparzelle – eingetragen sind die Beispiele für die Ermittlung der Zeiteile der einzelnen Gänge bei angenommenen Schlupfwerten von 15 % und 20 %.

Feldweg und Straße sowie Anfahr- und Schaltvorgänge. Die höchsten Belastungen treten bei den Erntetransporten auf, allerdings mit einem geringen Anteil an der Gesamtarbeitszeit. Sie werden durch Anfahr- und Schaltvorgänge hervorgerufen. Alle anderen Belastungen bei den Transporten liegen deutlich unter denen für Stoppelbearbeitung und Pflügen. Bei der Stoppelbearbeitung heben sich die Belastungen durch Anfahren und Schalten deutlich von den Belastungen während der Hauptzeit ab, während beim Pflügen auch in der Hauptzeit Belastungen auftreten (z.B. beim Pflügen des Vorgewendes), die sich wenig von denen beim Anfahren und Schalten unterscheiden, so daß der Einfluß durch Anfahren und Schalten hier nicht erkennbar ist.

Die Addition dieser Teil-Lastkollektive für die einzelnen Arbeitsgänge ergibt dann das Gesamt-Lastkollektiv für den Schleppereinsatz in dem Modellbetrieb, **Bild 13**.

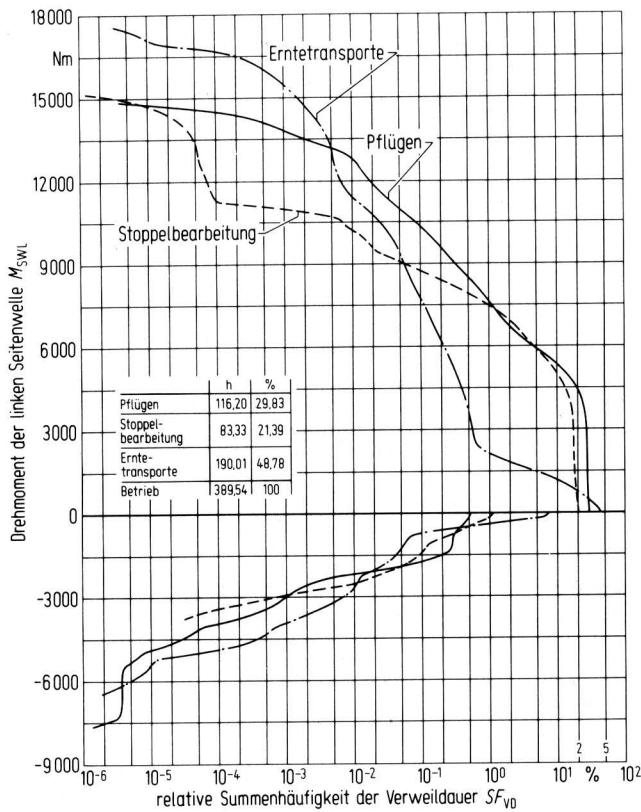


Bild 12. Lastkollektive einzelner Arbeitsgänge für die Belastungen an der linken hinteren Antriebswelle eines in dem gewählten Modellbetrieb eingesetzten 70 kW-Schleppers.

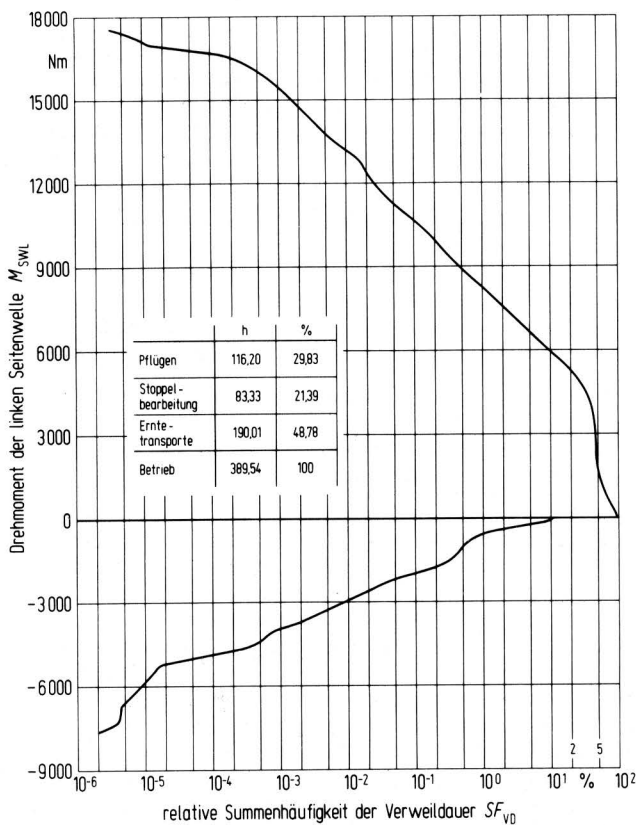


Bild 13. Gesamt-Lastkollektiv der linken Hinterachswelle für den Schleppereinsatz in dem Modellbetrieb mit den angegebenen Arbeiten.

5. Variation der Einsatzparameter

Die Gültigkeit derart erzeugter Gesamt-Lastkollektive erstreckt sich zwangsläufig nur auf den Einsatz des Schleppers unter den gewählten Einsatzbedingungen. Für den Konstrukteur besitzen sie deshalb nur begrenzten Aussagecharakter, wenn er diese Lastkollektive als Dimensionierungsgrundlage verwenden will. Wichtig ist es, den Streubereich von Gesamt-Lastkollektiven zu kennen, um z.B. beim Vergleich mit der Wöhlerkurve einen ausreichenden Abstand einzuhalten. Man könnte nun eine Vielzahl von Modellbetrieben berechnen, um Aussagen über den Streubereich machen zu können, zweckmäßiger ist es jedoch, die Auswirkungen einzelner Einflußparameter zu untersuchen, um auf diesem Wege zu einem begrenzten Spektrum von Einflußfaktoren zu gelangen, die einen eindeutigen Einfluß besitzen.

Mit der heutigen Computertechnik ist es leicht möglich, verschiedene Parameter zu verändern und die Auswirkungen auf das Gesamt-Lastkollektiv zu untersuchen.

Anhand von drei Beispielen soll diese Untersuchungsmethode kurz erläutert werden: Es werden Faktoren untersucht, die das Gesamt-Lastkollektiv als Ganzes verändern, nur einen Teil verändern oder keinen Einfluß auf das Gesamt-Lastkollektiv ausüben.

Zunächst wird ein Einflußfaktor behandelt, durch den sich das Gesamt-Lastkollektiv als Ganzes verändert. Unterstellt man beispielsweise, daß alle Rübentransporte zur Zuckerfabrik entweder von einem Unternehmer oder mit einem anderen betriebseigenen Schlepper durchgeführt werden, so entfallen diese Arbeiten für den betrachteten Schlepper und das Gesamt-Lastkollektiv ändert sich, wie in **Bild 14** dargestellt. Durch den höheren prozentualen Anteil des Pflügens ist der Abfall der Kurve zum 100 %-Wert steiler, d.h. es ergeben sich hier für die gleichen Momente größere Zeitanteile, da ein großer Teil der Straßenfahrten, die bei geringen Belastungen, aber großen Zeitanteilen liegen, entfällt. Im oberen Teil des Lastkollektivs entfällt ein Teil der Anfahr- und Schaltvorgänge, wodurch sich das Lastkollektiv für gleiche Belastungshöhen zu geringeren Zeitanteilen verschiebt.

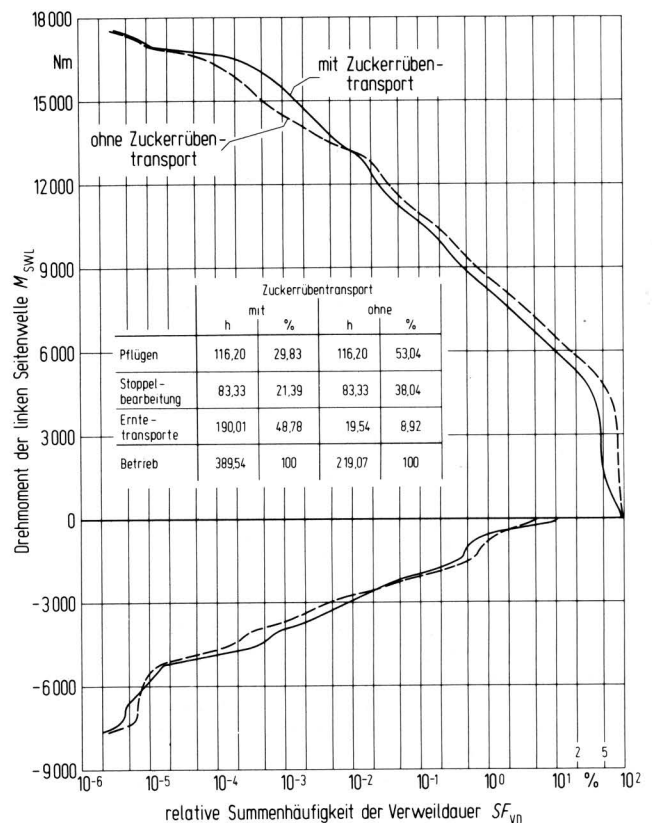


Bild 14. Einfluß von Zuckerrübentransporten auf das Gesamt-Lastkollektiv.

Im nächsten Beispiel, **Bild 15**, werden die Einzel-Lastkollektive für Anfahr- und Schaltvorgänge nicht mitberücksichtigt. Wie ersichtlich, bringt diese Parameterveränderung nur Abweichungen im oberen Teil der Kurve, während der restliche Teil des Gesamt-Lastkollektivs unverändert bleibt.

Anders sieht es aus, wenn z.B. alle Leerfahrten unberücksichtigt bleiben, **Bild 16**. Hier ist praktisch keine Veränderung des Gesamt-Lastkollektivs festzustellen.

Auf diese Art lassen sich alle anderen Einflußfaktoren bzw. veränderte Gegebenheiten des Modellbetriebs untersuchen, also z.B. Feldabmessungen, Arbeitstiefe, Bodenart, Fahrgeschwindigkeit, Arbeitsablauf oder auch Einflüsse infolge geänderter Produktionsverfahren bzw. anderer Geräte. Man erhält so eine begrenzte Anzahl relevanter Einflußfaktoren, wodurch es möglich wird, Modelle mit definierter Aussage zu kalkulieren und Angaben über den Streubereich von Gesamt-Lastkollektiven zu liefern.

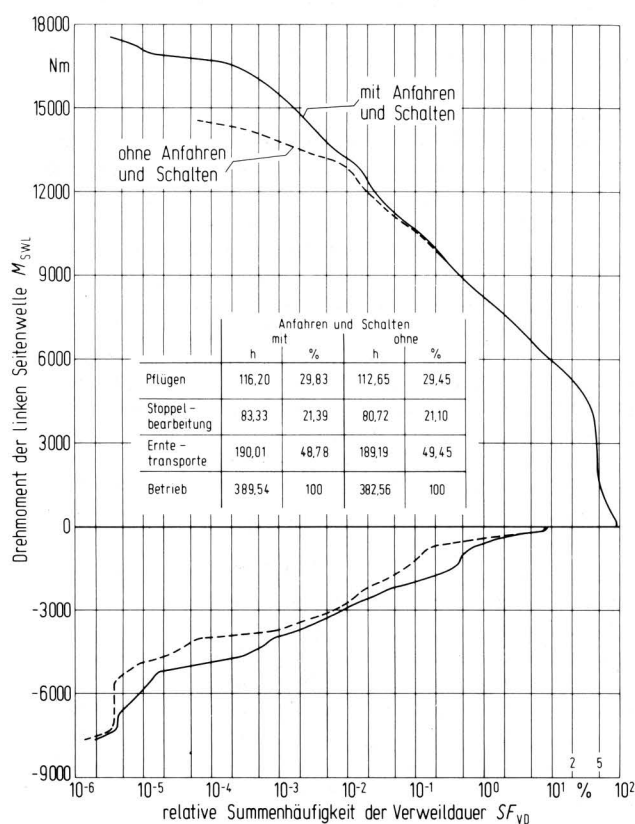


Bild 15. Einfluß von Anfahren und Schalten auf das Gesamt-Lastkollektiv.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Steigende Anforderungen wirtschaftlicher und technischer Art an Bauteile und Baugruppen von Geräten und Maschinen in der Landwirtschaft, besonders auch von Ackerschleppern, zwingen den Konstrukteur dazu, auf der Grundlage von im praktischen Einsatz tatsächlich auftretenden Belastungen auf Zeit- und nicht auf Dauerfestigkeit zu dimensionieren. Wichtig dabei ist, die bei den verschiedenen Arbeitseinsätzen auftretenden unterschiedlichen Belastungsspektren ihrem zeitlichen Anteil an der gesamten Einsatzdauer gemäß zu berücksichtigen.

Nach einem kurzen Überblick über Meßtechnik, Versuchsdurchführung und Auswertung sowie der Darstellung einiger typischer Versuchsergebnisse am Beispiel Pflügen wurden die Ermittlung

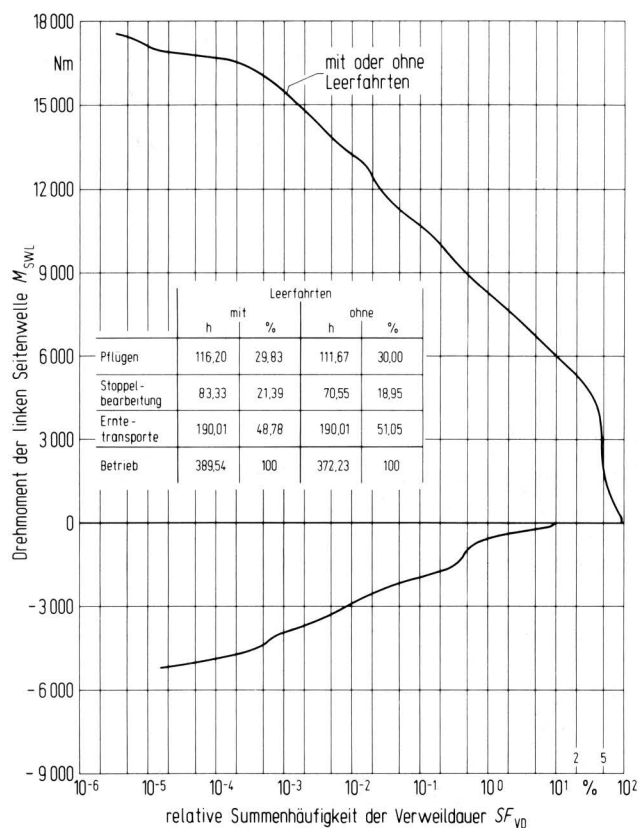


Bild 16. Einfluß von Leerfahrten auf das Gesamt-Lastkollektiv.

von Gesamt-Lastkollektiven für den Schleppereinsatz in einem Modellbetrieb erläutert und Teil-Lastkollektive für die Arbeitsgänge Pflügen, Stoppelbearbeitung und Erntetransporte vorgestellt. Durch Variation von Modellbetriebsparametern bzw. von Einsatzbedingungen wurde an einigen Beispielen gezeigt, welche Auswirkungen diese Veränderungen auf das Gesamt-Lastkollektiv für den Schleppereinsatz in dem Modellbetrieb besitzen.

Schrifttum

- [1] *Gafner, E.:* Zur experimentellen Lebensdauerermittlung von Konstruktionselementen mit zufallsartigen Beanspruchungen. Materialprüfung Bd. 15 (1973) H. 6, S. 197/205.
- [2] *Kahrs, M.:* Die Auslegung von Landmaschinenbauteilen nach Lastkollektiven. Landt. Forsch. Bd. 13 (1963) H. 6, S. 171/79.
- [3] *Renius, K.Th.:* Last- und Fahrgeschwindigkeitskollektive als Dimensionierungsgrundlagen für die Fahrgetriebe von Ackerschleppern. Fortschr.-Ber. VDI-Z. Reihe 1, Nr. 49, Düsseldorf: VDI-Verlag 1976.
- [4] *Biller, R.H.:* Einsatzzeiten von Ackerschleppern auf Großbetrieben. Landtechnik Bd. 36 (1981) H. 1, S. 19/21.
- [5] *Müller-Magyari, F.:* Zeitgemäße Dimensionierung im Maschinenbau – ein Überblick. ÖZ, Bd. 18 (1975) H. 7, S. 199/205.
- [6] *Lehmann, R. u. G. Wirthgen:* Betriebsfestigkeit und zuverlässigkeitstheoretische Sicherheitskonzeption (Bemessungsmethoden der nahen Zukunft). Teil I u. II. Masch.bautechnik Bd. 20 (1971) H. 1, S. 31/34 u. H. 2, S. 69/73.

- [7] *Schütz, W. u. H. Zenner*: Schadensakkumulationshypothese zur Lebensdauervorhersage bei schwingender Beanspruchung. Teil I u. II. Z. f. Werkstofftechnik Bd. 4 (1973) H. 1, S. 25/33 u. H. 2, S. 97/102.
- [8] *Gaßner, E.*: Betriebsfestigkeit: Eine Bemessungsgrundlage für Konstruktionsteile mit statistisch wechselnden Betriebsbeanspruchungen. Konstruktion Bd. 6 (1954) H. 3, S. 97/104.
- [9] *Biller, R.H. u. W. Paul*: Rechnergestützte Auswertung dynamischer Belastungsverläufe an Fahrzeugen – am Beispiel der Antriebs Elemente eines Ackerschleppers. Konstruktion Bd. 33 (1981) H. 1, S. 29/33.
- [10] DIN 45667: Klassierverfahren für das Erfassen regelloser Schwingungen. Okt. 1969. Berlin: Beuth-Vertrieb 1969.
- [11] *Seifried, A., G. Buck u. W. Maier*: Statistische Fahrmechanik als Grundlage zur Berechnung von Fahrzeugantrieben. Teil I u. II. Automobiltechnische Zeitschrift ATZ Bd. 75 (1973) H. 5, S. 163/69 u. H. 8, S. 290/94.
- [12] *Buck, G.*: Probleme bei der Berechnung von Fahrzeuggetrieben mit Lastkollektiven. VDI-Berichte Nr. 195, S. 37/46. Düsseldorf: VDI-Verlag 1973.

Der Welthandel mit Ackerschleppern

Von A. Schäfer und M. Sievers, Kiel*)

Mitteilung aus dem Institut für Agrarpolitik und Marktlehre der Universität Kiel

DK 631.372:339.5

Ackerschlepper sind das wichtigste Mittel zur Erhöhung der Arbeitsproduktivität in der pflanzlichen Produktion und haben sich daher zur zentralen Antriebsquelle entwickelt. Die Schlepperproduktion und der internationale Handel mit Schleppern geben in der Anzahl und der Leistungsverteilung der Schlepper ein anschauliches Bild, in welchem Maß in den verschiedenen Ländern bei der Wahl der Arbeitsverfahren die mit der Motorisierung verbundenen Möglichkeiten genutzt werden. Eine Analyse des Welthandels mit Ackerschleppern ergibt, daß bei weitem der größte Anteil des Handels zwischen industrialisierten Ländern stattfindet. Der in diesen Ländern hergestellte Anteil an Schleppern nimmt aber infolge des Aufbaus eigener Schlepperproduktionen in den sich entwickelnden Ländern ab.

1. Einleitung und Abgrenzung

Schon kurz nach der Erfindung des Ackerschleppers und der Produktion am Fließband wurde diese Landmaschine, die zur zentralen Antriebsmaschine der gesamten Feldwirtschaft wurde, zwischen einzelnen Ländern gehandelt. So wird berichtet, daß um 1925 aus den USA erhebliche Schlepperexporte in die UdSSR getätigt wurden [1].

Die Arbeit entstand im Rahmen der Forschungsarbeiten des Sonderforschungsbereichs 86 "Weltwirtschaft und internationale Wirtschaftsbeziehungen". Das hier bearbeitete Teilprojekt B 3 hat den Titel: Struktur, Entwicklung und Prognose der Weltschlepperindustrie. Dem Sonderforschungsbereich 86 sei für die finanzielle Unterstützung der Arbeit gedankt.

*) *Cand. agr. A. Schäfer und Dipl.-Ing. agr. M. Sievers sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Agrarpolitik und Marktlehre (Leiter: Prof. Dr. A. Weber) der Christian-Albrechts-Universität Kiel.*

Ziel dieses Beitrages ist es, die seit Ende des 2. Weltkrieges zu beobachtenden Handelsströme zu strukturieren. Alle Schlepperexporte und -importe, soweit sie durch die Erhebungen der UN [2] und der FAO [3] erfaßt sind, werden in die Untersuchung einbezogen. Dabei werden alle Einachs- und Kleinschlepper unter 7,3 kW (10 PS) aus der Analyse ausgeschlossen, weil die Datenbasis eine ähnliche Einteilung wählt [2].

Weiterhin wird in dieser globalen Analyse für alle Länder der Welt darauf verzichtet, zwischen dem Handel mit Neu- und Gebrauchtschleppern zu unterscheiden. Die benutzten Statistiken erlauben diese Differenzierung nicht, weil sie den Schlepperhandel ausschließlich als Gesamtwert oder in Stück angeben. Detailliertere Aussagen zu einzelnen Ländern basieren auf anderen Ergebnissen.

Die bestehenden Handelsstrukturen werden beschrieben und in die außenhandelstheoretischen Ansätze eingeordnet. Aus den historischen Erfahrungen des Transfers der Produktionstechnik "Schlepperherstellung" in verschiedene Länder wird versucht, einen Einfluß auf die Handelsstruktur abzuleiten. Erwartungen über die Entwicklung des Welthandels mit Schleppern beschließen den Aufsatz.

2. Entwicklung des Handels mit Schleppern

Die Untersuchung des Weltmarktes für Schlepper zeigt, daß der Exportwert der Schlepper in laufenden Preisen seit 1950 auf das elffache gestiegen ist. Betrug der Wert 1950 noch 0,5 Mrd. US-\$, so waren 1978 bereits 5,6 Mrd. US-\$ erreicht. Um die Größenordnung des Schlepperhandels zu charakterisieren, wird der Exportwert mit demjenigen aller exportierten Agrarerzeugnisse verglichen. Dabei wird deutlich, daß der Handel mit Schleppern nur etwa 1/30 des Handelswertes der Agrarerzeugnisse erreicht. Interessant wäre auch der Vergleich mit dem Welthandel von Automobilen, der aus Datenmangel allerdings nicht möglich ist.

Der Anstieg des Exportwertes für Schlepper beträgt im Untersuchungszeitraum durchschnittlich 9 % jährlich. Dieser Anstieg läßt sich auf drei Gründe zurückführen, deren partielle Analyse hier vernachlässigt wird.