

# Entwicklungslinien im Schlepperbau

## Kriterien für die heutige und zukünftige Entwicklung

Von Gerhard Welschhof, Neuss \*)

DK 631.372:631.372.001.892

Eine systematische Darstellung der für Ackerschlepper wichtigen Entwicklungskriterien fehlt bisher. Vor allem sind die Kriterien Funktion, Kosten und Zeit bedeutend, die in vielfältiger Form Einfluß haben. Diese Kriterien gelten sowohl für Einzelteile, wie für Baugruppen und ganze Maschinensysteme. Sie werden von den Benutzern, dem Handel und den Herstellern von Ackerschleppern vor allem bestimmt. Beispiele zeigen die Wirkung dieser Entwicklungskriterien und auch deren gegenseitige Abhängigkeit: Das Zugkraftkriterium wird für die Erprobung von Ackerschleppergetrieben angewandt. Für die Festlegung der Gebrauchsdauer werden Daten aus der Praxis gesammelt. Um günstige Produktkosten zu erhalten, bildet man Ackerschlepperfamilien. Beobachtet man den Inhalt dieser Kriterien über einen längeren Zeitraum, lassen sich auch mögliche Weiterentwicklungen von Vielzweck-Ackerschleppern abschätzen. Eine weitere Erforschung der Entwicklungskriterien ist wichtig, auch die tatkräftige Mitwirkung der Wissenschaft.

---

Vortrag im Rahmen des <Kolloquiums über Schleppertechnik > anlässlich des 75. Geburtstages von Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing.E.h. *Helmut Meyer*.

---

*\*) Dr.-Ing. Gerhard Welschhof ist stellvertretender Direktor der Entwicklungsabteilung Neuss der International Harvester Company GmbH.*

### 1. Schlepperbauformen in der Bewährung

Vor 25 Jahren fand eine Maschinenausstellung der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft statt, 1948 in Frankfurt. Es war die erste Schau dieser Art nach dem Kriege. Wer auf dem Lande aufwuchs, hatte schon einige Namen wichtiger Schlepperhersteller lange vorher gekannt, wie die Marken Lanz, Deutz, Hanomag und Fendt. Von dieser Ausstellung in Frankfurt aber und einigen Vorführungen wenig später in Imbshausen sind besonders folgende Namen der Firmen und Schlepper bemerkenswert, die für die damalige Zeit wirklich Neuartiges in Frankfurt zeigten.

Schon vor jetzt 25 Jahren wurde mit viel Aufwand geworben für Schlepper mit vier gleichgroßen Rädern als beste Gewähr für hohe Zugkräfte auf schwierigem Boden — ausgestellt auf den Ständen der Firmen Nordtrak und Urus.

Eine Firma aus England zeigte eine neuartige Kopplung von Anbaugeräten am Ackerschlepper mit Hilfe dreier Lenker — mit einiger Skepsis betrachteten manche Praktiker (und wie man heute weiß — nicht nur diese) dieses Anlenksystem und die Regelung der Geräte durch den Kraftheber der Firma Ferguson. Einen echten Dreiradschlepper stellte die Firma Ritscher aus.

Ein Schlepper mit dem klangvollen Namen Alpenland konnte zur Zugkrafthöherung nur auf der gelenkten Hinterachse fahren. An den gerade zu Ende gegangenen Krieg erinnerte der Bavaria-Schlepper, entstanden aus einem amerikanischen Jeep, ausgerüstet mit Allradantrieb und Zapfwelle, auch kleinere Lasten konnten mit ihm befördert werden. Besonders gut erinnern sich alle Ausstellungsbesucher an ein anderes Fahrzeug. Ein großer Stierkopf auf der Motorhaube zierte damals noch diese Neuheit: Das Universal-Motor-Gerät der Firma Boehring.

Schon die kurze Aufzählung von Schlepperbauformen aus dem Jahre 1948 legt die Frage nahe: Welches sind die Kriterien, die eine Konstruktion weiterleben, eine andere aber — obgleich voll- oder neuer, auf den ersten Blick einleuchtender Ideen — sterben lassen?

Die Aufgabe dieses Referates soll es sein, einige Fragen zur Definition von Entwicklungskriterien für Ackerschlepper zu stellen und Ansätze für deren Beantwortung zu suchen. Natürlich müssen wir dieses breite Thema eingrenzen: Einige Gedanken und Erfahrungen zu ausgewählten Beispielen werden dargelegt, die bei der praktischen Arbeit in einer Entwicklungsabteilung eines Industrieunternehmens anfallen, das von dieser Arbeit leben muß.

## 2. Zur Definition von Entwicklungskriterien

### 2.1 Auswahl der Entwicklungskriterien

Würde der Leser sich die Zeit nehmen, den Lebenslauf der aus dem Jahre 1948 stammenden, vorhin zitierten Schlepperkonstruktionen zu untersuchen, käme er sicherlich zu dem Ergebnis, daß folgende drei Kriterien vor allem wirksam sind:

#### Funktion — Kosten — Zeit

Am intensivsten wurde bisher immer das Kriterium Funktion der Ackerschlepper diskutiert. Den etwa gleichgroßen Einfluß von Kosten und Zeit übersah man wohl deshalb häufig, weil diese Elemente sehr viel schwieriger zu messen und zu beschreiben sind. Das Kriterium Kosten kann in mehrfacher Hinsicht Bedeutung haben: Produktkosten, Investitionskosten, Betriebskosten. Im folgenden werden wir vor allem, wenn wir über Kosten sprechen, Produktkosten meinen. Auch das Kriterium Zeit hat zwei Bedeutungen. Es enthält den Begriff der Lebensdauer, eines Zeitabschnittes. Auch kann man damit ein Datum meinen, 1930 oder 1980, um auf diese Weise eine bestimmte Situation der Umwelt zu kennzeichnen, in der die Schlepperentwicklung abläuft.

### 2.2 Für was gelten die Entwicklungskriterien?

Diese zu untersuchenden Kriterien sind wichtig für alle Systeme von Maschinen, die in der Landwirtschaft gebraucht werden. Hier wollen wir uns vor allem mit dem Schlepper und seinen Baugruppen beschäftigen. Die Bedeutung der Kriterien für die Gestaltung aller wichtigen Baugruppen ist besonders hervorzuheben und dabei auch darauf hinzuweisen, daß über lange Zeit bei solchen Betrachtungen der Schlepper-Motor zu sehr im Vordergrund stand. Vergleicht man die Kostenanteile der verschiedenen Baugruppen, so haben heute die Baueinheiten Getriebe und Fahrerstand, einschließlich Kabine, höhere Kostenanteile am Gesamtschlepper als der Motor; die Kostenanteile für die Baueinheiten Gerätekopplung und Antrieb der Geräte und die für das Fahrwerk sind auch nur wenig geringer.

### 2.3 Wer bestimmt die wichtigsten Entwicklungskriterien?

Zweifelsohne sind die Benutzer der Schlepper vor allem für die Definition der Entwicklungskriterien wichtig. Da die Meinungen der Schlepperbenutzer so vielfältig sind, erhält man von ihnen selbst selten eine allgemein gültige Aussage. Meist bedarf es eingehender aktiver Befragungen, damit die wichtigen Meinungen der Benutzer ermittelt werden können — der Benutzer von Schleppern in Deutschland, Europa und vielen anderen Ländern.

Neuerdings macht sich der Gesetzgeber immer mehr zum Anwalt der Benutzer, meist ohne diese zu fragen, und gibt Vorschriften für die Funktionen der Ackerschlepper heraus, ohne die übrigen Kriterien, Kosten und Zeit, genügend zu prüfen. An dieser Stelle muß vermerkt werden, daß die landtechnische Wissenschaft heute nur geringen Einfluß auf die Definition dieser Kriterien nimmt. Das brauchte nicht so zu sein.

Daß der Vertrieb bei der Festlegung der Kriterien Funktion, Kosten und Zeit ein sehr bestimmendes Wort mitredet — und mitreden muß — wird häufig übersehen: Das Vertriebssystem bestimmt zum Beispiel die Versandart. Von der Versandart aber hängen

Konstruktionsmethoden und Produktionsweise stark ab. Der Vertrieb — hier sind vor allem die Händler gemeint — benötigt eine volle Schlepperlinie, um möglichst vielen verschiedenen Kunden seines Bezirkes Schlepper anbieten, verkaufen und somit selbst existieren zu können. Nur so werden die Vertriebskosten gesenkt und größere Werkstätten wirtschaftlich betrieben.

## 3. Wirkung der Kriterien auf die Schlepperentwicklung

Aus der Sicht der Industrie, eines Schlepperherstellers, werden die Kriterien Funktion, Zeit und Kosten anhand von Erfahrungen bei der praktischen Entwicklungsarbeit dargestellt. Das Kriterium Funktion wird aufgezeigt als Zugkraftkriterium. Ein Beispiel zur Festlegung der erwarteten Gebrauchsdauer soll sich anschließen. Beide Kriterien wirken auf die Kosten ein, erläutert bei der Erklärung der Kostenbilder von Schlepperfamilien und einer ganzen Schlepperlinie.

Zum Schluß wird versucht, zu den oft diskutierten Fragen Vielzweck-Schlepper oder/und Einzweck-Feld-Maschine einige Aussagen zu machen. Mit Hilfe dieser Beispiele werden einige wichtige Komponenten dargestellt, die die Schlepperentwicklung heute und vermutlich auch in Zukunft bestimmen. Diese Kriterien können ein Teil des Handwerkszeugs sein, nützlich, um zukünftige Schlepperprojekte zu "schmieden".

### 3.1 Das Zugkraftkriterium

In unserem ersten Beispiel suchen wir eine Antwort auf folgende Frage: Welche Zugkräfte werden verlangt beim landwirtschaftlichen Einsatz von Schleppern verschiedener Bauarten — heute und morgen?

In einer Entwicklungsabteilung lautet diese Frage genauer so: Welches Drehmoment wird an den Rädern eines bestimmten Schleppers für welche Zeit gefordert? Wir können nicht erwarten, daß es eine einfache Antwort gibt, die für den breiten Leistungsbereich von 18 bis 96 kW für alle Schlepper gültig sein kann. Ist es möglich, eine gewisse Typisierung der Ackerschlepper vorzunehmen, um nicht für jeden einzelnen eine Antwort suchen zu müssen?

Dazu wird die Einteilung der Schlepper in drei Gruppen vorgeschlagen: Zugschlepper, Vielzweck- oder Universalschlepper und Ergänzungsschlepper. In Wirklichkeit gibt es keine scharfen Abgrenzungslinien, für unseren Zweck aber kann diese Typisierung recht nützlich sein, Bild 1.

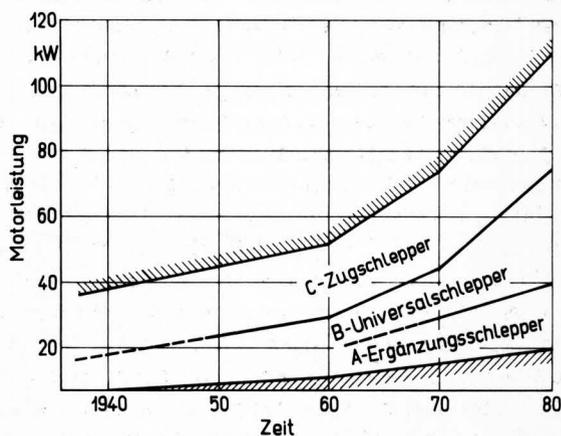


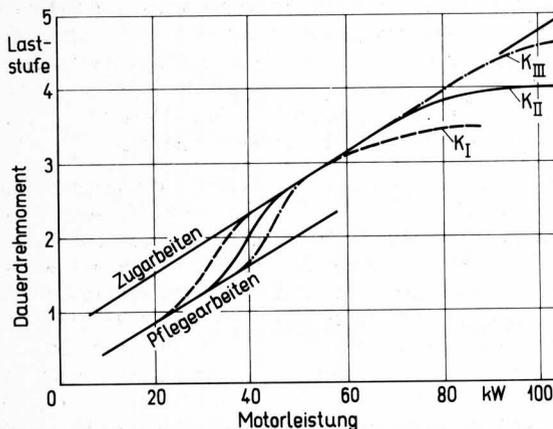
Bild 1. Typisierung von Ackerschleppern.

Im Jahre 1940 waren fast alle Schlepper vorwiegend zum Ziehen von Lasten oder Geräten eingesetzt. Heute, 1973, haben die Schlepper der Leistungsklasse 50 bis 90 kW immer noch einige gleiche Merkmale, die den typischen Zugschlepper kennzeichnen: schwere Endantriebe, große Reifen. Seit etwa 1950 werden von Schleppern auch alle Pflegearbeiten auf dem Acker durchgeführt,

dafür ist nicht nur eine hohe Zugkraft wichtig, sondern die vielseitige Verwendung. Im Leistungsbereich von 30 bis 60 kW kennen wir heute den Vielzweck- oder Universalschlepper in verschiedenen Bauformen. Von diesen Schleppern werden in der Regel hohe Dauerzugkräfte erwartet. Die vielfältigen Funktionen zur Erledigung der Pflegearbeiten verlangen besonders viele Regel- und Steuereinrichtungen, wie Doppelkupplung, Synchronrichtungen im Getriebe und empfindliche Kraftüberregelungen.

Seit einigen Jahren werden mehr und mehr Schlepper zur Ergänzung der vorhin genannten Zug- und Vielzweckschlepper gebraucht. Das sind vor allem kleinere Schlepper, die für die leichteren Pflegearbeiten und die vielen in der Landwirtschaft anfallenden Hilfsarbeiten benötigt werden. Wirklich schwere oder lang andauernde Zugarbeiten haben diese Schlepper selten zu leisten. Heute verwendet man als Ergänzungsschlepper meist Gebraucht-Schlepper. Neue Schlepper in dieser Klasse von 15 bis 37 kW müssen, da sie mit diesen Gebraucht-Schleppern konkurrieren, besonders preiswert in der Anschaffung und im Betrieb sein. In den USA hat die Produktion solcher Ergänzungsschlepper – meist Utility Tractors genannt – in den letzten Jahren merklich zugenommen.

Nachdem wir die Vielfalt der Erscheinungsbilder der Ackerschlepper durch eine vereinfachende Typisierung etwas leichter überblicken können, wollen wir ein Diagramm entwerfen, in dem die Zugkraft- oder Drehmomentkriterien eingetragen werden. Für verschiedene Motorleistungen werden in Bild 2 die der Berechnung oder dem Versuch zugrunde zu legenden Drehmomente an der Hinterachse aufgezeichnet. Dabei gibt es eine Idealkurve für den Zugschlepper, eine andere für den Schlepper, der nur Pflegearbeiten auszuführen hat. Zwischen diesen Grenzkurven ist die für eine ganze Schlepperlinie heute zum Beispiel in Deutschland gültige Kurve  $K_I$  eingezeichnet. Die Vielzweckschlepper der Leistungsklasse 30 bis 60 kW müssen also mit den Belastungen getestet werden, die zwischen diesen beiden Kurven liegen. Die Zugschlepper über etwa 50 kW sollten eigentlich der idealen Geraden für das Kriterium Zugarbeiten folgen: Fast alle in Europa verkauften Schlepper genügen aber diesen Forderungen nicht bei Leistungen über 74 kW. Offensichtlich gibt es für diese Schlepper noch gar nicht die angemessenen Belastungen durch genügend große Geräte – der Schleppereinsatz dieser Großschlepper ist deshalb meist heute noch weniger "hart" als der von Schleppern der Klasse 45 bis 65 kW. Zu einem späteren Zeitpunkt, wenn die zur Ausnutzung der Schleppermotorleistung geeigneten Geräte nachgekauft sein werden, wird die Kriteriumskurve  $K_{II}$  oder  $K_{III}$  gelten. Das bedeutet, die Schleppergetriebe müssen völlig überarbeitet werden, da dann 20 bis 30 % höhere Drehmomente zu erwarten sind.



**Bild 2.** Dauerdrehmoment an der Hinterachse für eine Testzeit T in Abhängigkeit von der Motorleistung. Kriterien  $K_I$ ,  $K_{II}$ ,  $K_{III}$  ... sind abhängig von Markt und Zeit.

Bei der Festlegung dieser Kriterien ist ferner zu beachten, daß die Kriterien  $K_I$  und  $K_{II}$  und  $K_{III}$  in verschiedenen Märkten nebeneinander gültig sein können. Für die großen Zugschlepper gibt es heute einen eindeutigen Unterschied in der Belastungshöhe der Getriebe zwischen West-Europa und den USA. Für die kleineren Vielzweckschlepper dagegen werden die Anforderungen an die Getriebefestigkeit nicht steigen, sondern fallen. Ohne Risiko kann bei einem Vielzweck-Schlepper mit der Leistung 30 kW die Leistung auf 33 kW gesteigert werden, wenn anstelle des früher maßgeblichen Kriteriums  $K_I$  nun das Kriterium  $K_{II}$  gilt. Sicherlich braucht nicht eingegangen zu werden auf die Methoden, wie die zu den Getriebetestkriterien gehörenden Laststufen festzulegen sind. In der aus der Literatur bekannten Weise werden Messungen im Feld durchgeführt und genaue Analysen der Ersatzteilverkäufe vorgenommen, um die richtigen Belastungen für die Berechnung und den Versuch zu ermitteln.

### 3.2 Lebenszeit – Gebrauchsdauer

Sehr viel schwieriger ist die Bestimmung der verlangten Zeit, für die ein Getriebe oder andere Schlepperteile in der Praxis gebrauchstüchtig sein müssen. Bei der Konstruktion von Schlepperteilen, zum Beispiel der Wälzlager oder Zahnäder berechnen wir Werte für die Lebensdauer, die in der Regel von der Schlepper-Lebensdauer um den Faktor 10 bis 20 abweichen. Die Gültigkeit der ersatzweise gemachten Berechnungen können wir erst nach vielen Jahren des praktischen Gebrauchs der Ackerschlepper nachprüfen. Eine gezieltere Weiterentwicklung der Ackerschlepper fordert aber in Zukunft erheblich genauere Angaben zur erwarteten Benutzungsdauer. Dazu seien im folgenden einige Erfahrungen mitgeteilt.

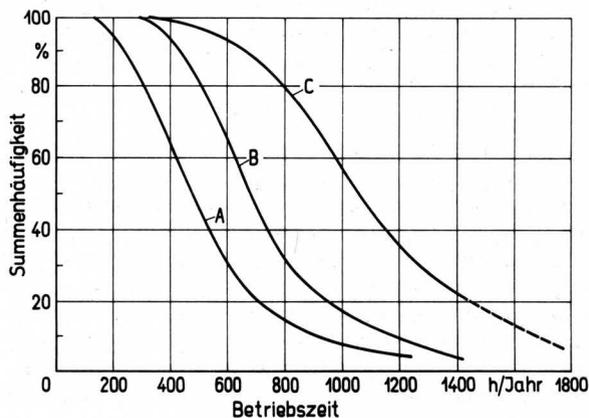
Nach den Angaben der Statistiker gibt es in der Bundesrepublik Deutschland etwa 1,4 Millionen Ackerschlepper. Zur Zeit werden jährlich etwa 50000 bis 60000 neue Ackerschlepper verkauft, das sind 3 % des Bestandes. Wie sofort ersichtlich, könnte man daraus eine Lebensdauer ermitteln, die nach den vorhandenen Erfahrungen unwahrscheinlich hoch ist. Nach neueren Erhebungen haben Marktforscher festgestellt, daß die mittlere Lebensdauer 18 bis 19 Jahre beträgt. Auch diese Antwort ist für die Aufgabenstellung in einer Entwicklungsabteilung nicht brauchbar, da keine der vorhandenen Konstruktionen so gut ist, daß ein praktischer, aktiver Gebrauch von so langer Dauer gewährleistet wird. Offensichtlich muß demnach ganz klar zwischen der meist in Statistiken angegebenen Lebenszeit der Schlepper und der wirklichen, aktiven Gebrauchsdauer unterschieden werden. Für die Bestimmung möglicher Verkaufszahlen ist die Kenntnis der Lebenszeit vor allem wichtig – bei ihrer Ermittlung werden leider oft auch die Schlepper mitgezählt, die hinter dem Hof in den Brennesseln stehen. Für die Festlegung zukünftiger Schlepperprojekte interessiert uns nur die aktive Gebrauchsdauer, während der die Benutzer erwarten, daß alle Funktionen des neuwertigen Schleppers mit nur kleinen Abweichungen erhalten bleiben. Um die Gebrauchsdauer genauer zu kennen, wurden von der International Harvester Company, Neuss, eingehende Untersuchungen begonnen. Einige Informationen über die jährlich geleisteten Betriebsstunden von Ackerschleppern zeigt das Bild 3. Folgende zum Teil schon bekannte Tendenzen wurden zahlenmäßig belegt: Die Schlepper der Leistungsklasse C (63 ÷ 74 kW) haben etwa doppelt so hohe mittlere jährliche Betriebszeiten wie die der Klasse A (19 ÷ 33 kW). Die vorwiegend als Zugschlepper eingesetzten Schlepper der Klasse C werden jährlich etwa 400 Stunden mehr gebraucht als die meist als Vielzweckschlepper eingesetzten Schlepper der Klasse B.

Die Streuung der Betriebszeiten in jeder Klasse ist sehr erheblich. Die Werte für das untere und obere Dezil ergeben ein Verhältnis von etwa 1 : 4 für die kleineren Schlepper (Klasse A), für die mittleren und größeren Schlepper (Klasse B und C) ist dieses Verhältnis etwa 1 : 2,6.

Diese für Deutschland im Jahre 1972 gemachte Analyse ist in kurzen Abständen zu wiederholen und auch für andere Märkte anzustellen, um ein vollständiges Bild der Entwicklung zu erhalten. Bei solchen wiederholten Analysen stellte man fest, daß die jährliche

Gebrauchsdauer der leistungsstarken Schlepper zunimmt, die der kleinen Schlepper geringer wird; in Frankreich ist die Nutzung der Schlepper intensiver, etwa 20 ÷ 30 % mehr Betriebsstunden pro Jahr werden erreicht.

Während für die Festlegung von Wartungsplänen sowohl die Zahlen für die Betriebszeiten des unteren und oberen Dezils interessant sind, müssen zur Bestimmung der aktiven Gebrauchsdauer der Schlepper vor allem die Werte der am intensivsten eingesetzten Maschinen ermittelt werden. Es sind also die Werte für das obere Dezil wichtig für die richtige Dimensionierung der Schlepperteile.



**Bild 3.** Summenhäufigkeit der jährlichen Betriebszeit von Schleppern verschiedener Leistungsklassen.

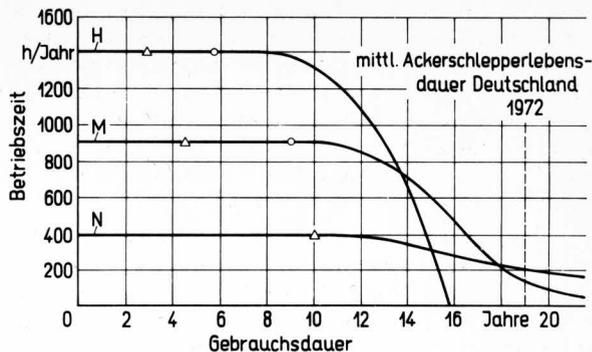
Ermittelt in Deutschland, 1972, durch International Harvester Company, Neuss für 225 Schlepper.

Werte für die Betriebszeit (h/Jahr)

Summenhäufigkeit	Schlepperklasse		
	A 19 ÷ 33 kW	B 38 ÷ 55 kW	C 63 ÷ 74 kW
10 %	930	1 175	1 680
50 %	470	680	1 100
90 %	240	430	660

Welcher Zusammenhang zwischen der jährlichen Betriebszeit und der Gebrauchsdauer besteht, wurde schematisch in Bild 4 aufgezeichnet. Für die drei ausgewählten Schlepper H, M und N mit verschieden hohen jährlichen Einsatzzeiten kann angenommen werden, daß bis zum achten oder zehnten Jahr des Gebrauchs die jährlichen Betriebsstunden in etwa konstant sind.

Danach fallen diese Zeiten um so schneller ab, je intensiver die Schlepper genutzt werden. Der aktive Gebrauch hört für viele Schlepper somit bei 8 bis 12 Jahren auf. Auch mögen sich dann erste große Reparaturen einstellen, etwa nach 8000 Betriebsstunden ist eine Generalüberholung nicht anomal. Am Ende der aktiven Gebrauchsdauer werden die Schlepper entweder stillgesetzt – allerdings nicht in großen Stückzahlen – oder meist an einen anderen Betrieb verkauft. Die Nutzung der Schlepper in zweiter Hand ist in der Regel sehr viel weniger intensiv, in vielen Fällen wird aus dem Zug- oder Vielweckschlepper nun ein Ergänzungsschlepper mit manchmal nur sehr speziellen Aufgaben.



**Bild 4.** Zusammenhang zwischen der aktiven Gebrauchsdauer und der jährlichen Betriebszeit für die Modellfälle H, M und N. Vergleich mit der statistisch ermittelten Lebensdauer.  $\Delta$ ,  $\circ$  Gesamtbetriebszeit 4000, bzw. 8000 Stunden.

Eine von der Marktforschungsabteilung der IHC gerade abgeschlossene Analyse stützt diese Abgrenzung der aktiven Gebrauchsdauer von der Lebensdauer auch zahlenmäßig. Es konnte ermittelt werden, daß die Erstbesitzer nach 7 Jahren etwa 45 %, nach 11 Jahren 85 % der Schlepper verkauft hatten.

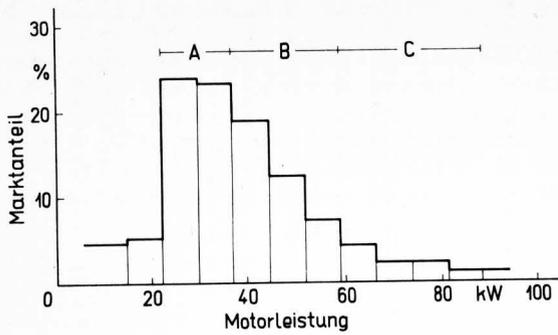
Alle diese Informationen zeigen, daß die aktive Gebrauchsdauer sehr viel kleiner als die Lebensdauer ist; es folgt daraus auch, daß höchstens 800000 Schlepper des heutigen Bestandes von 1,4 Millionen in Westdeutschland wirklich aktiv genutzt werden.

### 3.3 Vergleich der Produktkosten bei Schlepperfamilien

Nachdem wir in zwei Beispielen die Kriterien Funktion und Zeit darlegten, soll in einem anderen Beispiel vor allem der Einfluß der Kosten für die Entwicklung von Ackerschleppern diskutiert werden. Will ein deutscher Schlepperhersteller seine Produkte verkaufen, so sind recht vielfältige Märkte zu bedienen. Wir haben Schlepper mit sehr unterschiedlichen Anforderungen hinsichtlich der gewünschten Funktionen und der Gebrauchsdauer zu entwickeln. Wir sahen in den vorigen Beispielen, daß sich diese Kriterien auch in Zukunft schrittweise verändern werden. Um diesen vielfältigen Forderungen unseres deutschen Marktes und der Exportländer Rechnung zu tragen, sind in der Regel Schlepperlinien zu entwickeln und zu produzieren, oder es muß auf einen wichtigen Teil des Gesamtmarktes verzichtet werden.

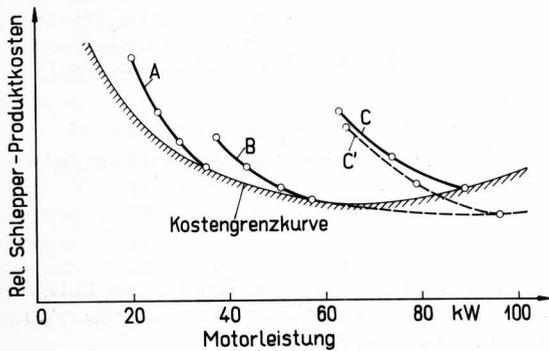
Da der heutige Markt Ackerschlepper verlangt, deren Leistungen einen Bereich von 1 : 7 umfassen, kann eine Schlepperlinie nur durch eine größere Anzahl von Schleppermodellen aufgebaut werden. Um diese notwendige Vielfalt der Modelle kostengünstig zu produzieren, faßt man meist jeweils mehrere Modelle zu einer Schlepperfamilie zusammen. Die von den Modellen einer solchen Schlepperfamilie erwarteten Funktionen und Werte der Gebrauchsdauer sollten im besten Falle recht einheitlich sein.

Die Abgrenzung der verschiedenen Schlepperfamilien gegeneinander wird vor allem durch die Herstellungskosten bestimmt. Die Struktur des deutschen Schleppermarktes soll durch die Schlepperneuzulassungen des Jahres 1972 dargestellt werden, Bild 5. Wir wollen eine Schlepperlinie planen. Zur Vereinfachung der Aufgabe sollen Schlepper unter 20 kW und über etwa 100 kW nicht betrachtet werden. Immer noch ist ein Leistungsbereich von 1 : 5 zu berücksichtigen. Teilt man diese Leistungsspanne in drei Familien A, B und C ein, so muß jede Schlepperfamilie etwa einen Bereich der Leistungen von 1 : 1,7 abdecken. Diese Schlepperfamilien A, B und C wurden in Bild 5 eingezeichnet. Wie wir feststellen müssen, werden die Marktmöglichkeiten, die möglichen Schlepperverkaufszahlen, sehr unterschiedlich für die Familien sein, da die Stückzahlen in Deutschland für die geplante Schlepperfamilie C ungleich kleiner sind als die für die Familie A.



**Bild 5.** Marktanteil von Ackerschleppern verschiedener Leistungsklassen; Einteilung in die Schlepperfamilien A, B und C (In Deutschland 1972 verkaufte Ackerschlepper).

Das Ergebnis aller Entwicklungsarbeiten für eine Schlepperlinie wird letzten Endes mit den Kosten gemessen werden müssen. Deshalb werden die auf die Motorleistung bezogenen Schlepperkosten für eine ganze Schlepperlinie ermittelt und über der Motorleistung aufgetragen, **Bild 6**.



**Bild 6.** Relative, auf die Leistung bezogene Schlepperproduktkosten für verschiedene Schlepperfamilien A, B, C und C'. Meßpunkte  $\circ$  geben Werte für einzelne Schlepper an.

Wünschenswert wäre es, wenn alle Ackerschleppermodelle auf der im Bild eingezeichneten Kostengrenzkurve lägen. Das ist leider nicht erreichbar. Sollten nämlich die Kosten aller Schleppermodelle auf einer Kostengrenzkurve liegen, so müßte jedes Modell aus Komponenten aufgebaut werden, die nur für eine ganz bestimmte Leistungsforderung entwickelt und produziert werden. Das führte zu riesigen Investitionen und relativ kleinen Stückzahlen für jede Version und darum zu einer Grenzkurve, die bei sehr viel höheren Produktkosten läge.

Es gilt, den richtigen Mittelweg zu suchen, wobei die Entscheidungen für jede Baugruppe der Schlepper einzeln zu treffen sind. Konkurrenzfähige Kosten für die einzelnen Komponenten und Baugruppen der Schlepperfamilien lassen sich nur dann erreichen, wenn bei dem heutigen Stand der Technik gewisse Mindeststückzahlen in einer Produktionsanlage möglich sind. Heute sind das etwa 50000 Dieselmotoren, 15000 Getriebe und Kraftheber, mindestens 20000 Chassissteile.

Aus diesen Überlegungen folgt, daß für die Hersteller von Ackerschleppern die Planungen zur Beschaffung der wichtigsten Baugruppen wie Getriebe oder Dieselmotoren mindestens ebenso wichtig sind für den Aufbau einer Schlepperlinie wie Überlegungen über die beste spezielle Schlepperbauart.

Der Inhalt des Bildes 6 über die Schlepperkosten werde kurz erläutert. In der Familie A haben wir vier Modelle, die alle das gleiche Grundgetriebe haben. Eine starke Abweichung von der Kostengrenzkurve bei drei Modellen ist die Folge. Sicherlich wird das Modell mit der kleinsten Motorleistung bald aus dem Programm genommen, da in diesem Leistungsbereich auch die Stückzahlen fallen.

In der Schlepperfamilie B gab es zuerst nur drei Modelle; durch intensive Schwachstellenforschung und Verbesserung von Einzelteilen konnte ein Schleppermodell mit höherer Leistung entwickelt werden. Der Punkt für die relativen Kosten des neuen Modells liegt nur wenig tiefer als der frühere Bestpunkt.

Da die Schlepperfamilie C nur in kleinen Stückzahlen verkauft werden kann, sind hier die relativen Kosten höher, auch für den Schlepper mit der größten Leistung, als für die Familie B. Die Kosten für die Schlepperfamilie C könnten durch Erhöhung der Motorleistung gesenkt werden und würden etwa durch die Punkte der Linie C' dargestellt, wenn in einem speziellen Markt die Anforderungen und notwendigen Zugkraftkriterien für so große Schlepper noch niedriger sind, oder wenn die erwartete Gebrauchsdauer kürzer würde. Da aber unsere Schleppermärkte die gegenteilige Tendenz zeigen — die Zugkraftkriterien für Schlepper über 74 kW steigen, die erwartete Gebrauchsdauer nimmt zu — können die daraus folgenden Kostensteigerungen nur durch größere Stückzahlen aufgefangen werden. Wegen dieser Problematik ist zu erwarten, daß sich die Bauweise auch der großen Zugschlepper nicht plötzlich wandeln wird, solange diese aus kostengünstigen Großserienteilen aufgebaut werden können.

#### 4. Wird der Vielzweck-Ackerschlepper abgelöst durch die Wenigzweck-Feldmaschine?

Immer wieder wird neuerdings die Frage aufgeworfen, ob die Vielzweckschlepper, uns allen bekannt in vielen ähnlichen Ausführungen, in der Zukunft nicht an Bedeutung verlieren müßten; ob diese Schlepper nicht abgelöst würden durch Einzweck-Feldmaschinen. Im folgenden soll versucht werden, die Kriterien herauszuarbeiten, mit deren Hilfe Antworten auf diese Fragen beurteilt werden können.

Ein besonderes Kennzeichen des heutigen Vielzweckschleppers ist seine große Zahl von Funktionen. Wie aber sah ein Ackerschlepper des Jahres 1930 aus? Durch welche Merkmale wurden seine Funktionen beschrieben? Um die Analyse zu vereinfachen, wurden die wichtigsten Merkmale — für die Merkmalsgruppen: Leistungsübertragung, Bewegung (Geschwindigkeit), Fahrbahn und Gerätekopplung — herausgesucht und in **Bild 7** dargestellt. Der Ackerschlepper von 1930 kann mit fünf Merkmalen schon recht gut beschrieben werden, das sind im wesentlichen die Eigenschaften, die er von seinen Vorfahren, dem Traggflug und der Lokomobile übernahm.

Leistungsübertragung	Bewegung	Fahrbahn	Gerätekopplung
Hinterachs-antrieb	$(1 - 2) v_p$	Acker ungebaut	Zughaken
Riemenscheibe			

**Bild 7.** Ausgewählte Merkmale eines Ackerschleppers, Baujahr 1930.

$v_p$  mittlere Geschwindigkeit eines Ackerpferdes.

Machen wir die gleiche Bestimmung der Merkmale für einen Schlepper mit etwa 44 kW, der 40 Jahre jünger ist, Bild 8. Wieder zählen wir die für die wichtigsten Funktionsgruppen hervorstechenden Merkmale — es ergibt sich die Zahl 22 für den Vielweckschlepper von 1970.

Leistungsübertragung	Bewegung	Fahrbahn	Gerätekopplung
2 Achsantrieb	(5 - 10) $v_p$	Öffentliche Straße	Zughaken
Hinterachsantrieb	(2 - 4) $v_p$	Wirtschaftsweg	Geräteheck
Kraftheber Heck	(1 - 2) $v_p$	Acker unbebaut	Geräte seitlich
Heck Anzapfl.	(1/4 - 1/2) $v_p$	Acker mit Pflanzen	Stützlast aufnehmen
Seite Anzapfl.	Reversieren	Acker locker/feucht	
Hydraul. Anzapfl.		Forst	
Riemen-scheibe			

Bild 8. Ausgewählte Merkmale eines Ackerschleppers, Baujahr 1970.

$v_p$  mittlere Geschwindigkeit eines Ackerpferdes.

An dieser Stelle müssen wir darauf hinweisen, daß der gleiche Schleppertyp in den USA normalerweise durch 16 Merkmale beschrieben werden kann, da er weder 2-Achs-Antrieb noch den seitlichen Mähwerksantrieb hat; Geschwindigkeiten bei 1 und 2 km/h, die Möglichkeit des Reversierens, die Fahrt auf öffentlichen Straßen mit Vorschriften ähnlich denen für LKW's, die Arbeit im Forst werden von Ackerschleppern in den USA selten verlangt.

Bei der Vielzahl der Funktionen des Schleppers aus dem Jahre 1970 ist vor allem auch bedeutsam, daß der Schlepper heute viele Regeleinrichtungen besitzen muß, um diese Funktionen zu koordinieren und zu koppeln. Wir wissen alle, daß gerade die Unvollkommenheit oder das Fehlen wichtiger Regeleinrichtungen oft den effektiven Gebrauch der vielfältigen Funktionen der Vielweckschlepper einschränken.

Vergleicht man diese beiden Kurzbeschreibungen der Funktionen der Ackerschlepper aus den Jahren 1930 und 1970, wird die erhebliche Fortentwicklung deutlich sichtbar. Teil für Teil der Arbeiten, die früher nur von dem Menschen oder den Tieren geleistet wurden, hat der Schlepper übernommen — er wurde allmählich von der Hilfsmaschine zur geregelten Vollarbeitsmaschine und deshalb in größeren Stückzahlen verkauft, Bild 9. Heute stellen wir fest, daß die geforderten Funktionen weiterhin zunehmen — aber die Stückzahlen der verkauften Schlepper fallen.

Während die Stückzahlen über den betrachteten Zeitraum von 1930 bis 1970 erheblich anstiegen, fielen die Kosten, bezogen auf die Leistung, bedeutend und erreichten ein Minimum etwa Ende der sechziger Jahre, Bild 10. Neuerlich steigen die relativen Kosten recht schnell, da die Aufwendungen für zusätzliche Regelfunktionen, die Ausgaben zur Erhöhung der Sicherheit, des Komforts und zur Verhinderung der Emissionen von Jahr zu Jahr größer werden.

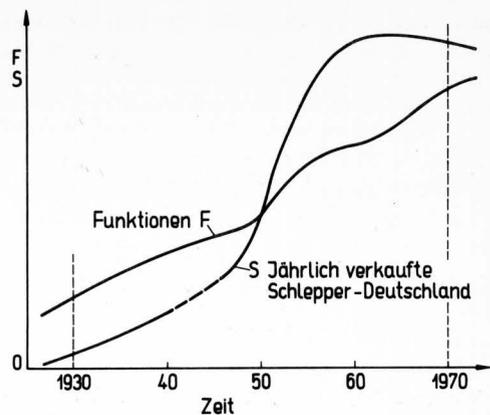


Bild 9. Anzahl der Funktionen F und in Deutschland jährlich verkaufte Anzahl von Schleppern S für den Zeitraum 1930 bis 1970.

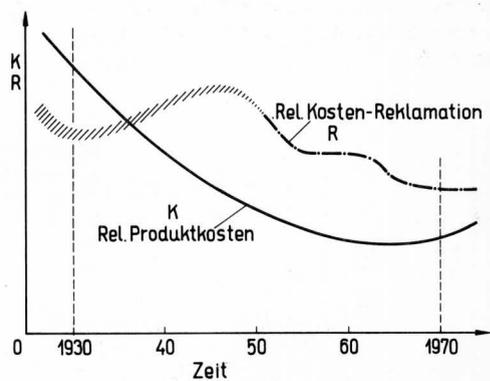


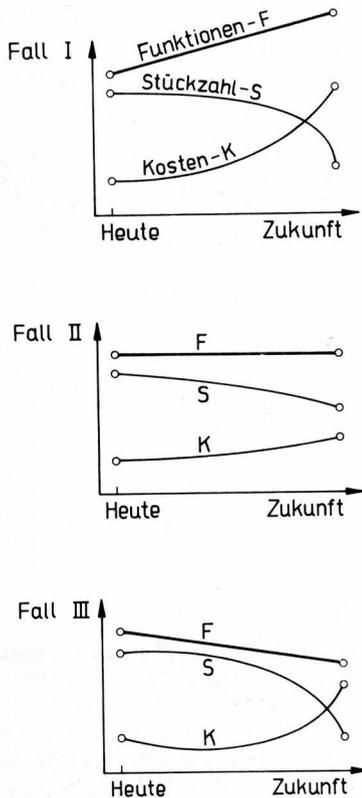
Bild 10. Verlauf der relativen Produktkosten K und Reklamationskosten R für den Zeitraum 1930 bis 1970. (Gestrichelter Kurvenzug nach Schätzungen gezeichnet).

Die Kosten für Aufwendungen der Hersteller von Ackerschleppern zur Erstattung der Garantieansprüche und andere freiwillig gewährte Vergütungen bei Frühschäden sind ein guter Maßstab für die Güte und Ausgereiftheit eines Produktes. Es ist interessant, daß diese Kosten heute erheblich niedriger sind als früher, das heißt, die Qualität der verkauften Schlepper ist besser, es treten erheblich seltener Frühschäden auf. Es ist erstaunlich, daß bei entscheidend größerer Zahl von Funktionen, geringeren relativen Kosten und viel größeren Stückzahlen die Qualität so steigen konnte. Gerade in der Zukunft ist streng darauf zu achten, daß alle neuen Schlepperentwicklungen diesen inzwischen zum Standard gewordenen Qualitätsansprüchen genügen. Um dieses hohe Qualitätsniveau zu erreichen, stiegen die Aufwendungen der Hersteller zur Qualitätssicherung stetig an mit der vermehrten Zahl der Schlepperfunktionen. Zu den Kosten der Qualitätssicherung gehören die Aufwendungen der Qualitätskontrollen in den Produktionsbetrieben, ferner die Kosten des Kundendienstes und die Ausgaben in den Entwicklungsabteilungen zur Bearbeitung der von den Anwendern gemeldeten Mängel.

Fassen wir den Stand und die zur Zeit sichtbaren Tendenzen der Entwicklung für die untersuchten Einflußgrößen zusammen:

- Die Zahl der gewünschten Funktionen des Vielweckschleppers steigt weiter,
- die relativen Kosten nehmen zu,
- die Stückzahlen der jährlich verkauften Schlepper fallen.

Nachdem wir uns einen gewissen Überblick über die vergangene Entwicklung und den heutigen Stand der Kriterien Funktion, Kosten und Stückzahlen gemacht haben, wollen wir Möglichkeiten einer Weiterentwicklung von Vielzweckackerschleppern diskutieren, **Bild 11**. Wir machen dabei die vereinfachende Annahme, daß der Markt stabil sei. Schrumpft der Markt für Ackerschlepper, zeigen sich die dargestellten Zusammenhänge vermutlich noch deutlicher.



**Bild 11.** Hypothesen zur Weiterentwicklung von Ackerschleppern, aufgezeigt anhand der Kriterien Funktion F, Stückzahl S und Kosten K.

Fall I: Die Zahl der Funktionen der Ackerschlepper wird den augenblicklichen Tendenzen folgend in Zukunft weiter vermehrt. Die Kosten müssen steigen, da heute durch eine Vermehrung der Zahl der Funktionen keine Stückzahlerhöhung und damit keine Kostensenkung möglich ist. Wachsen die Kosten aber weiter, muß es zu einer spürbaren Stückzahlverminderung kommen, wenn nicht die Kaufkraft der Landwirte aus anderen Gründen zunimmt.

Fall II: Wir vermehren die Funktionen nicht, fügen keine neuen hinzu, um eine weitere Kostensteigerung zu mildern. Selbst in diesem Fall werden die möglichen Verkaufszahlen für die Vielzweckackerschlepper fallen, da das Paket der heutigen Funktionen nicht den Erwartungen der Landwirte von morgen entspricht.

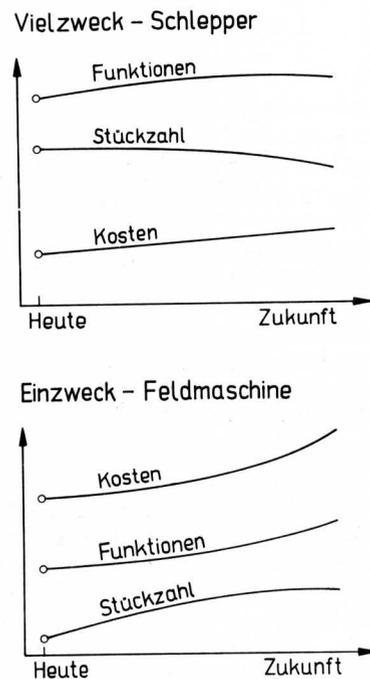
Fall III: Da wir wissen, daß in vielen anderen Ländern die Ackerschlepper mit weniger Funktionen ausgerüstet werden, setzen wir uns zum Ziel, die Zahl der Funktionen zu verringern, die Schlepper zu vereinfachen und von allen nicht so wichtigen Funktionen zu "entrümpeln".

Als erstes Ergebnis wäre vermutlich zu erwarten, daß die Kosten etwas gesenkt werden könnten. Aber langfristig sind die möglichen Verkaufszahlen kaum zu erreichen, da ein Teil der heutigen Kunden der Vielzweckschlepper wichtige Funktionen vermissen würde. Folglich müßte die Zahl der verkauften Schlepper schneller als im Fall II fallen, und die Kosten würden vermutlich sehr schnell steigen.

Mit Unbehagen stellen wir fest: Keine der soeben diskutierten Hypothesen gibt brauchbare Hinweise auf die Frage: Wie könnte der Vielzweckschlepper in der Zukunft aussehen?

Der wesentliche Mangel der eben geschilderten Fallstudien scheint zu sein, daß wir davon ausgingen, daß das heutige Funktionspaket unverändert auch in der Zukunft übernommen werden müsse, wenn der Vielzweckschlepper seinen Markt behalten solle. Aber muß das Bündel der Funktionen der heutigen Vielzweckschlepper wirklich so zusammengeschnürt bleiben?

Bauen wir eine andere verbesserte Hypothese aus den vorigen Erfahrungen auf: Wir gehen von dem heutigen Vielzweckschlepper aus, da er zweifelsohne eine günstige Kombination der Einflußgrößen ist, die wir in den früheren Beispielen besprochen, **Bild 12**. Dieser Schlepper gibt in einem Evolutionsprozeß einige Funktionen ab und nimmt neue auf, ohne daß sich deren Zahl wesentlich vermehrt. Es findet ein Funktionsaustausch statt. Die abgegebenen Funktionen werden von Einzweck-Feldmaschinen übernommen. Wie früher die Funktion "Ziehen des Mähreschers" abgegeben wurde an den Mährescher-Selbstfahrer, gibt es auch andere "Funktionsabspaltungen".



**Bild 12.** Verbesserte Hypothese zur Weiterentwicklung von Vielzweck-Ackerschleppern und Abgrenzung gegen Einzweck-Feldmaschinen.

Eine Kostensteigerung dieser neuen Vielzweckschlepper wird auch in Zukunft durch die Aufnahme höherwertiger Funktionen nicht zu vermeiden sein. Selbst wenn das Marktvolumen stabil bliebe, müßten die Stückzahlen etwas fallen. Die Einzweck-Feldmaschine wird mehr als ein "Lückenbüßer" sein. Sie wird eine begrenzte Zahl von Funktionen haben und im Vergleich zum Vielzweckschlepper in kleinen Stückzahlen gebaut. Aus den angegebenen Gründen sind die Produktkosten solcher Einzweck- oder Wenigzweck-Maschinen relativ hoch oder sehr hoch, gemessen am Vielzweckschlepper.

## 5. Mitwirkung der landtechnischen Wissenschaft bei der Bestimmung von Entwicklungskriterien

Die gleich zu Anfang des Aufsatzes gemachte Aussage wird noch einmal aufgegriffen: Die landtechnische Wissenschaft muß entscheidend mithelfen, die heute nur sehr allgemein bekannten Kriterien für eine weitere Schlepperentwicklung genauer zu bestimmen. An zwei Beispielen sei gezeigt, daß es wichtige Fragen gibt, die auch ohne große Mittel von Instituten bearbeitet werden können.

Beispiel I: Für verschiedene, denkbare oder vorhandene Schlepperbauarten sind Kriterien für die Sichtverhältnisse an Ackerschleppern zu entwickeln. Dabei wären nicht nur die geometrischen Verhältnisse zu vergleichen, sondern vor allem auch Fragen der Qualität der Wahrnehmung zu prüfen, Bild 13.

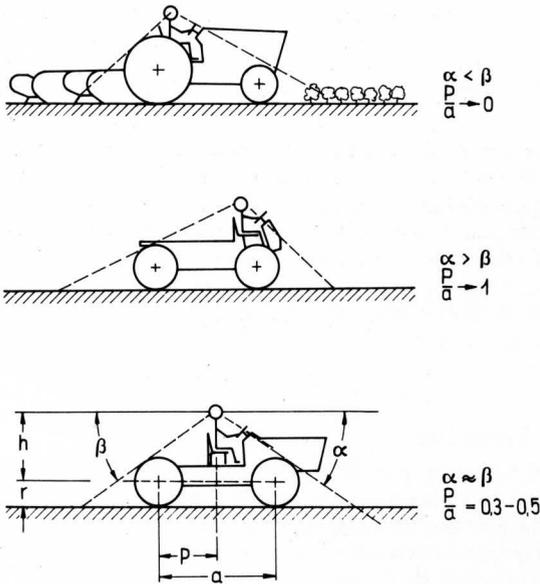


Bild 13. Parameter zur Darstellung von Sichtverhältnissen bei verschiedenen Ackerschlepperbauarten  $\alpha$ ,  $\beta = f(a, p, h, r, \text{Form})$ .

Beispiel II: Heutige Schleppergetriebe sind in ihren Abmessungen recht unterschiedlich. Den Konstrukteur interessiert sehr die Frage: Welches ist das Potential meines Getriebes, wie kann ich mein Getriebe so umgestalten, daß ich dieses Potential möglichst gut ausnutze? Für die im Hause IHC bekannten Getriebe haben wir Nutzungszahlen für die verschiedenen Getriebebaugruppen ermittelt, Bild 14, und mit ihrer Hilfe sehr interessante Schlüsse für die weitere Entwicklung ziehen können. Solche Kennzahlen haben aber erst dann einen großen Wert, wenn sie für viele ausgeführte Getriebebauarten ermittelt wurden. Nach letzten Veröffentlichungen müßten solche Nutzungszahlen auch auf andere, bisher nicht übliche Getriebebauarten angewendet werden können, z.B. auch hydrostatische.

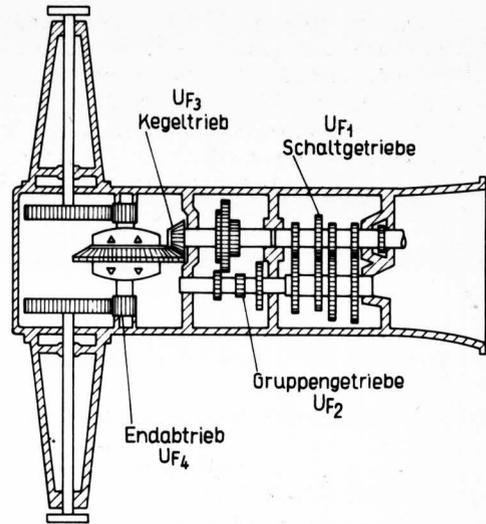


Bild 14. Schematische Darstellung eines Ackerschleppergetriebes mit den Nutzungsgraden  $U_{F1}$ ,  $U_{F2}$ ,  $U_{F3}$  und  $U_{F4}$  für die verschiedenen Getriebestufen.

$$\text{Definition: } U_F = \frac{N}{a^2 b n} \cdot \frac{(i+1)^3}{i} \quad [\text{kW/cm}^3]$$

- N Motorleistung kW
- a Wellenabstand cm
- b effektive Getriebebelänge cm
- i Übersetzungsverhältnis
- n Zahl der belasteten Räder

## 6. Zusammenfassung

Die Aufgabe dieses Aufsatzes hieß, Kriterien vorzustellen, die die Entwicklungslinien der Ackerschlepper bestimmen. Zu diesem umfangreichen Thema konnte nur ein Teil der Informationen, die in einer Entwicklungsabteilung für Ackerschlepper vorhanden sind, verwertet werden. An praktischen Beispielen wurde gezeigt, wie die Entwicklung von Ackerschleppern von den etwa gleichgewichtigen und voneinander abhängigen Kriterien Funktion, Kosten und Zeit bestimmt wird. Diese Kriterien setzen sich aus vielen Elementen zusammen. Diese einzelnen Elemente lassen sich aber mit einigem Aufwand beschreiben. Bei der Betrachtung der Kriterien einer ganzen Schlepperreihe oder von Schlepperfamilien ergeben sich aus dem Vergleich sehr nützliche Fragestellungen. Ebenso lassen sich aus der zeitlichen Änderung dieser Kennwerte brauchbare Erfahrungen für die zukünftige Entwicklung gewinnen.

Von diesen allgemeinen Betrachtungen ausgehend, müssen mit viel Mühe in den Entwicklungsabteilungen der Schlepperhersteller die einzelnen Kriterien erarbeitet werden, mit deren Hilfe Schlepper berechnet, konstruiert, getestet und zur Produktion freigegeben werden können. Je besser wir dieses Handwerkszeug beherrschen, um so leichter wird es sein, auch gute Lösungen für den Schlepper von morgen zu finden.