

### Strukturwandlungen der Landwirtschaft und einige Auswirkungen auf Motorisierung und Mechanisierung

Von Joachim Neumann, Mannheim\*)

DK 631.372:658.8.012.1

Für den Landmaschinenhersteller ist es eine wichtige Aufgabe, Änderungen des Marktes und in den Anforderungen an Schlepper und Gerät frühzeitig zu erkennen und bei der Entwicklung neuer Produkte zu berücksichtigen.

Hier wird der Versuch gemacht, ein Schlepper-Marktmodell nach Stück und Größenklassen zu entwickeln und zu verifizieren, das auf der landwirtschaftlichen Betriebsgrößenstruktur und ihren Änderungen und der relativ konstanten Kaufhäufigkeit basiert.

#### 1. Der Strukturwandel und seine Ursachen

„Alles fließt“ sagte schon vor 2500 Jahren der griechische Philosoph Demokrit. Daß dies auch für die Struktur der Landwirtschaft und für den Landmaschinenmarkt gilt, soll im folgenden mit einigen Zahlenreihen belegt werden. Diese Zahlenreihen wurden aus zwei Gründen ausgewählt:

1. Sie ermöglichen die Erkenntnis der Ursachen für die Strukturwandlungen in der Landwirtschaft.
2. Sie stellen die Ursachen dar für die Änderungen auf dem Landmaschinenmarkt.

Vorgetragen auf der VDI-Tagung < Landtechnik >, Stuttgart, am 17. Oktober 1974.

\*) *Dipl.-Landw. Joachim Neumann ist Marktforscher für Land- und Baumaschinen der Fa. John Deere, Mannheim.*

Wie **Tafel 1** zeigt, hat die Bevölkerung durch Zuzug von Flüchtlingen und Gastarbeitern und natürlichen Zuwachs seit 1950 von knapp 50 Mill. auf über 62 Mill. zugenommen. Da sich in der gleichen Zeit die Einkommen vervielfachten, steigerte sich die Nachfrage nach Nahrungsmitteln quantitativ und qualitativ.

Die deutsche Landwirtschaft nutzte die gegebenen Marktchancen und steigerte die Bodenproduktion – ausgedrückt in dt/ha Getreideeinheiten – um 65 %. Der Wert der Nahrungsmittelproduktion vervielfachte sich dank der höheren Qualität der Nahrung (mehr Fleisch, weniger Brot und Kartoffeln). Allerdings sind in diesen Zahlen auch die bekannten Preissteigerungen mit enthalten.

Jahr	Bevölkerung in Mill.	Bodenproduktion dt/ha	Nahrungsmittelprod. Mrd. DM
1950	49,5	26,0	11,5
1955	51,7	32,0	17,1
1960	55,8	30,7	22,5
1965	58,2	34,8	28,7
1970	60,3	39,7	37,1
1973	62,2	43,1	43,6

**Tafel 1.** Entwicklung der Bevölkerung und der landw. Produktion.

Die Brutto-Verdienste der männlichen Industriearbeiter, **Tafel 2**, vervielfachten sich von ca. 4000 DM/Jahr im Jahre 1950 auf knapp 20000 DM/Jahr im Jahre 1973 (nicht inflationsbereinigt). Eine gleiche Entwicklung gilt aber auch für die in der Landwirtschaft Tätigen. Aus der **Tafel 2** sind drei wichtige Tatsachen zu ersehen:

1. Auch die landwirtschaftlichen Einkommen steigen.
2. Die landwirtschaftlichen Einkommen sind aber stets kleiner als die der männlichen Industriearbeiter.
3. Die landwirtschaftlichen Einkommen hinken mit einer Phasenverschiebung von ca. 5 Jahren hinter den Industriearbeiter-Einkommen her.

Das Verständnis dieser Zahlenreihen ist eine Voraussetzung für das Verständnis aller folgenden Änderungen.

Zur Ergänzung sind in Tafel 2 auch die Bruttoinvestitionen an Schleppern und Landmaschinen aufgeführt. Diese haben sich zwar zwischen 1950 und 1960 vervielfacht, stagnieren aber seit dieser Zeit. Dafür gibt es eine wichtige Ursache:

Landmaschinen werden auf der landwirtschaftlich genutzten Fläche eingesetzt und deren Größe ist praktisch konstant bzw. nimmt wegen der zunehmenden Bebauung leicht ab.

Jahr	Brutto-Verdienst männl. Industriearb. DM/Jahr	Einkommen aus Arbeit + Kapital der landw. Voll-AK DM/Jahr *)	Bruttoinvestitionen Landmaschinen Mrd. DM
1950	4000	2600	0,5
1955	5060	3200	1,3
1960	6900	5220	2,2
1965	10650	7200	2,9
1970	16500	10000	2,5
1973	19800	15500	2,7

Tafel 2. Entwicklung der Einkommen und der Investitionen für Landmaschinen.

Aus den Zahlen der Tafel 3 ist zu ersehen, daß im Laufe der letzten 23 Jahre rund 1 Mill. Pferde, 300000 Zugochsen und 1,8 Mill. Zugkühe durch 1,4 Mill. Schlepper ersetzt wurden.

Wichtiger ist die Entwicklung der Zahl der in der Landwirtschaft Tätigen, gemessen in Voll-AK, die seit 1950 um 2/3 des ursprünglichen Wertes auf 1,3 Mill. zurückgegangen ist. Es sind hier alle in der Landwirtschaft Tätigen, auch Kinder und Großeltern und Saisonkräfte auf vollwertige und ganzjährige Arbeitskräfte umgerechnet.

Jahr	Pferde üb. 3 J.	Zugochsen	Zugkühe	Schlepper	Landw. Voll-AK
1950	1,2	0,3	1,8	0,1	3,9
1955	1,0	0,1	1,5	0,4	3,3
1960	0,7	0	0,7	0,8	2,6
1965	0,3	0	0,2	1,1	1,9
1970	0,2	0	0	1,3	1,5
1973	0,3	0	0	1,4	1,3

Tafel 3. Entwicklung der Zahl der in der Landwirtschaft Beschäftigten und des Bestandes an Zugtieren und Schleppern. (Anzahl in Millionen).

\*) Was hier "Einkommen aus Arbeit und Kapital der landwirtschaftlichen Voll-AK" genannt wird, ist eine Zahlenreihe, die der Autor seit über 10 Jahren für die eigenen, privaten Zwecke verwendet. Er zeigt hier zwar eine Disparität, möchte sich jedoch nicht in die derzeitigen Streitgespräche, ob eine Disparität besteht oder wie hoch diese ist, einmischen. Die hier verwendete private Zahlenreihe sollte daher nicht für andere Zwecke, sondern nur zum Verständnis der folgenden Ausführungen herangezogen werden.

Wenn diese Reduzierung des Arbeitseinsatzes kombiniert wird mit der Steigerung der Boden- und Nahrungsmittelproduktion der Tafel 1, dann erhält man einen Anhalt für die Produktivitätssteigerungen der Landwirtschaft in den letzten 23 Jahren.

Die aufgezeigte Verringerung der Arbeitskräfte ergibt sich hauptsächlich aus drei Gründen:

1. Die "Disparität" brachte die in der Landwirtschaft Tätigen dazu, nach einem Arbeitsplatz außerhalb der Landwirtschaft Ausschau zu halten.
2. Die wirtschaftliche Entwicklung der Nachkriegszeit mit ihrem ungeheuren Bedarf an außerlandwirtschaftlichen Arbeitskräften wirkte als entsprechender Sog.
3. Die Landtechnik im weitesten Sinne des Wortes gestattete es, daß die geschrumpfte Zahl der Landwirte die gezeigten Produktionserfolge erringen konnte.

In Tafel 4 wird die Zahl der Betriebe in den verschiedenen Betriebsgrößenklassen und die Gesamtzahl der landwirtschaftlichen Betriebe (letzte Spalte) angegeben. Aus dem Vergleich der Zahlen in den letzten Spalten von Tafel 3 und Tafel 4 ist der Schluß zu ziehen, daß zunächst die abhängig Beschäftigten: "Knecht und Magd", mithelfende Familienangehörige und Saisonarbeitskräfte aus der Landwirtschaft ausschieden. Als das nicht ausreichte, um ein angemessenes Einkommen zu erzielen, nahmen immer mehr Bauern eine außerlandwirtschaftliche Tätigkeit an — gingen also in den landwirtschaftlichen Nebenerwerb über oder begannen "sich selbst zu entlassen", d.h. ihre landwirtschaftlichen Betriebe durch Verkauf oder Verpachtung aufzulösen.

Bereits seit 1949 geht die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe bis 10 ha ständig zurück und steigt die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe über 20 ha ständig an. Die Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe zwischen 10 und 20 ha nahm bis ca. 1965 noch zu und dann ab.

Die "kritische Betriebsgröße" oder die Schwelle, unterhalb der die Zahl der Betriebe ständig abnimmt und oberhalb der die Zahl der Betriebe zunimmt, ist nicht konstant, sondern steigt in Abhängigkeit von den Einkommenserwartungen und den Einkommensmöglichkeiten ständig an. Die Schwelle liegt zur Zeit bei 25 ha und wird in wenigen Jahren 30 ha erreichen. Die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe insgesamt geht ständig zurück.

Jahr	2 ÷ 5 ha	5 ÷ 10 ha	10 ÷ 20 ha	20 ÷ 50 ha	> 50 ha	Summe
1949	544	401	255	112	16	1328
1955	488	382	263	114	16	1263
1960	389	344	287	122	16	1158
1965	322	292	292	135	17	1058
1970	251	233	268	158	19	929
1973	210	195	231	174	24	834
1980	110	120	170	210	32	642

Tafel 4. Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe (in 1 000) in den verschiedenen Betriebsgrößenklassen.

Die bisherige Entwicklung, wie sie auch aus den Tafeln abzulesen ist, läßt sich kurz dahin zusammenfassen:

- Die Bevölkerungszunahme und das wachsende Einkommen der Bevölkerung gaben der Landwirtschaft Marktchancen, die von ihr genutzt wurden.
- Der Einkommensabstand der in der Landwirtschaft Tätigen zum Industriearbeiter (Disparität) war Motor zur Abwanderung aus der Landwirtschaft (Abnahme der Voll-AK).
- Nach dem Ausscheiden von "Knecht und Magd" und der mithelfenden Familienangehörigen mußten die Betriebsinhaber, die kein angemessenes Einkommen erzielen konnten, "sich selbst entlassen", also aus der Produktion ausscheiden (Rückgang der Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe).

- Die Produktionssteigerung bei Rückgang der Zahl der Arbeitskräfte wurde möglich durch die Motorisierung und Mechanisierung (Maschineninvestitionen, teilweise bis zu 10 % des Produktionswertes und Ersatz der Pferde, Zugochsen und Zugkühe durch 1,4 Mill. Schlepper).

Für die zukünftige Entwicklung ist zu erwarten:

- Der Markt für Nahrungsmittel wächst kaum noch (Stagnation der Bevölkerungszahl, mehr als satt essen kann sich keiner).
- Der Rückgang der in der Landwirtschaft Tätigen und der landwirtschaftlichen Betriebe wird solange weitergehen, wie die Einkommenserwartungen stärker steigen als der Markt für landwirtschaftliche Produkte, und das dürfte noch einige Jahre oder Jahrzehnte der Fall sein.

Die sich somit ergebenden Strukturänderungen haben wichtige Konsequenzen für die Mechanisierung. Am Beispiel des Schleppermarktes soll im folgenden gezeigt werden, wie dieser von den Änderungen der Betriebsstruktur abhängt.

## 2. Betriebsgrößenstruktur und Schlepperbestand

Die Bundesrepublik verfügt über eine landwirtschaftliche Nutzfläche von 13 Mill. ha. Nimmt man an, diese Fläche würde von Betrieben einheitlicher Größe bewirtschaftet, für die nacheinander 10, 20, 33 ha usw. angesetzt werden, so ergeben sich die in Spalte 2 der **Tafel 5** angegebenen Zahlen der Betriebe.

Welcher Schlepperbesatz bei verschiedenen Betriebsgrößen als betriebsnotwendig angesehen wird, wurde in mehrjährigen Befragungen von Landwirten ermittelt und in Spalte 3 eingetragen. Aus der Zahl der Betriebe und dem Schlepperbesatz ergibt sich der notwendige Schlepperbestand, der in entscheidendem Maße von der Zahl und Größe der landwirtschaftlichen Betriebe abhängt.

Betriebsgröße ha	Anzahl d. Betriebe Mill.	Schlepper pro Betrieb	Schlepperbestand Mill.
10	1,3	1	1,3
20	0,65	2	1,3
33	0,4	2	0,8
65	0,2	3	0,6
130	0,1	4	0,4

**Tafel 5.** Berechnung des Schlepperbestandes bei Annahme verschiedener einheitlicher Betriebsgrößen.

Die **Tafel 5** ist besonders denjenigen zur Betrachtung zu empfehlen, die von der Übermotorisierung der deutschen Landwirtschaft reden. Wer im Prinzip unsere Betriebsstruktur mit dem Nebeneinander von Voll- und Nebenerwerbsbetrieben und von Klein-, Mittel- und Großbetrieben bejaht, muß auch zum Schlepperbestand ja sagen. Wer etwas von der landwirtschaftlichen Praxis versteht, wird zugeben, daß ein landwirtschaftlicher Betrieb ohne eigene Zugkraft praktisch nicht zu bewirtschaften ist.

In der Praxis haben wir es nicht mit Betrieben einheitlicher Größe zu tun, vielmehr existieren nebeneinander Betriebe unterschiedlicher Größe, deren Größenverteilung in **Tafel 4** gegeben wurde. Werden die Werte aus **Tafel 4** multipliziert mit dem für die Betriebsgrößenklasse als betriebsnotwendig angesehenen Schlepperbesatz nach **Tafel 5**, so ergibt sich als Summe dieser Rechenwerte der als "ideal" errechnete Schlepperbestand (Spalte 2 in **Tafel 6**). Der "ideale" Schlepperbestand nimmt ab, da mehr kleinere Betriebe verschwinden als größere hinzukommen; und 10 ha-Betriebe haben auf 100 ha 10 Schlepper, ein 100 ha-Betrieb jedoch nur 3 Schlepper.

Jahr	Als "ideal" berechneter Schlepperbestand	Tatsächlicher Schlepperbestand
1949	1 671	75
1955	1 607	404
1960	1 525	797
1965	1 452	1 106
1970	1 314	1 334
1973	1 155	1 386
1980	1 057	

**Tafel 6.** Entwicklung des Schlepperbestandes in 1 000 Stück.

Stellen wir nun den "idealen" Schlepperbestand dem tatsächlichen Bestand gegenüber, der sich im Rahmen der Entwicklung nach dem Krieg aufgebaut hat, so zeigt sich, daß etwa 1970 die Bestandssättigung erreicht ist. In absehbarer Zukunft wird und muß der Schlepperbestand sinken, einmal weil der "ideale" Schlepperbesatz zurückgeht und auch weil die heutigen Schlepper-Zulassungen nicht mehr ausreichen, den jetzigen Schlepperbestand zu regenerieren.

Zu einem anderen Ergebnis kommt *Silvestri* [1], der in Deutschland für 1980 rund 1,6 Mill. Schlepper als Bestand annimmt und einen Sättigungswert zwischen 1,6 und 1,7 Mill. Schlepper errechnet. Er geht bei seiner Rechnung von der bisherigen Entwicklung des Schlepperbestandes aus und vernachlässigt die Veränderungen in der Betriebsstruktur.

Selbst wenn jedoch der Schlepperbestand noch weiter steigen sollte, muß man berücksichtigen, daß vom heutigen Schlepperbestand rund 400 000 Schlepper bereits 16 Jahre alt und älter sind und damit eigentlich verschrottungsreif sind. Sie werden noch als Reserve- und Zusatzschlepper gehalten, solange die Unterhaltungskosten minimal sind. Mit dem sich ergebenden Zwang zur Ausrüstung der Schlepper mit einem Überschlageschutz wird vermutlich ein größerer Teil verschrottet werden, weil sich diese Investition nicht mehr lohnt.

## 3. Betriebsgrößenstruktur und Schleppermarkt

Neben dem Schlepperbestand ist auch der Schleppermarkt, die Zahl der jährlichen Schlepper-Zulassungen, abhängig von der Zahl und Größe der landwirtschaftlichen Betriebe:

- Größere Betriebe kaufen häufiger einen neuen Schlepper als mittlere oder kleinere Betriebe. Dennoch kaufen – auf die Fläche bezogen – viele kleine Betriebe mehr Schlepper als wenige große Betriebe.

Die "Kaufhäufigkeit" der einzelnen Betriebsgrößenklassen konnte bis 1962 aufgrund einer amtlichen Statistik errechnet werden. Leider wird diese nicht mehr fortgeführt. Bauernbefragungen ersetzen diese Statistik nur unvollkommen.

Schauen wir uns nun einmal den deutschen Schleppermarkt an, wenn wir – wie oben rein hypothetisch – annehmen, daß es in Deutschland nur Betriebe mit einheitlicher Größe gäbe. Die ersten beiden Spalten der **Tafel 7** sind bereits von der **Tafel 5** bekannt. Die dritte Spalte zeigt, wieviel % der Betriebe in den einzelnen Betriebsgrößen – basierend auf der erwähnten Statistik bis 1962 – jährlich neue Schlepper kaufen. Größere Betriebe kaufen häufiger als mittlere oder kleinere Betriebe: Die Kaufhäufigkeit steigt mit der Betriebsgröße stark an.

Spalte 4 zeigt das Rechenergebnis:

Hätten wir in Deutschland nur 10 ha-Betriebe, dann betrüge die Zahl der jährlichen Schlepper-Zulassungen 85 000 Stück.

Hätten wir nur 130 ha-Betriebe, so schrumpfte der Markt auf 25 000 Stück pro Jahr.

Kommen uns diese Zahlen nicht bekannt vor? Etwa 85 000 Schlepper pro Jahr wurden in den Jahren von 1955 bis 1965 jeweils neu zugelassen. Nun haben die Zulassungen den Wert von 65 000 Stück pro Jahr unterschritten, nachdem die kritische Betriebsgröße die Schwelle für die Zu- und Abnahme der landwirtschaftlichen Betriebe bei etwa 25 ha liegt.

Betriebsgröße ha	Anzahl d. Betriebe Mill.	Jährliche Schlepperkäufe in % d. Betriebe	Schlepperabsatz pro Jahr	Entspricht der Zahl der Zulassungen in den Jahren
10	1,3	6,5	85 000	1955÷1965
20	0,65	10,0	65 000	1967÷1970
33	0,4	12,5	50 000	1975÷1980 ?
65	0,2	18,0	35 000	1990 ?
130	0,1	25,0	25 000	2000 ?

Tafel 7. Berechnung des jährlichen Schlepperabsatzes bei Annahme verschiedener einheitlicher Betriebsgrößen.

In analoger Weise zum Vorgehen bei der Berechnung des "idealen" Schlepperbestandes sei nun für die in der Praxis gegebene Betriebsgrößenverteilung nach Tafel 4 die Zahl der jährlichen Schlepperzulassungen bestimmt. Dazu ist in Tafel 8 die "Kaufhäufigkeit" für Schlepper in den verschiedenen Betriebsgrößenklassen angegeben. Diese Werte unterscheiden sich von den Werten in Tafel 7, die für bestimmte Betriebsgrößen durch Interpolation ermittelt waren. Die Kaufhäufigkeit wurde für die verschiedenen Jahre als konstant angenommen.

Betriebsgröße	Jährliche Kaufhäufigkeit in % d. Betriebe
2 ÷ 5 ha	ca. 3
5 ÷ 10 ha	ca. 5
10 ÷ 20 ha	ca. 8,5
20 ÷ 50 ha	ca. 12,5
über 50 ha	ca. 20

Tafel 8. Kaufhäufigkeit in den verschiedenen Klassen der Betriebsgröße.

Die Summe der Produkte aus Anzahl der Betriebe und entsprechender Kaufhäufigkeit wurde als errechnete Zahl der Schlepperzulassungen in Spalte 2 der Tafel 9 eingetragen. Der Vergleich mit den Werten für die tatsächlichen Schlepperzulassungen in Spalte 3 läßt eine relativ gute Übereinstimmung erkennen: Für die Summe der neun Jahre von 1965 bis 1973 ist die Differenz nur 1,2 %.

Im einzelnen ergibt sich jedoch eine Reihe von charakteristischen Abweichungen, auf die kurz einzugehen ist. Einmal ist aus Spalte 2 zu ersehen, daß – bei rückläufiger Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe, aber konstanter Kaufhäufigkeit der einzelnen Betriebe – der Trend der errechneten Schlepperzulassungen in einem bestimmten Tempo rückläufig ist. Daneben zeigen sich für die einzelnen Jahre charakteristische Plus- und Minus-Abweichungen:

- Da sind einmal die Jahre bis 1954, in denen die Motorisierung erst begann und daher die Trendwerte nicht erreicht wurden.
- Da sind die Jahre 1955 bis 1964, der Höhepunkt der "Mechanisierungswelle", in denen die Trendwerte stark überschritten wurden.
- Seit 1965 lösen jedoch 2-Jahresperioden, die positiv und negativ vom Trend abweichen, einander ab. Hier stimmt der

Trend. In diesen 9 Jahren basierte der Rückgang der Zulassungen auf den Änderungen der Betriebsstruktur. Die Kaufhäufigkeit blieb in etwa konstant.

Die Plus- und Minus-Abweichungen sind nicht strukturell, sondern konjunkturell bedingt und basieren auf Preisen und Erlösen, Kostenentwicklung, Erntehöhe und Zinshöhe.

Wie wird sich der Schleppermarkt in der Zukunft entwickeln?

Solange die Disparität bestehen bleibt, und sie wird noch lange bestehen bleiben, verändert sich die Betriebsstruktur und geht der Schleppermarkt stückzahlmäßig weiter zurück.

Die Kaufhäufigkeit in den Betriebsgrößenklassen war in den letzten 9 Jahren in etwa konstant. Sie kann sich in Zukunft verändern. Vielleicht verringert sie sich etwas. Zur Zeit ist das jedoch noch nicht festzustellen.

Das hier Gezeigte gilt nicht nur für Schlepper, sondern auch für Landmaschinen, z.B. für Mähdrescher. Wobei

aber doch auf einen wesentlichen Unterschied gegenüber dem Schlepper-Markt hingewiesen werden muß:

Der Schlepper ist betriebsgebunden, der Mähdrescher wird überbetrieblich eingesetzt. Wenn aber landwirtschaftliche Betriebe, die mal einen Mähdrescher kauften, sich auflösen und andere ihren nur mangelhaft ausgelasteten Mähdrescher nicht ersetzen, sondern zur Gemeinschaftsform der Maschinenverwendung übergehen, dann zeigt sich dasselbe Bild: Rückgang der stückzahlmäßigen Umsätze.

Das, was hier für die Bundesrepublik gezeigt wurde, gilt aber auch international, zumindest in allen industrialisierten Ländern, wo die Disparität der landwirtschaftlichen Einkommen als Motor aller Strukturänderungen vorhanden ist.

Jahr	Schlepper-Zulassungen		
	errechnet	tatsächlich	
1952/54	73 000	61 639	– 15 %
1955/64	73 600	88 251	+ 20 %
1965	69 300	80 024	+ 16 %
1966	68 700	81 588	+ 19 %
1967	68 100	66 020	– 3 %
1968	67 700	59 402	– 12 %
1969	67 100	70 631	+ 5 %
1970	65 500	66 537	+ 2 %
1971	63 800	66 124	+ 4 %
1972	62 900	53 403	– 15 %
1973	61 900	58 280	– 6 %
Summe 1965/73	595 000	602 009	+ 1,2 %

Tafel 9. Schlepper-Zulassungen in Stück (Landwirtschaftsjahr).

In den Staaten der EG und auch in Nordamerika geht die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe zurück. Die skizzierte Schwelle, unter der die Zahl der Betriebe abnimmt und über der die Zahl der Betriebe zunimmt, die bei uns zur Zeit bei 25 ha liegt, liegt in einigen europäischen Ländern mit kleinbetrieblicher Struktur etwa in der gleichen Größenordnung, in anderen EG-Ländern bereits bei 50 ha und in Nordamerika bei weit über 100 ha.

In der Tafel 10 sind für die Länder der EG ohne Italien und Irland für Schlepper und einige ausgewählte Landmaschinen die Verkaufszahlen angegeben. Alle Landmaschinen-Märkte – Schlepper, Mähdrescher, Pressen – zeigen auch in der gesamten EG die aufsteigende Phase und nach Erreichen des Höhepunktes den stückzahlmäßigen Rückgang, der weitergeht. (Die Höhepunkte sind markiert).

Wenn in dieser Tafel die Umsätze für Italien und Irland bewußt nicht aufgeführt sind, so deshalb, weil es sich bei ihnen in gewisser Weise um "Entwicklungsländer" handelt, die ihren Umsatzhöhepunkt – im Gegensatz zu den übrigen EG-Ländern – noch nicht erreicht haben und die deshalb das klare Bild dieser Tafel etwas verwässern würden.

Jahr	Schlepper	Mähdrescher	Pressen
1955	213	12	.
1960	<u>227</u>	35	.
1965	215	<u>45</u>	<u>66</u>
1970	187	24	49
1973	185	21	46

Tafel 10. Absatz von Schleppern und ausgewählten Landmaschinen in der EG (ohne Italien, Irland) in 1000 Stück.

#### 4. Modell der Entwicklung der Schleppergrößenklassen

Nachdem der Umfang des Schleppermarktes abgeschätzt wurde, ist es notwendig, über die zukünftige Leistungsausstattung der Schlepper Klarheit zu gewinnen.

Die Zahlen der Tafel 11 stammen aus einer regelmäßigen Befragung von je 1 500 Bauern nach ihrem jeweiligen "idealen" Schlepper-Bestand. Die Zahlen bedeuten Leistung insgesamt in kW. Die Tafel läßt erkennen, daß größere Betriebe mehr Leistung einsetzen. Das bedeutet: Parallel mit der Abnahme der kleineren Betriebe und Zunahme der größeren Betriebe muß die durchschnittliche Motorleistung der gekauften Schlepper ansteigen.

Das ist aber nur eine Erkenntnis. Die andere Erkenntnis ist die, daß zwar der "ideale Schlepper-Bestand" nach Stück in den einzelnen Betriebsgrößenklassen über die Jahre konstant bleibt, daß dies für die Gesamtleistung jedoch nicht der Fall ist, sondern daß diese allmählich ansteigt.

Dies hat einen sachlichen Grund: Wenn ein Betrieb die Arbeitsproduktivität steigern will und muß, dann muß er mehr Motorleistung einsetzen, um die erforderlichen Arbeiten in kürzerer Zeit zu erledigen.

Es gibt aber noch eine andere rational weniger zu erklärende Ursache, die sich aus der langjährigen Entwicklung eines bekannten Schlepperprogrammes ablesen läßt.

Die HEINRICH LANZ AG hat über viele Jahre den Bulldog in 3 Grundtypen gebaut:

- den HE mit 1,8 t,
- den HN mit 2,5 t,
- den HR mit 3,5 t.

Jahr	5÷10 ha	10÷20 ha	20÷100 ha
1965	18 ÷ 21	22 ÷ 25	29 ÷ 36
1970	22 ÷ 25	40 ÷ 44	51 ÷ 59
1974	26 ÷ 29	44 ÷ 51	59 ÷ 66

Tafel 11. Durchschnittliche Motorleistung des "idealen" Schlepperbestandes in kW.

Als diese Modelle in den 30er Jahren auf den Markt kamen, hatten sie eine Motorleistung von 11 bzw. 14,5 bzw. 22 kW, Tafel 12. Im

Laufe der Zeit und im Laufe der Weiterentwicklung gelang es, immer mehr Leistung aus den Motoren herauszuholen bzw. die Grundtypen mit stärkeren Motoren zu versehen. Als diese Modelle 1960 ausliefen, hatte sich die Motorleistung, verglichen mit dem ursprünglichen Wert, verdoppelt. Heute haben Schlepper mit etwa den gleichen Massen 22 ÷ 25,5 bzw. 44 bzw. 59 kW.

Ist es Zufall, daß die Motorleistung des Volkswagens seit dem Krieg etwa im gleichen Umfang gesteigert wurde, von ursprünglich 17 kW auf jetzt 36,5 kW?

Hersteller Modell	HEINRICH LANZ AG			VW "Käfer"
	HE	HN	HR	
Schleppermasse t	1,8	2,5	3,5	
Leistung kW	11	14,5	22	17
	12,5	18,5	25,5	22
	16	23,5	33	25
	17,5	26,5	40,5	29,5
	20,5	29,5	44	32,5
Heutige Modelle kW	22 ÷ 25,5	44	59	36,5

Tafel 12. Steigerung der Leistung in verschiedenen Fahrzeugen.

Wir sind es gewohnt, die gekauften Schlepper nach ihrer Leistung zu messen und sprechen daher vom Trend zum stärkeren Schlepper.

Würden wir die Schlepper nach ihrer Masse beurteilen, so könnten wir feststellen, daß die von den landwirtschaftlichen Betrieben gekaufte Schleppermasse in etwa (nicht exakt) gleichbleibt. Damit aber sind Vorteile für Industrie und Landwirtschaft verbunden:

- Die Kosten sind weitgehend abhängig von der Masse, und dem Motor noch mehr Leistung abzuverlangen, kostet häufig nur wenig und insbesondere Gedankenschmalz. Die Schlepper werden damit, bezogen auf die Leistungseinheit, billiger.
- Griffigere Reifen, Differentialsperre, Regelhydraulik und die verstärkte Verwendung von zapfwellengetriebenen Maschinen lassen auch für den Bauern mehr Motorleistung pro Masseneinheit als optimal erscheinen.

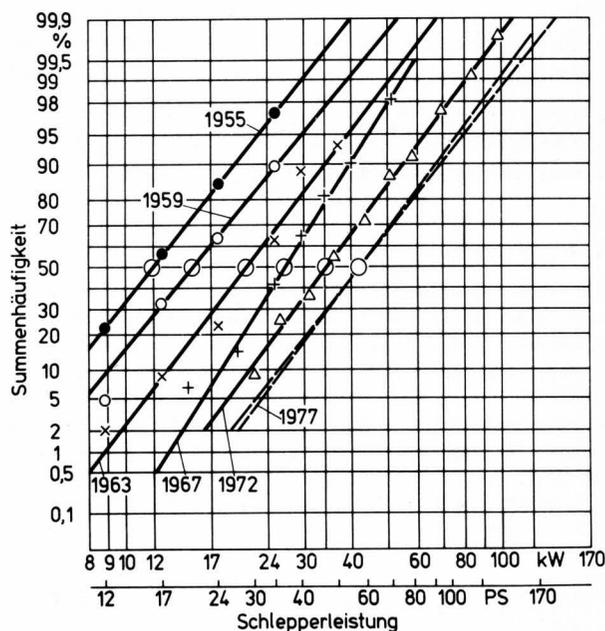


Bild 1. Verteilungskurven für die Schlepperleistung.

Der Trend zum stärkeren Schlepper läuft mit einer gewissen Gesetzmäßigkeit ab. Wie Bild 1 zeigt, läßt sich die Verteilung der Schlepperleistung im Wahrscheinlichkeitsnetz als Gerade darstellen, wenn die Achse für die Schlepperleistung logarithmisch geteilt wird. Bei der gewählten Klasseneinteilung für die Schlepperleistung ergibt sich eine besonders gute Wiedergabe der Einzelwerte durch eine Gerade für das Jahr 1955; für einige der weiteren Jahre ist die Wiedergabe weniger exakt.

Aus Bild 1 sind vor allem zwei Dinge zu entnehmen:

- Im Laufe der Jahre verschieben sich die Geraden immer weiter nach rechts. Das bedeutet: Die Schlepper werden stärker, die durchschnittliche Motorleistung – sie ist dort abzulesen, wo die Gerade die 50 %-Linie durchschneidet – steigt an, und zwar mit Werten von 1,1 bis 1,5 kW pro Jahr.
- Mit Ausnahme der Geraden für 1967 sind alle Geraden in etwa parallel. Das bedeutet: Der Mittelwert der Verteilung wandert im besagten Tempo nach rechts, die Streuung um den Mittelwert herum bleibt aber die gleiche.

Wenn wir annehmen können, daß die Entwicklung zunächst so weitergeht, ist eine Trend-Prognose relativ einfach: Auf der Basis einer Zunahme von 1,1 bis 1,5 kW pro Jahr schätzen wir die durchschnittliche Motorleistung z.B. für das Jahr 1977, ziehen die Parallele zu den bisherigen Verteilungskurven durch diesen Durchschnittswert und können dann als Schätzung jede beliebige Größenklasse ablesen und prognostizieren.

Wie jede Trend-Prognose, ob graphisch oder mit Hilfe eines Computers, basiert auch diese auf der Annahme, daß die Tendenzen und Kräfte der Vergangenheit auch in der Zukunft in etwa unverändert oder sich im gleichen Tempo ändernd auswirken werden.

#### Schrifttum

- [ 1 ] *Silvestri, R.*: Vorausschätzungen der Bestände an Ackerschleppern. Landtechnik Jg. 28 (1973) Nr. 4 S. 107/17.

## Betriebsfestigkeit abschnittsweise versteifter U-Profil-Träger bei Biege- und Verdrehbelastung

Von Gerhard Vellguth, Braunschweig\*)

Mitteilung aus dem Institut für landtechnische Grundlagenforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode

DK 539.431:629.11.011.3

Abschnittsweise Versteifungen werden an Kaltprofilen häufig angewendet. Sie dienen der Verstärkung an den Stellen, an denen konzentrierte Lasten auf die dünnwandigen Profile einwirken oder an denen hohe Nennbeanspruchungen vorliegen. Durch sie werden aber Steifigkeitssprünge und Verformungsbehinderungen verursacht, die zu ausgeprägten Spannungserhöhungen führen. Für Träger mit verschiedenen Versteifungsformen wurde durch dynamische Versuche die Betriebsfestigkeit bei Biege- und Verdrehbeanspruchung ermittelt.

### 1. Einleitung

Für die Rahmen von Nutzfahrzeugen (Lastwagen und Anhänger) und von fahrenden Arbeitsmaschinen (Baumaschinen und Landmaschinen) werden heute in erster Linie kaltverformte, aus Bandstahl gefertigte Leichtbauprofile verwendet. Diese sog. Kaltprofile haben den Vorteil, daß sie durch individuell gewählte Abmessungen den Belastungen des jeweiligen Fahrzeugs angepaßt werden können. Sie erreichen im Vergleich mit warmgewalzten Profilen die gleiche Tragfähigkeit bei geringerem Werkstoffaufwand oder eine höhere Tragfähigkeit bei gleichem Werkstoffaufwand.

Leider haben sie aber auch einen bedeutenden Nachteil: sie sind empfindlich gegen Vorverformungen und gegen Verformungen durch örtlich konzentrierte Lasten. Vorverformungen können auf dem Transport der Träger oder bei einer ungenauen Fertigung entstehen und sind somit bereits vor der Belastung durch die Betriebslasten vorhanden, während die Verformungen aus örtlich konzentrierten Lasten dann entstehen, wenn nicht zur Krafteinleitung in diese dünnwandigen Profile der gesamte Querschnitt herangezogen oder eine großflächige Lastverteilung vorgenommen wird. Die Folge der Verformungen können Beul- und Knickvorgänge sein, die zu einem plötzlichen Versagen der Konstruktionen auch weit unterhalb der rechnerischen Belastungsgrenze führen.

Um diesem Versagen vorzubeugen, werden häufig örtliche oder abschnittsweise Versteifungen angebracht. Außer zur Vermeidung von Verformungen werden abschnittsweise Versteifungen – insbesondere die längeren Varianten dieser Formen – auch dazu benutzt, bei ungleichförmigem Beanspruchungsverlauf z.B. des Biegemomentes die Abschnitte mit hohen Nennspannungen zu verstärken, ohne den Trägerquerschnitt auf der ganzen Länge zu vergrößern.

Die abschnittweisen Versteifungen haben aber nicht nur positive Auswirkungen. Durch die Einschweißung und den mehr oder weniger schroffen Übergang am Anfang und am Ende der Versteifung entstehen zusätzliche Spannungsspitzen, die zu einer Verminderung der Lebensdauer bei Schwingbeanspruchung führen können. Bei statisch beanspruchten Konstruktionen ist diese Gefahr nicht so groß, da solche Spannungsspitzen bei der ersten Belastung durch örtlich begrenztes Fließen abgebaut werden können. Bei Schwingbeanspruchungen, wie sie bei Fahrzeugen und fahrenden Maschinen insbesondere an den Rahmen auftreten, verursachen sie jedoch

\*) Dipl.-Ing. Gerhard Vellguth war wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für landtechnische Grundlagenforschung (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. Batel) der Forschungsanstalt für Landwirtschaft. Hier entstand die nachfolgende Arbeit.