Funktionsgerechtes Konstruieren im Landmaschinenbau

Von **Georg Segler**

Stellt eine Maschine in ihren Einzelvorrichtungen wie auch im ganzen funktionell eine nach dem jeweiligen Stand der Technik beste Lösung dar, so sagen wir, sie ist „funktionsgerecht" konstruiert. Das funktionsgerechte Konstruieren ist allerdings nur ein Teil der Aufgabe, die der Konstrukteur bei der Gestaltung einer Maschine übernimmt; er muss auch den Anforderungen an die Form, die Festigkeit, den Werkstoff, die Wirtschaftlichkeit und die Herstellung gerecht werden. Eine ausschlaggebende Rolle spielt dabei die Forderung auf Wirtschaftlichkeit; sie zwingt den Konstrukteur, sich hinsichtlich der funktionellen und festigkeitsmässigen Lösung Beschränkungen aufzuerlegen, um das Erzeugnis überhaupt verkaufsfähig zu machen. Es handelt sich deshalb nicht so sehr darum, den höchsten Grad von technischer Vollkommenheit zu erreichen, sondern im gegebenen wirtschaftlichen Rahmen ein brauchbares Produkt herauszubringen.

Die schöpferische Idee

Wenn daraus hervorgeht, dass eine brauchbare Neuschöpfung nicht immer mit dem technisch erreichbaren Ideal, das der Konstrukteur schaffen möchte, identisch ist, weil nämlich der Lösung aufwandmässig Grenzen gesetzt sind, dann können wir aus dieser Feststellung schon erkennen, welche Bedeutung die Analyse der Aufgabe, das heisst, die Verwendungs- und Marktanalyse für die zu schaffende Maschine hat. Auf Grund dieser Analyse kann das Thema der Konstruktionsaufgabe fixiert und der Rahmen für den zulässigen Aufwand an Herstellungs- einschliesslich Entwicklungskosten abgesteckt werden. Selbstverständlich soll damit nicht die Bedeutung von Verbesserungen hinsichtlich der festigkeitsmässigen Gestaltung und vor allem derjenigen vermindert werden, die sich durch neuartige Methoden der Massenfertigung ergeben. Dabei braucht es sich nicht um eine durchgreifende funktionelle Umgestaltung der ganzen Maschine, sondern manchmal nur um Neuerungen zu handeln, die ganz bestimmte Forderungen in einem besonders hohen Mass erfüllen, wie beispielsweise der Ersparnis von Raum oder Gewicht.

Handelt es sich darum, eine bereits auf dem Markt befindliche Maschine durch eine neue verbesserte zu ersetzen, dann lässt sich u.a. aus den vorliegenden Absatzziffern ermitteln, welcher Wert dieser Konstruktion zukommt, und ob die Notwendigkeit besteht, eine Neuerung herauszubringen. Manchmal kann es sich darum handeln, eine vorhandene Lücke auf dem Markt durch ein Erzeugnis in einer bestimmten Preislage zu schliessen. Den grösseren Antrieb erhält der Fortschritt jedoch meist dann, wenn auf Grund einer schöpferischen Idee neuartige Fuktionsmittel der Konstruktion zugrunde gelegt werden können, die zu einer Vereinfachung und Verbesserung der Maschine führen. Dies gilt vor allem im Landmaschinenbau. Erinnert sei an die Fortschritte, die neuartige Funktionsmittel hervorgerufen haben, wie beispielsweise

der einteilige Schwingschüttler gegenüber dem mehrteiligen Hordenschüttler [1],
die Schwingkolbenpresse gegenüber der Presse mit gradlinig geführtem Kolben,
das Wurfgebläse an Dreschmaschinen anstelle von Becherelevatoren,
die zugkraftarmen Hackschare an Vielfachgeräten für die Hackfruchtbestellung [2],
die neuartigen Spritzdüsen für die Schädlingsbekämpfung,
die Entwicklung zugkraftarmer Rübenrodewerkzeuge,
das geteilte Kartoffelrodeschar [3],
die Saugreinigung an Dreschmaschinen,
der Hochleistungstrieur,
die Lagerfruchtmäheinrichtungen
und viele andere mehr.

Eine besondere Schwierigkeit besteht darin, dass die Landmaschinen ausserordentlich unterschiedliche Bearbeitungs- und Verfahrensaufgaben (Funktionen) erfüllen müssen, wie die struktur- und oberflächenmässige Bearbeitung des Bodens, das Schneiden und Trennen verschiedenster Früchte – von den Erdfrüchten bis zu den Halmfrüchten – mit verschiedenen technologischen Eigenschaften hinsichtlich der Schneidfestigkeit, des Wassergehaltes, der Elastizität und der Dehnung, das Sichten und Sortieren sehr unterschiedlicher Stoffe und Körper bis zur Wärmeanwendung in einem grösseren Temperaturbereich bei der Trocknung. Hinsichtlich der Vielseitigkeit der Aufgaben hat die Arbeit des Landmaschinenkonstrukteurs viel Ähnlichkeit mit der des Verfahrenstechnikers oder des Chemieingenieurs nur mit dem Unterschied, dass die Verfahrenstechnik sich meist unter Dach abspielt, während die Landtechnik in sehr starkem Masse von den Auswirkungen der unterschiedlichen Klimabedingungen auf die Eigenschaften der Stoffe wie des Bodens und

der Pflanzen abhängt. Jedenfalls ist die Aufgabe des Landmaschinenkonstrukteurs oft abwechselungsreicher und vielgestaltiger als die des Wasserturbinenbauers oder Flugzeugbauers, die es mit weniger Medien zu tun haben. Die Schwierigkeit in der Landtechnik liegt oft darin begründet, dass es an technologischen Unterlagen fehlt, wie sie für das Konstruieren unentbehrlich sind. Da ihre Kenntnis eine wesentliche Voraussetzung auch für die Beurteilung neuer Funktionsmittel sind, kann der Erforschung dieser Unterlagen gar nicht genug Bedeutung beigemessen werden.

Umfang einer Konstruktionsaufgabe

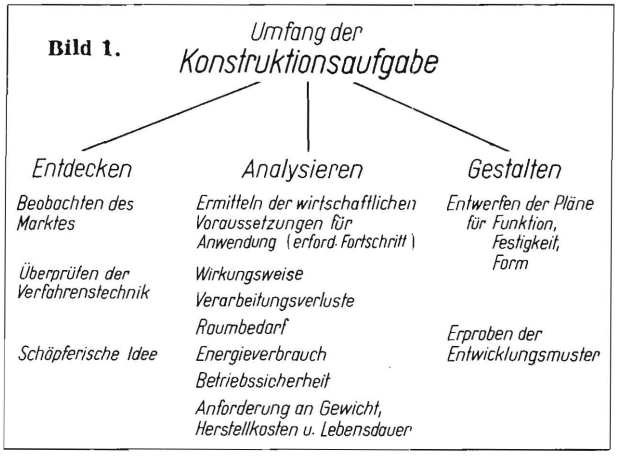
Sehen wir uns einmal den Vorgang und den Weg der Lösung für eine vorhandene Aufgabe der konstruktiven Neuschöpfung oder der Komposition [4], wie sie auch gelegentlich genannt wird, an. Wir können drei Phasen unterscheiden: 1. Das Entdecken der Aufgabe, 2. ihre Analyse und 3. das Gestalten, **Bild 1.** Betrachten wir die einzelnen Phasen etwas genauer, dann finden wir in dem „Entdecken der Aufgabe" die Tätigkeit der marktwirtschaftlichen Beobachtung mit der Kontrolle des Wettbewerbs und schließlich die Bedeutung der schöpferischen Idee für die Auslösung einer neuen Komposition.

In der zweiten Phase, beim Analysieren der Aufgabe, gilt es, sich darüber klar zu werden, welche Stufe des Fortschrittes mit der neuen Lösung erreicht werden soll, ob diese von kurzer Dauer oder für beispielsweise 20 Jahre anzustreben ist, wie man es von einer guten Konstruktion erwarten möchte. Hierher gehören auch Sonderanforderungen, wie sie weiter oben schon genannt sind, die sich auf das Gewicht, den Raumbedarf, die Wirkungsweise, die Verluste, den Energiebedarf, die Betriebssicherheit, Betriebskosten und Lebensdauer beziehen.

In der dritten Phase, dem Gestalten, finden wir nun das funktionsgerechte Konstruieren als eine wesentliche Teilaufgabe des Ganzen. Wir erkennen aus dieser Einordnung, dass diese Aufgabe nicht über-, aber auch nicht unterschätzt werden darf. Es ist durchaus möglich, eine fortschrittliche Konstruktion unter Anwendung neuer Werkstoffe, fortschrittlicher Formgebungen und Verarbeitungen, sowie neuartiger Produktionsmethoden zu schaffen, ohne die Arbeitsweise der Maschine wesentlich zu ändern. Im Landmaschinenbau hat aber überwiegend die Anwendung neuer Verfahren und neuer Funktionsmittel den Fortschritt gebracht. Es mag hier nur an das etwa 30 Jahre zurückliegende Beispiel der Vereinfachung unserer stationären Dreschmaschinen durch die Verminderung der Wellenzahl von 12 Stück auf 5 bei mittleren Modellen und auf 2 bis 3 Wellen bei kleineren Typen erinnert werden. Dieser Fortschritt ergab sich allein durch Anwendung neuer Funktionsmittel.

Was ist nun funktionsgerechtes Konstruieren? Eine Voraussetzung ist zunächst die Kenntnis der physikalischen und mechanischen Gesetze, die sich auf die Bewegungsbahnen, die Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und Kräfte beziehen und deren Beachtung überhaupt erst ermöglicht, die Wirkung einer bestimmten Vorrichtung, beispielsweise eines Schüttlers in einer Dreschmaschine, funktionsmässig zu beurteilen und die dafür geeignete Konstruktion zu schaffen. Ein Konstrukteur, der nur aus der Erfahrung schöpft, wird, wenn wir beim Beispiel des Schüttlers bleiben, diesen nur als einen angetriebenen schwingenden Körper ansehen, der für eine

Bild 1.



bestimmte Verarbeitungsmenge eine bestimmte Länge haben muss, und der auf Grund der vorhandenen Erfahrungen für eine vorgesehene Aufhängung eine bestimmte Frequenz und Amplitude aufweist. Diese Werte, die bei richtiger Abstimmung aufeinander durchaus verändert werden können, wie es sich beispielsweise aus den Gesetzmässigkeiten für den Schwingschüttler [5] ergibt, wird ein reiner Erfahrungskonstrukteur sich selten zu ändern getrauen. Oft kann aber gerade die Möglichkeit, die Drehzahl zu ändern und dadurch vielleicht einen gemeinschaftlichen Antrieb für mehrere Vorrichtungen zu schaffen, zu wesentlichen Ersparnissen führen. Deshalb ist es so wichtig, die technologischen Gesetzmässigkeiten bestimmter Vorrichtungen zu kennen. Das gilt für viele landtechnische Vorrichtungen, wie beispielsweise für Schneidvorrichtungen, Tast- und Köpfeinrichtungen zur Rübenernte, für Wurfgebläse, pneumatische Fördergebläse, Greiferwerkzeuge und andere mehr. Hinzu kommt die Beachtung bestimmter Gesetzmässigkeiten, wie sie auch für andere Zweige des Maschinenbaues wichtig sind, z.B. des Kontinuitätsgesetzes oder der Gesetze für die Beurteilung von Strömungszuständen. Je mehr grundlegende Kenntnisse dem Konstrukteur zur Verfügung stehen, um so kürzer kann der Weg vom Reissbrett zur ausgeführten Maschine sein und um so mehr lassen sich die praktischen Experimente einschränken, die meist kostspieliger sind als die Denk- und Zeichenarbeit am Reissbrett.

Entwurfskontrolle nach bestimmten Plänen

Wir können uns in gewissem Masse zum funktionsgerechten Konstrukteur erziehen, wenn wir systematisch bestimmte Pläne für einen Maschinenentwurf ausarbeiten, die die Übersicht erleichtern und uns dazu zwingen, nicht nur den Gesamtentwurf im Auge zu behalten, sondern diesen auch nach verschiedenen Richtungen zu kontrollieren. Es sind dies folgende Pläne:

Geschwindigkeitsplan,
Durchflussplan,
Kräfteplan,
Energieplan,
Funktionsplan und
Wirkungsplan (Verluste).

Die Aufstellung all dieser Pläne ist nur möglich, wenn wir bestimmte Vorstellungen von der Funktion der einzelnen Arbeitsvorrichtungen innerhalb einer Maschine haben; dies soll an verschiedenen Beispielen erläutert werden.

Nehmen wir zunächst einen Feldhäcksler, eine Maschine, die dazu dient, Halmfutter zu mähen, aufzunehmen, zu zerkleinern und in einen angehängten Wagen zu fördern. Bei dieser Maschine spielt der Fördervorgang eine wesentliche Rolle neben dem Mäh- und Häckselvorgang. Es kommt hier darauf an, die Förderung des Halmgutes störungsfrei zu gestalten, das bedeutet, die Fördergeschwindigkeit und die erforderlichen Durchflußquerschnitte richtig zu bemessen, **Bild 2**. Hieraus ergibt sich die

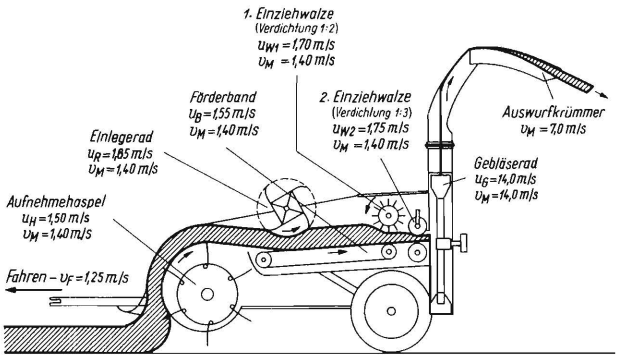


Bild 2. Geschwindigkeitsplan für einen Feldhäcksler mit Aufsammelvorrichtung, aufgestellt nach dem Kontinuitätsgesetz.
v_F Fahrgeschwindigkeit
v_M Durchlaufgeschwindigkeit des Mähgutes
u Umfangsgeschwindigkeit

Aufgabe, einen Geschwindigkeitsplan für die Fördermittel festzulegen und dabei den Schlupf, d.h. den Geschwindigkeitsunterschied, der sich aus der für jedes Fördermittel charakteristischen Mitnehmerwirkung ergibt, zu berücksichtigen. Eine in dieser Beziehung richtig dimensionierte Maschine wird schneller für die Praxis ausgereift sein als eine nicht durchflussgerecht ausgelegte [6, 7].

Bei motorisch betriebenen Maschinen gibt die Energiebilanz, wie am Beispiel eines Feld-

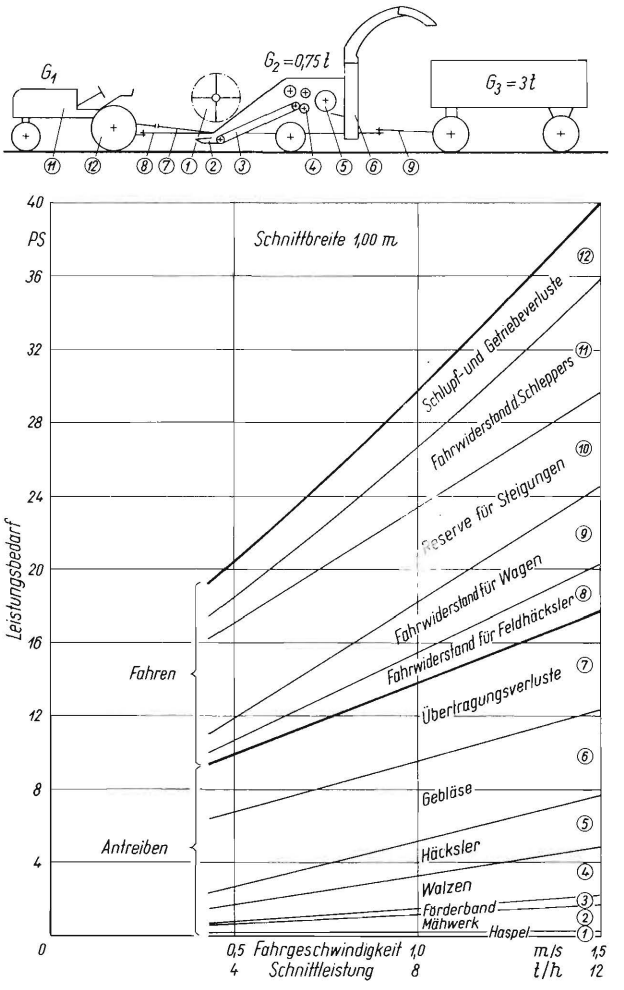


Bild 3. Energiebilanz eines Feldhäckslers mit 1,0 m Schnittbreite für eine Verarbeitung von Luzerne mit einem Ertrag von 220 dz Grüngut je Hektar bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten.

häckslers, **Bild 3**, gezeigt wird, Aufschluss über den Energiebedarf, die auftretenden Kräfte und einige Fragen der Regelung. Dieses Diagramm kann auch, wenn im besonderen Fall keine Messergebnisse vorliegen, mit Hilfe von in der Literatur vorhandenen Einzelergebnissen mit ziemlich guter Annäherung richtig vorausbestimmt werden, wie es auch im vorliegenden Fall geschehen ist. Die Bilanz ist aufgetragen über der Fahrgeschwindigkeit und gibt die einzelnen Werte für die erforderliche Drehleistung, sowie die Zugleistung bei verschiedener Fahrgeschwindigkeit und der sich daraus ergebenden Gesamtleistung bei der Verarbeitung von Luzerne mit einem Bestand von 220 dz/ha wieder. Wesentlich ist hierbei das Ergebnis, in welch hohem Masse der Energiebedarf mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit anwächst. Dieses Diagramm zeigt damit auch gleichzeitig die Schwierigkeiten in der Beurteilung des Kraftbedarfes von Feldhäckslern auf. Da wir heute noch keinen Schlepper mit stufenlos geregelter Fahrgeschwindigkeit haben und deshalb auf ganz bestimmte vorhandene Geschwindigkeitsgänge angewiesen sind, ergibt sich für einen vorhandenen Feldhäcksler der Zwang, mit diesen

vorgegebenen Geschwindigkeiten zu fahren und den entsprechenden Energiebedarf in Kauf zu nehmen. Dieser Zusammenhang ist bisher bei Feldhäckslern offensichtlich verkannt worden. Damit hängt auch die unterschiedliche Beurteilung des Feldhäckslers in der Praxis zusammen. In diesem Fall ist die Regelung für die Beaufschlagung der Maschine durch entsprechende Abstufung der Fahrgeschwindigkeit oder durch andere Mittel voraussichtlich der alleinige Weg, der die für die Ausbreitung des Feldhäckslers vorhandenen Schwierigkeiten löst.

Die Aufstellung anderer Pläne, wie beispielsweise eines Wirkungs- und Verlustplanes kann ebenso aufschlussreich sein, wie wir später noch sehen werden. Es soll aber zunächst an Beispielen gezeigt werden, welche Bedeutung der richtigen Wahl der Funktionen einzelner Vorrichtungen zukommt. Zu diesem Zweck sind verschiedene für die Landtechnik typische Probleme als Beispiele herausgegriffen worden, an denen die Unterschiede in Funktion und Wirkung erläutert werden sollen.

Beispiel der Bodenbearbeitung

Eine der Aufgaben, die Landmaschinenkonstrukteuren seit der Einführung des Dampfpfluges vorschwebt, ist die, den gezogenen Pflug durch ein rotierendes Bodenbearbeitungswerkzeug zu ersetzen. Von vielen interessanten Lösungen, die in den vergangenen Jahrzehnten entwickelt worden sind, hat sich bis auf die Bodenfräse kaum eine in der Praxis

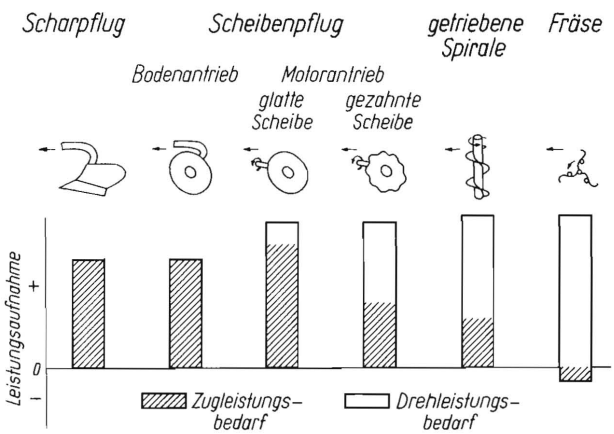


Bild 4. Zug- und Drehleistungsverbrauch verschiedenartig wirkender Bodenbearbeitungswerkzeuge. (Gemessene und geschätzte Werte)

durchsetzen können. Wir finden neben dem gezogenen Pflugkörper und dem sich frei drehenden Scheibenschar das angetriebene Scheibenschar [8], die Bohrspirale und die um eine waagerechte Welle rotierende Bodenfräse, **Bild 4**, um nur einige zu nennen. Hier liegt die Aufgabe vor, die Arbeitsleistung, die sehr verlustreich über die Bodenantriebsräder des Schleppers als Zugkraftleistung übertragen wird, durch Drehmomentleistung, wie sie über die Zapfwelle eingeleitet wird, zu ersetzen und damit gleichzeitig das Bodenbearbeitungswerkzeug mit motorischem Antrieb auch auf solchen schwierigen Böden einzusetzen, die bisher dem gezogenen Schlepperpflug nur beschränkt zugänglich sind. Die Wirkungsweise, d.h. die Funktion dieser Werkzeuge, ist ausserordentlich unterschiedlich. Eine Beurteilung der mechanischen Vorgänge ist erst möglich geworden durch die Erkenntnisse des Amerikaners *Nichols* [9, 10], der uns eine Erklärung für die Pflugarbeit gegeben hat. In neueren Untersuchungen an Scheibenpflügen mit und ohne Antrieb wurde deren Energieaufwand festgestellt, so dass wir heute ihre Anwendungsmöglichkeit am Schlepper besser beurteilen können. Aber erst neuere Untersuchungen von *Söhne* [11] geben Aufschluss über den Nutzungsgrad des gezogenen Pflugschares und lassen im Zusammenhang mit den Untersuchungen von *Nichols* erkennen, welche Grundsätze bei der Schaffung eines rotierenden Bodenbearbeitungswerkzeuges mit möglichst geringem Leistungsverbrauch zu beachten sind.

Beispiel der Mähmaschine

Welche Vielfalt an Lösungsmöglichkeiten dem Ingenieur für eine bestimmte Aufgabe manchmal zur Verfügung steht, und welche zahlreichen Ausführungen oft schon auf Brauchbarkeit untersucht sind, mag das Beispiel der Mähwerkzeuge in **Bild 5** zeigen, das wir der Zeitschrift *‚Farm Mechanization'* [12] entnommen haben. Praktisch ist von diesen ganzen Werkzeugen heute nur noch ein kleiner Teil in Anwendung, im wesentlichen das Mähwerk, wie wir es am Grasmäher und Schlepper kennen, der Rasenmäher mit umlaufender Trommel und die rotierende waagerechte Mähscheibe für besondere Mähverhältnisse. In diesem Fall zeigt sich, dass die Frage der Funktion sehr stark der Frage der Betriebssicherheit untergeordnet ist. Bei Mähwerken spielt z.Z. die Frage des Werkstoffes und damit der Schneidhaltigkeit, d.h. des Verschleisses eine überragende Rolle gegenüber der funktionellen Weitergestaltung. Deshalb galten in der letzten Zeit alle Bemühungen in erster Linie einer Verbesserung der werkstoffgerechten Ausführung des Mähwerkes. Dieses Beispiel zeigt, dass es durchaus richtig sein kann, der Wahl neuer, weniger erprobter Funktionsmittel aus dem Wege zu gehen und beim alten zu bleiben, wenn eine kluge Beschränkung schneller zum Ziel führt.

Beispiel des maschinellen Dreschens

Es hat zu keiner Zeit in der Geschichte der Landtechnik an Versuchen gefehlt, die Wirkung von Dreschwerkzeugen zu verbessern. Gleichzeitig wurde damit oft der Weg verfolgt, der Drescheinrichtung die Aufgabe des Körnerabscheidens zu übertragen, um die Schüttler einzusparen. Erst in den letzten Jahren hat dieses Bestreben zum Erfolg geführt, wobei durchaus nicht mit der gefundenen Lösung

Handgeräte	Schneidwerke mit geradliniger Bewegung					
	Schneidenanordnung					
	stehend	umlaufend	hin- und hergehend			
		1847	1807	1835	1852	1852
	1826	1851	1822	1850	1852	1852
	1844		1826	1852	1852	1852
1800	1851		1831	1852	1852	1852
1851			1833	1852	1852	1852
			1834	1852	1852	

Schneidwerke mit rotierender Bewegung						
Schneidenanordnung						
feststehend						beweglich
1786	1811	1820	1846	1851	1852	1839
1799	1811	1822	1849	1851		1851
1799	1811	1830	1849	1852		
1805	1814	1835	1851	1852		
1805	1815	1840	1851	1852		
1807	1815	1841	1851	1852		

Bild 5. Fülle der konstruktiven Lösungen der vor 100 Jahren entwickelten Mähwerke.

auch die Frage der Wirtschaftlichkeit eindeutig zugunsten der neuen Konstruktion gelöst war. Es sind nach **Bild 6** neben den vielen anderen abweichenden Konstruktionen stehende Trommeln, Überkehrtrommeln mit besonderem Abwurfverfahren, Doppel- und Dreifachtrommeln sowie neuerdings in England Dreschbänder mit besonderer Bandführung [13] verwandt worden. Bei mehreren Bauarten soll der Schüttler ganz erspart werden. Die meisten Lösungen können wir auf ein radiales Arbeitsprinzip zurückführen. Das, was wir aus diesen vorhandenen Lösungen zunächst einmal erkennen, ist die Tatsache, dass die Lage des Dreschkorbes, also des feststehenden Werkzeuges für die Arbeit des Tren-

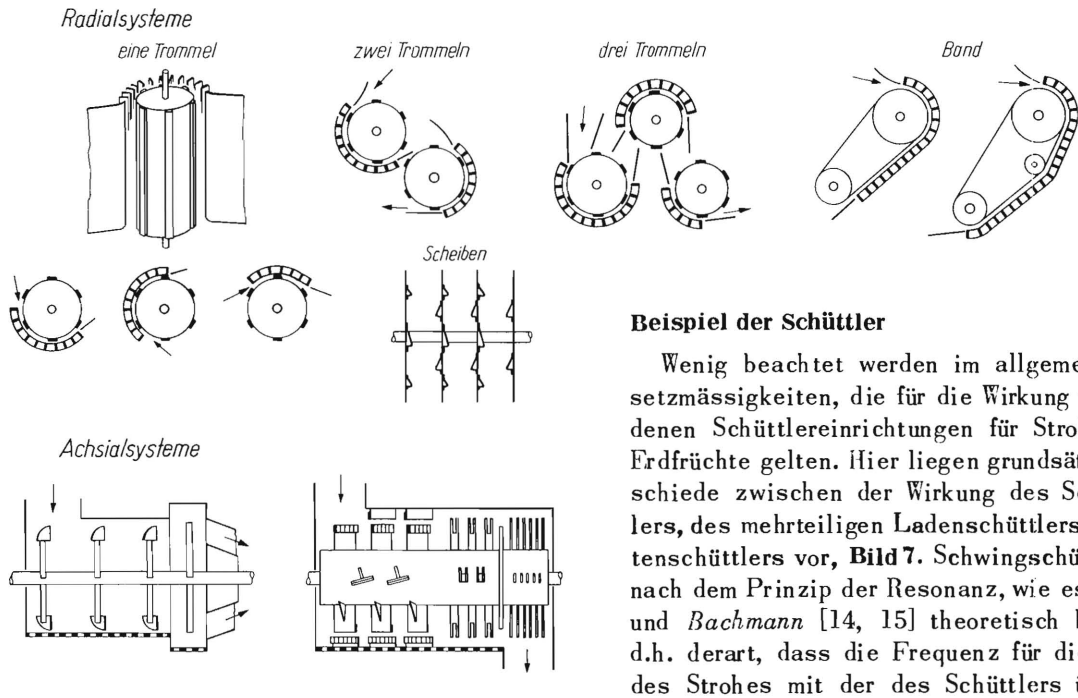


Bild 6. Bauarten von Dreschwerkzeugen.

nens von Korn und Stroh praktisch keine Rolle spielt, wenn die Voraussetzung der tangentialen Zuführung erfüllt ist. Man kann dann eine Trommel an die andere anschliessen und die zusätzlichen Trommeln gewissermassen als Zentrifugen zum Abscheiden der Körner benutzen. Die grosse Länge des Korbes beim Banddrescher in Form eines geraden Rostes wirkt sich günstig auf den Abscheideprozess aus. Ausschlaggebend für die Wahl einer bestimmten Drescheinrichtung ist meist die Einordnung in einen gegebenen Raum. Soll durch eine Vergrösserung der Drescheinrichtung ein besonderer Strohschüttler erspart werden, dann ist die Frage des Verhältnisses von Nutzen zum Aufwand entscheidend. Diese Überlegung wird zukünftig insbesondere im Mähdrescherbau noch eine Rolle spielen.

Beispiel der Schüttler

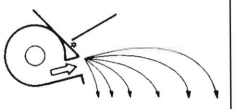
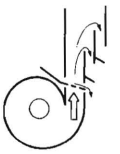
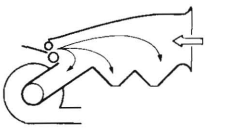
Wenig beachtet werden im allgemeinen die Gesetzmässigkeiten, die für die Wirkung von verschiedenen Schüttlereinrichtungen für Stroh, Halm- und Erdfrüchte gelten. Hier liegen grundsätzliche Unterschiede zwischen der Wirkung des Schwingschüttlers, des mehrteiligen Ladenschüttlers und Siebkettenschüttlers vor, **Bild 7.** Schwingschüttler arbeiten nach dem Prinzip der Resonanz, wie es *Petersen* [1] und *Bachmann* [14, 15] theoretisch belegt haben, d.h. derart, dass die Frequenz für die Schwingung des Strohes mit der des Schüttlers übereinstimmt oder ein Mehrfaches derselben ausmacht. Dabei ergibt sich übereinstimmend mit den Erfahrungen der Praxis die beste Schüttlerwirkung. Die Wirkung des Schwingschüttlers oder Siebes ist rechnerisch erfassbar.

Beim mehrteiligen Ladenschüttler liegt neben der Wurfwirkung teilweise eine andere Wirkung zugrunde, nämlich die Schubwirkung, mit der das Stroh jeweils von den im Eingriff befindlichen Schüttlern vorgeschoben wird. Für den Häckseldrusch ergibt sich aus diesen teilweise unterschiedlichen Wirkungen zwischen Schwing- und Ladenschüttler auch eine Erklärung für die Tatsache, dass gehäckseltes Stroh nicht mit dem mehrteiligen Ladenschüttler, sondern nur mit dem Schwingschüttler verarbeitet werden kann.

Beim Bandschüttler, wie er früher bei einfachen Dreschmaschinen üblich war, oder beim Siebketten-

System	Schwingschüttler	Wurfschüttler	Mehrteiliger Ladenschüttler mit 2 Kurbelwellen	Mehrteiliger Ladenschüttler mit 1 Kurbeltrieb und einfacher Anlenkung	Mehrteiliger Ladenschüttler mit 1 Kurbeltrieb und zweifacher Anlenkung	Bandschüttler
Triebwerk	1 Kurbel und 2 Lenkerpaare	1 Kurbel und 2 kurzarmige Lenkerpaare	1 Triebkurbel und 1 Lenkerkurbel	1 Kurbel und 1 Lenkerpaar	1 Kurbel und 2 Lenkerpaare	1 Antriebswalze 1 Laufwalze 1 Nockenpaar
Arbeitsprinzip	Wurf mit Resonanz	Wurf mit Resonanz	Wurf mit Resonanz	Wurf und Schub mit örtlich begrenzter Resonanz	Wurf u. bedingter Schub (kein Häcksel) mit örtlich begrenzter Resonanz	örtlich begrenzter Wurf
Gesetzmäßigkeit	$h \cdot n^2 = 3040$	$h \cdot n^2 = C_1$	$h \cdot n^2 = C_2$	für Resonanz: $h \cdot n^2 = C_3$ für Schub: $b \geq g \cdot \mu$		$n > 30\sqrt{\frac{\cos\alpha}{r}}$

Bild 7. Gesetzmässigkeiten für die Funktion verschiedener Schüttlerbauarten.
h = Hub des Schüttlers in senkrechter Richtung
n = Drehzahl der Schüttlerhubwelle

Wirkungsprinzip		 Waagerechter Wind	 Senkrechter Wind	Werfen	 Werfen mit Gegenwind
Gesetzmäßigkeit *)		$W=f(v_r, v_r^2)$			$W=f(v_r^2)$
Anfangsgeschwindigkeit des Materials	$\frac{m}{s}$	~0,5	~0,5	~8,0	~8,0
Luft-Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	7,0	7,0	0	15,0
Relativ-Geschwindigkeit	$\frac{m}{s}$	≦ 7,0	≦ 7,0	≦ 8,0	≦ 23,0
Baubreite je stündl. Saatgutmenge	$\frac{m}{t/h}$	0,33	0,4	0,05	0,05
Windkanalbreite	m	0,16	0,80	—	0,24
Luftbedarf je Tonne Saatgut	$\frac{m^3}{t}$	1330	806	—	646

*) W = Luftwiderstand, v_r = relative Windgeschwindigkeit

Bild 8. Funktionelle Unterschiede verschiedener Vorrichtungen zum Sortieren und Trennen von Körnern nach Luftwiderstand.

schüttler von Kartoffelrodern haben wir es mit einer zweifachen Wirkung zu tun. Das Gut, das feiner ist, als es der Maschenweite entspricht, fällt durch die Maschine hindurch. Diese Trennung kann durch Fliehkraftwirkung mittels Exzenternocken unterstützt werden, wobei sich bestimmte zahlenmässige Gesetzmässigkeiten für die Umfangsgeschwindigkeiten und den Halbmesser der Nocken ergeben.

Beispiel der Windsichtung

Sehr unterschiedlich sind die Funktionen verschiedener Windsortiersysteme, **Bild 8,** wie sie zur gütemässigen Trennung bei der Saatgutbereitung verwendet werden. Wir haben es im wesentlichen mit folgenden Abwandlungen zu tun:

Waagerechter Windstrom,
senkrecht gerichteter Windstrom,
Wurf und
Wurf mit Gegenwind.

Die Wirkung dieser Reinigungen beruht im wesentlichen auf dem unterschiedlichen Luftwiderstand der einzelnen Körner [16]. Bei der letztgenannten Ausführung der Wurfreinigung [17] mit Gegenwind treten besonders hohe Relativgeschwindigkeiten von Luft gegen Korn auf. Ob sich hierdurch zusätzliche Effekte hinsichtlich des Luftwiderstandes der Gutteile erreichen lassen, die eine besonders gute Trennung ergeben, ist bisher noch nicht überprüft worden. Je nach Funktion der geschilderten Vorrichtungen ist eine bestimmte Belastbarkeit des Windquerschnittes zulässig, aus der sich näheres über die Grössenbemessung der Reinigungsvorrichtungen und damit hinsichtlich ihrer Wahl für bestimmte Aufgaben sagen lässt. Im vorstehenden Fall zeigt sich, dass besonders im Steigsichter eine grössere Belastung des Querschnittes möglich ist und dass eine weitere Steigerung allerdings erst durch eine Erhöhung der Zuführgeschwindigkeit bei der Wurfsortierung erreicht wird.

Unklarheiten hinsichtlich der Funktion bestehen heute immer noch über Druck- und Saugwindreinigungen, **Bild 9.** Im Prinzip beruht die Reinigung in beiden Fällen auf der gleichen Wirkung der Luftkräfte. Unterschiedliche Ergebnisse können lediglich als Folge der Bemessung und Auslegung der Gebläseeinrichtungen entstehen. Zunächst hat die Saugreinigung gegenüber der Druckreinigung den Vorteil, dass die Strömung im Saugkanal wesentlich gleichmässiger sein kann, da die Luft dem Gebläse ungestört zufliesst, wenn nicht besondere Hindernisse vor dem Saugkanal vorhanden sind. Beim Druckgebläse wird das Geschwindigkeitsprofil im Ausblasstutzen sehr stark von der Form und Ausbildung des Gebläses beeinflusst. Es kann erst mit Hilfe

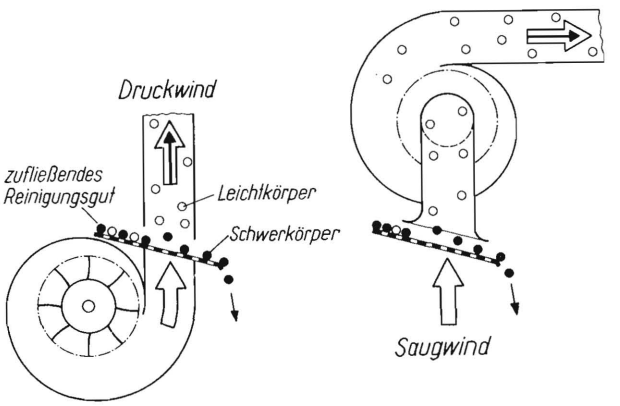


Bild 9. Gleiche Funktion bei unterschiedlichen Gegebenheiten für die Herbeiführung einer gleichmässigen Luftströmung bei Druck- und Saugreinigungen.

eines zusätzlichen Gleichrichters oder einer besonders langen Beruhigungsstrecke ausgeglichen werden. Dagegen tritt beim Sauggebläse meist der Nachteil auf, dass durch Veränderungen in der Druckrohrleitung die Saugwirkung beeinflusst wird. Längenänderungen an der angeschlossenen Druckleitung können bei ungünstig bemessenem Gebläse zu einer besonders starken Verminderung der Windleistung führen, **Bild 10** links. Es hilft erst die Entwicklung eines Gebläses mit einer steilen P,V-Kurve, Bild 10 rechts, d.h. mit einem Verhalten, bei dem die Luftmenge V sich wenig ändert (Strecke BC in Bild 10),

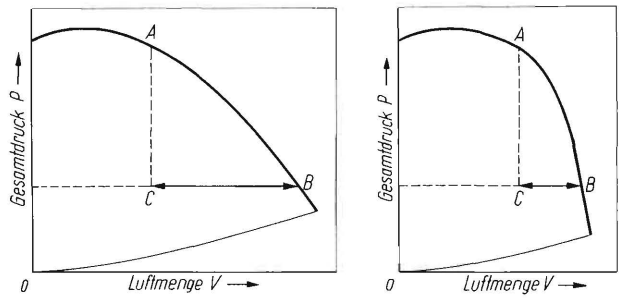


Bild 10. Das Regelproblem bei Gebläsen für Saugreinigungen.
links: flacher Druckverlauf
rechts: steiler Druckverlauf

selbst wenn die Widerstände in der Druckleitung (A-B) schwanken. Das, was hier hinsichtlich der steilen Druckkurve gesagt wird, gilt ebenso für die Bemessung von Gebläsen zur Förderung von Getreide [18]. Auch bei solchen Gebläsen soll die Windgeschwindigkeit möglichst gleichmässig bleiben, d.h. bei kurzen Rohrleitungen mit vermindertem Widerstand nicht allzu sehr anwachsen, um Kornbeschädigungen durch zu hohe Windgeschwindigkeiten zu vermeiden. Aus diesem Beispiel ist zu erkennen, dass eine genaue Kenntnis der Funktionen notwendig ist, um zu einwandfreien Lösungen zu kommen.

Beispiel der Dreschguteinleger

Mit einem besonders aktuellen Problem haben wir es bei der Frage der Ausbildung von Einlegern für stationäre Dreschmaschinen zu tun. Wir wissen, dass die Güte des Ausdrusches und die Höhe der Verarbeitungsleistung in starkem Masse davon beeinflusst wird, mit welcher Gleichmässigkeit die Drescheinrichtung beschickt wird. Der Idealzustand wäre ein vollkommen gleichmässiger Zufluss, wie er angeblich beim Mähdrescher vorhanden ist, in der Praxis jedoch nur selten erreicht werden kann. Daraus ergibt sich die Aufgabe für den Dreschmaschineneinleger, eine Garbe so aufzulösen, dass sie möglichst gleichmässig der Dreschmaschine zugeführt wird. Nur bei derartiger Zuführung ist eine volle Ausnutzung und damit der beste Ausdrusch gegeben. Dabei kommt noch hinzu, dass diese Aufgabe umso schwieriger zu lösen ist, je länger die Zeit ist, auf die sich die Auflösung einer Garbe ausdehnen muss, **Bild 11**. Es ist beispielsweise schwieriger, eine gut funktionierende Einlegevorrichtung zu schaffen, die eine Garbe in 12 Sekunden statt in der kürzeren Zeit von 6 Sekunden auflösen soll. Das bedeutet, dass die Aussichten, rationell arbeitende Kleindreschmaschinen mit gleichmässiger Beschickung und Ein-Mann-Bedienung zu entwickeln, schlechter sind als für mittlere und grössere Maschinen. Die neuen Wege, die hier zur Verfügung stehen, sind die eines nach dem Schälprinzip arbeitenden Einlegers, wie er vor zwei Jahren entwickelt [19] und erfolgreich in die Praxis eingeführt worden ist, oder der völlig andere Weg über die Auflösung der Garben durch Häckseln [20]. Voraussetzung für eine entsprechend gute Wirkung ist aber auch hierbei, das gehäckselte Gut in gleichmässig verteiltem Zustand der Drescheinrichtung zuzuführen.

Beispiel der Getreidesortierung

Bei Geschwindigkeitsvorgängen in der Maschine wird häufig übersehen, dass nicht die Drehzahl oder die Umfangsgeschwindigkeit das Kriterium ist, sondern es auch die Fliehkraftbeschleunigung sein kann [21], wie beispielsweise bei Zylindersieben, Sortierzylindern und Trieuren. Diese Einrichtungen sind bekanntlich in ihrer Umlaufgeschwindigkeit dadurch begrenzt, dass bei zu hohen Geschwindigkeiten das im Innern befindliche Gut zu stark mitgenommen und die ganze innere Mantelfläche bedeckt wird, so dass keine Wirkung mehr zustande

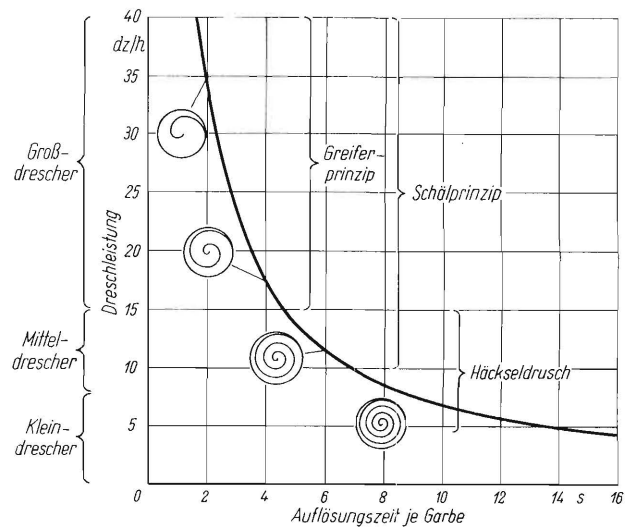


Bild 11. Das unterschiedliche Aufgeben des Garbenauflösens bei Dreschmaschinen kleiner und grosser Leistung.

kommen kann. Soll dagegen ein laufendes Abwälzen des Gutes innerhalb der Sortiereinrichtung stattfinden, dann darf die Fliehkraftbeschleunigung ein bestimmtes Mass nicht überschreiten, auf keinen Fall grösser als die Erdbeschleunigung sein. Wir können daraus folgern, **Bild 12**, dass die Bemessung der Drehzahl bei den verschiedenen Durchmessern

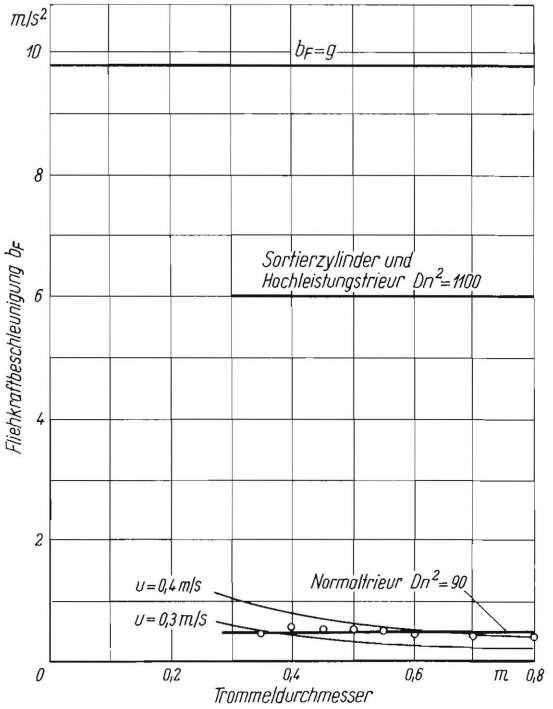


Bild 12. Drehzahl von zylindrischen Arbeitswerkzeugen (Siebe und Trieure) muss mit Rücksicht auf die auftretende Fliehkraftbeschleunigung kleiner sein.

von zylindrischen Arbeitswerkzeugen nach der Fliehkraftbeschleunigung u^2/r zu bemessen ist und nicht nach der Umfangsgeschwindigkeit, wie in der Praxis oft üblich.

Beispiel des Schlepperradantriebes

In neuerer Zeit sind Pläne aufgetreten, die Energie vom Schleppermotor auf die Bodenantriebsräder nicht mehr mit Hilfe von Zahnrädern, sondern mit anderen Mitteln, wie beispielsweise der Elektrizität oder der Hydraulik [22, 23] zu übertragen. So gibt es mehrere Erfindungen, die sich mit der Ausbildung vor allem der hydraulischen Kraftübertragung, und zwar vorzugsweise der hydrostatischen, weniger der hydrodynamischen befassen, **Bild 13**. In England ist gerade in diesen Wochen ein Schlepper mit hydrostatischem Antrieb fertig geworden, wie er als Erfindung übrigens schon 1911 aufgetaucht ist. Die Wirkungsweise dieser Einrichtung ist in Bild 13 dargestellt.

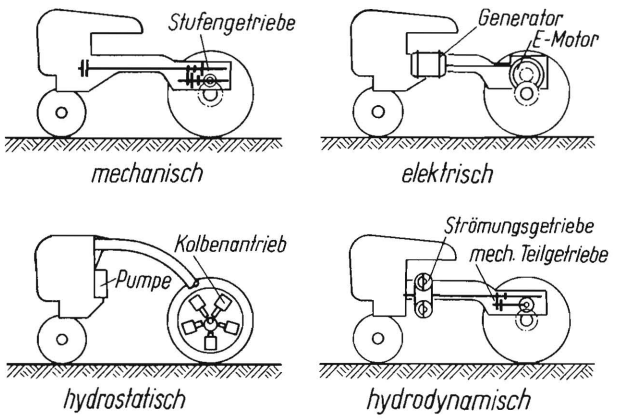


Bild 13. Möglichkeiten der Kraftübertragung vom Schleppermotor auf die Triebräder.

Es ist hier nicht der Platz, die Vor- und Nachteile der einzelnen Bauarten zu diskutieren. Trotzdem mag die Frage gestellt werden, ob der Vorteil der stufenlosen Regelung des Vorwärtstriebes und gewisser baulicher Vereinfachungen nicht zunichte gemacht wird durch einen schlechten Wirkungsgrad und eine gewisse Betriebsunsicherheit, worüber wir kein Urteil fällen können, solange keine Erfahrungen bekannt sind. Der hydrodynamische Antrieb mit Hilfe von *Föttinger*-Getrieben ist bisher nur bei grösseren Schleppereinheiten in Amerika verwirklicht worden, bei denen ein grösserer Energieverlust in Kauf genommen werden kann.

Fördertechnische Beispiele

Es wurde versucht, an verschiedenen Beispielen zu zeigen, wie funktionelles Denken nicht nur Klarheit in die Wirkungsweise bringt, sondern uns allein erst ermöglicht, eine Auswahl zwischen verschiedenen Funktionsarten zu finden, die dann zu einer brauchbaren Lösung führt. Gerade Fehlgriffe in dieser Beziehung können dem Fortschritt sehr schaden.

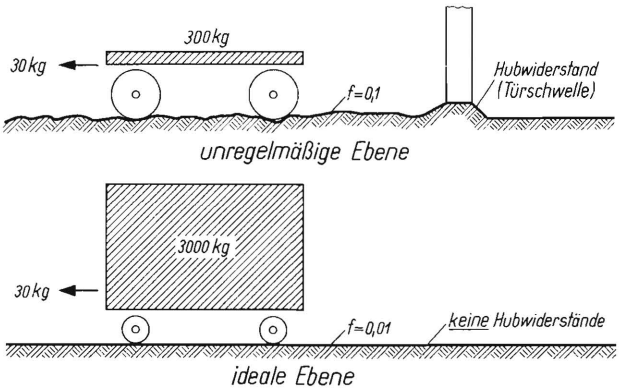


Bild 14. Erhöhung der Transportleistung durch Schaffung fester, ebener Fahrbahnen.

Ausserdem hat funktionelles Denken und die damit verbundene Beschäftigung mit theoretischen Erwägungen den Vorteil, neue Wege der Entwicklung zu eröffnen.

Es hat sich beispielsweise in der Landtechnik, die zu einem grossen Teil fördertechnische Aufgaben darbietet, kaum die Erkenntnis durchgesetzt, welche Vorteile sich ergeben, wenn der Hubwiderstand beseitigt und der Rollwiderstand der Fahrbahn durch ebene Gestaltung und durch Schaffung einer festen Bahn auf einen Bruchteil vermindert werden kann gegenüber dem auf einer schlechten Fahroberfläche. In der Industrie hat diese Erkenntnis in den letzten beiden Jahrzehnten zur Anwendung ebener Zementbahnen innerhalb des Fabrikgeländes unter Ausschaltung von Erhebungen, wie Schwellen, geführt, so dass keine Hubleistungen zu

überwinden sind und damit die Anwendung von Handhubkarren ohne Motorantrieb ermöglicht werden, mit denen von Hand Lasten bis zu 3t gegenüber von nur 300 kg auf unebenen Böden befördert werden können, **Bild 14.** Derartige Hubkarren erfordern keine Luftgummibereifung mit grossem Durchmesser, sondern nur kleine vollgummibereifte Räder. Hier liegt ein grosses Neuland für Transportverbesserungen in der Landwirtschaft offen, das bisher noch nicht genügend erschlossen ist.

Neuere Erkenntnisse vermochten es, die Zusammenhänge zu klären, die sich bei der Anströmung einer Schüttgutsäule beispielsweise von lagerndem Getreide durch Luft, **Bild 15,** ergeben. Wird ein Luftstrom durch eine in einem Rohr befindliche

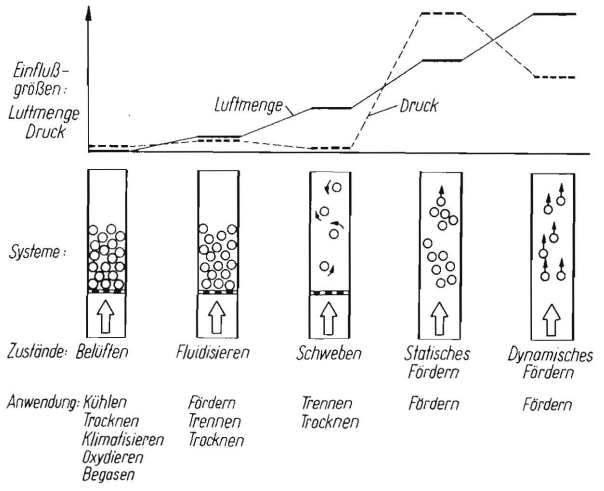


Bild 15. Dir Wirkung unterschiedlicher Windgeschwindigkeiten beim Beblasen einer aus Getreidekörnern bestehenden Schüttgutsäule.

Körnersäule gepresst, so wird zunächst einmal bei Anwendung einer geringeren Pressung die Luft hindurch gedrückt und das Korn belüftet [24], ein Vorgang, wie wir ihn bei der Belüftung und Trocknung in Kalt- oder Warmbelüftungsanlagen für Getreide zu verzeichnen haben. Wird der Druck soweit verstärkt, dass er der Schwerkraft des Getreides in grösserem Masse entgegenwirkt und schliesslich den Punkt erreicht, bei dem er die Schwerkraft ausgleicht, dann erhalten wir den Zustand, den wir mit Wirbelschichtzustand bezeichnen und der der Fluidisierung gleichkommt, d.h. das Getreide wird gewichtslos und kann mit einem Löffel, wie der Kaffee in der Tasse, umgerührt werden. Legt man das Rohr leicht schräg, dann fliesst das Korn wie Wasser in der Rinne, es kann auf diese Weise eine Förderwirkung zustande kommen. Bei noch weiterer Steigerung der Luftmenge wird die Schüttkörpersäule auseinandergerissen und, wenn kein Korn weiter nachströmt, zunächst im Schwebezustand wie im Steigsichter gehalten, wobei die Luftgeschwindigkeit so abgestimmt werden kann, dass die schweren Körner nach unten sinken, während die leichten nach oben abgeführt werden. Wir haben es hier also mit einem Trennungsprozess zu tun. Wird die Luftmenge noch weiter gesteigert, dann wird die Körnersäule angehoben und in der senkrechten Leitung gefördert. Es entsteht ein statischer Förderzustand. Bei einer weiteren Erhöhung der Luftgeschwindigkeit und Zuführung einer entsprechenden Luftmenge tritt schliesslich ein Strömungszustand ein, wie wir ihn bei der dynamischen Förderung bei pneumatischen Niederdruckförderanlagen finden. Wir sehen, dass bei äusserlich gleicher Ausrüstung ganz verschiedene Wirkungen auftreten können, die im wesentlichen von den zugeführten Material- und Luftmengen und dem aufgewendeten Druck abhängen. Die Kenntnis derartiger Übergänge von einem Zustand in den anderen kann uns in vielen Fällen die Vorstellung und das Entwerfen entsprechender Vorrichtungen sehr erleichtern.

Beispiel des Trommelheuwenders

Wie soll man nun vorgehen, um eine funktionelle Aufgabe zu erkennen und richtig zu lösen? Hierzu mag ein Beispiel einige Hinweise geben. Bei unseren KTL-Forschungsarbeiten zur Entwicklung von Vielfachheuwendern, die möglichst viele Arbeitsgänge in sich vereinigen sollen, konnten wir feststellen, dass es durchaus möglich ist, mit Hilfe von Trommelheuwendern Geräte zu bauen, die möglichst vielartige Arbeiten verrichten. Stellt man die bei der Heuernte erforderlichen Arbeiten zusammen, dann kommt man auf insgesamt 9 Verrichtungen, **Bild 16.** Von diesen 9 Verrichtungen kann bei ent-

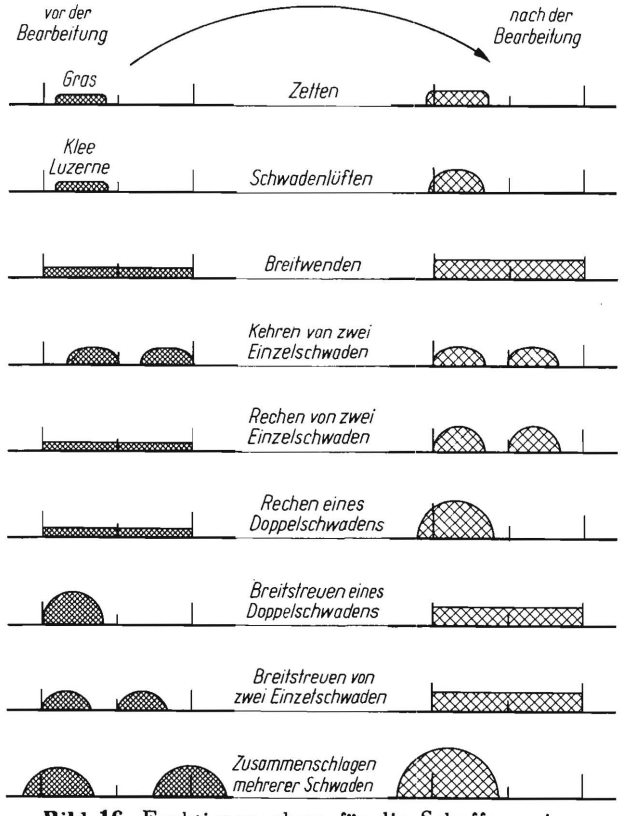


Bild 16. Funktionsanalyse für die Schaffung eines Vielfachheuwenders. Arbeitsgänge der Heubereitung.

sprechender konstruktiver Ausgestaltung ein Heuwender meist 2 bis 3, gelegentlich 8 verrichten. Bei der fehlenden 9., nämlich dem Breitstreuen von zusammengezogenen Schwaden, herrschte zunächst zunächst Unklarheit hinsichtlich der erforderlichen Bemessung und Auslegung der Heuwendertrommel, sowie des Anstellwinkels der Gesamttrommel an die Fahrtrichtung, der Stellung der Zinken, der Umfangsgeschwindigkeiten und des Durchmessers der Trommel. Erst systematische Versuche konnten hier eine Klärung bringen [25]. Dabei ergab sich eindeutig, dass eine optimale Wirkung für das Zustandekommen eines Schwadens sich bei einer ganz bestimmten Ausbildung eines Trommelheuwenders ergibt und daß diese dann auch die besten Voraussetzungen für die Wiederauflösung des Schwadens und die Überführung in den breit ausgestreuten Zustand bietet. Im geschilderten Fall handelte es sich um eine Entwicklungsaufgabe rein funktioneller Art.

Beispiel des Mähdreschers

Um die Bedeutung des funktionsgerechten Konstruierens zu erläutern, sollen am Beispiel des Mähdreschers Betrachtungen durchgeführt werden, die im Zusammenhang stehen mit den von uns durchgeführten KTL-Untersuchungen, über die an anderer Stelle ausführlich berichtet wird [26, 27]. Die folgenden Ausführungen bilden gleichzeitig den Rahmen für einige auf dem Mähdreschergebiet vorliegende Konstruktionsaufgaben, soweit sie sich aus unseren Untersuchungen haben erkennen lassen. Die Überlegungen mögen auf den Kleinmähdrescher beschränkt bleiben.

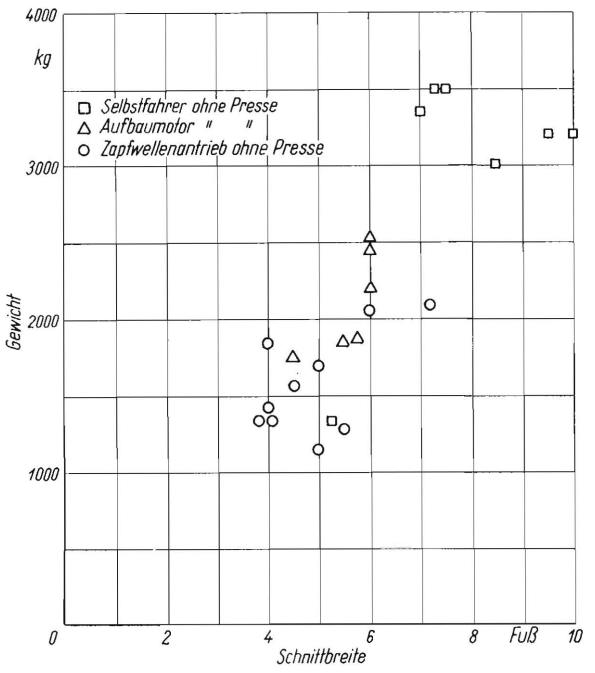


Bild 17. Gewichte von vorhandenen Mähdreschern in Abhängigkeit von der Schnittbreite bei verschiedenen Antriebsarten.

Eine Übersicht über die vorhandenen Konstruktionen kann zunächst einmal Klarheit über die Frage des erforderlichen Materialaufwandes für Kleinmähdrescher schaffen, wobei sich schon heute erhebliche Gewichtsunterschiede bei einzelnen Bauarten erkennen lassen, **Bild 17.** Ohne ein Werturteil über die Brauchbarkeit der einzelnen Bauarten abzugeben, können wir folgern, dass auf Grund der im Mähdrescherbau erreichten Fortschritte ganz erhebliche Gewichtsverminderungen zustande gekommen sind, die so weit gehen, dass verschiedene Kleinmähdrescher weniger wiegen als grössere Zapfwellenbinder. Dieser Gewichtsvergleich mag einen gewissen Anhaltspunkt dafür geben, in welcher Richtung wenigstens vom Standpunkt des Materialaufwandes und damit des Preises her Fortschritte zu erreichen sind.

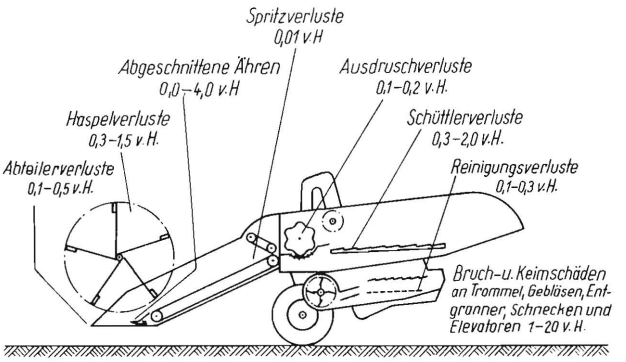


Bild 18. Analyse der potentiellen Körnerverluste bei Mähdreschern.

Wesentlich für die Beurteilung der Arbeitsgüte von Mähdreschern sind die Körnerverluste. Wir wissen, dass der Mähdrescher gegenüber der Sense und dem Getreidemäher und schliesslich auch dem Binder erheblich an Körnerverlusten spart und dass die gesamten Körnerverluste bei diesem Verfahren am geringsten sind. Trotzdem erscheint es der Mühe wert, die Einsparung weiterer Verluste einmal zu überprüfen. Auf Grund der bei uns durchgeführten Feldversuche liegen weit grössere Möglichkeiten zur Einsparung von Verlusten bei den Zubringereinrichtungen bis zur Dreschtrommel vor, als bei den Dreschwerkzeugen und den nachfolgenden Vorrichtungen, wie den Schüttlern und Reinigungen. Die Verluste, wie sie beim Haspel, Mähwerk, Fördertuch und oberen Zuführtuch oder Walze vor der Trommel auftreten, **Bild 18,** sind bei einigen Bauarten nicht unerheblich [28]. Hieraus ergibt sich die Aufgabe für den Konstrukteur, Möglichkeiten zur weiteren Ersparnis an Verlusten zu ermitteln, die sich im wesentlichen darauf konzentrieren könnten, den Fluss der Halmgutzuführung besser zu gestalten.

Für die wirtschaftliche Ausnutzung des Mähdreschers ist die Frage der Beaufschlagung im Zusammenhang mit der Fahrgeschwindigkeit [6]

von grundlegender Bedeutung. Wir haben schon im oben geschilderten Beispiel des Feldhäckslers gesehen, dass die zugeführte Halmgutmenge proportional der Fahrgeschwindigkeit anwächst. So besteht beim Mähdrescher die Notwendigkeit, die Fahrgeschwindigkeit an die Kapazität der Drescheinrichtung anzupassen. Das kann durch eine Abstimmung auf die Schnitt- und damit die Zuführungsbreite der Maschine erfolgen, **Bild 19.** Es bedeutet, dass besonders grosse Schnittbreiten langsame Fahrgeschwindigkeiten verlangen und stark verringerte Schnittbreiten, wie sie heute im allgemeinen nicht

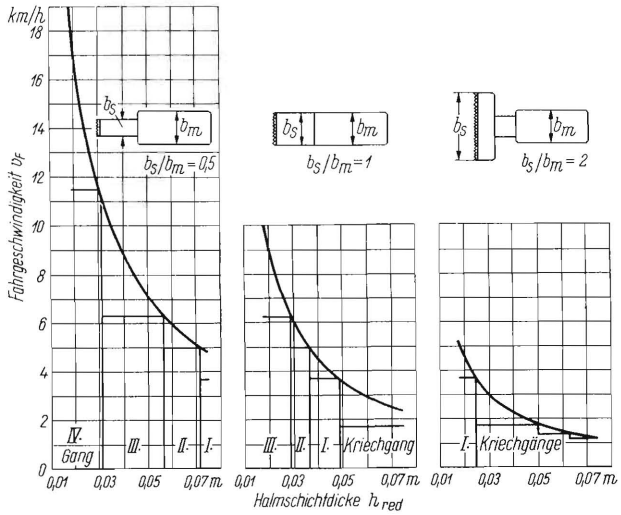


Bild 19. Einfluss des Verhältnisses von Schnittbreite b_s zu Maschinenbreite b_m bei Mähdreschern auf die Gangabstufungen des Schleppers.

mehr gebaut werden, zu hohen Fahrgeschwindigkeiten führen. Hierüber muss man sich klar sein, wenn vermieden werden soll, dass der Mähdrescher bei bestimmten Erntegut nicht oder nur schlecht ausgenutzt oder sogar überlastet wird, wobei besonders hohe Körnerverluste auftreten können. Ferner geht aber auch etwas anderes aus der Darstellung in Bild 19 hervor, bei der drei Kurvenbilder aufgetragen sind über der Halmgutmenge, d.h. dem Halmgutvolumen, wie es auf der Einheit der Ackerfläche steht. Dieses Halmgutvolumen schwankt im Verhältnis 1:10, bei den Hauptgetreidearten 1:4. Das bedeutet, dass wir bei besonders grossem Halmgutvolumen, wie es bei langem Roggen, aber auch bei Hafer vorliegt, infolge des grösseren Halmvolumens langsamer fahren müssen als bei weniger voluminösem Dreschgut. Die ideale Ausnutzung würde sich durch eine stufenlose Geschwindigkeitsregelung ergeben im Zusammenhang mit einer Regel- und Anzeigevorrichtung, die uns die Menge des jeweils durch die Maschine laufenden Gutes anzeigt. Auf diese Zusammenhänge ist bereits früher hingewiesen worden. Diese Feststellungen haben inzwischen ihren Niederschlag in der Schaffung von Schleppern mit grösserer Gangzahl gefunden.

Bedeutung der Normungszahlen

Funktionelle Überlegungen über eine bestimmte Maschinenart sollten sich nie auf eine einzige Grösse beschränken, sondern stets die gesamte Typenreihe erfassen. Auf diese Weise ist es möglich, verschiedene Maschinengrössen sinnvoll abzustufen und zur Dimensionierung die Normungsvorzugszahlen heranzuziehen, wie es am Beispiel des Trommelhäckslers gezeigt werden soll, **Tafel 1.** Nach einem früheren Normvorschlag sind die Schnittbreiten und Trommeldurchmesser vereinheitlicht. In der Tabelle wird gezeigt, dass es möglich ist, die Übersetzungen und damit die Getriebeausbildung ebenfalls nach der Norm abzustufen. Entsprechend dem gewählten Normensprung ergeben sich Abstufungen für den Maschinendurchsatz und schliesslich auch für den Kraftbedarf. Mit diesem einfachen Beispiel soll auf die Bedeutung der Normenzahlen im Zusammenhang mit der Aufgabe des funktionsgerechten Konstruierens hingewiesen werden.

Zum Schluss mag noch einmal eine allgemeine Übersicht über den Werdegang einer Konstruktion von der Idee bis zum Produktionsmodell gegeben werden, **Bild 20,** wobei es natürlich schwierig ist, ein allgemein gültiges Schema zu entwerfen. Im Anfang steht wohl stets die Entdeckung einer bestimmten Konstruktions- oder sogenannten Kompositionsaufgabe [4], die dann, wie

Tafel 1. Anwendung der Normungszahlen beim Trommelhäcksler

Schnittbreite	Trommel-Ø	Schnittkastenhöhe	Messerzahl	Trommeldrehzahl	Messergeschw.	Häckselänge	stündl. Schnittmenge	Kraftbedarf	Walzen-Ø	Einziehgeschw.	Walzendrehzahl
mm	mm	mm		U/min	m/s	mm	kg/h	KW	mm	m/s	U/min
Grundreihen der Normungszahlen											
R 10	R 10	R 20	R 10	R 10	R 40	R 10	R 40	R 40	R 20	R 40	R 20
250	315	140	4	400	6,7	50	2120	2,12	90	1,32	280
315	400	160	4	400	8,5	50	3000	3,00	112	1,32	224
400	500	200	4	400	10,6	50	4750	4,75	125	1,32	200

wir bereits weiter oben gesehen haben, das Analysieren der Aufgabe mit Rücksicht auf den vorhandenen Stand der Technik, den gewünschten Fortschritt und die wirtschaftlichen Gegebenheiten einschliesst. Gelegentlich wird der Irrtum begangen, schon im Entdecken der Aufgabe die Lösung einer Konstruktionsaufgabe zu sehen, wie wir es häufig bei Erfinderangeboten erleben, wenn sie sich auf die Schilderung der Aufgabe beschränken, ohne die Lösung anzugeben. Selbstverständlich ist das keine volle Konstruktionsleistung, sie wird es auch nicht, wenn noch die Analyse der Aufgabe eingeschlossen ist. In Ingenieurkreisen dürfte es wohl nicht notwendig sein, hierauf besonders hinzuweisen, aber erfahrungsgemäss wird oft gerade von Unbefugten der Anspruch erhoben, eine schöpferische konstruktive Tätigkeit ausgeübt zu haben, wenn eine rein ideenmässige Festlegung der Aufgabe erfolgt ist. Man kann eine derartige Leistung nicht als Konstruktionsleistung, sondern, wenn wir ihr überhaupt einen Namen geben wollen, in gewissem Umfang als Kompositionsleistung bezeichnen. Das Gestalten, d.h. die formgebende Leistung mit der Bestimmung der Funktionen und Festlegen der Festigkeit schliesst eine wichtige Phase der Entwicklungsarbeit, nämlich den Entwurf, ab.

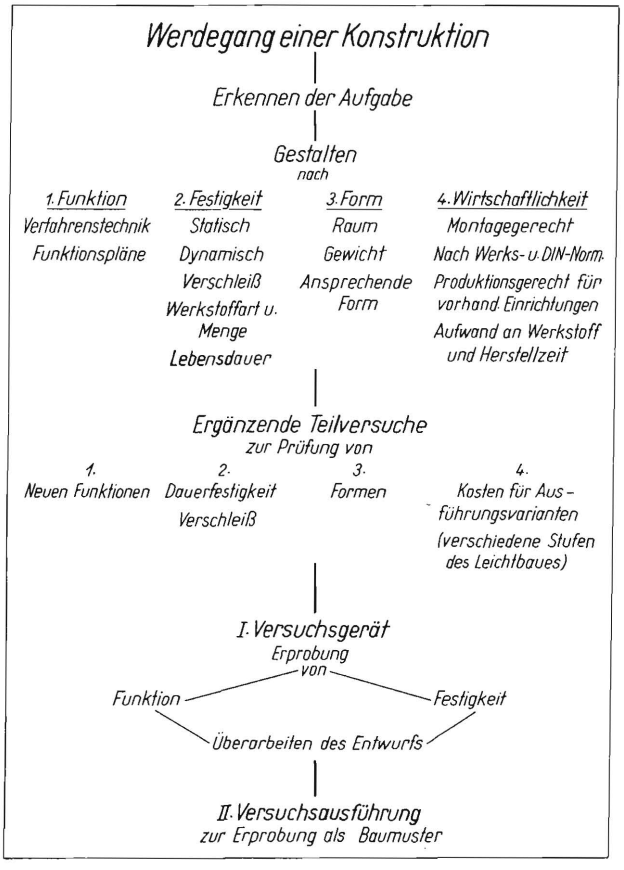


Bild 20.

Ist die erste Versuchsausführung gebaut, dann wird sie einer gründlichen funktionellen Erprobung unterworfen. Dabei wird sich auch meist eine Überprüfung der Festigkeitseigenschaften und der Haltbarkeit der Maschine ermöglichen lassen. Auf Grund der gewonnenen Versuchserfahrungen folgt der zweite Entwurf mit einer noch gründlicheren Dauererprobung, wobei bei gutem Ergebnis die zweite Versuchsmaschine bereits das Baumuster für die Produktion bildet und als Grundlage für die Kostenermittlung und die Vorbereitung der Fertigung dienen kann. Dass bis dahin schon wesentliche Entwicklungskosten für die Fabrik entstehen, wissen wir aus dem Beispiel der Neukonstruktion eines Motorrades, dessen Konstruktion und Entwicklung DM 273 000.– ausmachten [29]. Die Arbeitsvorbereitung erforderte für Fertigungsplanung, Betriebsmittel, Kontrollwerkzeuge, Spezialmaschinen und Montagebänder DM 1 640 000.–, die Vorserie für die Überprüfung der Versuchsergebnisse kostete DM 1 150 000.–, und die allgemeinen Anlaufkosten betrugen DM 90 000.–. Bevor die erste serienmässig gefertigte Maschine das Band verliess, hatte die Fabrik Kosten in Höhe von DM 3 153 000.–. Dies mag ein extremes Beispiel sein; umso mehr spricht es aber für die Notwendigkeit, eine neuartige Maschine besonders gründlich bis zur Fabrikationsreife vorzubereiten.

Wir haben gesehen, dass das funktionsgerechte Konstruieren eine Fähigkeit ist, die wir von einem guten Konstrukteur erwarten müssen, und dass vieles dazu gehört, um mit Erfolg als Konstrukteur tätig zu sein. Der Konstrukteur wird stets den Gesamtrahmen seiner Aufgabe im Auge haben müssen. Es genügt auch nicht, nur Erfahrungen auf diesem oder jenem Gebiet zu haben. Diese nützen nichts, wenn sie nicht auf der Grundlage guter theoretischer Kenntnisse und einer guten technischen Allgemeinbildung erworben sind. Von einem Konstrukteur erwartet man, dass die von ihm entwickelten Erzeugnisse 15 bis 20 Jahre auf dem Markt sind, d.h. dass seine Konstruktionen, für die ein sehr teurer Produktionsapparat erstellt werden muss, langlebig sind. Um eine marktgerechte Konstruktion zu entwickeln, darf er nicht nur in der Sache, er muss über ihr stehen.

Schrifttum

[1] *Petersen, E.H.:* Beitrag zur Theorie der Dreschmaschine. Techn.i.d.Landw. 22 (1941) S. 153/155.
[2] *Dencker, H.C., L.W. Ries u.a.:* Vielfachgeräte für die bäuerliche Kartoffelbestellung und Pflegearbeit. RKTL-Schriften Heft 67. Berlin 1936.
[3] *Dencker, H.C., L. Kircher und Fr. Sauer:* Lehren aus der diesjährigen Kartoffelernte. Techn.i.d.Landw. 18 (1937) S. 213/218.
[4] *Kesselring, F.:* Technische Kompositionslehre. Berlin 1954.
[5] *Bachmann, D.:* Beitrag zur Klärung des Schwingmahlvorganges. Z.VDI Beihefte Verfahrenstechnik 1940, S. 43/55 u. 82/89.
[6] *Segler, G.:* Grundsätze der Gestaltung von Sammelerntemaschinen. Z.VDI 95 (1953) S. 113/118.
[7] *Segler, G.:* Die Konstruktion des Feldhäckslers. Landtechn. Forschg. 4 (1954) S. 1/9.

[8] *Getzlaff, G.:* Kräfte an Pflugscheiben mit Fremdantrieb. In: Grundlg. d. Landtechn. Heft 5. Düsseldorf 1953, S. 36/41.

[9] *Nichols, M.L. and T.H. Kummer:* The dynamic properties of soil. IV. A method of analysis of plow moldboard design. Agricult. Engng. 13 (1932) S. 279/285.

[10] *Nichols, M.L.:* The dynamic properties of soil. I. An explanation of the dynamic properties of soils by means of colloidal films. Agricult. Engng. 12 (1931) Heft 7, S. 259/264.

[11] *Söhne, W.:* Das mechanische Verhalten des Ackerbodens bei Belastungen, unter rollenden Rädern sowie bei der Bodenbearbeitung. In: Grundlg.d.Landtechn. Heft 1. Düsseldorf 1951. S. 93/94.

[12] — Mowing & Reaping. Farm Mechanization 3 (1951) Nr. 25 (May).

[13] *Chalmers, G.R. u.a.:* Some experiments with an endless band treshing mechanism. N.I.A.E. (C.S. 19) July 1952.

[14] *Bachmann, D.:* Bewegungsvorgänge in Schwingmühlen mit trockener Mahlkörperfüllung. VDI-Beiheft Verfahrenstechn. 1940, Nr. 2, S. 43/55.

[15] *Bachmann, D.:* Untersuchung von nass arbeitenden Schwingmühlen. VDI-Beiheft Verfahrenstechn. 1940 Nr. 3, S. 82/89.

[16] *Blenk, H.:* Die Sortierung von Saatgut mit besonders gleichmässigem Querwind. In: Grundlg.d.Landtechn. Heft 2. Düsseldorf 1951. S. 5/12.

[17] *Segler, G.:* Ein neues Verfahren zum Umstechen, Entstauben, Entkäfern u. Belüften von Lagergetreide. Die Mühle 72 (1935) Heft 23.

[18] *Dencker, H.C.:* Prüfung des Körnergebläses „Zyklop" der Fa. Gebr. Röber, Wutha. Masch.-u. Geräteprüfg. d. RNSt. 3 (1938) Nr. 11. In: Techn. i.d. Landw. 19 (1938) Heft 11.

[19] *Segler, G.:* Hat die Zukunft im Dreschmaschinenbau schon begonnen? Techn.f.Bauern u.Gärtner 6 (1954) S. 193/196.

[20] *Segler, G.:* Der Häckseldrusch. Landtechn. 8 (1953) S. 329/332.

[21] *Gerdes, R.:* Vom Wesen des Trieurs Techn. i. d. Landw. 14 (1933). S. 253/255.

[22] *Hamblin, H.J.:* Hydraulic Propulsion. Farm Mechanization 4 (1952) Nr. 38 (June).

[23] *Bürnheim, H.:* Hydraulischer Fahrantrieb für Schlepper. Z.VDI 95 (1953) S. 174.

[24] *Fehling, R.:* Der Strömungswiderstand ruhender Schüttungen. Feuerungstechn. 27 (1939) S. 33.

[25] *Matthies, H.J.:* Der Vorgang des Schwadenziehens und die Gestaltung von Heuwendern. Landtechn. Forschg. 4 (1954) 97/106.

[26] *Degenhardt, G.:* Dreschvorrichtungen ausländischer Kleinmähdrescher. Grundlg.d.Landtechn. In diesem Heft.

[27] *Dolling, C.:* Mähdreschertrommeln im Feldbetrieb. Grundlg. d. Landtechn. In diesem Heft.

[28] *Segler, G.:* Der technische Stand des Mähdrusches. Landtechn. 8 (1953) S. 318/322.

[29] — : Drei Millionen für ein Motorrad. Das Motorrad 4 (1952) Heft 4, S. 107.

Eingegangen am 1.8.1954

Institut für Landmaschinen der Technischen Hochschule Braunschweig

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr.-Ing. Georg Segler, (20b) Braunschweig, Mühlenpfordstrasse 307