

## ENTWICKLUNGSMÖGLICHKEITEN DER LANDTECHNIK VON DER GRUNDLAGENFORSCHUNG HER GESEHEN

Von W. Kloth

Als wir im Jahre 1934 in Berlin zu der ersten wissenschaftlichen Tagung der Landmaschinen-Konstrukteure einluden, war dies ein Wagnis. Man unterhielt sich auf Tagungen wohl über wirtschaftliche Fragen, Preisgestaltung usw., aber über so interne Probleme wie die Konstruktionsgrundlagen der eigenen Maschinen offen zu sprechen, war etwas ganz Neues.

Jetzt sind wir bereits bei der 10. Konstrukteur-Tagung, und es muss festgestellt werden, dass sich seit damals die geistige Situation erheblich gewandelt hat. Blickt man auf die Programme der Tagungen zurück [1], so findet man anfangs ganz allgemeine Themen: „Werkstoffe“, „Beanspruchungen“, „Verschleiss“ usw. Es drückt sich darin ein Suchen nach der Ausgangsbasis aus, denn eine landtechnische Konstruktionslehre gab es nicht. Es wurden auch Erkenntnisse aus anderen Gebieten herangezogen, z.B. über das „Konstruieren in Grauguss, in Temperguss, in Kunststoffen, in Holz“. Sehr früh wurde auch schon der Leichtbau behandelt. Fast regelmässig wurde über fabrikatorische Fragen gesprochen: Schweissen, Blechverformung, Härten und Vergüten usw. Auch die Anstrichfragen kehrten häufig wieder.

Aber immer mehr tauchen im Laufe der Jahre auch Berichte über Forschungsarbeiten landtechnischer Art auf, die im Zusammenhang mit der Konstruktion der Maschinen und Geräte stehen, z.B. „Messungen von Kräften und Beanspruchungen“; auch über technologische Studien wie über „Die Gesetze des Schneidens“ wird berichtet. In den letzten Jahren treten die technologischen Fragen in den Vordergrund, wie ja auch die Konstruktion einer Maschine von den technologischen Vorgängen ihres Arbeitsprozesses ausgehen sollte. Während früher für Untersuchungen die Maschinen genommen wurden, wie sie waren, geht man heute immer mehr dazu über, sich mit den Grundlagen der Konstruktionen zu beschäftigen und die Versuche entsprechend anzulegen. Es soll deshalb einmal dargelegt werden, wie die Entwicklungsmöglichkeiten der Landtechnik von der Grundlagenforschung her aussehen.

### Werkstoffe

Es kann nicht die Aufgabe einer landtechnischen Grundlagenforschung sein, neue Werkstoffe zu entwickeln. Dies ist eine Angelegenheit anderer Stellen, etwa der Stahlindustrie. Es müssen aber aus dem grossen Angebot die geeignetsten Werkstoffe herausgesucht werden, d.h. es müssen die landtechnischen

Anforderungen herausgearbeitet und mit den Leistungen der einzelnen Werkstoffe verglichen werden. Dies bezieht sich auf

die Haltbarkeit (Verformung, Bruch, Verschleiss, Korrosion usw.) den Aufwand (Menge, Kosten) und die Verarbeitung (Zerspanung, spanlose Verformung, Schweissen, Härten usw.).

Bei der Haltbarkeit spielt z.B. der Verschleiss eine grosse Rolle. Für den Verschleiss am Boden sind früher die wichtigsten Gesetze ermittelt worden [2]. Die Vorteile einer guten Wärmebehandlung werden aber noch nicht hinreichend ausgenützt. Wir konnten kürzlich erst wieder bestätigen, dass sich der Verschleiss an Eggenzinken durch eine Härtung auf die Hälfte heruntersetzen lässt. Eine Wärmebehandlung erfordert gewisse Aufwendungen und Sorgfalt, aber der Aufwand dürfte sich doch lohnen. Auch bei der Auswahl der Werkstoffe dürften noch erhebliche Entwicklungen möglich sein. Man weist gern auf das niedrige Preisniveau der Landmaschinen hin und beschränkt sich auf einfache Handelsgüten. Gewiss muss der Preis beachtet werden, aber entscheidend ist der Vorteil, den ein Mehrpreis bringt. Die Schneidhaltigkeit von Messern aus verschiedenen Werkstoffen für die einzelnen landwirtschaftlichen Schnittgüter ist noch nicht untersucht. Die Werkstoffnorm für Mähmesserklingen ist schon 25 Jahre alt, und bei Häckselmaschinen treten bei den modernen Silo- und Feldhäckslern erhebliche Schwierigkeiten in der Haltbarkeit auf. Hier würde vermutlich die Forschung ein dankbares Gebiet finden.

Aus den Messungen von Kräften, die bei der praktischen Arbeit in den Maschinen auftreten, hat sich gezeigt, dass Gewaltbeanspruchungen und Verbiegungen eine grosse Rolle spielen. Damit wird für Konstruktionsstähle die Streckgrenze die wichtigste Eigenschaft. Man kann sie z.B. durch eine Vergütung hochtreiben. Was sich damit erreichen lässt, zeigte z.B. die Untersuchung eines verbogenen Pfluggrindels (A) im Vergleich zu einem bewährten Fabrikat (Grindel B und C):

| Werkstoffdaten                                | Pfluggrindel unvergütet |     | Pfluggrindel vergütet |                    |
|---|-------------------------|-----|-----------------------|--------------------|
|   | A                       | B   | C                     |                    |
| Festigkeit $\sigma_B = 0,36 \cdot HV$         | 60                      | 121 | 139                   | kg/mm <sup>2</sup> |
| Streckgrenzenverhältnis $\sigma_F / \sigma_B$ | 0,55                    |     | 0,80                  |                    |
| Streckgrenze $\sigma_F$                       | 33                      | 97  | 111                   | kg/mm <sup>2</sup> |
| Gewicht                                       | 100%                    |     | 75%                   |                    |

## Spannungsmessungen:

Unter der Voraussetzung mittlerer Verhältnisse (40 kg/dm<sup>2</sup> Bodenwiderstand und 5 dm<sup>2</sup> Furchenquerschnitt) errechnet sich die mittlere Zugkraft zu 200 kg, dafür wurde gemessen

eine grösste Biegespannung

$$\sigma_{\max} \quad 9,5 \quad 10,6 \text{ kg/mm}^2$$

Bei einem Stoss auf einen Stein mit der 10 fachen mittleren Kraft ist die grösste

Biegespannung

$$\sigma_{\max} \quad 95 \quad 106 \text{ kg/mm}^2$$

die Streckgrenze (33 kg/mm<sup>2</sup>) wurde um das Dreifache überschritten

nach der Streckgrenze sind 97 bzw. 111 kg/mm<sup>2</sup> zulässig, d.h. trotz geringeren Gewichtes grössere Sicherheit.

Bei dem verbogenen Grindel wurde die Streckgrenze um das Dreifache überschritten, während das vergütete Grindel trotz geringeren Gewichtes noch genügend Sicherheit bot.

Wenn man einerseits auf Grund der landwirtschaftlichen Anforderungen nach dem am besten geeigneten Werkstoff sucht, kann man auch umgekehrt für neu auftauchende Werkstoffe nach geeigneten Anwendungsgebieten suchen. Dies gilt z.B. für den Grauguss mit kugelförmigem Graphit, der angeblich im amerikanischen Landmaschinenbau schon in grösserem Umfange angewendet wird. Seine stahlartigen Eigenschaften dürften dies wohl rechtfertigen. Auch neue Wärmebehandlungsverfahren, z.B. die Induktionshärtung, sollten auf ihre Verwendbarkeit in der Landtechnik untersucht werden. Die Stückzahlen, in denen Landmaschinenteile hergestellt werden, sind vielfach so gross, dass die Einrichtungskosten sich wohl lohnen dürften, noch dazu, wenn sich besondere Vorteile, etwa in der Gleichmässigkeit, ergeben.

Ohne Zweifel sind in der Landtechnik Stahl und Eisen die wichtigsten Werkstoffe. Der Konstrukteur sollte aber nicht nur immer in Stahl denken. Auch heute noch sind z.B. die Eigenschaften des Holzes sehr beachtlich, besonders in der Form von Sperrholz oder Faserplatten. Kunststoffe und Gummi könnten noch in grösserem Umfange angewendet werden; Gummi z.B. eignet sich wegen seiner elastischen Eigenschaften zum Brechen von Kraftspitzen oder zum Fernhalten von Verformungen, die sonst in die Maschine kommen würden. Aber auch andere Stoffe, Beton, Glas, Keramik, können interessant sein, sei es zum Erzeugen von Gewichten (etwa als Schwerbeton) oder als verschleiss- oder korrosionsfeste Bauteile (Bindegarnführungen, Spritzdüsen). Vielleicht lassen sich auch durch Kombination verschiedener Werkstoffe in manchen Fällen Vorteile erreichen. Entsprechend dem Eisenbeton könnte man auch an andere Stoffe denken, z.B. Schaumstoffe oder Grauguss zur Aufnahme von Druckspannungen, während für die Zugspannungen ausser hochwertigen Stahl-drähten auch Kunststoffe denkbar sind.

Die Werkstoffprobleme haben eine erhebliche wirtschaftliche Bedeutung. Bei den Herstellungskosten der Landmaschinen überwiegt der Werkstoffanteil bei weitem. Von den Betriebsausgaben der deutschen Landwirtschaft entfallen etwa 20% auf die Instandhaltung des Inventars, die sehr stark durch die Werkstoffgüte bedingt ist. Von der gesamten deutschen Stahlproduktion fliessen etwa 10% in die Landwirtschaft. Es besteht also alle Veranlassung, die Forschung einzusetzen, um die bestmögliche Ausnutzung der Werkstoffe zu erreichen.

## Mechanik

Aus dem grossen Gebiet der Mechanik sei nur einiges herausgegriffen. Eine gute Kenntnis der Kräfte, die in einer Maschine wirken, sollte die Grundlage für die Konstruktion sein. Leider ist über die Kräfte in den Landmaschinen immer noch zu wenig bekannt. Untersuchungen sind durchgeführt an Pflügen [3], Drillmaschinen [4], Mähmaschinen [5], Kartoffelrodern [6], Heuwendern und -rechen [7], Strohpressen [8] und Ackerwagen [9]. Über viele andere Maschinen sind überhaupt keine zahlenmässigen Angaben vorhanden, aber auch bei den vorliegenden Untersuchungen ist meist noch nicht die ganze Streubreite der Kräfte erfasst. Es ist ja eine Eigenart der Landmaschinen, dass sie unter sehr verschiedenartigen Betriebsverhältnissen arbeiten müssen. Demnach sind auch die Kräfte, welche sie auszuhalten haben, sehr unterschiedlich. Es kostet einen besonderen Aufwand, die entscheidenden Kräfte, seien es nun die betriebsmässighäufigsten oder die grössten, zu erfassen [10]. Es ist noch eine dankbare Aufgabe der Forschung, der Industrie hier weitere Unterlagen zur Verfügung zu stellen.

An derartige Messungen muss sich eine Kritik der Konstruktionen anschliessen, denn die Kräfte können rückwirkend von der Konstruktion beeinflusst werden. Wenn z.B. ein Maschinenteil einem Hindernis ausweichen kann, können hohe Kräfte gar nicht erst entstehen. Eine Verringerung von bewegten Massen kann im gleichen Sinne wirken. Stösse können z.B. durch auslösende Kupplungen begrenzt werden [11]. Es können aber auch die Konstruktionen von unnötigen Beanspruchungen bereinigt werden, z.B. dadurch, dass die Kräfte auf geradem Wege geführt werden, dass die Gesetze des Schubmittelpunktes beachtet werden usw. [12].

Eng mit den Kräften hängen die Beanspruchungen zusammen. Man hat heute die Möglichkeit, die Beanspruchungen sowohl auf dem Prüfstand als auch bei der praktischen Arbeit mit der erforderlichen Genauigkeit zu messen [13]. Solche Messungen zeigen immer wieder, dass man von einer gleichmässigen und besten Ausnutzung des Werkstoffes noch sehr weit entfernt ist. Man muss aber bedenken, dass sich diese Messmöglichkeiten im wesentlichen erst in den

letzten Jahren entwickelt haben und dass die Industrie und insbesondere die Konstrukteure sich erst allmählich darauf einstellen müssen. Man merkt von den Beanspruchungen nur etwas, wenn sie zu hoch sind, weil dann das Maschinenteil bricht. Von zu niedrigen Beanspruchungen merkt man jedoch nichts, und erst die Messung kann Hinweise bringen, wo Werkstoff eingespart werden könnte. Sie kann aber auch bei zu hohen Beanspruchungen Hinweise geben, wie Spannungsspitzen abzubauen sind. Bei dem grossen Anteil, den die Werkstoffkosten an den Landmaschinen haben, und bei der grossen Bedeutung der Haltbarkeit sollte dieses Gebiet sehr sorgfältig behandelt werden.

Wenn oben gesagt wurde, dass die Messung von Beanspruchungen heute technisch keine Schwierigkeiten bereitet, so ist bei der praktischen Auswertung mancherlei zu bedenken. Man findet z.B., dass an der Radscheibe eines Ackerwagens Spannungsunterschiede im Verhältnis 1 : 10 vorhanden sind. D.h. an gewissen Stellen wird der Werkstoff zehnmal so stark beansprucht als an anderen. Man kann sich nun überlegen, ob der niedrig beanspruchte Werkstoff an gewissen Stellen fortgenommen und an Stellen hoher Beanspruchungen gelegt wird, sodass im Endzustand jedes Werkstoffteilchen voll ausgenutzt wird. Ist nun aber, wenn man das ganze Fahrzeug betrachtet, die Radscheibe der schwächste Teil gegenüber Achse, Rahmen usw.? Wenn man auch lebenswichtigen Teilen, z.B. den Achsen, eine geringere Beanspruchung zubilligen wird, so findet man doch in der Praxis häufig Unterschiede, die sich nicht rechtfertigen lassen. Bei den Messungen ergeben sich mitunter Schwierigkeiten, weil Richtung und Grösse der Kräfte im praktischen Betrieb ausserordentlich verschieden sein können. Wenn man ein Bauteil für eine bestimmte Kraftrichtung bestens konstruiert, so ist die Frage, ob dies auch für andere Kraftrichtungen zutrifft. Man muss also, um sicher zu gehen, auf manche Vorteile verzichten und ein breiteres, wenn auch niedrigeres Optimum anstreben [14].

Eine wichtige Frage ist, ob für die Brauchbarkeit einer Maschine überhaupt die Beanspruchungen massgebend sind. Sehr häufig ist es die Verformung oder die Steifigkeit. Diese gehorchen aber anderen Gesetzen als die Beanspruchungen. Der Konstrukteur wird sich also über diese Frage Gedanken machen müssen, Gedanken, die weit umfangreicher und schwieriger sind als er es früher gewohnt war, die aber doch erhebliche Vorteile gegenüber den alten Bauformen bringen können [15].

#### Kinematik

Bei den Landmaschinen kommen sehr viele eigenartige Bewegungen vor, die von den Arbeitswerkzeugen gefordert werden, oder beim Verstellen, beim Steuern usw. nötig sind. Bisher wurden die dazu erforderli-

chen Getriebe, die Hebel, Gelenke usw. im wesentlichen durch Probieren ermittelt. Wenn man nun an solche Aufgaben mit den Gesetzen der Kinematik – einer schon hoch entwickelten Wissenschaft – herangeht, ist es nicht verwunderlich, dass sich manche überraschende Lösungen ergeben. Dies hat sich z.B. bei den aktuellen Fragen des Anbaues von Arbeitsgeräten an den Schlepper gezeigt [16]. Schon wenn man durch ein Gelenkviereck die Zugkraft an einem beliebigen, ideellen Punkt des Schleppers angreifen lassen kann, d.h. einem Punkt, der praktisch gar nicht vorhanden zu sein braucht, so ist das eine wichtige Tatsache. Aber auch für die Tiefenregelung [17], für das Ausheben lassen sich viele Anregungen geben. Die Aushebekraft kann bei geschickter Konstruktion klein gehalten werden. Sie lässt sich ausserdem durch Federn, die in bestimmter Weise anzuordnen sind, verringern. Die Leistung der Kraftheber kann also mit Hilfe der Kinematik wesentlich kleiner gehalten werden.

#### Strömungen

Die grossen Erkenntnisse, welche in der Strömungstechnik, vor allen Dingen unter dem Einfluss der Luftfahrt, gewonnen wurden, haben noch kaum ihren Niederschlag in den landtechnischen Konstruktionen gefunden. Gewiss arbeiten Sortiereinrichtungen in Saatgutbereitern oder Dreschmaschinen im allgemeinen befriedigend. Wenn man aber die Leistung noch verbessern kann, so wird sich das durchsetzen. Messungen an ausgeführten Maschinen haben gezeigt, dass dies möglich ist [18]. Oft sind es nur Kleinigkeiten, die einen Luftstrom zum Ablösen von den Führungsflächen bringen und Ungleichmässigkeiten oder Wirbel erzeugen. Mitunter wird man aber eine weitergehende Kritik ansetzen müssen. So scheint es z.B., dass die Entwicklung der Saatgutsortierer zu einseitig auf den Steigsichter abgestellt war, während der Horizontalsichter vernachlässigt wurde [19].

Eine besondere Aufmerksamkeit muss auch die Dreschtrommel erfahren, denn sie hat einen sehr hohen Leerlaufverlust von etwa 50%, der überwiegend durch Wirbel verursacht werden dürfte. Manche Unart, wie z.B. das Wickeln, scheint seine Ursache in ungünstigen Luftführungen zu haben. Auch die gesamte Luftführung in der Dreschmaschine sollte kritisch überprüft werden. Vielleicht ergeben sich daraus Hinweise zur Verringerung der Staubplage.

#### Gestaltung

Die Kenntnis der Gesetze beanspruchungsgerechter Gestaltung steht in der gesamten Technik erst in den Anfängen. Man weiss, dass die Beanspruchungen von der Gestalt eines Bauteiles abhängen. Aber man kann noch keine eindeutigen Gesetze angeben, die für alle praktisch vorkommenden Konstruktionen an-

wendbar sind. Man stellt z.B. fest, dass bei einer Maschine die höchsten Beanspruchungen in den Knotenpunkten dort auftreten, wo z.B. mehrere Profileisen zusammenstossen. Man kann sie nicht berechnen, aber es zeichnen sich bestimmte erfahrungsgemässe Zusammenhänge ab, nach denen der Konstrukteur einstweilen arbeiten kann, z.B. die Regel, dass man Sprünge in der Steifigkeit vermeiden soll, denn an solchen Stellen treten bevorzugt Spannungsspitzen auf [15]. Schweissnähte soll man nach Möglichkeit nicht an solche Stellen legen. Schrauben oder Nieten als Verbindungsmittel erzeugen weniger grosse Spannungsspitzen als Schweissnähte, weil sie nicht so starr wirken. Hier ist noch ein grosses Feld für die Forschung. Ein Bruch entsteht immer an der höchstbeanspruchten Stelle, also wahrscheinlich in einem Knoten. Aber der Werkstoffaufwand, der also im wesentlichen Gewicht und Kosten der Maschine bestimmt, wird im allgemeinen nicht durch die Knotenpunkte, sondern durch die freie Länge der Profile bedingt.

Es ist bekannt, dass bei Zugbeanspruchung eines Maschinenteiles der Werkstoff am besten ausgenutzt wird. Dies deutet auf Gitterwerke, bei denen die einzelnen Stäbe eindeutig Zug- oder Druckbeanspruchung führen und entsprechend durchgebildet werden können, hin. Solche Bauformen werden nur für sperrige Konstruktionen in Frage kommen. Für gedrungene Teile dürfte der Schalenbau vorteilhafter sein, umso mehr, als er auch andere Maschinenteile oder Füllgüter umhüllen oder Luftführungen begünstigen kann.

### Technologie

Die Arbeitsvorgänge der meisten heutigen Landmaschinen sind durch Empirie entstanden. Es ist eine Aufgabe der Forschung, die Empirie durch planmässig ermittelte Gesetze abzulösen, wobei das Augenmerk auf die Ermittlung optimaler Verhältnisse gerichtet werden muss. Auf der Kenntnis solcher Gesetze sollte sich die Konstruktion der Landmaschinen (und das Studium der Landtechnik) aufbauen. Von solcher umfassenden Kenntnis sind wir aber noch weit entfernt. Betrachtet man z.B. das Schneiden: Der geringste Kraftaufwand wird offenbar von der Sense benötigt. Sie erzeugt einen reinen „Schnitt“, bei der eine schmale Molekülschicht durch die Reibung der Schneide am Halm herausgerissen wird. Bei den Maschinen, sowohl bei der Mähmaschine als auch dem Häcksler, spielen Nebenumstände, die den Aufwand an Kraft oder Arbeit vergrössern, eine wesentliche Rolle. Man hat es nicht mehr mit einem reinen Schneiden zu tun, sondern mit Übergängen zum Reissen. Die dabei auftretende Dehnung kostet Arbeit. Noch schlimmer ist es beim Quetschen, bei dem zusätzlich starke Reibungen auftreten. Eine systematische Untersuchung dürfte Anregungen für die Gestaltung der Maschinen geben.

Rechnet man den Aufwand an mechanischer Arbeit aus, der in jedem Jahr für den technologischen Vorgang des Pflügens geleistet werden muss, so kommt man auf erstaunlich hohe Zahlen. Überschlägige erste Tastversuche besagen, dass von diesem grossen Arbeitsaufwand vermutlich etwa die Hälfte als Reibung verloren geht [20]. Nun ist das Pflügen ein sehr komplexer Vorgang. Er hat den Vorteil, dass er nur ein sehr einfaches Werkzeug benötigt. Ob es möglich sein wird, diesen Vorgang durch einen anderen zu ersetzen, lässt sich noch nicht überblicken. Es gibt heute noch keine landtechnische Bodenmechanik, deren Gesetze hierzu Hinweise geben könnten. Die Forschung bemüht sich um die Klärung der ersten grundlegenden Gesetze über das Zusammendrücken des Bodens, die z.B. für die Frage der Raddruckschäden [20] von Bedeutung sind. Auch Untersuchungen über die Reibung und Scherfestigkeit, die auch für die Gestaltung von Greifern Bedeutung haben können, wurden durchgeführt. Wir bewegen uns aber im allgemeinen noch ganz in den Anfängen. Die in den Maschinen verwirklichten Vorgänge sind noch meist auf Gespannung abgestellt. Der Motor gibt dagegen ganz andere Möglichkeiten nach Geschwindigkeit, Bewegungsart, Kraft, Energieform usw. Diese Möglichkeiten müssen von der Forschung abgetastet werden. Bei der Bodenbearbeitung gehört dazu auch eine Untersuchung über die Ursachen der Kräfte, welche die Bodenteilchen zusammenhalten. Dies sind zunächst physikalische Probleme, die aber eines Tages praktische Bedeutung bekommen können.

### Physik und Biologie

Auch das Abschrecken von Tieren durch den Elektrozaun ist empirisch entwickelt worden. Die jetzige wissenschaftliche Untersuchung zeigt, dass bei Batteriegeräten Wirkungsgrade von unter 1% vorkommen, dass also noch manches verbessert werden kann [21]. Eine physiologische Untersuchung der Schockwirkung wird vielleicht noch besondere Anregungen geben.

Bei der Saatgutauslese hat man sich empirisch auf einzelne Arbeitsvorgänge, z.B. den Einsatz von Sieben oder Wind beschränkt. Es muss untersucht werden, ob nicht zwischen anderen physikalisch erfassbaren Grössen und den gewünschten biologischen Eigenschaften noch bessere Zusammenhänge bestehen [19]. Wir bestimmten z.B. das spezifische Gewicht einzelner Körner mit hoher Genauigkeit und müssen abwarten, welche biologischen Unterschiede sich bei verschiedenen spezifischen Gewichten ergeben. Es geht hier die technische bzw. physikalische Forschung mit der biologischen Hand in Hand.

Ein unmittelbarer Eingriff in die Lebens- oder Wachstumsvorgänge, die ja sehr kompliziert sind, wird nach dem jetzigen Stand der Erkenntnisse wohl nur am Rande und von aussen her möglich sein, wie



es ja auch der Medizin trotz jahrhundertelanger Forschung im wesentlichen nur möglich ist. Auch die Medizin kann – wenn man von der Chirurgie absieht – den Körper nur zu gewissen Reaktionen anregen, aber helfen muss er sich letzten Endes selbst.

Die ausschliessliche Verwendung althergebrachter Verfahren für das Pflügen, Mähen, Dreschen, Sortieren usw. ist nicht mehr gerechtfertigt. Die moderne Naturwissenschaft gibt sehr viele Mittel zum Erkennen und Beherrschen der Vorgänge in die Hand. Ihre Ausnutzbarkeit muss von der Grundlagenforschung abgetastet werden. Was heute noch Sache des Physikers in den Labors ist, kann morgen oder übermorgen schon Sache der Industrie sein.

### Schrifttum

- [1] 1. Konstrukteur-Tagung 1934, RKTL-Schrift 56, Berlin 1934.
- Kloth*, Die Werkstoffe des Landmaschinenbaues  
*Kloth*, Beanspruchungen  
*Kloth*, Verschleiss  
*Kloth*, Die Prüfung der Werkstoffe  
*Meboldt*, Legierte Stähle im Landmaschinenbau  
*Jungbluth und Brügger*, Grauguss und Temperguss  
*Thomas*, Leichtmetalle für den Landmaschinenbau  
*Mörath*, Die Holzverwendung im Landmaschinenbau  
*Hilpert*, Die Anwendung der Schweissttechnik  
*Kloth*, Korrosion  
*Kühle*, Der gekupferte Stahl im Landmaschinenbau  
*Boller*, Der Anstrich im Landmaschinenbau
2. Konstrukteur-Tagung 1935, RKTL-Schrift 61, Berlin 1935.
- Kloth*, Neue Wege und Verfahren für Landmaschinen-Konstrukteure  
*Le Comte*, Grundlagen des schweissgerechten Konstruierens  
*v. Meier*, Schweisskosten  
*Kloth*, Die Vorteile des Härtens und Vergütens und die theoretischen Grundlagen  
*Schmidt*, Die Durchführung des Glühens, Härtens und Vergütens  
*Sprenger*, Härtereieinrichtungen  
*Kloth*, Räder für Bodenantrieb  
*Richter*, Versuche mit Triebbrädern für Bindemäher  
*Preuschen*, Praktische Erfahrungen mit Luftgummirädern, insbesondere bei dem Betrieb von Bindemähern  
*Kloth*, Getriebefragen  
*vom Ende*, Der Ersatz von Lagermetallen durch einheimische Werkstoffe  
*Schimz*, Schrauben und ihre Sonderformen in Hinsicht auf die Entwicklung des Landmaschinenbaues
3. Konstrukteur-Tagung 1936, RKTL-Schrift 71, Berlin 1936
- Kloth*, Kräfte, Beanspruchungen und Sicherheiten in den Landmaschinen  
*Flehr*, Übersicht über die Sicherheitsglieder. Ausführungsformen für die gradlinige Bewegung  
*Heyner*, Sicherheitsglieder der drehenden Bewegung  
*Kloth*, Gestaltsfestigkeit
- Richter*, Versuche mit Triebbrädern für Landmaschinen  
*Heyde*, Ähnlichkeitsmechanik  
*Gorsler*, Schafft billige Kleinmaschinen  
*Falz*, Die Grundsätze des Gleitlagerbaues in Anwendung auf Landmaschinen  
*Schützinger*, Wahl, Einbau und Betrieb von Wälzlagern  
*Krekeler*, Schmiermittel  
*Rossmann*, Neuere Anstrichstoffe  
*Kollwitz*, Fehler im Anstrich  
*Faber*, Die Phosphat-Rostschutzverfahren  
*Bobek*, Schweisskonstruktionen  
*Weichelt*, Konstruieren in Temperguss  
*Meyersberg*, Konstruieren in Grauguss  
*Kayser*, Verschleissfestes Gusseisen  
*Fehse*, Wirtschaftlicher Einsatz von Revolverbänken und Automaten  
*Kühner*, Spanlose Formgebung
4. Konstrukteur-Tagung 1937, RKTL-Schrift 88, Berlin 1938
- Kloth*, Rohstoffersparnis  
*Kuntze*, Konstruieren in Kunstpresstoffen  
*Kloth*, Beanspruchungen  
*Schallert*, Kräfte und Beanspruchungen in Drillmaschinen  
*Stroppel*, Kräfte und Beanspruchungen in Bindemähern  
*Skalweit*, Kräfte und Beanspruchungen in Strohpressen  
*Kloth*, Stahlleichtbau  
*Mörath*, Konstruieren in Sperrholz  
*Hougarly*, Über nickelfreie, nichtrostende und säurebeständige Stähle  
*Ries*, Leichtzügigkeit – die landwirtschaftlichen Forderungen  
*Kloth*, Leichtzügigkeit – die technischen Möglichkeiten  
*Kayser*, Bewitterungsversuche mit Anstrichfarben für Landmaschinen  
*Rossmann*, Über Kurzprüfungen von Anstrichfarben  
*Meyer*, Rückwirkung des luftbereiften Schleppers auf die Landmaschinenkonstruktionen  
*Kayser*, Beurteilung von Analysen der Landmaschinen-Baustoffe
5. Konstrukteur-Tagung 1938, RKTL-Schrift 91, Berlin 1939
- Kloth*, Rohstoffersparnis durch Stahlleichtbau  
*Reichel*, Abkanten, Walzen und andere Blechverformung  
*Böttcher*, Pressen  
*Lipl*, Die Lichtbogenschweissung als Verbindungsverfahren im Stahlleichtbau  
*Rosenberg*, Die elektrische Widerstandsschweissung  
*Keinert*, Magnesium  
*Scheffter*, Kunstpresstofflager  
*Zorn*, Brennerhärtung  
*Trost*, Die Festigkeit von Dreschtrummelwellen  
*Rauh*, Kreuzgelenke, Gleichgangelenke, federnde Gelenke  
*Stroppel*, Was weiss man heute vom Schneiden? – Der Schneidvorgang  
*Petit*, Die Werkstoffe der Schneidwerkzeuge  
*Stroppel*, Untersuchungen an Gabelheuwendern  
*Kayser*, Der Anstrich von Landmaschinen. Der Stand der Untersuchungen  
*Asser*, Anregungen der Lackindustrie zur Verbesserung der Landmaschinenanstriche

6. Konstrukteur-Tagung 1939 (Vorträge wurden nicht veröffentlicht)
- Kloth*, Arbeitsbericht über Stand der Leichtbaufragen, Untersuchungen technologischer Vorgänge u.a.  
*Trost*, Festigkeitsuntersuchungen an einem Pflugrahmen  
*Meboldt*, Werkstoffprüfung in der Eingangs- und Betriebskontrolle  
*Schwerdtfeger*, Fortschritte der spanabhebenden Metallbearbeitung  
*Bertschinger*, Leichtbau in Grauguss  
*Achenbach*, Die Herstellung von Grauguss unter Berücksichtigung der heutigen Wirtschaftslage  
*Stoppel*, Untersuchungen am Schneidwerk der Mähmaschinen  
*Stürenburg*, Über das Schneiden von Rüben  
*Schweigmann*, Studien zum Dreschvorgang  
*Kayser*, Der Anstrich von Landmaschinen  
*Lichtenheldt*, Zur Konstruktion von Kurbeltrieben im Landmaschinenbau  
*Schmidt*, Hartverchromung  
*Scheffter*, Kunstpresstofflager
7. Konstrukteur-Tagung 1940 (Leichtbau-Kurse)
- Kloth*, Die Werkstoffausnutzung in den Landmaschinen und Wege zur Werkstoffeinsparung  
*Kotter*, Ermittlung der günstigsten Querschnitte, Profile und Werkstoffe nach den Grundsätzen der Festigkeitslehre  
*Kloth*, Grundlagen des Leichtbaues  
*Kotter*, Leichtbau-Elemente  
*Trost*, Verwickelte Bauteile  
*Hisserich*, Das Schweißen dünnwandiger Bauteile  
*Hisserich*, Ausgeführte Leichtkonstruktionen
8. Konstrukteur-Tagung 1941 (nur teilweise veröffentlicht)
- Kloth*, Die Weiterentwicklung der Landmaschinenkonstruktionen. Techn.i.d.Landw. 22(1941) S.54/58  
*Hisserich*, Leichtbau-Konstruktionen  
*Kotter*, Die Festigkeit und Steifigkeit von Rahmen für Fahrzeuge und Maschinen  
*Trost*, Verteilung der Beanspruchung bei Biegung und Verwindung, insbesondere an den Knotenpunkten  
*Thiele*, Versuche mit neuen Bindegarnen  
*Finkenzeller*, Der Dreschvorgang, insbesondere im Hinblick auf den Körnerbruch  
*Kloth*, Der Einfluss der Arbeitsgeschwindigkeit der Landmaschinen auf die Grösse der wirkenden Kräfte und die Festigkeit der Baustoffe  
*Stoppel*, Die Beanspruchungen beim Fahren über schlechte Wege  
 Techn. i. d. Landw. 22(1941) S. 133/138  
*Kühle*, Thomas- und Siemens-Martin-Stahl  
*Kayser*, Der Anstrich der Landmaschinen im Hinblick auf die Rohstofflage und den Leichtbau  
*Klose*, Arbeitsverfahren für die Landmaschinenlackerei, insbesondere Verarbeitung von Nitrofarben
9. Konstrukteur-Tagung 1951, Grundlagen der Landtechnik 1951, Heft 1
- Kloth*, Entwickeln und Konstruieren in Deutschland und Amerika  
*Meyer*, Schlepper und Arbeitsgerät in Amerika  
*Getzlaff*, Messung der Kraftkomponenten an einem Pflugkörper  
*Skalweit*, Kräfte zwischen Schlepper und Arbeitsgerät  
*Hain*, Die Kinematik der Aushebevorrichtungen  
*Seifert*, Ölhdraulische Kraftheber für den Ackerschlepper
- Bergmann*, Steifigkeit sperriger Bauteile  
*Müller*, Beanspruchung und Konstruktion von Speichenrädern  
*Bergmann*, Spannung und Gestalt bei Knotenpunkten insbesondere bei verwindungsfähigen Konstruktionen  
*Brenner*, Modelle als Hilfsmittel bei der Neuformung von Landmaschinen  
*Bergmann*, Die Gesetze zur statischen Modellähnlichkeit  
*Söhne*, Das mechanische Verhalten des Ackerbodens bei Belastungen, unter rollenden Rädern sowie bei der Bodenbearbeitung  
*Blenk*, Luftströmungen in der Landtechnik  
*Segler*, Entwerfen landwirtschaftlicher Fördergebläse  
*Söhne*, Die Scheibenpflüge
- [2] *Marks, K.*: Bisherige Untersuchungen über den Bodenbearbeitungswiderstand  
 Techn. i. d. Landw. 7 (1926) 232 ff.  
*Gallwitz, K.*: Werkstoffe und Abnutzung von Pflugscharen  
 Diss. T. H. Berlin 1929  
*Kloth, W.*: Haltbarkeitsforschung  
 Techn. i. d. Landw. 10 (1929) 115  
*Kloth, W.*: Verschleissversuche mit Drillscharen  
 Techn. i. d. Landw. 10 (1929) 253/256  
*Kloth, W.*: Abnutzungsversuche mit Messerhaltern  
 Techn. i. d. Landw. 11 (1930) 310/311  
*Kloth, W.*: Die Haltbarkeit der Bodenbearbeitungswerkzeuge. Techn. i. d. Landw. 11 (1930) 332/336  
*Kühne, Gg.*: Vergleichende Untersuchungen an Scharwerkstoffen.  
 Techn. i. d. Landw. 12 (1931) 200/202 und 257/259  
*Kloth, W.*: Verschleiss.  
 RKTL-Schrift 56 (1. Konstrukteurheft) Berlin 1934  
*Kloth, W.*: Das Problem der Haltbarkeit in der Landtechnik  
 Techn. i. d. Landw. 23 (1942) 175/179 m. zahlreichen Literaturangaben  
*Stoppel, Th.*: Zähnharte Werkzeugstähle für die Bodenbearbeitung. Techn. i. d. Landw. 25 (1944) 81/90  
*Stoppel, Th.*: Pflugscharverschleiss und Bodenpressung.  
 Landtechnik 1 (1946) Nr. 21
- [3] *Schreyer, W.*: Untersuchungen über die räumliche Kräfteverteilung am Pfluge. Diss. T. H. München 1927  
*Kamlah, K.*: Untersuchung über die Arbeitswiderstände an Sechen. Diss. T. H. München 1931  
*Kühne, Gg. und A. König*: Forschungsarbeiten in der Bodenrinne. Halle 1932 (Schriften Königsberger Gelehrte Ges. 9 (1932) Heft 4)  
*v. Poncet, W.*: Untersuchungen über das Kräftespiel an einem Pflugkörper. Diss. T. H. München 1938  
*Getzlaff, G.*: Messung der Kraftkomponenten an einem Pflugkörper. Grundlagen d. Landtechn. Heft 1 (9. Konstrukteurheft). Düsseldorf 1951
- [4] *Schallert, H.*: Zugkraft- und Gewichtsherabsetzung von Drillmaschinen. RKTL-Schrift 81, Berlin 1938  
*Schallert, H.*: Kräfte und Beanspruchungen in Drillmaschinen. RKTL-Schrift 88 (4. Konstrukteurheft) Berlin 1938, S. 15/19
- [5] *Kloth, W.*: Beanspruchungen im Bindemäher.  
 Techn. i. d. Landw. 10 (1929) 181/186  
*Kloth, W. und Th. Stoppel*: Der Energiefluss im Zapfwellenbinder.  
 Techn. i. d. Landw. 13 (1932) 49/50, 66/69 und 88/97  
*Göttmann, A.*: Untersuchungen über den Schneidevorgang beim Gras- und Getreidemähen. Diss. T. H. Berlin 1933 (s.a. Techn. i. d. Landw. 14 (1933) 114 ff.)  
*Kloth, W. und A. Göttmann*: Untersuchung am Schneidwerk eines Mähdreschers.  
 Techn. i. d. Landw. 14 (1933) 247 ff.

- Stoppel, Th.*: Kräfte und Beanspruchungen in Binde-  
mähern. RKTl-Schrift 88 (4. Konstrukteurheft). Berlin  
1938, S. 19/29
- Stoppel, Th.*: Was weiss man heute vom Schneiden?  
RKTl-Schrift 88 (4. Konstrukteurheft). Berlin 1938,  
S. 78/97
- [6] *Kloth, W.*: Leichtzügigkeit. RKTl-Schrift 88 (4. Kon-  
strukteurheft). Berlin 1938, S. 48
- [7] *Kloth, W.*: Die Haltbarkeit der Pferderechen.  
Techn.i.d.Landw. 12 (1931) 124/129
- Stoppel, Th.*: Untersuchungen an Gabelheuwendern.  
RKTl-Schrift 91 (5. Konstrukteurheft). Berlin 1939,  
S. 103/114
- [8] *Franke, R.*: Untersuchung des Pressvorganges bei Stroh-  
pressen der Landwirtschaft. Diss.T.H. Berlin 1933.  
(s.a.Tech.n.i.d.Landw. 16 (1935) 30/32
- Skalweit, H.*: Kräfte und Beanspruchungen in Stroh-  
pressen. RKTl-Schrift 88 (4. Konstrukteurheft). Ber-  
lin 1938, S. 30/35
- Scheffter, H.*: Das Pressen von Stroh.  
Diss. T.H. Berlin 1943
- [9] *Stoppel, Th.*: Kräfte und Beanspruchungen in luftbe-  
reiften Ackerwagen  
Techn.i.d.Landw. 21 (1940) 38/41
- Stoppel, Th.*: Reifen und Federung von luftbereiften  
Ackerwagen. Techn.i.d.Landw. 21 (1940) 60/64
- Stoppel, Th.*: Beanspruchungen ländlicher Fahrzeuge  
beim Fahren über schlechte Wege.  
Techn.i.d.Landw. 22 (1941) 133/138
- Stoppel, Th.*: Stossfaktoren für luftbereifte Ackerwagen.  
Landtechnik 2 (1947) Nr. 23/24
- Stoppel, Th.*: Ursache und Wirkungen der Kräfte im  
Ackerwagen. In „Ackerwagen mit Gummibereifung“.  
Berichte über Landtechnik V, Wolfratshausen 1948,  
S. 12/32
- Kloth, W., Th. Stoppel und W. Bergmann*: Gesetze des  
Fahrens und der Konstruktion für Ackerwagen. a) Rad-  
lasten und Wagenverwindung auf ländlicher Fahrbahn.  
Z.VDI 94 (1952) S. 209/216. b) Beanspruchungen und  
Gestaltung verwindungsfähiger Fahrgestelle. Z.VDI  
94 (1952) 515/518
- Stoppel, Th.*: Entwicklungsstand im Ackerwagenbau.  
Berichte über Landtechnik Heft XXIII, Wolfratshausen  
1952
- Stoppel, Th.*: Ladelast und Federung luftbereifter  
Ackerwagen. Landtechn. Forschg. 2 (1952) Heft 4
- [10] *Kloth, W. und Th. Stoppel*: Kräfte, Beanspruchungen  
und Sicherheiten in den Landmaschinen  
Z.VDI 80 (1936) 85/92
- [11] *Flehr, Fr.*: Übersicht über die Sicherheitsglieder. Aus-  
führungsformen für die gradlinige Bewegung.  
RKTl-Schrift 71 (3. Konstrukteurheft). Berlin 1936  
S. 12/14
- Heyner, W.*: Sicherheitsglieder der drehenden Bewegung.  
RKTl-Schrift 71 (3. Konstrukteurheft). Berlin 1936  
S. 14/18
- [12] *Eergmann, W.*: Steifigkeit sperriger Bauteile. Grundl.  
d.Landtechn. Heft 1 (9. Konstrukteurheft) Düsseldorf  
1951, S. 82.
- [13] *Kloth, W.*: Das Messen von Kräften und Beanspruchun-  
gen in Landmaschinen. Landtechn. Forschung 2 (1952)  
Heft 1.
- [14] *Kloth, W.*: Die Weiterentwicklung der Landmaschinen-  
Konstruktionen. (8. Konstrukteur-Tagung) Techn.i.d.  
Landw. 22 (1941) 54/58.
- [15] *Kloth, W.*: Leichtbau-Fibel. Eine Anleitung zur Stahl-  
einsparung im allgemeinen Maschinenbau. Wolfrats-  
hausen 1947.
- [16] *Hain, K.*: Die Kinematik der Aushebevorrichtungen.  
Grundlagen d. Landtechn. Heft 1 (9. Konstrukteurheft).  
Düsseldorf 1951, S. 36/44.
- [17] *Hain, K.*: Zu Kinematik der Tiefenhaltung von Schlep-  
per-Anbaugeräten. In diesem Heft.
- [18] *Blenk, H.*: Luftströmungen in der Landtechnik. Grundl.  
d.Landtechn. Heft 1 (9. Konstrukteurheft). Düssel-  
dorf 1951, S. 95/104.
- [19] *Blenk, Trien's u.a.*: Die Windsichtung von Saatgut.  
Grundlag.d.Landtechn. Heft 2, Düsseldorf 1951.
- [20] *Söhne, W.*: Das mechanische Verhalten des Ackerbodens  
bei Belastungen, unter rollenden Rädern sowie bei der  
Bodenbearbeitung. Grundlag.d.Landtechn. Heft 1,  
Düsseldorf 1951, S. 93.
- [21] *Jäger, H.*: Technische Messungen an Elektroäunen.  
Landtechn. Forschung 2 (1952) 65/66.

Institut für Landtechnische Grundlagenforschung  
der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Ing. W. Kloth, (20b) Braunschweig, Forschungsanstalt für Landwirtschaft