

# Zum Gedenken

an

**Willi Kloth**

8. 11. 1891 — 11. 9. 1967

und

**Carl-Heinrich Dencker**

23. 5. 1900 — 9. 10. 1967

Zwei unserer bedeutendsten Wissenschaftler haben uns verlassen. Sie haben beide, jeder in seiner Art, das wissenschaftliche Bild der deutschen Landtechnik geprägt, sie haben beide weit über die Grenzen Deutschlands hinaus gewirkt und dem Ansehen der landtechnischen Forschung in der Welt zum Durchbruch verholfen.



Dr.-Ing. habil. Dr. agr. h. c.  
WILLI KLOTH

Professor und ehemaliger Direktor des Institutes  
für Grundlagenforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft,  
Völkensrode



Dr.-Ing. Dr. agr. h. c.  
CARL HEINRICH DENCKER

o. Professor für Landtechnik und Direktor des Institutes  
für Landtechnik an der Universität Bonn

**Willi Kloth** hatte es auf dem Wege zu seinen Zielen nicht leicht; man ist sogar geneigt zu sagen, er hat es sich selbst nicht leicht gemacht. Eine kompromißlose Härte sich selbst und seinen Mitarbeitern gegenüber versperrte ihm lange die äußere Anerkennung. Aber er ging unbeirrt seinen Weg, den Weg der ingenieurmäßigen Forschung in der Landtechnik.

Dieser Weg war, als er begann ihn zu durchschreiten, abweichend vom üblichen Forschungsstil seiner Zeit. Wohl hatten **GEORG KÜHNE** und **RUDOLF BERNSTEIN** schon vor ihm ingenieurmäßiges Denken in ihren Arbeiten demonstriert. In der Mehrzahl der damaligen wissenschaftlichen Arbeiten prägte sich jedoch der Wunsch nach Verbesserung und Verfeinerung der Prüfungsmethoden für Landmaschinen aus. Das war durchaus notwendig für eine Hilfe für die auf **MAX EΥΤΗ** zurückzuführenden DLG-Prüfungen. Die landtechnische Wissenschaft der Zeit vor dem ersten Weltkrieg lebte hier-

durch sehr wesentlich von dem, was die industrielle Praxis oft mehr intuitiv ersonnen, empirisch gestaltet und der DLG zugeführt hatte. Mit der klaren Zielsetzung, nicht nachträglich zu prüfen, sondern voraus zu forschen, wollte **KLOTH** der Industrie ein besserer Helfer sein. Er ist von diesem Ziel Zeit seines Lebens nicht abgewichen. Unbeugsam hat er diesem Ziel alles andere untergeordnet, was nicht dem reinen technischen Fortschritt entsprach. Die Wirtschaftlichkeit eines von ihm erarbeiteten Gedankens hat ihn nicht interessiert, von wirtschaftlichen Erwägungen ließ er sich nicht beirren. Er lehnte es ab, Vorhaltungen hierüber zu diskutieren. Es sei Aufgabe der Industrie, hierfür Wege zu suchen. Als seine Leichtbauforschungen begannen, Früchte zu tragen, lehnte er jede Mischung von Leichtbauelementen mit herkömmlichen Bauelementen, wie etwa Profilstählen, die aus wirtschaftlichen Gründen in einer Maschinenkonstruktion mitverwendet wurden, geradezu spöttisch ab.

So wurde KLOTH in der Industrie lange Jahre als ein interessanter Einzelgänger betrachtet, bei dem man wohl etwas lernen konnte, dem man aber nicht in allem folgen durfte. Der gelegentlich von ihm konzipierte Plan eines zentralen Konstruktionsbüros insbesondere für kleinere Firmen kam daher nicht zum Tragen. Erst langsam gewannen seine Ideen Boden. Als Pioniere für KLOTH wären unter anderen die Firmen RAUSSENDORF, SACK, SIEDERSLEBEN, DEHNE, STOLL, LANZ zu nennen. Mit der unermüdlichen Ausweitung seiner Forschungen, insbesondere in bezug auf den Spannungsverlauf in den Bauelementen und deren Verbindung untereinander, für die er entscheidende Verbesserungen in der Meßtechnik erarbeitete, gewannen die Gedanken KLOTHS in der Industrie an Boden. Am Schluß seines Lebens hatte er gesiegt. Die Industrie, der sein Lebenswerk galt, erkannte seine Autorität an und vertraute seinen Untersuchungen und Vorschlägen, um die ihn die fortschrittlichen Firmen nunmehr baten.

So hart wie er der Industrie gegenüber war, so hart war der körperlich zarte Mann in den Forderungen an seine Mitarbeiter und Schüler. Wenn sich ein junger Ingenieur bei ihm bewarb, so mußte er, falls ihm die Landwirtschaft fremd war, erst Monate in der praktischen Landwirtschaft arbeiten, bis er in den Kreis der Mitarbeiter aufgenommen wurde. In der Arbeit selbst waren dann alle Halbheiten verpönt, alle „Meinungen“ mußten zu beweisbaren Fakten erhärtet, alle Arbeiten logisch aufgebaut und abgeschlossen sein. Die klare Linie, die er in seinem Leben verfolgte, übertrug sich damit auf seine Schüler. Sie danken es ihm in Liebe und Verehrung.

Sein Lebensweg: Realschule in Helmstedt, Reifeprüfung in Chemnitz, Studium T. H. Berlin-Charlottenburg, Kriegsfreiwilliger im ersten Weltkrieg, Konstrukteur in den Deutschen Industrierwerken Kassel und Spandau. Bis dahin war der Lebensweg der übliche eines jungen Ingenieurs seiner Zeit. Mit der Promotion zum Dr.-Ing. und der Assistententätigkeit bei Geheimrat FISCHER an der T. H. Charlottenburg begann KLOTH'S wissenschaftliche Laufbahn, die er in eigener Ver-

antwortung am Werkstoffprüffeld der DLG, später KTL, fortsetzte. In diesen Jahren entstand der Plan zu den „Konstrukteurtagungen“ für Landmaschineningenieure, deren erste 1934 durchgeführt wurde. Sie fanden zunehmend Zuspruch aus der Industrie und leben noch heute als weltweit bekannte „Tagung Landtechnik“ des VDI, der inzwischen die Trägerschaft übernommen hat. Mit diesen Tagungen und mit der von ihm 1951 gegründeten Schriftenreihe „Grundlagen der Landtechnik“ wurde das Gedankengut KLOTH'S bekannt.

Der Weltkrieg, dem sein mühsam und fast primitiv aufgebautes, aber hervorragend ausgestattetes Institut 1944 zum Opfer fiel, brachte eine große Cäsar in seinem Leben. Erst 1948 gelang es ihm, eine nunmehr sogar würdige Arbeitsstätte zu schaffen: Das *Institut für Grundlagenforschung* an der Forschungsanstalt für Landwirtschaft in Völkenrode. Hier konnte er endlich seinen Fähigkeiten entsprechend arbeiten. Hier entstanden dann auch die Mehrzahl seiner Veröffentlichungen und die seiner Schüler und Mitarbeiter, deren Zahl von über 800 achtungsgebietend ist.

So hart KLOTH in seiner Arbeitsweise war, so zurückhaltend, ja bescheiden trat er nach außen hin auf. Daß ihm der äußere Erfolg zunächst versagt blieb — erst mit 49 Jahren wurde er zum apl. Professor ernannt, minderte nicht seine Arbeitsfreude. Die Ehrungen kamen später reichlich: Auswärtiges Mitglied der Kgl. Schwedischen Akademie der Landwirtschaft, Korresp. Mitglied des Centre Technique der Mechanisme Agricol, Dr. agr. h. c. der Humboldt-Universität Berlin, Max-Eyth-Gedenkmünze in Silber der DLG, Großes Verdienstkreuz des Verdienstordens der Bundesrepublik. Über diese Anerkennungen hat er sich gewiß gefreut. Wichtiger waren ihm seine Arbeiten, die er, obwohl seit 1959 pensioniert, noch in seiner Forschungsgruppe „Spannung und Konstruktion“ weiterführte. Noch drei Wochen vor seinem Tode leitete er in diesem Rahmen ein Colloquium seiner Mitarbeiter. So war er tätig, fördernd, anregend bis zu seinem Ende, ein Motor der ingenieurmäßigen landtechnischen Wissenschaft.

\* \* \*

**Carl Heinrich Dencker.** Dem Hamburger Sohn des Technischen Hochbahndirektors war es durchaus nicht vorbestimmt, zur Landwirtschaft zu stoßen. Er studierte in Hannover Elektrotechnik. Erst über seine Doktorarbeit „Die Grenzen der Windkraftausnutzung in der Landwirtschaft“ kam er mit Geh.-Rat NACHTWEH in Verbindung, welcher Korreferent dieser Arbeit war. NACHTWEH hatte damals die Professur für Technologie und Hüttenwesen an der Technischen Hochschule Hannover, sowie einen Lehrauftrag für Landtechnik.

Als Prof. VORMFELDE in Bonn-Poppelsdorf einen Assistenten suchte, wurde DENCKER von NACHTWEH empfohlen. So begann DENCKER seine landtechnische Laufbahn in Bonn, wo sie nunmehr auch endete.

Die nächste Station nach Bonn wurde Kiel. Er war dort Maschinenberater an der Landwirtschaftskammer und habilitierte sich an der Universität. Er fühlte wohl, daß er zum Lehrer geboren war. Aber nicht nur das, auch der Wissenschaftler regte sich. Seine Arbeiten über ein typisch schleswig-holsteinisches Problem, das maschinelle Räumen von Gräben, waren schon grundlegend für spätere Arbeiten von Wissenschaftlern und Praktikern. 1928 wurde DENCKER an die Preußische Landwirtschaftliche Versuchs- und Forschungsanstalt in Landsberg/Warthe als Professor und Institutsdirektor berufen. DENCKER war damals der jüngste Professor in Deutschland! Als Geh.-Rat FISCHER in Berlin emigriert wurde, erhielt DENCKER 1932 dessen Lehrstuhl. Nach einem kurzen Zwischenspiel bei technischen Stäben in Ham-

burg nach Kriegsende wurde DENCKER 1946 auf den freigewordenen Lehrstuhl VORMFELDE'S nach Bonn berufen.

Dieser äußere Lebensweg, der klar, einfach, folgerichtig erscheint, war aber erfüllt von einer außerordentlich fruchtbaren, großartigen Lebensarbeit im Spannungsfeld zwischen Forschung und Lehre. Das eine befruchtete das andere, das andere ist ohne das eine nicht zu denken. Sein genialer Geist erfaßte die Schwachstellen in der Landtechnik und nahm sich ihrer mit Systematik, mit Gründlichkeit und allen Hilfsmitteln des technischen Wissens an. Als er nach Landsberg kam, sah er in der großräumigen, im wesentlichen Getreide bauenden Landwirtschaft in der Fördertechnik eine solche Schwachstelle. Er nahm sich der Gebläse an. Die grundlegenden, ganz systematisch aufgebauten Untersuchungen, die er zur Weiterentwicklung der Heu- und Strohegebläse durchführte, waren richtungweisend für die Industrie und sind heute noch gültig.

In Berlin fand er dann endgültig seinen Arbeitsstil, der auch in Landsberg schon anklang: Seine Untersuchungen gingen von der Fruchtart aus. Was seinerzeit die provinzsächsischen Gründer von Landmaschinenfabriken schon taten, bei ihren Entwicklungsarbeiten der Drillmaschine, der Hackmaschine, des Rübenhebers, ja, später der Rübenerntemaschine, nämlich von der Frucht auszugehen, das unternahm jetzt auch DENCKER umfassend, systematisch und noch viel eindringlicher. Er nahm sich der Kartoffel an von der keimenden Knolle bis zur Lagerung des Erntegutes. Er schuf den Begriff

der Arbeitskette. Angeregt durch die Zusammenarbeit mit seinem Kollegen L. W. RIES in Bornim, bettete er damit die Maschinenteknik in den Betriebsablauf ein. So erhielt auch die landwirtschaftliche Betriebslehre, bis dahin noch befangen in den bedeutenden Schulen von Aereboe und von Brinkmann, entscheidende Impulse zu einer modernen Orientierung.

Das Vielfachgerät, von STOLL schon weitgehend entwickelt, wurde systematisch anhand der gewonnenen pflanzenbaulichen Erkenntnisse durchgebildet, die Dammform in die Betrachtungen einbezogen, das fortschreitende Wachstum der Kartoffel berücksichtigt, der Unkrautstriegel dazu eingeschaltet und die revolutionierende Forderung erhoben: Zum Umbau „ein Mann, eine Minute, kein Schlüssel“. Die konstruktive Durchführung der Erkenntnisse überließ er voll der Industrie. Keine Konstruktionszeichnung, kein Patent, kein Parteiengutachten kam je aus seinem Institut. Damit erwarb er sich früh das Vertrauen der Firmen, das ein Leben lang nicht erschüttert wurde.

Die Arbeit für die Kartoffelerntemaschine schloß sich an. Hierbei war wiederum eine Forderung revolutionierend: Auf Grund sehr eingehender Studien hatte er die Schäden untersucht, die durch Fall oder Stoß zu Spätschäden der Knolle führen. Er verlangte eine sanfte Förderung, um Lagerungsschäden zu vermeiden. Alle Maschinen von der Ernte bis zum Versand nehmen heute darauf Rücksicht, sogar der aufkommende Palettenverkehr mit dem Erntegut ist letztlich auf die Erkenntnisse von DENCKER zurückzuführen.

In den Bonner Jahren widmete er sich mit gleichem Eifer der Zuckerrübe. Auch hier war das Arbeitsgebiet universal. Es reichte von den Fragen der Monogermersaat über die Vereinzelungstechnik und Ernte bis hin zur Verarbeitung von Zuckerrüben mit unverletztem Kopf. In Bonn fand er auch wieder zum Getreide zurück. Entscheidende Erkenntnisse für bäuerliche Trocknungseinrichtungen von Mähdreschergetreide sind ihm zu verdanken.

Bei aller Universalität, bei allem Blick aufs Ganze hat er nie den „Überblick“ verloren. Und wenn er sich um Einzelheiten kümmerte, so waren gerade diese Einzelheiten die schwachen Glieder in der Kette, die es zu verstärken galt.

Zwei Reisen nach den USA wirkten mit, seinen Weitblick zu schärfen. Die eine unternahm er 1929, die andere mit als erster deutscher Wissenschaftler nach dem Kriege im Jahre 1948. Die Ausbeute, die Anregungen für die deutsche Landtechnik waren ungewöhnlich.

DENCKER war ein hervorragender Lehrer. 40 Jahre durfte er lehren, das sind Generationen von Schülern, von denen jeder einzelne stolz darauf ist, zu seinen Füßen gesessen zu haben. Viele Doktorarbeiten hat er angeregt und viele seiner Doktoranten zum wissenschaftlichen Denken geführt. Er hat bei allen technischen Forderungen an die jungen Leute doch immer zuerst den Menschen gefördert, so daß eine große Gemeinde von Schülern einem großen Menschen,

einem großen Lehrer tief nachtrauert. In Ehrfurcht haben sie ihn zu Grabe geleitet.

DENCKER war ein ausgezeichnete Redner. Es waren nicht gewaltige Worte, es waren eindringliche Worte, die ihm zu Gebote standen. Sachlich, eher kühl, manchmal scharf war seine Sprache, aber temperamentvoll, wenn er Unrecht witterte. Eine Rede gegen den landwirtschaftlichen Unsinn, wie er 1933 nach der „Machtergreifung“ propagiert wurde, ist berühmt geworden. Bauern und Industrielle sprach er gleichermaßen gut an, in seinen Vorträgen wußte er seine Gedankengänge klar und einfach darzustellen, so daß er schließlich ungewollt im In- und Ausland als der berufene Vertreter der deutschen landtechnischen Wissenschaften schlechthin angesehen wurde, ein Ansehen, das ihm unbehaglich war.

In viele Gremien wurde er berufen, viele Gremien verdanken ihm Anregung, Rat und Mitwirkung. Er war rühriges Mitglied der DLG. Als korrespondierendes Mitglied gehörte er der Schwedischen Akademie der Landwirtschaft an, er war Mitglied der American Society of Agricultural Engineers (ASAE) und zahlreicher weiterer in- und ausländischer Gesellschaften. Im Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft und in der Max-Eyth-Gesellschaft, die auf seine Initiative 1947 neu gegründet wurde, gehörte er lange Jahre dem Vorstand an.

Viele Aufsätze zeugen von seiner wissenschaftlichen Produktivität. Das „Handbuch der Landtechnik“ wurde zu einem gewaltigen Werk, dessen Bürde die gesundheitliche Grenze Denckers streifte. Sein liebstes literarisches Kind nach dem „Anschluß“, der Elektrizitätslehre für Landwirte, war jedoch seine „Stoff- und Maschinenkunde“, deren neueste, zwanzigste Auflage ihm noch im Krankenbett, wenige Tage vor seinem Tode in die Hände gelegt werden konnte.

Daß Ehrungen nicht ausblieben, versteht sich von selbst. Eine Ehre war es schon in frühen Jahren, daß ihm 1926 das DLG-Stipendium für junge Landmaschinen-Ingenieure zuerkannt wurde. Er benutzte es, um auf der Domäne Grauhof bei Goslar die landwirtschaftliche Praxis und die landwirtschaftlich-technischen Probleme der damaligen Zeit kennen zu lernen. Im Jahre 1950 wurde er mit dem Justus-von-Liebig-Preis ausgezeichnet. 1960 erhielt er den Ehrendoktor der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim. Auch sein engeres Arbeitsgebiet, die Landwirtschaftskammer Rheinland, erkannte seine Arbeit ehrend an und verlieh ihm ihre Goldene Ehrenplakette. Dencker, dem Ehrungen abhold waren, hat sich über diese Auszeichnungen trotzdem sichtlich gefreut, weil sie ihm in jedem Falle aus warmem Herzen zuerkannt wurden.

Die schönste Ehrung für ihn war aber das Gefühl der tiefen Beglückung aller derjenigen, die ihn näher kennenlernen durften und die in ihm einen Wissenschaftler von hohen Graden erlebt haben, der zugleich von großer Menschlichkeit erfüllt war.

\* \* \*

So nimmt die deutsche Landtechnik fast gleichzeitig von zweien ihrer größten Wissenschaftler Abschied. Beide haben, jeder in seiner besonderen Art, der Landtechnik neue Akzente gesetzt und Schulen gebildet, der eine in ingenieurwissenschaftlicher Hinsicht, der andere in funktioneller und betriebstechnischer Ausrichtung. Sie haben der wissenschaftlichen Arbeit auf unserem Gebiet eine Wendung gegeben, die in der jungen Generation unserer Wissenschaftler nachhaltig wirkt. Der Glanz der alten Generation ist mit den Namen KLOTH und DENCKER dahingegangen. Unsere wissenschaftliche Jugend wird die Fackel weitertragen.

HEINZ SPEISER

## Verwendung von Verbundwalzgut für selbstschärfende Bodenbearbeitungswerkzeuge

*Der vorliegende Beitrag ist die Übersetzung eines Aufsatzes von Ing. A. N. ROZENBAUM. Unionforschungsinstitut für den Landmaschinenbau „WISCHOM“, aus der sowjetischen Fachzeitschrift „Traktoren und Landmaschinen“ 1966, Heft 10, S. 35—37.*

In den letzten Jahren wurde in der Landmaschinenindustrie die Arbeitsfähigkeit und Nutzungsdauer von Bodenbearbeitungswerkzeugen durch ein neues Verfahren erhöht, bei dem die Schneiden dadurch selbstschärfend gemacht werden, daß man sie aus Verbundstahl fertigt, dessen Schichten ganz verschiedene Verschleißfestigkeit besitzen [1, 2].

Eine Reihe von Betrieben („Altajsel'maš“, „Krasnyj Aksaj“, „Oktoberrevolution“) liefert Pflugschare und Grubberzinken aus den Stählen L53 und 65 G (tragende Schicht) mit aufgeschweißter Schicht aus der Hartmetallegerung Sormait-1. (Sormait-1 ist ein gießbares Hartmetall mit 25 bis 31 % Cr, 3 bis 5 % Ni, 0,5 bis 1,5 % Mn und 2,8 bis 4,2 % Si und Rest Fe, das nach dem Aufschweißen eine Härte von 48 bis 52 HRC hat. Der Übersetzer)]

Beim Walzen von Pflugschar-Stahl ist es aber sehr schwierig, die dünne Sormait-Schicht auf die dicke (rückseitige) Schicht aufzubringen (z. B. ist die Schneide 1,5 bis 2 mm und der Rücken 10 mm dick). Deswegen muß eine mechanische Bearbeitung folgen, um das Werkstück zweckentsprechend zu formen.

Beim heutigen Entwicklungsstand der Technologie des Aufschweißens mit induktiver Erwärmung ist es nicht möglich, eine vollständige Gleichmäßigkeit der Dicke und Struktur der aufgeschweißten Schicht zu erreichen. Daher haben die Werkstücke oft noch nicht die Nutzungsdauer und Fähigkeit des Selbstschärfens, die von Legierungen mit hoher Verschleißfestigkeit zu erwarten wären.

Es gibt jedoch noch ein anderes Verfahren für die Herstellung instandsetzungsfreier selbstschärfender Teile, das darin besteht, daß Stoffe verschiedener Verschleißfestigkeit durch Walzen zusammengeschweißt werden.

Die Produktion von Teilen, die aus verschiedenartigen Stoffen bestehen und zu einem einheitlichen Werkstück verbunden sind, wird den Maschinenbaubetrieben entlehnt und auf die Hüttenwerke übertragen, in denen der Arbeitsvorgang mit hochproduktiven Maschinen und geringerem Arbeitsaufwand durchgeführt werden kann.

In diese Richtung zielende Arbeiten werden z. Zt. sowohl in der UdSSR als auch in anderen Staaten durchgeführt (Fa. „Krone“ und „Rabewerk-Maschinenfabrik“ in der BRD und „Gouvy et Cie“ in Frankreich) [3, 4].

Die Stähle für zweischichtige bodenschneidende Teile sind so zu wählen, daß der für das Selbstschärfen erforderliche Unterschied in der Verschleißfestigkeit der Schichten unter Einhalten der vorgegebenen Form gewährleistet ist. Dabei muß unbedingt für die weichere Schicht ein Stahl verwendet werden, der Eigenschaften besitzt, die ein Werkstück von der erforderlichen Festigkeit ergeben.

Bei Untersuchungen des Staatlichen Technologischen Unionsforschungsinstituts für Instandsetzung und Betrieb des Maschinen- und Traktorenparcs „GOSNITI“ ergab sich, daß bei Scharen mit einem Keilwinkel von 8° und gleicher Dicke beider Schichten Selbstschärfung der Schneide dann eintritt, wenn ein sechsfacher Unterschied der Verschleißfestigkeit der Schichten vorliegt. Nach Angaben des „VISCHOM“

kann bei Verringern des Winkels auf 6° das Verschleißfestigkeitsverhältnis auf 4,5 bis 5 gesenkt werden. Die erforderliche Biegefestigkeit der Schare wird durch Verwenden von Stählen mit einem Kohlenstoffgehalt nicht unter 0,5 % erreicht. Für die harte schneidende Schicht ist also ein Stahl erforderlich, der mindestens fünfmal so verschleißfest ist wie die Stähle 50 oder L 53. Er muß außerdem gut walzbar sein.

Um einen diesen Ansprüchen genügenden Stahl zu ermitteln, untersuchte „VISCHOM“ die Verschleißfestigkeit einer Reihe von Standardstählen sowie speziell für die Versuche hergestellter Stähle. Die Untersuchungen wurden mit der sogenannten „rotierenden Schale“ [5] durchgeführt.

Die Versuchsmuster und das Vergleichsmuster hatten Schneidenform und waren angeschliffen. Sie schnitten unter dem gleichen Neigungswinkel wie ein Pflugschar den aus einer Mischung von Sand, Lehm und feinem Kies bestehenden Gefäßinhalt, der eine Feuchte von 3 bis 5 % hatte. Die Ergebnisse dieser Prüfungen stimmen quantitativ mit den Ergebnissen der Prüfung wirklicher Bodenbearbeitungswerkzeuge aus den gleichen Stählen auf mittelschweren Lehmböden überein.

Die weiter unten angeführten Verschleißfestigkeitsbeiwerte sind das Verhältnis der Verschleißgeschwindigkeit der Prüfmuster zur Verschleißgeschwindigkeit von Mustern aus normierten Stählen 50 oder L 53.

Aus den Prüfungen mit der „rotierenden Schale“ läßt sich folgern: Die Verschleißfestigkeit der Stähle wächst mit Erhöhung der Härte und Vergrößerung des Kohlenstoffgehaltes; hoher Kohlenstoffgehalt ist die unerläßliche Voraussetzung für das Herstellen von Stählen, die beim Bodenbearbeiten verschleißfest sind. Aus der Zahl der billigen und ausreichend vorhandenen Elemente steigert Chrom die Verschleißfestigkeit am höchsten. Kein einziges walzbares Material hat in normiertem oder warmgewalztem Zustand eine 4,5 bis 5 mal so hohe Verschleißfestigkeit wie die Stähle 50 oder L 53 nach der gleichen Bearbeitung. Es gibt keinen walzbaren Stoff, der in gehärtetem Zustand eine 4,5 bis 5 mal so hohe Verschleißfestigkeit hat, wie die auf gleiche Härte gehärteten Stähle 50 oder L 53. Das erforderliche Verschleißfestigkeitsverhältnis der Schichten ist nur durch eine Wärmebehandlung zu erreichen, bei der die schneidende Schicht gehärtet wird und eine Martensit-Karbid-Struktur von hoher Festigkeit erhält und die tragende Schicht fast ungehärtet bleibt und eine Perlit-Ferrit-Struktur erhält.

Diese Forderung kann erfüllt werden, wenn die Zusammensetzung der schneidenden Schicht und die Wärmebehandlung so gewählt werden, daß die beiden Schichten die erforderlichen Härte- und Strukturunterschiede erhalten.

Zur Bestimmung des Mindestgehaltes an Kohlenstoff und Chrom in der schneidenden Schicht wurde eine Reihe von Stählen auf Verschleißfestigkeit geprüft, deren Gehalt an Kohlenstoff sich zwischen 1 und 2 % und an Chrom zwischen 0 und 12 % änderte.

Die Prüfungsergebnisse werden durch folgende halbempirische Gleichung gut beschrieben:

$$K_{II} = (0,602 y - 0,296) \cdot (1 + 0,029 x^2 - 0,0011 + 3) + (1,820 + 0,687 y) \cdot 10^{-3} H + (13,70 - 0,45 y) \cdot 10^{-3} \cdot e^{5,5} \cdot 10^{-3} \cdot H \quad (1)$$



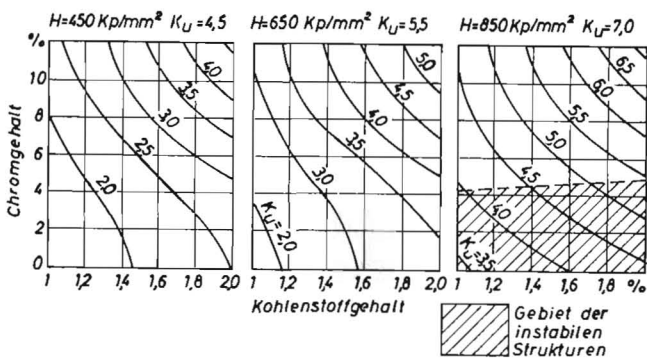


Bild 1: Verschleißfestigkeit kohlenstoffreicher Chromstähle bei verschiedenen Härten

Hierin bezeichnen:

- $H$  = Härte des Stahls in  $\text{kp/mm}^2$
- $y$  = Kohlenstoffgehalt in %
- $x$  = Chromgehalt in %.

Gleichung (1) gilt für Stähle mit beliebigem Chromgehalt bei Härten unter  $750 \text{ kp/mm}^2$ , jedoch nicht für Stähle mit einem Chromgehalt unter  $4,5\%$  und Härten über  $750 \text{ kp/mm}^2$ . Das läßt sich dadurch erklären, daß die Verschleißfestigkeit mit Erhöhung der Härte über die angegebene Grenze hinaus bei geringen Chrommengen langsamer ansteigt, als bei hochlegierten Stählen, weil schwach legierte oder unlegierte Stähle unter bestimmten Bedingungen zu Strukturveränderungen an den dem Verschleiß unterliegenden Oberflächen neigen [6], wodurch die Verschleißfestigkeit sinkt.

Unter Berücksichtigung dieser Anomalie kann der Verschleißfestigkeitsbeiwert von Stählen mit einem Chromgehalt von  $0$  bis  $12\%$  und einem Kohlenstoffgehalt von  $1$  bis  $2\%$  bei einer Härte von  $800$  bis  $850 \text{ kp/mm}^2$  näherungsweise nach folgender empirischen linearen Gleichung bestimmt werden:

$$K_u = 2,458 + 0,945 y + (0,1365 y - 0,0455) x \quad (2)$$

Bild 1 enthält nach beiden Gleichungen errechnete  $K_u$ -Werte für den gesamten untersuchten Bereich des Kohlenstoff- und Chromgehaltes.

Aus den beiden Gleichungen folgt, daß die Verschleißfestigkeit von Stahl im Boden linear mit dem Kohlenstoffgehalt wächst, während der Einfluß des Chroms auf die Verschleißfestigkeit sich um so stärker bemerkbar macht, je höher der Kohlenstoffgehalt ist, d. h., je mehr übereutektische Karbide vorhanden sind. Wenn der Kohlenstoffgehalt konstant ist, ergibt sich die größte Steigerung der Verschleißfestigkeit bei einem Chromgehalt von  $5$  bis  $7\%$ , bei dem der Zementit  $\text{Fe}_3\text{C}$  durch das Chromkarbid  $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3$  mit größerer Härte verdrängt wird.

Die Verschleißfestigkeit kohlenstoffreicher Chromstähle wird auch durch Vanadium und Titan gesteigert, die besonders harte Karbide bilden. Allerdings sind diese Elemente wesentlich teurer als Chrom. Ein Zusatz von Vanadium ist deswegen nötig, weil Vanadium die Festigkeit kohlenstoffreicher hoch gehärteter Stähle nach Anlaßhärtung auf hohe Härte steigert.

Nach den Forderungen der Walztechnologie darf der Kohlenstoffgehalt der schneidenden Schicht  $1,7\%$  nicht übersteigen. Da eine Zugabe von  $1\%$  Vanadium den Verschleißfestigkeitswert  $K_u$  um ungefähr die Hälfte erhöht, so genügt nach Bild 1 zum Erhalten des erforderlichen  $K_u$ -Wertes ein Chromgehalt von mindestens  $5,5\%$ . Aus diesem Grunde hat „VISCHOM“ zusammen mit dem Zentralen Forschungsinstitut für Eisenhüttenwesen „CNIICM“ und dem Institut für Eisenhüttenwesen der Ukrainischen Sozialistischen Sowjetrepublik für die schneidende Schicht zweischichtiger Schare einen Stahl Ch6F1 mit folgender Zusammensetzung entwickelt:

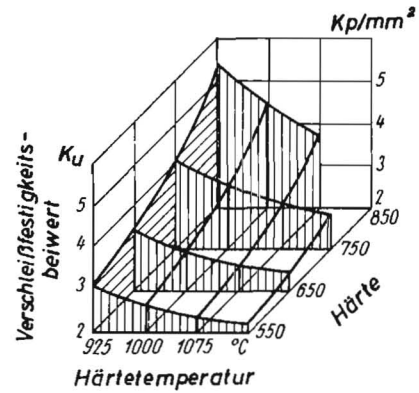


Bild 2: Einfluß der Härtetemperatur auf die Verschleißfestigkeit des Stahls Ch6F1

- $1,50$  bis  $1,70\%$  C;  $5,5$  bis  $7,0\%$  Cr;  $0,8$  bis  $1,2\%$  V;
- $0,50\%$  Mn;  $0,70\%$  Si;  $0,25\%$  Ni;  $0,03\%$  S;  $0,03\%$  P.

Die höchste Verschleißfestigkeit dieses Stahls erhält man, wenn bei Ofenerwärmung mit einer Härtetemperatur von  $900$  bis  $930^\circ$  und bei induktiver Schnellerwärmung von  $1030$  bis  $1050^\circ$  gearbeitet wird. Hierbei entsteht eine Martensit-Karbid-Struktur. Mit Erhöhung der Härtetemperatur sinkt die Verschleißfestigkeit (Bild 2). Dies erklärt sich in erster Linie durch das Auflösen der Karbide und nur in geringem Maße durch die Bildung von Restaustenit. Bei zu hoher Erwärmung sinkt die Verschleißfestigkeit des Stahls Ch6F1 so sehr, daß zweischichtige Schare aus den Stählen Ch6F1 und  $50$  oder  $L 53$  nicht mehr selbstschärfend sind.

Der Stahl Ch6F1 hat einen hohen Gehalt an Legierungsbestandteilen und ist schwieriger herzustellen und zu walzen als Kohlenstoffstahl. Aus diesem Grunde wird er beim Herstellen von Verbundwalzgut nur an den dem Verschleiß unterworfenen Stellen verwendet.

Zur Zeit beherrscht man noch nicht das Herstellen von Verbundwalzgut mit veränderlichem Profil, und es ist nur möglich, Verbund-Stahlblech oder Verbund-Formprofilstahl mit in der Länge gleichbleibendem Querschnitt zu walzen. Derartige Walzgut kann für meißelförmige Schare, die an der Spitze verstärkt sind, nicht verwendet werden; ist aber für das Fertigen von trapezförmigen Scharen von Pflugkörpern mit herauschiebbarem Meißel und schwach belasteten Scharspitzen gut brauchbar.

Für das Fertigen von zweischichtigen Scharen wird ein Walzprofil (Bild 3) mit einer  $33 \text{ mm}$  breiten und  $1,5$  bis  $0,4 \text{ mm}$  dicken Schicht aus dem Stahl Ch6F1 vorgeschlagen. Bei einer derartigen Dicke der schneidenden Schicht ist die rückseitige, sich durch den Verschleiß bildende Fase, die gewöhnlich die Nutzungsdauer der Schare begrenzt, nicht breiter als  $3 \text{ mm}$ . Dadurch ist die hochdrückende Bodenkraft [7] verhältnismäßig gering und das Schar kann ohne Instandsetzung bis zum völligen Verschleiß verwendet werden. Im vorgeschlagenen Profil nimmt der Stahl Ch6F1  $6$  bis  $9\%$  des Querschnitts ein. Man hat ein Zwillingprofil gewählt, um den bei großem Dickenunterschied von Scharrücken und Scharsschneide durchzuführenden Walzvorgang zu vereinfachen.

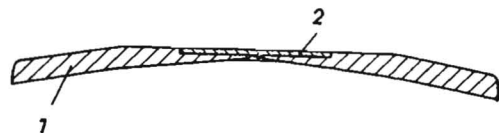


Bild 3: Querschnitt eines Pflugschar-Verbundstahlbandes von doppelter Breite

- 1 = Tragender Stahl L53
- 2 = Schneidender Stahl Ch6F1

Das Zwillingsprofil wird vom Kuznecker metallurgischen Kombinat hergestellt, das von 1963 bis 1966 mehr als 400 t derartigen Walzgutes nach der Technologie des „Gußeisenplattierens“ lieferte. Dieses Verfahren besteht darin, daß ein auf einem Blockwalzwerk gewalzter Stab aus dem Stahl Ch6F1 mit einem Querschnitt von 175 × 205 mm in eine Gußform gelegt wird, in die man Stahl L 53 gießt, worauf der erhaltene Gußblock in üblicher Weise gewalzt wird. Die beiden Schichten werden während ihrer gemeinsamen plastischen Verformung miteinander verschweißt. Das Walzgut wird ausgeglüht, um der Ch6F1-Stahlschicht eine Härte von nicht mehr als 250 HB zu geben, wodurch beim kalten Trennen Ausschluß vermieden wird. Die Technologie der mechanischen Bearbeitung von Scharen aus Verbundstahl unterscheidet sich nicht von der Technologie des Herstellens einschichtiger Schare.

Die Wärmebehandlung zweischichtiger Schare hat einige Besonderheiten, weil so gehärtet werden muß, so daß die schneidende Schicht eine Härte von mindestens 750 kp/mm<sup>2</sup> (59 HRC) und die tragende Sicht von höchstens 250 HB erhält.

Um die Härtetemperaturen zweischichtiger Teile zu ermitteln, kann man die wärme kinetischen Schaubilder vereinen, welche die Zustandsänderungen beider Stähle bei ununterbrochener Kühlung wiedergeben. Die kritische Härtungsgeschwindigkeit des Stahls Ch6F1 wird durch die Beständigkeit eines Austenits im Intervall der Bainit-Umwandlung („Bainit“ = „Zwischenstufengefüge“) (unterhalb 350°) bestimmt und für das Härten mit Bildung von Martensit ist eine Geschwindigkeit von etwa 20 Grad/s erforderlich. Allerdings enthält man beim Kühlen mit einer derartigen Geschwindigkeit in den Stählen 50 oder L 53 eine Härte von mehr als 350 kp/mm<sup>2</sup>, wodurch der Unterschied in den Verschleißfestigkeiten beider Schichten verringert und die Fähigkeit des Selbstschärfens verschlechtert wird. Die für das Selbstschärfen zulässige Härte der tragenden Schicht wird bei einer mittleren Kühlgeschwindigkeit von weniger als 15 Grad/s erreicht, jedoch erfolgt dann im Stahl Ch6F1 eine teilweise Bainit-Umwandlung mit Verringerung der Härte und Verschleißfestigkeit unter die Werte, die man beim Härten unter Bildung von Martensit erhält.

Daher kann bei stetigem Abkühlen in einem beliebigen Kühlmittel die Kombination der Stähle 50 und Ch6F1 niemals die erforderlichen Unterschiede in der Härte und Verschleißfestigkeit der Schichten ergeben. Die für das Selbstschärfen erforderlichen Härten und Strukturen der Schichten können nur durch Abkühlen mit veränderlicher Geschwindigkeit erhalten werden. Im Temperaturbereich über 400 bis 500° kann die Abkühlgeschwindigkeit sehr gering sein (2 bis 15 Grad/s), aber unter diesen Temperaturen muß man schneller abkühlen (z. B. in Wasser), um die Bainit-Umwandlung im Stahl Ch6F1 zu unterdrücken.

Bei den Vorarbeiten für die Produktion von Scharen aus Verbundwalzgut im Werk „Altajsel'maš“ stellte man fest, daß beim Abblasen der Schare mit einer Kühlgeschwindigkeit von 12 bis 14 Grad/s bis zum Erreichen der Raumtemperatur die Härte der „schneidenden“ Schicht zwischen 477 und 601 HP (534 bis 746 kp/mm<sup>2</sup>) lag, während beim Ab-

kühlen in Wasser nach Erreichen einer Temperatur von 500° die Härte auf 601 bis 633 HB (746 bis 867 kp/mm<sup>2</sup>) stieg. Die Härte der „tragenden“ Schicht war hierbei nicht höher als 229 HB, was den Bedingungen des Selbstschärfens entspricht. In den Jahren 1946 bis 1965 wurde vom Werk „Altajsel'maš“ eine Partie von Pflügen geliefert, die mit zweischichtigen Scharen und herauschiebbaren Meißeln ausgerüstet waren. Diese Pflüge wurden staatlich in der Neuland-, der Sibirischen-, der Altai-, der Wolgaterterritorium- und der Südkrainischen Maschinenprüfstation geprüft. Nach den Ergebnissen der Prüfungen ist die Selbstschärfung bei diesen zweischichtigen Scharen gut und es können mit ihnen bis zum völligen Verschleiß 80 bis 100 ha gepflügt werden, was ungefähr der Jahresarbeit eines Pflugkörpers entspricht. Unter den gleichen Bedingungen liegt die Nutzungsdauer eines selbstschärfenden meißelförmigen Scharns mit einer aufgeschweißten Schicht aus Sormait-1 bei 37 bis 76 ha, d. h. sie ist um 32 bis 55 % geringer als die Nutzungsdauer der gewalzten zweischichtigen Schare. Mit einschichtigen meißelförmigen Scharen P-702 aus Stahl L 53 und örtlicher Härtung auf eine Härte von 477 bis 653 HB können unter den gleichen Bedingungen nur 15 bis 25 ha bei vier- bis sechsmaligem Strecken gepflügt werden.

Angesichts einer derartigen langen Nutzungsdauer der gewalzten zweischichtigen Schare auf den neuen Pflugkörpern hat die Unionsvereinigung „Sel-hoztehnika“ sie für die Serienfertigung empfohlen. Die lange Nutzungsdauer der Schare aus Verbundwalzgut beruht nicht nur auf der hohen Verschleißfestigkeit des Stahls der schneidenden Schicht, sondern auch auf der günstigen Form des Schneidenquerschnitts, durch die erreicht wird, daß auch bei großem Scharverschleiß die Dicke der Schneidkante gering bleibt. Bei normalem Schar-Walzgut läßt sich eine derartige Querschnittsform nur schwer herstellen. Deswegen haben aus solchem Walzgut hergestellte mit Auftragsschweißung behandelte Schare trotz der hohen Verschleißfestigkeit des aufgetragenen Hartmetalls eine geringere Nutzungsdauer.

Verbundwalzgut kann für Teile, die aus Blech gepreßt werden, nur mit einigen Einschränkungen verwendet werden, die dadurch begründet sind, daß das Werkstück nur von einer Seite bearbeitet werden kann, während sich bei der Auftragsschweißung beide Seiten mechanisch bearbeiten lassen.

Aus diesem Grunde war es nicht möglich, bei der Herstellung von Grubberzinken aus Verbundstahl den Keilwinkel kleiner als 15° zu halten, während mit Auftragsschweißung hergestellte Grubberzinken einen Keilwinkel von 6° haben. Im Endergebnis war die Selbstschärfung bei den Verbundstahl-Grubberzinken schlechter als bei den Zinken mit aufgeschweißter Hartmetall-Schicht, und sie waren gegenüber diesen nicht konkurrenzfähig.

Gute Ergebnisse erzielte man auch bei ersten Prüfungen von gewölbten Schälplugscheiben, die aus Verbundstahlblech mit einer Schicht aus Stahl Ch6F1 von 1 mm Dicke und einer Schicht aus Stahl 50 von 3 mm Dicke bestanden. Diese Zweischicht-Scheiben haben eine gute Selbstschärfung und ihr Verschleiß beträgt nur 1/3 bis 1/4 des Verschleißes gewöhnlicher gehärteter Scheiben aus Stahl 65 G.

#### Schrifttum:

- [1] RABINOVIC, A. S.: Selbstschärfende Pflugschare und andere bodenschneidende Teile. Moskau, Büro für technische Information des „GOSNITI“, 1962
- [2] TRACEV, N. V.: Verschleiß und Erhöhung der Nutzungsdauer der Arbeitswerkzeuge von Bodenbearbeitungsmaschinen, Moskau „Mašinstroenie“, 1964
- [3] Pflugschare, die sich selbst schärfen, „Schlepper und Landmaschine“, 1963, Nr. 11
- [4] FEUERLEIN, W.: Die Pflüge auf der DLG-Ausstellung. „Landmaschinenmarkt“, 1964, Nr. 15
- [5] RABINOVIC, I. P. und ROZENBAUM, A. N.: Labor-Verschleißuntersuchungen von Schar-Baustoffen, Artikelsammlung „Erhöhung der Verschleißfestigkeit von Scharen“, Moskau, Mašgiz, 1956
- [6] ROZENBAUM, A. N.: Schneidverschleiß im Boden. Artikelsammlung „Erhöhung der Nutzungsdauer der Arbeitswerkzeuge von Bodenbearbeitungsmaschinen“, Moskau, Mašgiz, 1960
- [7] SINEOKOV, G. N.: Projektieren von Bodenbearbeitungsmaschinen. Moskau, „Mašinstroenie“, 1965

## Neues VDI-Haus in Düsseldorf

Der Verein Deutscher Ingenieure hat das neue VDI-Haus in Düsseldorf, Graf-Recke-Straße 84, bezogen. Im neuen VDI-Haus sind die Geschäftsstellen der VDI-Fachgliederungen, darunter die Fachgruppe „Landtechnik“, die Schriftleitungen der VDI-Zeitschriften, die Verwaltungsabteilungen, ferner die VDI-Bücherei mit Lesesaal, die VDI-Dokumentationsstelle, das VDI-Bildungswerk und der VDI-Verlag untergebracht.

# Zur Frage der Querstabilität von Schleppern mit angebautem Frontlader

Der vorliegende Aufsatz ist die Übersetzung eines Beitrages von Kandidat der technischen Wissenschaften R. S. GALADZEV, Ing. Ju. A. IGNATENKO, Ing. E. S. KATAR'JAN vom staatl. Sonderkonstruktionsbüro für Erntemaschinen, Rostow am Don, veröffentlicht in der sowjetischen Fachzeitschrift „Traktoren und Landmaschinen“ 1967, Heft 4, S. 27—29.

Die an die Radschlepper „Belarus“ anzubauenden Frontlader SNU-0,5 und SSR-0,5 haben zusammen mit dem Schlepper einen hochgelegenen Schwerpunkt. Daher hat auch bei geringen Fahrgeschwindigkeiten von  $v = 1,5 \text{ m/s}$  und unbedeutenden Feldunebenheiten die Frage der Querstabilität dieser Maschinen eine große Bedeutung für die Sicherheit des Bedienungspersonals.

Bei den Radschleppern ist die Vorderachse gelenkig am Fahrgestell angebracht, daher wird die Schlepperbasis durch das gegen die Horizontale geneigte Dreieck ACD (Bild 1) gebildet. Die Schlepper „Belarus“ sind mit Schwingungsbegrenzern ausgerüstet, die das Pendeln der Vorderachse auf 10 bis 12° beschränken. Bei langsamer seitlicher Neigung schlägt die Achse an die Begrenzer an und das Dreieck ACD verwandelt sich in das Auflagetrapez CDFE, wodurch die Querstabilität des Schleppers erhöht wird. Wenn jedoch der Schlepper mit hoch angehobener belasteter Ladeschwinde fährt, können unter ungünstigen Umständen so starke quer gerichtete Trägheitskräfte entstehen, daß die Schwingungsbegrenzer die erforderliche Stabilität und Gefahrlosigkeit der Bewegung nicht mehr gewährleisten. Das erklärt bekannte Fälle des Umkippen der Frontlader SSR-0,5.

Beim Frontlader SNU-0,5 ist eine Blockierung vorhanden, die die Vorderachsenanlenkung sperrt, wenn die Ladeschwinde über 3 m gehoben ist. Dann verwandelt sich das Auflagedreieck in ein Trapez, ohne daß die Vorderachse in der Vertikalebene zu schwenken braucht.

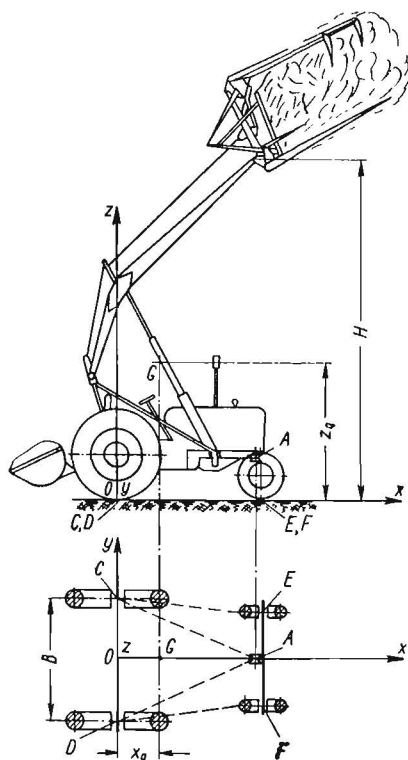


Bild 1: Schema der Stützelemente eines Schleppers mit angebautem Ladegerät.

Tafel 1: Grenzfälle der Schlepperlage für Frontladereinsatz

Nr. des Falles	Sperrung der Vorderachsenanlenkung	Lage des Hubladers	Koordinaten der Schlepperräder					
			Höhe der Vorderräder, mm		Neigungswinkel der Vorderräder, Grad	Höhe der Hinterräder, mm		Neigungswinkel der Hinterräder, Grad
			Linkes Rad	Rechtes Rad		Linkes Rad	Rechtes Rad	
I	Ohne Sperrung	Der Lader befindet sich auf einer geneigten ebenen Fläche, die sich um eine zur Schlepper-Symmetrieachse parallelen Gerade dreht.	558	69	19	630	0	19
II	"	Der Lader befindet sich auf einer geneigten ebenen Fläche, die sich um eine zur Projektion des Stützdreiecks parallelen Gerade dreht.	-	-	18	570	0	18
III	"	Der Lader befindet sich auf einer horizontalen ebenen Fläche, und das linke Hinterrad fährt zügig auf eine Erhöhung auf.	360	0	-	790	0	24
IV	"	Der Lader befindet sich so auf einer ebenen Fläche, daß sein Fahrgestell-Rahmen horizontal liegt. Unter dem linken Vorderrad befindet sich eine Erhöhung von 150 mm Höhe. Das rechte Vorderrad befindet sich über einer Grube. Das linke Hinterrad fährt zügig auf die Erhöhung auf.	350	250	22	590	0	18,5
V	Mit Sperrung	Das gleiche wie in Fall I.	680	84	23	760	0	23
VI	"	Der Lader befindet sich auf einer geneigten ebenen Fläche, die sich um eine zur Seitenlinie des Auflagetrapez parallele Gerade dreht. Entspricht den Fällen II und III.	590	0	23	754	0	23
VII	"	Der Lader befindet sich auf einer horizontalen ebenen Fläche. Das rechte Vorderrad befindet sich über einer Grube. Das linke Hinterrad fährt zügig auf eine Erhöhung auf. Der Fall entspricht dem Fall IV.	0	545	-	695	0	-

Unter Betriebsbedingungen können auf dem Schlepperweg verschiedene Bodenunebenheiten und Hindernisse vorhanden sein. Die Tafel 1 enthält für die Frontlader SNU-0,5 und SSR-0,5 besonders kennzeichnende Grenzfälle der Schlepperlage unter statischen Bedingungen. Die Werte in der Tafel sind zeichnerisch und rechnerisch ohne Berücksichtigung der Elastizität der Konstruktionsteile ermittelt worden.

Aus der Tafel folgt, daß die Fälle ohne Sperrung der Vorderachsenanlenkung für die Querstabilität am gefährlichsten sind. Man kann die Fälle I, II und IV als gleich gefährlich ansehen. Das bestätigt die weiter unten erfolgende Bewertung der Querstabilität der Frontlader in den Fällen I und V. Nur im Falle VI geht die Querstabilität des Schleppers mit gesperrter Vorderachsenanlenkung eher verloren als im entsprechenden Fall III ohne Sperrung (Fall VI — Höhe des linken Hinterrades 754 mm, Fall III — 790 mm). Jedoch sind die Fälle I, II und IV viel gefährlicher und übertreffen den Fall III.

Quantitativ kann die Querstabilität des Frontladers durch den Grenzwinkel der Querneigung bewertet werden (Fall I der Tafel). Statisch hängt dieser Winkel von den veränderlichen Koordinaten des Schwerpunktes sowie der Form und Größe der Auflagebasis ab. Bei Bewegung kommt noch eine Reihe von Trägheitskräften hinzu, die durch das Bremsen, durch einseitiges Auffahren auf Bodenhindernisse und beim Wenden entstehen.

Gleichzeitiges Wirken mehrerer ungünstiger Faktoren kann den Grenzwinkel der Querneigung wesentlich verringern.

Der Schwerpunkt des Frontladers wird infolge der vorhandenen Symmetrie nur durch die Koordinaten  $x$  und  $z$  angegeben. Die Projektion des Schwerpunktes auf die Ebene des Auflagedreiecks liegt verhältnismäßig nahe der Dreiecksspitze. Daher wird die Stabilität des Frontladers gefährdet, wenn sich die Schwerpunktprojektion sowohl nach vorne zur Dreiecksspitze als auch seitlich zu den Dreieckseiten verlagert. Wird die belastete Ladeschwinge gehoben, so ändern sich die Koordinaten des Schwerpunktes und folglich auch der Grenzwinkel  $\alpha$  der Querneigung (Bild 2). Bei  $H = H_{\max}$  ist  $\alpha$  am geringsten. Bei  $H = 3$  m ist die Ausladung der Ladeschwinge am größten ( $x = x_{\max}$ ). Daher ändert sich die Funktion  $\alpha_0(H)$  im Bereich  $3 < H < 6$  langsam und wächst bei  $H < 3$  stärker an.

Bei scharfem Bremsen oder beim Auffahren auf ein Hindernis kann die Verzögerung den Wert  $W \leq 3 \text{ m/s}^2$  erreichen. Die hierbei auftretende Trägheitskraft ist in Fahrtrichtung gerichtet und ihre horizontale Komponente beträgt

$$X \cong 0,3 G$$

Hierin ist  $G$  das Gesamtgewicht des Schleppers mit Lader.

Der Punkt, in dem die Verlängerung der Resultierenden aus den Kräften  $X$  und  $G$  die Ebene des Stützdreiecks schneidet, verlagert sich dabei in Richtung der  $x$ -Achse zur Dreiecksspitze, wodurch der Grenzwinkel der Querneigung abnimmt. Berechnungen ergaben, daß sich beim Lader SNU-0,5 ohne Sperrung der Vorderachslenkung der statische Grenzwinkel der Querneigung von  $\alpha_0 = 19^\circ$  auf  $\alpha'_0 = 11^\circ$  verringert, während bei gesperrter Anlenkung der Winkel  $\alpha_{sp} = 23^\circ$  auf nur  $\alpha'_{sp} = 22^\circ$  sinkt. Es ist also  $\Delta \alpha'_0 = 8^\circ$  und  $\Delta \alpha'_{sp} = 1^\circ$ .

Wesentlich ist auch der Einfluß der Trägheitskräfte, deren Komponenten in Richtung der  $y$ -Achse wirken. Je größer die Neigung der Fläche ist, auf dem sich der Lader befindet, um so geringer braucht die Querkomponente der Trägheitskraft in der  $y$ -Richtung zu sein, um den Lader umzuwerfen.

Der sich mit einer Geschwindigkeit bewegende Lader kopiert mit seinen Rädern die Bodenunebenheiten. Wenn er mit den Rädern der einen Seite in eine Bodenvertiefung hinein- oder auf ein Hindernis auffährt, neigt er sich mit

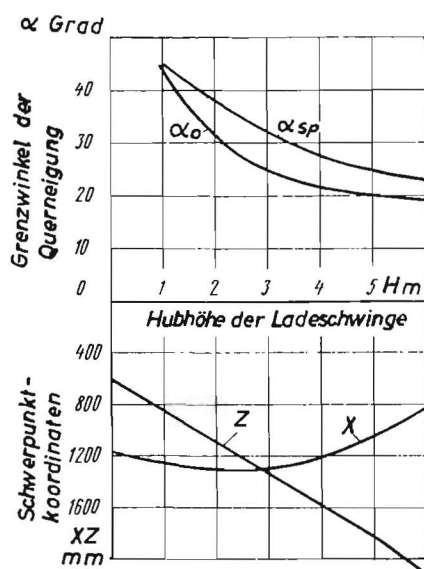


Bild 2: Statischer Grenzwinkel der Querneigung des Frontladers SNU-0,5 bei belasteter Ladeschwinge und Koordinaten des Schwerpunktes in Abhängigkeit von der Hubhöhe:

$\alpha_0$  = Grenzwinkel ohne Sperrung der Vorderachslenkung;  
 $\alpha_{sp}$  = Grenzwinkel mit Sperrung der Vorderachslenkung.

einer bestimmten veränderlichen Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  zur Seite. Das Kippmoment ist hierbei

$$M \cong Y z_G = J \varepsilon.$$

Hierin sind:

$J$  = auf die Kipplinie bezogenes Trägheitsmoment des Laders, das von der Lage der belasteten Ladeschwinge abhängt;

$\varepsilon$  = die Winkelbeschleunigung der in der Querebene erfolgenden Drehung des Laders.

Aus Bild 3 folgt:

$$d\varphi = \frac{dz(x)}{B};$$

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{1}{B} \cdot \frac{dz(x)}{dt} = \frac{y}{B} \cdot \frac{dz}{dx};$$

$$\varepsilon = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{1}{B} \cdot \frac{d^2z(x)}{dx^2} v^2 + \frac{dz(x)}{dx} \cdot \frac{dv}{dt}$$

Durch Näherung von  $z(x)$  an die Parabelgleichung

$$z = Ax^2$$

erhält man bei  $v \approx \text{const}$

$$\varepsilon = - \frac{2Av^2}{B};$$

$$Y = \frac{2AJv^2}{Bz_G}.$$

Unter normalen Bedingungen ist es durchaus möglich, daß am Ort des Beladens ein Boden-Feinrelief vorhanden ist, auf dem  $z = -0,1$  m bei  $x = 1$  m. Dann ist  $A = 0,1 \text{ m}^{-1}$ . Unter ungünstigen Bedingungen kann auch  $z = -0,2$  m bei  $x = 1$  m sein. Dann ist  $A = 0,2 \text{ m}^{-1}$ .

Untersuchungen haben ergeben, daß es gefährlich ist, die Frontlader SNU-0,5 und SSR-0,5 ohne Sperrung der Vorderachslenkung zu benutzen. Treffen ungünstige Umstände zusammen, so genügt bei ihnen bereits die geringe Neigung von  $1,5$  bis  $2^\circ$ , um sie umzukippen. Das bestätigen die bekannten Fälle des Umstürzens des Frontladers SSR-0,5 bei sehr geringen Bodenunebenheiten.

Der Einfluß der behandelten Faktoren auf die Querstabilität muß noch durch die Betrachtung des Einflusses der Elastizität des Bodens, der Reifen und einiger tragenden Teile des Hubladers ergänzt werden. Daher bestand die Endphase der Untersuchungen aus der experimentellen Kontrolle der Stabilität des Frontladers SNU-0,5, zunächst an einem fahrenden Modell und anschließend unter natürlichen Bedingungen. Es wurde ein Modell des Frontladers aus Holz und Metall im linearen Maßstab  $1 : 10$  und im entsprechenden Gewichtsmaßstab  $1 : 10^3$  gebaut. Die Lage des Modellschwerpunktes entsprach der Schwerpunktlage der realen Maschine. Mit Hilfe des Modells konnte eine große Anzahl der möglichen Varianten untersucht werden, bei denen die Stabilität sowohl mit als auch ohne Sperrung der Vorderachslenkung gefährdet war.

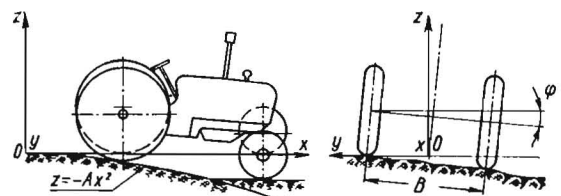


Bild 3: Querneigung der Hinterradachse des Frontladers beim Kopieren des Bodenreliefs.



Anschließend an die Modellversuche wurden Versuche mit einem an den Schlepper MTZ-5LS angebauten Frontlader SNU-0,5 durchgeführt. Es wurden die gefährlichsten Fälle des Verlustes der Querstabilität bei verschiedenen Geschwindigkeiten betrachtet. Um die Versuche ohne Gefahr durchführen zu können, wurde ein volles Umkippen des Schleppers dadurch ausgeschlossen, daß man spezielle herausragende Abstützungen verwendete, die vorher am Modell erprobt worden waren.

Der Verlust der Stabilität wurde nicht nur visuell festgestellt, sondern auch durch Kraftmessung mit Dehnungsmeßstreifen bestimmt, die auf die herausragenden Abstützungen und die Achsen der Vorder- und Hinterräder aufgeklebt waren. Die Fahrgeschwindigkeit wurde mit einem elektrischen Fahrwegschreiber festgestellt.

Die Versuche ergaben, daß in einer Reihe von Fällen die tatsächliche Querstabilität des Laders etwas größer war als die theoretisch errechnete, weil die Wirkung der angreifenden Kräfte infolge der Elastizität der Reifen und einiger Konstruktionsteile gemildert wurde.

Diese Versuche mit realen Maschinen bestätigen, daß der Einfluß dynamischer Faktoren auf die Stabilität von Frontladern richtig bewertet worden war und ermöglichen die Formulierung einiger Schlußfolgerungen.

## Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

1. Bei der Betrachtung der Querstabilität von Schleppern mit angebauten Frontladern SNU-0,5 und SSR-0,5 muß trotz der angewendeten geringen Fahrgeschwindigkeiten auch die Einwirkung dynamischer Faktoren berücksichtigt werden. Die dynamische Stabilität solcher Lader ist viel geringer als ihre statische Stabilität. Besonders gefährlich ist die Fahrt mit angehobener belasteter Ladeschwinge, beim Wenden mit Bremsen sowie beim Fahren über das Feld mit Geschwindigkeiten über 1,0 m/s und seitlichen Schwankungen.
2. Das Sperren der Vorderachsenlenkung bei über 3 m gehobener Ladeschwinge ist durchaus berechtigt und bei dynamischer Belastung besonders wirksam. Ohne Sperrung ist die Stabilität der Hublader SNU-0,5 und SSR-0,5 ungenügend.
3. Untersuchungen der dynamischen Stabilität mit realen Maschinen sind sehr schwierig. Mit Modellen werden ausreichend vergleichbare Werte erzielt und der materielle Aufwand sowie das Risiko der Maschinenbeschädigung bei Verlust der Stabilität auf ein Minimum reduziert.
4. Unter den untersuchten Fällen des Verlustes der Querstabilität von Frontladern wurden die gefährlichsten festgestellt; sie sollen in den Maschinenprüfstationen als Grundlage für die Kontrolle der statischen und dynamischen Stabilität dieser Maschinentypen verwendet werden.

## Wahl des regelbaren Ventilspiels von Dieselmotoren

*Der vorliegende Aufsatz ist die Übersetzung eines Beitrages von B. K. BALJUK und B. S. EREMENKO vom staatlichen Spezialkonstruktionsbüro für Motoren, veröffentlicht in der sowjetischen Fachzeitschrift „Traktor und Landmaschine“ 1966, Heft 12, S. 8—9.*

Die Einstellung des Ventilspiels von Verbrennungsmotoren wird von der Notwendigkeit bestimmt, die Wärmeausdehnung der kinematischen Kette des Ventilantriebs bildenden Teile zu kompensieren, und muß ein dichtes Anliegen des Ventils an den Ventilsitz gewährleisten. Das Ventilspiel wird in den meisten Fällen auf Grund bereits vorhandener Motorkonstruktionen gewählt [1]. Dies hat aber zur Folge, daß die Spiele des Ventilsystems eines warmgelaufenen Motors nicht den optimalen Werten entsprechen.

Für den Motor „SMD-14“ sind bei der Einführung eines vom Forschungsinstitut für Kraftfahrzeuge und Kraftfahrzeugmotoren NAMI entwickelten „stoßfreien“ Nockenprofils folgende Größen des Anfangsspiels der Ventile (bei kaltem Motor) gewählt worden: für Einlaßventile 0,4 mm; für Auslaßventile 0,45 mm. Um die Richtigkeit der getroffenen Wahl zu überprüfen (was sehr wichtig ist, um die Zuverlässigkeit der Konstruktion zu gewährleisten), wurden Versuche durchgeführt, mit denen der Charakter der Spieländerung bei fortschreitender Motorerwärmung bestimmt werden soll. Die Größe des Spiels wurde mit Hilfe von Oszillogrammen der Verformungen ermittelt, denen der Schwinghebel unter dem Einfluß der bei der Ventilarbeit auftretenden Kräfte unterworfen ist. Auf den Schwinghebel wurden 2 Dehnungsmeßstreifen geklebt, und zwar der eigentliche Dehnungsmesser und ein Ausgleichsdehnungsmesser. Das vom Meßgeber gesendete Signal wurde durch den Meßverstärker „8ANC-7M“ verstärkt und der Schleife des Schleifenoszillographen „N-102“ zugeführt. Auf dem Meß-Filmband wurden neben den Schwinghebel-Verformungen Zeitmarken mit einer Frequenz von 500 Hz vermerkt. Ein typisches Oszillogramm zeigt Bild 1.

Die Oszillogramme wurden mit einem Koordinaten-Instrumentalmikroskop mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,005$  mm be-

arbeitet. Bei der Auswertung der Oszillogramme wurde das Ventilspiel dadurch ermittelt, daß man die dem Oszillogramm zu entnehmende Zeitdauer zwischen Beginn und Ende des Ventilhubes durch die gleichfalls aus dem Oszillogramm ersichtliche Dauer einer vollen Nockenumdrehung dividierte. Aus dem erhaltenen Verhältnis wurde nach dem theoretischen Ventilhubdiagramm die Größe des tatsächlichen Spiels unter Berücksichtigung der elastischen Verformung der Antriebsglieder bestimmt.

Die Oszillogramme wurden am arbeitenden Motor, der in einem Prüfstand aufgestellt war, in folgender Reihenfolge aufgenommen. Das erste Oszillogramm nahm man am kalten Motor auf, der von einem Elektromotor mit 1700 U/min durchgedreht wurde. Danach wurde der Motor angelassen und in 4 bis 5 min auf die Nennleistung von 75 PS bei 1700 U/min gebracht. Danach wurden die Oszillogramme in Zeitabständen von 2 min bis zur vollen Erwärmung des Motors aufgenommen, die an der Stabilisierung der Temperaturen des Kühlwassers, der Auspuffgase, des Öls und des Zylinderkopfes selbst kontrolliert wurde.

Bild 2 zeigt die hierbei erhaltenen Kurven der Größenänderungen der Spiele des Einlaß- und Auslaßventils in Abhängigkeit von der Motorerwärmung. Die Auswertung dieser Kurven ergibt, daß das Spiel des Einlaßventils mit steigender Motorerwärmung größer wird und bei vollerwärm-

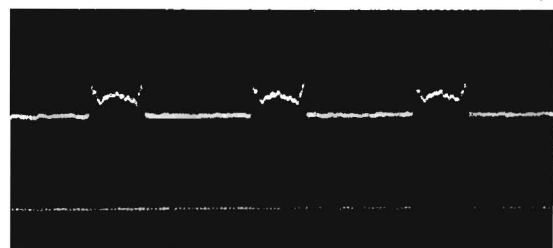


Bild 1: Typisches Oszillogramm der Schwinghebelverformung.

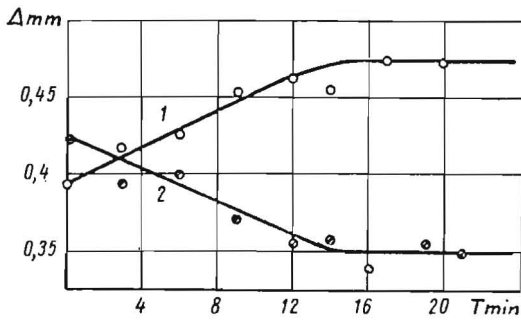


Bild 2: Veränderung der Größe des Ventilspiels in Abhängigkeit von der Motorerwärmung: 1 = Einlaßventil; 2 = Auslaßventil.

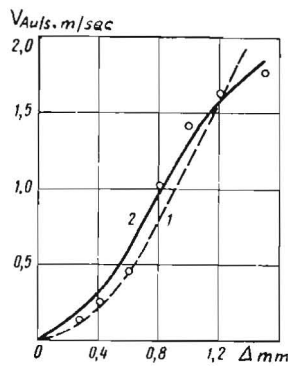


Bild 3: Einfluß des Ventilspiels auf die Ventil-Aufsetzgeschwindigkeit: 1 = theoretische Kurve; 2 = experimentelle Kurve.

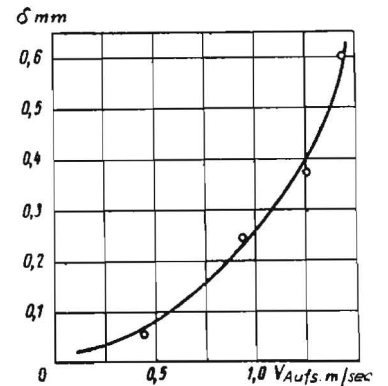


Bild 4: Abhängigkeit des Ventilsitzverschleißes von der Ventil-Aufsetzgeschwindigkeit.

tem Motor 0,07 mm größer ist als bei kaltem Motor; das Spiel des Auslaßventils verringert sich um 0,06 mm.

Die Vergrößerung des Spieles des Einlaßventils kann vermutlich dadurch erklärt werden, daß die relative lineare Dehnung der Teile der kinematischen Antriebskette kleiner ist als die Gesamtdéhnung des Motorblocks einschließlich Kurbelwellengehäuse und Zylinderkopf.

Auf Grund der erhaltenen Ergebnisse wurden die Ventilspiele des Motors „SMD-14“ verringert, und zwar bei den Einlaßventilen bis auf 0,25 mm und bei den Auslaßventilen bis auf 0,35 mm. Prüfstandsversuche ergaben, daß die Ventilspielverringern in keiner Weise die Kennzahlen der Motorarbeit beeinflussen, und daß sich die Temperaturen der Auslaßventile, trotz der Verringerung der für den Gasaustritt zur Verfügung stehenden Querschnitte, kaum erhöhten. (Die Temperatur betrug in der Mitte des Auslaßventiltellers bei Nennbetrieb 490 bis 510 °C.)

Wie bereits oben angedeutet wurde, wird durch Verringerung der Ventilspiele bis auf optimale Werte die Zuverlässigkeit der Konstruktion verbessert, weil die Stoßbelastungen sinken. Der Verschleiß des Ventilsitzes und der Ventilteller-Fase hängt hierbei hauptsächlich von der Geschwindigkeit ab, mit der das Ventil aufsetzt. In Literaturquellen [2] werden für diese Geschwindigkeit bestimmte Grenzwerte empfohlen, die vom Material des Ventils und des Ventilsitzes abhängen. Bei Grauguß-Ventilsitzen soll die Aufsetzgeschwindigkeit des Ventils 0,3 bis 0,4 m/s nicht übersteigen. Diese Empfehlungen beziehen sich auf die theoretische, vom Nockenprofil abhängende Aufsetzgeschwindigkeit. Da die tatsächliche Ventilbewegung vom theoretischen Ventilhubdiagramm abweicht, stimmen die tatsächlichen Werte der Aufsetzgeschwindigkeit mit den theoretischen nicht überein, so daß die genannten Empfehlungen entsprechend korrigiert werden müssen.

Am Motor „SMD-14“ wurde durch Aufnahme von Oszillogrammen die tatsächliche Aufsetzgeschwindigkeit des Ventils in Abhängigkeit von der Spielgröße im Ventilmechanismus und der Motordrehzahl bestimmt. Ferner wurde folgende analytische Abhängigkeit [3] für die Bestimmung der Ventil-Aufsetzgeschwindigkeit bei „stoßfreiem“ Nockenprofil abgeleitet:

$$V_{Aufs} = V_0 + \frac{\pi W_{max}}{2\omega\Phi} \left[ \frac{A - A_0 + z_0}{\frac{V_0}{\omega} + \frac{\pi W_{max}}{\omega^2\Phi}} \right]^2 \quad [\text{cm/sek}]$$

Hierin sind:

$V_0$  = die theoretische Ventilgeschwindigkeit am Ende der Nockenprofil-Kurve [cm/sek]

$\omega$  = Winkelgeschwindigkeit der Nockenwelle [1/sek]

$\nu$  = Geringste Eigenschwingungsfrequenz des Antriebs [1/sek]

$A$  = Größe des Spieles in cm

$A_0$  = Größe der durch die Wärme hervorgerufenen Veränderung des auf das Ventil bezogenen Spieles [cm]

$W_{max}$  = maximale theoretische Ventilbeschleunigung [cm/sek<sup>2</sup>]

$\Phi$  = Bereich der positiven Beschleunigung in Grad

$z_0 = \frac{P_0}{C_0}$  = Verformung des Antriebes unter dem Einfluß der Ventilsitzfederkraft [cm]

$P_0$  = Vorspannungskraft der Ventilsitzfeder [kp]

$C_0$  = auf das Ventil bezogene Härte (Steifigkeit) des Antriebs [kp/cm]

Bild 3 enthält die experimentellen und berechneten Kurven für die Änderung der Ventil-Aufsetzgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Größe des Ventilspiels bei 1700 U/min. Aus den Kurven ist zu ersehen, daß die tatsächliche Ventil-Aufsetzgeschwindigkeit die zulässige erheblich übertrifft. Die Spielvergrößerung äußert sich demnach merklich in der Erhöhung der Aufsetzgeschwindigkeit.

Unter Berücksichtigung des Dargelegten wurde der Einfluß der Ventil-Aufsetzgeschwindigkeit auf den Ventilsitzverschleiß experimentell untersucht. Bei diesen Verschleißuntersuchungen wurde die Aufsetzgeschwindigkeit des Ventils durch Änderung der Ventilspielgröße und der Nockenwellendrehzahl eingestellt.

Bild 4 zeigt die ermittelte Abhängigkeit des Ventilsitzverschleißes von der Ventil-Aufsetzgeschwindigkeit. Aus den Versuchsergebnissen folgt, daß die Ventilaufsetzgeschwindigkeit bei sonst gleichen Bedingungen wesentlich auf den Verschleiß des Ventilsitzes und der Ventilteller-Fase einwirkt.

Durch das Verringern des Ventilspiels im Motor „SMD-14“ und durch die Gewährleistung konstanter Ventilspiele während der Motorarbeit kann die Lebensdauer der Verbindung von Ventilteller-Fase und Ventilsitz erhöht werden.

#### Schrifttum:

- [1] ORLIN A.S., VYRUBOV D.N. u.a.: Verbrennungsmotoren, Band II, Moskau, Mašgiz, 1962.
- [2] VIHERT M.M., DOBROGAEV R.P. u.a.: Konstruktion und Berechnung von Schleppermotoren, Moskau, Mašgiz 1957.
- [3] VAHEL', V.JU. und BALJUK B.K., Bestimmung der Ventil-Aufsetzgeschwindigkeit, „Traktory i Sel'hozmašiny“, 1963, Nr. 8.

# Bodendichte und Bodenspannung beim Pflügen

Der vorliegende Aufsatz ist die Übersetzung eines Beitrages von Ju. F. Novikov, aus der sowjetischen Zeitschrift „Mechanisierung und Elektrifizierung“ 1966, Heft 11, S. 8—11.

Durch das Pflügen entsteht im Boden ein komplizierter Spannungszustand: Zuerst wird der Boden mehr oder weniger stark zusammengedrückt und anschließend zerbröckelt. Die Art des Zerbröckelns hängt von den physikalischen Eigenschaften des Bodens ab, die sich in dem Maße ändern, wie sich der Bodenbalken über das Streichblech bewegt. Hierbei sinkt insbesondere die Dichte.

Wir haben zusammen mit dem Ingenieur A. G. KARAPETJAN für das Messen der im Boden entstehenden Spannungen einen Dreikomponenten-Meßwertgeber entwickelt (Bild 1), der bei Bodenfeuchten bis 30 % stabile Werte gibt. Der Meßwertgeber hat Würfelform und besteht aus Kunststoff. Auf drei Würfelseiten sind in Nuten Meßkörper von  $30 \times 15 \times 8$  mm Größe untergebracht. Wenn es erforderlich ist, Spannungen in einem kleinen Bodenvolumen zu messen, können diese Meßkörper ohne Kunststoffwürfel direkt in den Boden gelegt werden. Der Meßkörper besteht aus zwei Schwammgummiplatten mit einem zwischen ihnen eingeklebten Dehnungsmeßstreifen von 22 mm Länge und 200 Ohm Widerstand. Die obere Schwammgummiplatte ist an einen dünnen Stahlstreifen angeklebt. An die Mitte des Stahlstreifens liegt ein kegelförmiger Stift an, der an der Mitte einer Membran befestigt ist, die eine Fläche des Kunststoffwürfels bildet. Mit Hilfe dieses Stiftes wird der Bodendruck auf den Meßkörper übertragen. Dank dieser Ausführung hängen die Meßwertgeber-Anzeigen nicht von der Stelle ab, an die die Belastung an der Membran angreift. Der Würfel ist mit einer dünnen Gummihaut klebt, die das Eindringen von Erde in die Meßkörper verhindert. Der Meßwertgeber ist über ein dünnes, vieladriges Kabel mit einer Klemmleiste verbunden, die die Abgleichwiderstände der Meßbrücken trägt. Die Klemmleiste wird während des Versuchs in der Nähe der Meßstelle untergebracht, z. B. auf der Böschung einer vorher gezogenen Furche. Der auf diese Weise gebildete Zweig der Meßbrücke wird über ein Koaxialkabel mit dem Verstärker 8-ANC verbunden. Die Signale werden vom Oszillographen N-107 aufgezeichnet.

Die Versuche wurden in der Bodenrinne des Rostower Instituts für Landmaschinenbau mit vorkaukasischer Schwarzerde durchgeführt, die eine Dichte von 17 bis 23  $\text{kp/cm}^2$  und eine absolute Feuchte von 12 bis 28 % besaß. Die Bodenoberfläche wurde geglättet und der Boden bis zur erforderlichen Dichte angewalzt. Anschließend wurde eine erste Furche gezogen. Danach wurde in einem bestimmten Abstand von der Furchenwand mit einem Bohrer ein Loch in den Boden gebohrt, in das man den Meßwertgeber hineingesteckt hatte. Dann wurde der Boden festgestampft. Die Verteilung der

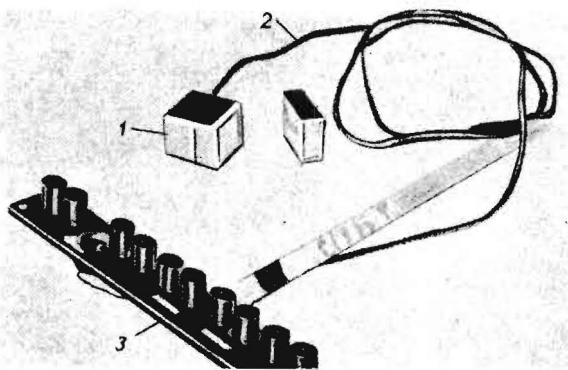


Bild 1: Dreikomponenten-Meßwertgeber für das Messen der im Boden entstehenden Spannungen: 1: Meßwertgeber; 2: Kabel; 3: Klemmleiste.

Meßwertgeber im Querschnitt des Bodenbalkens ist in Bild 2 gezeigt. Gepflügt wurde mit verschiedenen Streichblechen — von genau zylindrischen bis zu wendelförmigen — mit Geschwindigkeiten zwischen 0,5 und 9 km/h.

Bild 2 enthält die Linien der im Bodenbalken längs der drei Koordinatenachsen vor dem sich bewegenden Pflugkörper entstehenden Normalspannungen. Aus dem Diagramm ist zu ersehen, daß den größten absoluten Wert in der Regel die Spannungen erreichen, die in Richtung der Pflugbewegung (Z-Achse) wirken. Mit abnehmender Tiefe werden die Spannungen  $P_z$  schnell geringer. Ähnlich ändert sich  $P_y$  mit wachsendem  $x$ , obgleich die Verringerung hier nicht so stark ist. Mit wachsendem  $y$  wird die Spannung  $P_z$  größer, während die Veränderung von  $x$  auf sie keinen Einfluß hat. Die Spannung  $P_x$  ist, solange der Meßwertgeber vom Streichblech noch nicht erfaßt worden ist, gewöhnlich gering, bleibt bei sich änderndem  $y$  ungefähr konstant, um mit wachsendem  $x$  zunächst anzusteigen und danach, am Rande des Bodenbalkens, wieder zu fallen. (Diese Aussagen im Text stimmen mit den Kurven von Bild 2 nicht völlig überein. Der Übersetzer.) Diese Verteilung der Spannungen vor dem Pflugkörper, die von uns innerhalb eines großen Feuchtebereichs (10 bis 28 %) und eines großen Dichtebereichs festgestellt wurde, tritt bei allen untersuchten Streichblechformen auf.

Die festgestellten Gesetzmäßigkeiten der Verteilung der Normalspannungen im Boden können nach unserer Meinung in folgender Weise erklärt werden. Kurz bevor der Bodenbalken auf das Streichblech gelangt und von ihm zerkrümelt wird, wirkt auf ihn von allen Seiten ein starker Druck. Im Boden bildet sich vor dem Pflugkörper ein verdichteter Kern mit einer Zone maximaler Spannung in der Ebene der Scharschneidenbewegung. Wenn der Bodenbalken dadurch zerkrümelt werden würde, daß einzelne Stücke spröde abgerissen werden, während der Bodenbalken vom Streichblech gebogen wird [1], so müßten die oberen Schichten zusammengedrückt und die unteren gedehnt werden. Es würde sich dann eine andere Spannungslinie  $P_z$  ergeben als wir ermittelt haben. Daher nehmen wir an, daß die beim Pflügen auftretenden und den Bodenbalken zerkrümelnden Verformungen von der Art der örtlichen Spannungen im Gebiet des verdichteten Kerns abhängen und sowohl Zug- als auch Schubverformungen sein können.

In der zweiten Versuchsreihe wurden die beim Pflügen mit verschiedenen Geschwindigkeiten im Bodenbalken entstehenden Spannungen gemessen. Bild 3 zeigt die Änderung der Gesamt-Normalspannung  $P$ , die nach folgender Gleichung bestimmt wird:

$$P = \sqrt{p_x^2 + p_y^2 + p_z^2}$$

Als Messungsbeginn wurde der Augenblick gewählt, in dem der Meßwertgeber auf das Zusammendrücken des Bodens vor dem sich bewegenden Pflug zu reagieren beginnt. Aus

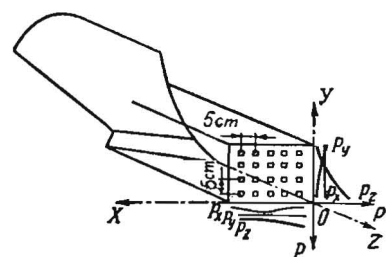


Bild 2: Spannungslinien im Bodenbalken-Querschnitt. (Bevor der Boden vom Streichblech erreicht wird.)

dem Diagramm ist zu ersehen, daß die Kurven für verschiedene Geschwindigkeiten von gleichem Typ sind. Die Versuche ergaben, daß dieser Charakter der Kurven auch beim Pflügen mit Pflugkörpern von anderer Form erhalten bleibt. Das erste Kurvenmaximum entspricht dem ersten Zusammendrücken und Krümeln des Bodenbalkens in dem Augenblick, in dem er vom Schar erfaßt wird. Die Krümelung erfolgt offensichtlich in einer gewissen Höhe über dem Schar. Dann bleibt während einer gewissen Zeit die Spannung konstant oder ändert sich nur unwesentlich. Nach diesem Abschnitt einer stationären Bewegung beginnt der Abschnitt des zweiten Zusammendrückens, der dem Zeitraum entspricht, in dem der Bodenbalken die auf der Furchenseite gelegene Kante des Streichblechs verläßt. Der verdichtete Bodenkern bewegt sich also nicht nur von der Scharsschneide, sondern auch vor der Kante des Streichblechendes, die ebenfalls Krümelungsarbeit verrichtet. Hierbei entsteht nach dem Zusammendrücken Schub und nicht Zug: Stellt man die *P*-Diagramme den Bewegungsbahnen des Bodens gegenüber, so ergibt sich, daß sich die Spannungen in dem das Streichblech verlassenden Bodenbalken ungefähr so verteilen, wie in Bild 2 dargestellt ist. Das wird auch durch das unmittelbare Messen der Verformung bestätigt [2].

Mit wachsender Pfluggeschwindigkeit steigen die dem ersten Zerbröckeln des Bodenbalkens vorhergehenden Höchstspannungen. Diese Erscheinung entspricht der früher festgestellten Tatsache, daß die Bodenfestigkeit bei Druck oder Schub mit steigender Verformungsgeschwindigkeit wächst. Während der stationären Bewegung hängen die Spannungen wenig von der Geschwindigkeit ab, weil sich die Geschwindigkeit des Bodens auf dem Streichblech nur geringfügig ändert und die Trägheitskräfte annähernd konstant bleiben. Es konnte in dem Gebiet, in dem der Bodenbalken das Streichblech verläßt, keine ausgeprägte Abhängigkeit zwischen *P* und *v* festgestellt werden.

Untersuchungen der Bodenverformung [2] und Messungen der Bodendichte während des Pflügens ergaben, daß der vom landseitigen Teil des Pflugkörpers zerbröckelte Bodenbalken während einer stationären Bewegung über den mittleren Teil des Streichblechs und den Streichblechflügel nur wenig gelockert wird. Jedoch konnten mit dem verwendeten Meßgeber die geringen Spannungsschwankungen nicht aufgenommen werden, die durch die Bodenlockerung auf diesem Teil des Streichblechs entstehen. Es sei hier bemerkt, daß der beschriebene Charakter der Spannungsänderung im Boden mit den Gesetzmäßigkeiten der Druckverteilung auf der Pflugkörper-Oberfläche [3] und mit Ergebnissen von Bodendichtemessungen gut übereinstimmen.

Bei dem Gerät zur Bestimmung der Bodendichte während des Pflügens wird der Boden mit Gamma-Strahlen durchleuchtet. Bekanntlich werden diese Strahlen von einem homogenen Stoff nach folgendem Gesetz absorbiert:

$$I = I_0 e^{-\mu h}$$

Hierin ist:

*I* [Imp/s] = die Aktivität der durch Luft gehenden Strahlung;

*I*<sub>c</sub> [Imp/s] = die Aktivität der Gamma-Strahlen nach dem Durchgang durch den absorbierten Stoff;

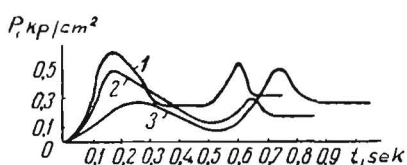


Bild 3: Änderung der Normalspannungen im Boden während seiner Bewegung auf der Schar- und Streichblech-Oberfläche:  
1: *v* = 2,0 m/s; 2: *v* = 1,4 m/s; 3: *v* = 0,7 m/s.

*h* [cm] = Schichtdicke des absorbierenden Stoffs;

*μ* [cm<sup>-1</sup>] = linearer Absorptionskoeffizient.

Gewöhnlich benutzt man den Absorptionskoeffizienten der Masse *μ'* = *μ* : *ρ*, der sich nur in Abhängigkeit von den Versuchsbedingungen ändert (die Dichte des Stoffes hat auf ihn keinen Einfluß). Wenn *μ'* für die vorliegenden Versuchsbedingungen bekannt ist, so ist

$$\rho = \frac{\mu}{\mu'} = \ln \frac{I_0}{I : \mu' h}$$

Für die Bodendichtemessungen wurde das Isotop TU 170 mit einer Aktivität von 6,5 MeV gewählt. Bild 4 enthält das Schema des von uns entwickelten Bodendichtemessers. Der Durchmesser des Bleistopfens 12 und der Patrone mit der Strahlungsquelle 13 ist etwas kleiner als der Innendurchmesser der Bleikammer 7 und der Sonde 2, jedoch größer als der Durchmesser der Bohrung in der Scheibe 8. Dadurch kann die Strahlung nicht durch die Zwischenräume zwischen den Bleiteilen hindurchgehen, wenn die Strahlungsquelle hochgehoben und in die Aufbewahrungsstellung übergeführt worden ist. Bei dieser Stellung wird der Stab 10 vom Splint 11 festgehalten, die untere Öffnung der Bleikammer mit der Blei-Abdeckplatte 4 geschlossen und das Gerät versiegelt. Für das Messen wird die Sonde, die aus einem Rohr mit einer kegelförmigen Spitze besteht, durch Druck auf den Griffbügel 9 so weit in den Boden versenkt, bis die Platte 3 den Boden berührt. Dann wird die Strahlungsquelle mit Hilfe des Stabes 10 in die Sonde eingeführt. In dieser Stellung durchdringen die Gamma-Strahlen den Boden (Strich-Punkt-

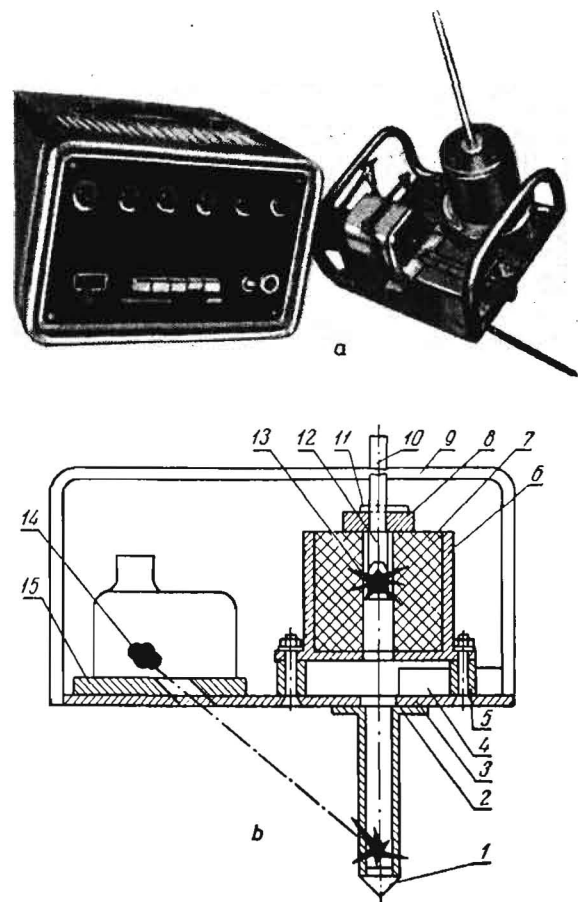


Bild 4: Isotopen-Dichtemesser:

a: Gesamtansicht (links der Impulsformierer); b: Schema

1: kegelförmiger Ansatz; 2: Sonde; 3: Bodenplatte; 4: Blei-Abdeckplatte; 5: Untersatz; 6: Stahlzylinder; 7: Bleikammer; 8: Bleischeibe; 9: Griffbügel; 10: Stab; 11: Splint; 12: Bleistopfen; 13: Strahlungsquelle; 14: Zähler STS-5; 15: Bleischirm.



## Graf Medem ausgezeichnet

GRAF MEDEM, der langjährige Betreuer des Versuchsbetriebes „Esso-Hof“ in Dethlingen, der Initiator des „Landtechnischen Vereins in Bayern“, erhielt vom Bayerischen Staat die Silberne Staatsmedaille verliehen. Damit hat ein für die Praxis und für die Wissenschaft gleichermaßen verdienstvoller Mann eine besondere Würdigung erhalten.

Sein liebenswürdiges, aber doch immer auch eindringliches Wesen haben ihm viele Freunde beschert. Es waren viele Probleme, mit denen er sich in seiner langen Praxis zu beschäftigen hatte. Aber wo ihn auch sein Schicksal hinstellte, immer stand ihm ein Ziel vor Augen: aus den gegebenen Verhältnissen die moderne Technik zu wirkungsvollem Einsatz zu bringen. Möge GRAF MEDEM der Landtechnik noch lange so eng verbunden bleiben, wie er dies etwa in der MEG und im KTL zur Zeit ist.

## Ing. Heinrich Kamplade und Fabrikant Erwin Baas verstorben

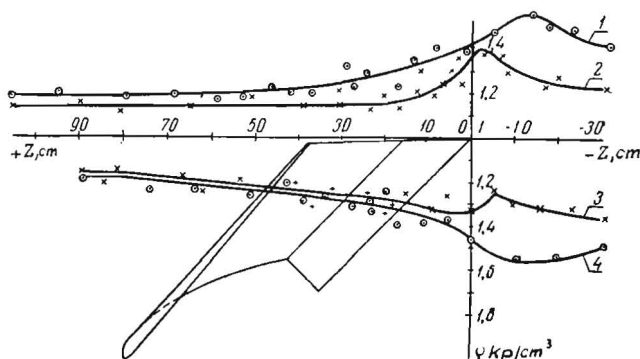
Die MEG teilt mit, daß sie wiederum zwei angesehene Mitglieder verloren hat. Im Alter von 65 Jahren verschied Ing. HEINRICH KAMPLADE. Er wurde vor allem durch seine Konstruktionen von Hackfruchtentmaschines, deren Entwicklung er bei den Firmen Lanz und Schmotzer grundlegend beeinflußt hat.

Fabrikant ERWIN BAAS wurde bekannt durch die Weiterentwicklung des Frontladers und dessen Anpassung an die Verhältnisse in der deutschen Landwirtschaft. Er starb im Alter von 60 Jahren am 11. 10. 67.

Die Max-Eyth-Gesellschaft trauert um diese beiden Männer der Landtechnik. Wir werden ihr Wirken noch ausführlicher würdigen.

Linie), gehen durch einen Spalt im Bleischild 15 hindurch und werden von den Zählern 14 empfangen, die auf einer Platte des Strahlungsmeßgerätes BGS-3 montiert sind. Die von den Zählern aufgenommenen Impulse werden dem Impulsformer PS-20 zugeführt.

Das Gerät wurde in folgender Weise geeicht: In eine Kiste von 18 × 18 × 18 cm Größe wurde in kleinen Mengen Boden eingeschüttet, den man schichtweise nach Markierungen an den Kastenwänden verdichtete. Das ergab eine gleichmäßige Dichte aller Schichten. Die Dichte wurde zusätzlich mit dem vom Unionsforschungsinstitut für den Landmaschinenbau VISHOM entwickelten Dichtemesser kontrolliert. Nach beendeter Probeprobereitung wurde die Schüttdichte (die im weiteren mit Dichte  $\rho$  bezeichnet werden soll) berechnet. Danach



**Bild 5: Änderung der Bodendichte längs des Pflugkörpers:**  
 1 und 2: mit liegender Streichblechform („Halbwendelform“);  
 $(\beta_0 = 1,42 \text{ und } 1,23 \text{ kp/cm}^3)$ ;  
 3 und 4: mit mittelsteilem Streichblech;  $(\beta_0 = 1,35 \text{ und } 1,48 \text{ kp/cm}^3)$ .

wurde die Sonde in den Boden eingeführt und die Impulsanzahl  $I$  bestimmt. Die Versuche wurden für 4 bis 5 Sondenstellungen mit dreifacher Wiederholung durchgeführt. Danach wurde die Impulsanzahl  $I_0$  ohne absorbierenden Boden gemessen. Als Endergebnis ermittelte man den Masse-

Absorptionskoeffizienten  $\mu' = 0,0776 \begin{matrix} + 0,00224 \\ - 0,00126 \end{matrix}$ . Dadurch

konnten die Messungen mit einer Genauigkeit von etwa 3 % durchgeführt werden. Als Eichfunktion wurde folgende lineare Abhängigkeit ermittelt:

$$\rho = 0,952 \ln \frac{I_0}{I} - 1,045$$

Die Versuche wurde mit 2 Pflugkörpern durchgeführt, und zwar mit einem normalen Pflugkörper vom Pflug P-5-35 und einem Versuchspflugkörper von liegender Form („Halbwendelform“). Der Boden — vorkaukasische Schwarzerde — wurde durch gleichmäßige schichtweise Verdichtung vorbereitet. Die Dichte wurde mit einem normalen Bodendichtemesser gemessen. Die Pfluggeschwindigkeit war gering. Sowie der Pflugkörper die Mitte des vorbereiteten Bodenstreifens erreicht hatte, wurde er scharf abgebremst, wobei nach Anhalten des Pfluges Boden auf dem Streichblech verblieb. Die Bodendichte wurde zunächst vor dem Pflugkörper in einem großen Abstand von ihm bestimmt. Das ergab die Anfangsdichte  $\rho_0$ . Danach bestimmte man sie im Wirkungsbereich des landseitigen Streichblechteils und des Streichblechflügels und zuletzt hinter dem Pflug in der Furche. Es wurde ferner der Abstand des Meßpunktes von der Scharspitze in der Bewegungsrichtung des Pfluges gemessen. Die Ergebnisse sind in Bild 5 wiedergegeben: Die unteren Kurven gelten für den mittelsteilen Pflugkörper des Pfluges P-5-35 und die oberen für den Versuchskörper mit liegender Form. Der Charakter der erhaltenen Kurven ist im allgemeinen der gleiche.

Bevor der Boden vom Pflugkörper erreicht und gekrümelt wird, entsteht auf ihm ein bestimmter Druck, der sich durch die Erhöhung von  $\rho$  an der Scharspitze bemerkbar macht. Danach fällt die Dichte stark. Das beweist, daß die Hauptkrümelarbeit am vorderen Teil des Pflugkörpers erfolgt. Der Bodenbalken wird bei seiner weiteren Bewegung auf der Oberfläche des Streichblechs von liegender Form fast gar nicht gekrümelt, während die Dichte  $\rho$  beim mittelsteilen Pflugkörper weiter abnimmt, jedoch nicht so stark wie am landseitigen Teil des Pflugkörpers. Die Versuche haben ergeben, daß beim mittelsteilen Streichblech fast die ganze Oberfläche an der Krümelung teilnimmt, während das liegende Streichblech hauptsächlich die Aufgabe hat, zu führen und als Förderfläche zu dienen.

Alle Messungen wurden bei normaler Bodenfeuchte von 17 bis 20 % durchgeführt. Die Anfangsdichte von 1,35  $\text{kp/cm}^3$  wurde bei einer Feuchte von 14 % erhalten. (Unter „Bodendichte“ wird hier nicht der physikalische Begriff Dichte, gemessen in  $\text{g/cm}^3$  verstanden, sondern der Widerstand des Bodens, den er dem Eindringen eines harten Gegenstandes entgegensetzt. Der Übersetzer.) Ein solcher Boden zerspringt bei der Bearbeitung stark, ist wenig formbar und spröde. Diese Bodeneigenschaften hatten eine etwas andere Form der Kurve  $\rho = f(z)$  zur Folge (Bild 5): Vor dem Pflugkörper ließ sich eine ausgeprägte Verdichtung nicht feststellen. (Die Dichtemessungen wurden gemeinsam mit dem Laboratorium für industrielle Isotopenverwertung des Rostower Forschungsinstituts für die Technologie des Maschinenbaus durchgeführt.)

## Schrifttum:

- [1] SINEOKOV, G.N.: Dissertation „Der bei der Bodenbearbeitung auftretende Bodenwiderstand“.
- [2] NOVIKOV, Ju.F. und M.P. BYSTROV: Bodenverformungen beim Pflügen. Thesen der Vorträge auf der wissenschaftlich-technischen Konferenz über Fragen der Konstruktion, Technologie, Güte und Nutzungsdauer von Landmaschinen und Schleppern. Rostow am Don, 1965.
- [3] NOVIKOV, Ju.F.: Der Bodendruck auf die Streichblech-Oberfläche beim Pflügen. In der gleichen Veröffentlichung.

## INHALT

M. GÖHLICH, MAX BRÜBACH: Mischeffekt und Behälterinhalt bei Schleuderdüngerstreuern . . . . .	117
D. LUTZ: Wiegeeinrichtungen für landtechnische Untersuchungen . . . . .	120
RUDOLF FRANKE, REINHOLD STIMMING: Wachsende Anforderungen an die Schlepperhydraulik . . . . .	125
J. O. WENDEBORN: Zur Stufung der Fahrgeschwindigkeiten der Ackerschlepper . . . . .	129
HEINZ SPEISER: Zum Gedenken an WILLI KLOTH und CARL-HEINRICH DENCKER . . . . .	135
 <b>Rundschau</b>	
Verwendung von Verbundwalzgut für selbstschärfende Bodenbearbeitungswerkzeuge . . . . .	138
Zur Frage der Querstabilität von Schleppern mit angebautem Frontlader . . . . .	141
Wahl des regelbaren Ventilspiels von Dieselmotoren	143
Bodendichte und Bodenspannung beim Pflügen . . . . .	146
Max-Eyth-Gesellschaft . . . . .	148

### Anschriften

Prof. Dr.-Ing. H. GÖHLICH, Direktor des Institutes für Landtechnik der Technischen Universität Berlin, 1 Berlin 33, Zoppoter Straße 35  
 Dipl.-Ing. M. BRÜBACH, wiss. Assistent am Institut für Landtechnik der Technischen Universität Berlin, 1 Berlin 33, Zoppoter Straße 35  
 Dipl.-Ing. D. LUTZ, Assistent am Institut für Landtechnik der Justus-Liebig-Universität Gießen (Direktor: Prof. Dr. Wenner), 63 Gießen, Braugasse 7  
 Prof. Dr.-Ing. RUDOLF FRANKE, 61 Darmstadt, Martinstraße 31  
 Dipl.-Ing. REINHOLD STIMMING, 6308 Butzbach, Ostheimer Weg 11  
 Dipl.-Ing. J. O. WENDEBORN, Assistent am Institut für Schlepperforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode (Direktor: Prof. Dr. S. Rosegger), 3301 Braunschweig, Bundesallee 50

### Übersetzungen

Ing. HEINRICH TREUMANN, 7 Stuttgart-O, Pischekstraße 8 (Russisch)  
 MARLENE COSTISELLA, 753 Pforzheim, Kappelhofstraße 3 (Englisch)  
 ANNELESE WEIMANN, 6 Frankfurt, Feststraße 16 (Französisch)  
 ANTONIO RUIZ ALONZO, 7 Stuttgart 13, Neue Straße 123 (Spanisch)

**Herausgeber:** Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft, 6000 Frankfurt am Main, Zeil 65-69, Landmaschinen- und Ackerschlepper-Vereinigung im VDMA, 6000 Frankfurt-Niederrad, Lyonerstraße, und Max-Eyth-Gesellschaft zur Förderung der Landtechnik, 3401 Niedergandern 10.  
**Schriftleitung:** Prof. Dipl.-Ing. Dr. Heinz Speiser, 3 Hannover-Girchrode, Pirmasenser Straße 21, Telefon 52 23 38.

**Verlag:** Hellmut-Neureuter-Verlag, 8190 Wolfratshausen bei München, Telefon: Ebenhausen 53 20. Inhaber: Frau Gabriele Neureuter und Söhne, Verleger, Icking. Erscheinungsweise: sechsmal jährlich. Bezugspreis: je Heft 5,- DM zuzüglich Zustellungskosten. Ausland: 6,- DM. Bankkonten: Kreissparkasse Wolfratshausen, Konto-Nr. 23 82 und Deutsche Bank, München, Konto-Nr. 19/37 879, Postscheckkonto: München 83 260.

**Druck:** Verlag W. Sachon, Graphischer Betrieb, 8948 Mindelheim, Schloß Mindelburg.

Verantwortlich für den Anzeigenteil: Ursula Suwald.

Anzeigenvertretung für Nordwestdeutschland und Hessen: Geschäftsstelle Eduard F. Beckmann, 3160 Lehrte/Hannover, Postfach 127, Telefon 22 09.

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung, vorbehalten. Für Manuskripte die uns eingesandt werden, erwerben wir das Verlagsrecht.

## Berichte über Landtechnik

Herausgeber: Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft, 6 Frankfurt/Main, Zeil 65-69/VIII

Heft:

- 101 Dipl.-Landw. Dr. C. Vogt u. Dipl.-Landw. W. Nordhausen  
**Beobachtungen an Laufhofställen mit Selbstfütterung für Milchvieh.** 1966. 146 S. DIN A 5. Preis DM 7,-
- 102 Dipl.-Landwirt Heinrich Terkamp  
**Produktionsverfahren der Feldwirtschaft.** 1966. 202 Seiten. DIN A 5. Preis DM 10,-
- 103 Dipl.-Gärtner Dr. Werner Rothenburger  
**Beitrag zur Methodik des Arbeitsvoranschlags für Gemüsekulturen unter besonderer Berücksichtigung der Anbauermine.** 1966. 171 Seiten. DIN A 5. Preis DM 7,-
- 104 Dipl.-Landwirt Traugott Bähr  
**Kapitalbesatz, Arbeitsaufwand und Kostenstruktur in der Kellerwirtschaft von weinbaulichen Erzeugerbetrieben.** 1966. 156 S. DIN A 5. Preis DM 7,-
- 105 Dr. H. Schulz  
**Der Ladewagen.** 1967, 196 S. DIN A 5. Preis DM 7,-
- 106 Dipl.-Landwirt Anton Grimm  
**Die Kosten der Grasanweilksilage bei verschiedenen Ernte-, Konservierungs- und Fütterungsverfahren.** 1967. 166 S. DIN A 5. Preis DM 7,-
- 107 Dipl.-Landwirt Manfred C. Estler  
**Entwicklung und Stand der Körnermaisernte unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes von Mähdruschern.** 1967. 232 S. DIN A 5. Preis DM 10,-
- 108 Dipl.-Landwirt Alois K. Weidinger  
**Technische und funktionelle Untersuchungen an ausgewählten mechanischen Fütterungsanlagen für Rinder.** 1967. 158 S. DIN A 5. Preis DM 7,-
- 109 Dipl.-Landwirt Adolf Georg Forster  
**Vergleichende Untersuchungen über die Flüssigentmischung in Rinderlaufställen.** 1967. 88 S. DIN A 5. Preis DM 7,-
- 110 Dipl.-Landwirt Manfred Bernhard  
**Experimentelle Untersuchungen über die Zerkleinerung von Gersten- und Maissilage mit Walzenmühlen.** 1967. 98 S. DIN A 5. Preis DM 7,-
- 111 Dipl.-Gärtner Günther Böhm  
**Das Verfahren der maschinellen Veredelung zur Anzucht von Apfelbäumen.** 1967. 98 S. DIN A 5. Preis DM 7,-
- 112 Privatdozent agr. Hermann J. Heege  
**Die Gleichstand-, Drill- und Breitsaat des Getreides unter besonderer Berücksichtigung der flächenmäßigen Kornverteilung.** 1967. 89 S. DIN A 5. Preis DM 7,-
- 113 Baudirektor Johannes Luckan  
**Verpackung, Kühlung und Versand von Erdbeerpflanzen.** 1967. 74 S. DIN A 5. Preis DM 7,-

# HANOMAG

Schlepper von 25-75 PS - zuverlässig, langlebig, wertbeständig