

sentarlas como fuerza resultante después de separar un momento alrededor del eje longitudinal del arado (par de fuerzas). Este par de fuerzas se transmite en la suspensión corriente en tres puntos por las dos barras de alza de la resultante, cuyo valor, dirección y situación se conocen; se pueden calcular con ecuaciones de equilibrio las fuerzas de apoyo del arado y las que recibe el varillaje de acopla-

miento. En estos cálculos huelga la apreciación previa del valor de una fuerza de apoyo. Según la complicación del sistema, no pueden ponerse aparte en el cálculo valores más o menos desconocidos del total de las fuerzas de conocidas, de forma que hay que establecer relativamente más o menos ecuaciones lineares con las desconocidas. Estos cálculos tienen solución en todos los casos.

## Prof. Hans Sack Dr.-Ing. E. h.



Vielen alten Besuchern der DLG-Wanderausstellungen nach dem ersten Weltkrieg werden noch die Lehrschauen in Erinnerung sein, die der junge Hans Sack dort alljährlich in einer damals ungewöhnlichen, an den Konstrukteur appellierenden Lehrhaftigkeit aufbante. Einer alten Landmaschinen-Pionierfamilie entstammend, hat er durch sein persönliches Wirken als Erfinder, Forscher, Konstrukteur, Betriebsmann und Unternehmer großen Einfluß auf die Entwicklung der 1863 gegründeten Firma Rud. Sack nehmen können. Seine Generation, die nach dem ersten Weltkrieg die Führung des Werkes übernahm, sah sich den großen Aufgaben gegenübergestellt, die sich durch den Umstellungsprozeß der Landwirtschaft vom Gespannzug auf den motorischen Zug ergaben.

Wie entscheidend und vielseitig das Wirken von Hans Sack war, zeigen seine Leistungen auf den verschiedensten Gebieten der Landtechnik. Als erster führte er die bisher auf die Grünlandpflege zugeschnittene Netzegge aus England in den Getreide- und Kartoffelbau des Kontinents ein. Nach gründlichem Studium der vielfältigen Einflüsse von Zinkenform und -anordnung auf verschiedenen Böden und Bodenzuständen fand er durch den frei einstellbaren Einzelzinken aus Federstahlraht eine brauchbare Lösung, die Netzegge in jungen Getreide- und Kartoffelbeständen einzusetzen.

In einer Zeit, in der die Entwicklung vom starren Tragpflugsystem zur losesten Kopplung von Motor und „Anhänge-Pflug“ tendiert, betreibt Hans Sack mit seinem Mitarbeiter Max Ericke bereits die Wiederverschmelzung durch Anlenkung unter wünschenswerten Freiheitsgraden. Sogar für den Dreh-Kehrpflug gelingt ihm die Verwirklichung loser Anlenk-Kinematik in seinen unter dem Namen „Huckepack“ bekannt gewordenen Anbaupflügen.

Auch auf dem Gebiet des Wagenbaues hat Hans Sack viel geleistet. Nach der Entdeckung der Vorteile des Ackerwagenluftreifens wurden auch bei Rud. Sack Ackerwagenfahrgerüste mit Achsschenkelanlenkung gebaut, deren Karosierung man dem Stellmacherhandwerk überließ. Die Neukonstruktion eines extremen Tiefladers erweist sich wegen des schwierigeren Entladens als

unpraktisch, man findet dafür den bekannten Kompromiß in der Plattformhöhe (über dem Luftreifen).

Ende der zwanziger Jahre entwickelte Hans Sack für den Einsatz des Maulwurfspfluges bei der unterirdischen Ent- oder Bewässerung ein vor der Ausmündung des Dränstranges sitzendes Röhren-Walzwerk, in welchem Blechband von der Rolle weg zu Rohren mit einem Schlitz nach unten geformt und in einem Zuge vom Maulwurfskörper mittels Raupenschlepper oder Seilwinde in den künstlichen Maulwurfengang zur Auskleidung hineingezogen wurde. Hydraulische Feinsteuerung und optische Visierkontrolle des Maulwurfmessers während der Fahrt sicherten ein präzises Funktionieren. Mit dieser Entwicklungsarbeit hat Hans Sack an der Technischen Hochschule Danzig „mit Auszeichnung“ zum Dr.-Ing. promoviert.

Es kennzeichnet den Pioniergeist von Hans Sack, daß er auch auf dem Gebiet der Schädlingsbekämpfung Neues suchte und erprobte. Die ihm von Schütz dargebotene Schaumvernebelung darf man als einen Vorläufer der Sprühverfahren ansehen, die später ohne Verschäumungsmittel in den großen Obstplantagen der USA weitverbreitete Anwendung fanden.

In den dreißiger Jahren begann die Auseinandersetzung mit der Kartoffelernte. Das Ziel bildete ein Tiefbett-Vorratsroder, der die Trennung von Boden, Steinen, Kraut und Kartoffeln ohne Nachlesen, verlustlos und schonend, durch Schwingsiebung wirksamer zu bewerkstelligen versprach. Am Prototyp dieses Schwingrosters sind neben Hans Sack die Gebrüder Merker und sein Mitarbeiter Ulrich beteiligt; das heute zum Allgemeingut gewordene „gespaltene“ Rodeschar ist ein Beitrag seines Mitarbeiters Lawaetz. Der Krautschläger geht auf die Erfindung eines Landwirtes aus dem Oderbruch, v. Colmar-Zützen, zurück.

1939 schied Hans Sack aus der Firma Rud. Sack als technischer Leiter aus und gründete in Leipzig ein eigenes Unternehmen: „Dr.-Ing. Hans Sack, Sonderbau von Landmaschinen“. Von dieser Plattform aus finanzierte er die Weiterentwicklung des Schwingrosters mit der gutgehenden Lizenzfabrikation eines dänischen Tellerdüngerstreuers. Auch war die Konstruktion des Schwingrosters immerhin schon so reif geworden, daß Hans Sack es in seinem neuen Werk in wenigen Jahren zu einem Millionenumsatz bei 175 Mann Belegschaft brachte.

Der zweite Weltkrieg und die Einziehung zur Wehrmacht unterbrachen den Aufbau des Werkes, in dem er nach dem Krieg nur noch eine kurze Weile als privater Unternehmer weiterarbeiten konnte. Mit Bestürzung vernahm man bei uns 1948 von seiner Verhaftung, die unter den üblichen qualvollen Etappen fast drei Jahre währte.

Seit 1951 kennen wir ihn aus seinem vielseitigen Wirken bei der Landmaschinenfabrik Essen und der Hanomag sowie als Träger der Max-Eyth-Denk Münze. Nunmehr hat die Technische Hochschule München den inzwischen zum ordentlichen Professor für Landmaschinen und Maschinenzeichnen an der Technischen Hochschule Aachen berufenen Pionier der Landtechnik „in Würdigung seiner Verdienste um die Entwicklung neuartiger Verfahren der mechanischen Bodenbearbeitung, Pflanzenpflege und Wurzelfrüchterte mit Schleppergeräten“ zu ihrem Ehrendoktor-Ingenieur ernannt.

Walter Glasow u. Heinrich Dupuis:

### Physiologischer Aufwand bei Hangarbeiten

Max-Planck-Institut für Landarbeit und Landtechnik, Bad Kreuznach

Untersuchungen über die Motorisierung und Mechanisierung von Ackerarbeiten am Hang haben vor allem in Österreich und in der Schweiz und neuerdings auch im Bundesgebiet zu wichtigen arbeitswirtschaftlichen, technischen und betriebswirtschaftlichen

Erkenntnissen geführt. Es gelang unter anderem, die durch zunehmenden Hangwinkel gebotenen Grenzen für verschiedene Ackerarbeiten zu ermitteln und so durch eine Klassifizierung der Arbeiten der landwirtschaftlichen Praxis und Industrie wichtige

Hinweise zu geben. Zum Teil basieren diese Erkenntnisse auf exakten Versuchen.

In den meisten dieser Untersuchungen und in entsprechenden Veröffentlichungen wird auf die für den Menschen bei der Arbeit am Hang entstehende Anstrengung hingewiesen, jedoch ohne die Größe der Anstrengung in irgendeiner Form näher zu definieren.

Es erscheint jedoch dringend notwendig, darüber mehr zu erfahren, da gerade dieser Faktor zusammen mit der Gefährdung des Menschen bei allen motorischen Arbeiten am Hang von ausschlaggebender Bedeutung ist. Das Max-Planck-Institut für Landarbeit und Landtechnik (Direktor: Prof. Dr. G. Preuschen) stellte sich daher die Aufgabe, die Anstrengung des Menschen bei der Bedienung einiger seilgezogener Hackgeräte, wie sie heute im Obst- oder Weinbau am Steilhang eingesetzt werden, zu untersuchen, um dadurch überhaupt erst einmal einen Anhalt über die Höhe der Belastung durch solche Arbeiten an Hand gemessener Werte zu bekommen.

In physiologischen Grundlagenversuchen von ENGELMANN, SIGRIST, KEYS u. a. [1] wurde der Einfluß des Hangwinkels auf die Steigarbeit des Menschen ermittelt. Dabei ergaben sich Werte, die von allgemeinem Interesse sind (Tafel 1 und 2).

Die kalorischen Aufwände sind in Kilo-Kalorien netto angeführt, also in den allein auf die Arbeit entfallenden Kalorien.

Die Werte geben einen guten Eindruck von der Abhängigkeit des kalorischen Aufwandes einmal vom Grad der Steigung, zum anderen von der Gelgeschwindigkeit. Das Tragen von Lasten ist ein weiterer den Aufwand steigernder Faktor.

Die Dauerleistungsgrenze, das heißt die Grenze, bis zu der eine Arbeit auf Dauer geleistet werden kann, ohne daß dabei eine Überbeanspruchung des Körpers eintritt, liegt bei 4 kcal/min. Demnach wird diese, auf internationaler Ebene übereinstimmend anerkannte Grenze, in den meisten Fällen überschritten. Nur im unteren Geschwindigkeitsbereich und bei kleinen Hangwinkeln wird sie bei unbelastetem Gehen nicht erreicht. Aber bereits Arbeitskleidung, Schuhwerk und andere Bekleidungsstücke erhöhen den Aufwand entsprechend ihrem Gewicht.

Unter landwirtschaftlichen Bedingungen, also auf den hier stets gegebenen mehr oder weniger unebenen Böden, deren Zustand dazu noch, je nach Bodenart, Humusgehalt und Feuchtigkeit, verschieden ist, sind die Aufwände höher, als sie im Laborversuch ermittelt wurden. Der Nachweis für diese Behauptung konnte für ebene Verhältnisse beim Gehen auf verschiedenen Bodenoberflächen erbracht werden [2]. Für die Arbeit am Hang liegt eine eigene Untersuchung vor, und zwar über den energetischen Aufwand beim Tragen schwerer Lasten, in diesem Fall Rückenlasten mit 42 kg Gesamtgewicht (Abtragen von Trauben in der Lese), in der Falllinie eines Geländes von 25–58% Steigung. Die Geschwindigkeit betrug bei diesem Versuch 1,1 km/h. Es wurde ein mittlerer Energieaufwand von 11,8 kcal netto/min ermittelt; eine

**Tafel 1: Einfluß des Hangwinkels auf die Steigarbeit ohne Last**

Steigung	Aufwärts gehen. Glatte, schiefe Ebene	
	km/h	kcal netto/min
5° oder 11,5%	1	2,4
	3	3,9
	5	7,8
10° oder 22,2%	1	3,0
	3	6,0
	5	14,2
15° oder 33,4%	1	3,7
	3	8,9

**Tafel 2: Einfluß des Hangwinkels auf die Steigarbeit mit Rückenlast**

Steigung	Aufwärts gehen 2,5 km/h. Glatte, schiefe Ebene	
	Last	kcal netto/min
10° oder 22,2% (7,24 m Höhe/min)	ohne	4,9
	10 kg	5,2
	30 kg	7,1
	50 kg	9,2
16° oder 35,5% (11,5 m Höhe/min)	ohne	8,3
	10 kg	9,0
	30 kg	12,2
	50 kg	16,0
25° oder 55,6% (17,6 m Höhe/min)	ohne	13,3
	10 kg	14,7
	30 kg	20,0
	50 kg	27,1

Beanspruchung des Menschen weit über der Dauerleistungsgrenze. GLÄSER [3] hat beim unbelasteten Steigen an einem Hang von rund 92% Steigung bei 1,2 km/h Vorschub einen kalorischen Aufwand von 14,6–16,6 kcal/min ermittelt. Alle Arbeiten, die einen energetischen Aufwand verursachen, der oberhalb der Dauerleistungsgrenze liegt, machen, entsprechend der Belastungshöhe, zusätzliche Pausen zu den vertraglich festgesetzten Pausen erforderlich. Hier ist häufiger eingestreuten Kurzpausen der Vorschub gegenüber wenigen langen Pausen zu geben, weil durch die Kurzpausen und vor allem deren häufige Wiederholung eine vorzeitige Ermüdung oder gar Erschöpfung verhindert wird und dadurch die Tagesleistung erhöht werden kann.

Für unsere Untersuchungen wählten wir drei Geräte aus, mit denen unter gleichen Bedingungen gearbeitet wurde. Bei Gerät A (4,5 PS) und B (3,5 PS) handelte es sich um Motordrehhacken, deren fräsenartige, aber hier langsam rotierende Werkzeuge eine hackende und lockernde Bodenbearbeitung ausführen und in der Ebene und am nicht zu steilen Hang gleichzeitig den Vorschub des Gerätes bewirken. Bei einem Hangwinkel von etwa 60% war ein Vorschub bergauf mit diesen Geräten nicht mehr möglich. Die obere Grenze dürfte bei etwa 40% liegen. Als drittes Gerät C (3,4 PS) wurde ein starrer Hackrahmen mit daran befestigten Hackmessern gewählt, der zum Leertransport bergab vorn zwei kleine Gummiräder hat und steuerbar ist. Um auch an Steilhängen über 40% Hangneigung mit diesen Geräten arbeiten zu können, waren alle drei Geräte mit aufgebauten Motor-Hangelwinden und Seiltrommeln ausgerüstet. Gerät A und B arbeiten bergab allein durch die Vorschubkraft der im Boden rotierenden Drehhacke. Dabei wird das Seil von der Trommel abgespult. Nach der Wendung unten wird die Trommel auf den Motor geschaltet, so daß sich das Gerät durch das Aufspulen des Seiles an diesem hangauf hangelt. Durch die Vorschubkraft der rotierenden Werkzeuge wird es dabei zusätzlich unterstützt. Demgegenüber kann das Gerät C nur hangauf Arbeit leisten. Bergab wird das Gerät durch den Bedienungsman auf den zwei erwähnten Rädern im Leerweg transportiert und dabei auch gleichzeitig das Seil ausgelegt. Bergauf arbeitet das starre Gerät allein mittels der aufgebauten Hangelwinde. Entsprechend muß die Arbeitsbreite von C doppelt so groß sein wie die von A und B.

Die Versuche wurden in einem Weinberg mit 100 m langen, in Falllinie liegenden Rebzeilen durchgeführt. Das Gefälle des Geländes betrug auf 15 m Länge 42%, anschließend auf 50 m Länge 60% und zuletzt auf 35 m Länge 27%. Die Geräte wurden in jeweils benachbarten Gassen eingesetzt, so daß die Geländeverhältnisse gleich waren. Es wurde mit dreifacher Wiederholung gearbeitet und zwar so, daß alle drei Geräte je Wiederholung am gleichen Tag eingesetzt wurden. Dadurch waren die Bedingungen seitens des Wetters, des Bodenzustandes und seitens der anderen Umweltfaktoren je Wiederholung gleich. Die Schwankungen von einer zur anderen Wiederholung waren geringfügig, so daß eine Mittelwertbildung gerechtfertigt erschien. Die Versuchsperson war stets die gleiche, eine jüngere, gesunde Arbeitskraft, die sich mit allen Geräten vor Beginn der Versuche einarbeiten und einüben mußte.

Als physiologische Untersuchungsmethode wurde die Pulsfrequenzmethode nach E. A. MÜLLER [4] gewählt, wobei ein in Anlehnung an das Müllersche Gerät weiterentwickeltes Gerät eingesetzt wurde (Bild 1). Die Pulsfrequenz ist ein guter Indikator für die Kreislaufbelastung. Mit Hilfe der Pulsfrequenzmessung wird außer dem dynamischen Anteil der Arbeit auch der statische gemessen sowie auch die geistig-seelische Komponente der Arbeit. Zur Wertung kommt die reine Arbeitspulsfrequenz (Arbeitspulsfrequenzdifferenz) nach Abzug des vor Beginn jeder Wiederholung gemessenen Ruhepulses.

In Tafel 3 sowie Bild 2 und 3 sind die ermittelten Werte zusammengestellt.

Der Zeitaufwand je Versuch und Gerät setzt sich aus der Bergarbeit bei A und B bzw. dem Bergabtransport von C, einer Wendung unten, Arbeit bergauf, Wendung oben, Arbeit bergab, 2. Wendung unten, 2. Arbeit bergauf, zusammen. Also insgesamt Bearbeitung von zwei Gassen je 100 m Länge und 1,50 m Breite je Gerät.

Der Zeitaufwand für die gleich große Fläche war bei A und B fast gleich. Dagegen war er für C um 1/3 geringer. Bei nur geringem

Tafel 3: Zeitaufwand und körperliche Belastung bei Hangarbeiten

Gerät	Versuchsdauer bei gleicher Arbeitsfläche min	Geschwindigkeit m/min		Arbeitspulse/min			Arbeitspulse je 100 m <sup>2</sup> bearbeitete Fläche			Erholungsphase		Zeit je Wendung
		bergauf	bergab	total*)	bergauf	bergab	total*)	bergauf	bergab	Dauer in min	Erholungspulssumme	
A	21,5	25,1	23,6	49,9	56,2	38,8	357	421,5	353,5	5,75	78,5	1,35
B	21,0	26,2	22,3	53,6	64,2	46,9	375	457,5	387,0	7,75	118,0	1,14
C	14,5	28,7	49,8	58,3	66,2	50,8	279	444,0	206,5	10,25	113,5	1,00
Gehen ohne Gerät	19,0	20,0	22,2	44,1	53,3	33,8	—	—	—	—	—	—

\*) Einschließlich Aufwand für Wendungen

Unterschied im Zeitaufwand bei der Arbeit bergauf mit allen drei Geräten war die Geschwindigkeit beim Bergabtransport von C über das Doppelte so hoch wie bei A und B, was auch die Ursache für den insgesamt geringeren Zeitaufwand bei C ist. Die Versuchsperson ist gezwungen, gedrängt von dem bergabrollenden Gerät, die Strecke so schnell wie möglich zu überwinden. Im Vergleich zum unbelasteten Gehen bergauf war das Tempo während der Arbeit, das im wesentlichen durch die Geräte bestimmt wird, größer. Wünschenswert wäre es, das Arbeitstempo dem Tempo des einfachen Gehens, also dem vom Menschen frei gewählten Tempo, anzupassen, woraus sich ein geringerer Anstrengungsgrad ergeben würde.

Die körperliche Belastung, ausgedrückt in der Pulsfrequenz je Minute, zeigt deutlich die Überlegenheit des Gerätes A. Die Arbeit mit diesem Gerät ist relativ am leichtesten, oder — anders ausgedrückt — das Gerät ist den Voraussetzungen des Menschen am weitestgehenden angepaßt worden. Gegenüber dem einfachen Gehen ist nur eine geringfügige Erhöhung des Aufwandes zu verzeichnen. Am aufwendigsten schneidet das Gerät C ab.

Ähnlich wie bei dem kalorischen Aufwand, gemessen im Respirationversuch, gibt es auch beim Pulsfrequenzversuch eine Dauerleistungsgrenze, die bei 30 bis 40 Pulsen je Minute liegt. Vergleicht man die ermittelten Werte mit dieser Dauerleistungsgrenze, so ist festzustellen, daß sie fast ausnahmslos darüber liegen.

Bezieht man die bei der Arbeit gemessenen Pulse auf eine bearbeitete Flächeneinheit, wie hier 100 qm, so scheint das Gerät C am besten abzuschneiden. Damit ist jedoch über die Schwere der Arbeit für den Menschen nichts gesagt. Die bei kürzerer Arbeitszeit höhere Belastung bei C wäre nur dann als günstiger anzusprechen, wenn die gegenüber A und B gewonnene Zeit zu einer Erholung der Versuchsperson ausreichen würde, um die größere Belastung gegenüber A und B zu kompensieren. Diese Frage ist aus dem vorliegenden Material nicht eindeutig zu beantworten. Hierfür wäre die Bearbeitung einer größeren Zahl von Zeilen in einem längeren Versuch notwendig gewesen, was aber unter den gebotenen Umständen nicht möglich war.

Ein wichtiger Indikator für die Höhe der Belastung ist das Verhalten der Pulsfrequenz nach der Arbeit, nachdem sich die Versuchsperson hingelegt hat. Die Dauer der Erholungsphase wie auch die Zahl der in ihr ermittelten Pulse (Erholungspulssumme) bis zum Wiedereinstellen des vor Arbeitsbeginn ermittelten Ruhepulses ist ein Maß der Anstrengung und gibt einen Anhalt für die



Bild 1: Pulsfrequenzversuch mit Motorhacke und rotierendem Werkzeug

notwendige Erholungspause, die etwa der ermittelten Erholungszeit entsprechen sollte. Hier schneidet das Gerät A wiederum am besten ab. Das Gerät C erfordert die längste Erholungszeit mit einer Erholungspulssumme, die hier etwa derjenigen bei B entspricht.

Ein weiterer Beurteilungsmaßstab für die Schwere einer Arbeit ist auch das Verhalten der Pulsfrequenz während des Arbeitsablaufes. Da der Puls halbmütig abgelesen wurde, läßt sich die Pulsfrequenz in einer Darstellung leicht über der Zeit abtragen. In allen Fällen stieg die Pulsfrequenz während der Arbeit bergauf an — auch beim unbelasteten Gehen. Während der Wendungen und während der Arbeit bergab bleibt der Puls auf gleicher Höhe bzw. sinkt etwas ab. Der stetige Anstieg während der Arbeit bergauf deutet auf eine Beanspruchung des Menschen, die oberhalb der Dauerleistungsgrenze liegt. Der Anstieg der Pulsfrequenz

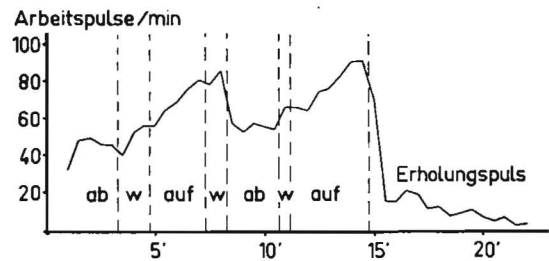


Bild 2: Pulsaufwand bei Gerätobedienung in Falllinie 45 %

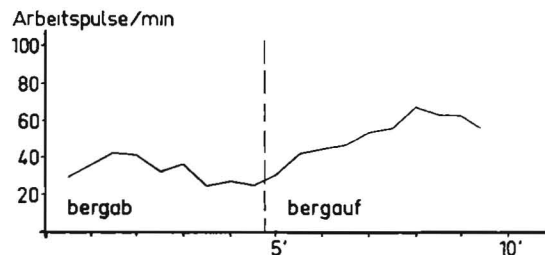


Bild 3: Pulsaufwand beim Gehen in Falllinie 45 %

wird auch als Ermüdungspulsanstieg bezeichnet. In Bild 2 ist zur Verdeutlichung der Pulsverlauf, wie er bei der Arbeit mit Gerät C während einer Wiederholung ermittelt wurde, dargestellt. Aus der Abbildung ist auch das Verhalten des Pulses nach der Arbeit gut zu erkennen.

Der während der Arbeit bergauf entstehende Ermüdungspulsanstieg konnte weder durch die Wendungen noch durch die Bergabarbeit, Tätigkeiten, die zwischen zwei Arbeitsphasen (Bergaufarbeit) lagen, kompensiert werden. Das geht daraus hervor, daß die Pulsfrequenz zu Beginn der zweiten Arbeitsphase bergauf um 10 Pulse höher lag als zu Beginn der ersten, und daß der Pulsverlauf weiterhin diese Erhöhung auf die Dauer der zweiten Arbeitsphase bergauf beibehielt. Es ist also nicht nur ein Ermüdungspulsanstieg innerhalb einer jeden Arbeitsphase für sich zu verzeichnen, sondern auch ein laufender Ermüdungspulsanstieg während der ganzen Versuchsdauer. Bei weiterer Ausdehnung des Versuches würde sich dieser Ermüdungspulsanstieg mit jeder weiteren Arbeitsphase stetig steigern. Diese Erscheinung war bei Gerät C besonders deutlich und stärker als bei A und B. Daraus kann abgeleitet werden, daß die Erhöhung der Geschwindigkeit zur Erzielung einer größeren Leistung physiologisch ungünstig ist.

## Ergebnis und Ausblick

In Bild 3 wird das Verhalten der Pulsfrequenz während des unbelasteten Gehens gezeigt. Dabei ist ebenfalls deutlich der Ermüdungspulsanstieg während der Phase des Bergaufgehens zu verzeichnen, wenn auch weniger ausgeprägt als in Bild 2.

Bei drei verschiedenen Geräten und beim Gehen ohne Gerät wurden mit Hilfe der Pulsfrequenzmessung der Zeitaufwand und die körperliche Belastung von Hangarbeiten gemessen. Als Ergebnis dieser Untersuchung kann festgestellt werden, daß die Bedienung aller drei Geräte eine Beanspruchung des Menschen verursacht, die oberhalb der Dauerleistungsgrenze liegt, und daß die Arbeit durch häufige Kurzpausen unterbrochen werden muß. Der Hauptanteil der Beanspruchung entfällt auf das Gehen hangauf und hangab. Demgegenüber tritt der Aufwand für die Bedienung der Geräte zurück. Eine beschränkte Minderung des hohen Aufwandes wäre durch eine Herabsetzung der Geschwindigkeit zu erreichen. Das ermöglichen die Drehhacken eher als die starren Werkzeuge, bei denen eine gute Arbeitsqualität von einer bestimmten Geschwindigkeit abhängt. Zu verbessern wären besonders bei den Geräten B und C die Griffe. Sie sollten so bequem wie möglich sein, damit sich die Person an ihnen, ohne große statische Haltekräfte aufwenden zu müssen, bergauf ziehen lassen kann. Eine bessere Schalldämpfung und bessere Ableitung der Verbrennungsgase würde ebenfalls im Sinne einer Minderung der Beanspruchung des bedienenden Menschen liegen.

Nicht zuletzt bleibt die Frage zu klären, inwieweit es möglich ist, die gehende Bedienung in eine fahrende zu verwandeln, indem man einen Sitz aufbaut oder das Gerät von einer Nachlaufkarre aus bedient. So sind in Österreich sehr einfache und praktische Lösungen bei den normalen Ackergeräten gefunden worden. Zweifellos wäre mit einer solchen Lösung am meisten geholfen, zumal wenn sie noch wirtschaftlich erschwinglich bleibt.

Weiteren Untersuchungen, die nunmehr ins Detail gehen müssen, bleibt es vorbehalten, konkrete Vorschläge für eine Verbesserung der Bedienung zu machen, das heißt, die Bedienseite von den Voraussetzungen aus zu gestalten, die der Mensch mitbringt.

## Schrifttum

- [1] ENGELMANN, B.: Das Tragen von Lasten über eine ansteigende Strecke. Die Arbeitsphysiologie 5 (1932), S. 49
- [2] SIGRIST, A.: Der Sauerstoffverbrauch des Menschen bei Steigarbeit. Pflüg. Arch. 212 (1926), S. 741
- [3] KAYS, A., J. BROZEK, A. HENSCHEL, O. MICKELSES und H. L. TAYLOR: Biology of human Starvation. Minneapolis, Minn. Univ. Minnesota Press 1950
- [4] GLASOW, W., und E. A. MÜLLER: Das Gehen auf verschiedenen Böden. Die Arbeitsphysiologie 14 (1951), S. 319—321
- [5] GLÄSER, H.: Einschlagarbeit am Steilhang. Forstarch. 23 (1932), S. 516
- [6] MÜLLER, E. A.: Der Anwendungsbereich des tragbaren foto-elektrischen Pulszählers. Hausvervielfältigung des Max-Planck-Institutes für Arbeitsphysiologie Dortmund, o. J.

## Résumé

Walter Glasow and Heinrich Dupuis: "Physiological Demands made on the Human Body when working on Slopes and Hillsides."

The time required and the demands made on the human body when working with three different types of powered agricultural implements, as well as the demands made when walking on slopes without operating the machinery, were measured by the aid of pulse frequency measurements.

A study of the results of these measurements proves that the operation of all three types of agricultural implements created physical demands on human beings. These demands lie beyond the limits of continuous performance and the work involved must, therefore, be interrupted by frequent short rests. The greater proportion of this demand is the result of walking up and down the slopes, whilst the work involved in the necessary operation of the implements diminishes. A limited reduction in the high physical demands would be possible if the speed of progression were reduced. Such a reduction can be more easily made when rotary cultivators are employed than is the case with implements having rigid tools, where the quality of the results obtained depends largely on the maintenance of a definite fixed speed of progression. Possibilities of improvement in this connection would appear to exist in the design of the handle bars of implements B and C. These should be made as comfortable as possible, so that the operator can be drawn up the hillside by the implement without the expenditure of too much energy in holding on. Improvements in the

silencers of the motors and better conduction of the exhaust gases away from the operator would also result in a reduction in the demands made upon him.

Not the least important problem to be solved is that of ascertaining the possibility of letting the operator ride on the implement rather than walk behind it, either by providing a seat on the implement itself or by operating it from a small trailer. Some very simple and practical solutions to this problem have been devised in Austria with standard powered agricultural implements. There is no doubt that such a solution would prove to be of the greatest assistance, particularly when the application thereof would result in a saving of labour.

Further investigations, which should go into greater detail, should contain concrete suggestions for improvements in the operation of such implements from the point of view of demands made upon the human body.

Walter Glasow et Heinrich Dupuis: La fatigue humaine lors des travaux en pente.

On a déterminé à l'aide des mesures de la fréquence du pouls les besoins en temps et la dépense d'énergie d'une personne qui travaille sur une pente, d'une part, avec trois outils différents et qui, d'autre part, s'y déplace sans outil.

Les résultats des mesures ont montré que la manipulation des trois outils exige une énergie qui dépasse l'effort continu admissible et qu'il est nécessaire d'interrompre fréquemment le travail. La plus grande partie d'effort est exigée par le déplacement en montant et descendant la côte. La manipulation des outils exige une énergie moindre. Une petite réduction de la dépense d'énergie peut être obtenue par une réduction de la vitesse. Une telle solution peut être appliquée plus facilement aux houes rotatives qu'aux outils rigides dont la qualité de travail dépend d'une vitesse déterminée. On a constaté en particulier qu'il faut améliorer les poignées des outils B et C. Celles-ci doivent être aussi commode que possible pour que l'opérateur puisse se faire tirer en montant la côte sans qu'un travail musculaire statique élevé soit nécessaire. Par un meilleur amortissement des bruits et en donnant aux gaz d'échappement une direction plus appropriée, on pourrait également diminuer la fatigue imposée à l'opérateur.

Il faut en outre étudier si la position assise de l'opérateur ne peut être réalisée en prévoyant un siège soit sur l'outil, soit sur un arrière-train duquel l'opérateur dirige l'outil. En Autriche, on a par exemple trouvé des solutions simples et pratiques pour des outils normaux. Une telle solution serait sans doute la meilleure, surtout si elle peut être réalisée à un prix acceptable.

Il est nécessaire d'entreprendre d'autres recherches très approfondies afin de pouvoir faire des propositions concrètes en vue d'une amélioration de la manipulation, c'est-à-dire en adaptant la manipulation aux particularités physiologiques de l'homme.

Walter Glasow y Heinrich Dupuis:

«El esfuerzo fisiológico en trabajos en pendiente.»

Con ayuda de mediciones de la frecuencia del pulso se ha podido calcular el gasto de tiempo y la carga física en trabajos ejecutados en pendientes con tres aperos distintos, así como al andar sin aparato.

El resultado de estas investigaciones puede resumirse haciendo constar que el trabajo con cada uno de los tres aparatos exige al hombre esfuerzos superiores al límite de esfuerzo continuo, siendo preciso interrumpir el trabajo por frecuentes descansos cortos. La parte principal del esfuerzo recae en las marchas cuesta arriba y cuesta abajo, siendo relativamente bajo el que requiere el manejo de los aparatos. Se podría conseguir cierta reducción del elevado esfuerzo, rebajando la velocidad, lo que podría conseguirse con el empleo de azadas giratorias en vez de las fijas, porque en aquellas la buena calidad del trabajo depende de una velocidad determinada. En los aparatos B y C habría que perfeccionar las empuñaduras que debían de ser todo lo más cómodas que fuera posible, para que el operario pueda dejar que el aparato le arrastre cuesta arriba, sin hacer él un esfuerzo estático considerable de sostenimiento. Sería también conveniente en el sentido de una reducción del esfuerzo del hombre, la mejor amortiguación de los ruidos y la desviación del escape.

Queda por aclarar, ¿hasta qué punto sería posible transformar el manejo de a pie en servicio montado, sea aplicando un asiento, sea empleando un carrillo remolcado? De esta forma se han encontrado en Austria soluciones muy prácticas para aperos de labranza normales, y sin duda se llegaría así a resultados muy favorables, más, cuando su coste resulte racional.

Nuevas investigaciones que debían entrar más en detalles, permitirán hacer proposiciones concretas para mejorar las condiciones de manejo, es decir, de dar al manejo la forma que concuerde mejor con las condiciones que posee el hombre.

## Zur Problematik der Schleuder-Düngerstreuer

Lehrstuhl für Landmaschinen der TU Berlin

Schleuder- oder Kreiselstreuer verteilen Stoffe über große und vor allem veränderliche Breiten, während die Arbeitsbreite von Breitstreuern konstruktionsbedingt und konstant ist. Sie sind als Kalkstreuer wohl ebenso alt wie die Breitstreuer für Mineraldünger. Später wurde das Arbeitsprinzip auch auf die Verteilung von Jauche und von Stallmist ausgedehnt. Sandstreuer auf Straßen sind fast ausschließlich Kreiselstreuer. Eine gewisse Verwandtschaft besteht hinsichtlich des Streubildes und des Überdeckungsproblems mit den Drehstrahlregnern; jedoch wird bei diesen die Wurfweite auf grundsätzlich andere Weise, nämlich durch den Druck in der Düse, erzielt.

### Vor- und Nachteile

In den letzten Jahren hat der Kreiselstreuer für Mineraldünger sehr an Bedeutung gewonnen. Er wird in der Bundesrepublik schon von mehr Firmen hergestellt als der Breitstreuer. Gründe für seine zunehmende Beliebtheit sind die hohe Flächenleistung, das geringe Gewicht und der niedrige Preis. In bezug auf den letzteren ist zu bemerken, daß die Kilopreise bei gleichem technischem Aufwand zur Zeit noch höher liegen als bei Breitstreuern. Besonders auffallend ist das geringe Gewicht, wenn man es auf die Arbeitsbreite bezieht. Mit einfachen aufgesattelten Kreiselstreuern von 100 bis 120 kg Gewicht lassen sich unter günstigen Verhältnissen — annähernde Windstille, gekörnter Dünger — effektive Arbeitsbreiten von 10 m und mehr erzielen.

Hier setzt aber nun die Kritik ein. Zunächst ist zu bemerken, daß sich die Flächenleistung natürlich nicht einfach aus dem Produkt Arbeitsbreite mal Fahrgeschwindigkeit ergibt (die bei Kreiselstreuern auch noch größer sein kann als beim Breitstreuer), sondern daß die Abzüge für die Nebenzeiten — z. B. Füllen, gegebenenfalls Mischen — stark ins Gewicht fallen. Das Füllen eines Kreiselstreuers mit seinem hochliegenden Behälter ist umständlicher als das Füllen eines Breitstreuers. Doch gibt es hier noch technische Entwicklungsmöglichkeiten.

Schwerer wiegt der Einwand, daß der Kreiselstreuer sehr viel ungenauer streue, und hier gehen die Meinungen über das zulässige Maß sehr weit auseinander. Nachstehend soll die These verfochten werden — ohne daß sie unbedingt richtig sein muß —, daß die Anforderungen an die Streugenaugkeit herabgesetzt werden können. Sicher ist, daß unter den heutigen Verhältnissen wirtschaftliche Erwägungen die Wahl einer Maschine oder eines Arbeitsverfahrens bestimmen sollen, nicht mögliche Höchstserträge. Beste Qualität sollen nur die Endprodukte haben — um wettbewerbsfähig zu sein, die zu ihrer Erzeugung erforderlichen Arbeitsgänge sollen nicht genauer ausgeführt werden als unbedingt nötig. Diesen Grundsatz befolgt die gewerbliche Wirtschaft mehr als die Landwirtschaft.

### Welche Streugenaugkeit?

Auf die Frage, welche Streugenaugkeit bei den verschiedenen Arten von Mineraldünger erforderlich bzw. wirtschaftlich zweckmäßig ist, erhält man nur sehr ungenaue Antworten. Vielfach wird die Notwendigkeit von Versuchen betont, gleichzeitig aber auf die Schwierigkeiten der Durchführung hingewiesen. Auf einen Nenner gebracht, lauten alle Antworten etwa: Die zu erwartenden Rohertragsunterschiede sind so gering, daß der Einfluß von Verteilungsfehlern kaum von anderen Einflüssen getrennt werden kann. Da größere Genauigkeit einen höheren personellen und materiellen Aufwand erfordert, so schrumpfen die Reinertragsunterschiede noch weiter zusammen.

Die Bilder 1 und 2 sollen die These veranschaulichen und belegen. In Bild 1 ist über der in Prozent angegebenen bestreuten Fläche die jeweils gefallene Düngermenge  $q$  kg/ha durch die Kurve  $q$  dargestellt. Sie ist nicht identisch mit der üblicherweise über der Arbeitsbreite angegebenen Streudichte, sondern aus ihr abgeleitet. Diese Häufigkeitsdarstellung eignet sich besser für unsere Zwecke. Der dargestellte Kurvenverlauf entspricht dem Mittel einer größeren Anzahl von Prüfstandsversuchen, jedoch sind die größten und kleinsten Abweichungen vom Mittel etwa doppelt so groß angenommen. Damit sollen zusätzliche in der Praxis sich ergebende Fehler berücksichtigt werden, insbesondere Anschlußfehler. Außerdem ist es sonst überhaupt kaum möglich, Ertrags-

unterschiede sichtbar zu machen. Zu beachten ist noch, daß in Wirklichkeit die Flächen ja nicht nach steigendem  $q$  geordnet sind und daß sich die Randwirkungen in positivem Sinne auf den Ertrag auswirken müssen. Würde sich der Ertrag proportional mit  $q$  ändern, so wäre die dargestellte Kurve identisch mit der Ertragskurve. Die Fläche unterhalb der Kurve ist ein Maß für den Ertrag, da die Abszissen Flächen, die Ordinaten Flächen-erträge darstellen. Man würde also dieselbe Menge ernten wie bei gleichmäßiger Verteilung. Natürlich ist das Bild, das das Feld dem Auge darbietet, recht schlecht, und damit ist meist auch das Urteil gefällt. Allerdings können außer den Schönheitsfehlern auch effektive negative Nachwirkungen auftreten. Auch unter Berücksichtigung des bekanntlich nichtlinearen Ertragszuwachs-gesetzes kann die Ertragsminderung nicht groß sein, vorausgesetzt daß man mit der Düngung nicht bis in die Nähe der Volldüngungs- oder Schädlichkeitsgrenze geht.

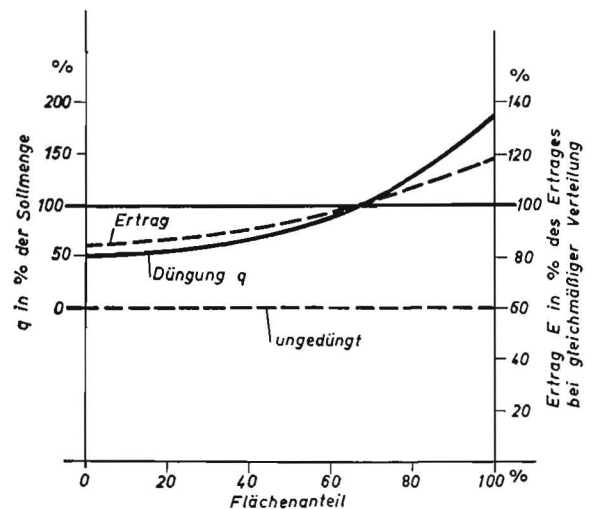


Bild 1: Streumengendiagramm eines Schleuderstreuers mit eingeleiteter Ertragsverteilung (Rüben, 160 kg/ha N)

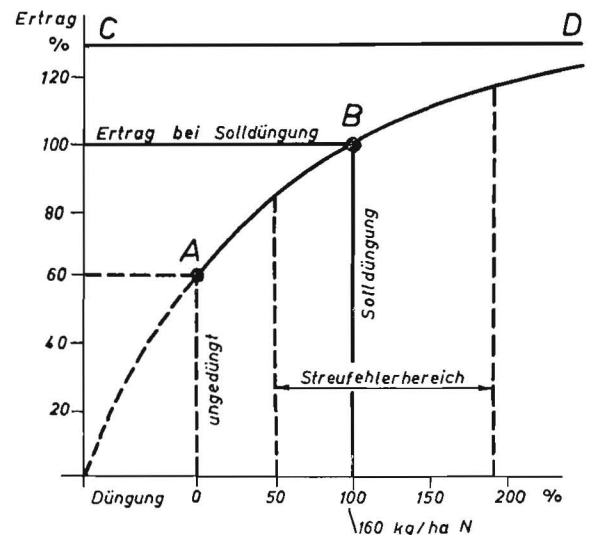


Bild 2: Abhängigkeit des Ertrages von der Düngerverteilung (Zuckerrüben, 160 kg/ha N).

In Bild 2 ist die Ertragskurve für ein bestimmtes Beispiel dargestellt. Punkt A stellt den Ertrag für ungedüngt, B denjenigen für gleichmäßige Düngung mit 160 kg Reinstickstoff je ha dar. Der Kurvenverlauf zwischen einer Minderdüngung von 50% und einer Überdüngung von 90%, bezogen auf die Sollmenge, weicht nicht viel von der Linearität ab. Überträgt man die exakten Ertragswerte auf Bild 1, so ergibt sich die Ertragskurve  $E$ . Die Flächen unterhalb der Ertragslinie für gleichmäßige Düngung

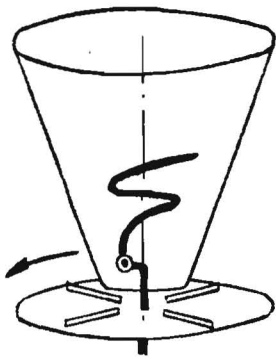


Bild 3: Einstellerstreuer

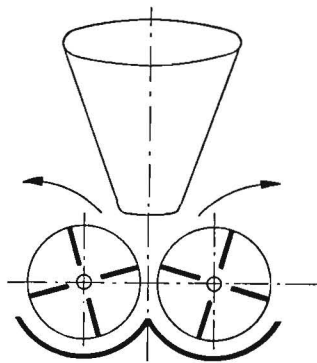


Bild 4: Doppeltellerstreuer

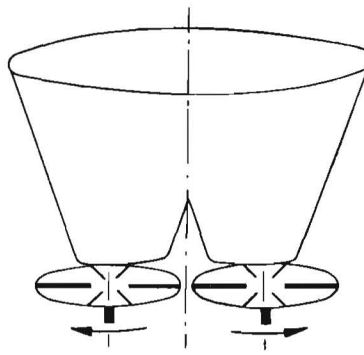


Bild 5: Vertikaltellerstreuer

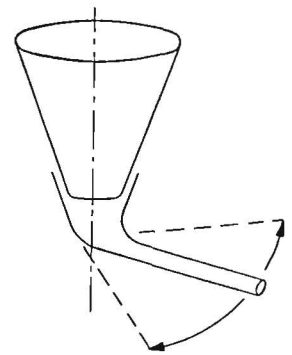


Bild 6: Pendelstreuer

sind größer als die Überschubflächen, im ganzen ergibt sich aber nur ein Minderertrag von knapp 3%, und das, wie gesagt, schon für recht ungünstige Annahmen. Übrigens genügt es vollkommen, wenn man die Punkte *A* für ungedüngt, *B* für gleichmäßige Soll-düngung sowie die obere Begrenzungslinie kennt, von der ab keine Mehrerträge zu erwarten sind oder Schädigungen auftreten: Alle Kurven, die den Bedingungen genügen, nämlich durch *A* und *B* zu gehen und *C—D* zu tangieren, unterscheiden sich kaum merklich. Die Streugenaugigkeit des Düngerstreuers am Ertrag zu messen, hat schon HEYDE [1] vorgeschlagen und dazu einen etwas umständlichen analytischen Weg angegeben. Er ist hier ins Graphisch-Anschauliche übersetzt mit einer Genauigkeit, die für die weitaus meisten Fälle mehr als ausreicht.

#### Schleuderscheibe, Speisevorrichtung, Antrieb

Die Bilder 3 bis 6 geben einen Überblick über die beiden wichtigsten Organe der gebräuchlichen Bauarten: Schleuderscheibe und Speisevorrichtung. Am einfachsten ist der Einstellerstreuer mit waagerechter Scheibe und festem Quirl oder angelenktem Klöppel als Zuführung (Bild 3). Der kegelförmige Behälter mit etwa 150 bis 200 kg Fassungsvermögen sitzt oberhalb der Scheibe, der ganze Streuer ruht auf zwei Rädern oder ist am Dreipunktanbau des Schleppers angelenkt. — Selten wird der Doppeltellerstreuer mit zwei gegenläufigen Scheiben gebaut (Bild 4). Er soll eine gleichmäßigere Verteilung gewährleisten und einseitiges Streuen ermöglichen. Jedoch ist dies bis zu einem gewissen Grade auch mit dem Einscheibenstreuer möglich, wie später ausgeführt wird. — Ebenfalls selten ist der Vertikaltellerstreuer mit zwei gegenläufigen Scheiben (Bild 5). Er wurde ursprünglich nur als Jaucheverteiler gebaut. Mit Vertikalscheiben lassen sich bei gleicher Umfangsgeschwindigkeit wesentlich größere Wurfweiten und damit Arbeitsbreiten erreichen. Dies ist aber nicht von ausschlaggebender Bedeutung, da auch bei Horizontalscheiben die größten erreichbaren Arbeitsbreiten wegen des Windeinflusses praktisch nicht ausnutzbar sind. Die einfachere Einscheibenbauart bereitet bei ihm Schwierigkeiten in bezug auf gleichmäßige Beschickung von oberer und unterer Zone und ist daher bisher nicht ausgeführt worden. — Schließlich stellt der Pendelstreuer (Bild 6) eine Abart des Kreiselstreuers dar. Der Kurbeltrieb bedeutet zusätzlichen Aufwand, die erreichbaren Arbeitsbreiten sind gering.

In bezug auf die Scheiben ist folgendes zu sagen: die Reibung auf glatten Scheiben reicht zur Mitnahme des Düngers nicht aus, es sind daher stets Schaufeln angeordnet; ihre Zahl schwankt zwischen zwei und sechs (ausnahmsweise auch mehr); sie stehen radial, schräg rückwärts, oder sie sind rückwärts gekrümmt; zuweilen ist die Schrägstellung verstellbar. Die Gründe für die Rückwärtsstellung werden später erörtert. Um zu verhindern, daß die Düngerteilchen über die Schaufeln springen, sind sie oft mit Z-förmigem oder gewölbtem Querschnitt ausgeführt. Aus dem gleichen Grund wird zuweilen auch eine durchgehende Deck-scheibe angeordnet, jedoch neigen die auf diese Weise gebildeten Kanäle zur Verstopfung. Übrigens ist es zweifelhaft, ob das Springen der Düngerteilchen überhaupt ein Nachteil ist. Würden nämlich alle längs der Schaufeln auf die gleiche Endgeschwindigkeit beschleunigt und erlitten sie bei ihrem Wege durch die Luft bei gleicher Größe gleichen Widerstand, so müßten sie alle gleich weit fliegen und würden in einer schmalen Ringzone zu Boden

gehen. Doch darüber ebenfalls später. Schließlich gibt es auch eine Bauart, bei der die Scheibe (abgesehen von ihrem Mittelteil) ganz fehlt und Flügelarme mit gewölbtem Querschnitt den Dünger nicht nur führen, sondern auch tragen.

Die Speiseeinrichtungen sind unterschiedlich, wobei sich zum Teil ähnliche Lösungen finden wie bei Breitstreuern. Es sind ja auch die gleichen Probleme zu meistern: Verhinderung von Brückenbildung, Anpassung an alle Düngerarten — körnig, staubförmig, schmierend —, exakte Dosierung. Häufig zu finden ist die einfachste Lösung: ein mit der umlaufenden Schleuderscheibe fest verbundener Quirl oder ein an ihr angelenkter Klöppel. Beide können sehr unterschiedlich ausgebildet sein. Bei einer Bauart rotiert die Rührereinrichtung gegenläufig mit geringerer Drehzahl als die Scheibe (Bild 7). Manche Firmen sind vom Klöppel zu einer Rüttelvorrichtung übergegangen. Eine Bauart lehnt sich an den bekannten Tellerdüngerstreuer an und mißt der Schleuderscheibe den Dünger über einen Teller zu, der langsam unterhalb des Behälterbodens rotiert (Bild 8). Sie gestattet eine genauere Zumessung durch Drehzahlregelung. Eine Schnecken-zuführung (Bild 9) ermöglicht die Verwendung von Behältern mit größerem Fassungsvermögen.

Die bekannten Probleme der Zuführung sollen nur kurz gestreift werden. Selbstverständlich ist auch hier wie sonst die reine Öffnungsregelung am einfachsten, aber auch am ungenauesten. Drehzahländerung oder Hubverstellung der Zuführgorgane ist aufwendiger, aber genauer, und die gewünschte Einstellung ist besser reproduzierbar. Abnutzungerscheinungen machen sich weniger bemerkbar. Besonders schlecht ist in dieser Beziehung eine Begrenzung der Auslauföffnung durch Bauteile aus Gummi. Trotz dieser Erkenntnisse ist die einfache Öffnungsregelung verbreitet. Es gibt eine Anzahl von Variationen, zum Beispiel Verwendung von Schiebern oder Heben und Senken der Streuscheibe. Kombiniert mit der Öffnungsregelung ist zuweilen die Regelung der Größe und Lage des Streuwinkels; seine Größe soll (und braucht)  $180^\circ$  nicht überschreiten, seine Lage relativ zur Fahr-richtung kann durch Verstellen der Auslauföffnung gegenüber der Scheibe oder durch Abdeckbleche oder durch beide Maßnahmen verändert werden. Ohne Reibung verläßt ein in der Nähe der Scheibenmitte aufgegebenes Masseteilchen den Rand bei radialen Schaufeln nach  $1/\pi$ , oder rund  $1/3$  Umdrehungen, da die mittlere Geschwindigkeit längs der Schaufel gleich der halben Umfangsgeschwindigkeit ist. Praktisch beobachtet werden Winkelwege von  $180^\circ$  und mehr. *s. Beiblatt*

Wir finden bei Schleuderstreuern sowohl Bodenrad- als Zapfwellenantrieb. Der Bodenantrieb hat seine Berechtigung bei getrenntem Antrieb für Zuführung und Schleuderscheibe, und zwar für die Zuführung, falls keine Wegzapfwelle vorhanden ist. Ein gleichmäßiger Förderstrom  $Q$ , in kg/s gemessen, ist dann bei allen Fahrgeschwindigkeiten gewährleistet. Die Schleuderscheibe dagegen benötigt keinen wegbabhängigen Antrieb, da sich Arbeitsbreite, Verteilung und Streudichte  $q$  mit der Geschwindigkeit ändern.

Der Zapfwellenantrieb ermöglicht eine Abdrehtprobe im Stand unter Verwendung einer Auffangvorrichtung, wozu sich zum Beispiel schon der Windschutz eignet. Dieser wird in zunehmendem Maße als Zusatzeinrichtung verwendet, insbesondere für staubende

Düngersorten. Wegen der veränderlichen Arbeitsbreite ist die Abdreprobe beim Schleuderstreuer wichtiger als beim Breitdüngerstreuer und bei der Drillmaschine. Leider wird sie in der Praxis meist unterlassen.

Wird die Schleuderscheibe nicht über ein Kegel-, sondern über ein Reibradgetriebe angetrieben, ist eine einfache stufenlose Drehzahländerung möglich. Das ist an sich erwünscht, bringt allerdings eine weitere Einflußgröße, die bei der Bedienung beachtet werden muß. Leider sind manche Reibantriebe wenig zuverlässig, besonders wenn die Reibscheibendurchmesser klein sind und die Zapfwellendrehzahl ins Schnelle übersetzt wird. Die Reibrolle muß dann auf so einem kleinen Kreis laufen, daß sich die Unterschiede in der Umfangsgeschwindigkeit am Innen- und Außenrand der Rolle schon sehr störend bemerkbar machen und das Gleiten zu raschem Verschleiß führt. Mit entsprechendem technischem Aufwand läßt sich dieser Mangel jedoch beheben.

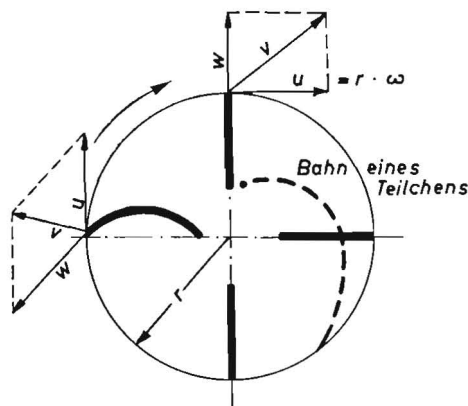


Bild 10: Streubild im Stand und Streudiagramm während der Fahrt

### Zur Mechanik des Schleuderstreuers

In bezug auf die Mechanik des Schleuderstreuers gelten die gleichen Gesetze wie bei Strömungsmaschinen, z. B. Kreiselpumpen. Jedoch fällt in unserem Falle das Medium die Kanäle, also die Zwischenräume zwischen den Schaufeln, nicht vollständig. Die Geschwindigkeit des Düngers längs der Schaufeln ist also nur von der Zentrifugalbeschleunigung abhängig, die proportional dem Radius zunimmt, und unterliegt nicht der Kontinuitätsgleichung. Ohne Reibung und bei Aufgabe in der Nähe der Mitte erlangt ein Masseteilchen auf seinem Wege bis zum Scheibenrand eine Geschwindigkeit gleich der Umfangsgeschwindigkeit. Die Schaufeln ändern nur die Richtung. Ohne Reibung würden bei radialen Schaufeln die Teilchen unter  $45^\circ$  mit 1,4facher Umfangsgeschwindigkeit abgeschleudert (Bild 10). Rückwärtsgestellte oder -gekrümmte Schaufeln verringern Abwurfgeschwindigkeit und Wurfweite, Vorwärtsstellung vergrößert beides. Wichtiger ist der Einfluß auf die Verteilung. Der größere Reibungsweg schräger Schaufeln vergrößert die Geschwindigkeitsunterschiede der Teilchen und bewirkt, daß die Ringfläche, die sie beim Auftreffen auf den Boden bedecken, breiter wird. Noch stärker wirkt der Luft-einfluß, der bei Mischdünger zu einer unerwünschten Windsichtung führen kann. Für die am weitesten fliegenden Teile eines körnigen Düngers sind Scheibenreibung und Luftwiderstand gering: bei Versuchen wurde bei 8 m Wurfweite bis zu 80% des ohne Widerstände errechneten Wertes erreicht. Bei waagerechten Scheiben in der Höhe  $h$  (Meter über dem Boden) ist die größte Wurfweite  $w = v \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}$ , wenn  $v$  die Abfluggeschwindigkeit ist.

Bei 20 m/s Umfangsgeschwindigkeit, radialen Schaufeln, Düngeraufgabe nahe Scheibenmitte, und  $h = 0,75$  m erhält man eine größte Wurfweite von 11 m. Manche Hersteller weisen auf die Möglichkeit hin, die Wurfweite durch Veränderung von  $h$  mittels der Dreipunktaufhängung zu beeinflussen. Die gleichzeitige Änderung der Scheibenneigung wird mit einkalkuliert oder ausgeglichen. Im allgemeinen ist es erwünscht, daß die Scheibenneigung die ohnehin übergroße Zahl der Variablen nicht noch vermehrt. — Senkrechte Scheiben werfen bei gleicher Umfangsgeschwindigkeit wesentlich weiter. Vernachlässigt man die Abwurfhöhe, die hier von geringem Einfluß ist, so errechnet sich die größte Wurfweite unter Vernachlässigung von Scheibenreibung

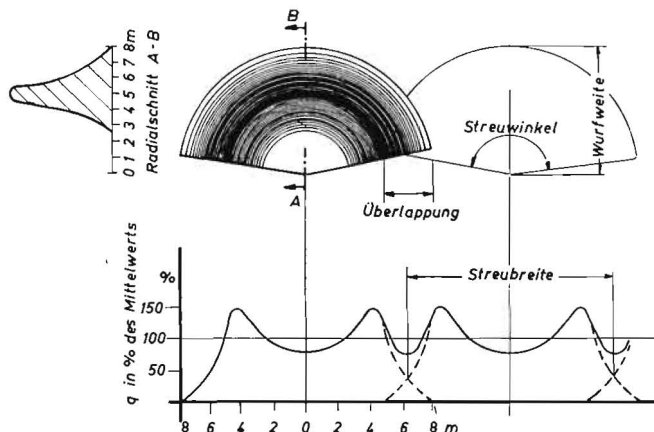


Bild 11: Wurfrichtungen und Geschwindigkeiten bei radialen und rückwärts gekrümmten Schaufeln

und Luftwiderstand zu  $w = \frac{v^2}{g}$ , wobei  $v$  wieder die Abwurf-, nicht die Umfangsgeschwindigkeit ist. Da jedoch die Düngeraufgabe näher dem Rande als der Scheibenmitte erfolgt, der Beschleunigungsweg also kürzer ist, unterscheidet sich  $v$  nicht viel von der Umfangsgeschwindigkeit  $U$ . Rechnet man mit  $w$ , so ergibt das obige Zahlenbeispiel rund 40 m Wurfweite. Dieser Wert ist natürlich längst nicht ausnutzbar, außerdem wirkt sich hier der Luftwiderstand viel stärker aus.

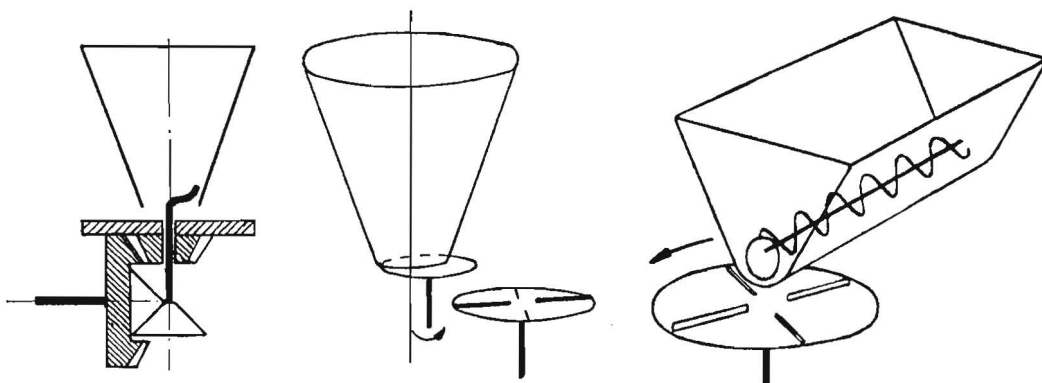
### Das Streubild

Das Streubild eines Kreiselstreuers im Stand und das daraus ermittelte Streudiagramm während der Fahrt zeigt Bild 11. (Die Abweichung der durchschnittlichen Höhe der  $E$ -Kurve von derjenigen der  $q$ -Kurve ist so gering, daß sie zeichnerisch nicht darstellbar ist.) Aus der ganzen Streufläche ist ein Sektor mit dem Streuwinkel  $\alpha$  durch entsprechende Anordnung der Speiseöffnung, durch Abdeckbleche oder durch beide Maßnahmen ausgeblendet. Der Düngerring hat etwa die Gestalt eines Napfkuchens, wie aus

Bild 7: Zuführung durch gegenläufigen Quirl oder Klöppel (links)

Bild 8: Zuführung durch Teller (Mitte)

Bild 9: Zuführung durch Schnecke (rechts)



dem Radialschnitt ersichtlich. Schneidet man den Kuchen in Längsscheiben, so stellt das Gewicht einer Scheibe oder ihre mittlere Höhe die Streudichte  $q$ , aufgetragen über der Breite, während der Fahrt dar. Wäre das so gewonnene Streudiagramm trapezförmig, so ließe sich bei richtiger Wahl der Überdeckung eine vollkommen gleichmäßige Verteilung über das Feld bei Kehrfahrt erreichen. Die erzielbaren Streubilder weichen gar nicht so sehr von dieser Trapezform ab. Das gilt aber nur für Fahrt ohne Seitenwind. Außerdem ist das erforderliche Überdeckungsmaß schwer abzuschätzen. Auch eine Visiereinrichtung, wie sie sich zuweilen findet, hilft nur sehr bedingt. Noch schlechtere Bedingungen ergeben sich bei Rundherumfahrt — aber das gilt ja auch für das Schälens und Eggen. Unerfreulich ist, daß Streubild, Streuwinkel, Wurfweite und bester Überdeckungsgrad von einer Vielzahl von Faktoren abhängen, die teils gleichsinnig, teils entgegengesetzt wirken. Sie seien noch einmal zusammengefaßt: Art des Düngers; Drehzahl, Höhe und Neigung der Scheibe; Fahrgeschwindigkeit; Stellung der Schaufeln; Lage und Größe der Speiseöffnung, wobei die letztere sowohl Düngermenge als auch den Streuwinkel beeinflußt, und Stellung der Abdeckvorrichtung.

Auf alle Fälle werden an Verständnis und Geschicklichkeit der Bedienung erhebliche Anforderungen gestellt. Was die Art des Düngers anbelangt, so wird der Landwirt körnigen Dünger bevorzugen und der Fabrikant sich darauf einstellen müssen. Die Unkrautbekämpfung erfordert jedoch auf alle Fälle staubförmigen Dünger.

### Windschutz

Die große Flächenleistung der Schleuderstreuer ermöglicht es, windstille Zeiten gut auszunutzen. Die meisten Firmen rüsten auf Verlangen ihre Maschinen mit Tüchern aus, die den Einsatz auch bei stärkerem Wind und staubendem Dünger ermöglichen. Dadurch entstehen aber neue Verteilungsprobleme, denn man kann nicht einfach aus einem Sektor von vielleicht 10 m Arbeitsbreite — einschließlich Überdeckung — einen 3 oder 4 m breiten Bereich herauschneiden. Das ergibt eine viel zu große Düngerrückhäufung an den Rändern. Man muß also entweder durch die vorher erwähnten Maßnahmen Arbeitsbreite und Streubild ändern oder im Tücherraum zusätzliche Leitvorrichtungen anbringen.

Beispiele einiger ausgeführter Maschinen finden sich in einem vorangegangenen Beitrag des Verfassers in der „Landtechnik“ [2].

An gleicher Stelle ist von anderer Seite eine Typentabelle der heute in der Bundesrepublik gebauten Schleuderstreuer veröffentlicht. Wenn sie auch keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann, so ist diese Zusammenstellung der wichtigsten Daten doch schon sehr wertvoll.

Zweifellos werden sich Stimmen erheben, die warnend auf die Streugenaugigkeit hinweisen, und ebenso ist ohne Zweifel, daß noch weitere Versuchsarbeit notwendig ist, um alle an diese Maschine gestellten Anforderungen zu berücksichtigen. Die Tatsache aber, daß der Schleuderstreuer, neben Feldhäckseln und Aufsammlern, eine der hervorsteckendsten Maschinen auf dem soeben zu Ende gegangenen Pariser „Salon“ war, sollte doch zu denken geben.

### Zusammenfassung

Schleuder- oder Kreiseldüngerstreuer haben in kurzer Zeit das Interesse der landwirtschaftlichen Praxis gewonnen; sie ermöglichen eine hohe Flächenleistung, obwohl sie einfacher und billiger als Breitstreuer sind. Es wird angenommen und begründet, daß ihre Streugenaugigkeit ausreichend ist, zumal man die Anforderungen an sie nicht überspitzen sollte. Es wird eine Reihe von Bauarten beschrieben, die sich insbesondere in der Ausführung der Schleuderscheibe und der Speisevorrichtung unterscheiden. Inwieweit einfachere Konstruktionen ausreichen oder aufwendigere und damit teurere notwendig werden, hängt von vielen Faktoren ab. Zum Schluß werden die Mechanik des Schleuderstreuers und das Streubild behandelt.

Die Übersicht über die Bauarten ist nicht vollständig; mit großer Wahrscheinlichkeit sind auch noch weitere Typen und erhebliche

Verbesserungen zu erwarten. An den grundsätzlichen physikalisch-mechanischen Bedingungen dürfte sich aber nicht viel ändern.

### Schrifttum

- [1] HEYDE, H.: Zur Bewertung der Streugenaugigkeit von Düngerstreuern. Landtechnische Forschung 7 (1957) S. 53—56
- [2] MARKS, K.: Die neuen Schleuder-Düngerstreuer. Landtechnik 14 (1959) S. 126—129
- [3] KAMES, K.: Mineräldüngerstreuer bei der Großflächenbewirtschaftung. Techn. und arbeitswirtschaftl. Untersuchungen. Dissertation, Berlin 1957
- [4] PELLIZI, G.: Kinematik und spezielle Untersuchungen eines Zentrifugaldüngerstreuers. Italienisch: Istituto Sperimentale di Meccanica Agraria, Milano „Med. ed att.“ VeVi/57
- [5] PUTTKAMMER, D. V.: Die Technik des Lohnkalkens in Westdeutschland. Landwirtschaft — angewandte Wissenschaft Heft 29, Hilstrup 1955
- [6] PUTTKAMMER, D. v. und H. GAUSS: Kalkstreuer Atkinson. Landtechnische Forschung 5 (1955), S. 122—124
- [7] SASS, H.: Erfahrungen mit Schleuderdüngerstreuern. Deutsche Landwirtsch. Presse 81 (1958), S. 99
- [8] SASS, H.: Schleuderdüngerstreuer. Landmaschinenmarkt 37 (1958), S. 34—39

### Résumé

Kurt Marks: „On the Problems involved in the Operation of Centrifugal Manure Spreaders.“

*Centrifugal manure spreaders have in a very short space of time aroused interest in agricultural circles by their greater efficiency as compared to ordinary distributors. Their operation is simpler and cheaper and their surface distribution efficiency is greater than that of the ordinary manure spreader. It is safe to say that their accuracy of distribution is sufficiently high, although the demands made upon them should not be too great. A number of types of centrifugal distributors are then described, all of which differ in the design of the distributor disc and the manure feed system. The answer to the question as to how far simpler designs will suffice or, alternatively, will prove more expensive depends on many factors. In conclusion, the mechanics of the centrifugal distributor and the distribution pattern are discussed. The review of the various types of centrifugal distributors is not complete. It can be confidently stated that there are still other types and valuable improvements may be expected in the future. However, there can be no great changes in the basic physical and mechanical conditions involved.*

Kurt Marks: «Les problèmes posés par les distributeurs centrifuges.»

*Les distributeurs centrifuges ont attiré rapidement l'attention de la pratique agricole. Ils permettent un rendement de surface élevé bien qu'ils soient plus simples et moins chers que les autres systèmes de distributeur. L'auteur est d'avis que leur précision de distribution est suffisante. Il explique son point de vue et il recommande de ne pas poser des conditions trop sévères. Il décrit un certain nombre de constructions qui se distinguent en particulier par la conception du plateau de distribution et du système d'alimentation. Il faut tenir compte de nombreux facteurs avant de décider si les constructions simples suffisent ou si des constructions plus compliquées, et, par conséquent, plus chères sont nécessaires. En conclusion, l'auteur traite de la mécanique du distributeur centrifuge et des représentations graphiques de distribution.*

*L'aperçu donné sur les différents types n'est pas complet. Il est possible que l'on voie paraître d'autres types et des améliorations notables. Toutefois, ils ne changeront probablement pas beaucoup les conditions physico-mécaniques fondamentales.*

Kurt Marks: «De los problemas de las repartidoras centrifugas.»

*Las repartidoras centrifugas de abonos han encontrado en poco tiempo aceptación en la agricultura práctica, porque alcanzan rendimientos superiores en cuanto al área trabajado, a pesar de ser más sencillas y más económicas que las repartidoras anchas. Se da por sentado y se prueba que la exactitud de reparto de estas máquinas es suficiente y por cierto no deben llevarse al extremo las exigencias. Se describe una gama de modelos que se diferencian en primer lugar por la construcción del disco lanzador y del sistema de alimentación. Depende de numerosos factores el que satisfagan las construcciones sencillas o que se exijan otras más complicadas y por esto más caras. Al final se trata de la mecánica de las repartidoras centrifugas y del gráfico de reparto.*

*La lista de modelos no es completa y es muy probable que existan y que salgan todavía otros modelos que presenten mejoras notables, pero de suponer que no han de cambiar sensiblemente las condiciones físico-mecánicas.*