Landtechnik von morgen

Folge **14**

Eine Zusammenstellung landtechnischer Fachvorträge, die von ihren Verfassern auf den Informationstagungen auf Gut Schlüterhof gehalten wurden.

1. 75 Jahre Schlüter; von Dipl.-Ing. Dr. h. c. Anton Schlüter, Seite 2.
2. Einleitung zur Schlütertagung durch Prof. Dr. Heinz-Lothar Wenner, Direktor des Institutes für Landtechnik und Vorstand der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik Weihenstephan, Seite 4.
3. Landtechnik und Agrarstruktur; von Prof. Dr. Heinz Haushofer, Seite 5.
4. Strohverwertung und Strohbeseitigung unter heutigen Aspekten, Strohzerkleinerung und -Einarbeitung; von OAss. Dr. Manfred Estler und Dipl.-Ing. agr. Anton Perwanger, Institut für Landtechnik Weihenstephan, Seite 6.
5. Strohverwertung und Strohbeseitigung unter heutigen Aspekten, Ackerbauliche Auswirkung vermehrter Strohdüngung; von Dr. Jürgen Debruck, Wissenschaftlicher Assistent und Leiter der Forschungsstelle Rauisch-Holzhausen, Seite 13.
6. Strohverwertung und Strohbeseitigung unter heutigen Aspekten, Neue Möglichkeiten der Strohverwertung; von LDir. Dr. Heinz Schulz, Fachleiter der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik und Geschäftsführer des Landtechnischen Vereins Weihenstephan, Seite 19.
7. Neue leistungsfähige Transporttechnik für die Landwirtschaft; von Prof. Dr. F. Coolman, Direktor des Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, Wageningen, Seite 24.

Herausgegeben von der
MOTORENFABRIK ANTON SCHLÜTER MÜNCHEN · WERK FREISING

75 Jahre Schlüter

von Dipl.-Ing. Dr. h. c. Anton Schlüter

„Erzähle mir die Vergangenheit, und ich werde die Zukunft erkennen." Das 75-jährige Jubiläum unseres Unternehmens gibt uns die willkommene Gelegenheit, vor aller Öffentlichkeit zu zeigen, wieviel Wahrheit in diesem Satz von Konfuzius liegt. Wir wollen von der Vergangenheit unseres Unternehmens erzählen, damit jeder erkennt, was er in Zukunft von den Schlüterwerken erwarten kann.

75 Jahre sind in unserer schnellebigen Zeit kein hohes Alter mehr, und auch unser Unternehmen ist bis zum heutigen Tage jung, tatkräftig und fortschrittlich geblieben.

Es war für einen Industriebetrieb in diesen 75 Jahren nicht einfach, die wirtschaftlichen Zusammenbrüche nach zwei Weltkriegen, die jeweils darauffolgenden Inflationen und Geldentwertungen sowie die größte Wirtschaftskrise Deutschlands Anfang der dreißiger Jahre mit mehr als 7 Millionen Arbeitslosen – allein auf sich und seine Mitarbeiter gestellt – gesund zu überleben und erfolgreich wieder aufzubauen.

Dies war nur möglich, weil der gute Geist, den bereits der Gründer dieser Firma in die Wiege gelegt hat, und die guten Eigenschaften der Intelligenz, des Fleißes und der Bescheidenheit, die er zusammen mit seinen ersten Mitarbeitern praktizierte und vorlebte, bis auf den heutigen Tag von allen Generationen, die in diesem Unternehmen gearbeitet haben, weiter gepflegt und auf die jungen Nachfolger übertragen wurden.

Wer einmal die Geschichte dieser Firma von Anfang schreibt, müßte mit dem Satz beginnen: „Sie war einst das Kind armer, aber fleißiger und ehrsamer Eltern."

Das Geschlecht der Schlüter stammt aus dem Westfälischen. Der in seinem arbeitsreichen Leben mit vielen hohen Orden und Ehren ausgezeichnete Kommerzienrat Anton Schlüter kam im Jahre 1888 – 21 Jahre alt – als Wandergeselle von Westfalen nach Freising. Er hatte bis dahin bereits mehr Schicksalsschläge ertragen und überstehen müssen, als die meisten anderen Menschen in ihrem ganzen Leben. Im Alter von 8 Jahren verlor er Vater und Mutter und mußte sich von da an schon mit eigener Kraft seinen Weg suchen.

Nachdem er unter den widrigsten persönlichen Umständen – ohne Eltern und ohne Familie – das Handwerk eines Kunstschlossers erlernt hatte, ging er, weil in ihm die Umgebung seiner Jugendjahre eine ungute Erinnerung hinterließ, auf die Wanderschaft und kam auf diesem Wege nach Freising, wo er seine erste dauerhafte Arbeit aufnehmen wollte. Aber schon nach eineinhalb Jahren, nachdem er geheiratet hatte und sein ältester Sohn zur Welt gekommen war, zog er mit seiner Familie erneut auf Wanderschaft, um wieder Neues zu sehen und zu lernen, und kam nach weiteren 10 Jahren, reich an Erfahrungen und nach erfolgreich bestandener Meisterprüfung, mit seiner Familie nach München zurück. Hier gründete er am 13. Juni 1899, an dem Tag, der gleichzeitig sein Geburts- und Namenstag war, in der Weißenburger Straße in München seine Firma als Mechanische Werkstätte, in der er zunächst mit der Reparatur von Motoren und Druckereimaschinen begann.

Als er eines Tages den Auftrag erhielt, 20 gebrauchte Gasmotoren instandzusetzen, entdeckte er sein Interesse und sein Können für die Motorentechnik und baute diese Motoren zur größten Verwunderung seines Auftraggebers auf die damals schon wesentlich wirtschaftlichere Benzinverbrennung um. Von dieser Zeit an war sein ganzes Hoffen und Streben, einmal selbst Motoren bauen zu können. Mit westfälischem Dickschädel und bayerischer Vitalität machte er sich an die Arbeit und übernahm kurz darauf die Lizenzfertigung einer Leipziger Motorenfabrik.

Die Mechanische Werkstätte in der Weißenburger Straße, die er zunächst bis in seine Wohnräume hinein ausgedehnt hatte, wurde ihm schnell zu klein, und er suchte nach einem größeren Gelände. Das fand er in der nahe gelegenen Balanstraße, als die Stadt München dort ihre alte Nervenheilanstalt auflöste, und er pachtete zunächst 10 000 qm, auf denen er größere Fertigungswerkstätten errichten konnte. Sein Erfindergeist fand Tag und Nacht keine Ruhe. Seine Mitarbeiter, die er wesentlich besser behandelte als sich selbst, waren von gleichem Fleiß und Tatendrang erfüllt wie er, und so kam es, daß die Schlüter-Motorenfabrik München-Ost bald mehr Aufträge hatte, als sie erfüllen konnte.

Nicht nur der Geist des Erfinders, der manchmal zum Schrecken seiner Mitarbeiter jeden Tag neue Gedanken in die Tat umsetzen wollte, sondern ebenso der Drang nach noch mehr Unabhängigkeit bei der Verwirklichung neuer Ideen steckte von Anfang an in diesem Unternehmen und führte im Jahre 1911 zum Erwerb der eigenen Eisengießerei in Freising.

Aber auch dieser Betrieb erfüllte noch nicht alle Wünsche des ständig nach vorwärts strebenden Unternehmers und seiner Mitarbeiter. Im Jahre 1915 kaufte er von der Stadt Freising ein Grundstück von 100 000 qm, das nun endlich groß genug war, um in den Kriegsjahren 1915–1917 ein drittes Werk errichten zu können – das heutige Hauptwerk unseres Unternehmens.

Während die ständig verbesserten Benzin- und Gasmotoren aus der Motorenfabrik München-Ost wegen ihres hervorragenden Rufes an Qualität und Dauerhaftigkeit schon in den Jahren ab 1905 in alle Welt geliefert wurden, begann man in der Motorenfabrik in Freising ab 1918 gleich mit dem Bau der für stationäre Verwendung noch wesentlich wirtschaftlicheren Glühkopf- und Dieselmotoren, die in den Leistungsklassen von 2 PS bis 300 PS hergestellt wurden.

Von Anfang an legte man in den Schlüterwerken größten Wert auf die Entwicklung von Benzin- und Dieselmotoren für den stationären und für den beweglichen Antrieb in der Landwirtschaft. Die Schlüter-Lokomobilen als fahrbare Antriebsaggregate hatten schon vor und nach dem ersten Weltkrieg in der deutschen Landwirtschaft das gleiche Ansehen wie heute die bärenstarken Schlüter-Schlepper.

In dem Entwicklungszeitraum der Verbrennungsmotoren-Technik erhielt unser Unternehmen viele Auszeichnungen für neue konstruktive Ideen, von denen das Deutsche Reichspatent für das Drehschieber-Verbrennungsverfahren bis heute die einzige Konstruktion geblieben ist, mit der man einen Vorkammer-Dieselmotor ohne Zündhilfsmittel kaltstarten kann.

Mit den stationären Dieselmotoren von 2 PS bis 300 PS, die außer für die Landwirtschaft auch für Elektro-, Pumpen- und Kompressor-Aggregate und als Schiffsantriebsmotoren sowie für Bordhilfsaggregate geliefert wurden, war die Grenze der für die Firmengröße passenden Produktion erreicht.

1937 begann der Schlepperbau, für den sich unsere Dieselmotoren wegen ihres großen Hubraumes, ihrer wirtschaftlichen Drehzahl und wegen ihres starken Drehmoments besonders eigneten. Von Anfang an diente dabei der eigene landwirtschaftliche Betrieb Gut Schlüterhof mit 160 Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche als Versuchszentrum. Damals schon gehörten unsere größeren Schleppertypen mit 25 PS und 50 PS, die neben einem billigeren Kleinschlepper mit 14 PS gebaut wurden, zu den stärksten Traktoren der dreißiger und vierziger Jahre. In den Notzeiten des zweiten Weltkrieges entstanden daraus für die deutsche Landwirtschaft ein 25-PS- und ein 50-PS-Holzgasschlepper.
Kurz vor dem Tode des Gründers unseres Unternehmens übernahm sein ältester Sohn im Jahre 1948 die Leitung des Werkes und erweiterte nach dem finanziellen und materiellen Wiederaufbau der Firma vor allem die Schlepperproduktion. Es begann die systematische Entwicklung großer und starker Traktoren. Neben einem preisgünstigen neuen 15-PS-Schlepper für die vielen kleinen landwirtschaftlichen Betriebe wurden bereits in den fünfziger Jahren moderne Zugmaschinen mit 30 PS, 45 PS und 60 PS gebaut – der Zeit voraus und richtungweisend für die damals allmählich beginnende Rationalisierung in der Landwirtschaft.

Anfang der sechziger Jahre wagten wir als erster Traktorenhersteller in Europa den für das heutige Unternehmen entscheidenden Sprung in die 100-PS-Klasse. Entgegen vielen Befürchtungen reagierte die Landwirtschaft positiv. Das Wagnis war – für viele überraschend – gelungen und das Risiko hatte sich gelohnt. Von da an begann eine ununterbrochene, intensive Entwicklungsarbeit zu immer größeren Schlepperleistungen, mit denen wir seit 10 Jahren auf dem europäischen Schleppermarkt dem allgemeinen Trend ständig vorauseilen. Mit Vollgas erreichten wir bereits vor 2 Jahren die 200-PS-Marke, und im Jubiläumsjahr 1974 konnten wir einen neuen, 300 PS starken Profi-Trac für die 500-, 1000- und mehr Hektar-Betriebe der Öffentlichkeit vorstellen. In der Zwischenzeit haben wir bewußt auf die Produktion kleinerer Schlepper, die wirtschaftlicher in Großserien hergestellt werden, verzichtet.
Ein weiterer Sprung in die Landtechnik von morgen ist uns mit der Entwicklung von Compact-Schleppern in der Leistungsklasse von 80 PS bis 100 PS gelungen. Mit dieser neuen, auf kleinste Abmessungen reduzierten Konstruktion können nun auch die kleinen und mittleren Betriebe Leistung, Technik und Komfort von Großschleppern in der für sie geeigneten, wendigen und leichtgängigen Form und außerdem zu wesentlich billigeren Preisen bekommen.
Der dritte große Schritt in die Zukunft des modernen Schlepperbaues ist uns 1974 mit den neuen Schlüter-Silence- und Super-Silence-Kabinen geglückt. Wir konnten damit den Komfort der Standard-Schlepper auf viele Jahre voraus richtungweisend verbessern und bieten den Schlepperfahrern den humanen Arbeitsplatz mit dem kompletten Komfort der modernen Automobiltechnik.
Zu den besonderen Merkmalen, die in der Geschichte unseres Unternehmens einen ebenso festen Platz einnehmen wie die Entwicklung der modernen Großschleppertechnik, gehören auch die Internationalen landtechnischen Informationstagungen und Großvorführungen, die seit einem Jahrzehnt alljährlich auf dem Versuchszentrum Gut Schlüterhof unter dem Motto „Landtechnik von morgen" stattfinden.

Die beispielhafte Zusammenarbeit zwischen der landtechnischen Wissenschaft und der Landmaschinenindustrie haben diese Veranstaltungen zu der größten und in Europa einmaligen Produktinformation dieser Art gemacht. Dieser Tag der Landtechnik ist zugleich ein Treffpunkt der internationalen Landmaschinen- und Geräteindustrie mit den landtechnischen Wissenschaften und der landwirtschaftlichen Praxis geworden und bietet die einmalige Gelegenheit, jeweils die neuesten Landmaschinen und Geräte und die mit ihnen entwickelten Arbeitsverfahren im praktischen Einsatz beobachten und prüfen zu können.
Ein Bildungsservice neuer Art schließt den Kreis der besonderen Merkmale in der Geschichte unseres Unternehmens bis heute ab. Seit einigen Jahren haben wir mit Hilfe der Wissenschaft und der Landmaschinenindustrie auf unserem Versuchszentrum Gut Schlüterhof Bildungsseminare für landwirtschaftliche Unternehmer, für Landtechniker und für Schlepperfahrer eingerichtet, in denen dieser Personenkreis – unsere gemeinsamen Kunden von heute und morgen – über die neuesten Erkenntnisse von Forschung und Lehre in der Landwirtschaft und über die landtechnischen Entwicklungen von morgen unterrichtet werden.
Dies ist die Geschichte unserer Firma bis heute. Daß die Schlüterwerke auch in Zukunft ihren eigenen Weg gehen werden, beweist die Vergangenheit.
Es war nie die Quantität von Rekorden, die der Firma Schlüter ein spektakuläres Image verliehen haben. Die Vielzahl ständig neuer Ideen und die Qualität ihrer Verwirklichung haben seit 75 Jahren den guten Namen unseres Unternehmens geprägt. Die Stärke aber, die uns so sicher macht, und die Kraft, mit der wir bis zum heutigen Tage alle Schwierigkeiten meistern konnten, ist immer die menschliche und fachliche Größe aller unserer Mitarbeiter gewesen. Alle fühlen sich in der Verantwortung für das Ganze. So war es seit 75 Jahren und so ist es bis zum heutigen Tage in diesem Unternehmen geblieben. Bei uns ist jeder auf seinem Platz der Beste, und es waren auch immer die Besten, die zu allen Zeiten dieser ihrer Firma treu geblieben sind.
Seinen eigenen Weg zu gehen, ist nicht immer leicht. In die 75 Jahre ununterbrochen erfolgreicher Arbeit der Schlüterwerke von 1899 bis 1974 fielen zwei Weltkriege, zwei Inflationen und Wirtschaftskrisen weltweiten Ausmaßes. In einer von derart tiefgreifenden Wandlungen erschütterten und verunsicherten Zeit standzuhalten, sich zu behaupten und erfolgreich zu sein, kann man sicherlich nicht allein der eigenen Kraft zuguteschreiben. Dazu bedarf es zusätzlich und in hohem Maße eines gütigen Geschicks, einer guten Portion Glück und der Gnade. Uns sind diese, nicht durch eigene Kraft erreichbaren Dinge zuteilgeworden.
Es ist nicht selbstverständlich, daß das Werk des Gründers nun in der dritten Generation fortgeführt und ausgebaut werden konnte. Es ist nicht selbstverständlich, daß sich in allen Jahren des Bestehens immer wieder eine so große Zahl von menschlich und fachlich hervorragenden Mitarbeitern fand, die dieses Unternehmen als das ihrige betrachteten, und es ist auch nicht selbstverständlich, daß unser Werk und seine Erzeugnisse in aller Welt so viel Vertrauen und Unterstützung erhielten. Tiefe Dankbarkeit erfüllt uns und Zuversicht für die Zukunft.
Aus der Vergangenheit kann man die Zukunft erkennen, sagten wir eingangs. Die Schlüterwerke werden ihren nun seit über 75 Jahren eingeschlagenen erfolgreichen Weg fortsetzen, vor allem im Dienste und zum Wohle der Landwirtschaft.

Einführung zur Schlüter-Informationstagung am 8. Oktober 1974

von Prof. Dr. Heinz-Lothar Wenner, Direktor des Instituts für Landtechnik und Vorstand der Landesanstalt für Landtechnik, Weihenstephan

Wenn ich wiederum aufgefordert bin, eine kurze Einleitung zur Schlüter-Informationstagung zu geben, dann geschieht das heute aus besonderem Anlaß. Denn in diesem Jahr konnte das 75jährige Firmenjubiläum der Firma Schlüter gefeiert werden, das nur einige von uns jetzt Anwesenden miterleben durften. 75 Jahre sind auch in unserer schnellebigen Zeit eine noch überschaubare Zeitspanne, aber immerhin zeugt ein 75jähriges Firmenjubiläum der Landmaschinenbranche im Zeitalter der technischen Umwälzungen und der industriellen Revolution von einer hervorragenden Mischung an Beständigkeit und unternehmerischem Wagemut. Wenn auch heute der Blick meist in die Zukunft gerichtet ist, und wenn man sinnvoll gewachsene Traditionen in allen Bereichen mehr und mehr achtlos beiseite zu schieben trachtet, erscheint mir trotzdem ein rückblickender Vergleich von Zeit zu Zeit ratsam und eine Besinnung über das Erreichte notwendig. Denken wir einmal zurück, was vor 75 Jahren — etwa zur Jahrhundertwende — die Landtechnik bedeutete, und führen wir uns vor Augen, welchen Stand die Mechanisierung der Landwirtschaft erreicht hat, dann ergibt sich das Bild einer faszinierenden Entwicklung. War damals — abgesehen von einigen Dampfpflügen und Dampfdreschsätzen — das Tiergespann die einzige, bescheidene Energiequelle der Agrarproduktion, sind es heute leistungsstarke Schlepper in der Feldwirtschaft, wie wir sie bei der Vorführung bewundern können, und vielfältige Elektroantriebe in der Innenwirtschaft, die insgesamt ein Vielfaches gegenüber früher leisten. Damals benutzte man zwar allgemein bereits Bodenbearbeitungsgeräte aus Stahl, wie Pferdepflug, Eggen, Grubber, Walzen, und man begann gerade, einfache Drillmaschinen nach englischem Muster zu verwenden; heute werden jedoch mehrscharige Schlepperpflüge, Gerätekombinationen, zapfwellengetriebene Bodenbearbeitungsgeräte bis hin zu Maschinen für die Minimalbestelltechnik eingesetzt. Und die Ernte war zur Zeit der Jahrhundertwende vorwiegend noch durch Handarbeitsgeräte gekennzeichnet, so für die Rüben, die Kartoffeln und das Futter; lediglich in der Getreideernte bahnte sich der Übergang zum Ableger und zur Standdreschmaschine an, vielleicht späterhin angetrieben von einem stationären Schlüter-Vielstoffmotor oder einem Dieselmotor mit Drehschieber-Verbrennungsverfahren. Heute wird die Ernte mit $^1/_{30}$ bis $^1/_{50}$ an Arbeitszeitaufwand von Mähdreschern, Bunker-Köpfrodern, Kartoffel-Bunkerrodern, Feldhäckslern, Sammelpressen und Ladewagen erledigt. Und in der Innenwirtschaft herrschte damals ausschließlich Handarbeit vor, heute vollzieht sich auch hier der Umschwung zu weitgehend technisierten Produktionsabläufen, wenn wir beispielsweise an die Geflügelhaltung oder Mastschweineproduktion denken. Sicherlich wird uns Herr Prof. Dr. Haushofer aus agrarhistorischer Sicht diese landtechnische Entwicklung und ihre Auswirkungen auf unsere Agrarstruktur nachfolgend noch näher vor Augen führen. Von meiner Seite aus sei lediglich noch ergänzt, daß eine derartige stürmische landtechnische Evolution in diesen 75 Jahren nur möglich war durch den unermüdlichen Erfindergeist und die vielfältige schöpferische Ingenieurtätigkeit in unserer Landmaschinen- und Schlepperindustrie. Und an diesen oft sprunghaften Fortschritt der landtechnischen Entwicklung ist ein gerütteltes Maß Unternehmerwagemut der Industriefirmen gekoppelt, besonders auch in der heutigen Zeit, wo sich leider die Landwirtschaft aufgrund ihrer zunehmend schwierigeren Produktionsbedingungen quasi als „unsicherer Kunde" herausstellt. Wie auch schon früher, umsomehr jedoch heute ist das Gedeihen und Wachstum einer Firma von der Unternehmer-Persönlichkeit abhängig, die es versteht, trotz zunehmender Einschränkungen des Entscheidungsspielraumes ein Unternehmen dauerhaft und krisenfest auszubauen und zu führen. Bei der Firma Schlüter sind wir überzeugt, daß, wie schon in der 75-jährigen Firmengeschichte so auch heute, die Geschicke dieses Unternehmens in den richtigen Händen liegen. Und sind wir froh darüber, daß wir hier bei Schlüter noch eine Stätte vorfinden, wo, durch die Persönlichkeit von Dr. Schlüter geprägt, solche landtechnische Informationstagungen durchgeführt werden können, die für uns alle von hohem Wert sind. In diesem Sinne sind wir Teilnehmer Ihnen, Herr Dr. Schlüter, zu großem Dank verpflichtet, und dürfen Ihnen noch nachträglich zum 75jährigen Jubiläum wünschen, daß Ihre Firma viele Jahre weiterhin blühe, wachse und gedeihe zum Wohle Ihrer treuen landwirtschaftlichen Kunden und Ihrer Mitarbeiter, aber auch in unser aller eigenem Interesse, daß wir noch viele derartige Tagungen bei Ihnen erleben dürfen.

Neben dem landtechnisch-geschichtlichen Exkurs, den uns anschließend Prof. Dr. Haushofer in Anlehnung an das Firmenjubiläum geben wird, sollen uns heute zwei besonders aktuelle Probleme beschäftigen, und zwar die Strohbeseitigung und -verwertung sowie Transportfragen in der Landwirtschaft. Sicherlich wird das Problem der Strohbeseitigung aus der Sicht des Umweltschutzes in der heutigen Zeit vielfach überspitzt dargestellt, zumal wenn die nichtlandwirtschaftliche Bevölkerung vermehrt auf die Umweltverschmutzung durch Rauchentwicklung hingewiesen wird, und wenn überhöhte Forderungen auftreten. Es darf jedoch auch einmal daran erinnert werden, daß schon immer im Herbst Kartoffelkraut verbrannt wurde, ohne daß jemals Anstoß daran genommen wurde — im Gegenteil, das brennende Kartoffelkraut gehörte früher mit zum Bild des Herbstes. Uns mag jedoch heute das Problem Stroh mehr von der Seite der landwirtschaftlichen Produktionstechnik interessieren, und hier sind es mehrere Aspekte, die das Stroh in letzter Zeit in den Vordergrund des Interesses rücken lassen.

Zunächst sei an die Unfallgefahr beim Verbrennen von Stroh erinnert, wobei jährlich einige tödliche Unfälle zu verzeichnen sind. Das führte zu entsprechenden Auflagen und zur Genehmigungsverordnung, und sicherlich muß in Zukunft mit weiteren behördlichen Erschwernissen gerechnet werden. Auf der anderen Seite treten jedoch in Ackerbaugebieten mit engen Getreidebaufruchtfolgen zunehmende Schwierigkeiten auf, weil bei weiter steigenden Erträgen immer größere Strohmassen anfallen. Hinzu kommt, daß infolge der Spezialisierung ohne Viehhaltung oder in Verbindung mit modernen Aufstallungsformen immer geringere Strohmengen in der Innenwirtschaft benötigt werden. Während früher der Mittellangstand oder der Tieflaufstall 12 bis 20 kg Stroh je GV und Tag verbrauchten, sind es beim modernen

Kurzstand nur 2 kg oder im Liegeboxenlaufstall sogar nur 0,5 kg Stroh pro GV und Tag, bzw. es werden die Tiere völlig strohlos gehalten, um den Aufwand für die Strohernte und die Strohlagerung einzusparen. Das Ziel muß also darin bestehen, diese wachsenden Strohmengen im Boden einer ausreichenden Verrottung zuzuführen. Auf leichten Böden mit intensivem Umsetzungsvermögen treten hierbei weniger Probleme auf als auf schweren Böden, wobei der Witterungsablauf mit entscheidend sein kann. Daher ist nach neuen oder verbesserten Methoden Ausschau zu halten, die Umsetzungen und die Verrottung im Boden zu fördern und die Bodenfruchtbarkeit mindestens zu erhalten. Aus landtechnischer Sicht sind hierbei mehrere Probleme einer Lösung näherzubringen:

1. ausreichende Zerkleinerung im Mähdrescher oder durch gesonderte Arbeitsgeräte,
2. gleichmäßige Verteilung über der Fläche, und
3. schließlich gleichmäßige Einbringung in den tätigen Bodenhorizont.

Dabei sollten die entsprechenden Verfahren eine hohe Arbeitsleistung, also einen geringen Arbeitszeitbedarf aufweisen, auf der anderen Seite jedoch nicht zu hohe Ansprüche an die verfügbaren Motorleistungen stellen. Umfangreiche Geräteversuche sind in diesem Jahr in der Landtechnik Weihenstephan angelaufen, die Versuchsergebnisse von Perwanger liegen jedoch noch nicht völlig ausgewertet vor. Trotzdem wird schon heute Herr Dr. Estler die wichtigsten Geräte erläutern und eine vorsichtige Bewertung der Verfahren vornehmen.

Alle gerätetechnischen Bemühungen sind jedoch nur dann erfolgreich, wenn gleichzeitig in Zusammenarbeit mit den Acker- und Pflanzenbauern die Auswirkungen auf die Bodenstruktur und das Umsetzungsvermögen positiv beeinflußt werden. Daher wird als Ergänzung Herr Dr. Debruck über die ackerbaulichen Auswirkungen der vermehrten Strohdüngung berichten. Insgesamt ist diesen Bemühungen, das nach dem Mähdrusch auf dem Feld liegende Stroh dem Boden in geeigneter Art und Weise zurückzugeben, bei weitem die größte Bedeutung beizumessen. Daneben sollten wir vielleicht aber auch überlegen, sofern in Ackerbaubetrieben noch Veredelungsproduktion betrieben wird, verbesserte Methoden der Strohernte sowie einfachere Verfahren der Strohlagerung zu entwickeln, um eine sinnvolle innerbetriebliche Verwertung auch größerer Strohmengen zu erreichen. Somit sollte nicht vernachlässigt werden, daß Stroh auch ein Ernteprodukt darstellen kann mit wesentlichen positiven Eigenschaften, die sich nach wie vor auch für eine wirtschaftliche Verwertung anbieten, und zwar nicht nur im eigenen Betrieb. Nur wenige Schlagworte sollen zu diesen positiven Eigenschaften des Strohs genügen: Der Energiegehalt des Strohs ist nicht unbeträchtlich, es läßt sich in der Zellstoffindustrie verwerten, und schließlich besitzt Stroh günstige Isolationseigenschaften. Über interessante Möglichkeiten und Aussichten der anderweitigen Strohverwertung, besonders der wirtschaftlichen Nutzung durch Verkauf, wird daher Ldw.-Dir. Dr. Schulz anschließend berichten. Dabei müssen dann auch die Ernteverfahren und die Verdichtung des Strohs zur Verbesserung der Transportfähigkeit eine besondere Rolle spielen.

Aber nicht nur der Abtransport von Stroh für eine landwirtschaftliche oder industrielle Verwertung wirft große Probleme auf, sondern mehr und mehr gerät die gesamte Transporttechnik schlechthin in der Landwirtschaft in Bewegung. Denken wir nur daran, daß die Leistungsfähigkeit unserer Erntegeräte ständig zunimmt, daß die Arbeitsbreite der Mähdrescher, der Futtererntegeräte und der Zuckerrüben- und Kartoffelroder sowohl im eigenbetrieblichen Einsatz als auch besonders bei überbetrieblicher Verwendung weiter im Zunehmen begriffen ist, und daß auf der einen Seite auch die Erträge, d. h. die abzutransportierenden Erntemengen weiterhin steigen, dann wird ersichtlich, auf welchen Engpaß wir bei der Transportleistung mit herkömmlichen Transporttechniken zusteuern. Heute schon beansprucht der Abtransport der Erntegüter einschließlich Einlagerung oder Vermarktung in den meisten unserer landwirtschaftlichen Betriebe mehr als die Hälfte des Gesamtarbeitszeitbedarfes innerhalb der Ernteverfahren! Und für die Transporte zum Feld hin — wie beispielsweise bei wirtschaftseigenen oder zugekauften Düngemitteln — nimmt der Zeitbedarf für die Transportarbeiten ein nicht unbeträchtliches Ausmaß ein. So ist es verständlich, daß die Praxis für neue, leistungsfähigere Transporttechniken großes Interesse zeigt. Dabei spielen im Rahmen der Transportleistungen nicht nur die Vergrößerung der Transporteinheiten durch Steigerung der jeweiligen Transportmassen bzw. -volumina eine entscheidende Rolle, sondern auch die Transportgeschwindigkeiten, die Manövrierfähigkeit und die Möglichkeiten der Schnellentleerung bzw. der Übergabegeschwindigkeit in Weiterfördergeräte. In dieser Hinsicht können evtl. die neuen, sehr tragfähigen Einachsanhänger oder mit Tandemachse einen wesentlichen Fortschritt einleiten, sofern die Probleme der schnellen Ankoppelung an den Schlepper, des Kippverhaltens, der Bremsanlagen, u. a. m. in Verbindung mit der Straßenverkehrszulassungsordnung günstig zu lösen sind. Da in den westlichen Nachbarstaaten bereits seit längerer Zeit größere Einachsanhänger in der Landwirtschaft eingesetzt werden, sind wir sehr froh darüber, daß Herr Prof. Coolman über Versuchsergebnisse und Erfahrungen mit diesen neuen Transporttechniken in den Niederlanden zu uns sprechen wird. Wir werden besonders bei diesem letzten Referat aufmerksame und interessierte Zuhörer sein.

Neben diesen Hauptthemen der diesjährigen Informationstagung werden — wie schon zur Tradition geworden — die Bodenbearbeitung und die Silomaisernte bei der Vorführung behandelt und Neuerungen auf diesen Gebieten von Dr. Schurig und Dr. Estler erläutert. Wir dürfen also wiederum eine Fülle fachlicher Anregungen erwarten, die letztlich einem besseren wirtschaftlichen Erfolg unserer Landwirtschaft dienen sollen.

Landtechnik und Agrarstruktur

Kurzfassung von Prof. Dr. Heinz Haushofer

Bis zum Ende des 2. Weltkrieges ist in Deutschland eine echt strukturändernde Wirkung der Landtechnik noch kaum sichtbar. Die „Ära des Dampfpfluges" hatte sich nur auf den geringen Prozentsatz wirklicher Großbetriebe ausgewirkt oder war durch genossenschaftlichen Einsatz für den mittleren Betrieb abgefangen worden. Dann aber hatte sich die Schleppertechnik zunächst den Anforderungen des bäuerlichen Familienbetriebes angepaßt.

Als „Aufhänger" für das Weitere kann die interessante Auseinandersetzung dienen, die 1902 — also in der Zeit, in der Lenin sich in München aufhielt — zwischen ihm

und dem Nestor der deutschen landtechnischen Forschung, Gustav Fischer, stattfand, die bei uns so gut wie unbekannt ist. Hier geht es schon dezidiert um die strukturändernden Möglichkeiten der Landtechnik, die seitdem Grundlage aller strukturändernden Entwürfe in der Landwirtschaft geworden sind: der kapitalistischen wie der sozialistischen.
Festzustellen ist, daß bisher alle Rückschläge in der Technisierung der Landwirtschaft sich als kurzfristige Schwankungen herausgestellt haben, die stets nach wenigen Jahren wieder ausgeglichen wurden, wobei die vorher vorhandenen Trends wieder aufgenommen wurden. Das gilt auch für die wenigen bewußten Versuche, den Fortgang der Technisierung aus außerökonomischen Gründen zu stoppen. Die steigenden Kosten der Arbeitserledigung in der Landwirtschaft, im besonderen die rapide Steigerung der Lohnkosten, haben einen unentrinnbaren Zwang auf den Landwirt ausgeübt: sei es im lohnzahlenden Betrieb direkt, sei es im Familienbetrieb durch den Vergleich mit den außerlandwirtschaftlichen Einkommen.
Wenn diese Entwicklung anhält, dann wird auch die Landtechnik ihr weiter folgen, nachdem auch heute noch „ungebrochene Möglichkeiten zur Steigerung der technischen Effizien" (Weinschenck) vorhanden sind, die in Richtung einer Vergrößerung der Maschinen, der Schlaggrößen, der Betriebsgrößen (sei es individuell oder gemeinschaftlich) wirken. Immer mehr Böden und immer mehr Menschen müßten in diesem Prozeß ausscheiden, dessen Ende nicht abzusehen wäre, weil der „endlose Anpassungsdruck" wie ein Motor wirkt. Selbstverständlich stellt sich zu jeder Stunde während dieses Prozesses die Frage nach dem jeweiligen Optimum: Wo hört nach dem Stand der Technik, der Flurbereinigung, des Straßenwesens, der Wirtschaftlichkeit, der ländlichen Infrastruktur usw. die Ratio der Steigerung auf?
Über dieses Optimum muß — auch in einem vorwiegend technisch denkenden Gremium — rechtzeitig sowohl aus wirtschaftlichen wie sozialen Gründen nachgedacht werden. Die Landtechnik darf sich nicht einer Situation aussetzen, in der aus ökonomischen und außerökonomischen Gründen ein „Rückgängigmachen des technischen Fortschritts in der Landwirtschaft" gefordert würde; oder in der ihr zur Last gelegt wird, daß sie „die Reichen reicher und die Armen ärmer" mache. Auch diese Fragen gehören zu dem Vorgang der Verunsicherung, der gerade in diesen Jahren im Gange ist.
Zu dieser Verunsicherung gehört weiter, daß die Geburtenzahlen in den landwirtschaftlichen Familien rückgängig sind, und daß auch von hier aus die Notwendigkeit einer weiteren Steigerung der Produktivität der in der Landwirtschaft Tätigen kommen müßte — vielleicht auch von der Ernährungslage der Welt her erzwungen. Gerade in der heutigen Situation darf daran erinnert werden, daß noch vor kurzem von der Notwendigkeit von zukünftig 5 Millionen Gastarbeitern in der Bundesrepublik gesprochen wurde — von denen allerdings nur der geringste Teil für die Landwirtschaft gedacht gewesen wäre. Auch die Landtechniker hätten allen Grund, die Bevölkerungsentwicklung in der Landwirtschaft zu beobachten.
Die gegenwärtige Unsicherheit darüber, ob „unsere Prognosen die bisherigen Trends einfach fortschreiben können" (Kruse-Rodenacker), berührt auch die Landtechnik und ihre Auswirkung auf die Agrarstruktur. Umso notwendiger erscheint es, das gegenwärtig Lebensfähige — damit also auch zukünftige Entwicklungsfähige — sorgfältig durch Jahre der Unsicherheit und Krisenanfälligkeit zu steuern.

Strohverwertung und Strohbeseitigung unter heutigen Aspekten –

Strohzerkleinerung und Stroheinarbeitung

von OAss. Dr. Manfred Estler und Dipl.-Ing. agr. Anton Perwanger,
Institut für Landtechnik, Weihenstephan

Über die Gründe, weshalb heute Ernterückstände in zunehmendem Maße wieder direkt dem Boden zugeführt werden, braucht man nicht mehr zu diskutieren, sie sind hinreichend bekannt. Aus betriebstechnischer Sicht ist es jedoch, vor allem auch unter dem Aspekt neuer oder weiterentwickelter Mechanisierungslösungen wichtig, mit welcher Gerätetechnik und welchen, mit diesen Mechanisierungslösungen direkt verknüpften Effekten und Auswirkungen eine Zerkleinerung und Einarbeitung in den Boden erfolgen kann oder soll.
Zweifellos ergeben sich bei der Zerkleinerung und Einarbeitung von Getreidestroh andere, zum Teil nicht so schwerwiegende Überlegungen und Konsequenzen wie bei Körnermaisstroh. Deshalb sollen beide Bereiche, soweit erforderlich und möglich, getrennt betrachtet werden.
Betrachtet man die sich an moderne Getreideernteverfahren mit dem Mähdrescher anschließenden Folgearbeiten aus technischer Sicht, so wird deutlich, daß bereits die technische Ausstattung des Mähdreschers einen deutlichen Einfluß auf den weiteren Verfahrensablauf der Strohverarbeitung ausübt (Bild 1). Wird das Stroh vom Mähdrescher lose auf einen begrenzten Schwad abgelegt, ist ein zweiter Arbeitsgang für die Zerkleinerung und Breitverteilung erforderlich. Exakt-Feldhäcksler und Schlegel-Feldhäcksler mit Breitverteileinrichtung stellen heute nur noch selten verwendete Sonderlösungen dar. Sie sind fast vollständig von Spezial-Strohschlägern abgelöst worden, die für unterschiedliche Einsatzbedingungen mit Spezialmessern auszurüsten sind. Die große Anzahl von Messern, deren hohe Umfangsgeschwindigkeit und die Verwendung von Gegenschneiden gewährleisten eine gleichmäßig-kurze Schnittlänge.
Die Ablage des Strohs auf Schwad ist im Hinblick auf eine ungestörte Abwicklung der reinen Erntearbeiten sicherlich die vorteilhafteste Lösung. Körnerernte und Strohverarbeitung werden konsequent voneinander getrennt, der Mähdrescher kann ohne Leistungseinbuße ungestört arbeiten. Die Erfahrungen zeigen jedoch, daß für die getrennte Strohzerkleinerung in einem zweiten Arbeitsgang praktisch auch eine zweite Ernteperiode mit günstigen Witterungsbedingungen zur Verfügung stehen muß. Das Verarbeiten von feuchtem Stroh verursacht nicht nur eine erheblich höhere Antriebsleistung der Zerkleinerungsgeräte, sondern bringt auch die Gefahr erhöhter Störzeiten mit sich.
Ein technisches Problem ergibt sich daraus, daß ein Großteil der Spezial-Strohschläger nur auf die Verarbeitung von auf Schwad abgelegtem Stroh konstruktiv ausgerichtet ist. Bei dem derzeitigen Trend, in stehenden Getreidebeständen mit möglichst hoher Stoppel zu ernten, können sich daraus bei einigen Stroheinarbei-

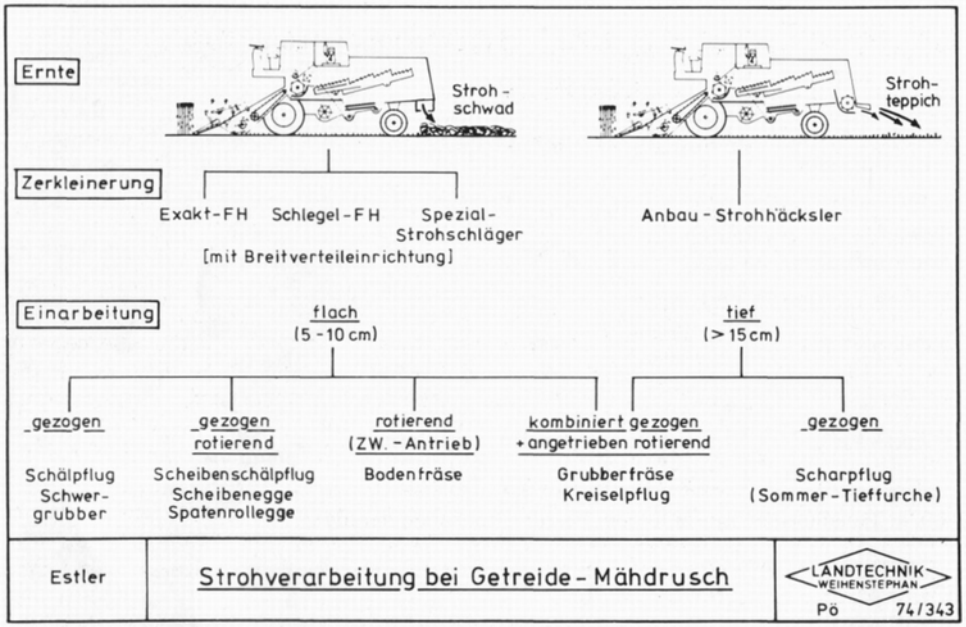


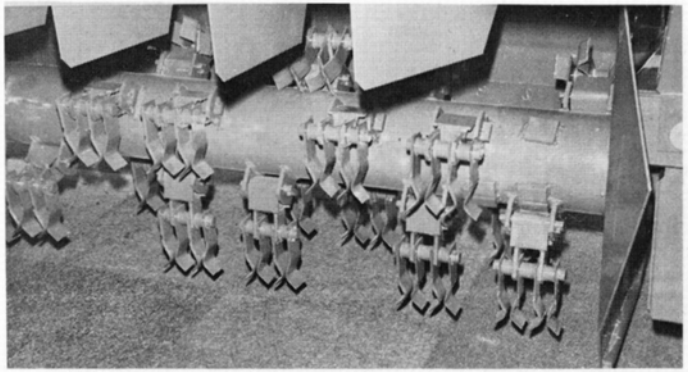
Abb. 1: Einfluß der Strohbearbeitung durch den Mähdrescher auf die Technik bei Strohzerkleinerung und -einarbeitung

tungsgeräten echte Probleme hinsichtlich der einwandfreien Unterbringung der Getreidestoppeln in den Boden ergeben.

Eine echte Begradigung der Arbeitskette ergibt sich bei Verwendung eines Anbau-Strohhäckslers am Mähdrescher. Die direkte Koppelung der Strohzerkleinerung mit der Körnerernte ist zwar vom Blickpunkt der Bereitstellung der erforderlichen Antriebsleistung und der zusätzlichen Störquelle nicht unproblematisch, gewährleistet jedoch eine exakte Strohzerkleinerung und befriedigende Breitverteilung.

Betrachtet man den Leistungsbedarf für die Strohzerkleinerungsgeräte am Beispiel Weizenstroh (Bild 2), so ergeben sich für Anbau-Strohschläger in unterschiedlicher technischer Ausführung und mit verschiedener Schnittlänge sowie für Schlegel- und Exaktfeldhäcksler mit Breitverteilung nur geringfügige Unterschiede. Moderne Anbau-Strohhäcksler am Mähdrescher sind in der Lage, auch einen hohen Strohdurchsatz von 80 bis 120 dt/h zu bewältigen. 120 dt/h entsprechen bei einem Korn-Stroh-Verhältnis von 1 : 1 und einem Körnerertrag von 50 dt/ha immerhin einer technischen Druschleistung von 2,4 ha/h. Allerdings müssen dann allein für den Antrieb des Strohhäckslers fast 26 PS Motorleistung bereitgestellt werden.

Deutlich höher und mit steigendem Strohdurchsatz steil ansteigend ist dagegen der Leistungsbedarf für die Spezial-Strohschneider. In Betrieben, in denen mit diesem zweiten Arbeitsgang hohe Flächenleistungen gefordert werden, liegt hier zweifellos ein wesentlicher Einsatzbereich für leistungsstarke Ackerschlepper vor.



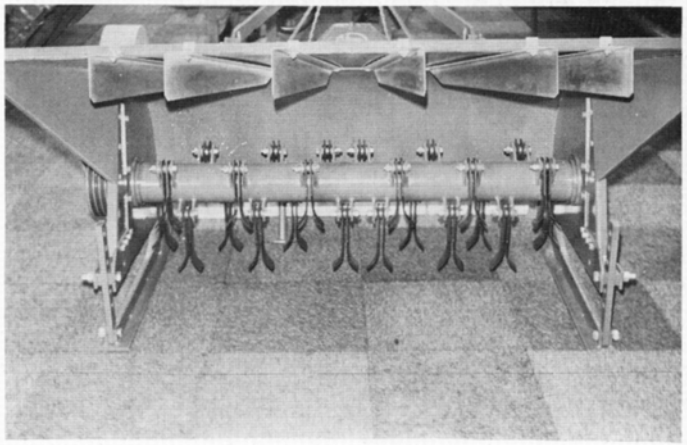


Abb. 2: Spezialgeräte für die Strohzerkleinerung werden mit unterschiedlicher Zahl, Form und Anordnung der Messer sowie Strohverteilblechen ausgerüstet

Nimmt man eine qualitative Wertung der verschiedenen Geräte für die Strohzerkleinerung anhand der Kriterien

- Schnittlänge
- erforderliche Antriebsleistung
- Einfluß auf die Mähdrescherleistung
- gleichmäßige Querverteilung
- mögliche Arbeitsgeschwindigkeit

vor (Bild 4), so läßt sich folgende Aussage treffen:

1. Außer dem Schlegel-Feldhäcksler läßt sich mit allen Strohzerkleinerungsgeräten eine exakte Schnittlänge erreichen. Inwieweit der exakte Schnitt oder aber ein Auffasern des Strohs hinsichtlich der Verrottung im Boden günstiger zu beurteilen ist, kann von dieser Stelle aus nicht beurteilt werden. Tatsache ist jedoch, daß exakt gehäckseltes Stroh bei der Einarbeitung in den Boden weniger Probleme aufwirft als ungleich geschnittenes Stroh.

2. Die erforderliche Antriebsleistung liegt entsprechend den in Bild 2 dargestellten Meßergebnissen für Anbau-Strohhäcksler, Schlegel- und Exaktfeldhäcksler relativ niedrig, für die Spezial-Strohschläger hoch.

3. Spezial-Strohschläger, Schlegelfeldhäcksler und Exaktfeldhäcksler üben infolge der konsequenten Trennung der Strohzerkleinerung von den Erntearbeiten im Gegensatz zum Anbaustrohhäcksler keinen direkten Einfluß auf die Mähdrescherleistung aus.

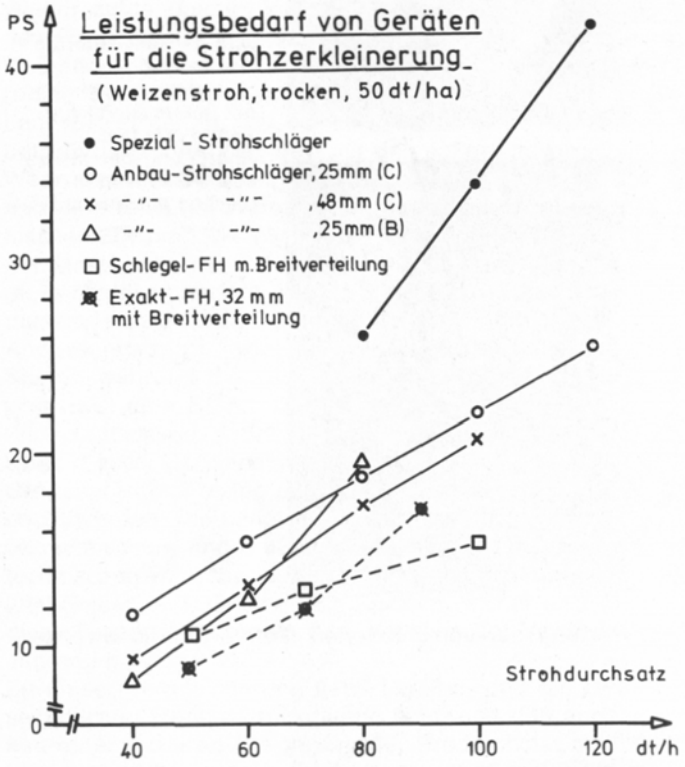


Abb. 3: Leistungsbedarf verschiedener Geräte für die Strohzerkleinerung bei Weizenstroh (Quelle: eigene Messungen, DLG-Prüfberichte)

4. Hinsichtlich einer gleichmäßigen Querverteilung schneiden Spezial-Strohschläger am günstigsten ab. Alle anderen Geräte erreichen nur bis zu einer Breite von ca. 4 m eine befriedigende Querverteilung. Neue Entwicklung bei den Mähdrescher-Anbaustrohhäckslern lassen jedoch erwarten, daß bei Hochleistungsmähdreschern künftig auch bei Schnittbreiten über 5 m eine ausreichende Querverteilung über die gesamte Schnittfläche erreicht wird.

5. Anbau-Strohhäcksler sind in der erzielbaren Arbeitsgeschwindigkeit abhängig von der Mähdrescher-Vorfahrt. Bei den in einem zweiten Arbeitsgang eingesetzten Zerkleinerungsgeräten liegt die Schwelle derzeit (in Abhängigkeit von

Geräte	Schnittlänge	erforderliche Antriebs-leistung	Einfluß auf MD-Leistung	gleichmäßige Querverteilung	mögliche Arbeits-geschwindigkeit
Anbau-Strohhäcksler	exakt	mittel	direkt	gut [bis ca. 4m]	abhängig vom MD
Spezial-Strohschläger	exakt	hoch	kein	gut [bis ca. 6m]	max. 6km/h
Schlegel-FH	ungleich-mäßig	niedrig	kein	ausreichend [bis ca. 3m]	max. 5km/h
Exakt-FH	exakt	niedrig	kein	gut [bis ca. 4m]	max. 4 km/h

Abb. 4: Funktionskennwerte für Geräte zur Strohzerkleinerung

der verfügbaren Schlepper-Motorleistung und der angestrebten, exakten Schnittlänge) bei ca. 6 km/h.

Die Stroheinarbeitung

In Bild 1 ist die „Arbeitskette Stroh" weitergeführt bis zu den Geräten für eine Einarbeitung des Strohs in den Boden. Hierbei ist nicht nur zu unterscheiden zwischen Geräten, die lediglich eine flache Einarbeitung in den Boden ermöglichen und solchen, die das Stroh in eine Tiefe von mehr als 15 cm einbringen können. Es ist weiterhin zu unterscheiden zwischen Geräten mit unterschiedlicher Bauweise, Funktion und Werkzeugbewegung. Alle aufgeführten Geräte haben heute noch oder wieder im Hinblick auf die starke Differenziertheit der Einsatzbedingungen eine echte Bedeutung. Für einige dieser Geräte ist der Leistungsbedarf in Abhängigkeit von der Vorfahrt aufgrund der vorliegenden Meßergebnisse zusammengestellt (Bild 5). Dabei sind die für die verschiedenen Geräte bevorzugten Arbeitstiefen unterstellt.

Die Ergebnisse zeigen, daß die Spatenrollegge (Einsatz auf leichterem Boden) je m Arbeitsbreite einen relativ geringen Leistungsbedarf bei gleichzeitig hoher Arbeitsgeschwindigkeit verursacht. Bei den weiteren, auf schwerem Boden eingesetzten Geräten hat der Schälpflug den vergleichsweise geringsten Leistungsbedarf. Bei der Bodenfräse zeigt sich der typische Verlauf der Leistungsbedarfskurve mit einem maximalen Leistungsbedarf in dem Bereich, in welchem die meiste „Arbeit am Boden" durchgeführt wird. Erstaunlich ist, daß die Neuentwicklung „Grubber + angebaute Fräse" zumindest im Vorfahrtbereich von 5 bis 7 km/h einen geringeren

Gesamtleistungsbedarf aufweist als die normale Bodenfräse. Dies ist zweifellos auf die lockernde Wirkung der Grubber-Zinken und die dadurch verringerte Antriebsleistung für die Fräsmesser zurückzuführen.

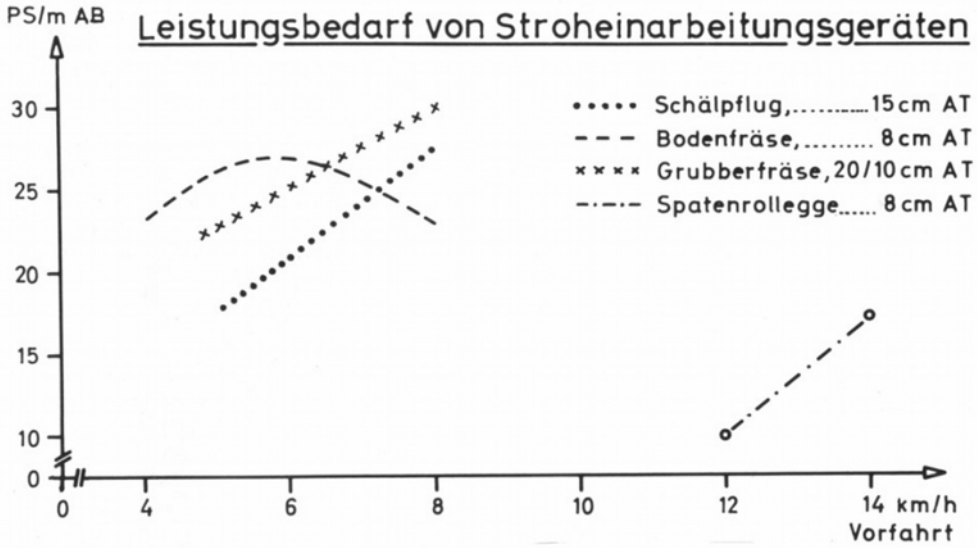


Abb. 5: Leistungsbedarf von Geräten für die Stroh-Einarbeitung

Abb. 6: Prototyp einer „Grubberfräse" (Kombination von Schwergrubber und Bodenfräse)

Abb. 7: Bei der Beurteilung von Bodenfräse und Schwergrubber zum Einmischen von Stroh in den Boden sind viele Einflußfaktoren zu berücksichtigen

Ein qualitativer Vergleich der Stroheinarbeitungsgeräte anhand der Funktionskennwerte

- Unterbringung des Strohs
- Einmischen des Strohs
- Anzahl der benötigten Arbeitsgänge
- Einebnung der Bodenoberfläche
- Günstige Arbeitsgeschwindigkeit

kann einige Aufschlüsse über die relative Vorzüglichkeit der einzelnen Geräte zur Strohunterbringung geben (Bild 8):

1. Zweifellos ist das intensive Einmischen des Strohes vom Standpunkt der raschen und gleichmäßigen Rotte des Strohs im Boden schwerwiegender zu beurteilen als die reine Unterbringung im Boden. Hier erzielen Bodenfräse und Grubberfräse die günstigsten Werte.
2. Die Erfahrungen zeigen, daß Schwergrubber, Scheibenegge und Spatenrollegge nur dann eine befriedigende Einmischung des Strohs in den Boden vollbringen, wenn 2 Arbeitsgänge, möglichst kreuzweise oder diagonal zueinander angelegt, durchgeführt werden.
3. Soll nach der Stroh-Einarbeitung eine Zwischenfruchtbestellung erfolgen, wird die Arbeit der Folgegeräte für die Oberflächenbearbeitung und Saat wesentlich erleichtert, wenn bereits die Stroheinarbeitungsgeräte eine gewisse Einebnung der Bodenoberfläche bewirken.
4. Hinsichtlich der für eine befriedigende Stroheinarbeitung günstigen Arbeitsgeschwindigkeit ergeben sich bei den meisten Geräten nur geringfügige Unterschiede. Lediglich Scheibenegge und insbesondere Spatenrollegge sind in der Lage, höhere Arbeitsgeschwindigkeiten einzuhalten, erfordern allerdings einen zweiten Arbeitsgang.

Eines der wesentlichen Beurteilungskriterien ist die bei der Stroheinarbeitung erzielbare Flächenleistung. Diese ist anhand von 2 unterschiedlichen Unterstellungen dargestellt:

1. In Bild 9 ist einheitlich ein 80-PS-Schlepper als Antriebsquelle unterstellt. Aus der erforderlichen Antriebsleistung je m Arbeitsbreite ergibt sich die mögliche Gerätebreite. Aus dieser Geräte-Arbeitsbreite, multipliziert mit einer günstigen Arbeitsgeschwindigkeit, ergibt sich die Flächenleistung in ha/h, wobei 25 % Abzug für Rüst-, Wende- und Wegezeiten in Ansatz gebracht sind. Diese Berechnungsart hat zwar den Nachteil, daß bei Geräten mit relativ geringem Leistungsbedarf (z. B. Spatenrollegge) Arbeitsbreiten zu unterstellen sind, die von den derzeit auf dem Markt befindlichen Geräten nicht erreicht werden. Bei allen anderen Geräten ergeben sich jedoch praktikable Werte.

2. In Bild 10 ist für alle Stroheinarbeitungsgeräte eine einheitliche Arbeitsbreite von 2,5 m unterstellt. Hierauf bezogen sind Leistungsbedarf und Flächenleistung dargestellt.

Ein Vergleich der beiden Darstellungsformen zeigt, daß bei einer einheitlichen Geräte-Arbeitsbreite von 2,5 m hinsichtlich der Arbeitsbreite die Spatenrollegge

Gerät	Unterbringung	Einmischen	Anzahl der Arbeitsgänge	Einebnung der Bodenfläche	günstige Arbeitsgeschwindigkeit km/h[1)]
Schälpflug	+	–	1	o	6-8
Schwergrubber	o	o	2	o bis –	5-8
Scheibenschälpflug	o	–	1	o	6-8
Scheibenegge	o	o	2	+	6-10
Spatenrollegge	o	o	2	+	10-14
Bodenfräse	o	+	1	+	5-8
Grubberfräse	o	+	1	+	5-8
Kreiselpflug	+	–	1	+	5-7
Scharpflug	o	–	1	o bis –	5-7

\+ gut o ausreichend – ungenügend 1) auf mittelschweren Böden

Abb. 8: Funktionskennwerte für die Geräte zur Stroh-Einarbeitung

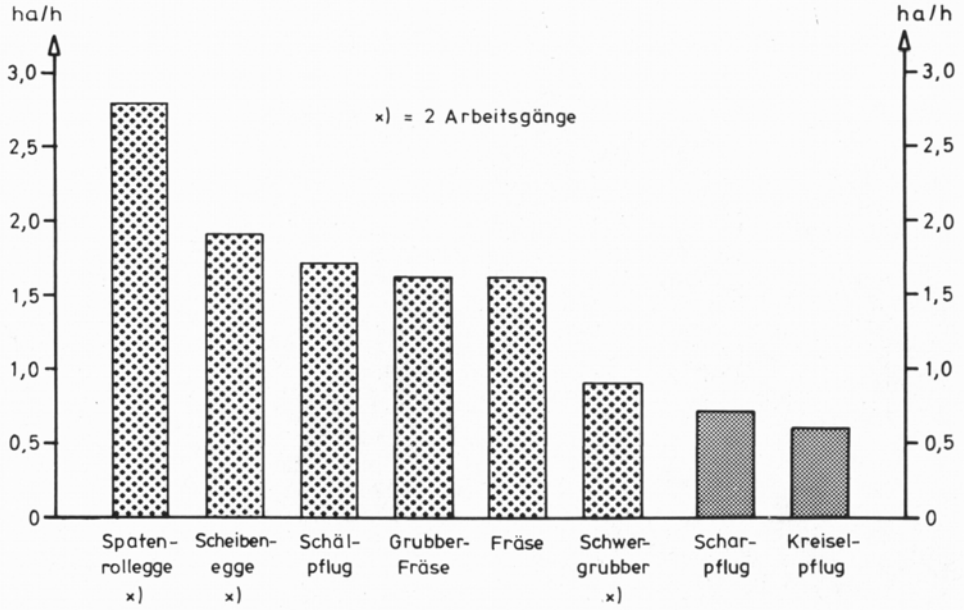


Abb. 9: Flächenleistung bei der Einarbeitung von Stroh mit gezogenen und zapfwellenbetriebenen Geräten (80-PS-Schlepper, Bodenart 1S, günstige Arbeitsgeschwindigkeit)

und Scheibenegge weniger günstig abschneiden als bei der Unterstellung eines 80-PS-Schleppers. Dies ist im wesentlichen auf die erforderlichen 2 Arbeitsgänge zurückzuführen.

Bezieht man dagegen den erforderlichen Leistungsbedarf je 2,5 m Arbeitsbreite mit in den Vergleich ein, so verschiebt sich das Bild erheblich. Die relativ hohen Flächenleistungen bei Scharpflug und Kreiselpflug sind nur dann zu erreichen, wenn Motorleistungen von 140 bis 150 PS bereitgestellt werden können.

Zerkleinerung und Einarbeitung von Maisstroh

Die Probleme bei der Zerkleinerung und Einarbeitung von Maisstroh, die hier nur kurz aufgezeigt werden können, sind vor allem dadurch geprägt, daß Körnermaisstroh hinsichtlich Menge, Feuchtigkeit und Konsistenz wesentlich ungünstigere Voraussetzungen verursachen als Getreidestroh. Auch hier ergeben sich verfahrensbedingt deutliche Unterschiede zwischen den kombinierten und geteilten Verfahren (Bild 11).

„Kombiniert" bedeutet in diesem Zusammenhang, daß unter dem Pflückvorsatz Unterbau-Maisstrohschläger angebracht sind, die das Stroh in einer ausreichenden

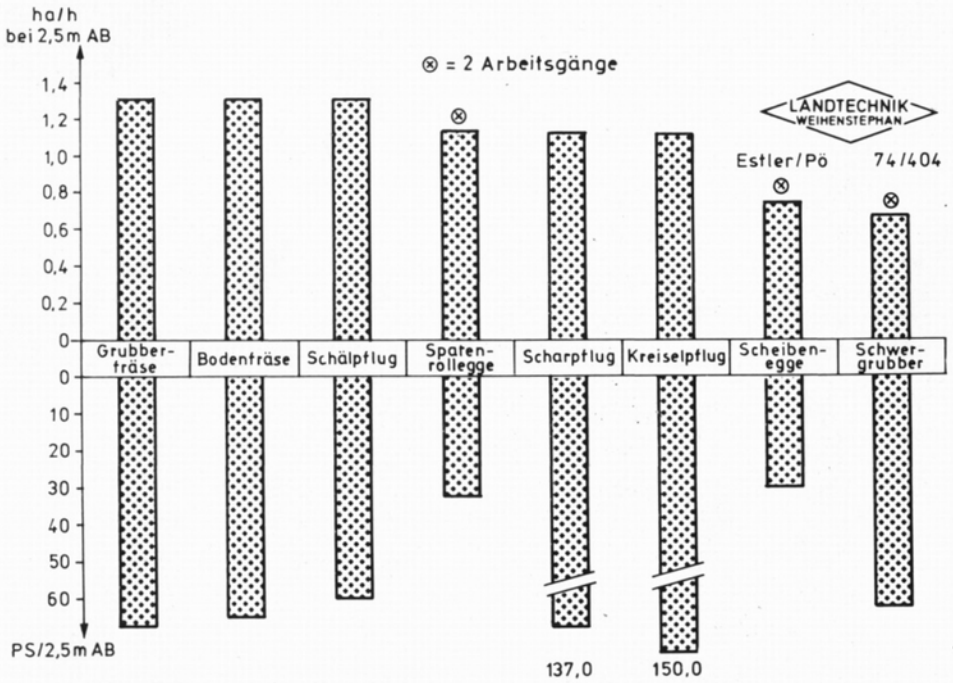


Abb. 10: Flächenleistung und Leistungsbedarf von Geräten für die Stroheinarbeitung (Arbeitsbreite einheitlich 2,5 m)

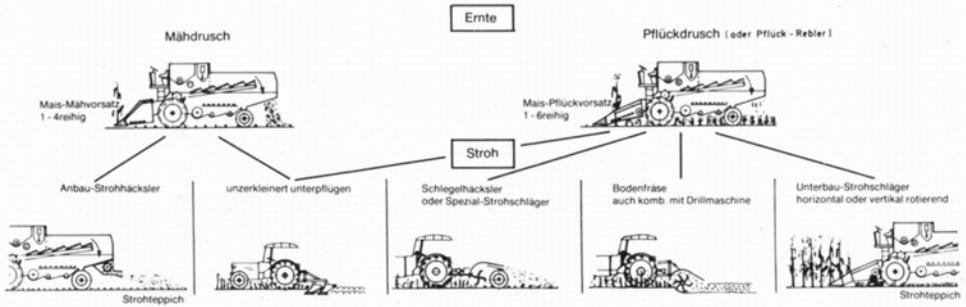


Abb. 11: Technische Lösungen zur Zerkleinerung und Einarbeitung von Maisstroh in Abhängigkeit vom Ernteverfahren

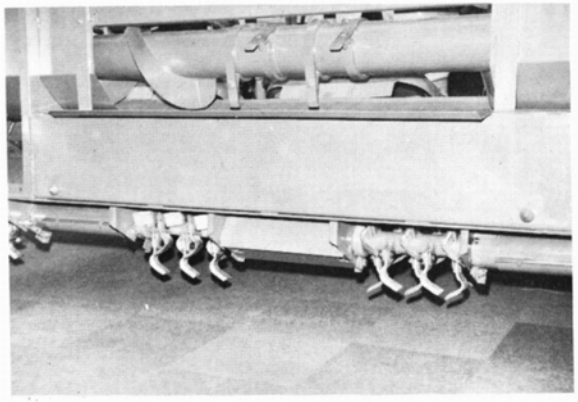


Abb. 12: Unterbau-Strohschläger am Mähdrescher-Pflückvorsatz arbeiten nach dem Prinzip des „freien Schnittes" und sind mit speziell geformten Messern ausgestattet

Abb. 13: Unterbau-Strohschläger sind höhenbeweglich (Bild) oder fest am Pflückvorsatz angelenkt. Sie zerschlagen und verteilen das Stroh vor den Mähdrescher-Triebrädern

Abb. 14: Arbeitsweise und Arbeitsergebnis eines Spezial-Strohschlägers bei der Maisstroh-Zerkleinerung

Schnittlänge häckseln, bevor es von den Mähdrescher-Triebrädern niedergewalzt werden kann. Auch hier liegt die Hauptproblematik in der Bereitstellung der erforderlichen Antriebsleistung, die mit ca. 5 bis 10 PS/Maisreihe je nach vorhandener Pflanzenmasse noch wesentlich über der bei Getreidestroh benötigten Antriebsleistung liegt. Diese zusätzlich zu dem Antrieb der übrigen Maschinenelemente erforderliche Motorleistung kann im allgemeinen nur von Hochleistungs-Mähdreschern mit entsprechend dimensionierten Aufbaumotoren bereitgestellt werden. Der generelle Trend zum Installieren höherer Motorleistungen bei Mähdreschern läßt jedoch erwarten, daß künftig diese Unterbau-Strohschläger eine zunehmende Anwendung finden.

Derzeit stellt jedoch die Maisstrohzerkleinerung in einem zweiten Arbeitsgang unter Verwendung von Schlegel-Feldhäckslern mit Breitverteileinrichtung oder Spezial-Strohschlägern noch das bevorzugte Verfahren dar. Für den Einsatz dieser Geräte bei Maisstroh gilt ähnliches, wie es bereits bei Getreide ausgeführt wurde. Infolge der hohen Strohmengen ist auch hier besonderer Wert auf eine gleichmäßige Breitverteilung des Strohs zu legen.

Neben dem exakten Zerkleinern kommt auch der ordnungsgemäßen Unterbringung des Maisstrohs im Boden eine besondere Bedeutung zu. Wie bei der Getreidestroh-Einarbeitung besteht auch hier ein Kompromißzwang. Das flache Einarbeiten begünstigt die rasche Rotte, u. U. sind aber Schwierigkeiten bei der nachfolgenden Saatbettbereitung mit Zinkengeräten zur Winterweizen-Einsaat zu erwarten. Im Gegensatz zur Getreidestroh-Einarbeitung konzentriert sich deshalb die Gerätetechnik hier weitgehend auf Pflüge mit ausreichenden Abmessungen (Rahmenhöhe, Körperlängsabstand), die mit geeigneten Vorwerkzeugen zur einwandfreien Unterbringung des Maisstrohs im Boden ausgestattet sind (Bild 15). In großbäuerlichen Familienbetrieben mit umfangreichen Winterweizenanbau und einem leistungsstarken Ackerschlepper hat sich jedoch als Alternative zum Pflug die Kombination von Bodenfräse und Aufbausämaschine (Frässaatmaschine) bereits einen festen Platz gesichert. Sie trägt zur vollen Ausnutzung der verfügbaren Einsatzzeitspanne, zur Risikoabsicherung und Steigerung der Arbeitsproduktivität bei (Bild 16).

Abschließend sollen nochmals die wesentlichsten Forderungen festgehalten werden, die an die Geräte zur Zerkleinerung und Einarbeitung von Stroh zu stellen sind:

1. Gleichmäßig-kurzer Schnitt
2. Gleichmäßige Breitverteilung, auch bei großen Mähdrescher-Schnittbreiten
3. Günstige Einarbeitung in den Boden

Abb. 15: Für das einwandfreie Unterpflügen von unzerkleinertem Maisstroh sind spezielle Vorwerkzeuge (z. B. Einlegeschienen) erforderlich

Abb. 16: Frässaatmaschinen bewältigen nach der Maisernte in einem Arbeitsgang drei Aufgaben: Einmischen des Strohes in den Boden, Saatbettvorbereitung und Einsaat

4. Gute Vermischung mit dem Boden
5. Geringer Geräteverschleiß
6. Hohe Funktionssicherheit bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen
7. Tragbarer Leistungsbedarf
8. Hohe Flächenleistung
9. Kombinierbarkeit mit anderen Arbeitsgängen.

Diese Vielzahl zum Teil konträr gegenüberstehender Forderungen ergibt sich vor allem daraus, daß in jedem Betrieb andere Prioritäten zu setzen sind. Die moderne Gerätetechnik läßt aber erkennen, daß die Landmaschinenindustrie diese Forderungen nicht nur erkannt hat, sondern in großem Umfang geeignete und erprobte Lösungen anzubieten hat. Die Aufgabe der Praktiker ist es, diese Technik gezielt zu nutzen.

Strohverwertung und Strohbeseitigung unter heutigen Aspekten –

Ackerbauliche Auswirkungen vermehrter Strohdüngung

von Dr. Jürgen Debruck, Wissenschaftlicher Assistent und Leiter der Forschungsstation Rauisch-Holzhausen

1808 machte ein bekannter englischer Wissenschaftler erstmals den Vorschlag, Stroh, sofern es nicht über den Viehstall verwertet wird, dem Acker „zum Behufe des Düngers" wieder direkt zuzuführen. Bis zum heutigen Tag fehlte es nicht an diesbezüglichen wissenschaftlichen Experimenten, und auch in der Praxis waren immer wieder Betriebe zu finden, die das Stroh in dem einen oder anderen Falle auf dem Acker beließen. Die Resultate waren nicht so, stets Ansporn zu vermehrter Strohdüngung zu sein. In dem einen Falle fehlte die N-Ausgleichsdüngung zum Stroh, so daß durch die Abbauvorgänge den Pflanzen Bodenstickstoff entzogen wurde. Man sagte dem Stroh vielfach eine schädigende Wirkung nach. In den häufigsten Fällen mangelte es jedoch an der sorgfältigen Einarbeitung des Strohs in den Boden. Aus wirtschaftlichen Gründen entschied man sich fast stets zu den billigsten Einarbeitungsverfahren – der Strohdecke bzw. dem sofortigen und direkten Einpflügen mit der Sommer-Saat- oder Winterfurche. Die negativen Folgen blieben nicht aus und sind heute letztlich der Anlaß, das Stroh vermehrt abzubrennen.

Zunehmender Getreideanteil, höhere Strohernten und verminderte innerbetriebliche Verwertung haben das Bild von „Verbrannter Erde" in den letzten Jahren in erschreckendem Maße zunehmen lassen. Es ist bezeichnend für die geringe Wertschätzung des Strohs als organischer Dünger durch den Landwirt, daß nicht acker-

bauliches Verständnis sondern die gesetzgebenden Körperschaften dem unkontrollierten Strohfeuer heute zunehmend Einhalt gebieten. Jetzt wird der Landwirt gezwungen, Stroh vermehrt dem Acker zuzuführen. In gleichem Maße wächst seine Sorge, der Boden könnte die Strohmenge nicht verarbeiten, puffig werden, keinen Bodenschluß mehr finden, unverrottetes Stroh anhäufen. Diese Bedenken sind nicht unbegründet, wenn das Stroh unsachgemäß eingearbeitet wird.

Erst das sofortige intensive Einmischen des Strohs in den Boden vor der tiefen Grundbodenbearbeitung schafft die Voraussetzung für einen zügigen **Strohabbau.**

So müssen noch im Herbst ca. ein Drittel der Strohmenge abgebaut sein, wenn die Zersetzungsvorgänge unter der reifenden Hauptkultur ihren weitgehenden Abschluß finden sollen. Nach Bild 8 scheidet dafür auf allen mittleren bis schweren Böden der Schälpflug weitgehend aus. Lediglich auf den von Natur aus umsetzungsintensiven Sandböden fällt sein schlechtes Einmischen weniger ins Gewicht.

Entscheidend für den Abbau des Strohs auch nach sachgerechter Einarbeitung ist genügend Feuchte im Boden. Wenn sie vorhanden ist – die untere Grenze dürfte hier zwischen 500 und 550 mm Jahresniederschlag zu finden sein, wobei eine relativ gleichmäßige Monatsverteilung vorausgesetzt wird, – lassen sich die Mineralböden allein schon durch die wiederholte Strohdüngung zu erhöhter Abbauintensität „erziehen".

Abb. 1: Hohe Stoppeln, verbunden mit hohen Strohernten bei ungleichmäßiger Verteilung führen bei flacher Schälfurche zu Schwierigkeiten bei der Nachbearbeitung und Zwischenfruchteinsaat

Abb. 2: Das tiefe Einschälen des Strohs erleichtert zwar die nachfolgende Zwischenfruchteinsaat, legt aber das Stroh zu einer Schicht ab, in der es nur schlecht verrottet

Dieser Sachverhalt wird von der Praxis immer noch verkannt, da sie gewohnt ist, Vergleiche mit der Gründüngung anzustellen. Man sollte sich endlich die moderne Kenntnis zu eigen machen, daß das Stroh im Boden die gleichen biologischen Funktionen zu erfüllen vermag wie die Gründüngung, wenn es in ausreichender Menge und mehr noch – in bestimmter Regelmäßigkeit dem Acker zugeführt wird. Nur unter den genannten Voraussetzungen sollen die ackerbaulichen Auswirkungen einer vermehrten Strohdüngung behandelt werden. Der Landwirt ist gewohnt, sie zunächst am **Ertrag** zu messen. Es wäre müßig, die unzähligen Strohexperimente zu nennen. Als Beispiel soll eine einseitige Getreidefolge mit jährlicher Stroh- und Stroh/Gründüngung dienen (siehe Bild 9). In unmittelbarer Abhängigkeit von den Zersetzungsvorgängen unterliegt die Ertragsbildung zunächst dem Jahreseinfluß. Trotz aller Sorgfalt bei der Einarbeitung des Strohs sind begrenzte Ertragseinbußen möglich. In unmittelbarem Zusammenhang steht der Anbau und die Eignung der Folgekultur. Abgesehen von der dominierenden Stellung der Blattfrüchte (Rüben, Kartoffeln, auch Mais) reagiert das Sommergetreide im allgemeinen positiver als die Winterung. Diese Differenzierung gilt nur während der Übergangszeit verstärkter Strohzufuhr. In eingefahrenen Systemen, d. h. im Anbau nach mehrjähriger Strohdüngung, ist auch die Wintergerste als die empfindlichste Anzeigerpflanze kein unsicherer Kandidat mehr (siehe Bild 10–12).

Abb. 3: Mit der Sommerfurche eingepflügtes Stroh führt zu Isolierschichten auf der Furchensohle. Sie behindern in dieser Tiefe nicht die kurzlebigen Zwischenfrüchte, wohl aber die nachfolgende Hauptfrucht. Wurzeldurchgang und Wasserführung sind gestört.

Abb. 4: **Strohdüngung „richtig“**
Vor dem Unterpflügen muß das Stroh intensiv in die oberflächennahen Schichten (10 bis 15 cm) eingearbeitet werden. Beim Pflügen wird der „Mulch“ über die gesamte Furchentiefe geschüttet und eingemischt. – Im Bild Stroh eingefräst (links) und unmittelbar darauf Sommerfurche (rechte Bildseite) gezogen –

Abb. 5: Krumenprofil einer begrünten Sommerfurche mit Strohdüngung.
Das Stroh wurde wie in Bild 4 vor dem Pflügen zunächst eingemulcht.

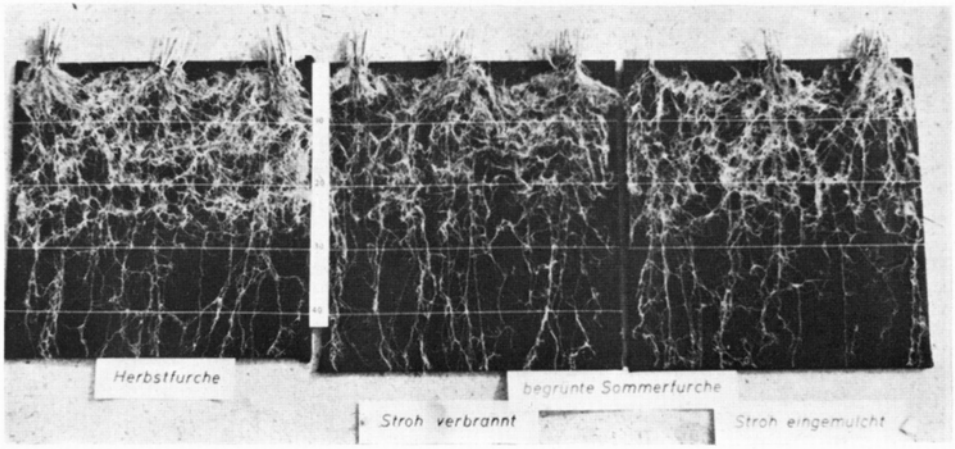


Abb. 6: Das Wurzelbild von Winterweizen in begrünter Sommerfurche mit und ohne Strohdüngung im Vergleich zur konventionellen Herbstfurche (ohne Stroh). Die Wurzeln zeigen auf der Parzelle „Stroh eingemulcht“ keine Störzonen an.

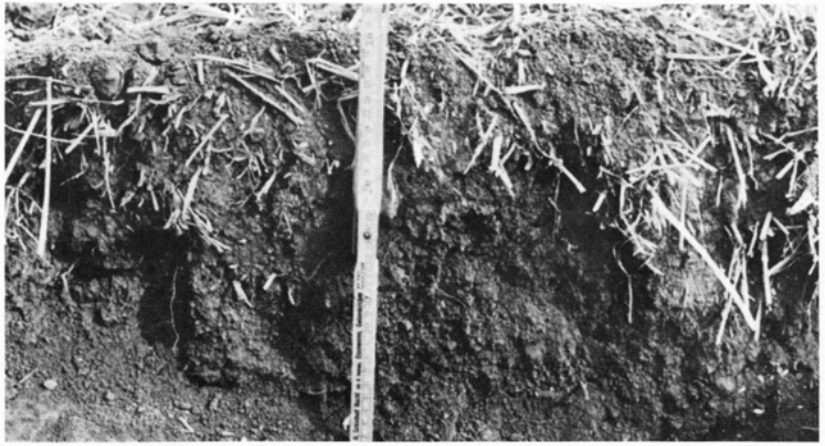


Abb. 7: Stroheinarbeitung mit Schwergrubber – zweimal gefahren –. Das Stroh bleibt im oberen Krumendrittel lokalisiert. Für eine nachfolgende Pflugfurche war der Grubbereinsatz zu tief.

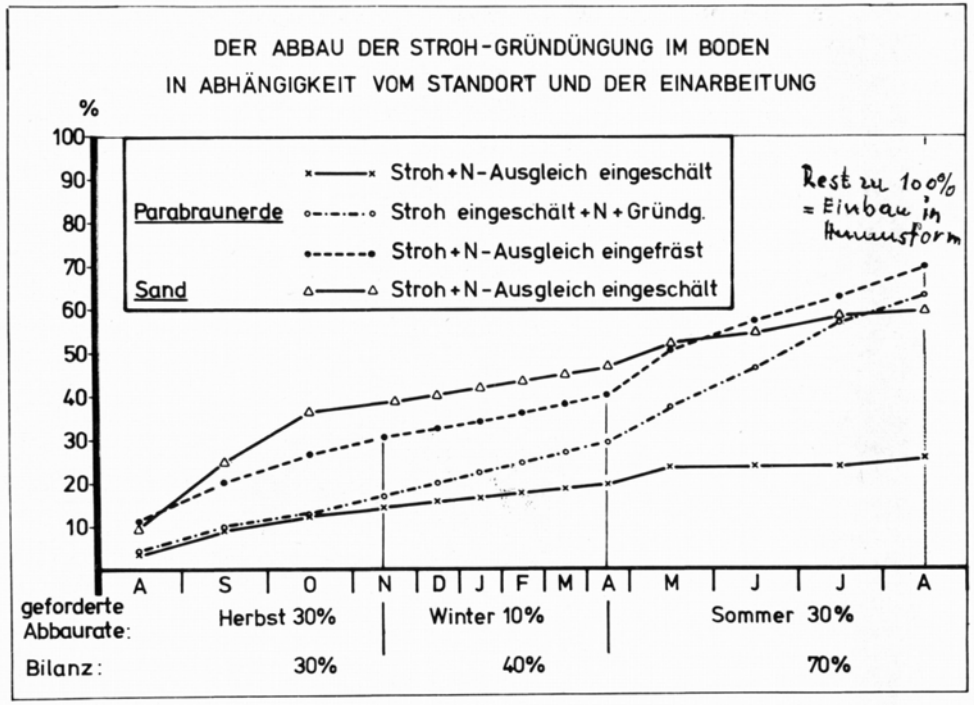


Abb. 8: Der Abbau der Stroh-GD im Boden in Abhängigkeit vom Standort und der Einarbeitung.

Die Höhe der Mehrerträge richtet sich ganz danach, in welchem Kulturzustand und auf welchem Ertragsniveau sich der Standort zu Beginn der Stroh- und auch Gründüngungsmaßnahmen befand. War er niedrig, gehen die Ertragssteigerungen bis 10 v. H. und darüber. Humusarme Sandböden zeigen bei ausreichenden Niederschlägen das gleiche Verhalten. Unsere klassischen Ackerbaustandorte, milde Lösslehme mit gutem Humus- und Stickstoffhaushalt müssen auf organische Düngungsmaßnahmen zwangsläufig träger, das heißt mit geringeren Ausschlägen reagieren. So wie es mit Gründüngung auf diesen Standorten schwierig ist, zu gesicherten Ertragssteigerungen zu gelangen, so ähnlich liegen die Verhältnisse letztlich nach Stroh. Nach unseren umfangreichen experimentellen Erfahrungen und in Übereinstimmung mit der Literatur liegen die Mehrerträge auf diesen Standorten zwischen + 3 und + 7 v. H. Diese Angaben gelten unter der Voraussetzung ortsüblicher Stickstoffgaben. In intensiv düngenden Betrieben kann die Spanne noch geringer sein, während dort, wo Stickstoff verhalten gegeben wird, sie auch wiederum über 10 v. H. liegen kann.

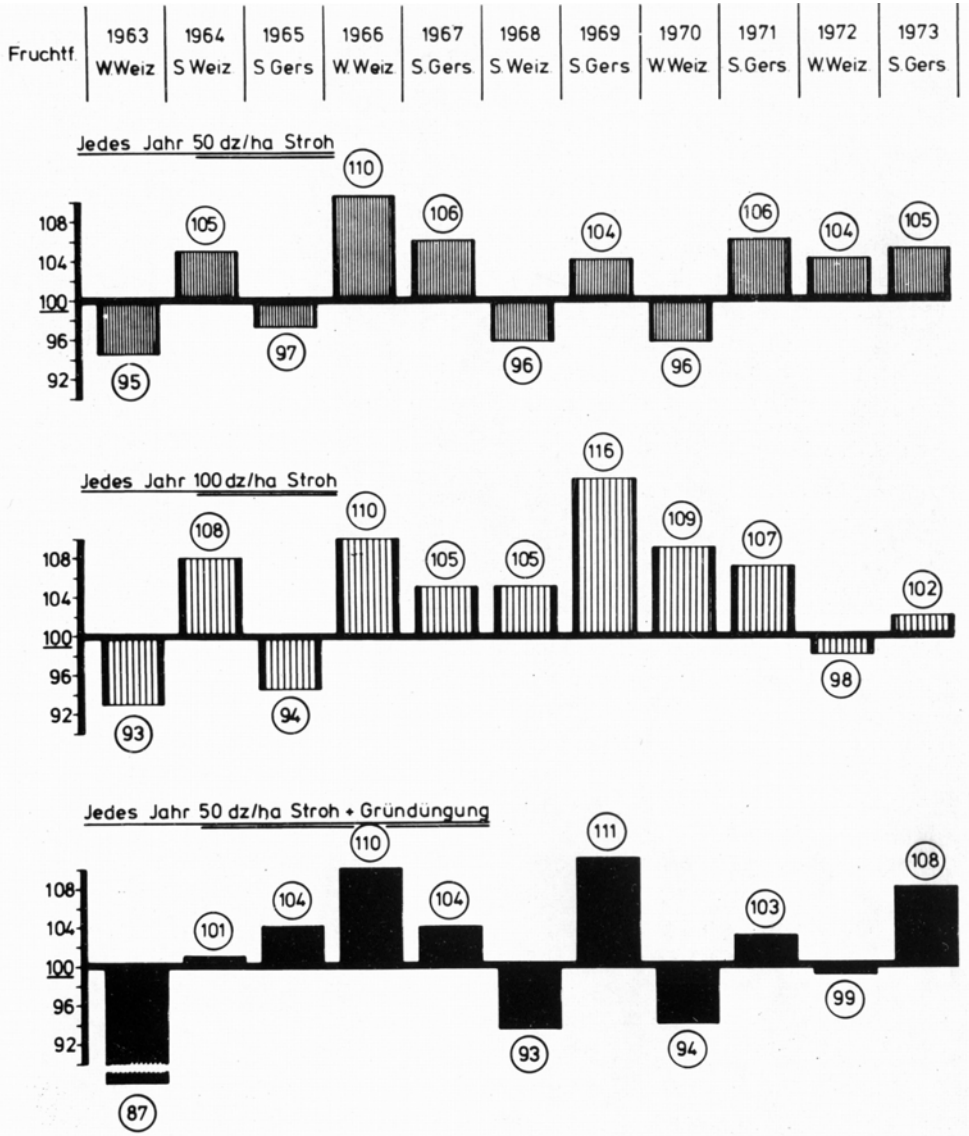


Abb. 9: Relative Kornerträge nach jährlicher Stroh- und Stroh/Gründüngung in einseitiger Getreidefruchtfolge

Nach den vorliegenden Ausführungen müssen aufbauwürdige Standorte demnach mit der Dauer der Strohzufuhr eine gewisse Ertragsentwicklung zeigen, und es ist nicht schwer, diese Tatsache an entsprechenden Experimenten nachzuweisen. Dar-

Abb. 10: Wintergerste ohne Strohdüngung

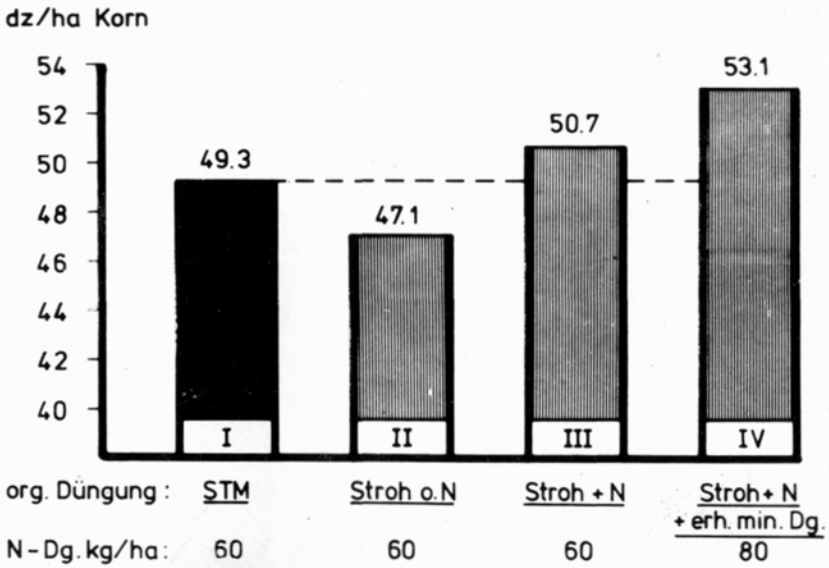
Abb. 11: Wintergerste nach 12jähriger Strohdüngung mit N-Ausgleich

aus folgt, daß die Wirkung der Strohdüngung auf den Ertrag nicht allein eine Frage der Stickstoffbindung und Freisetzung ist, wie das bei einmaliger Strohdüngung ohne Zweifel vorausgesetzt werden kann, sondern daß hier biologische, physikalische und chemische Wirkungsfaktoren hinzukommen.

Die Aufmürbung und **Strukturverbesserung** gerade schwerer Böden ist nach wenigen Jahren vermehrter Strohdüngung schon optisch sichtbar und mit geeigneten Methoden jederzeit nachweisbar (siehe Bild 13 und 14). Viele Praktiker müssen aus eigener Erfahrung zugeben, daß diese Standorte nach Anfangsschwierigkeiten durch Rotteverzögerung für eine wiederholte Strohdüngung dankbarer sind als eine unter großen Schwierigkeiten erstellte Zwischenfrucht als Gründüngung.
Diese physikalische Bodenverbesserung darf nicht mit einer Humusvermehrung in Verbindung gebracht werden. Letztere ist mit Stroh-Gründüngungsmaßnahmen

Abb. 12: Langjährige Strohdüngung zu Wi-Gerste

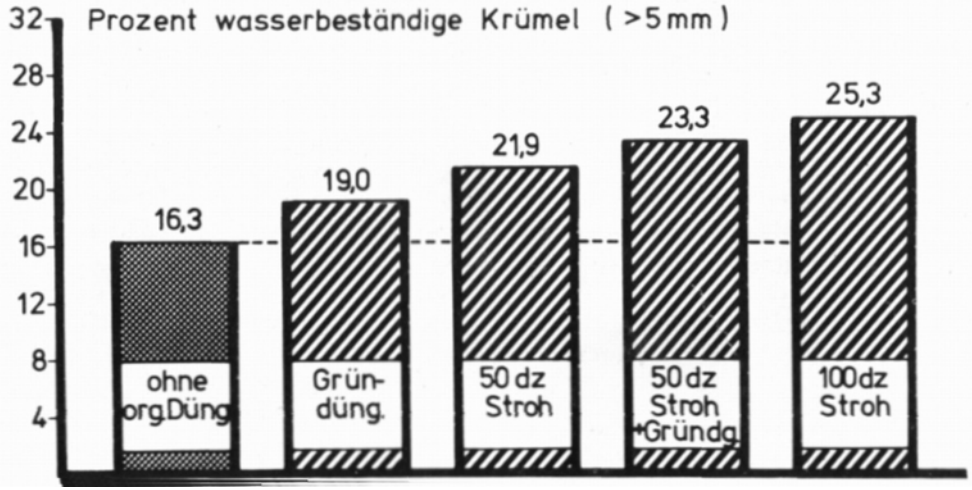
Fruchtfolge	organische Düngung			
	I	II	III	IV
1. Zuckerrüben	STM*+ GD**	GD	GD	GD
2. Winterweizen	–	Rü.-Blatt	Rü.-Blatt	Rü.-Blatt
3. Hafer/Klee	–	Stroh	Stroh + N	Stroh + N
4. Winterweizen	GD	Stroh+GD	Stroh+GD	Stroh+GD
5. Wintergerste	–	Stroh	Stroh+ N	Stroh+ N



*) STM = 450 dz/ha Stallmist
**) GD = Ölrettich-Gründüngung

Abb. 13: Mehrjährige Strohdüngung auf schwerem Boden. Deutlich ist die Strukturverbesserung auf der rechten Bildhälfte zu erkennen

Abb. 14: Krümelstabilität nach 7jähriger Stroh-Gründüngung.



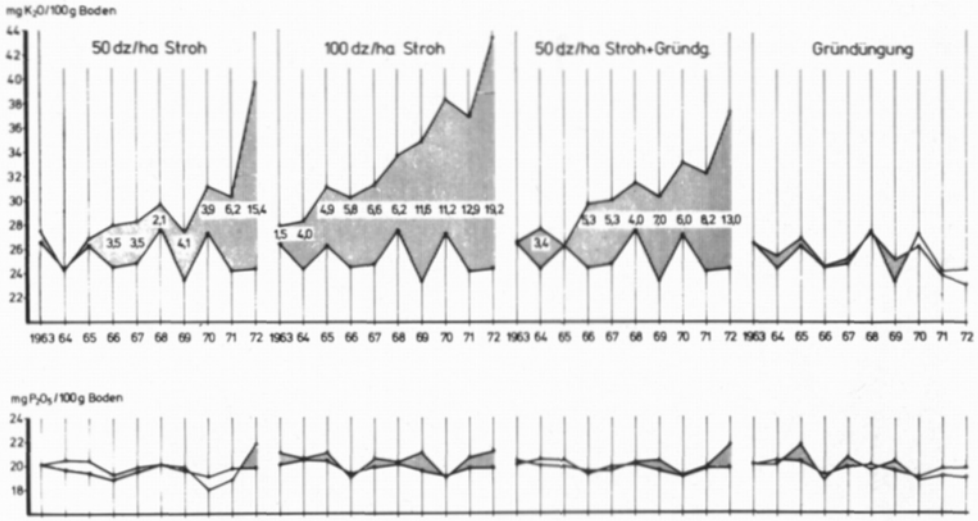


Abb. 15: Die Kali- und Phosphorgehalte im Boden bei langjähriger Stroh-Gründüngung, Rauisch-Holzhausen

nicht möglich, weil alle Böden das an organischer Substanz verstärkt abbauen, was über ihren natürlichen Humusbedarf hinausgeht. Das heißt, daß mit vermehrter Strohdüngung auch in Verbindung mit der Gründüngung das jährliche Humusdefizit unserer intensiv genutzten Ackerböden zwar beseitigt wird, daß jedoch die Restsubstanz abgebaut wird und damit zur Erhöhung der biologischen Aktivität in der Krume beiträgt.

Eine rein chemische Verbesserung des Bodens nach mehrjähriger Strohdüngung wäre die allmähliche **Zunahme an Kalium** unter der Voraussetzung, daß dieser Nährstoff in der Grunddüngung ausreichend bemessen ist. Da mit der Strohdüngung in jedem Jahr ca. 75–80 kg/ha K_2O zusätzlich auf dem Acker verbleiben, steigen die Kaligehalte nach Bild 15 mit durchschnittlich 1–2 mg K_2O pro Strohdüngung an. Auf bis dahin unterversorgten Standorten dürfte diese allmähliche Zunahme nicht ohne Einfluß auf den Ertrag bleiben.

Unter der biologisch-chemischen Komplexwirkung ist die insgesamt erhöhte **Nährstoffdynamik** nach Stroh und Stroh-Gründüngung zu verstehen. Gemeint ist damit der gegenwärtige Zustand hochintensiv bewirtschafteter Ackerböden, die in möglichst jedem Vegetationsabschnitt ausreichende Nährstoffmengen für Wachstum und Ertragsbildung zur Verfügung stellen. Die Höhe der Mineralisation, insbe-

sondere an Stickstoff, ist eine Frage der absoluten mineralischen Düngerbemessung und nicht der Häufigkeit der organischen Substanzzufuhr.

So ist heute in Ermangelung von Stallmist das Stroh neben der Gründüngung zu einem wesentlichen Faktor der Bodenfruchtbarkeit im modernen Ackerbau geworden. Voraussetzung für den Erfolg ist eine sachgerechte Technik. Nur auf wenigen, vorwiegend trockenen und schweren umsetzungsträgen Standorten dürfte eine vermehrte Strohdüngung zu ackerbaulichen Schwierigkeiten führen. Nur hier kann das Streichholz zu einer wertvollen Hilfe für den Landwirt werden.

Strohverwertung und Strohbeseitigung unter heutigen Aspekten –

Neue Möglichkeiten der Strohverwertung

von LD. Dr. Heinz Schulz, Fachleiter der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik und Geschäftsführer des Landtechnischen Vereins, Weihenstephan

Von zwei Seiten her ist die sinnvolle Strohverwertung zu einem aktuellen landtechnischen Problem geworden: Der Umweltschutz schränkt das Verbrennen von Stroh immer mehr ein und andererseits drängt die zunehmende Rohstoffverknappung zu einer Erschließung des Strohs als Rohstoffquelle.

Daß es sich hier um eine recht ergiebige Quelle handeln könnte, zeigt die Statistik mit einem jährlichen Strohanfall von ca. 26,3 Mill. to in der BRD und davon ca. 6,5 Mill. to in Bayern (Bild 1).

Nach überschlägigen Schätzungen werden gegenwärtig noch ca. 75 % des Strohs eingestreut, ca. 20 % in den Boden eingearbeitet, ca. 5 % verbrannt und weniger als 1 % industriell verwertet. Zukünftig ist jedoch mit einer stärkeren Verschiebung dieser Anteile zu rechnen. Insbesondere dürfte der Anteil an Einstreu aus arbeitswirtschaftlichen Gründen geringer werden, obwohl man heute die Vorteile von eingestreuten Ställen mehr als bisher erkennt.

Über die Möglichkeiten und Probleme der Strohverwertung durch Einarbeiten in den Boden und die bei uns auf diesem Gebiet laufenden Versuche hat Dr. Estler bereits referiert. Nachzutragen bleibt aber hier noch, daß sowohl ein Teil dieser

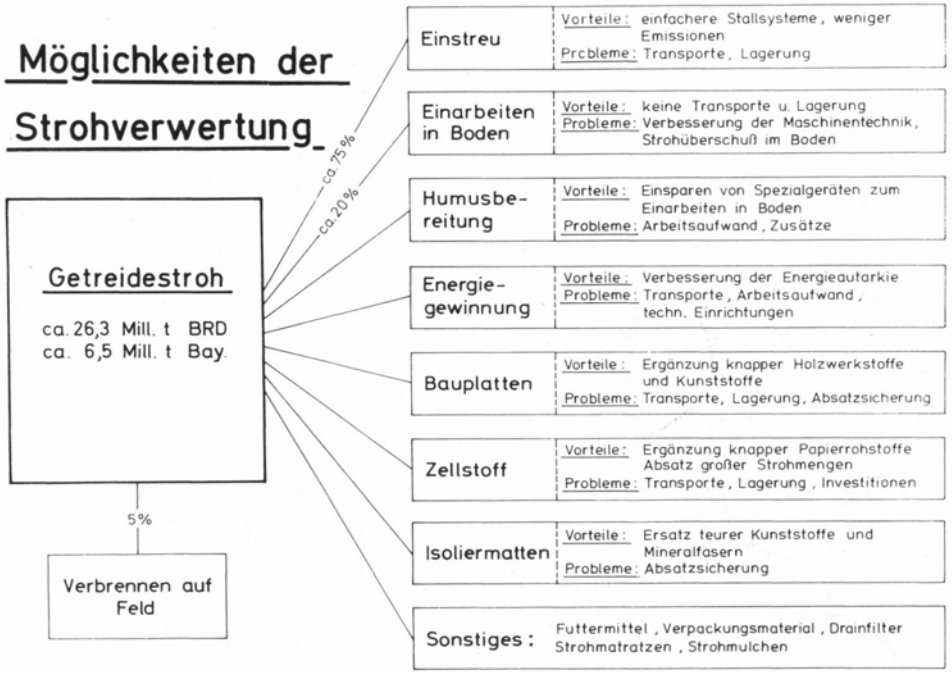


Abb. 1: Möglichkeiten der Strohverwertung

Untersuchungen, wie auch die von mir vorgetragenen Erkenntnisse im Rahmen eines größeren Forschungsvorhabens erzielt wurden, das der Landtechnische Verein Weihenstephan im Auftrage des Bayerischen Landwirtschaftsministeriums durchführt. Herrn Prof. Keymer und seinen Mitarbeitern gebührt Dank für das Zustandekommen dieses Forschungsauftrages.

Trotz der zu erwartenden maschinentechnischen und verfahrensmäßigen Verbesserungen beim Einarbeiten von Stroh in den Boden wird sich in getreidebaustarken Betrieben auf zersetzungsträgen Standorten ein Strohüberschuß im Boden sicher nicht verhindern lassen. Hier könnten neue Möglichkeiten der inner- und außerbetrieblichen Strohverwertung interessant werden wie

- Humusbereitung
- Energiegewinnung
- Bauplattenherstellung
- Zellstoffabrikation
- Isoliermattenherstellung
- Futtermittelzusatz
- Verpackungsmaterial
- Drainfilter
- Strohmatratzen
- Strohmulchen

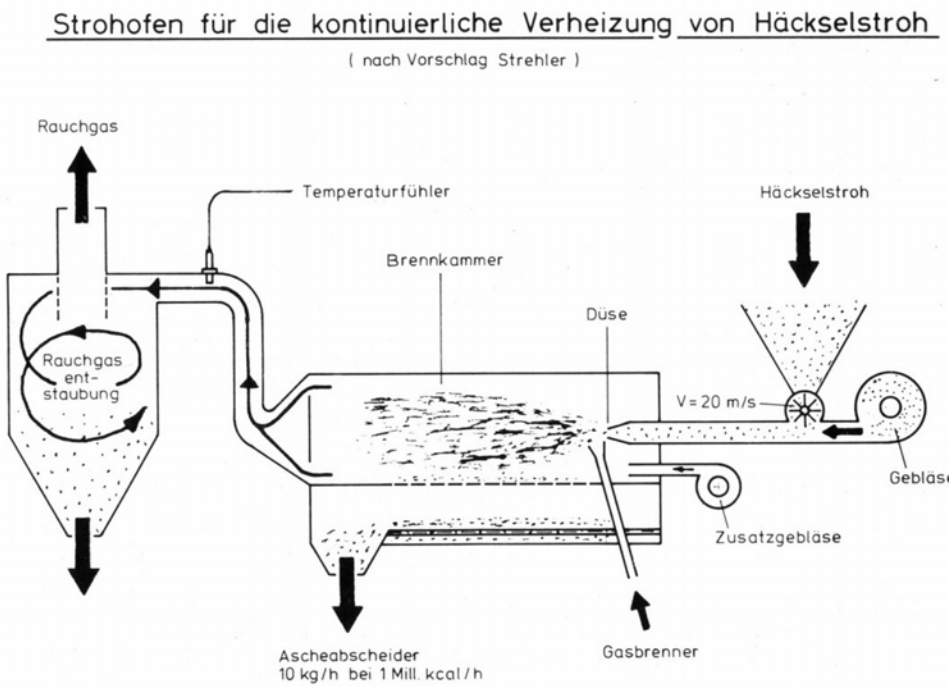


Abb. 2: Strohofen für die kontinuierliche Verheizung von Häckselstroh

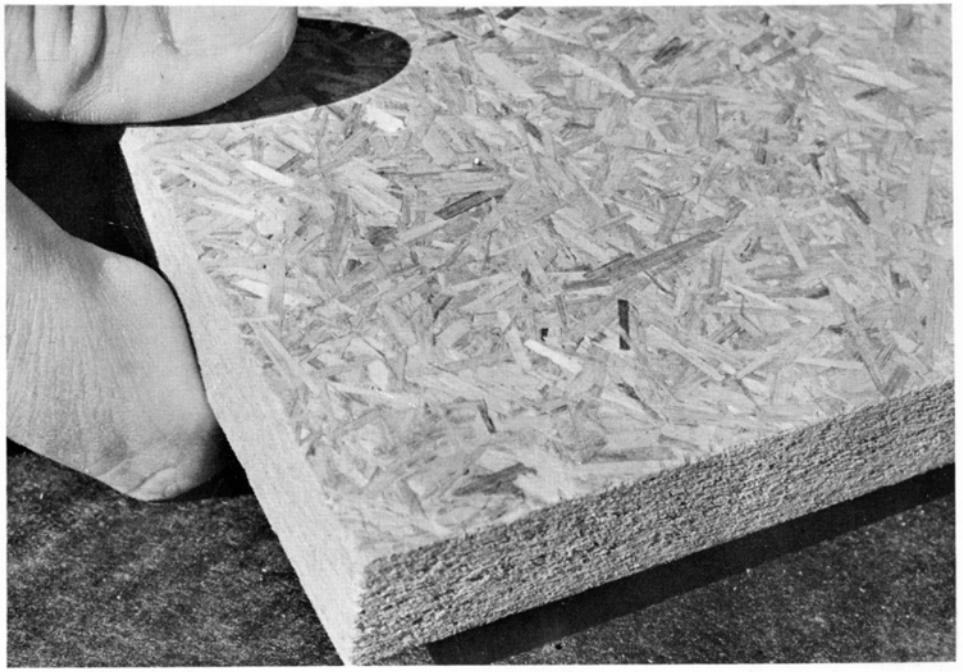


Abb. 3: Versuchsweise hergestellte Strohspanplatte

Die **Humusbereitung** könnte innerbetrieblich wie auch industriell durchgeführt werden. Naheliegend ist es zunächst, die Verrottung des Strohs außerhalb des Bodens durchzuführen, wenn das direkte Einarbeiten aus irgendwelchen Gründen nicht möglich ist. So haben diesjährig schon einige Praktiker überschüssiges Stroh einfach mit dem Ladewagen auf Feldrandmieten gefahren und hoffen auf baldige Verrottung, um es als Humus mit dem Stallmiststreuer ausbringen zu können. Bis jetzt ist jedoch noch nicht bekannt, wie lange man Stroh so liegen lassen muß, und ob verrottungsfördernde Zusätze, wie z. B. Eocomit, die schon auf dem Markt erscheinen, sinnvoll sind. Entsprechende Versuche haben wir angelegt.

Technisch zu lösen wäre sicherlich auch die Kompostierung von Stroh in Verbindung mit Klärschlamm oder Flüssigmist, doch erscheint es fraglich, ob der hohe Aufwand für die Misch- und Umsetzvorgänge wirtschaftlich ist.

Auch die **Energiegewinnung** aus Stroh ist noch mit Fragezeichen versehen. Zwar konnten wir inzwischen den Heizwert von Stroh mit 3100 kcal/kg ermitteln, und auf den ersten Blick erscheint es bestechend, zu errechnen, daß in 1 ha Stroh etwa die gleiche Energiemenge steckt wie in 1000 l Heizöl. Theoretisch könnte man mit der in der BRD anfallenden Strohmenge den gesamten Kraftstoffbedarf der Landwirtschaft decken. Schwierig ist es aber, diese Energie auf wirtschaftliche Weise zu nutzen. Nachdem man erkannt hat, daß die Biogasbereitung wegen zu hoher Investitionen ausscheidet und vor allem auch an Viehhaltung gebunden ist, konzentrieren sich zur Zeit die Bemühungen auf das Direktverheizen von Stroh und zwar entweder im absätzigen oder kontinuierlichen Verfahren. Für das erste ist schon ein dänischer Heizkessel auf dem Markt, der 3 bis 4 Hochdruckballen auf einmal faßt und sich mit einer vorhandenen Ölheizung kombinieren läßt. Mit jährlich 1000 Strohballen könnte man ein Einfamilienhaus heizen. Sicherlich wird sich diese Möglichkeit auf Not- und Krisenzeiten beschränken. Interessanter erscheint es aber, Stroh zum Betrieb von Getreidetrocknungsanlagen zu verheizen. Dr. Strehler hat hierzu einen Vorschlag für einen kontinuierlich arbeitenden Strohofen erarbeitet, den wir in Kürze versuchsweise bauen wollen (Bild 2).

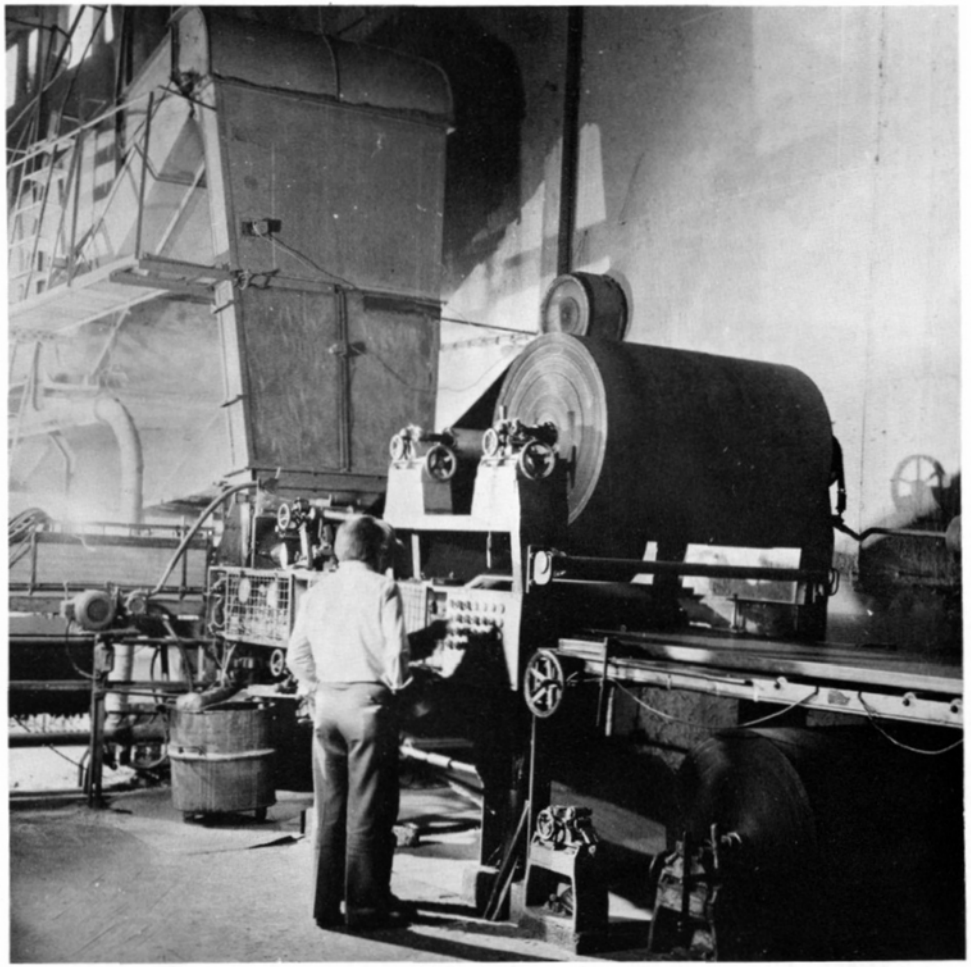


Abb. 4: Fabrikation von Stramitplatten aus Stroh

Ob eine Verheizung des Strohs wirtschaftlich ist, hängt vom Heizölpreis und den Kosten für das Stroh ab. Erste Berechnungen lassen jedoch erkennen, daß die Energiegewinnung aus Stroh bei Heizölpreisen über 0,25 DM/kg durchaus interessant sein kann, auch wenn man die Kosten für Strohbergung und Lagerung berücksichtigt. Bequemer und leichter zu regeln und zu automatisieren wird nach wie vor das Heizöl sein, wenngleich zu bedenken ist, daß zukünftig Lagerung und Transport dieser grundwassergefährdenden Flüssigkeit aufwendiger werden, als bisher.

Die **Bauplattenherstellung** aus Stroh ist einer der interessantesten Wege der Stroh-

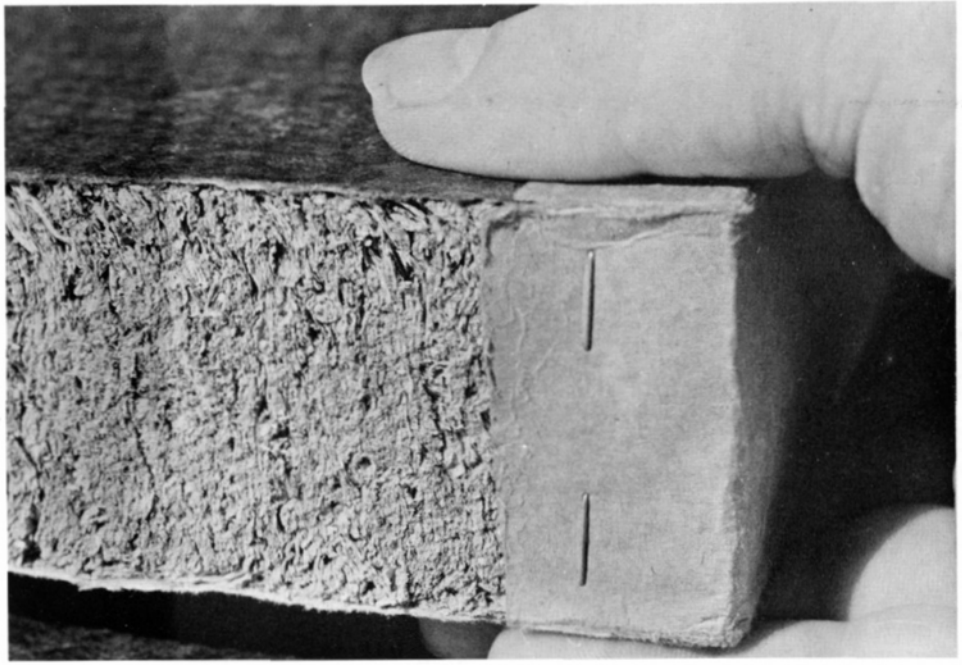


Abb. 5: Querschnitt einer Stramitplatte

verwertung. Stroh hat ausgezeichnete Material-Eigenschaften und muß keinesfalls ein leicht vergänglicher und brennbarer Stoff sein. Die Festigkeit eines Strohhalmes lernt man erst einschätzen, wenn man berechnet, daß der Mensch bis jetzt weder aus Kunststoff noch aus Metall ein derart schlankes und leichtes Tragwerk schaffen kann, das an der Spitze noch eine Last in Größe des Eigengewichtes trägt, wie sie die Getreideähre darstellt.

Aus Stroh lassen sich unterschiedliche Platten mit teilweise erstaunlichen Eigenschaften herstellen:

Im Versuchsstadium befinden sich **Stroh-Spanplatten,** bei denen speziell aufbereitetes Stroh mit Kunstharz-Bindemitteln verpreßt wird (Bild 3). Die Produkte ähneln sehr stark den Holzspanplatten und haben gute Festigkeitseigenschaften. In Deutschland wird dieses Verfahren von der BASF entwickelt, und wir werden diese Platten im landwirtschaftlichen Bauwesen erproben.

Beim **CTC-Verfahren,** das vorerst nur in den Entwicklungsländern angewandt wird, werden faserhaltige Abfallstoffe wie auch Stroh zermahlen, chemisch und durch

Abb. 6: Flexible Isoliermatte aus gestepptem und in PE-Folie eingehülltem Stroh

Abb. 8: Strohbriketts

Eigenschaften von Bauplatten und Isoliermatten aus Stroh

Plattenart	Stramit (serienmäßige Herstellung)	BASF-Spanplatte (Versuchsstadium)	CTC-Faserplatte (praxisreif; Anwendung im Ausland)	Folimatt (serienmäßige Herstellung)
Einsatzzweck	wärmedämmende, tragende u. feuerhemmende Dach- u. Wandverschalung	Möbel- u. Innenausbau wie Holzspanplatten	Möbel- und Innenausbau wie Hartfaserplatte evtl. Aussenverschalungen	flexible Isoliermatte für Bau- und Transportzwecke
Strohart	Weizen Roggen evtl. Gerste	Weizen Roggen	Weizen Roggen Gerste Hafer Mais	Gerste Hafer
Dicke [mm]	50 (70)	8-20	3-8	25
Dichte [kg/m³]	400	520	850 *	48
Biegefestigkeit N/cm²	314	1800-3000	3700	—
Wärmeleitfähigkeit kcal / m h grad	0,09	0,1 *	0,15 *	0,04
Preis [DM/m²]	11,70	?	?	1,15

* = Werte von entsprechenden Platten aus Holz

Abb. 7: Eigenschaften von Bauplatten und Isoliermatten aus Stroh

Dämpfen aufgeschlossen, mit Wasser zu einem Faserbrei aufgeschwemmt und in Etagenpressen unter Druck und Wärme ohne Bindemittel verdichtet. Diese Platten ähneln den Hartfaser- und Weichfaserplatten aus Holz, haben aber durch ihre Bindemittelfreiheit ein besseres Quellverhalten bei Einwirkung von Feuchtigkeit. Problematisch ist bei diesem Verfahren der hohe Energie- und Investitionsaufwand. Das **Stramit-Verfahren** ist technisch ausgereift und wird in Deutschland schon seit 12 Jahren mit Erfolg praktiziert. Neben dem deutschen Werk in Goldenstedt gibt es 24 weitere Werke in der ganzen Welt. Das von den Landwirten zum Preis von

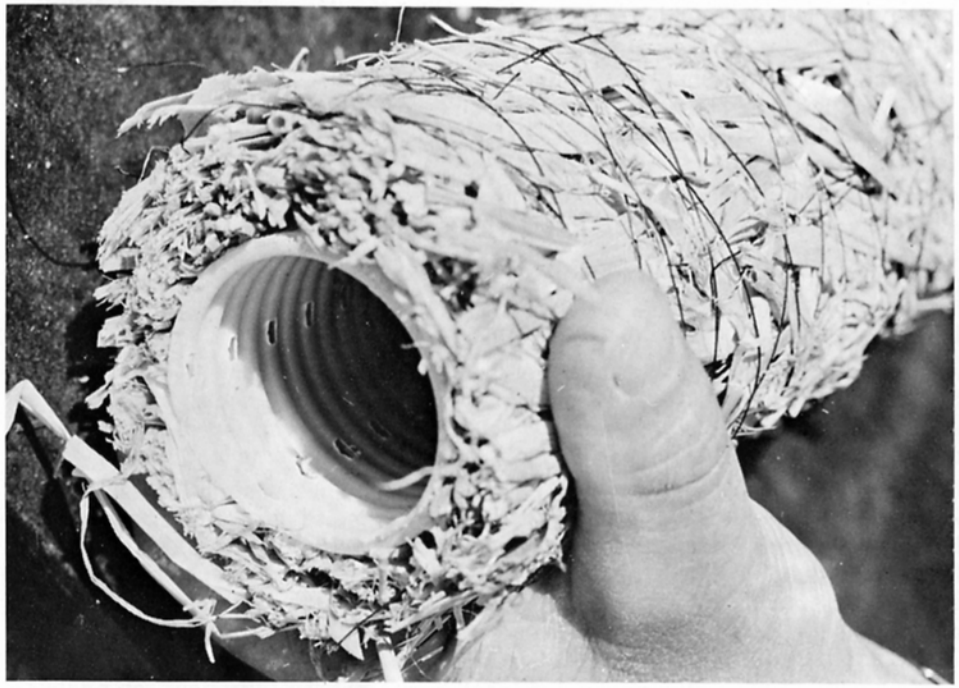


Abb. 9:
PVC-Drainrohr
mit Strohvoll-
Filterummantelung

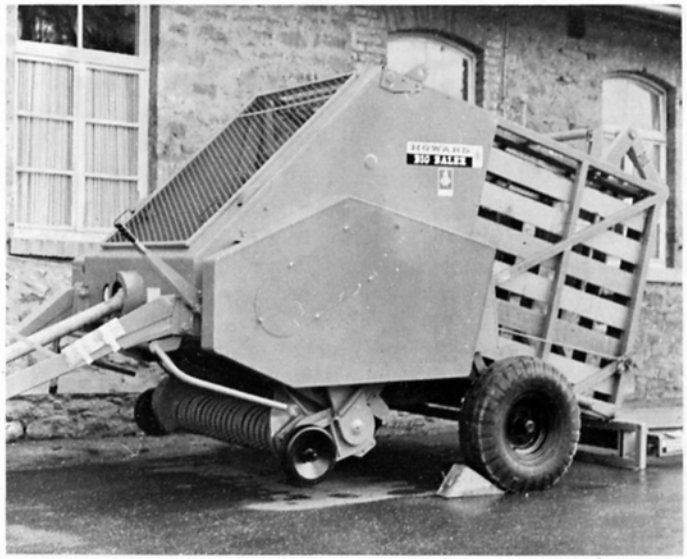


Abb. 10:
Bigbaler
mit Greifzange
für den
Frontlader

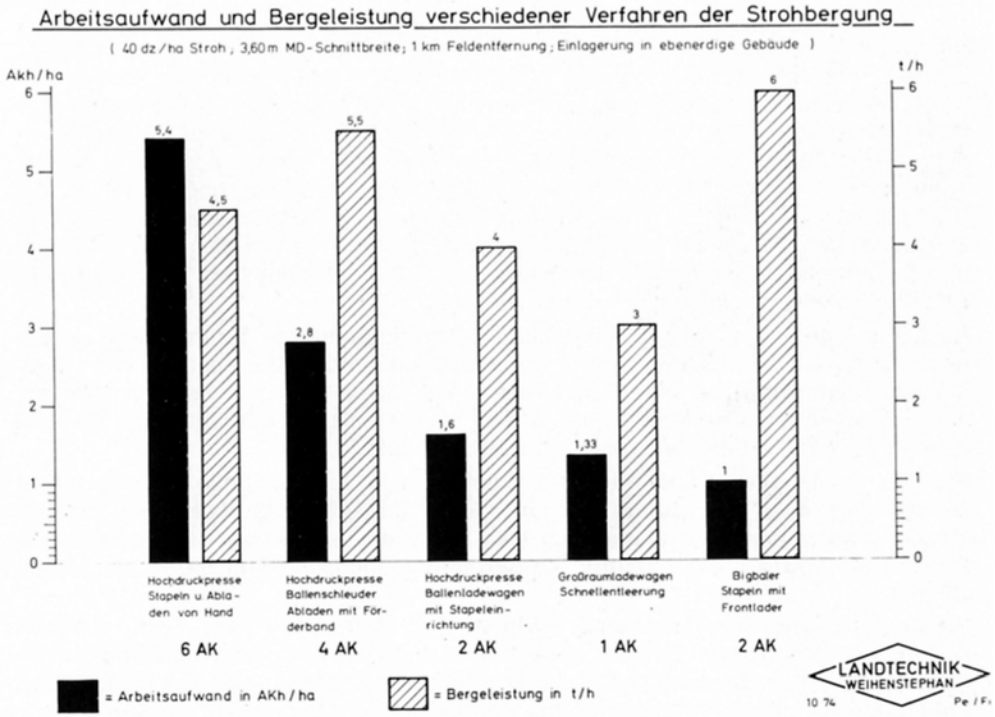
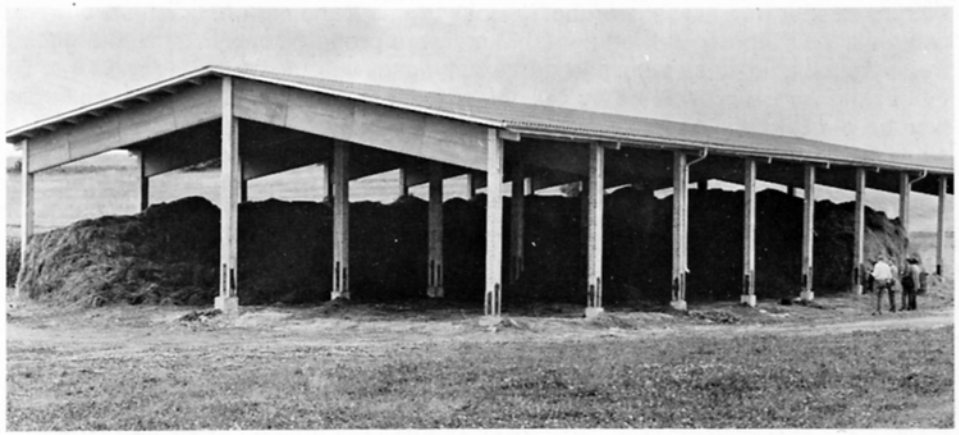


Abb. 11: Arbeitsaufwand und Bergeleistung verschiedener Verfahren der Strohbergung

Abb. 12: Preiswerte Kastenträgerhalle zur Lagerung von Heu und Stroh



7,– DM/dz angelieferte, hochdruckgepreßte Weizen- und Roggenstroh wird auf relativ einfache, energiesparende und umweltfreundliche Weise ohne Bindemittel zu 5 oder 7 cm dicken, 125 cm breiten und weitgehend beliebig langen Platten verpreßt, die allseitig mit Spezialpapier ummantelt sind (Bild 4 und 5). Sie haben eine gute Wärme- und Schalldämmung und sind als tragende, begehbare Dachschalung zugelassen. Zudem sind Stramitplatten – was man kaum vermuten würde – schwer entflammbar, mit der Schweißflamme kaum durchzubrennen und daher in die Brandklasse F 30 oder gar F 60 eingeordnet. Da das Goldenstedter Werk nur den westdeutschen Raum sinnvoll beliefern kann, erwägt man in Schleswig-Holstein und Bayern die Gründung von Stramitwerken, wobei allerdings entsprechende Absatzmöglichkeiten erschlossen werden müssen.

Noch nicht gelungen ist die Herstellung **zementgebundener Strohplatten,** da die wachsartige Oberfläche des Strohs wasserhaltige Bindemittel abstößt. Wohl aber hat sich versuchsweise eine Kombination von Stroh und Kunstschaumstoff als möglich erwiesen. Die Strohhalme wirken hierbei als billiger Zuschlagstoff und Armierung, die die Biegefestigkeit der Platten erhöht.

Flexible Strohmatten ohne oder mit Einhüllung in Kunststoffolie werden schon serienmäßig, aber wie Stramit nur mit lokaler Bedeutung fabriziert. Sie sind im Vergleich zu reinen Kunststoffmatten sehr preiswert und werden im Betonbau als Frostschutz sowie zur Isolierung temperaturempfindlicher Transporte eingesetzt (Bild 6).

Ein Vergleich der Eigenschaften von Platten und Matten aus Stroh zeigt, daß man je nach vorgesehenem Einsatzzweck die Materialien sehr stark variieren kann (Bild 7). Es ist anzunehmen, daß durch die nun auf diesem Gebiet einsetzenden Entwicklungs- und Forschungsarbeiten weitere Fortschritte erreicht werden.

Die **Zellstoffgewinnung** aus Stroh dürfte langfristig gesehen die beste Chance bieten, große Strohmengen aufzunehmen. Bis etwa 1955 wurde Strohzellstoff in der BRD produziert, aber dann machten billige Holzzellstoffimporte aus Skandinavien und Übersee das Verfahren unwirtschaftlich. Durch die weltweite Verknappung und Verteuerung von Papierrohstoffen kann aber nun die Strohzellstoffproduktion auch bei uns wieder interessant werden. In Holland und Dänemark hat man schon rechtzeitig die Zeichen der Zeit erkannt und mehrere große Strohzellstoffwerke gebaut. Dabei erzielt man einen beachtlichen Veredlungsgewinn: 1 dz Stroh, der für 4–5 DM eingekauft wird, ergibt ca. 45 kg Zellstoff mit einem Wert von 40–50 DM. Außerdem werden die Rückstände zu Futtermitteln und Bauplatten verarbeitet. Problematisch sind die hohen Investitionen für Zellstoffwerke und die Abwasserbeseitigung. Letztere kann neuerdings aber durch Regeneration der Ablauge und Rückgewinnung der verwendeten Chemikalien gelöst werden.

Interessant ist, daß die holländischen Zellstoffwerke Stroh in großen Mengen in Westdeutschland aufkaufen und es auf Spezial-Lkw's, die ca. 13 to fassen, bis zu 150 km weit transportieren. Bei dem erwähnten hohen Veredlungsgrad kann man sich diesen Transportaufwand gut leisten. Einen großen Teil des Strohzellstoffs liefern die Holländer in die BRD.

Auf eine Reihe **weiterer Verwertungsmöglichkeiten** soll nur kurz hingewiesen werden. So laufen Versuche, aufgeschlossenes oder mit Harnstoff aufgewertetes Stroh als Futtermittel zu brikettieren (Bild 8), oder Strohzellulose rohfaserarmem Futter beizumischen. Auch hier ist man uns in Holland und Dänemark offenbar voraus.

Strohvollfilter zur Drainrohrummantelung (Bild 9), Verpackungsstränge aus Stroh und Folie, sowie Strohmatratzen sind Produkte, die in zwei Werken in Twistringen bei Oldenburg hergestellt werden. Ob sich der Markt hierfür ausweiten läßt, ist noch zu untersuchen.

Abschließend noch einige Worte zur **Strohbergung,** die ein zentrales Problem bei allen Verwertungsarten darstellt. Hier geht es vor allem darum, den hohen Arbeitsaufwand zu senken und billige Lagermöglichkeiten zu finden. Ein Vergleich verschiedener Strohbergeverfahren zeigt, daß der Arbeitsaufwand für die Strohbergung sich durch Einführung neuer Verfahren (Bigbaler) von 5,4 auf 1,0 AKh/ha senken läßt, ohne daß die Bergeleistung sinkt (Bild 10 und 11).

Auch für die **Lagerung** großer Strohmengen gibt es heute preiswerte Möglichkeiten. So lassen sich in organisierter Selbsthilfe ebenerdige Bergehallen so billig erstellen, daß der dz Stroh jährlich mit weniger als 1 DM belastet wird. Zu diesem Preis erscheint sogar der Neubau von Bergehallen für die industrielle Strohverwertung rentabel (Bild 12).

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß schon eine Reihe erfolgversprechender Möglichkeiten der Strohverwertung existiert bzw. bereits praktiziert wird. Von der Preisentwicklung konkurrierender Produkte, aber auch von der technischen Weiterentwicklung wird es abhängen, ob die geschilderten Wege dazu beitragen können, das brennende Strohproblem zu lösen.

Neue leistungsfähige Transporttechnik für die Landwirtschaft

von Prof. Dr. F. Coolman, Direktor des Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, Wageningen

1. Einführung

Höhere Leistungen infolge neuer Verfahren und verbesserter technischer Hilfsmittel äußern sich auch beim Transport und in neuen Transportproblemen. Der Transport bildet sogar oft eine Hauptfrage bei den verschiedenen Ketten von Arbeit und Maschinen. Wenn man die ganzen Arbeitsabläufe analysiert, dann zeigt sich öfters, daß über 50 % an und für sich Transportarbeiten sind. Sie kennzeichnen sich vom einfachen Gehen oder Bücken über Fahren und Fördern bis zu automatisch gesteuerten Dosiergeräten. Von diesem breiten Feld möchte ich einige Punkte herausheben und zwar folgende:

- Beim rollenden Transport mit Schlepper und Wagen: Neuentwicklung auf dem Gebiete der Wagen- und Schlepperbereifung.
- Bei Feldarbeiten: Neue Sammelverfahren bei Heu, Stroh und Silage.
- Von der Verfahrensseite aus der Sicht des Transportes bei der optimalen Zusammenstellung von Ketten (Beispiel Kartoffelernte).

- Von der Seite der Arbeitsorganisation aus der Sicht des Transportes bei:
- Maschinenpark für periodisch wiederkehrende Aufgaben,
- Maschinenpark für den Arbeitsablauf während des ganzen Jahres.

Bei der Behandlung der verschiedenen Aspekte des Transportes werden teilweise Forschungsergebnisse vom holländischen „I. M. A. G." (Forschungsinstitut für Maschinen, Arbeit und Gebäude) benutzt.

2. Wagentransport

Die allgemeine Entwicklung zu einer höheren Kapazität (mehr Tonnen pro Wagen, jetzt bereits bis zu 20 t) führt zu höheren Lasten pro Achse und pro Reifen. In Anbetracht des Bodendrucks pro cm² (Spurbildung, Beschädigung der Bodenstruktur) fordert diese Erhöhung spezielle Entwicklungen der Reifen. Nicht nur bei Wagenreifen, sondern auch bei Schlepperreifen spielen höhere Wagenlasten eine Rolle, z. B. beim Einsetzen und Fahren unter schlechten Bodenverhältnissen.
Die neuen Wagentypen (Einachser, Tandemachser) erweitern das Problemgebiet. Oft hat man mit einer direkten Verbindung zwischen Feld- und Straßentransport zu tun. Das heißt u. a. verschiedene Bedingungen in Anbetracht des Rollwiderstandes, Reifendrucks, Fahrgeschwindigkeit. Lösungen mit Containern oder Spezialbehältern stehen auf der anderen Seite. Auch Spezialwagen für bestimmte Arbeiten (Fütterung z. B.) sollen hierbei erwähnt werden, obwohl es sich hier oft um eine Kombination Erntegerät-Transportmittel handelt.

2.1. Wagenreifen

Parallel mit der raschen technischen Flucht in rollendem Material läuft die Entwicklung der Niederdruckreifen. Diese hängt zusammen mit:

a) Kunststoffkarkasse (mehr Schwimmvermögen)
b) „Wide Base" Aufbau (größere Luftkammer)
c) „Tubeless" (schlauchlose) Ausführung.

Der Grundgedanke ist einfach: größere und breitere Reifen können höhere Lasten tragen. Die tragende Luftmenge kann im größeren Volumen mit niedrigem Druck (= ± Bodendruck) ihre Arbeit leisten.

Wenn die Seitenwände der Reifen keine entgegengesetzten Kräfte darstellen, benimmt sich die Luft wie in einem Ballon, der Druck auf den Boden unter den Reifen ist dann gleich wie die Luftspannung. In den Reifenwänden kommt jedoch durch die Verformung ein Widerstand hinzu. Dieser läßt sich wie folgt ausdrücken:

$$Fa = \frac{P}{K \times p_i} \text{ wobei}$$

Fa die Abstützungsfläche darstellt, P die Gesamtlast, K die Konstante für die Karkassensteifheit und p_i die Reifenspannung.

Die in der I.L.R. (I.M.A.G.) — Forschung bezogenen Reifen hatten einen statischen Bodendruck auf festem Boden von ungefähr 1,2 x p_i. Durch den Einfluß von 3,0 auf 2,0 atü wird die Abstützungsfläche um 40 % vergrößert, bei Senken auf die Spannung 1,5 atü um 70 % und bei 1,0 atü um 115 %. Das heißt eine Senkung vom Schnittbodendruck von 4 kg/cm², bei 3,5 atü auf 1,2–1,3 kg/cm² bei 1,0 atü.

Der Einfluß des Reifendrucks auf die Spurbildung ist in Bild 1 dargestellt. Rollwiderstand und Spurtiefe bei mehreren Fahrten in der selben Spur werden beträchtlich beeinflußt, wenn der Reifendruck über 1,5 atü ansteigt. In diesem Versuch von Ing. Terpstra war die Radbelastung immer 2300 kg und der Reifen ein 16–20 Vredestein mit Nylon-Karkassenaufbau speziell für Einachsanhänger entwickelt. Die praktische Bedeutung ist wie folgt zu beschreiben: Wenn mit 2½ Tonnen Last auf einem 13–16 Reifen bei 3,5 atü Reifendruck nach 4 x fahren in der selben Spur eine Spurtiefe von 20 cm erreicht ist, kann man mit einem 16–20 Reifen bereits 7 x durchfahren bei 1,5 atü Reifendruck, und bei 1,0 atü ist die 20 cm Tiefe nach 15 x fahren noch nicht erreicht. In der Praxis ist die Erfahrung auch etwa dieselbe. Mit Achslasten von z. B. 5 Tonnen ist es viel sicherer mit 16–20 auf 1,0–1,5 atü zu fahren als mit 13–16 auf dem benötigten höheren Druck. Weiterhin ist die Beschädigung der Bodenstrukturen viel geringer, vielleicht ist dies noch der wichtigste Punkt.

Der Rollwiderstand erhöht sich auch bei tieferer Spurbildung. Durchschnittlich hat 1 atü mehr bei 2300 kg Radbelastung einen 70–130 kg höheren Rollwiderstand zur

Abb. 1: Einfluß des Reifeninnendruckes auf Rollwiderstand und Spurtiefe bei mehrmaligen Befahren derselben Spur

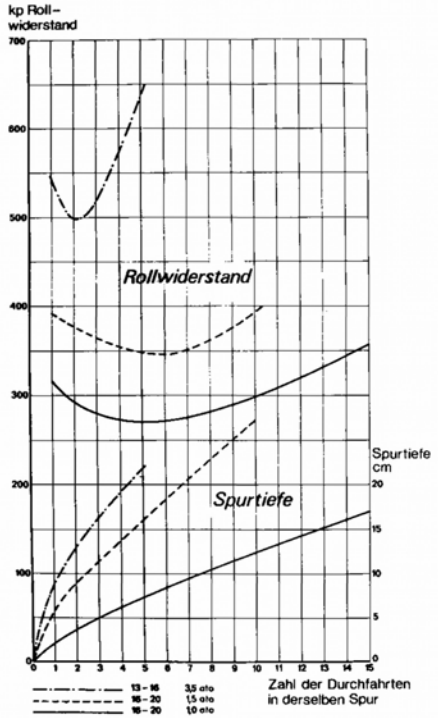
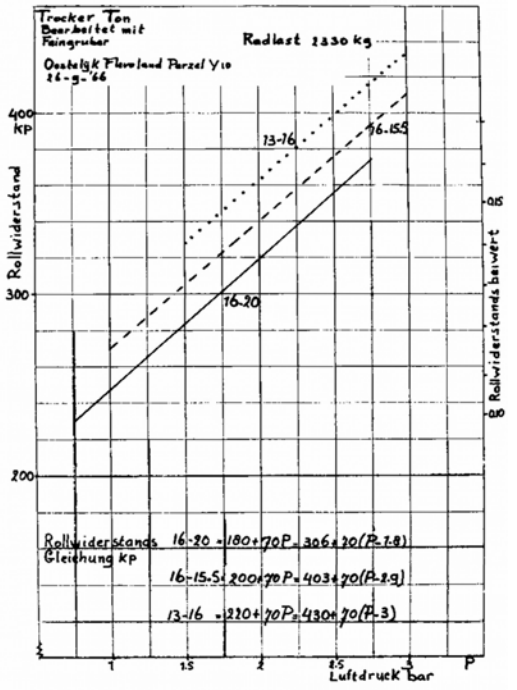


Abb. 2: Rollwiderstand in Zusammenhang mit dem Reifeninnendruck. Eine größere Breite und ein größerer Diameter wirken sich günstig aus auf trockenem Boden



Reifen	Belastung kg	Reifen-innendruck atü	Rollwider-stand kgf	Rollwider-stands-beiwert	Spurtiefe cm
20–22,5 8 pr	3200	3,9	404	0,126	7,4
	2434	3,9	285	0,117	6,6
		1,5	204	0,084	5,5
		0,8	187	0,077	4,1
	1668	3,9	190	0,114	6,3
		1,5	146	0,087	5,4
		0,8	119	0,071	4,6
12–38 6 pr	3219	4,0	359	0,112	8,6
	2453	4,0	258	0,105	7,2
		1,5	164	0,067	5,7
		0,8	132	0,054	3,3
	1687	4,0	161	0,095	6,9
		1,5	128	0,076	5,5
		0,8	79	0,047	3,7
13–16 8 pr	3131	4,0	591	0,189	9,6
	2365	4,0	415	0,175	8,9
		1,5	263	0,111	5,9
		0,8	287	0,121	4,7
	1599	4,0	241	0,151	7,2
		1,5	177	0,111	5,8
		0,8	128	0,080	4,3

Boden: Trockener, leichter Ton
Oostwaardhoeve: Parzel A15 25–8–'72

Tabelle 1: Rollwiderstand und Spurtiefe für verschiedene Reifen, Belastungen und Reifenspannungen auf trockenem leichten Tonboden.

Folge auf ein total von ± 300 kg je nach den Verhältnissen. Dies ist sowohl der Fall bei 13–16 wie bei 16–20 Reifen. Die Spannungsforderungen der verschiedenen Reifen stehen hier im Hintergrund.

Die Reifenbreite hat sich bei günstigen Verhältnissen vorteilhaft erwiesen, bei nassen Böden jedoch etwas ungünstiger durch den sogenannten Schiebbrett-Effekt (Bulldozereffekt). Der Rollwiderstand erhöhte sich bis zu 40 kg mehr (Bild 2 und 3). Der Einfluß der Zahl von Karkasschichten war fast nihil (max. 10 kg Rollwiderstand, und war auch nicht mathematisch gesichert).

Die Radbelastung hat selbstverständlich ihren Einfluß auf den Rollwiderstand. Durch die Berechnung vom Rollwiderstandskoeffizient $\frac{\text{Rollwiderstand}}{\text{Belastung}}$ war es möglich, diesen Einfluß zu isolieren. Unter schweren Verhältnissen wurde ein Anstieg von 0,13 bei 1500 kg auf 0,17 bei 3100 kg festgestellt. Bei Überbelastungen (= schwere Verformung) wurde ein Anstieg von 0,12–0,19 gemessen.

Bei einer vergleichenden Betrachtung der Gesamtdiameter (Bild 3) von 16–20 und 16–15,5 Reifen, übereinstimmend mit 107,5 und 86 cm wurde ein Unterschied von 9 cm im belasteten Radius festgestellt.

Bei günstigen Verhältnissen ergab sich ein Unterschied von ungefähr 20 kg im Rollwiderstand zugunsten der größeren Reifen oder 0,01 punkt im Rollwiderstand. Bei schlechteren Verhältnissen steigen die Unterschiede allmählich an bis zu 30–60 % mehr Rollwiderstand unter höheren Belastungen (Reifendrücken). Bei niedrigen Spannungen (= anderen Reifen) verschwinden sie wieder. Hierbei ist weiter zu bemerken, daß kleinere Reifen es (etwas) leichter haben können, wenn sie in der Schlepperspur laufen als auf unberührtem Boden. Aber gerade im Feld mit beladenen Wagen sollen die Reifen ihren niedrigsten Rollwiderstand erweisen (speziell in Kurven).

Abschließend kann hinsichtlich der Wagenreifen angeführt werden, daß besonders auf Böden mit geringem Tragvermögen der Diametereffekt bedeutend ist oder sein kann. Bei einem 12–38 Reifen (⌀ 160 cm) im Gegensatz zu einem 20–22,5 (⌀ 116 cm) ist der Koeffizient um 0,02 niedriger und hinsichtlich der 13–16 (⌀ 90 cm) kommt sogar ein Faktor 2 in Sicht (Tabelle 1).

Die aus diesen Forschungsergebnissen ergehende Schlußfolgerung ist speziell beim Einachser: Im Zusammenhang mit der maximalen Belastung für Marsch und Moorböden wäre es besser, einen größeren Reifen zu wählen und auf niedrigem Druck zu fahren. Die Reifenindustrie ist dabei, auch für höhere Tonnagen Reifen zu entwickeln, wobei aufs neue die Straßenfahrt mit höheren Geschwindigkeiten im Hintergrund steht. Zu Hilfe kommt der Reifenentwicklung jedoch die Tandemachse, wobei die Vorteile der Einachser gegeben sind, und gekuppelt, Lasten von 10, 12 oder sogar mehr Tonnen getragen werden können.

2.2. Tandemachse

Der Wahl des Wagenkonstrukteurs der Tandemachse unterliegen im allgemeinen *nachfolgende Gründe:*

1) dieselbe prinzipielle Konstruktion wie beim Einachser für mehr Tonnage
2) keine Erhöhung der Ladefläche
3) niedrigerer Rollwiderstand als bei 4 getrennten Reifen durch weniger Spuren
4) günstigere Rollstabilität (Vorteil auch vom Einachser)

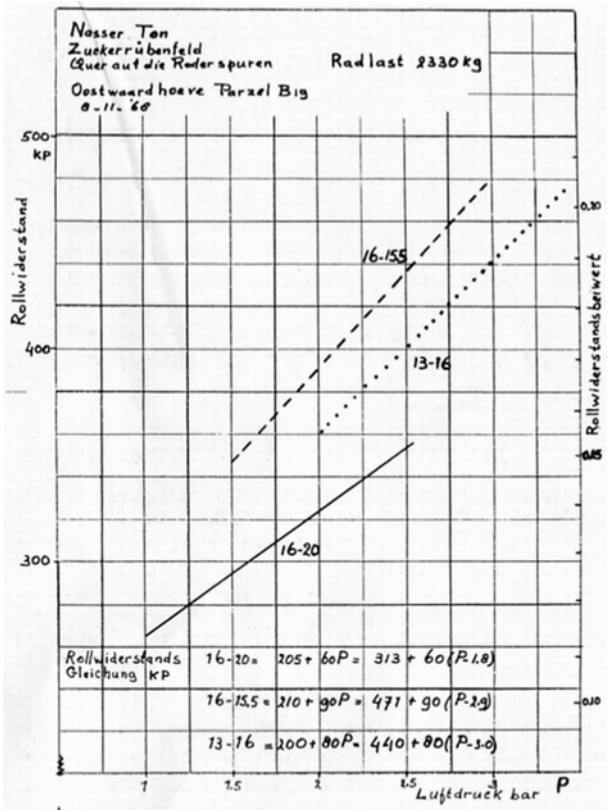


Abb. 3: Rollwiderstand in Zusammenhang mit dem Reifeninnendruck. Durch „Bulldozern" geht bei ungünstigen Bodenverhältnissen der Breiteneffekt völlig verloren. Der Durchmesser wirkt sich hier noch günstiger aus.

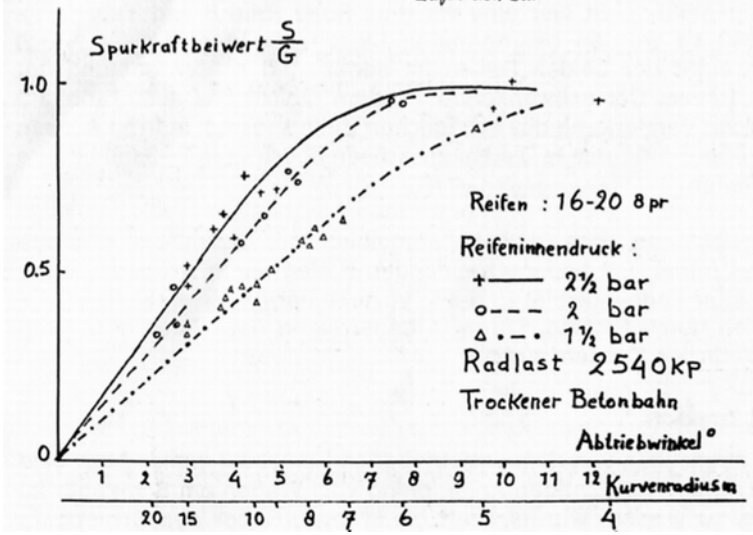


Abb. 4: Spurkraftkoeffizient in Zusammenhang mit dem Kurvenstrahl und der Reifenspannung. Ungelenkte Tandemachse

5) ruhigere Fahrt, speziell bei schwankendem Aufbau (Reduzierung des Einflusses von Unebenheiten)

6) Spurabstand 1,5 bis 5 t und 1,80 m für größere Tonnagen ist notwendig.

Außer diesen Vorteilen gibt es jedoch auch Schwierigkeiten bei den ungesteuerten Tandemachsen, z. B. die Schwingkräfte in Kurven bei schweren Lasten. Ing. Spaink von unserem Institut hat gerade eine Forschungsarbeit abgeschlossen, wobei er mit Hilfe eines Herstellers (Miedema) die Kräfte in Tandems verschiedener Art gemessen hat. Seine Grundausführung war eine ungesteuerte, schwankende Tandem-Achse mit einer Radbelastung von 2540 kg statisch auf 16–20, 8 pr Vredestein Reifen, mit Nylon-Karkasse, die mit 1½, 2 und 2½ atü eingesetzt wurde.

Die Spurkräfte quer zur Radfläche sind abhängig vom Winkel zwischen Fahrtrichtung und Kurvenrichtung, Treibwinkel genannt. Um die Zentrifugalkräfte auszuschließen, wurde zuerst mit niedrigen Geschwindigkeiten gefahren. Festgestellt wurde eine Gesamtkraft bis 200 kg, angreifend auf 30 cm der oberen Kontaktfläche Reifen/Boden. Dadurch wurde eine Gewichtsübertragung auf den Innenreifen verursacht. Um die Ergebnisse vergleichen zu können, ist der Spurkraftkoeffizient berechnet aus dem Bruch: Spurkraft/Radbelastung. Bild 4 zeigt, daß die Treibkraft bei zunehmendem Treibwinkel auf Betonbahn eben so groß sein kann wie die Radbelastung (!). Dieses Ergebnis erklärt die hohen Anforderungen an die Karkassen-Konstruktion. Bei höheren Spannungen steigt die Steifheit der Reifen, das heißt schnellere Erhöhung des Spurkraft-Koeffizient. Bei 1,5 atü fängt der Reifen die Spannungen teilweise auf, was jedoch zu unzulässigen Verformungen des Reifens führt. Hiermit sind wir teilweise auch wieder zurück beim Kompromiß Landfahrt/Straßenfahrt. Bilder 5 und 6 zeigen, welche Ansprüche an Reifen unter niedrigen Spannungen gestellt werden. Obwohl die Tabelle 2540 kg bei 20 km pro Stunde

Abb. 5: Schwere Verformung der Reifenkarkasse einer ungelenkten Tandemachse beim Kurvenfahren. Reifeninnendruck 1,5 bar Radlast 2540 kp

Abb. 6: Reifenverformung einer ungelenkten Tandemachse in der Kurve. Reifeninnendruck 1,5 bar, Radlast 2540 kp

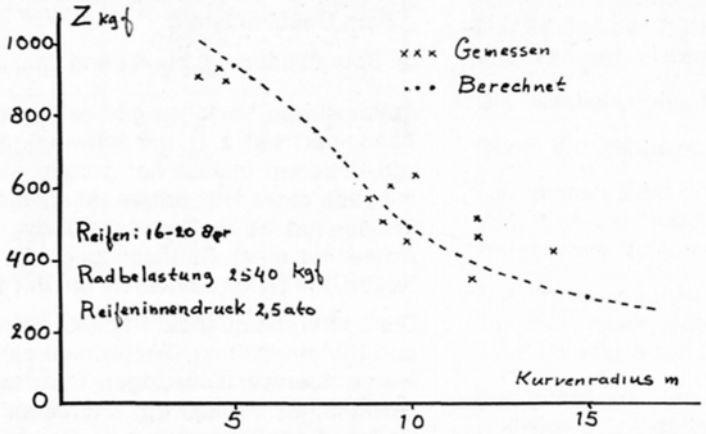


Abb. 7: Verband zwischen Zugkraft und Kurvengröße einer ungelenkten Tandemachse auf trockener Betonbahn

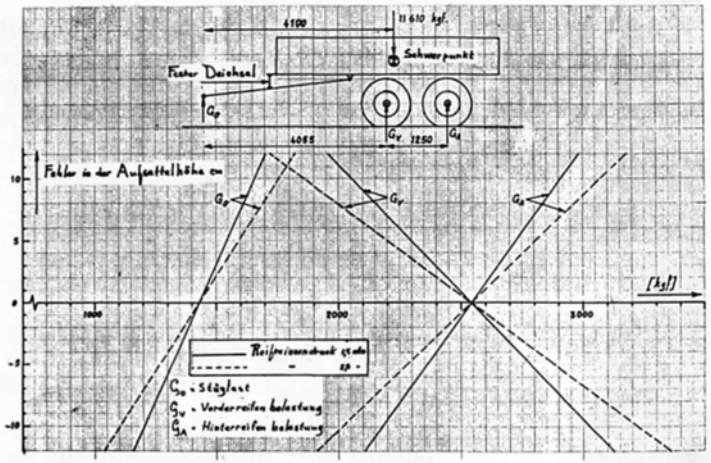


Abb. 8: Variationen in Reifenbelastung und Stützlast durch falsche Ankupplung bei einem Tandem ohne Pendelachsen

erlaubte, sollte die Spannung auf 2½ atü gebracht werden, um den Spurkräften widerstehen zu können. Die andere Lösung wäre, die Belastung auf 75 % herunterzusetzen, um dann sowohl Land- wie auch Straßenfahrt zu ermöglichen. In der Praxis heißt dies, daß ein ungelenkter Tandem nicht doppelt soviel Traglast hat wie die Einzelreifen, sondern etwa 150 %.

Im Felde sind die Verhältnisse viel weniger schlimm wie auf der Betonbahn, auch dort aber sind Spurkräfte gemessen von 40–50 % der Belastung. Es kann dabei Stoßbelastung auftreten. Es ist klar, daß alle diese Anforderungen auch berücksichtigt werden müssen beim Entwurf der Reifen (Karkassenaufbau, Reifenanschluß an die Radfelge, Felge selbst, Achskonstruktion).

Das Treiben und Schwanken beeinflußt auch die Zugkraft, gemessen am Zugmaul und der Zugöse.

Bild 7 zeigt, daß Querkräfte sich äußern können in Erhöhungen der Zugkraft bis um das dreifache abhängig vom Rollradius. Die Lösung für den starken Bedarf an PS ist die kommandierte Steuerung der Tandemachse. (Das Kommandieren ist nötig, weil einer der großen Vorteile der Einachser, nämlich das bequeme und genaue Rückwärtsfahren erhalten bleiben soll.) Aus Versuchen mit einem Prototyp ist hervorgegangen, daß Spurkräfte fast auf null reduziert werden können und demnach auch die Zugkraftzunahme praktisch auf null zurücklief. Dann auch ist es wieder möglich, auf niedrigen Spannungen zu fahren (1,0–1,5 atü) und den Boden zu schonen.

Oft kommt auch noch die Frage: Schwankende Tandem oder feste Achsen, eventuell im gesteuerten Rahmen. Zuerst ist zu bemerken, daß bei Bodenunebenheiten der Bodendruck plötzlich stark zunehmen kann, wie auch die Reifenbelastung. Auch die Ankupplungshöhe spielt hier eine wichtige Rolle (Bild 8 und Tabelle 2). Unterschiede von 600 kg wurden bei normalen Lasten häufig gemessen. Auch Totalentlastung von einer der beiden Reifen ist denkbar, d. h. Verdopplung der Lasten der anderen Reifen. Der schwankende Tandem gleicht das aus. Tabelle 3 zeigt schließlich, welche Verstärkung des schädlichen Einflusses bei starren Achsen auftritt beim Fahren über Hindernisse. Die festen Achsen übertragen 2–3mal höhere Stoßkräfte auf den Reifen.

Die Schlußfolgerung ist denn auch, daß die kommandierte, gesteuerte Tandemachse die Möglichkeit öffnet, mit bodenscheunenden Reifen einen Ackerwagen zu bauen mit fast doppelter Ladekapazität und der Vorteile hat hinsichtlich Wendbarkeit und Zurückstellen durch Pforten, Türen in Lagerräume usw. Auch den Kipphöhen kommt eine derartige Tandem zugute.

Schlepperreifen und Zugkraft

Wagentransport ist, abgesehen von dem angetriebenen Einachser immer noch eine Frage von Zugkraft. Neben der richtigen Ankupplung vom Wagen am Schlepper ist es vor allem wichtig zu wissen, wieviel Kraft die (Hinter)/Räder des Schleppers

auch unter wenig günstigen Verhältnissen entwickeln können. Holländische Forschungen vom I.M.A.G. zusammen mit Reifenindustrien haben sich mit Stollenhöhen, Reifenspannung, Karkassenaufbau, Schlupf, Vierradantrieb in Bezug auf Zugkraft und Bodenverhältnissen befaßt. Die wichtigsten Ergebnisse, speziell für Wagentransport, sind folgende:

1) Hohe Stollen (7½ cm) (Bild 9a + b) liefern auf nasseren Marschböden und auf schweren Böden eine höhere Zugkraft, der Zugkraftkoeffizient kann in bestimmten Fällen verdoppeln. Durch die hohen Stollen wird die Zugkraft erhöht beim Ansteigen von Schlupf. Das heißt, daß man eher an schlechten Stellen durchkommt, sei es mit mehr Schlupf (Bild 10). Auf Sandböden sind keine Erhöhungen nachzuweisen (Bild 11). Auf lockeren Moorböden ohne Tiefenwiderstand besteht die Gefahr, daß die hohen Stollen eingraben. Hohe Stollen eignen

	Radbelastung kgf				Stützlast kgf
	Rechts vorne	Links vorne	Rechts hinten	Links hinten	
Waagerechter Boden; richtige Anspannung	2545	2545	2545	2545	1430
6 cm Erhöhung unter dem rechten Vorderrad					
Reifeninnendruck 1½ bar	3755	2685	1495	2565	1110
2½ bar	4035	2750	1250	2570	1025

Tabelle 2: Einfluß einer 6 cm Erhöhung unter dem rechten Vorderrad bei einem Tandem ohne Pendelachsen.

	Tandem mit Pendelachsen			Tandem ohne Pendelachsen		
Reifeninnendruck	1½ bar	2 bar	2½ bar	1½ bar	2 bar	2½ bar
Geschwindigkeit 4 km/h	kgf 460	kgf 985	kgf 1310	kgf 1310	kgf 2220	kgf 2390
6 km/h	595	505	620	1480	2280	2700
8 km/h	800	1360	1670	2160	2420	2870

Tabelle 3: Maximale Belastungszunahme beim Überfahren eines Holzbalkens (7 x 20 cm) auf der Betonbahn. Radbelastung 2540 kgf.

Abb. 9a: Hofka Hochstollenreifen

Abb. 9b: Polson Quadrant Hochstollenreifen

Abb. 9c: Firestone All Traction Field & Road Normalstollenreifen

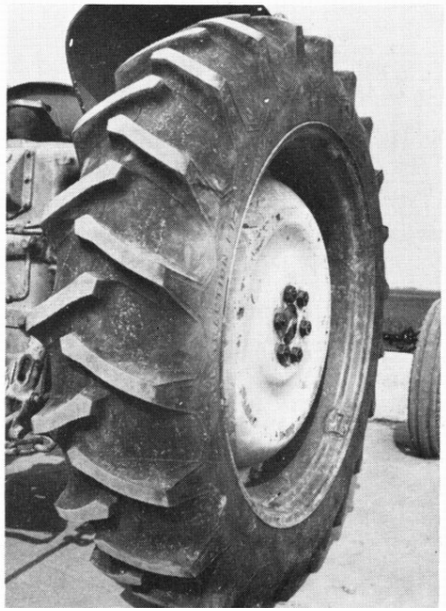


Abb. 9d: Vredestein Power Grip Normalstollenreifen

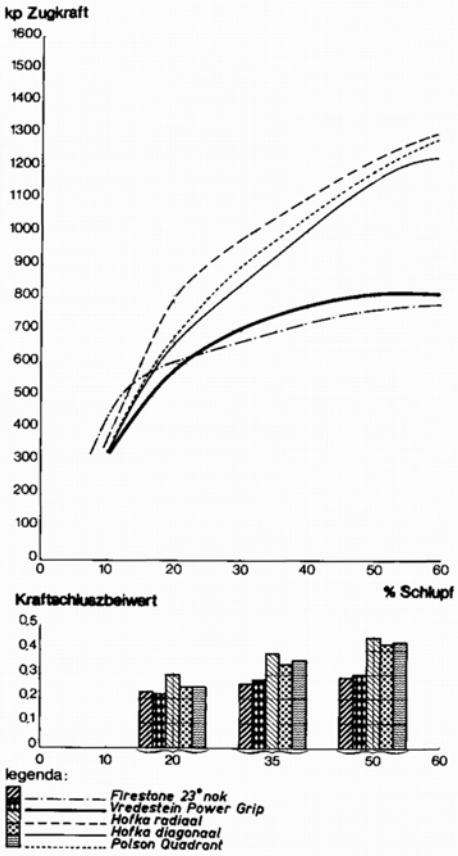


Abb. 10: Einfluß von Stollenhöhe und -form auf die Zugkraft unter ungünstigen Bodenverhältnissen
Hochstollenreifen im Vergleich zu Normalstollenreifen
Boden: Nasser leichter Ton
Zuckerrübenfeld
Oostwaardhoeve Parzel B1 13/14-11-1968

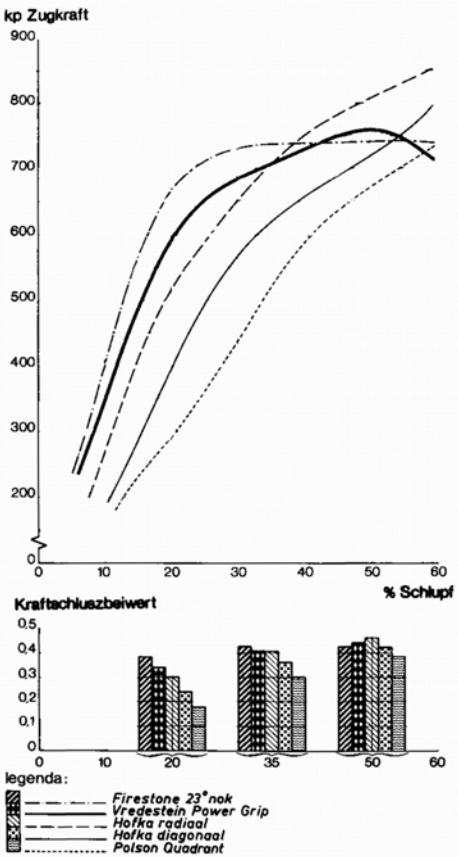


Abb. 11: Einfluß von Stollenhöhe und -form auf die Zugkraft. Hochstollenreifen im Vergleich zu Normalstollenreifen
Boden: Trockener, fester Sand
Oostwaardhoeve Parzel A17 20/21-6-1968

sich gut zum Straßentransport, ihr Verschleiß ist oft geringer als mit dem normalen Profil.

Querstehende Stollen (23° statt 41°) (Bild 9c + d) haben auf nassen Marschböden eine schlechtere Selbstreinigung, liefern dadurch eine geringere Zugkraft wie das normale Open Center Profil (Bild 12).

2) „Karkassen in Radialbauweise führen zu flexibleren Reifen und größeren Kontaktflächen mit dem Boden. Dies hat eine breitere und tiefere Spur zur Folge und mehr Netto-Zugkraft." Bei günstigen Bodenverhältnissen konnte diese Stellungnahme auch erwiesen werden. Bei ungünstigen Verhältnissen jedoch waren mit Normalstollen keine mathematisch gesicherten Aussprachen zu erreichen. Der geringe Bodenwiderstand „überlappt" vermutlich etwaige Unterschiede. Nur die hohen Stollen „greifen" durch die oberste Schicht auf mehr widerstandsfähige Teile der Baufurche. Bild 13 zeigt dieses auch in Zusammenhang mit der Belastung. Bild 14 zeigt weiter, daß ein weicherer Untergrund die Unterschiede immer kleiner macht. Tieferes Einspuren führt zu einem geringeren Abflächen und verringert die Kontaktfläche.

3) Die Reifengröße spielt eine wichtige Rolle auf wenig tragfähigen Böden. Der Zugkraftkoeffizient verbessert sich sowohl bei größerem Diameter wie bei breiteren Reifen (Bilder 15 und 16). Breitere Reifen sind besonders vorteilhaft auf weicheren Böden mit geringem Abschiebungswiderstand.

4) Die Reifenspannung wurde überprüft in 3 Stufen (1,0; 1,5 und 2,0 atü). Nur das Profil mit Normalstollen hat eine Reaktion gezeigt, die Zugkraft erhöht beim Senken die Spannung.

5) Belastung der Hinterachse liefert eine Zunahme der Zugkraft (Einachsanhänger) aber oft eine kleine Senkung des Zugkraftkoeffizient, speziell bei Normalstollen. Das bedeutet also, daß Belastung nicht ganz proportionell die Zugkraft (innerhalb bestimmter Grenzen) erhöhen kann, und daß das bei hohen Stollen fast proportional stattfindet.

Die Konklusion kann ziemlich einfach sein, unter schweren Transportverhältnissen im Felde (auf schweren Böden) bieten die Reifen mit hohen Stollen mehr Zugkraft insbesondere bei Wagen, die die Hinterachse belasten. In dieser Kombination liegen auch die großen Chancen für größere Beladungen.

3. Neue Sammelverfahren bei Feldarbeiten und die Konsequenzen für Transportarbeiten (speziell Heu, Stroh, Silage)

Einige neue Verfahren zeigen wieder einmal die zwei Hauptprinzipien im Transport: Fließbandverfahren oder getrennte Einheiten. Und insbesondere spielt die Vergrößerung dieser Einheiten eine wichtige Rolle. Von einigen dieser Verfahren sind die ersten Ergebnisse bekannt, andere Entwicklungen sind, was die Anwendungsmöglichkeiten anbelangt, noch im Vorkalkulationsstadium. Untenstehend werden einige Neuigkeiten kurz beschrieben.

3.1. Anwelksilage von Gras mit Pressewagen

Von den in den USA für Heu verwendeten Pressewagen wurden einige 1,5-Tonner 1973 und '74 in Holland in der Praxis eingesetzt, im Anschluß an die Forschungen '72 und '73. Ausgangspunkt war die Tatsache, daß Silagemachen eine Einmannarbeit sein könnte mit hohen Stundenleistungen (oder bei größeren Entfernungen Zweimannbetrieb). Das gefährliche Fahren über die Fahrsilo's wäre dann auch vorbei (Bilder 17 und 18).

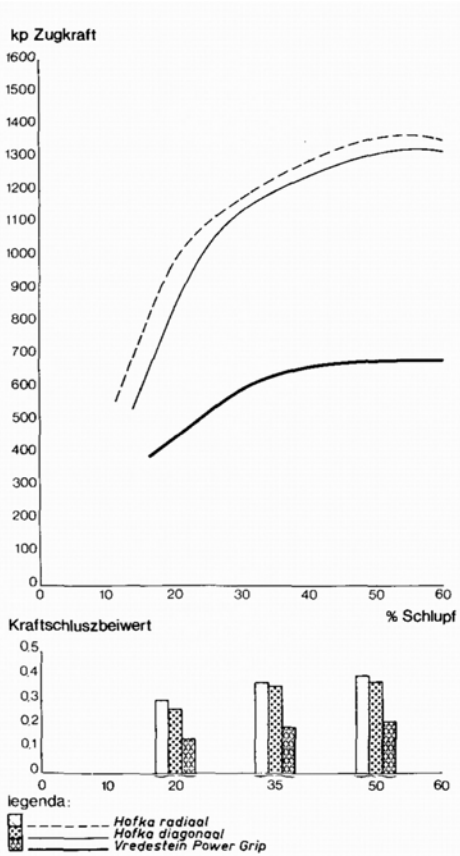


Abb. 12: Triebkraft von Hofka Hochstollenreifen in Radial- und Diagonalbauweise im Vergleich zu Normalstollenreifen unter sehr schlechten Bodenverhältnissen.

Bemerkenswert ist, daß die Triebkraft mit diesen Spezialreifen nahezu verdoppelt werden kann

Boden: Sehr nasser leichter Ton, Feuchtigkeitsgehalt 37,4 %, gesättigter Unterboden Weizenstoppel

Oostelijk Flevoland, Parzel Y10 19-12-1966

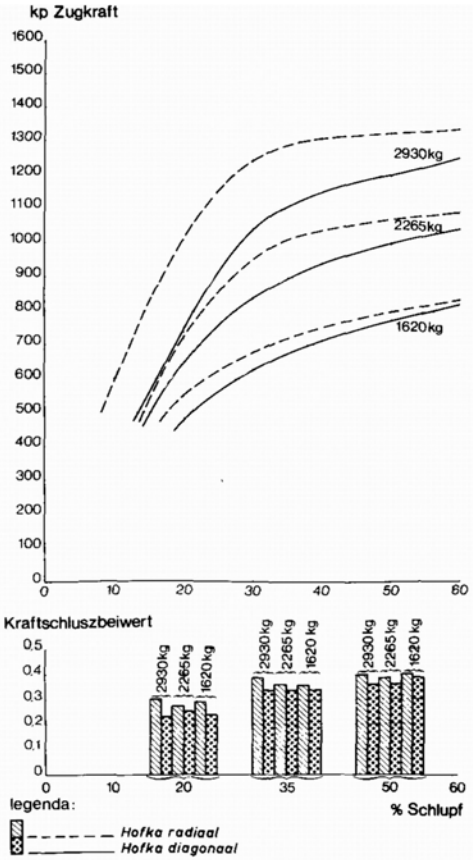


Abb. 13: Triebkraft von Hofka Hochstollenreifen in Radial- und Diagonalbauweise bei verschiedenen Belastungen unter ziemlich günstigen Bodenverhältnissen

Boden: Nasser leichter Ton, Feuchtigkeitsgehalt 37,7 %, fester Untergrund Weizenstoppel

Oostelijk Flevoland, Parzel Y10 22/23-11-1966

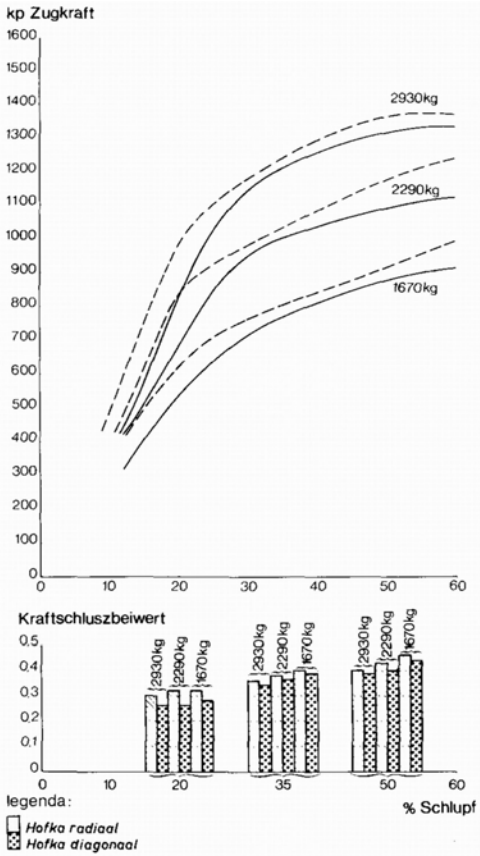


Abb. 14: Triebkraft von Hofka Hochstollenreifen in Radial- und Diagonalbauweise bei verschiedenen Belastungen unter ungünstigen Bodenverhältnissen

Boden: Sehr nasser leichter Ton, Feuchtigkeitsgehalt 37,4 %, gesättigter Unterboden Weizenstoppel

Oostelijk Flevoland, Parzel Y10 19-12-1966

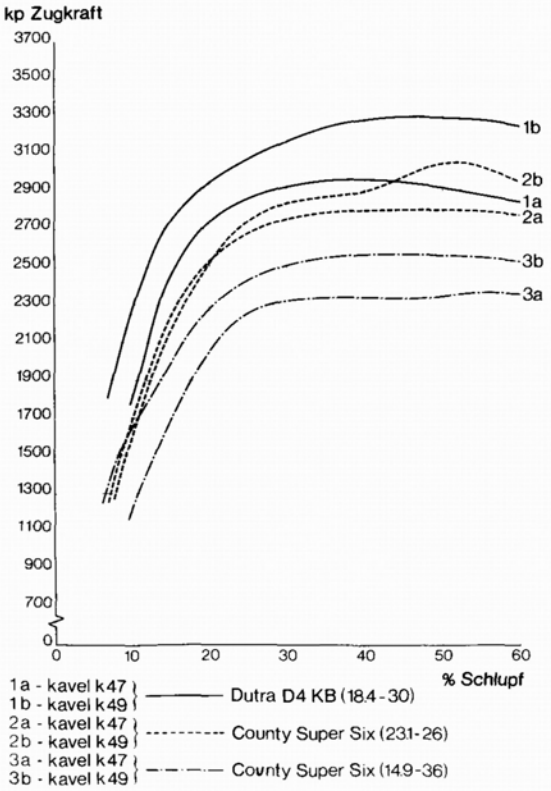


Abb. 15: Vergleich zwischen drei Schleppern mit Allradantrieb, ausgerüstet mit verschiedenen Hochstollenreifengrößen

Boden: Leichter Ton

a) Weizenstoppel (K47), nasser lockerer oberer Boden, Mähdrescherspuren

b) Flachsstoppel (K49), nasser fester oberer Boden

Oostelijk Flevoland Parzel K47 und K49 9-10-1968

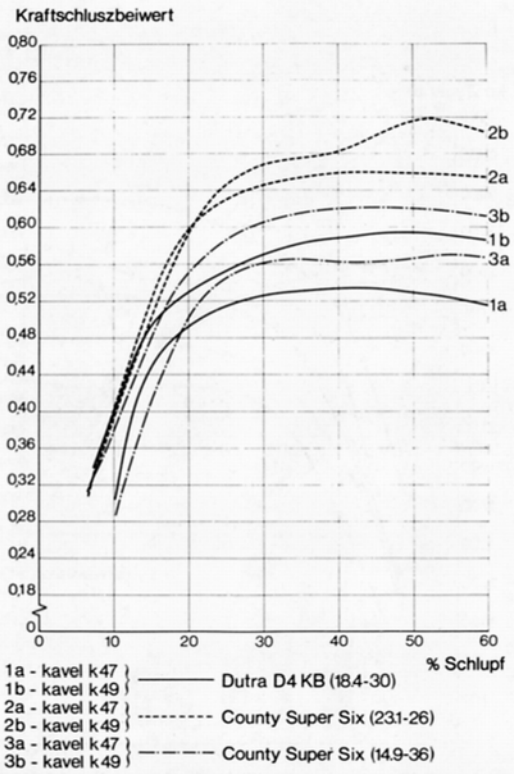


Abb. 16: Die Kraftschlußbeiwerte von Bild 15
Der Dutra D4KB, ausgerüstet mit 18.4-30 Reifen, entwickelt wegen seines Gewichtes (5580 kg), die höchste Zugkraft, aber die niedrigsten Kraftschlußbeiwerte.
Interessant ist der Vergleich der beiden County's. Die 23.1-26 und 14.9-36 Reifen haben einen wirksamen Halbmesser von 75 cm (Luftdruck 1 bar). Der 21 cm breitere Reifen gibt sowohl höhere Zugkräfte als Kraftschlußbeiwerte.
Bemerkungswert sind die hohen Kraftschlußbeiwerte, die Schlepper mit Allradantrieb unter den gleichen Verhältnissen realisieren.

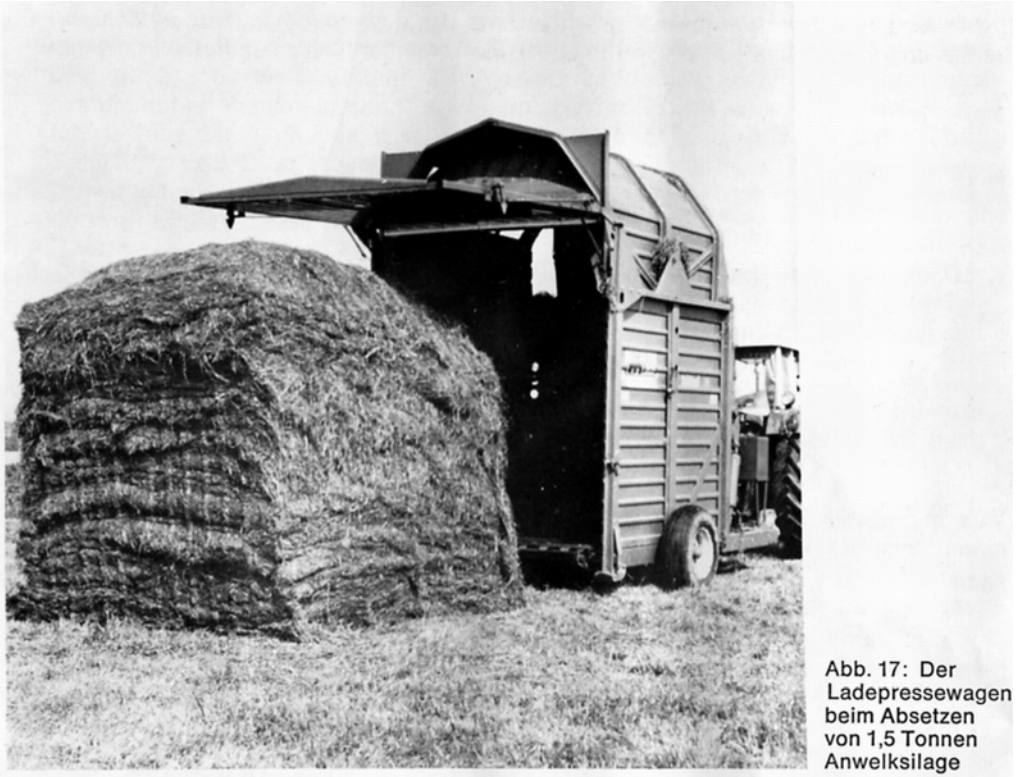


Abb. 17: Der Ladepressewagen beim Absetzen von 1,5 Tonnen Anwelksilage

Abb. 18: Ausnehmen eines Stapels aus dem Haufen zum Futtertisch

Abb. 19: Der Freeman Ladestapelwagen tätig mit der 4e-Schicht

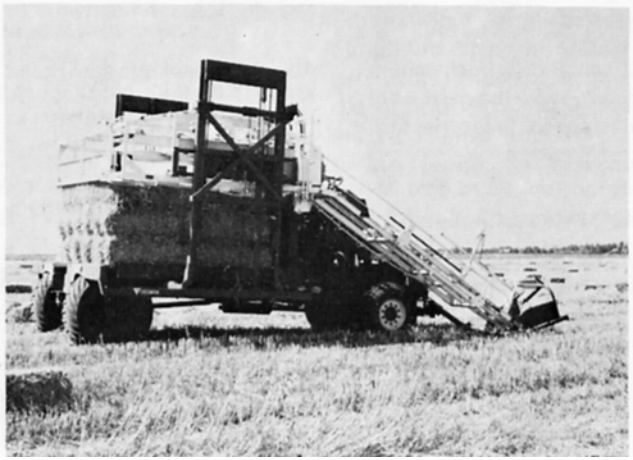


Abb. 20: Das Ladestapelgerät beim Absetzen eines Stapels auf einen LKW

Ergebnisse und Erfahrungen haben gelehrt, daß die Methoden unter bestimmten Bedingungen vorteilhaft sein können und zwar aus folgenden Gründen:

- Stundenleistung des Wagens bei 0–200 m. Feldentfernung und ± 50 % m 1,8–2,4 Tonnen pro Stunde (t.m.).
- Arbeitsbedarf pro Tonne Trockenmasse:
  - Laden, Pressen und Absetzen: 30 min
  - Transport zum Silageplatz: 0–3,1 min
  - Vorbereitung und Abdecken mit Folie: 20 min
  - Gesamt 50–60 min

  (im Vergleich zum Fahrsilo durch Ladewagen und Festfahren mit Schlepper, Zweimannarbeit, 65–75 min).
- Bearbeitungskosten in holländischen Gulden pro ha: 70–95[1].
  (Fahrsilo mit Ladewagen: 115)
- Das Füttern wird dargestellt mit Heckladertransport auf dem Futtertisch und Handverteilung, also geringe Investierung, ziemlich arbeitsaufwendig (± 7 min pro 10 Kühe pro Tag) und passender Stallform.
- Genaue Abdeckung der Reihe von Pressehaufen (luftdicht) und regelmäßige Überprüfung auf unerwünschten Luftzutritt (Aufwärmung).
- Genügend fester Boden (Hofraum) zum Absetzen und Lagern der Pressehaufen (4 m²/Tonne t.m.).

Ein zusätzlicher Vorteil ist weiter, daß man die verschiedenen Parzellen getrennt gelagert hat und die verschiedenen Qualitäten mehr oder wenig auswählen kann, je nach der Leistung der Kühe.

3.2.
In den V.S. von Amerika hat sich ein neuer Maschinentyp angemeldet, welcher sich anschließt an den Lade-Stapelwagen für Heu und Stroh und zwar der „Freeman" Lade-Stapelwagen, welcher mit großer Geschwindigkeit Stroh- und Heuballen aufsammelt und stapelt und nach dem Transport in der Miete stapelt. Die Ballenpakete variieren von 1½ bis 2 t, gesammelt in 7 Lagen von 8 Ballen. Die Leistung dieses Gerätes, das fast ganz automatisch das in Verbandstapeln verrichtet, beträgt etwa 10 t pro Stunde. Selbstverständlich ist diese Leistung abhängig von der Entfernung zwischen Feld und Stapelplatz. Bei Straßentransport kann eine Geschwindigkeit bis zu 50 km pro Stunde entwickelt werden.

Dieses Gerät kann zudem die Pakete wieder vom Stapel abnehmen und auf einen Lastwagen laden. Obschon die Maschine sicherlich nicht billig ist (hfl. 100 000,–), ziehen doch einige Strohpappehersteller und Strohhändler in den Niederlanden in Erwägung, sich die Maschine zu kaufen, um in dieser Weise einige hundert Hektar Stroh je Maschine aufzusammeln. Die Arbeitseinheit wird dann bestehen aus zwei

Abb. 21: Rundballenpresse für Ballen bis 400 g

Aufsammelpressen, einem Freeman Lade-Stapelwagen und einer ausreichenden Zahl Lastwagen mit einer speziellen Abnahmevorrichtung im zentralen Lagerraum. Bei Stagnierung im Transport wird auch an provisorische Lagerung am Straßendamm gedacht (Bilder 19 und 20).

3.3. Ballen größeren Umfanges (Bild 21)
In dem zu 3.2. umschriebenen Verfahren wurden die Ballen zu größeren Einheiten zusammengefügt. Bei mehreren Industrien beschäftigt man sich mit der Entwicklung einer neuen Ballenpresse, welche gemäß dem Wickelprinzip Ballen macht mit einem Gewicht an Heu oder Stroh von 150 bis 200 kg. Beim Transport und Stapeln sind diese runden Ballen dann zu lagern mit Hilfe eines am Schlepper montierten Front- oder Heckladers.

Versuche mit Heu, Stroh und Anwelksilage und sogar Flachs wurden 1974 angefangen. Es ist noch zu früh, hieraus Schlußfolgerungen zu ziehen. Wohl kann gesagt werden, daß der Vorteil dieses Verfahrens ist, daß ein Mann diese Arbeit durchführen kann und wenig Investitionen fordert bei einer verhältnismäßig hohen Stundenleistung. Für Anwelksilage trifft ebenfalls das zu 3.1. erwähnte bezüglich der erforderlichen Fläche und den Vorteilen eines getrennt lagern können der unterschiedlichen Parzellen zu.

4. Rolle des Transportes bei der Optimalisierung der unterschiedlichen Verfahren

Feldarbeiten erfordern oft Transport. Ganz besonders beim Ernten ist der Anschluß des Abtransportes des Produktes gekuppelt an die Arbeit der Erntemaschine. Die Produktmenge variiert stark und kann schwanken zwischen z. B. 3½ t/ha bei Erbsen mit einem spezifischen Gewicht von 0,8 und über 50 t/ha mit einem spezifischen 0,7 bei Kartoffeln und Zuckerrüben. Die Zeitspanne, in der die Erntemaschinen diese Produkte anliefern, variiert ebenfalls doch in geringerem Maße. Größere Mähdrescher kommen zu einer Stundenleistung von annähernd 10 t; die neueste vierreihige Kartoffelerntemaschine liefert etwa 40 t/ha; der in der Rübenernte eingesetzte Lader kann beim sechsreihigen Verfahren in einigen Fällen eine Stundenleistung von 60 t erzielen. Es ist klar, daß, vor allem in der Hackfruchternte die Transportorganisation im Einklang sein muß mit dem gesamten Erntegeschehen. Obschon auf den ersten Anhieb vielleicht etwas weniger kritisch, trifft dies auch zu

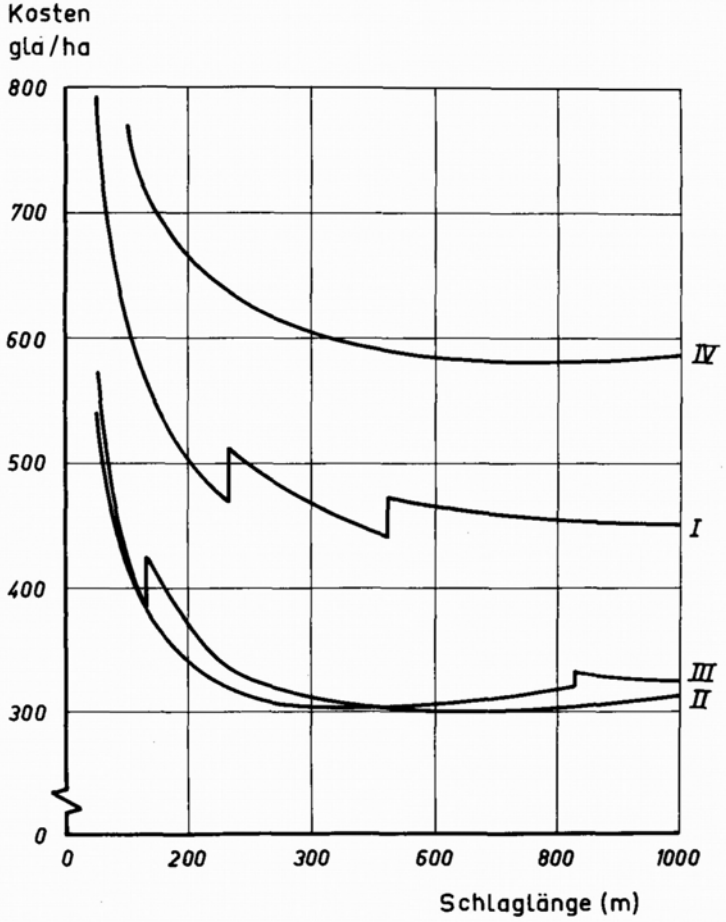


Abb. 22:
Kosten
pro Hektar
für verschiedene
Ernteverfahren
und Schlaglängen

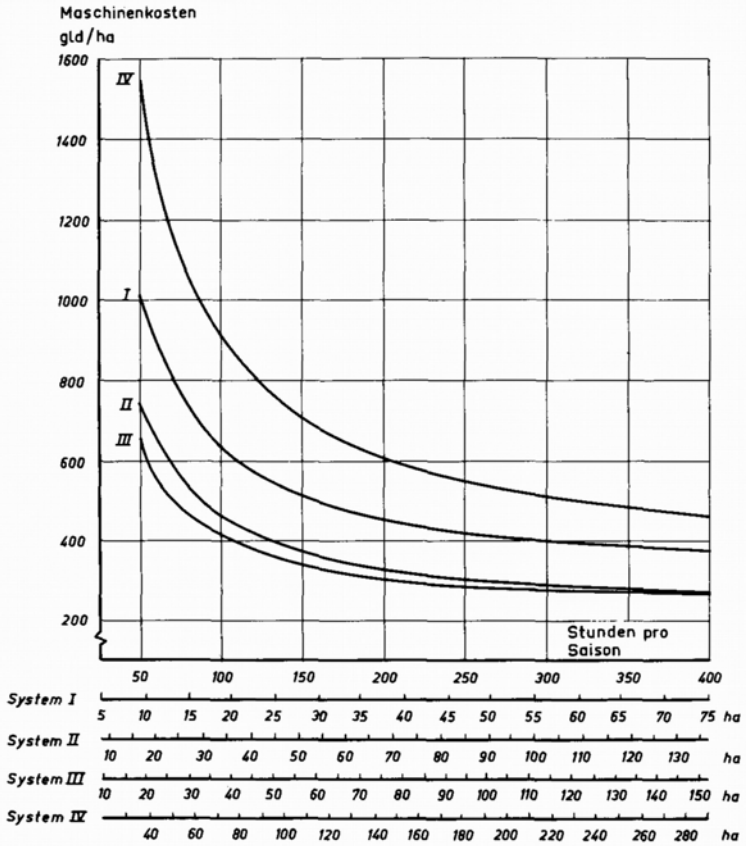


Abb. 23:
Der Einfluß
vom jährlichen
Gebrauch von
einer Erntekette
für vier
verschiedene
Ernteverfahren
mit den Kosten
pro Hektar

für die Getreideernte und sicherlich für die Fälle, wo die Transportorganisation im Einklang sein muß mit dem Einsatz von zwei oder drei Mähdreschern.

In allen Fällen bildet der Ausgangspunkt fast immer die Tatsache, daß man von der kostspieligen Erntemaschine eine tadellose Arbeit verlangt und daß man die Zahl und die Kapazität der relativ billigeren Wagen daran anpaßt. Eine genauere Studie des ganzen Problemes hat jedoch erwiesen, daß diese praktische Grundregel zu falschen Entscheidungen führen kann. Wir werden uns bemühen, dies an Hand des Beispieles der Kartoffelernte deutlich zu machen. Die Faktoren, die bei diesem Gesamtproblem eine Rolle spielen, können kurz wie folgt umschrieben werden.

1. Ertrag je ha und Leistung der Erntemaschine (einreihig, zweireihig, drei- und vierreihig, Bodenart, diverse Bodenverhältnisse)
2. Inhalt Sammelbunker c.q. Inhalt des Transportmittels
3. Länge der Parzelle und Entfernung Parzelle — Lagerraum
4. Transportgeschwindigkeit
5. Entladeleistung.