

Entwicklung und Forschung auf dem Gebiete des Verdichtens von Halmgut

Institut für Landmaschinen, TH Braunschweig

Auf dem Gebiete der Halmgutbergung haben die Heu- und Strohpressen seit jeher eine große Bedeutung gehabt. Während die stationären Pressen in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts eine ständige Weiterentwicklung erfahren haben, haben die Entwicklung und auch die Produktion der leichteren und in konstruktiver Hinsicht anspruchsvolleren Aufsammelpressen in den vergangenen zwölf Jahren einen ungeahnten Aufschwung genommen. Vom Lader oder Ladewagen abgesehen, sind die Aufsammelpresse und der Feldhäcksler die Maschinen, die den Konstrukteur wie auch den praktischen Landwirt heute gleichermaßen beschäftigen. Seit etwa acht Jahren ist — zunächst in Amerika — aber schon eine weitere Maschine im Gespräch, nämlich die Aufsammel-Brikettierpresse. Zunächst ist es und auch in den kommenden Jahren wird es der Konstrukteur sein, der sich mit ihren Problemen zu befassen hat und der die Frage zu klären hat, ob die Brikettierpresse einmal das Erbe der heute üblichen Aufsammel-Hochdruckpressen antreten kann. Er wird auch zunächst die heute noch utopisch erscheinende Frage zu klären haben, ob die Aufsammel-Brikettierpresse darüber hinaus vielleicht einmal in der Lage sein wird, den Wettkampf zwischen Aufsammelpresse und Feldhäcksler zu beenden und sowohl Heubriketts herzustellen als auch aus angewelktem Halmgut Grünfütterbriketts für Silagezwecke zu liefern.

Auf Grund dieser zunächst reichlich phantastisch anmutenden Gesichtspunkte erscheint es angebracht, heute einmal die Probleme zu beleuchten, die zur Entwicklung der bisher bekannten Heu- und Strohpressen geführt haben und auch die Gedanken zu verfolgen, die weitblickende Landmaschineningenieure veranlassen, sich ernsthaft mit der Konstruktion von Aufsammel-Brikettierpressen zu beschäftigen. Die hier folgenden Betrachtungen sollen dem interessierten Leser zunächst einen Einblick in die bei der Entwicklung der Heu- und Strohpressen aufgetretenen Probleme geben, sie sollen ihn in die wesentlichen Ergebnisse der bisherigen Forschung auf diesem Gebiete einführen und Auskunft geben über die Probleme und die Aussichten des Brikettierverfahrens. In zwei weiteren Aufsätzen von BUSSE und SACHT sollen dann in den beiden nächsten Heften der „Landtechnischen Forschung“ die Theorie auf dem Gebiete des Verdichtens von Halmgut

und die Ergebnisse der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete der Heu- und Strohpressen eingehender behandelt werden.

Die Entwicklung der Heu- und Strohpressen

Noch um die Mitte des vorigen Jahrhunderts gab es nur die ab-sätzlich arbeitenden Kastenpressen mit einem senkrechten Preßkasten (Bild 1), in dem meist von unten nach oben ein Preßstempel gegen einen nach dem Füllen des Kastens oben eingescho-benen Deckel bewegt wurde. Die Bewegung des Stempels erfolgte mit Hilfe einer Spindel, eines Hebels oder Kniehebels oder mit Hilfe von Winden. Solche Pressen, die für Hand- und später für Göpelbetrieb gebaut wurden, wurden vor allen Dingen in Amerika in großer Zahl zum Pressen von Luzerneheu benutzt. Nachdem im amerikanischen Bürgerkrieg (1861 bis 1865) die Forderung nach kontinuierlich arbeitenden Heu- und Strohpressen mit größerer Leistung laut geworden war, stellte der Amerikaner DEDERICK im Jahre 1870 eine Presse für Heu, Stroh und Baumwolle vor, „bei der der verdichtete Ballen den nachgiebigen Widerstand für jede neue Pressung bildete“. Diese sogenannte „Schlauchpresse“ stellte damals gegenüber der Kastenpresse, die ja einen Abschlußdeckel benötigte, ein völlig neuartiges Arbeitsprinzip dar. Die DEDERICK-Presse (Bild 2) hatte bereits alle Kennzeichen der späteren stationären Hochdruckpresse (früher Krummstrohpresse genannt, weil das Stroh, wirt durcheinanderliegend, in den Preßkanal gelangte), nämlich den mit Kolbenschubstange angetriebenen Kolben, den am Kolben angelenkten Stopfer und sogar einen automatischen Zuführungsmechanismus für das Stroh oder Heu. Die Trennung der Ballen erfolgte durch Teilbretter.

Die DEDERICK-Maschine bildete auch die Grundlage für die Entwicklung des deutschen Pressenbaus, die 1890 mit dem Bau der ersten Krummstrohpresse von LAASS, Magdeburg-Neustadt, begann. Damals hatte man in Deutschland — wohl in Anlehnung an die amerikanische und englische Methode — die Gewohnheit, die Presse längs oder quer neben der Dreschmaschine aufzustellen und das vom Dreschmaschinenschüttler herunterfallende Stroh wieder aufzuheben und in die Presse zu werfen. Infolgedessen streckten sich auch alle konstruktiven Maßnahmen während dieser Zeit nur auf die Verbesserung dieses Verfahrens, und erst etwa um 1905 war die Krummstrohpresse auch hinsichtlich der Strohzuführung so weit entwickelt wie bereits 1896 die Glattstrohpresse von KLINGER. KLINGER erkannte frühzeitig die Nachteile der Krummstrohpresse, die in der schonungslosen Behandlung des Strohes und in den durch Benutzung von Bindedraht für das Vieh gegebenen Gefahren lagen, und schuf die Glattstrohpresse mit breitem Preßkanal (Bild 3). In dieser Maschine wurde das Stroh, so wie es aus der Dreschmaschine kam, senkrecht zur Längsachse der Presse verhältnismäßig glatt eingelegt und schonend gepreßt. Der wesentliche Vorteil der KLINGERSchen Presse ist jedoch in dem kontinuierlichen, geradlinigen Fluß des Gutes vom Schüttler in die selbsttätige Zuführereinrichtung der Maschine zu sehen. Dieses Arbeitsverfahren entstand durch KLINGERS ursprünglichen Wunsch,

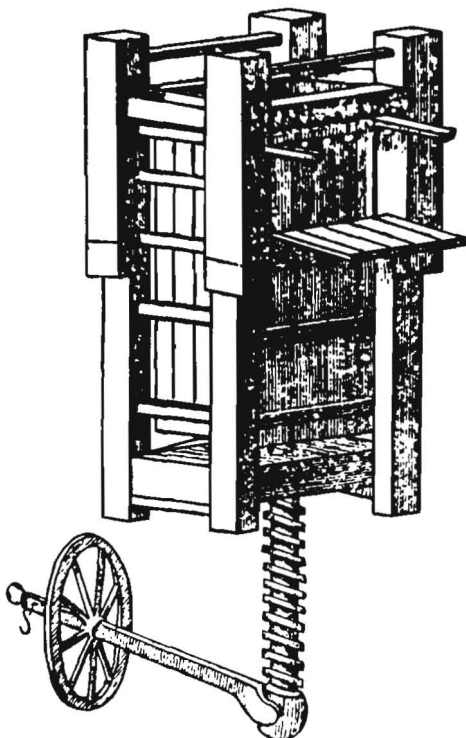


Bild 1: Alte amerikansche Kastenpresse

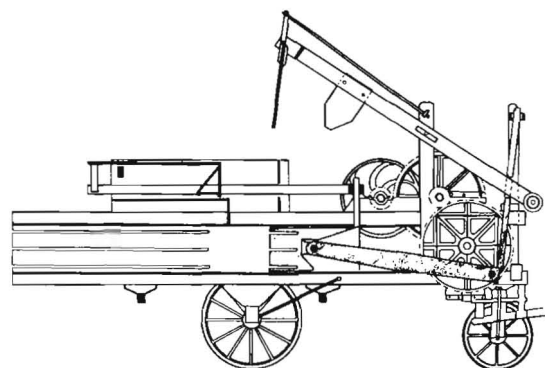


Bild 2: Erste stationäre Hochdruckpresse von Dederick
Albany, USA, um 1870

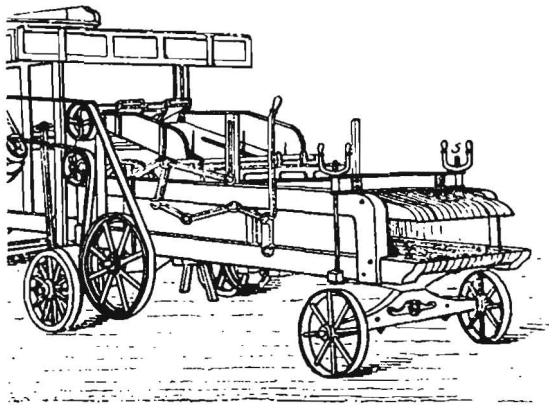


Bild 3: Erste Glattstrohpresse von Klinger
Altstadt-Stolpen, aus dem Jahre 1896

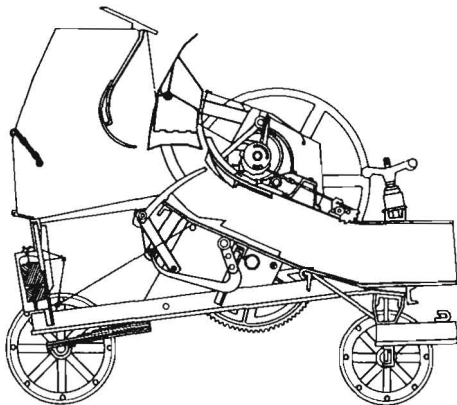


Bild 4: Schwingkolbenpresse aus dem Jahre 1938
(Rausendorf, Singwitz/Sachsen)

eine Vorrichtung zum Abraffen des Strohes vom Schütler der Dreschmaschine zu schaffen, um Arbeitskräfte einzusparen. Trotz ihrer Vorteile begann die Glattstrohpresse sich erst in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts ihren Markt zu erobern, der bedeutend erweitert werden konnte, nachdem es 1902 WELGER, Wolfenbüttel, und SCHULZ, Magdeburg, gelang, diese Pressen mit einer sicher arbeitenden automatischen Bindevorrichtung auszurüsten.

Aber auch die Glattstrohpresse, deren arbeitswirtschaftliche Vorteile sehr bald auch von mittleren und kleineren Betrieben geschätzt wurden, stellte für diese Betriebe noch keine wirtschaftlich tragbare Lösung dar. Die Forderung des Kleinbetriebes lautete: eine kleinere, kürzer und zur Verarbeitung auch des Kurzstrohes niedriger gebaute Presse mit geringen Anschaffungskosten und kleinerem Leistungsbedarf. Die Schwingkolbenpresse lieferte die Erfüllung dieser Forderungen. Während ISSSELHARDT 1903 sein erstes Schwingkolbenpressen-Patent erhalten und die Firma Gebrüder Buxbaum später die ersten Schwingkolbenpressen gebaut hatte, ist es das Verdienst von RAUSENDORF, die heute in Europa in großer Stückzahl gefertigten Schwingkolbenpressen (Bild 4) bereits seit 1909 in praktisch brauchbarer Form in großem Umfange eingeführt zu haben. Auch die Namen CLAAS und WELGER

sind mit ihrer Entwicklung untrennbar verbunden. Die Schwingkolbenpresse hat auch nach dem Kriege besonders in Deutschland und in den europäischen Ländern als Mähdrescher-Anbaupresse sehr zur Mechanisierung der Getreideernte beigetragen. War es die Aufgabe der stationären Pressen vor allem, das Halmgut zur Einsparung von Transport- und Lagerraum möglichst weitgehend zu verdichten, so diente die Mähdrescher-Anbaupresse in erster Linie schon als ein wichtiges Glied in der wohlgedachten Arbeitskette der Mähdrescherernte. Es war die Aufgabe dieser in Deutschland entwickelten und fast ausschließlich in Deutschland produzierten Maschine, die Strohbereitung zu verbessern, sie also bei gleichzeitiger Verminderung der Zahl der Arbeitskräfte wirtschaftlicher zu gestalten.

Nachdem mit dem Einsatz von Aufsammelladern in Verbindung mit fahrbar gemachten stationären Glattstrohpresen schon frühzeitig Ansätze zum Aufsammeln und Pressen von Halmgut auf dem Feld zu verzeichnen waren, wurde in den dreißiger Jahren unseres Jahrhunderts sowohl in Deutschland als auch vor allem in Amerika versucht, mit der Entwicklung der Aufsammelpresse eine wesentliche arbeitswirtschaftliche Verbesserung der Heu- und auch der Strohernte zu erreichen. In Amerika, wo Schwingkolbenpressen überhaupt nicht produziert wurden, befaßte man sich, aufbauend auf die bewährten stationären Hochdruckpressen, ausschließlich mit der Entwicklung der mit Gleitkolben arbeitenden Aufsammel-Hochdruckpressen (Bild 5), die — mit Draht- oder Garnbindung ausgerüstet — mehr oder weniger feste, raumsparende Ballen lieferten. In Deutschland wurden nach dem Kriege große Stückzahlen der leichteren, billigeren, mit Schwingkolben und nur mit Garnbindung arbeitenden Aufsammel-Niederdruckpressen (Bild 6) hergestellt, deren leichte und leicht zu handhabende und besonders für Heu geeignete Ballen sich in der landwirtschaftlichen Praxis großer Beliebtheit erfreuten. Erst in den vergangenen Jahren gewann die Aufsammel-Hochdruckpresse, die heute überwiegend als Gleitkolbenpresse, weniger oft als Schwingkolbenpresse, hergestellt wird, auch in Deutschland an Boden. Die im Vergleich zu den Niederdruckballen festen, kompakteren, besser zu stapelnden und auch für längeren Transport besser geeigneten Hochdruckballen mögen ebenso dazu beigetragen haben wie die Tatsache, daß die beim Lösen des Bindegarns oder des Drahtes in einzelne Packungen zerfallenden Ballen sich leichter austreuen lassen.

Die Aufsammelpresse und insbesondere die Aufsammel-Hochdruckpresse ist heute eine Maschine, die eine weitgehende Mechanisierung der Heu- und der Strohbereitung ermöglicht, und ihre Vorteile sind besonders darin zu sehen, daß ihr Einsatz vom landwirtschaftlichen Betrieb keine grundlegende Umstellung des für die Langgutbereitung üblichen Ernteverfahrens und kaum eine Veränderung an den dafür vorhandenen Betriebseinrichtungen verlangt. Wenn trotzdem die Aufsammelpresse auch von ihren Konstrukteuren noch nicht als das letzte Glied in der Entwicklungsreihe der Pressen angesehen wird, so liegt dies in erster Linie daran, daß die Preßballen verhältnismäßig große Einheiten darstellen, deren Handhabung sowohl beim Aufladen auf dem Feld als auch beim Abladen und bei der Entnahme auf dem Hof mit Schwierigkeiten und mit körperlicher Anstrengung verbunden ist. Eine volle Mechanisierung des Ernteverfahrens mit Aufsammelpresse im Sinne eines Fließverfahrens wie etwa beim Feldhäcksler oder eine mechanische Verfütterung der Heuballen wird daher nur schwer

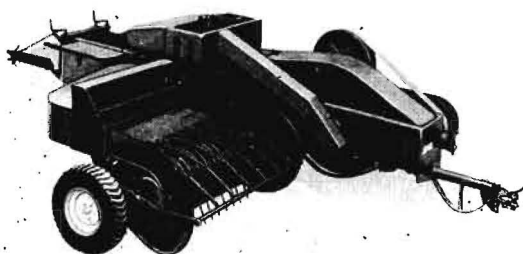


Bild 5: Moderne Aufsammel-Hochdruckpresse aus dem Jahre 1963

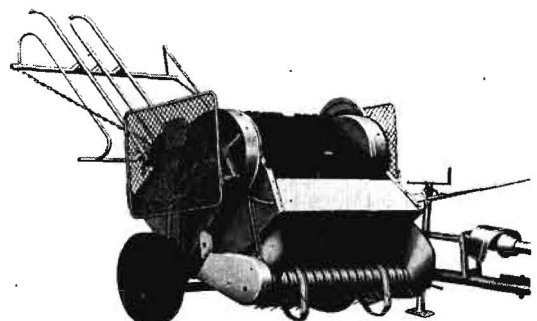


Bild 6: Moderne Aufsammel-Niederdruckpresse aus dem Jahre 1963

und unter größerem Aufwand zu verwirklichen sein. Ballenlader, Ballenschleudern und ähnliche Hilfsgeräte können hier nur bedingt Verbesserungen erreichen, ebenso wie auch die Verringerung des Ballenquerschnittes von etwa 40×50 auf 30×40 oder gar auf 30×30 cm, wie sie von amerikanischen und europäischen Herstellern bei gleichzeitiger Verkürzung der Ballenlänge durchgeführt wurde. Die Handhabung dieser kleineren Ballen ist zwar leichter und einfacher, und nach amerikanischen Erfahrungen ist auch eine Nachrocknung besser zu erreichen, aber auch sie lassen hinsichtlich einer Vollmechanisierung noch viele Wünsche offen.

Das sind die Gründe, die Forschung und Industrie in Amerika veranlaßt haben, sich mit der Frage zu befassen, wie man unter Aufwendung hohen Druckes und ohne Verwendung von chemischen Bindemitteln Preßlinge erzeugen kann, die infolge ihrer sehr hohen Dichte noch raumsparender sind als Hochdruckballen, die zum Zusammenhalten kein Bindegarn verlangen, die infolge ihrer kleineren Abmessungen ein einigermaßen schüttfähiges Gut darstellen, die mechanisch oder pneumatisch gut zu fördern sind und die sich schließlich mit mechanischen Fütterungsanlagen leicht verfüttern lassen. So entstanden in den vergangenen Jahren bei zahlreichen amerikanischen Firmen stationäre, fahrbare oder auch Aufsammel-Brikettierpressen [1], die das im Schwad auf dem Felde liegende Heu aufsammeln und brikettieren können. Unter ihnen ist besonders die später von MASSEY-HARRIS übernommene Aufsammel-Brikettierpresse der Firma Lundell (Bild 7) zu erwähnen, die bereits eine gewisse Stückzahl erreicht hat. Die bisher bekannt gewordenen Aufsammel-Brikettierpressen, denen eine genügende Reife — wenigstens für europäische Verhältnisse — im Augenblick wohl kaum bescheinigt werden kann und auf die weiter unten näher eingegangen werden soll, stellen vorläufig das letzte Glied in der Entwicklungsreihe der Pressen dar.

Die Forschung auf dem Gebiete des Verdichtens von Halmgut

Im vorhergehenden Abschnitt konnten nur die Arten von Strohpressen erwähnt werden, die die Entwicklung dieser Maschinengruppe wirklich maßgebend beeinflusst haben und die in größerer Stückzahl fabriziert wurden; es war nicht möglich, all die anderen technisch oft sehr interessanten Bauarten (siehe auch [2]) zu erwähnen, die — wie beispielsweise der Roto-Baler — mit andersartigen teilweise in die Zukunft weisenden Preßwerkzeugen ausgerüstet waren. Genauso kann es nicht die Aufgabe des nun folgenden Abschnittes sein, die umfangreichen Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Verdichtens von Halmgut lückenlos zu behandeln und spezielle Zusammenhänge oder Randerscheinungen mit zu erwähnen. Es soll hier vielmehr ein chronologisch geordneter Überblick über diejenigen Arbeiten und deren Ergebnisse gegeben werden, die die Forschung und die konstruktive Entwicklung im Heu- und Strohpressenbau am meisten beeinflusst beziehungsweise besonders gefördert haben. Es wird die Aufgabe zweier weiterer Aufsätze sein, die heute vorhandenen grundlegenden theoretischen Kenntnisse zusammenzufassen, die Ergebnisse der bisherigen Forschungsarbeiten kritisch zu beleuchten und sie in einer für den Konstrukteur brauchbaren, übersichtlichen Form darzustellen. Der erste Aufsatz wird dabei überwiegend die im Labor gewonnenen, der zweite die beim Einsatz von Hochdruckpressen gewonnenen Untersuchungsergebnisse behandeln.

Nach einigen vorangegangenen Arbeiten, die sich vornehmlich mit dem Brikettieren von Braunkohle befaßten, veröffentlichte FRANKE 1933 — anschließend an eine von BERNSTEIN im Jahre



Bild 7: Aufsammel-Brikettierpresse aus dem Jahre 1962

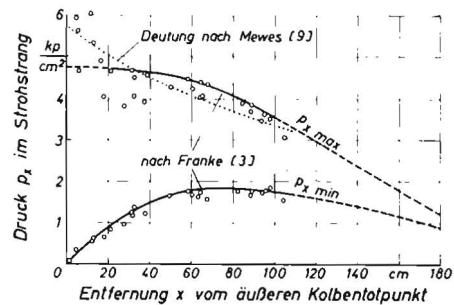


Bild 8: Drücke an einer beliebigen Stelle im Strohschrang einer Hochdruckpresse in Abhängigkeit von der Entfernung x zwischen äußerem Kolbenlotpunkt und dieser Stelle

(Versuchsmaterial: Weizen-, Hafer-, Roggenstroh)

$p_{x \max}$ maximaler im Strohschrang auftretender Preßdruck
 $p_{x \min}$ nach Kolberrückgang im Strohschrang verbleibender Preßdruck

1912 veröffentlichte Untersuchung — eine auf Anregung von KLOTH entstandene Arbeit über den Preßvorgang in einer Krummstrohpressen [3], die als ein wesentlicher Beitrag anzusehen ist. FRANKE benutzte ein in den im Preßkanal einer Krummstrohpressen sich bewegenden Strohschrang eingebrachtes, mit Flüssigkeit gefülltes Druckkissen, um nicht nur die Zusammenhänge zwischen dem aufzuwendenden Preßdruck und der erzielbaren Ballendichte erstmalig aufzuzeigen, sondern vor allem auch, um die Abhängigkeit des Druckes an einer beliebigen Stelle im Strohschrang von der Entfernung x zwischen dem äußeren Kolbenlotpunkt und dieser Stelle zu ermitteln. Bild 8 zeigt diese Abhängigkeit und die für die Konstruktion von Pressen wichtige Tatsache, daß die nach Rückgang des Preßkolbens im Strohschrang verbleibende Spannung in einiger Entfernung vom Kolbenlotpunkt ein ausgeprägtes Maximum aufweist. Schon bald nach der FRANKESCHEN Arbeit wurden — ebenfalls aus dem KLOTHSCHEN Institut kommend — die Arbeiten von SKALWEIT [4] und SCHEFFTER [5] bekannt, die sich in Laborversuchen mit den Zusammenhängen zwischen Preßdruck und Raumdichte (Raumgewicht) des Preßgutes und mit dem Einfluß von Preßgeschwindigkeit und Materialfeuchtigkeit befaßten. Bild 9 zeigt zwei der von SKALWEIT aufgenommenen typischen Kurven für Roggenstroh, die sich in die Form

$$p_K = C \cdot \varrho^m$$

kleiden lassen, worin C und m von Materialart und -zustand abhängige Stoffkonstanten, p_K der Preßdruck (Kolbendruck) und ϱ die Raumdichte des Preßgutes bedeuten. Die in dem Diagramm enthaltenen Knickstellen glaubte SKALWEIT durch technologische Vorgänge im Stroh erklären zu können, die während der einzelnen Verdichtungsphasen auftreten. Neuere Untersuchungen lassen Zweifel an diesen Knickstellen auftauchen beziehungsweise andere Gründe für das Entstehen dieser Knickstellen vermuten; darüber

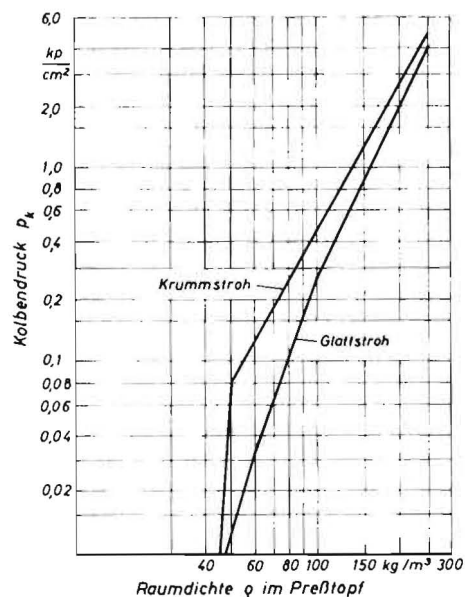


Bild 9: Zusammenhänge zwischen Preßdruck und Raumdichte des Halmgutes nach Laborversuchen von SKALWEIT [4]

(Versuchsmaterial: Roggenstroh)

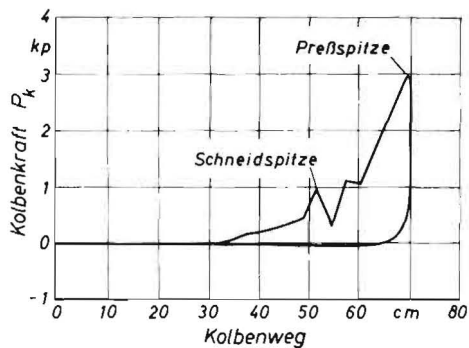


Bild 10: Vorlauf der Kolbenkraft einer Aufsammel-Hochdruckpresse über dem Kolbenweg nach Burrough und Graham [6]
(Versuchsmaterial: trockenes Weizenstroh)
Kanalquerschnitt: etwa 36×48 cm
Mengenleistung: 45,4 kg/min

soll jedoch ebenfalls später berichtet werden. SCHEFFTER [5] führte mit der Einbeziehung der Preßgeschwindigkeit auf Anregung von KLOTH als erster die für die Behandlung der Strohpressen wichtige dynamische Betrachtungsweise ein. Er stellte fest, daß die Verdichtungsgeschwindigkeit sich auf die Form der Verdichtungskurve auswirkt und daß eine geringere Verdichtungsgeschwindigkeit eine größere Preßdichte zur Folge hat.

Auf die komplizierten Zusammenhänge zwischen Preßkraft und erreichbarer Materialdichte und auf die für das Verdichten und das Ausstoßen der Ballen erforderliche Arbeit gingen BURROUGH und GRAHAM [6] und ALFEROW [7; 8] in weiteren beachtenswerten Arbeiten ein. BURROUGH und GRAHAM [6] zeigten vor allem den Kolbenkraftverlauf über dem Kolbenweg auf, wie er an Aufsammel-Hochdruckpressen zu erwarten ist. Sie wiesen auf die Bedeutung der an solchen Pressen üblichen Schneidwerkzeuge (Kolbenmesser als Schneide, Gestellmesser als Gegenschneide, zum Abtrennen des in den Preßkanal gestopften Materials von dem auf dem Zubringertisch verbliebenen) für die Bemessung der Antriebs-elemente hin, und sie berücksichtigten neben dem Einfluß der Ballendichte auch die Einflüsse von Materialfeuchtigkeit, Preßmenge und Kolbengeschwindigkeit auf den Leistungsbedarf einer Presse und auf den Drehmomentenverlauf in ihren Antriebs-elementen. Bild 10 zeigt ein von BURROUGH und GRAHAM ermitteltes Kraft-Weg-Diagramm für eine Aufsammel-Hochdruckpresse. Aufbauend auf diese Versuche von BURROUGH und GRAHAM

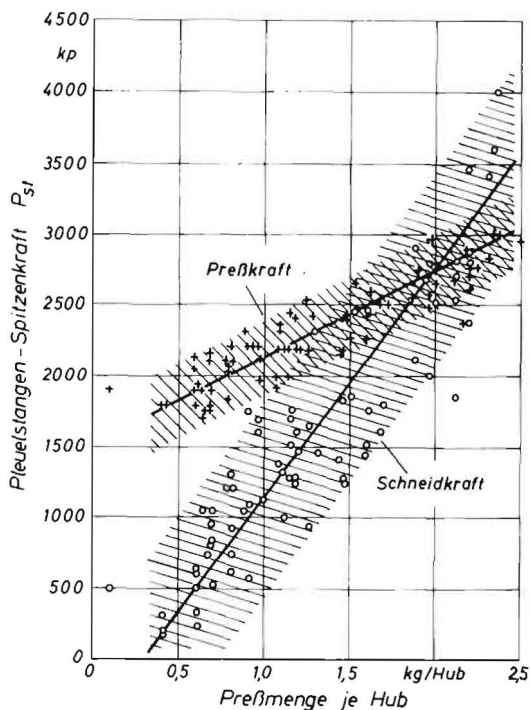


Bild 11: Pleuelstangen-Spitzenkraft in einer Aufsammel-Hochdruckpresse in Abhängigkeit von der Preßmenge je Hub
(Versuchsmaterial: trockenes Weizenstroh)
Kanalquerschnitt 36×48 cm

werden zur Zeit am Institut für Landmaschinen, TH Braunschweig, Versuche an Aufsammel-Hochdruckpressen durchgeführt, die neben einer Klärung der zwischen Ballendichte und Kräften und Drehmomenten in den Bauelementen dieser Maschinen bestehenden Zusammenhänge auch die Ermittlung von Lastkollektiven für die Berechnung von Hochdruckpressen und ihrer Bauteile zum Gegenstand haben. Das aus diesen Untersuchungen entnommene Bild 11 zeigt beispielsweise die für das Schneiden und das Pressen in einer Aufsammel-Hochdruckpresse ermittelten Pleuelstangen-Spitzenkräfte (die den Kolbenkräften etwa gleichzusetzen sind) in Abhängigkeit von der Materialmenge je Kolbenhub. Der russische Forscher ALFEROW [8] untersuchte den zusätzlichen Kraftbedarf für Einzelwiderstände, wie sie durch Schurren, Fadenspannung usw. beim praktischen Einsatz von Pressen verursacht werden. Er befaßte sich, wie auch BURROUGH und GRAHAM, weiter mit den Einflüssen von Materialfeuchte und Preßmenge auf die aufzuwendende Preßarbeit, mit dem Einfluß der Halmelage zur Preßrichtung und mit dem Zustand und der Elastizität des Preßgutes. Von Bedeutung sind ferner die von ALFEROW gegebenen ersten Ansätze über den Zusammenhang zwischen Längs- und Querkraft im Material, auch wenn sie durch nachfolgende Untersuchungen nicht voll bestätigt werden konnten.

Die aus den bisherigen Untersuchungen ersichtlichen Zusammenhänge zwischen aufzuwendendem Preßdruck und erzielbarer Materialdichte sind in den Bildern 12 und 13 zusammengestellt, wobei in Bild 12 die bei maximalem Preßdruck im Preßzylinder entstehende größtmögliche Dichte, in Bild 13 die mit Hilfe von Hochdruckpressen erreichbaren Ballendichten aufgetragen sind, die sich ergeben, nachdem der Ballen die Presse verlassen hat. In sehr umfangreichen Arbeiten und mit eigenen Untersuchungen untermauerte MEWES (siehe vor allem [9; 10]) die bisherigen Forschungsergebnisse und ergänzte oder berichtete sie durch eigene Versuche und Berechnungen. Er machte besonders auch auf die Tatsache aufmerksam, daß man durch Verdrillen des Halmgutes bei gleichem Arbeitsaufwand eine wesentlich höhere Verdichtung erreichen kann als sie durch das Verdichten und Auschieben unter Anwendung von Normaldruck — wie bei den heute gebräuchlichen Kolbenpressen — möglich ist. Nach MEWES entspricht die für die Erzielung einer bestimmten Materialdichte aufzuwendende Arbeit beim Verdrillen etwa nur der reinen Kompressionsarbeit (ohne die Verschiebearbeit), wie sie bei Verwendung einer Kolbenpresse zu leisten ist.

Die Probleme beim Brikettieren von Halmgut

Obwohl das Brikettieren körniger oder pulverförmiger Stoffe schon seit langem üblich ist, hat man sich erst verhältnismäßig spät mit der Frage des Brikettierens von unzermahlenem Halmgut befaßt.

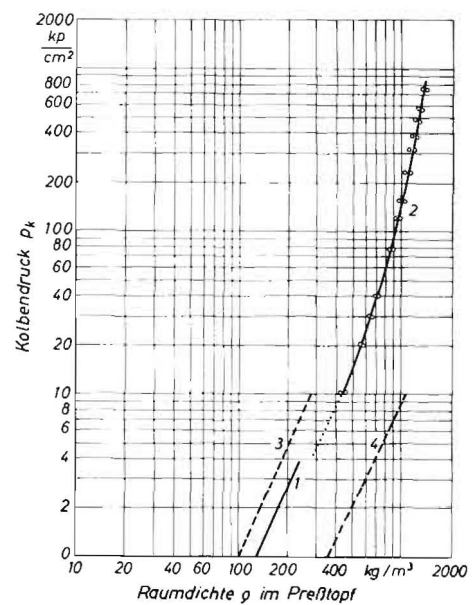


Bild 12: Maximal mögliche Materialdichte (während des Verdichtens)

- 1 Roggen-Krummstroh nach SKALWEIT [4]
- 2 Wiesenheu nach BUSSE [1]
- 3 Grenzcurve für trockenes Stroh nach MEWES [9]
- 4 Grenzcurve für feuchtes Stroh nach MEWES [9]

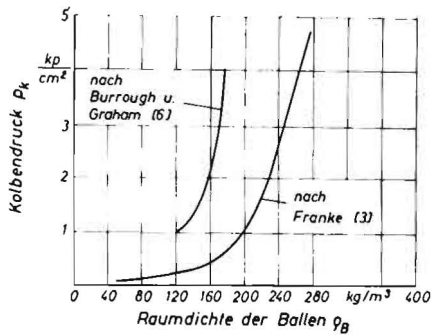


Bild 13: Erreichbare Ballendichte nach Ausstoß des Ballens (Versuchsmaterial: trockenes Weizenstroh)

Nachdem schon im ersten Weltkrieg Futterkuchen aus Getreidekörnern mit Strohzusatz gepreßt wurden und nachdem im zweiten Weltkrieg unter KNOLLES Leitung von FLEHR [11] Brikettversuche mit Stroh und mit Abfällen durchgeführt worden waren, wurden in den fünfziger Jahren Versuche bekannt, die auf dem Gebiete des Verdichtens von untermahlenem Heu unter hohen Drücken, das heißt auf dem Gebiete des Brikettierens von Heu, in den USA durchgeführt wurden. BRUHN [12; 13] berichtet 1955 erstmalig über solche Arbeiten. Neben diesen in Amerika laufenden Forschungsarbeiten entwickelten zahlreiche amerikanische Landmaschinenfirmen innerhalb weniger Jahre eigene Prototypen von Aufsammel-Brikettierpressen, die mit verschiedenartig aufgebauten Preßwerkzeugen arbeiten. Die bisher bekannt gewordenen Maschinen lassen sich nach der Art der verwendeten Preßwerkzeuge in drei große Gruppen einteilen:

- a) mit Preßkolben, Preßschnecken oder Preßwalzen arbeitende Maschinen (Bilder 14 und 15), die das Halmgut gegen den im Preßkanal auftretenden Reibungswiderstand des vorher gepreßten Gutes unter Normaldruck verdichten;
- b) mit Walzenpaar oder Walze und Ringwalze arbeitende Maschinen (Bild 16), die das Halmgut zwischen den auf den Walzenoberflächen angeordneten Profilen verdichten;
- c) Maschinen, die das Halmgut durch Verdrollen verdichten.

Der überwiegende Teil der bisher wirklich gebauten Aufsammel-Brikettierpressen ist in die zuerst genannte Gruppe a) einzuordnen. Alle bisher vorliegenden Erfahrungen hinsichtlich der praktischen Verwendbarkeit oder der Wirtschaftlichkeit des Aufsammel-Brikettierverfahrens wurden daher beim Einsatz der Maschinen dieser Gruppe gewonnen. Während die üblichen Hochdruckpressen bei Kanalquerschnitten von etwa 40×50 cm mit maximalen Preßdrücken zwischen 3 und 5 kp/cm^2 arbeiten, verlangen diese Brikettiermaschinen bei allerdings wesentlich kleinerer Kanalfläche (von möglichst etwa 5×5 bis 8×8 cm bzw. 5...8 cm Durchmesser/Brikethöhe etwa 3...5 cm) einen Preßdruck von 400 bis 700 kp/cm^2 . Mit diesem Druck kann während des Verdichtens im Preßkanal ohne Verwendung irgendwelcher Bindemittel beispielsweise bei Heu eine Raumdichte von etwa 1200 bis 1400 kg/m^3 erreicht werden (siehe Bild 12), die aber nach Ausstoß und Lagerung der gepreßten Briketts in kurzer Zeit auf 400...600 kg/m^3 zurückgeht (Bild 17). Diese Dichte reicht jedoch aus, um den Briketts die für die Förderung, den Transport und die weitere Behandlung notwendige Festigkeit zu verleihen. Voraussetzung für die Erzielung dieser Festigkeit ist allerdings die Verwendung von trockenem Halmgut, das heißt, von Wiesenheu oder Stroh mit mindestens 20% Wassergehalt oder von Luzerne und Klee von mindestens 25% Wassergehalt.

Der für das Brikettieren notwendige geringe Wassergehalt im Halmgut, der eine sehr sorgfältige Vorbehandlung vor allem des Heues erforderlich macht, der verhältnismäßig hohe Blattverluste zur Folge hat und der außerdem eine Mechanisierung der Heuwerbung erschwert, ist als ein wesentlicher Nachteil dieser unter Normaldruck verdichtenden Aufsammel-Brikettiermaschinen anzusehen ebenso wie der Umstand, daß sie praktisch nur Luzerne- oder Kleeheu sicher verarbeiten können. Ein weiterer Nachteil ist in der Tatsache zu sehen, daß sie, infolge des hohen Preßdruckes, infolge des nach dem Pressen notwendigen Ausschlebens der Briketts aus dem Preßkanal und infolge der starken Rückdehnung beim beziehungsweise nach dem Ausschleiben (von beispielsweise

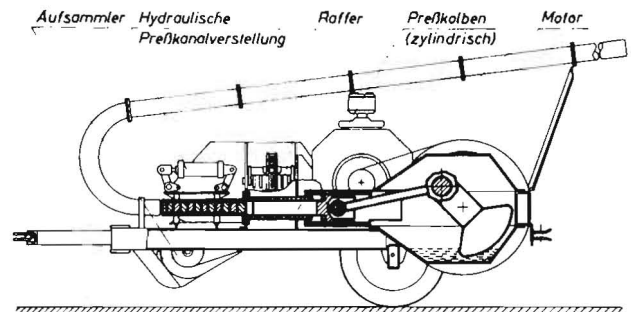


Bild 14: Aufbau einer Aufsammel-Brikettierpresse mit Preßkolben

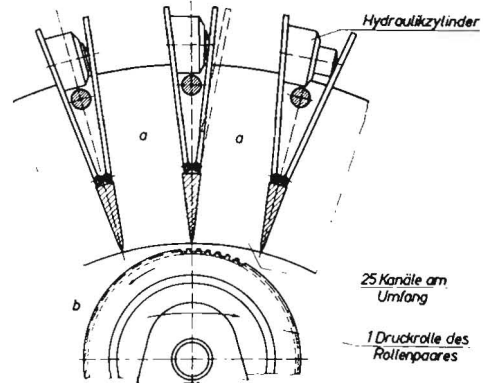


Bild 15: Preßkanäle (a) und Preßwalzen (b) der Aufsammel-Brikettierpresse

etwa 1400 kg/m^3 auf etwa 500 kg/m^3 bei Wiesenheu nach Bild 17), eine außerordentlich hohe Antriebsleistung erfordern. Der große 120-PS-Motor der in Bild 7 gezeigten Maschine macht dies deutlich, und er läßt gleichzeitig auch Rückschlüsse auf den hohen Herstellungspreis einer solchen Aufsammel-Brikettiermaschine zu. Bei der bisher in größerer Stückzahl hergestellten Lundell-Maschine ist darüber hinaus auch die Mengenleistung trotz der hohen Leistungsaufnahme noch unbefriedigend. Diese in die Gruppe a) einzureihenden Aufsammel-Brikettierpressen haben also schwerwiegende Nachteile. Die Nachteile betreffen jedoch überwiegend das Herstellungsverfahren der Briketts, und sie treten nur beim Feldverfahren, also bis zur Fertigstellung der Briketts, auf.

Für die weitere Handhabung und die spätere Behandlung der Heubriketts bietet das Brikettierverfahren überwiegend Vorteile, wenn man von den in Amerika teilweise festgestellten Beschädigungen und Bröckelverlusten absieht, die aber durch sorgfältige Behandlung der Briketts niedrig gehalten werden können. An erster Stelle sind die arbeitswirtschaftlichen Vorteile zu nennen. Wenn die Briketts auch hinsichtlich ihrer Schüttfähigkeit nicht die Eigenschaften etwa von Getreide haben, so können sie doch als Schüttgut angesehen werden. Sie lassen sich wesentlich besser und mit geringerem Arbeitsaufwand handhaben als Häckselgut oder als Hochdruckballen. Neben der Einsparung des Bindegarns ist weiter vor allem die Einsparung an Lager- und

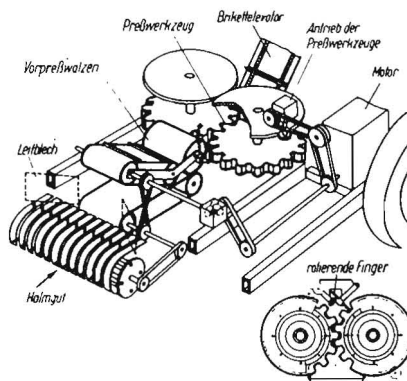


Bild 16: Aufbau einer Aufsammel-Brikettierpresse mit Zahnwalzen (Verdichtung erfolgt jeweils zwischen Zahnluke und Zahnkopf)

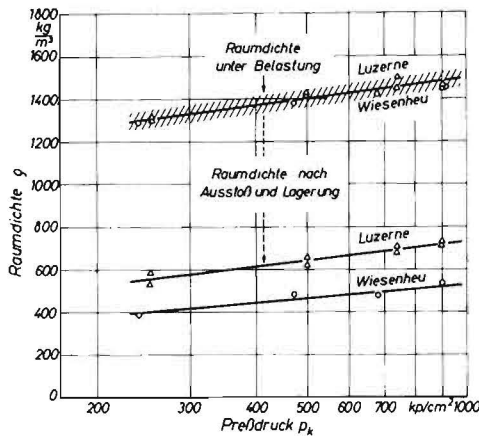


Bild 17: Veränderung der Materialdichte nach Ausstoß und Lagerung (3 Tage)

Preßzylinder: 50 cm² Wassergehalt: 17 ··· 20%
 Häcksellänge: 14 cm Füllmenge: 100 g

an Transportraum von erheblicher Bedeutung (Bild 18). Aus Tafel I ersieht man, daß in einem bestimmten Behälter etwa die 2½fache Menge an Heubriketts untergebracht werden kann wie an gestapelten Heuballen oder fast viermal so viel Briketts wie lose abgeworfene Ballen. Praktisch kann das Ladegewicht eines Ackerwagens bei Verwendung von Briketts voll ausgenutzt werden. Als Vorteil kann nicht zuletzt auch die Tatsache angesehen werden, daß die Briketts ohne Schwierigkeiten auch in einer automatischen Fütterungsanlage, beispielsweise in einem Schneckenförderer, gefördert werden können und damit im Gegensatz zu Hochdruckballen oder langem Heu ohne besondere Vorkehrungen eine Mechanisierung der Fütterung ermöglichen. Nach amerikanischen Untersuchungen werden die in der Regel qualitativ hochwertigen Heubriketts von den Tieren auch sehr gut aufgenommen. Diese Vorzüge der Briketts haben dazu geführt, daß amerikanische Verbraucher zur Zeit eine Prämie von 5 Dollar je Tonne Heu zahlen [14], wenn sie es in Form von Briketts erhalten.

Wenn man auch bedenken muß, daß das Brikettierverfahren für die amerikanische Landwirtschaft wegen des dort günstigen Klimas und infolge der oft weiten Transportwege besonders interessant ist, so liegt es doch auf der Hand, daß dieses Verfahren auch für deutsche und europäische Verhältnisse eine erhebliche Bedeutung erlangen könnte, wenn es gelingen würde, die oben erwähnten Hauptnachteile der bisherigen Brikettierpressen, nämlich den Leistungsbedarf und die hohen Ansprüche an einen gleichmäßigen, auf etwa 20% Wassergehalt heruntergetrockneten Schwad zu beseitigen, oder doch wesentlich zu vermindern. Um den Leistungsbedarf zu verringern, erscheint es notwendig, bei zukünftigen Entwicklungen das alte DEDERICKSsche Arbeitsprinzip des Verdichtens gegen den Widerstand des vorher gepreßten Ballens wieder zu verlassen und sich wieder den Maschinen der beiden oben genannten Gruppen b) und c) oder noch anderen Verdichtungsverfahren zuzuwenden. Während es sicher möglich sein wird, den Leistungsbedarf bei Verwendung von Maschinen der Gruppe b) (beispielsweise Bild 16) wegen der dabei einzusparenden Ausschleubarbeit gegenüber den Maschinen nach a) erheblich herabzusetzen, ist es zu bezweifeln, daß diese Maschinen in der Lage sein werden, Heu mit einem Wassergehalt von mehr als 20% zu verarbeiten. Es sind aber andere Verdichtungsverfahren denkbar, die bei gleichzeitiger Senkung des Leistungsbedarfes auch diese Forderung zu erfüllen

Tafel I: Faustzahlen für Preßdruck und Raumdichte beim Pressen von Heu mit 20% Wassergehalt

	max. Preßdruck [kp/cm ²]	Raumdichte		Schüttdichte [kg/m ³]
		im Preßkanal [kg/m ³]	nach Ausstoß [kg/m ³]	
Hochdruckballen	5	150	120	80
Briketts	700	1400	500	300

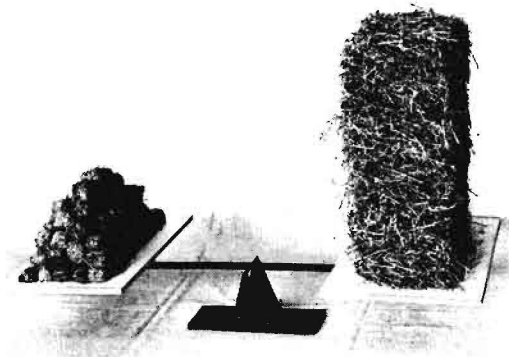


Bild 18: Vergleich von schüttfähigen Luzernebriketts mit einem gleichschweren Hochdruckballen aus Luzerne

vermögen. So berichtete FARRALL [15] auf der diesjährigen Konstrukteurtagung von einer an seinem Institut, dem Institut für Landtechnik der Michigan State University, East Lansing, Michigan, zusammen mit einer amerikanischen Industriefirma entwickelten Maschine. Sie soll — nach dem Verdrillprinzip (Gruppe c) arbeitend — nach FARRALL in der Lage sein, Halmgut auch bei einem Wassergehalt von über 50% noch sicher zu Briketts zu verarbeiten und dabei — bei einer Mengenleistung von etwa 5 t/h — nur eine Antriebsleistung von 30 bis 40 PS zu verlangen. Sollte sich diese Maschine einmal als praxistauglich erweisen oder sollte es möglich werden, auf Grund eines anderen neuen Verdichtungsverfahrens eine brauchbare Aufsammel-Brikettierpresse zu entwickeln, die bei genügender Mengenleistung und bei erträglichem Leistungsbedarf in der Lage ist, Heu von 40 bis 50% Wassergehalt sicher zu verarbeiten, so wären damit die Voraussetzungen für ein neues Ernteverfahren geschaffen, das in Verbindung mit der Nachtrocknung des Gutes sowohl für die Heuernte als unter Umständen auch für die Silagebereitung geeignet wäre. In Amerika werden — wie berichtet wird — in beiden Richtungen bereits Versuche angestellt. Eine solche Maschine würde also den Weg bereiten für völlig neue Möglichkeiten zur Mechanisierung der gesamten Halmfütterernte. Daher sollten gerade die oben erwähnten neueren amerikanischen Ergebnisse die Aufmerksamkeit auch der deutschen Industrie auf das Verfahren der Halmgut-Brikettierung lenken. Unter dem Vorzeichen der bisher überwiegend entwickelten, nach dem DEDERICKSchen Prinzip arbeitenden Brikettierpressen werden sicher keine für die Zukunft bedeutsamen Fortschritte zu erzielen sein. Es erscheint jedoch nicht ausgeschlossen, über das Verdrillen oder über andere Verdichtungsverfahren Lösungen zu erreichen, die in der Lage sind, auf dem Gebiete des Heu- und Strohpressenbaus einen ganz neuen Entwicklungsabschnitt einzuleiten.

Zusammenfassung

Heu- und Strohpressen haben im Laufe ihrer Entwicklung von der Kastenpresse bis zur Aufsammel-Brikettierpresse viele auch für die landwirtschaftliche Praxis bedeutsame Entwicklungsstadien durchlaufen. Neben einer Behandlung der für diese Entwicklung wichtigsten Forschungsergebnisse wurde insbesondere die Wandlung der Pressenbauarten von der stationären Krummstroh Presse für die reine Verdichtung von Halmgut zu den modernen Aufsammelpressen aufgezeigt, die neben der Verdichtung des Gutes heute vor allem auch arbeitswirtschaftliche Aufgaben zu erfüllen haben. Unter diesem Gesichtspunkt ist auch die Entwicklung der Aufsammel-Brikettierpressen zu betrachten, deren Probleme ebenfalls behandelt wurden, und die vielleicht einmal einen neuen Entwicklungsabschnitt auf dem Gebiet des Heu- und Strohpressenbaus einleiten werden.

Schrifttum

- [1] BUSSE, W.: Untersuchungen auf dem Gebiet des Brikettierens von Halmgut. In: Grundlagen der Landtechnik Heft 18. Düsseldorf 1963, S. 50—57
- [2] MATTHIES, H.-J.: Probleme im Strohpressenbau und ihre Lösungen. In: Grundlagen der Landtechnik Heft 10. Düsseldorf 1958, S. 8—17
- [3] FRANKE, R.: Untersuchungen des Preßvorganges bei Strohpressen der Landwirtschaft. Dissertation. TU Berlin, 1933
- [4] SKALWEIT, H.: Kräfte und Beanspruchungen in Strohpressen. In: 4. Konstrukteurkurs (RKTL-Schrift Nr. 88). Berlin 1938, S. 30—35
- [5] SCHREFFTER, H.: Das Pressen von Stroh. Dissertation. Berlin, 1943
- [6] BURROUGH, X. und X. GRAHAM: Power Characteristics of a Plunger-Type Forage Baler. Agricultural Engineering 35 (1954), S. 221—232

- [7] ALFEROW, S. A.: Gesetzmäßigkeiten beim Pressen von Stroh. Selchozmacina (1957), Heft 3, S. 6—10
- [8] ALFEROW, S. A.: Der Widerstand der Kanäle und Ballenführungen bei Heu- und Strohpressen. Selchozmacina (1957), Heft 4, S. 15—19
- [9] MEWES, E.: Kraftmessungen in Strohpressen. In: Grundlagen der Landtechnik Heft 10. Düsseldorf 1958, S. 18—35
- [10] MEWES, E.: Über das Verdichten von landwirtschaftlichen Stoffen durch Verdrehen. Landtechnische Forschung 8 (1958), S. 165—167
- [11] FLEHR, F.: Brikettierung landwirtschaftlicher Erzeugnisse und Abfälle. Unveröffentlichter Versuchsbericht
- [12] BRUHN, H. D.: Pelleting Grain and Hay Mixtures. Agricultural Engineering 36 (1955), S. 330—331
- [13] BRUHN, H. D.: Engineering Problems in Pelletized Feeds. Agricultural Engineering 38 (1957), S. 522—525
- [14] DOBIE, J. B., R. G. CURLEY and P. S. PARSONS: Economics of Producing, Handling and Feeding Wafered Hay. A. S. A. E.-Paper Nr. 63—160 (1963)
- [15] FARRALL, A. W.: Agricultural Engineering in the 60's. Vortrag, gehalten auf der 21. Tagung der Landmaschinen-Konstrukteure in der Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode vom 3.—5. April 1963

Résumé

Hans-Jürgen Matthies: "Development and Research in the Field of Cereal Pressing."

In the course of their development from the box press to the pick-up briquetting press, hay and straw presses have passed many stages of development being also important to the agricultural practice. Besides the results of research found to be of great value to this development, especially the change of the kinds of construction from the stationary crumpled-straw press for the mere pressing of cereals to modern pick-up presses are dealt with. Apart from pressing the material, there are today above all labour-economic tasks which they have to fulfill. From this point of view the development of pick-up presses, the problems of which are discussed likewise, has to be regarded, too. One day they will perhaps introduce a new section of development in the field of hay and straw presses.

Hans-Jürgen Matthies: «Le développement et la recherche dans le domaine de la compression de la paille et du fourrage.»

Le développement des presses à paille et fourrage s'est réalisé en beaucoup de stades successifs qui ont eu également une signification pour la pratique agricole. Après avoir traité des résultats de recherche les plus essentiels de ce développement on montre quel changement les presses ont subi depuis la presse à coffre fixée destinée uniquement à la compression de la paille et du fourrage jusqu'à la presse-ramasseuse moderne qui doit non seulement comprimer mais surtout contribuer à l'organisation rationnelle du travail. C'est pourquoi il faut également considérer l'évolution de la presse-ramasseuse dont les problèmes ont été aussi évoqués dans l'article et qui pourrait peut-être constituer un point de départ pour une nouvelle phase de développement dans le domaine des presses à paille et fourrage.

Hans-Jürgen Matthies: «Desarrollo e investigación de la compresión de hierba y paja.»

En su desarrollo las prensas de heno y de paja, desde la prensa en caja hasta la prensa — recogedora — briquetadora, ha pasado por muchas fases de importancia para la agricultura. Además de tratar de los resultados de la investigación que influyeron en este desarrollo, se habla aquí con preferencia del cambio que se ha operado en la construcción de estas prensas, empezando por la prensa estacionaria de paja retorcida, empleada exclusivamente para la compresión, hasta llegar a las modernas prensas recogedoras que cumplen hoy día, además de la compresión, funciones económicas. La prensa-recogedora-briquetadora, de cuyos problemas se habla aquí, tiene que considerarse también bajo estos puntos de vista, siendo posible que dé lugar a una nueva evolución en la construcción de prensas para heno y paja.

István Bölöni:

Zusammenhänge zwischen den Kennwerten, die den Betriebszustand von Hammernmühlen bestimmen

Institut für Landtechnik, Budapest

Die Hammernmühlen gehören — einmal wegen des sehr großen Volumens der jährlich zur Vermahlung gelangenden Fruchtmengen, zum anderen wegen des verhältnismäßig hohen spezifischen Energiebedarfes beim Vermahlen (0,8—3,0 kWh/dt) — zu den großen Energieverbrauchern der Landwirtschaft. Die Erforschung der Gesetzmäßigkeiten der Zerkleinerungsvorgänge, die sich in der Maschine abspielen, bildet daher eine Aufgabe, die gewiß nicht ohne Interesse ist und die natürlich in erster Linie vom Gesichtspunkt der Erschließung der Möglichkeiten der Energieeinsparung eine große Bedeutung hat.

Der Zweck der Prüfungen war daher:

1. die in der Mahltrommel sich abspielenden Zerkleinerungsvorgänge näher kennenzulernen;
2. die Gesetzmäßigkeiten der Zerkleinerung mengenmäßig zu erschließen und
3. die Möglichkeiten der Energieeinsparung zu klären.

Die Versuchseinrichtungen und die Meßmethoden

Bei der Prüfung von Hammernmühlen wurden bisher — von seltenen Ausnahmen abgesehen — die einfachsten Meßmethoden angewendet [1; 2]; einer Erweiterung der Kenntnisse stand eben die ungenügende Exaktheit dieser Methoden im Wege. Um die Mängel der alten Methoden ausschließen zu können, wurde ein für die Registrierung der kontinuierlichen Veränderungen der charakteristischen Faktoren geeignetes neues Meßverfahren und eine neue Meßeinrichtung entwickelt.

Der von der Maschine getrennte Mahlgutvorratskasten mit der Beschickungseinrichtung und der Behälter zum Auffangen des Schrottes — wofür im Laufe der Prüfungen eine oben offene Kiste diente — wurden auf einem elastisch verformbaren Meßkörper

aufgehängt, und deren Gewichtsänderung in Abhängigkeit von der Zeit gemessen.

Die Messung der mit der Gewichtsbelastung proportionalen Verformung erfolgte auf elektrotensometrischem Wege; die Meßwerte wurden mit einem Achtschleifen-Oszillographen registriert. Es gelang, eine mit guter Näherung lineare Charakteristik zu erhalten, wobei die Konstanz der Charakteristiken durch die Speisung der Meßeinrichtung von einer Stromquelle mit stabilisierter Spannung gesichert wurde. Auf den Rand des Filmstreifens wurden in der

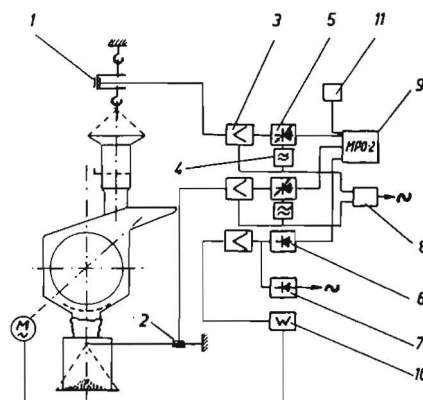


Bild 1: Prinzipskizze der zum Registrieren der Gewichtsänderungen des Mahlgutvorratskastens und des Schrottsammelbehälters konstruierten elektrotensometrischen Meßeinrichtung

1 oberes Meßglied; 2 unteres Meßglied; 3 Verstärker; 4 Oszillator; 5 Phasempfindlicher Gleichrichter und Filter; 6 Gleichrichter und Filter; 7 Netzstrom-Gleichrichter; 8 Stromquelle mit konstant gehaltener Gleichspannung; 9 Achtschleifen-Oszillograph; 10 Dreiphasen-Wattmesser; 11 Zeitmarkengeber