

Aufgrund der positiven Erfahrungen mit dem Impulsregler Ablufttemperatur-Frischgutdurchsatz in Anlagen mit festen Brennstoffen darf erwartet werden, daß auch die Automatisierung entsprechend diesem Vorschlag erfolgreich ist. Die beabsichtigten Auswirkungen sind:

- Die Ablufttemperatur wird durch den bereits vom Hersteller installierten Regelkreis Ablufttemperatur-Brennstoffdurchsatz weiterhin mit großer Genauigkeit konstant gehalten.
- Der neue Regelkreis bewirkt durch die Regulierung des Frischgutdurchsatzes auch die weitgehende Konstanzhaltung der Heißlufttemperatur auf einem Wert, der der Leistungsgrenze des Trockners so nahe wie möglich kommt.

Weitere Maßnahmen können aus der forschungsmäßigen Analyse einer entsprechend diesen Vorschlägen umgerüsteten Trocknungsanlage in der Praxis abgeleitet werden.

Zusammenfassung

- Die Trockner haben noch Leistungsreserven, die durch zweckmäßige Automatisierung genutzt werden können.
- Die Konstanzhaltung der Ablufttemperatur über die Frischgutzufuhr ergibt höhere Durchsätze als über den Brennstoffdurchsatz.
- Die erprobte Automatik für Anlagen mit festen Brennstoffen sollte unter zentraler Anleitung umfassend realisiert werden.

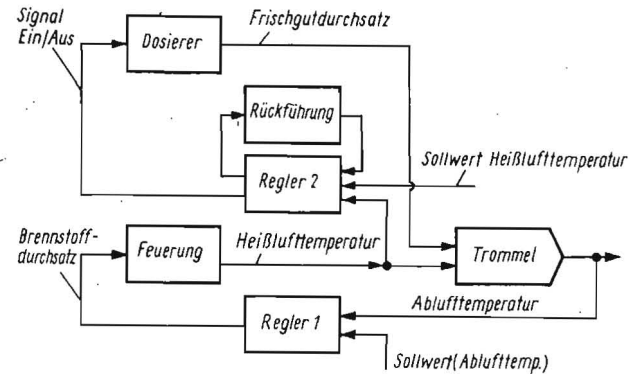


Bild 6. Signalflußplan der gekoppelten Regelkreise Brennstoffdurchsatz-Ablufttemperatur und Frischgutdurchsatz-Heißlufttemperatur

- Die in Anlagen mit Ölfeuerungen vorhandene Automatik sollte durch Einbeziehung des Frischgutdurchsatzes verbessert werden, wodurch eine beachtliche Leistungssteigerung möglich wird.

Literatur

- /1/ Dräger, J.: Rationalisierung der Heißlufttrocknung von Grünfütter, Hackfrüchten und Ganzpflanzen. Abschn. 4.3.; 5.6.; 5.7.; 6. IfM Potsdam-Bornim 1974 (unveröffentlicht).
- /2/ Maltry, W.: Teilautomatisierung der Heißlufttrocknungsanlage UT 66-1 mit einfachen Mitteln. Dt. Agrartechnik 20 (1970) H. 2. S. 95—96. A 9894

Zur Zerkleinerung halmartiger landwirtschaftlicher Produkte in Schlagmühlen¹

Prof. Dr.-Ing. H. Krug, KDT / Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. e. h. E. Rammner, KDT / Dr.-Ing. W. Naundorf, KDT
Bergakademie Freiberg, Sektion Verfahrenstechnik und Silikattechnik

1. Aufgabenstellung

Durch den systematischen Übergang zu industriellen Produktionsmethoden in der Landwirtschaft erlangt auch die Zerkleinerung verschiedener Agrarprodukte erhöhte Bedeutung. Als Voraussetzung zur Intensivierung von Trocknungsprozessen oder zur Verbesserung der Verpressungseigenschaften von Futtermittelgemischen mit hohem Strohanteil wird u. a. der Bedarf an leistungsfähigen Zerkleinerungsmaschinen immer größer. Dabei beschränken sich die erhöhten Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Mühlen nicht nur auf größere stündliche Durchsätze, sondern es wachsen gleichermaßen die Ansprüche an die Feinheit und den Strukturaufbau des zerkleinerten Gutes. So soll z. B. bei der Zerkleinerung von Halmprodukten (auf etwa 10 bis 15 mm) das Zerkleinerungsprodukt nur wenig Feinstgut enthalten, weil sonst bei Wiederkäuern Verdauungsstörungen auftreten können. Außerdem wird von den Zerkleinerungsmaschinen auch eine hohe Anpassungsfähigkeit an verschiedene landwirtschaftliche Produkte, wie Stroh, Ganzpflanzen oder getrocknetes Grünfütter, verlangt, die sich in ihrem Zerkleinerungsverhalten teilweise beachtlich unterscheiden.

In der vorliegenden Arbeit soll über Erfahrungen berichtet werden, die bei der Zerkleinerung von Stroh, Getreideganzpflanzen, getrocknetem Grünfütter und einigen anderen

Produkten mit Schlagmühlen gesammelt wurden. Der größte Teil der Versuche erfolgte mit einer Labor-Schlagmaschinenmühle. Außerdem ermöglichte das WZ Gatersleben einige Messungen mit einer sowjetischen Hammernmühle vom Typ DDM. Beide Mühlentypen waren mit Austragssieben ausgerüstet.

2. Kennzeichnung der Feinheit des Mahlgutes

Bevor über den Zerkleinerungserfolg der untersuchten Mühlen berichtet wird, sollen zunächst einige Erläuterungen zur Kennzeichnung der Feinheit des Mühlenaustragsgutes gegeben werden. Bei der Zerkleinerung von Kohlen, Salzen usw. auf Schlagmühlen ist die Ermittlung der Mahlfeinheit durch Siebanalysen kein Problem. Von Ausnahmen abgesehen (wie etwa stark xylitische Kohlen) ist die Veränderung der Kornform in Abhängigkeit von der Korngröße nur gering, so daß man nach einem Ausdruck von Andreasen von einer „Konstanz des Bruchbildes“ sprechen kann. Durch die praktische Konstanz des Bruchbildes über den ganzen Korngrößenbereich bleibt bei diesen Produkten auch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Siebanalysen gewährleistet. Bei der Zerkleinerung von halmartigen landwirtschaftlichen Produkten, wie z. B. Stroh oder Getreidepflanzen, spielt hingegen die durch Schneiden und Zerreißen bewirkte Schnittfeinheit im allgemeinen eine größere Rolle als die durch Schlag bedingte Mahlfeinheit. Die fotografischen Aufnahmen von

¹ Ein Teil der praktischen Versuche wurde von cand. Ing. Erhard Bowski im Rahmen seiner Studienarbeit gewissenhaft durchgeführt

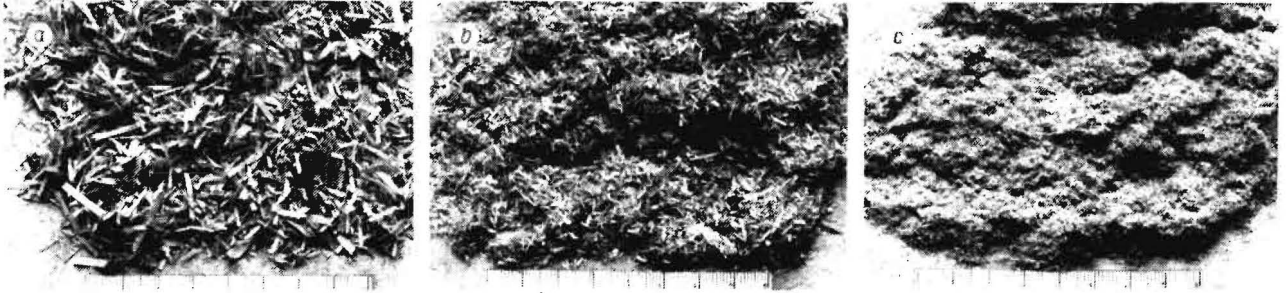


Bild 1. In der Labor-Schlagnasenmühle zerkleinertes Weizenstroh (Rotorumfangsgeschwindigkeit 40,8 m/s); Rundlochweite des Mühlenaustragsiebtes bei a) 6 mm, b) 2 mm, c) 1 mm

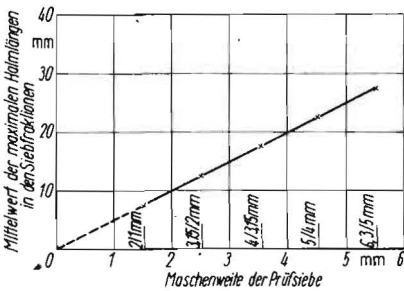


Bild 2. Mittelwerte der ausgemessenen maximalen Halmlängen der Prüfsiebfractionen in Abhängigkeit von der Prüfsiebmaschenweite

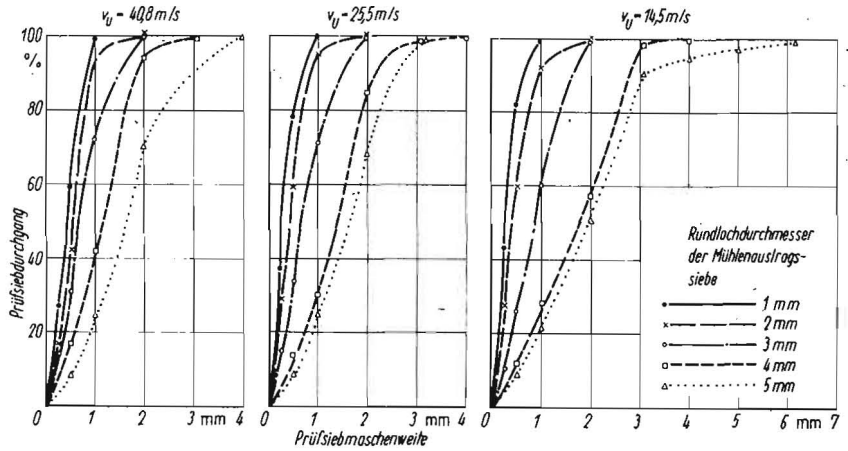


Bild 3. Feinheit des Mühlenaustragsgutes, abhängig von der Lochweite der Austragsiebe und der Rotorumfangsgeschwindigkeit bei der Zerkleinerung von Weizenstroh in der Labor-Schlagnasenmühle

zerkleinerten Weizenstrohproben im Bild 1 verdeutlichen dies sehr anschaulich. Mit zunehmender Feinheit des Strohs wird der zunächst hervorstechende Rang der Halmabschnitte in Länge und im Anteil immer schwächer gegenüber dem wachsenden wolligen und fasrigen Gut, das durch Aufschlitzen und Zerreiben der Halmabschnitte bedingt wird. Von einer „Konstanz des Bruchbildes“ kann hier keine Rede mehr sein.

Trotz der fehlenden „Konstanz des Bruchbildes“ liegt es nahe, auch für halmartige Produkte deren Feinheit durch Siebanalysen zu ermitteln, da sie das einfachste und schnellste Verfahren für die Kennzeichnung des Bereichs und der Verteilung der Partikelgrößen sind. Man muß sich dabei aber bewußt sein, daß hier die Art der Ausführung der Siebanalyse (Bewegungsart der Prüfsiebe, Siebfrequenz, Länge der Siebdauer usw.) von wesentlich größerem Einfluß auf das erzielte Ergebnis sein wird, als dies bei körnigen Mahlgütern, wie Kohle oder Salzen, der Fall ist. Dies liegt darin begründet, daß bei stengligen Gütern die Prüfsiebbedingungen in starkem Maße bestimmt werden durch den Anteil von solchen Halmabschnitten, die sich während der Siebung aufrichten und so durch Öffnungen des Siebelags hindurchschlüpfen, die wesentlich kleiner als die Volumengröße dieser Halme sind. Andererseits können aber auch, abhängig von den Prüfsiebbedingungen, Halmabschnitte auf Sieböffnungen flach liegenbleiben, deren Öffnungsweite größer als die Volumengröße der Stengel ist. Hieraus folgt, daß Ergebnisse von Siebanalysen für Zerkleinerungsprodukte halmartiger Güter nur konventionellen Wert haben können. Daher sind derartige Resultate nur dann einigermaßen vergleichbar, wenn bei der Durchführung der Siebanalyse stets die

gleichen Bedingungen eingehalten werden und keine zu großen rohstofflichen Unterschiede diesbezüglich Bedeutung erlangen. Bei unseren Versuchen benutzten wir eine Fraia-Elektro-Vibrations-Siebmaschine mit einem Siebsatz nach TGL 0-4188. Die Dauer der Absiebung betrug 5 min.

Da sowohl aus ernährungsphysiologischen als auch aus verarbeitungstechnischen Gründen, wie z. B. bei der Verpressung, für die minimalen und maximalen Halmlängen im zerkleinerten Produkt bestimmte Beschränkungen bestehen, ist aus den oben genannten Gründen die Aussagekraft der Ergebnisse der Siebanalyse allein nicht ausreichend. Es bedarf hierzu vielmehr noch einer Strukturanalyse des Zerkleinerungsprodukts. Dies erfolgt in einfachster Weise vielfach durch Ausmessen der jeweils größten Halmabschnitte der einzelnen Prüfsiebfractionen. Die auf diese Weise erhaltenen Mittelwerte wurden im Bild 2 in Abhängigkeit von der Maschenweite des Prüfsiebes dargestellt. Danach kann festgestellt werden, daß die maximalen Halmlängen der Prüfsiebfractionen linear-proportional mit der Maschenweite des Prüfsiebes ansteigen. Bei Betriebsuntersuchungen kann auf eine fortwährende Strukturanalyse in der hier beschriebenen Form verzichtet werden, weil die notwendigen Informationen sich zumeist mit genügender Genauigkeit aus derartigen Eichkurven ablesen lassen. Es ist lediglich erforderlich, daß diese Abhängigkeit in gewissen Zeitabständen für die verschiedenen Produkte überprüft wird. Bei unseren Untersuchungen überraschte zugleich, daß die im Bild 2 dargestellte Kurve nicht nur für solche unterschiedlichen Produkte wie Weizenstroh, Weizenganzpflanzen und getrocknete Luzerne gilt, sondern gleichzeitig auch die Abhängigkeit für die Labor-Schlagnasenmühle und für die Hammermühle

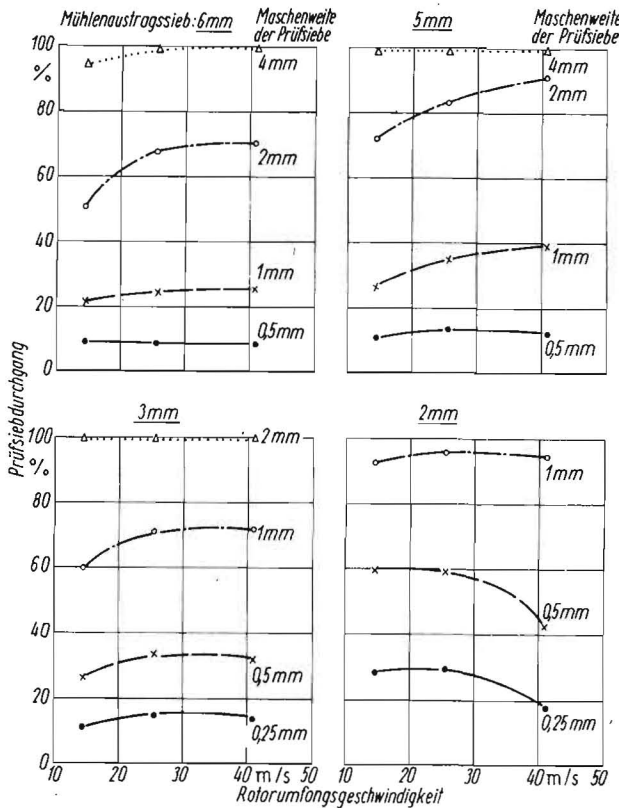


Bild 4. Prüfsiebdurchgang, abhängig von der Rotorumfangsgeschwindigkeit und der Lochweite der Mühlenaustragssiebe bei Zerkleinerung von Weizenstroh in der Labor-Schlagnasenmühle

aus der UdSSR repräsentiert. Eine derartige Übereinstimmung dürfte jedoch kaum die Regel sein. Größere Differenzen sind auf jeden Fall bei einer weiteren Vergrößerung des Mahlgutes zu erwarten.

3. Mahlfeinheit in Abhängigkeit von der Rotorumfangsgeschwindigkeit und der Lochweite der Austragssiebe

Es ist von Versuchen an Hammer-, Schlagkreuz- und Schlagplattenmühlen mit Kohlen und anderen Mahlgütern bekannt und in der einschlägigen Literatur belegt, daß die Feinheit des Mühlenaustragsgutes in der Hauptsache von der Lochweite der Sieböffnungen und der Umfangsgeschwindigkeit der Schläger abhängig ist. Daneben sind eine große Anzahl von Einflußgrößen, wie Form und Anordnung der Sieböffnungen, Abstand zwischen dem äußeren Schlägerkreis und den Prallelementen, Schlägerform, Durchsatz der Mühlen, Struktur- und Aufbau des Gutes usw., von Bedeutung, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen werden kann.

Bild 3 zeigt die Durchgangskennlinien für das in der Labor-Schlagnasenmühle zerkleinerte Weizenstroh für die Austragssiebe von 5, 4, 3, 2 und 1 mm Rundlochweite und Rotorumfangsgeschwindigkeiten von 14,5, 25,5 und 40,8 m/s. Der Siebdurchgang ist hier in Abhängigkeit von der Prüfsiebmaschenweite aufgetragen. Das Zerkleinerungsprodukt ist um so feiner, je höher die Durchgangskennlinie liegt und je schmaler ihr Variationsbereich ausfällt. Es liegt der zu erwartende Befund vor, daß das Zerkleinerungsprodukt um so feiner wird, je kleiner die Öffnungsweite der Mühlenaustragssiebe und je höher die Rotorumfangsgeschwindigkeit sind. Außerdem bestätigen diese Kennlinien, daß mit 5-mm-Austragssieben und hohen Rotorumfangsgeschwindigkeiten ein sehr feines Mahlgut erzeugt werden kann. Mahlgüter mit maximalen Halmlängen von 10 bis 15 mm lassen sich

somit auf Schlagmühlen ohne Schwierigkeiten erzeugen, wenn die Öffnungsweite der Mühlenaustragssiebe etwa 5 bis 6 mm beträgt. Dieser Befund gilt auch für die sowjetische Mühle vom Typ DDM. Nur in den Fällen, wo für andere Verwendungszwecke eine extrem hohe Strohfeinheit gefordert wird, ist eine weitere Reduzierung der Lochweiten der Mühlenaustragssiebe unumgänglich, weil von dieser Einflußgröße nach Bild 3 die Strohfeinheit am stärksten abhängig ist. Unter diesen Bedingungen ist jedoch mit einem progressiv ansteigenden Leistungsbedarf und vor allem mit einem stark verminderten Mähldurchsatz zu rechnen.

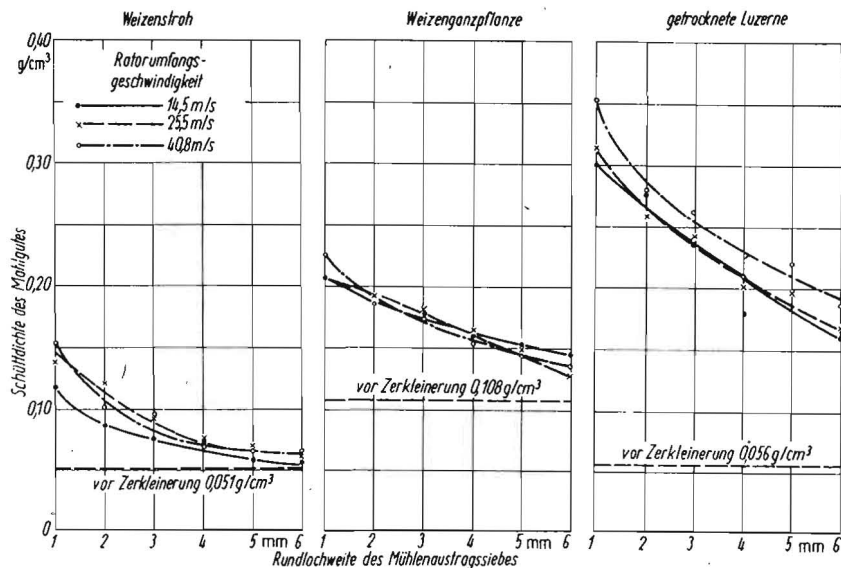
Bild 4 ist zu entnehmen, welcher Masseanteil des zerkleinerten Weizenstrohs, abhängig von der Rotorumfangsgeschwindigkeit und von der Lochweite der Austragssiebe, bei der Prüfsiebung durch die jeweiligen Siebmaschenweiten fällt. Aus dem Verlauf der Kennlinien geht eindeutig hervor, daß der Einfluß der Rotorumfangsgeschwindigkeit auf die Feinheit des Mahlgutes auch von der Öffnungsweite der Mühlenaustragssiebe abhängig ist. Der verflachende Anstieg bzw. der bei dem 2-mm-Mühlenaustragssieb eintretende Abfall der Kurven im Bild 4 liegt vor allem darin begründet, daß bei dieser Labor-Schlagnasenmühle mit wachsendem v_u die Gebläsewirkung des Rotors stark zunimmt, was zu einem beschleunigten Austritt der halbwegs zerkleinerten Strohpartikel aus dem Mahlraum führt. Des Weiteren bestätigt der Kennlinienverlauf im Bild 4 nachdrücklich, daß die Lochweite der Mühlenaustragssiebe gegenüber der Rotorumfangsgeschwindigkeit die eindeutig dominierende Einflußgröße ist.

4. Rohstoffliche Einflußgrößen

Besonderes Interesse galt den Untersuchungen mit Getreideganzpflanzen, weil hier die Körner und Halme mit grundsätzlich unterschiedlichen Zerkleinerungseigenschaften gleichzeitig gebrochen werden müssen. Die Körner sollen beim Zerkleinerungsvorgang mindestens geviertelt werden, damit die Magensaftstoffe der Tiere die darin enthaltenen Nährstoffe vollständig aufschließen können. Wird das Mahlgut verpreßt, so ist nach $1/1$ eine hohe Mahlfeinheit der Körner auch deshalb wichtig, weil nur dann die natürlichen Bindefkräfte der Kornsubstanz zur Ausbildung des Brikettverbandes zur Verfügung stehen. Der „Körnerzerkleinerungsgrad“ wurde hier nur optisch begutachtet. Dabei interessierte insbesondere, von welcher Siebfraction an eine Zerkleinerung der Körner auf $\leq 1/4$ der Ausgangsgröße gewährleistet war. Die Untersuchungen an beiden Mühlen ergaben, daß die Getreideganzpflanzen mindestens bis auf eine maximale Halmlänge von unter 10 bis 15 mm zerkleinert werden müssen, damit die Körner mit Sicherheit geviertelt werden. Außerdem konnte beobachtet werden, daß sich bei einer weiteren Verschärfung des Zerkleinerungsprozesses das Stroh der Getreideganzpflanzen sogar bis zu einer mehlartigen Feinheit aufbereiten läßt, jedoch die Feinheit des Körneranteils nicht in gleicher Weise zunimmt. Dies liegt offenbar darin begründet, daß die kleinen und zugleich spezifisch schwereren Körner den Mahlraum des Zerkleinerungsaggregats schneller verlassen und demzufolge weniger häufig durch Schlag beansprucht werden.

Bei der Festlegung der Mühlenparameter ist weiter zu beachten, daß die Knoten der Strohhalme über einen erhöhten Zerkleinerungswiderstand verfügen. Bei Mühlenaustragssieben von 6, 5 und 4 mm Durchmesser verursachen die Knoten keine Schwierigkeiten; sie wurden zum größten Teil zerkleinert — etwa in der Mitte der gebildeten Halmaabschnitte — ausgetragen. Dabei konnte beobachtet werden, daß die Halmaabschnitte mit Knoten meistens etwas länger als die knotenlosen Strohstücke waren. Dies liegt in erster Linie darin begründet, daß die Knoten den anschließenden Halmaabschnitten eine erhöhte Stabilität verleihen. Bei Mühlenaustragssieben von Rundlochweiten ab 3 mm zeigte sich beim Öffnen der Labor-Schlagnasenmühle nach dem Versuch, daß sich im Arbeitsraum der Mühle kein Stroh mehr befand, sich

Bild 5. Schüttdichte des Mahlgutes, abhängig von der Rotorumfangsgeschwindigkeit und der Lochweite des Mühlenaustragssiebes (Labor-Schlagnasenmühle)



aber eine große Anzahl von Knoten angesammelt hatte, so daß sich im Dauerbetrieb ein gelegentliches Entleeren der Mühle von solchen Mahlrückständen nötig machen wird. Für die Praxis ist somit zu empfehlen, eine Mahleinheit unter 10 bis 15 mm maximaler Halmlänge des Strohs zunächst durch erhöhte Rotorumfangsgeschwindigkeit, zweckmäßige Schlägergestaltung oder Verringerung des Abstands zwischen äußerem Schlägerkreis und den Prallelementen als durch eine weitere Verringerung der Öffnungsweite der Mühlenaustragssiebe anzustreben, obwohl dies die wirksamste Regelgröße ist. Lochweiten für die Mühlenaustragssiebe unter 5 bis 6 mm sollten, wie bereits vorn begründet, möglichst nicht unterschritten werden.

Bei den Versuchen konnte weiter festgestellt werden, daß die Durchgangsscharakteristiken für zerkleinerte Weizenganzpflanzen und für getrocknete Luzerne mit denen des Weizenstrohs (Bild 3) in Verlauf und Gestalt sehr gut übereinstimmen. Ferner ergab sich, daß bei allen 3 Produkten trotz der Unterschiede in den Stoffeigenschaften bei der Feinzerkleinerung mindestens ein ähnlicher Zerkleinerungserfolg erreicht wird.

Zum Einfluß der Strohfeuchte auf den Zerkleinerungserfolg von Schlagmühlen ist zu vermerken, daß spürbare Schwierigkeiten bei Feuchtegehalten über 20 Prozent auftraten. Die Plastizität der Halme ist hier so hoch, daß der Effekt des Zerreißen und Zerschlagens durch die Mühlenschläger rapid nachläßt. Außerdem kommt es bei zu feuchtem Stroh sehr schnell zu Verstopfungen der Mühlenaustragssiebe und damit zum „Versacken“ der Mühle. Diese Schwierigkeiten lassen sich nur beheben, wenn das Stroh vor oder während der Zerkleinerung durch Warmluft getrocknet wird.

In 1/1/2/ konnte nachgewiesen werden, daß sich das Agglomerationsverhalten von Stroh gravierend verbessert, wenn es mit Natronlauge aufgeschlossen wird und der Feuchtegehalt des NaOH-Strohs etwa 25 Prozent beträgt. Zur Verringerung der Verfahrensstufen und zur Intensivierung des Aufschlußeffekts wäre es vorteilhaft, wenn die Zugabe der Natronlauge unmittelbar vor oder in der Mühle erfolgen könnte. Nach den durchgeführten Untersuchungen ist eine derartige Verfahrensweise jedoch selbst dann nicht möglich, wenn der Feuchtegehalt des aufgeschlossenen Strohs unter 20 Prozent liegt. Das gute Agglomerationsvermögen des NaOH-Strohs führt nach kurzer Zeit zu sehr festen Anbahrungen im Mahlraum, die Mühle „fährt zu“. Ähnliche Schwierigkeiten bereitet auch Rübenblattsilage mit Feuchtegehalten über 20 Prozent.

5. Schüttdichte des Mahlgutes, abhängig von dessen Feinheit

Die Leistungsfähigkeit von Pressen wird bekanntlich sehr stark von der Schüttdichte des Aufbegugutes bestimmt 1/1/2/. Im Bild 5 ist die Schüttdichte der Mahlgüter Weizenstroh, Weizenganzpflanzen und getrocknete Luzerne in Abhängigkeit von der Öffnungsweite des Mühlenaustragssiebes und von der Rotorumfangsgeschwindigkeit dargestellt. Danach gilt für alle 3 Produkte und alle Rotorumfangsgeschwindigkeiten, daß die Schüttdichte der Zerkleinerungsprodukte mit kleiner werdender Öffnungsweite der Mühlenaustragssiebe, also mit wachsender Feinheit, progressiv ansteigt. Von beiden untersuchten Mühlenparametern beeinflußt die Lochweite der Austragssiebe auch die Schüttdichte am stärksten. Einen erwartungsgemäß hohen Einfluß auf die Schüttdichte des Mahlgutes hat die rohstoffliche Zusammensetzung des Zerkleinerungsprodukts.

Literatur

- 1/1/ Krug, H.; Naundorf, W.: Das Agglomerationsverhalten von Getreideganzpflanzen. *agrartechnik* 25 (1975) H. 3, S. 141—144.
- 2/2/ Krug, H.; Naundorf, W.: Untersuchungen zur Verbesserung des Agglomerationsverhaltens von Futtermittelgemischen mit hohen Strohanteilen. *agrartechnik* 25 (1975) H. 4, S. 177—180. A 9887

Aufgaben der Agrochemischen Zentren bei der Intensivierung der Pflanzenproduktion

Unter diesem Thema veranstaltet die Wissenschaftliche Sektion „Chemisierung der Pflanzenproduktion“ im Fachverband Land-, Forst- und Nahrungsgütertechnik der Kammer der Technik am 22. und 23. Oktober 1975 in Neubrandenburg ihre 2. Wissenschaftlich-technische Tagung.

Schwerpunkte der Vorträge und Diskussionen bilden die Aufgaben und Erfahrungen der Agrochemischen Zentren bei der Intensivierung der Pflanzenproduktion durch Chemisierung, der Durchsetzung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts sowie der Anwendung der Sozialistischen Betriebswirtschaft im Zusammenwirken mit KAP und KIL.

Nähere Auskünfte erteilt das Sekretariat des Fachverbands Land-, Forst- und Nahrungsgütertechnik beim Präsidium der Kammer der Technik, 1086 Berlin, Postfach 1315, Telefon 2 20 25 31.

AK 9914