

der Meßwerte, läuft vollautomatisch ab. Am Ausgang des Drehzahlchwankungsmessers liegt ein analoges Gleichspannungssignal an. Dieses wird an den Eingang des AD-Umsetzers gegeben. Der Start zur Meßwertaufnahme erfolgt von Hand am Taktgeber. Von diesem Zeitpunkt ab übernimmt der Taktgeber die automatische Steuerung des Meßplatzes. Insgesamt können 255 Meßwerte aufgenommen werden. Diese Zahl wird ausschließlich von der Kapazität des Ferritkernspeichers bestimmt. Er besitzt insgesamt 256 Adressen, wobei die erste als Festwertspeicher grundsätzlich mit dem Bezugswert 0 belegt ist. Der Zeitabstand zwischen der Aufnahme zweier Meßwerte beträgt 1 ms im schnellsten Bereich und 65,6 s im langsamsten.

Wenn ein Zeitimpuls vom Taktgeber abgegeben wird, beginnt der Meßvorgang des AD-Umsetzers. Seine Arbeitsgeschwindigkeit gestattet 1000 Umsetzungen je Sekunde. Dabei wird der Meßwert in 8 Binärschritten bewertet, deren höchste Wertigkeitsstufe dem Vorzeichen entspricht. Der Eingangsspannungsbereich liegt bei $\pm 6,4$ Volt und der kleinste Bewertungsschritt beträgt ± 50 mV.

Hat der AD-Umsetzer seine Messung beendet, gibt er ein Schlußsignal ab. Dieses ist gleichzeitig das Startsignal zur Meßwertübernahme für den Ferritkernspeicher. Ist die Meßwertaufnahme beendet, so können die im Speicher eingetragenen Meßwerte der Weiterverarbeitung zugeführt werden. Des weiteren läßt sich der Verlauf der aufgenommenen Meßfolge für Kontrollzwecke an einem Bildschirm als Punktfolge sichtbar machen. Die Ausgabe wird ebenfalls wieder vom Taktgeber gesteuert. Im Speicher liegen die Meßwerte als rein binärkodierte Informationen vor. Für die Weiterverarbeitung dieser Informationen ist jedoch eine Codeumsetzung erforderlich; denn die gebräuchlichen Ausgabegeräte, wie die handelsüblichen Zählbetragsdrucker beziehungsweise hier die Streifenlocheinheit vom VEB Funkwerk Erfurt, arbeiten im Dezimalcode. Die Codeumsetzung wird vom Binär-Dezimal-Umsetzer vorgenommen, der die rein binärkodierte Information in eine binärkodierte Dezimalziffer (BCD-Code) umsetzt. Diese im BCD-Code verschlüsselte Information locht die Ausgabereinheit auf einen Streifen ab, so daß am Ende der Meßwertaufbereitung die gesamte Meßkurve auf dem Lochstreifen gespeichert vorliegt. Der

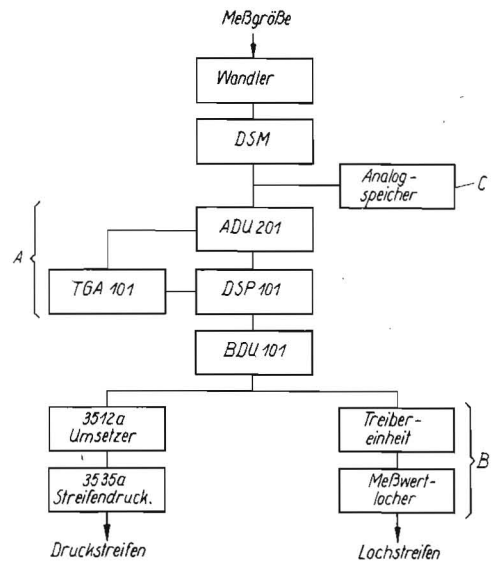


Bild 4. Verarbeitung der mit dem Modellschneidwerk gewonnenen Meßwerte; A Tiefstfrequenzumsetzer TFU 1, B Meßwertlocher-system 3518, C Speicheroszilloskop, DSM Drehzahlchwankungsmesser, ADU 201 Analog-Digital-Umsetzer, DSP 101 Ferritkernspeicher (Digitalwertspeicher), BDU 101 Binär-Dezimal-Umsetzer, TGA 101 Taktgeber und Anzeigeteil für Speicherinhalt der DSP

Lochstreifen, noch zusätzlich mit Versuchsnummern und Versuchsparametern versehen, wird in unserem instituts-eigenen Digitalrechner ausgewertet. Wir erhalten am Ende den Zahlenwert für die beim Schnitt aufgebrachte Arbeit direkt ausgedruckt und sparen damit umfangreiche zeitraubende manuelle Arbeit bei der Erfassung und Auswertung der Meßkurven. Der Einsatz des automatischen Meßwertaufbereitungssystems sowie der maschinellen Rechen-technik ermöglicht es erst, den Anforderungen einer modernen Forschung zu genügen und hier speziell die komplexe Aufgabe der Bestimmung der Schneidarbeit in Abhängigkeit von den Schnittparametern zu realisieren. A 8095

Dipl.-Ing. D. SPIEWOK

Über die Biegesteifigkeit von Futterhalmen

1. Aufgabenstellung

Mit zunehmender Verwirklichung industrieller Produktionsmethoden in der Landwirtschaft ergeben sich erhöhte Anforderungen an die Mähwerke hinsichtlich ihrer Mähleistung, Funktionssicherheit und Arbeitsqualität. Diese Anforderungen konnten bislang mit Schneidwerken, die nach dem Prinzip des Scherenschnittes arbeiten, nicht vollauf befriedigt werden. Das ist als eine der Hauptursachen für die Entwicklung eines anderen Schneidprinzips, dem Schneiden ohne Gegenschneide oder auch freier Schnitt genannt, anzusehen. Die Arbeitsweise der weitaus meisten Rotationsmähwerke beruht auf diesem Schneidprinzip.

Während bei den oszillierenden Schneidwerken die kinematischen und kinetischen Verhältnisse als hinreichend geklärt angesehen werden können, sind derartige Kenntnisse für die nach dem Prinzip des freien Schnittes arbeitenden Schneidmechanismen noch unvollständig. Das erfordert zunächst mehr Informationen über die Beziehungen und Abhängigkeit zwischen biologischen Materialien und dem durch verschiedene technische Einflußgrößen beeinflussbaren Schneidvorgang.

Ziel ist, durch die Erforschung der biophysikalisch-mechanischen Wirkmechanismen die Entwicklung neuer sowie die

Verbesserung bzw. Optimierung bereits vorhandener Schneidwerkkonstruktionen und -werkzeuge voranzubringen. Ein wesentliches Kriterium hierfür ist die Bestimmung der Schneidarbeit, die nach einer von LEHMANN [1] ausgearbeiteten Meßmethode vorgenommen wird. Erste Ergebnisse haben erkennen lassen, daß eine Deutung dieser Meßergebnisse die Kenntnis des quantitativen Einflusses stofflicher und technischer Einflußgrößen voraussetzt. Eine dieser biomechanischen Einflußgrößen ist die Biegesteifigkeit EI , zu deren Bestimmung einige Untersuchungen angestellt wurden, über die nachfolgend berichtet wird.

2. Bestimmung der Biegesteifigkeit EI

2.1. Methodik

Zur Bestimmung biomechanischer Einflußgrößen sind bisher noch keine allgemeingültigen Untersuchungsverfahren und Meßmethoden bekannt. Die verschiedenen Versuchsansteller benutzen unterschiedliche Methoden, die sich oft an die in den jeweiligen Ländern gültigen Werkstoffprüfverfahren anlehnen. Es wurde daher ein eigenes Meßverfahren ausgearbeitet, bei dem der zu untersuchende Halm als

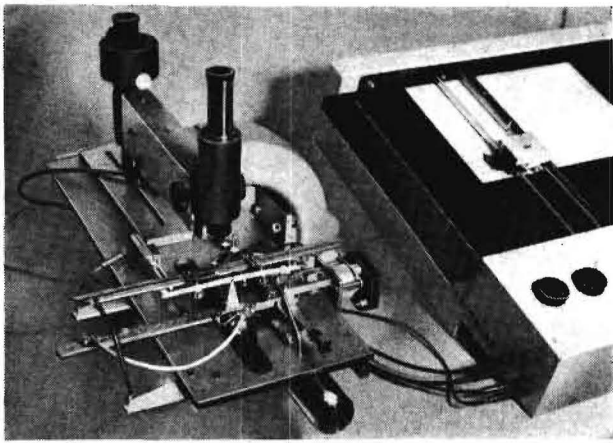


Bild 1. Meßwertgeber zur Bestimmung der Biegesteifigkeit

Träger auf 2 Stützen mit einer mittigen Belastung aufgefaßt ist (Bild 1). Die Stützlänge beträgt 70 mm. Der auf der Basis von Dehnungsmeßstreifen arbeitende Kraftgeber wird mit einer konstanten Vorschubgeschwindigkeit gegen das Material bewegt. Die Durchbiegung f des Halms wird mit einem induktiven Weggeber gemessen. Beide Geber sind mit einer Universalmeßeinrichtung UM 131 verbunden. Die am Ausgang der Universalmeßeinrichtung anliegenden Gleichspannungssignale werden an die entsprechenden Koordinaten eines XY-Schreibers vom Typ BAK 4 T gelegt und als Kurvenzug aufgezeichnet. Unter der Voraussetzung, die Verformung ausschließlich aus der Biegearbeit zu ermitteln, gilt nach dem Satz von CASTIGLIANO für die Durchbiegung f bei einem Träger auf zwei Stützen und mittlerer Belastung folgende Beziehung:

$$f = \frac{W}{F} = \frac{Fl^3}{48EI} \quad (1)$$

$$EI = \frac{l^3}{48} \cdot \frac{F}{f}$$

Darin bedeuten:

- F Belastung
- f Durchbiegung
- l Stützlänge
- EI Biegesteifigkeit

Das untersuchte Material Roggen wurde in unterschiedlichen Wachstumsstadien jeweils aus dem gleichen Bestand entnommen und am Tage der Probenentnahme im Bereich der Stoppelhöhe gemessen. Für eine Tagesmessung diente ein Stichprobenumfang von 80 Halmen, von denen gleichzeitig Rohfaser- und Trockenmassegehalt sowie morphologische Merkmale bestimmt wurden.

Die Untersuchungsergebnisse werden als Funktionen

- $F = f(f)$ für verschiedene Wachstumsstadien
- $EI = f(d)$
- $TM = f(d)$ und
- $EI = f(TM)$

dargestellt. Darin bedeuten:

- d Wachstumsdauer in Tagen, vom Tag des Aussäens gerechnet
- TM Trockenmassegehalt

2.2. Ergebnisse

Die qualitative Auswertung der Meßwerte zur Bestimmung der Biegesteifigkeit EI an Roggenhalmen läßt erkennen, daß sich unterschiedlichen Wachstumsstadien spezifische Be-

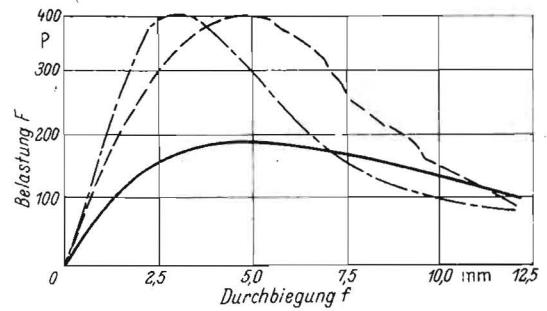


Bild 2. Änderung der Durchbiegung von Roggenhalmen in Abhängigkeit von der Belastung für verschiedene Wachstumsstadien. Halmdurchmesser 4,5 mm

Alter Tage	Bestandshöhe mm
—	240
- - -	260
· · ·	280
	450
	1000
	1500

lastungs-Durchbiegungs-Kurven zuordnen lassen (Bild 2). Diese Kurven verlaufen bis zu einem Alter von 240 Tagen sehr flach und weisen nur ein relativ kurzes Kurvenstück mit linearem Verlauf auf. Mit zunehmendem Alter prägt sich das lineare Kurvenstück aus und der Ausstieg wird größer. Aus diesen Kurvenverläufen kann aufgrund des erläuterten mathematischen Zusammenhangs direkt auf den Verlauf der Biegesteifigkeit geschlossen werden. Das würde bedeuten, daß die Biegesteifigkeit im Verlaufe der Durchbiegung des Halmes zunächst konstant bleibt und nach Verlassen des linearen Bereiches je nach dem Verlauf der Belastungs-Durchbiegungs-Kurve allmählich oder rasch abnimmt. Es ist ferner festzustellen, daß die Biegesteifigkeit im Frühstadium erheblich von morphologischen Merkmalen abhängt. Dieser Einfluß wird mit zunehmendem Alter jedoch geringer.

Zur quantitativen Auswertung der Versuchsergebnisse wurden nur die Biegesteifigkeitswerte des linearen Bereiches herangezogen. Hier zeigt sich, daß in der untersuchten Wachstumszeitspanne zwischen 240 bis 280 Tagen die Biegesteifigkeit progressiv ansteigt (Bild 3). Ebenso nimmt der TM-Gehalt in Abhängigkeit vom Wachstumsstadium einen progressiv ansteigenden Verlauf (Bild 4). Aus den bisher vorliegenden Ergebnissen war ferner zu erkennen, daß der TM-Gehalt einen wesentlichen, nicht linearen Einfluß auf die Biegesteifigkeit ausübt, wobei mit größer werdendem TM-Gehalt der Anstieg der Kurve zurückgeht (Bild 5).

3. Diskussion der Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Aufgrund der von den einzelnen Versuchsanstellern angewendeten unterschiedlichen Meßverfahren sind die daraus hervorgegangenen experimentellen Ergebnisse nicht ohne weiteres untereinander vergleichbar. Darüber hinaus hat eine mehr oder minder stark voneinander abweichende Aufgabenstellung der Versuchsansteller, bis auf WIENECKE [2], zu keiner quantitativen Aussage über die Biegesteifigkeit der untersuchten Materialien geführt. Da aber die biomechanischen Einflußgrößen verschiedentlich sehr eng miteinander zusammenhängen, ist eine qualitative Aussage wenigstens in den Fällen möglich, wo eine ähnliche Meßmethodik Anwendung gefunden hat, wenn sie auch zur Bestimmung einer anderen biomechanischen Einflußgröße, wie beispielsweise des E-Moduls, benutzt wurde.

Erste Ergebnisse bei der Untersuchung biomechanischer Eigenschaften von Baumwoll-, Tabak-, und Luzernestengeln, Timothee- und Raygras zeigen, daß Biegesteifigkeit, Zug-Druck- und Scherbeanspruchung wesentlich von den morphologischen Merkmalen und dabei hauptsächlich aber vom Durchmesser sowie von den pflanzenspezifischen Parametern,

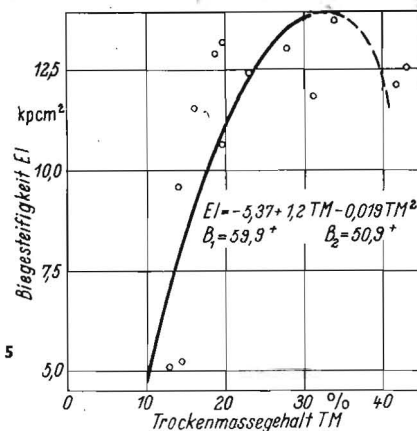
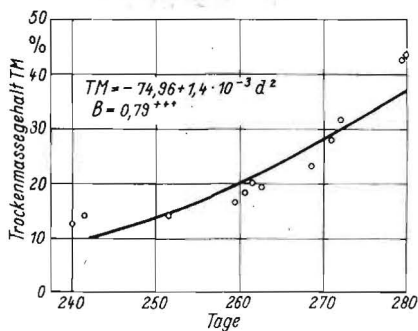
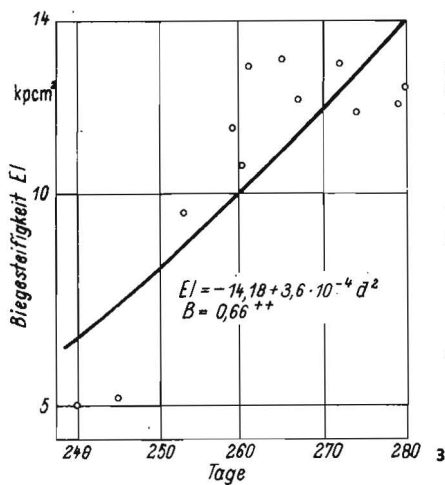


Bild 3. Einfluß des Wachstumsstadiums auf die Biegesteifigkeit von Roggenhalmen. Ein Meßwert ist der Mittelwert aus jeweils 80 Einzelmessungen

Bild 4. Trockenmasse von Roggenhalmen in Abhängigkeit vom Wachstumsstadium. Ein Meßwert ist der Mittelwert aus jeweils 80 Einzelmessungen

Bild 5. Einfluß des Trockenmassegehaltes auf die Biegesteifigkeit von Roggenhalmen

insbesondere vom Trockensubstanzgehalt, abhängen [3]. SUGGS und SPLINTER untersuchten das Verhalten von Tabakstengeln und stellten fest, daß der bei Zugversuchen gemessene E-Modul gegenüber dem bei Druckversuchen gemessenen E-Modul um das Mehrfache höher lag [4]. Sie beobachteten ferner einen viskoelastischen Effekt, der sich in dem Spannungs-Relaxationsverhalten der Tabakstengel widerspiegelt. Untersuchungen von McLELLAND, SPIELREIN und PRINCE ergaben eine lineare Beziehung zwischen der max. Zugfestigkeit und der spezifischen Halmmasse [5]. HALYK und HURLBUT fanden, daß die maximale Zugfestigkeit und die maximale Scherfestigkeit von Luzernestengeln dem Feuchtigkeitsgehalt umgekehrt und der Trockenmassendichte direkt proportional ist [6]. PRINCE konnte überdies feststellen, daß sich die maximale Zugfestigkeit zum Stengeldurchmesser direkt proportional verhielt.

Das Kraft-Biege-Verhalten von Baumwollstengeln beschreiben CURTIS und HENDRICK durch die Exponentialfunktion der Form

$$f = a \cdot e^{bf}$$

Darin bedeuten:

F Kraft

b Anstieg

f Biegung

Sie konnten dabei feststellen, daß Stengeldurchmesser und Feuchtigkeitsgehalt den wesentlichsten Einfluß auf die Biegekraft ausübten [7].

WIENECKE hat die Biegesteifigkeit von Gras- und Weizenhalmen bestimmt und dabei die Beobachtung gemacht, daß E.I für Gras mit steigendem Feuchtigkeitsgehalt zunächst absinkt, bei etwa 40 Prozent Feuchtigkeitsgehalt ein Minimum durchläuft und dann rasch wieder anwächst. Die Biegesteifigkeit trockener Strohhalme wird mit 4 bis 30 kg/cm² angegeben. Geht man von der Annahme aus, daß zwischen Roggen und Weizen keine grundsätzlichen biomechanischen und morphologischen Unterschiede bestehen, kann von einer Übereinstimmung der Meßergebnisse in der Größenordnung gesprochen werden.

Das spricht einerseits für die Eignung der gewählten Meßmethode, erfordert aber andererseits die Ausdehnung der Untersuchung auf andere biologische Materialien. Es ergibt sich ferner die Notwendigkeit, das Biegesteifigkeitsverhalten von Roggenhalmen auch bei höheren TM-Gehalten zu untersuchen, um den Einfluß des TM-Gehaltes auf die Biegesteifigkeit besser beurteilen zu können.

Zusammenfassung

Als eine der biomechanischen Einflußgrößen auf die Schneidarbeit bei freiem Schnitt ist die Biegesteifigkeit von Roggenhalmen in Abhängigkeit vom Wachstumsstadium und vom TM-Gehalt bestimmt worden. Dabei war festzustellen, daß die Biegesteifigkeit mit wachsendem Alter der Pflanzen und mit größer werdendem TM-Gehalt in der untersuchten Wachstumszeitspanne ansteigt.

Literatur

- [1] LEHMANN, S.: Meßwertgeber zur Bestimmung der Schneidarbeit bei freiem Schnitt. Deutsche Agrartechnik (1970) H. 10, S. 455
- [2] WIENECKE, F.: Wickel- und Reibungsuntersuchungen an Wellen und anderen umlaufenden Maschinenteilen. VDI-Forschungsheft 463 Ausg. B, Bd. 23 (1957)
- [3] PRINCE, R. P. / I. W. BARTOK jr. / BRADWAY: Shear stress and modulus of elasticity of selected forage (Scherspannung und E-Module ausgewählter Futterarten). Trans. ASAE 12 (1969) Nr. 4, S. 426 bis 429
- [4] SUGGS, C. W. / W. E. SPLINTER: Mechanical properties of tobacco stalks (Mechanische Eigenschaften von Tabakstengeln). Trans. ASAE 8 (1965) Nr. 3, S. 361 bis 364
- [5] PRINCE, R. P.: Measurement of ultimate strength of forage stalks (Messung der Zerreißeigenschaft von Futterstengeln). Trans. ASAE 4 (1961) Nr. 2, S. 208 und 209
- [6] HALYK, R. M. / L. W. HURLBUT: Tensile and shear strength characteristics of alfalfa stems (Zug- und Scherfestigkeitsverhalten von Luzernestengeln). Trans. ASAE 11 (1968) Nr. 2, S. 256 und 257
- [7] CURTIS, L. M. / J. G. HENDRICK: A study of bending-strength properties of cotton stalks (Eine Untersuchung der Biegesteifigkeitseigenschaften von Baumwollstengeln). Trans. ASAE 12 (1969) Nr. 1, S. 39 und 40 A 8093

Ein Tip für den Terminkalender

unserer Leser im Ausland, der deutschen Bundesrepublik und Westberlin:

Bitte denken Sie rechtzeitig an die Erneuerung Ihres Abonnements. Bei einer Unterbrechung können wir Ihnen den lückenlosen Nachbezug der einzelnen Hefte nicht garantieren.

A 8020