Zeitschrift: Landtechnik Schweiz
Herausgeber: Landtechnik Schweiz
Band: 51 (1989)
Heft: 4

Artikel: Ergebnisse einer Ackerfräsenuntersuchung
Autor: Blümel, Karl
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1080610

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Ergebnisse einer Ackerfräsenuntersuchung

von Karl Blümel, Stuttgart-Hohenheim*)

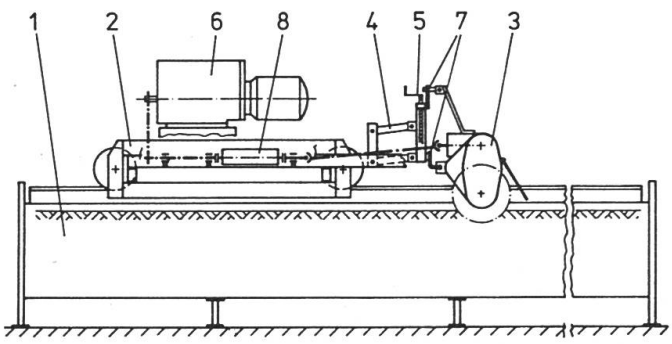
Obwohl die Fräskultur schon einige Zeit bekannt war und eine gewisse Vorgeschichte hatte, begann die eigentliche Entwicklung der Fräse bis zu ihrer heutigen Form und Verbreitung doch erst um das Jahr 1910. Im Gegensatz zu den Anfangszeiten des Fräseneinsatzes, wo die Fräsen zunächst komplette Maschinen mit eigenem Antriebsaggregat darstellten und später dann als Anhängefräsen gebaut wurden, kennen wir heute in der Landwirtschaft nur noch Dreipunktheckanbaugeräte. Das Studium der Fachliteratur zeigt, dass man sich seit der Erfindung der Bodenfräse immer wieder mit den Problemen dieses Gerätes sowohl aus acker- bzw. pflanzenbaulicher Sicht wie auch unter Beachtung technischer Fragestellungen beschäftigt hat.

In den bekannten Forschungsarbeiten über Bodenfräsen befasste man sich vorwiegend mit dem Leistungsbedarf in Abhängigkeit von der Arbeitstiefe bei relativ niedrigen Geschwindigkeiten bis knapp 3 km/h. Da aber Fräsen heute bis zu einer Arbeitsgeschwindigkeit von ungefähr 6 km/h eingesetzt werden und im praktisch interessierenden Geschwindigkeitsbereich zwischen 3 km/h und 6 km/h die Drehmomente, vor allem aber die an der Fräse auftretenden Kräfte, in Abhängigkeit von den Parametern (variable Grössen): Arbeitstiefe, Arbeitsgeschwindigkeit, Rotordrehzahl und Messerform noch kaum ermittelt wurden, sollte dies unter reproduzierbaren Versuchsbedingungen geschehen. So entschied man sich, nicht zuletzt auch gerade wegen der angestrebten Vergleichbarkeit der Messergebnisse untereinander, für Untersuchungen unter genau definierten Bedingungen (Bodenrinne).

*) Dipl.-Ing. Dr. K. Blümel ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim.

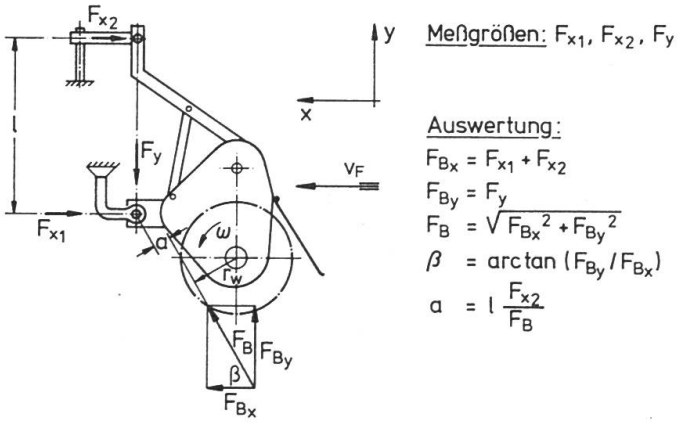
Versuchsaufbau

Es wurde daher an einer vorhandenen Bodenrinne eine Versuchseinrichtung erstellt, die es ermöglichte, mit Hilfe von Kraftaufnehmern die in der Fräsenaufhängung wirkenden Kräfte sowie das Antriebsmoment der Fräse mittels Drehmomentmesswelle abhängig von der Arbeitstiefe, -geschwindigkeit, Rotordrehzahl und Fräswerkzeugform zu ermitteln. Bild 1 zeigt die Schemaskizze des Versuchsstandes, Bild 2 die schematische Darstellung des Messprinzips zur Ermittlung der am Fräsrotor angreifenden Bodenwider-

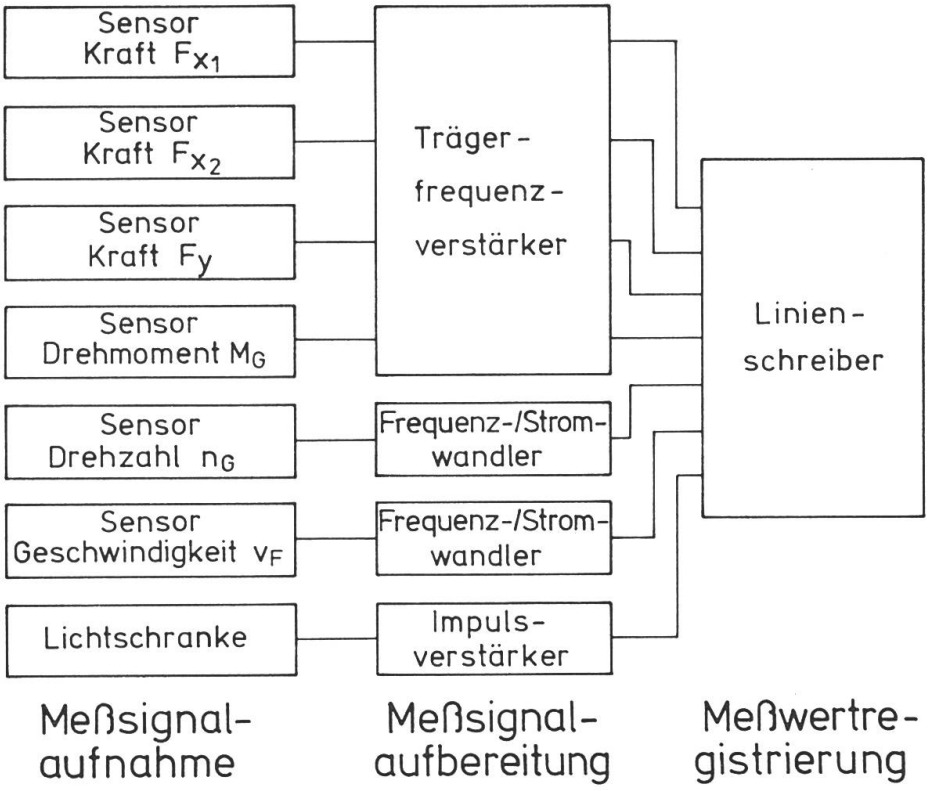


1 Bodenrinne
2 Meßwagen
3 Fräse
4 Parallelogrammaufhängung
5 Arbeitstiefeneinstellspindel
6 Getriebe
7 Kraftaufnehmer
8 Drehmomentenmeßwelle

1: Schemaskizze des Versuchsstands.



2: Schematische Darstellung des Messprinzips zur Ermittlung der am Fräsrotor angreifenden Bodenwiderstandskraft.



3: Blockschaltbild der gesamten Messkette.

standskraft und Bild 3 das Blockschaltbild der gesamten Messkette. Alle Untersuchungen wurden mit einem Winkel- und Mulchmesserrotor durchgeführt. Dabei ist jeweils mit Arbeitsgeschwindigkeiten zwischen v_F = 0,5 km/h und v_F = 8 km/h sowie mit 8 verschiedenen Fräsenrotordrehzahlen zwischen n_R = 130 1/min (u_W = 3,1 m/s bzw. u_M = 2,8 m/s) und n_R = 315 1/min (u_W = 7,5 m/s bzw. u_M = 6,7 m/s) bei Arbeitstiefen von h = 8 cm bzw. h = 13 cm gearbeitet worden.

Versuchsergebnisse

Antriebsmoment der Fräse

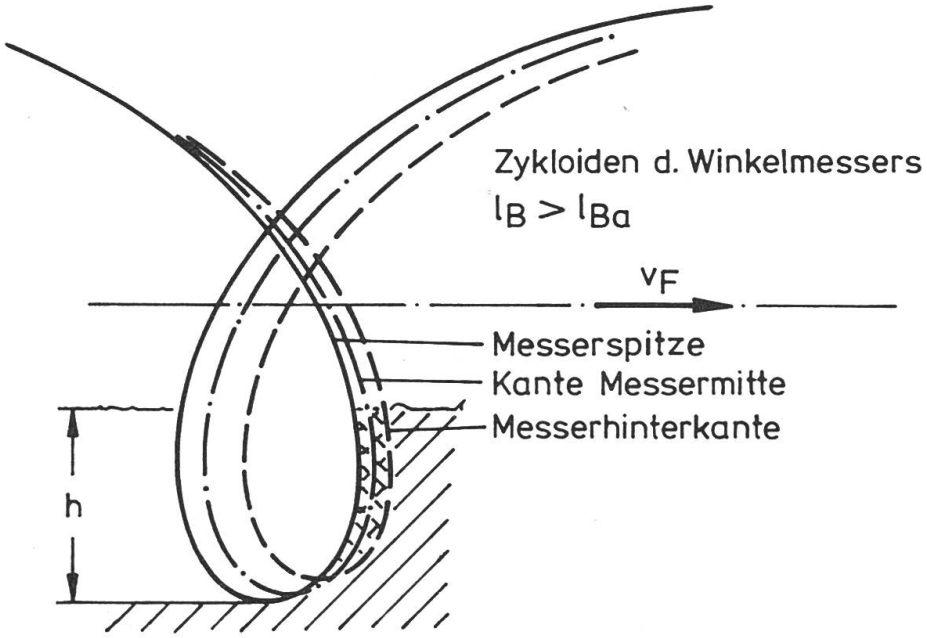
Betrachtet man den Energiefluss in einer Ackerfräse, so lassen sich 3 Hauptanteile erkennen:

1. Schnittenergie, 2. Reibenergie, 3. Beschleunigungsenergie.

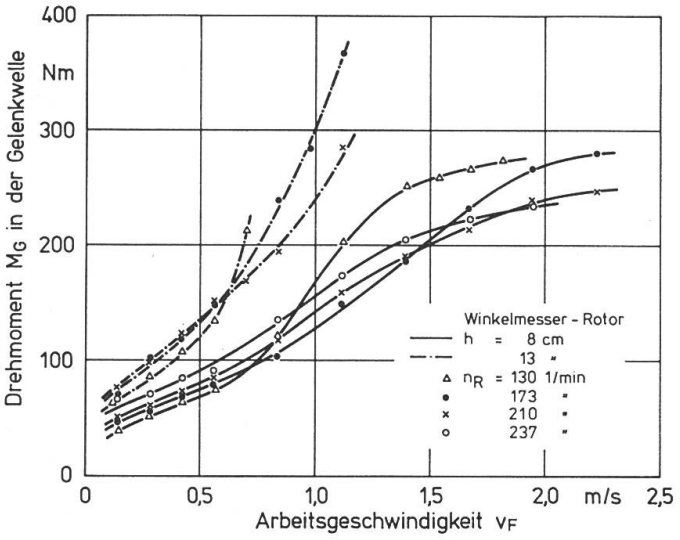
Die weitere Aufgliederung dieser 3 Energiehauptanteile soll hier nicht näher behandelt werden. Ferner konnte durch Überprüfen der Werkzeugbahnen ganz eindeutig nachgewiesen werden, dass nach dem Überschreiten gewisser Bissengrössen einzelne Stellen des Werkzeugs am noch unbearbeiteten Boden anlaufen bzw. reiben («Anlaufbissenlänge»). Bild 4 macht den Zykloidenverlauf der exponierten Teile des untersuchten Winkelmessers deutlich.

Bild 5 zeigt das Antriebsdrehmoment M_G der Fräse mit Winkelmessertrommel in Abhängigkeit von der Arbeitsgeschwindigkeit v_F bei konstanter Rotordrehzahl n_R und konstanter Frästiefe h. Das Drehmoment, als Funktion der Bissenlänge l_B aufgetragen, würde natürlich die gleiche Kurvencharakteristik aufweisen. Alle Momentenkurven haben einen S-förmigen Verlauf.

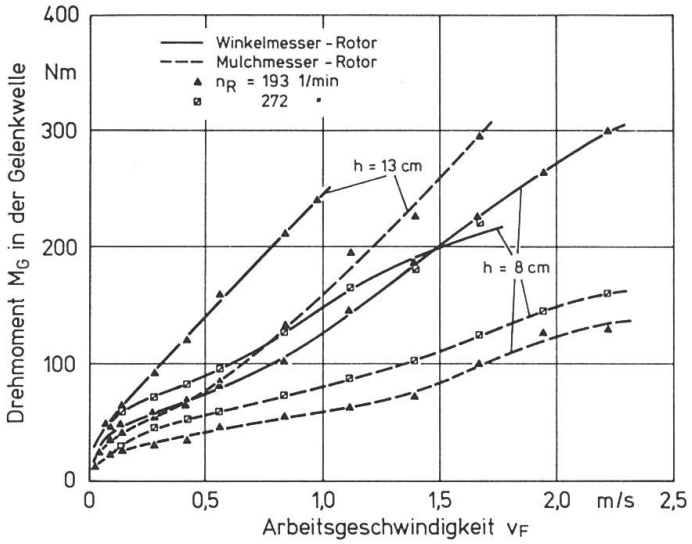
Um die Diagrammkurven besser analysieren zu können, soll der Drehmomentenverlauf anhand der Versuchsserie mit der Rotordrehzahl n_R = 130 1/min und der Frästiefe h = 8 cm stellvertretend für alle anderen Versuchsreihen diskutiert werden (s. Bild



4: Zykloidenverlauf exponierter Stellen des Winkelmessers bei Bissenlängen $l_B > l_{Ba}$ (hier bei n_R = 130 1/min, v_F = 1,67 m/s und γ = 1,99).



5: Abhängigkeit des Antriebsdrehmoments M_G der Fräse mit Winkelmessertrommel von der Arbeitsgeschwindigkeit v_F bei konstanter Rotordrehzahl n_R und konstanter Frästiefe h.



6: Abhängigkeit des Antriebsdrehmoments M_G der Fräse mit Winkel- bzw. Mulchmessertrommel von der Arbeitsgeschwindigkeit v_F bei konstanter Rotordrehzahl n_R und konstanter Frästiefe h.

5). Man sieht hier, dass die Drehmomentenkurve im Bereich geringer Geschwindigkeiten bis etwa v_F = 0,6 m/s (Bereich A) mit zunehmender Arbeitsgeschwindigkeit relativ flach ansteigend verläuft. Oberhalb dieser Fahrgeschwindigkeit, zwischen v_F = 0,6 m/s und etwa v_F = 1,2 m/s (Bereich B), weist der Momentenverlauf einen starken Anstieg auf, um anschliessend bei Geschwindigkeiten ab ungefähr v_F = 1,2 m/s bis v_F = 1,8 m/s (Bereich C) degressiv ansteigend weiter zu verlaufen. Es lässt sich also der gesamte Drehmomentenverlauf in 3 ausgeprägte Kurvenabschnitte aufteilen.

Im Bereich A ist der Reibenergieanteil von untergeordneter Bedeutung. Hier bestimmen die Schnitt- und Beschleunigungsenergieanteile aufgrund des Anwachsens der Bissenvolumina den ermittelten Kurvenverlauf. Einen bemerkenswert steilen Anstieg weist dagegen die Momentenkurve im Bereich B auf. Hier wirkt sich, neben den stetig zunehmenden Schnitt- und Beschleunigungswiderständen, vor allem die Reibung als Folge des Anlaufens exponierter Werkzeugpartien am noch un-

Zeichenerklärung

a [m]
Abstand der Wirkungslinie der Kraft F_B vom Koppelmittelpunkt der L-förmigen Kraftaufnehmer (Bild 2).

F_{x1}, F_{x2} [N]
Horizontalkomponenten der Reaktionskraft in den Kraftaufnehmern.

F_x [N]
Summe der Horizontalkomponenten F_{x1} und F_{x2}.

F_Y [N]
Vertikalkomponente der Reaktionskraft in den Kraftaufnehmern.

F_B [N]
Bodenwiderstandskraft.

F_{Bx} [N]
Horizontalkomponente des Bodenwiderstands.

F_{By} [N]
Vertikalkomponente des Bodenwiderstands.

h [m]
Frästiefe.

l [m]
Abstand der Koppelpunkte in der Vertikalebene (Bild 2).

l_B [m]
Bissenlänge.

l_{Ba} [m]
Anlaufbissenlänge.

l_{Bg} [m]
theoretische Grenzbissenlänge.

M_G [Nm]
Antriebsdrehmoment der Fräse in der Gelenkwelle.

n_R [1/min]
Fräsrotordrehzahl.

r_W [m]
wirksamer Radius der Kraft F_B.

u_W [m/s]
Umfangsgeschwindigkeit des Fräsmessers im Spitzenkreis beim Winkelmesserrotor.

u_M [m/s]
Umfangsgeschwindigkeit des Fräsmessers im Spitzenkreis beim Mulchmesserrotor.

v_F [m/s]
Arbeitsgeschwindigkeit, Messwagenfahrgeschwindigkeit.

ß [°]
Anstellwinkel der Kraft F_B gegenüber der Horizontalen.

γ [–]
Geschwindigkeitsverhältnis u/v_F.

[rad/s]
Winkelgeschwindigkeit des Fräsrotors.

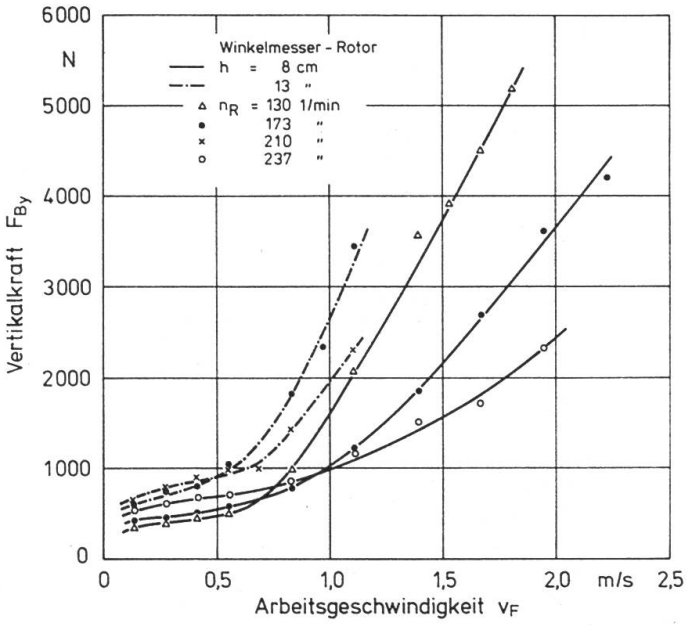
bearbeiteten Boden auf die Grösse des Moments aus. Wie schon erwähnt, verläuft die Drehmomentenkurve im Bereich C degressiv ansteigend. An der unteren Grenze dieses Geschwindigkeitsabschnitts, exakt bei v_F = 1,263 m/s (4,55 km/h), wird für das gewählte Beispiel bereits die Grenzbissenlänge, also die Bissengrösse, bei der die gesamte Ackeroberfläche gerade noch von der Fräse bearbeitet wird (hier: l_{Bg} = 19,4 cm), erreicht. Während bis zum Erreichen dieser Grenzbissenlänge l_{Bg} das herausgefräste Bissenvolumen also stetig wächst, nimmt nach deren Überschreiten das je Fräsmesser herausgeschnittene Bodenvolumen bei weiterer Arbeitsgeschwindigkeitserhöhung ab. Der Beschleunigungsenergieanteil wird daher mit zunehmender Geschwindigkeit v_F infolge kontinuierlicher Verkleinerung der herausgeschnittenen und zu beschleunigenden Bodenmasse langsam ständig abnehmen. Dagegen wird der Schnittenergieanteil ansteigen, da der für den Bodenschnitt benötigte Weg des Messers grösser wird. Für die landwirtschaftliche Praxis ist der Bereich C daher ohne Bedeutung.

Das Gesagte gilt für alle aufgenommenen Kurven $M_G = f(v_F)$ bzw. $M_G = f(l_B)$. (Drehmoment als Funktion der Arbeitsgeschwindigkeit bzw. als Funktion der Bissenlänge.) Allerdings verschiebt sich mit zunehmender Rotordrehzahl die Grenzbissenlänge zu höheren Arbeitsgeschwindigkeiten hin. Dadurch erklärt sich auch der mit ansteigender Rotordrehzahl bei gleicher Arbeitstiefe immer flacher werdende Momentenverlauf, da sich die Grenzen der einzelnen Geschwindigkeitsbereiche A, B und C ebenfalls zu höheren Arbeitsgeschwindigkeiten hin verlagern.

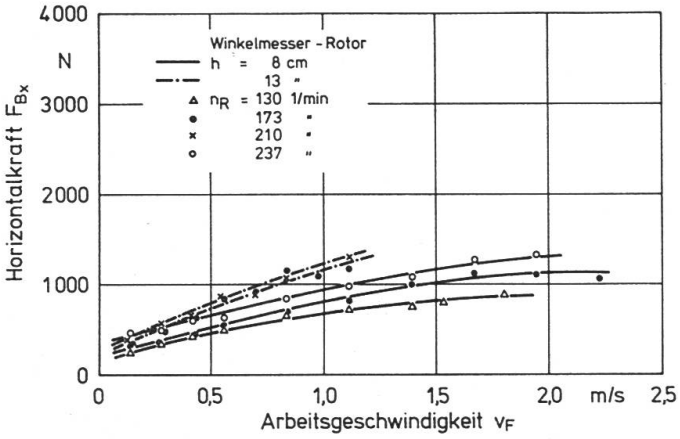
Bild 6 zeigt eine Gegenüberstellung des Antriebsmoments der Fräse mit Winkel- bzw. Mulchmessertrommel (gerade Messer), abhängig von der Arbeitsgeschwindigkeit v_F. Bei gleichen Einsatzbedingungen beider Frästrommeln ist das erforderliche Antriebsdrehmoment des Mulchmesserrotors je nach gewählter Rotordrehzahl und Arbeitsgeschwindigkeit um etwa 35% bis 65% niedriger als das der Winkelmessertrommel.

Kräfte der Fräse

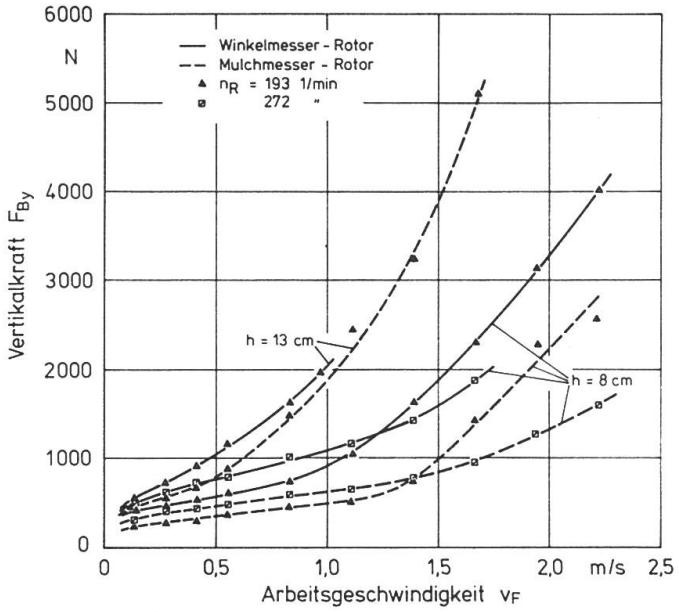
Die Kenntnis der beim Fräsen vom Boden auf den Rotor wirkenden Vertikalkraft ist von entscheidender Bedeutung, da ihr auftretender Maximalwert stets durch das Eigengewicht der Ackerfräse kompensiert werden und daher immer kleiner als das Fräsengewicht sein muss, wenn die vorgewählte Arbeitstiefe jederzeit eingehalten werden soll.



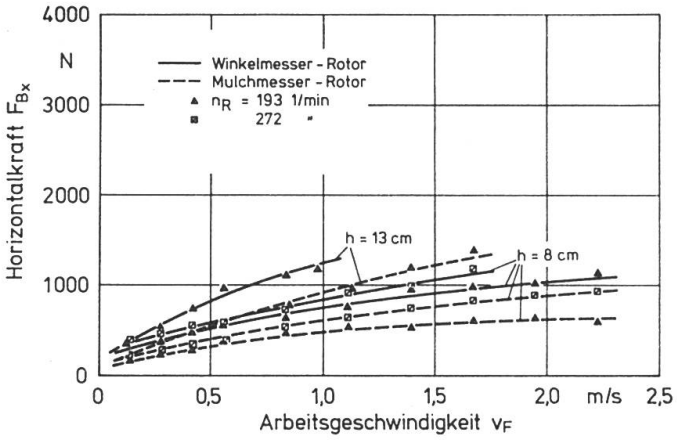
7: Abhängigkeit der Vertikalkraft F_{BV} bei der Fräse mit Winkelmessertrommel von der Arbeitsgeschwindikeit v_F bei konstanter Rotordrehzahl n_R und konstanter Frästiefe h.



8: Abhängigkeit der Horizontalkraft F_{BX} bei der Fräse mit Winkelmesstrommel von der Arbeitsgeschwindigkeit v_F bei konstanter Rotordrehzahl n_R und konstanter Frästiefe h.



9: Abhängigkeit der Vertikalkraft F_{By} bei der Fräse mit Winkel- bzw. Mulchmessertrommel von der Arbeitsgeschwindigkeit v_F bei konstanter Rotordrehzahl n_R und konstanter Frästiefe h.



10: Abhängigkeit der Horizontalkraft F_{Bx} bei der Fräse mit Winkel- bzw. Mulchmessertrommel von der Arbeitsgeschwindigkeit v_F bei konstanter Rotordrehzahl n_R und konstanter Frästiefe h.

Bild 7 gibt den Vertikalkraftverlauf bei der Fräse mit Winkelmesserrotor, abhängig von der Arbeitsgeschwindigkeit v_F bei konstanter Rotordrehzahl n_R und konstanter Frästiefe h, wieder. Die Vertikalkraft F_{By} nimmt also bei gleichbleibender Frästrommeldrehzahl mit grösser werdender Arbeitsgeschwindigkeit, folglich also auch mit wachsender Bissenlänge, ständig zu. Ferner sind im Bereich kleiner Arbeitsgeschwindigkeiten die Absolutwerte der Vertikalkraft bei gleich grosser Fahrgeschwindigkeit trotz kleinerer Bissenlänge um so höher, je grösser die Fräswellendrehzahl ist. Dieses Verhalten der Vertikalkraft bei relativ geringen Arbeitsgeschwindigkeiten bzw. kleinen Bissenlängen ist auf die grössere Impulswirkung beim Einschlagen der Fräswerkzeuge in den Boden infolge der höheren Rotordrehzahlen zurückzuführen. Aus dem Diagramm Bild 7 geht weiterhin hervor, dass alle Kurven der Vertikalkraft F_{By} im Bereich kleinerer Arbeitsgeschwindigkeiten mit wachsender Fahrgeschwindigkeit v_F ziemlich flach ansteigend verlaufen. Infolgedessen dürfte hier der Abstützeffekt der Fräsmesser im Boden noch kaum zum Tragen kommen. Auffallend ist jedoch der plötzlich ziemlich steile Anstieg der Vertikalkraft $F_{By} = f\ (v_F)$ nach Überschreiten einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit bzw. Bissenlänge, wobei die einzelnen Vertikalkraftkurven mit unterschiedlichen Rotorzahlen als Parameter (variable Grösse) auch verschiedene Steigungen aufweisen. Der Beginn der steileren Kurvenabschnitte fällt mit dem Beginn des Anlaufens exponierter Werkzeugpartien am unbearbeiteten Boden zusammen. Das Diagramm Bild 7 sagt also folgendes aus: Je schneller die Bissenlänge mit zunehmender Arbeitsgeschwindigkeit bei vorgegebener Rotordrehzahl wächst – dies ist vor allem bei kleineren Fräswellendrehzahlen im Vergleich zu höheren gegeben –, bei desto kleineren Fahrgeschwindigkeiten wird einmal die Anlaufbissenlänge l_{Ba} erreicht und desto steiler ist auch zum anderen der Anstieg der Kurve $F_{By} = f\ (v_F)$. Dies bedeutet andererseits, dass die Steigung der einzelnen Funktionskurven $F_{By} = f\ (v_F)$ mit grösser werdender Rotordrehzahl als Parameter abnimmt.

Bezüglich der Horizontalkraft wurde bei der untersuchten Gleichlauffräse stets eine Schubwirkung festgestellt. Die Horizontalkraft F_{Bx} nimmt, wie Bild 8 zeigt, in allen Fällen mit grösser werdender Arbeitsgeschwindigkeit v_F und so auch mit wachsender Bissenlänge l_B stetig und leicht degressiv ansteigend zu. Dies ist unter anderem auf die betragsmässig grössere Werkzeugumfangsgeschwindigkeit selbst bei der kleinsten verwendeten Fräs-

trommeldrehzahl im Vergleich zur Arbeitsgeschwindigkeit zurückzuführen. Weder beim Winkel- noch beim Mulchmesserrotor liegt nach Überschreiten der Anlaufbissenlänge l_{Ba} eine signifikante Erhöhung der Horizontalkraft vor. Folglich muss bei der Horizontalkraft neben der Bissengrösse auch die Impulswirkung der Werkzeuge eine Rolle spielen. Denn bei gleichen Arbeitsgeschwindigkeiten sind trotz kleinerer Bissenlängen umso höhere Horizontalkraftkomponenten F_{Bx} des Bodenwiderstands ermittelt worden, je grösser auch die Fräswellendrehzahlen waren.
Das Bild 9 zeigt die Vertikalkraft F_{By} von Winkel- und Mulchmesserrotor, das Bild 10 die Horizontalkraft F_{Bx} von Winkel- und Mulchmesserrotor, jeweils von der Arbeitsgeschwindigkeit abhängig für die beiden Rotordrehzahlen n_R = 193 1/min und n_R = 272 1/min. Vergleicht man die an den Frästrommeln angreifenden Kräfte bei der für beide Rotorausführungen gleich grossen und in der Praxis gebräuchlichen Bissenlängen, so sind beim Mulchmesserrotor die Vertikalkraft bis maximal etwa 70% und die Horizontalkraft bis ungefähr 50% kleiner als bei der Winkelmessertrommel. Die höheren Werte beim Winkelmesserrotor kommen dadurch zustande, dass sich das Winkelmesser aufgrund seiner Formgebung stärker im Boden «abstützen» kann als das Mulchmesser.

Zusammenfassung

Aus der Vielzahl der bei umfangreichen Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse konnten hier nur einige wenige wiedergegeben werden. Auf die in dieser Arbeit* gegebenen Definitionen für die Grenzarbeitsgeschwindigkeit, die -bissenlänge, das -geschwindigkeitsverhältnis und die Resthöhe konnte hier ebenso wenig eingegangen werden, wie auf die Gleichungen, die für diese eben erwähnten Grössen sowie für den Abstand zwischen dem Fräsmessereintritt in den Boden und seinem Austritt, für die Länge des Schnittwegs des Fräswerkzeugs im Boden wie auch für den wirksamen Radius der resultierenden Bodenwiderstandskraft aufgestellt wurden.
Die durchgeführten Untersuchungen sowie die aus den mathematischen Gleichungen abgeleiteten Betrachtungen und Ergebnisse dürften nicht nur theoretische Bedeutung haben, sondern auch gegebenfalls künftig für eine günstigere Fräswerkzeuggestaltung relevant sein. Bei einer optimaleren Fräsmesserausbildung als bislang üblich, durch die ein Anlaufen von Werkzeugteilen am noch unbearbeiteten Boden ganz verhindert oder zumindest stark reduziert wird, dürfte besonders beim Winkelmesserrotor eine beachtliche Senkung der erforderlichen Fräsenantriebsleistung und der auftretenden Vertikalkraft erzielt werden können.

* Blümel, K.: Messungen an einer Ackerfräse in der Bodenrinne unter besonderer Berücksichtigung der auftretenden Kräfte.
Diss. Hohenheim 1986, Forschungsbericht Agrartechnik, MEG-Heft 129.

Strom sparen

Im Anschluss an die Jahresversammlung der Sektion Beider Basel und Umgebung hielt Robert Melin von der Elektra Baselland ein Referat über die Stromsparmöglichkeiten im landwirtschaftlichen Betrieb.

An Hand eines konkreten Beispiels verglich er die Anzahl der installierten Apparate, die vor 20 Jahren vorhanden gewesen waren, mit der Zahl 4 Jahre später nach der Sanierung von Haus und Hof. Der Stromverbrauch betrug damals rund 7000 kWh pro Jahr. Im Jahre 1987 waren es mehr als 40'000 kWh. Dennoch – so Melin – falle es aus heutiger Sicht schwer, in der Landwirtschaft wirksame Sparmöglichkeiten zu empfehlen. Verbesserungen seien in den letzten Jahren insofern erzielt worden, als die Elektromotoren so dimensioniert werden, dass sich energiefressende Leistungsreserven vermeiden lassen. Was die Beeinflussung der Stromtarife betrifft, gelte nach wie vor die Empfehlung, grosse Stromverbraucher nicht gleichzeitig zu benützen, damit als Folge der Erfassung von Leitungsspitzen der Strom nicht massiv verteuert werde.

Die Tarifpolitik der EWs in bezug auf die landwirtschaftlichen Betriebe, dies zeigte sich auch in der anschliessenden Diskussion, ist und bleibt aus bäuerlicher Sicht ein Stein des Anstosses. Man sei, so lautete die Schlussfolgerung, gut beraten, im Hinblick auf Investitionen mit mehr oder weniger grossen Stromverbrauchern sich über die örtlichen oder regionalen Tarife vorgängig Rechenschaft zu geben.