

Die Fräse im landwirtschaftlichen Einsatz Versuchsergebnisse und Bodenmessungen

Von Walter Feuerlein

Rotierende, angetriebene Bodenbearbeitungsgeräte treten uns in mannigfachen Formen entgegen. Bei der Behandlung unseres Themas soll von so eigenwilligen und nicht sehr verbreiteten Bauformen abgesehen werden, wie sie z.B. durch den amerikanischen *Tillmaster* (einer quer zur Fahrtrichtung arbeitenden, horizontalen Schnecke von 80 cm Länge), durch den schweizerischen *Dufour*-Pflug (eine senkrechte, angetriebene Scheibe) oder durch das deutsche *Kofink*-Gerät (2 Rotoren mit je 3 gegenseitig umlaufenden, senkrechten Messern) vertreten werden. Ebenso sollen die Fräsen im Gartenbau und in der Forstwirtschaft nur hinweisend erwähnt werden. Sie sind in ihrem Arbeitserfolg ebenso unbestritten wie die Fräsen in der Landeskultur, d.h. beim Urbarmachen von Heide, Moor und Ödland.

Was dem Landwirt, dem Hersteller und dem Konstrukteur Schwierigkeiten bereitet, sind die Ackerfräsen, also die Tieffräsen, die Leichtfräsen (vielleicht besser als Rotoreggen zu bezeichnen) und die Dreheggen am Mähmesserantrieb im landwirtschaftlichen Einsatz. Die Frage wird immer wieder gestellt, ob die Fräse, die zweifellos motorgerechter arbeitet als ein gezogenes, passiv arbeitendes Ackergerät, einem anhaltenden ackerbaulichen Bedürfnis entspricht. Dabei taucht die weitere Frage auf, ob die Fräse den Pflug oder seine Nachbearbeitungsgeräte zu ersetzen vermag oder ob sie als zusätzliches Gerät wirtschaftlich tragbar ist.

Die erste Ackerfräsenepoche in Deutschland war mit der Einstellung der Fertigung der *Siemens-Schuckert*-Gutsfräse (Bild 1) praktisch zu Ende

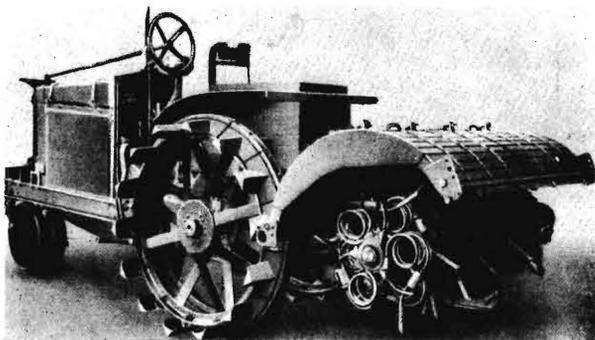


Bild 1. Die Gutsfräse der Siemens-Schuckert-Werke (SSW) mit den gefederten Haken nach von Meyenburg.

gegangen. Der Bericht von *Martiny* im Jahre 1931 über die Untersuchungen des Fräsausschusses des Reichskuratoriums für Technik in der Landwirtschaft (RKTL) konnte nur noch Empfehlungen für eine spätere Wiederaufnahme der Arbeiten geben. Technisch gipfelten diese Empfehlungen in der Forderung eines leicht abnehmbaren Frässhwanzes, wie er von *Dürkopp*, *Grams* und *Fey* schon damals gebaut worden war und wie er sich bei unseren heutigen zahlreichen Typen allgemein durchgesetzt hat. Wichtig für das neuerliche Aufkommen der Fräse sind jedoch landwirtschaftliche Veränderungen und Entwicklungen geworden, auf die später eingegangen werden soll.

Dürfen wir nun die alten Erfahrungen, Messungen und Versuchsergebnisse mit der SSW-Fräse auch für die Beurteilung des Arbeitserfolges der heutigen Fräsen heranziehen? Wenn wir nur die Ackerungsgüte in Betracht ziehen und wirtschaftliche Erwägungen außer acht lassen, so sind für den Fräserfolg die Ausbildung der Werkzeuge und die Intensität, mit der das Gerät den Boden bearbeitet, maßgebend. Die Intensität einer Fräse ergibt sich aus der Bissenlänge oder besser noch aus der Zahl der Einschläge je m² und aus der Wucht der einzelnen Einschläge, die bei ähnlichen Gewichten durch die Umfangsgeschwindigkeit der Frässterne charakterisiert wird.

Die Bissenlänge der SSW-Gutsfräse betrug seinerzeit im ersten Gang (1,6 km/h) bei einer Drehzahl von 150 U/min 5,9 cm und bei 180 U/min 4,9 cm; sie lag also durchaus im Bereich der Bissenlängen unserer heutigen Ackerfräsen, die – bei 2,8 km/h Durchschnittsgeschwindigkeit unserer ersten Ackergänge – bei Drehzahlen zwischen 107 und 245 U/min 3,2 bis 7,8 cm betragen. Die Umfangsgeschwindigkeit war damals 6,4 bis 7,7 m/s, heute liegt sie bei 3,7 bis 6,4 m/s. Die Arbeitsintensität der damaligen SSW-Fräse lag also nach Umfangsgeschwindigkeit und Bissenlänge nicht sehr viel höher als die unserer heutigen Fräsen. Wesentlich geändert hat sich dagegen die Form der Werkzeuge.

Den gefederten Haken nach dem Patent von *von Meyenburg* haben heute nur einige Gartenfräsenbauarten. Die heutigen Ackerfräsen besitzen dagegen

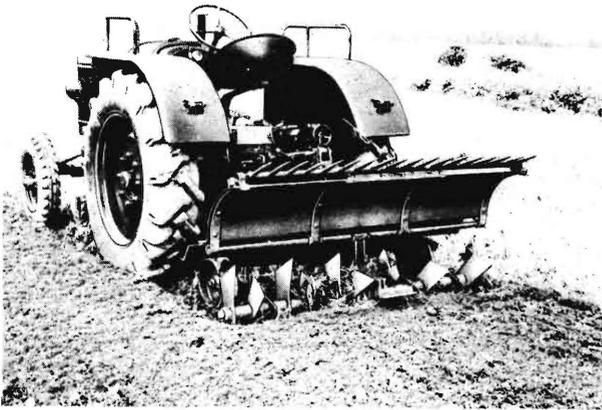


Bild 2. Die Spatenegge von Fahr beim Stoppelumbruch.

Spaten- oder Winkelmesser (Bild 2 und 3), die nur im Fall der Osthaus-Fräse gefedert sind.

Wir wollen nun die Zertrümmerungswirkung der alten und der neuen Werkzeugform bei ähnlicher Intensität anhand von Siebanalysen betrachten. In Bild 4 ist die Siebanalyse des mit der SSW-Gutsfräse bearbeiteten Ackers der Siebanalyse des gepflügten Ackers gegenübergestellt. Es wurde nun behauptet, daß es sich bei den kleineren Krümelgrößen von 40 mm und darunter um „erwünschte“ Krümelgrößen handele, daß also das fast völlige Fehlen der Siebanteile über 80 mm Durchmesser bei der Fräsarbeit deren Vorteil gegenüber der Pflugarbeit ausmache. Wir werden später sehen, daß dies

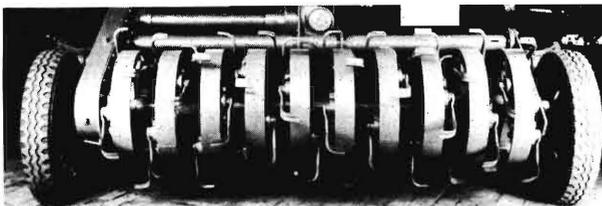


Bild 3. Die Osthaus-Fräse mit gefederten Winkelmessern.

durchaus nicht immer richtig ist, d.h., daß der Finbau von einzelnen größeren Schollen einen Vorteil der Pflugarbeit ausmachen kann.

In Völkenrode wurde der Arbeitserfolg der heutigen Fräsen von Eberhardt, Kirsch, Niedersachsenwerk und LMF-Hannover (Osthaus) mit dem eines Pfluges verglichen. In Bild 5 und 6 ist als Vertreterin der Fräsen mit starren Werkzeugen die Kirsch-Fräse und als Vertreterin der Fräsen mit gefederten Werkzeugen die Osthaus-Fräse gewählt worden. Sowohl in der Summenkurve wie in der Säulendarstellung ist die Relation der Anteile der Schollenanalyse derjenigen der SSW-Fräse in Bild 4 ähnlich. Auffallend ist, daß die Osthaus-Fräse, trotz etwas geringerer Intensität der Werkzeuge, nämlich trotz kleinerer Umfangsgeschwindigkeit und trotz weniger Einschlüge je m², d.h. bei etwas größerer Bissenlänge, weniger Grobkrümel hinterließ als die Kirsch-Fräse. Zur Ergründung der Ursache müssen die drei Faktoren: Form und Stellung des Haubendeckels, Werkzeugform und Federung der Werkzeuge noch näher untersucht werden.

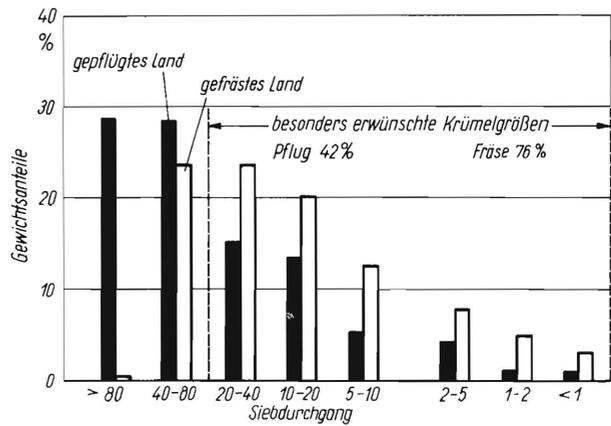


Bild 4. Siebanalysen des mit der SSW-Gutsfräse bearbeiteten Ackers und des gepflügten Ackers nach Unterlagen des Siemens-Versuchsgutes Gieshof. Tag der Bearbeitung 24. 4. 1924

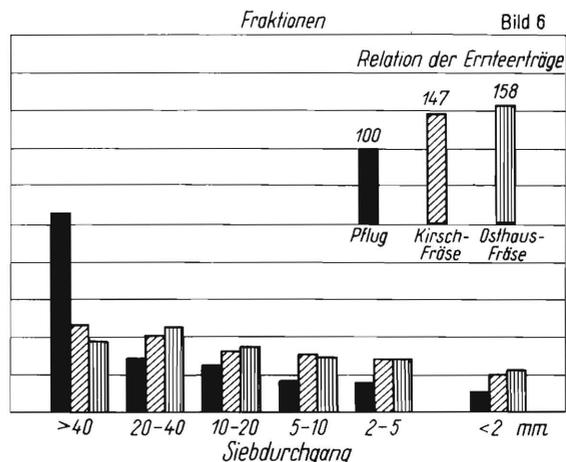
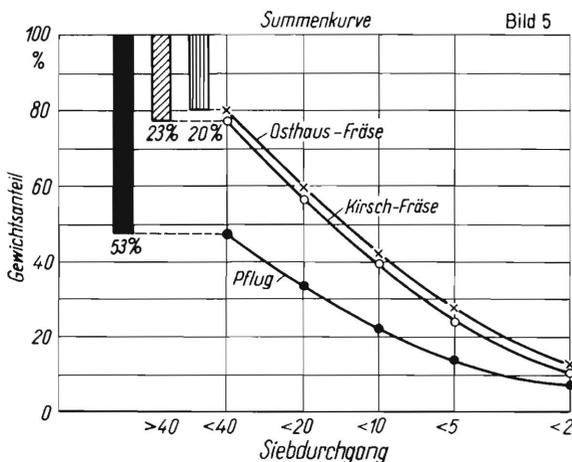


Bild 5 und 6. Siebanalysen von zwei gefrästen Parzellen und einer gepflügten Parzelle. Boden: humushaltiger toniger Lehm (Schlossgarten) Tag der Bearbeitung: 21.7.1956 Probenahme: 27.9.1956

	Umfangsgeschwindigkeit m/s	Einschlüge/m ²
Osthaus-Fräse	4,15	317
Kirsch-Fräse	5,63	445

Das Ernteergebnis mit einem hohen Mehrertrag an gepflanzten Kohlrüben auf den gefrästen Parzellen korrespondiert mit dem hohen Feinheitsgrad der Bodenkrümel. Die besonderen Umstände des Bodens und der Versuchsfrucht, unter denen das Ergebnis zustande kam, sollen später gewürdigt werden.

Die beiden Siebanalysenvergleiche zwischen Fräse und Pflug mögen dartun, daß wir trotz der unterschiedlichen Werkzeuge für einen Grobvergleich zwischen Fräse und Pflug doch wohl auf die Versuche mit der SSW-Fräse aus den Jahren 1922 bis 1929 zurückgreifen dürfen. Natürlich bleibt immer noch ein Spielraum für die besonderen Wirkungen verschiedener Werkzeugformen und Intensitätsgrade.

Von den Versuchsanstellern *Holldack, von Nitzsch, Martiny, Beyer, Gade*, später von *Grothe* u.a. wurden sehr spezifizierte Messungen verschiedenster Art durchgeführt. Wir dürfen aber die Bestimmungen der CO_2 -Entbindung, der Nitratbildung, des P_2O_5 -Gehaltes, der Bakterienzahl, der Kleintierentwicklung, auch die der Krümelbeständigkeit deshalb übergehen, weil sie im Vergleich Pflug – Fräse entweder nur kleinste Wertunterschiede ergaben oder aber unheitlich bzw. gegenläufig waren. Alle Versuche haben als Ausgangsfaktor (Kausalfaktor) die infolge der verschiedenen Bearbeitung unterschiedliche Bodenstruktur. Unberechenbare Faktoren während des Wachstums können diese unterschiedliche Struktur jedoch zu verschiedenen Wirkungen führen. Halten wir uns also an die Struktur selbst.

Ein Ausdruck für die ungleiche Struktur des Bodens ist z.B. die verschiedene Eindringtiefe des Frostes auf gepflügtem bzw. gefrästem Land (**Bild 7**). Gepflügter Boden hat, wie wir am Ergebnis der Siebanalyse gesehen haben, mehr Grobschollen, also auch mehr und größere Hohlräume, als gefräster Boden. Sie beeinflussen die Temperaturleitfähigkeit ebenso wie die für das Frieren nötige Wassernachlieferung.

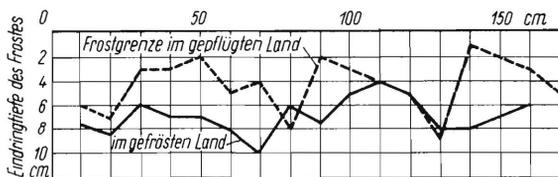


Bild 7. Eindringtiefe des Frostes ($-6^{\circ}C$) auf Aueboden nach Bearbeitung auf je 25 cm Tiefe mit SSW-Gutsfräse (30 PS) und Pflug (nach Versuchen der Prüfstation Halle im Dezember 1924).

Noch aufschlußreicher ist natürlich die Messung der Bodenstruktur selbst. Wir ziehen dazu das Porenvolumen und innerhalb dieses seine Aufteilung in Grobporen und Feinporen heran. Ein höherer Luftgehalt deutet auf einen größeren

Anteil an Grobporen, ein höherer Wassergehalt auf einen größeren Anteil an Feinporen hin. Wird der Boden nach konventioneller Methode mit Wasser getränkt, so bezeichnet man diesen Wassergehalt als seine Wasserkapazität, den dann übrigbleibenden Porenraum als seine Luftkapazität. Die Größe der Luftkapazität ist von großer Bedeutung für die Durchlüftbarkeit des Bodens im feuchten Zustand. Von dieser Größe wird in den Vereinigten Staaten von Amerika z.B. die Drainagebedürftigkeit eines Bodens abhängig gemacht.

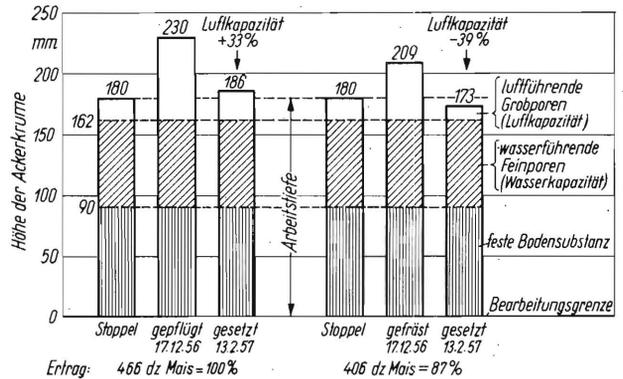


Bild 8. Bodensetzung gepflügten bzw. gefrästen Landes. Das gefräste Land hat sich unter seinen Ausgangszustand gesetzt; seine Luftkapazität ging um 39% zurück. Beim gepflügten Land lag die Luftkapazität um 33% höher als vor der Bearbeitung.

Probenahme am Tag der Bearbeitung: 17.12.1956
Probenahme nach Setzen: 13. 2.1957
Bodenart: toniger Lehm (Bodenrinne II)

Die Bearbeitung eines Bodens in unserer Bodenrinne (**Bild 8**) erhöhte sehr stark seine Luftkapazität, während sich die Größe der Bodensubstanz natürlich nicht und die Größe der Feinporen, also der Wasserkapazität – bezogen auf dieselbe Bodensubstanz –, kaum ändern. (Der Wassergehalt, der sich auf die Bodenmasse bezieht, betrug am 13.2.1957 auf der Pflugparzelle 26,4 Gew.%, auf der Fräsparzelle 26,0 Gew.%) Was wir mit der Bodenbearbeitung beeinflussen, sind also lediglich die Grobporen. Umgekehrt bedeutet die Setzung des Bodens über Winter lediglich einen Verlust an Luftkapazität. **Bild 8** zeigt das Ausmaß der beiden Bewegungen auf dem völlig unbetretenen Land der Bodenrinne. Die kleinen Unterschiede in der Lage der Bodenoberfläche der beiden Vergleichsparzellen gewinnen also die ihnen zukommende Bedeutung, wenn man sie als Veränderung der für das Pflanzenwachstum so wichtigen Luftkapazität wertet. Während die Luftkapazität der Pflugparzelle um 33% höher lag als beim Ausgangszustand vor der Bearbeitung im Herbst, lag die der Fräsparzelle um 39% darunter. Es bedarf der Pflanzenwurzeln usw., sie wieder zu erhöhen.

Im nassen Jahr 1956 drückte sich – bei mehrjähriger gleicher Bearbeitung dieser Parzellen –

die geringere Luftkapazität der Fräsparzelle in einem Ernteverlust an Grünmais aus:

auf gepflügtem Land 466 dz Mais = 100 %
auf gefrästem Land 406 dz Mais = 87 %

Die Wichtigkeit der größeren oder geringeren Belüftbarkeit der Böden geht aus vielen Fräsversuchen hervor. Für die Bodenbelüftung gibt es allerdings einen optimalen Schwellenwert: Die Erhöhung der Luftkapazität in von Natur schon lockeren Böden durch die Pflugarbeit kann für das Wachstum von auf Bodenschluß ansprechenden Pflanzen, wie z.B. Weizen, nachteilig sein.

Wir müssen die Beeinflussung des Luftgehaltes eines Bodens daher im Rahmen seines natürlichen Porenvolumens sehen. Ist das Gesamtporenvolumen an und für sich schon hoch – und für Weizen möglicherweise schon zu hoch –, so würde seine nochmalige Erhöhung und damit die Erhöhung der Luftkapazität, also der Grobporen, schädlich sein. Umgekehrt ist bei einem zur Dichtlagerung neigenden Boden mit niedrigem Porenvolumen jede Vermehrung von Grobporen in der Zeit der Frühjahrsfeuchtigkeit von Vorteil. Gegen den Sommer zu kann die Luftkapazität dann zugunsten einer höheren Wasserkapazität gern wieder abnehmen.

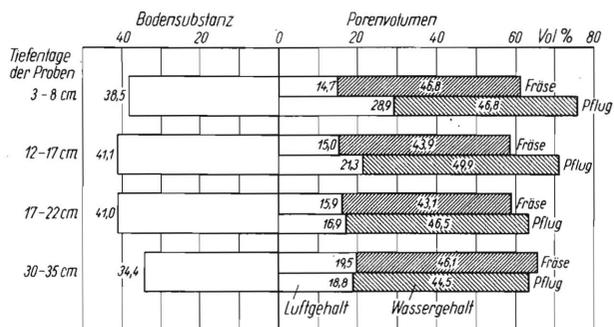


Bild 9. Weizenmehrertrag durch Fräsen im Vergleich zum Pflügen auf anmoorigem Boden.

Beim gefrästem Boden ist die Summe von fester Bodensubstanz und Porenvolumen (= Luftgehalt + Wassergehalt) gleich 100%. Beim gepflügten Boden wurde das Porenvolumen auf den Gehalt an fester Bodensubstanz beim Fräsen bezogen.

Tag der Bearbeitung: 27.9.1954
Arbeitstiefe des Pfluges: 17 cm
Arbeitstiefe der Fräse: 10 cm
Versuchsort: *Thalvingen (L. Faul)*
Vorfrucht: Wiese
Probenahme: 15.6.1955

Der Weizenertrag ist beim Fräsen um 16,1% im Korn und um 2,6% im Stroh höher als beim Pflügen (s. a. Tafel 4).

Aus zwei Fräsversuchen in der Nähe von *Ulm* werden die Beziehungen zwischen Porengrößen und Erntertrag bei Weizen ersichtlich (**Bild 9 und 10**). Der recht hohe Mehrertrag an Weizen auf dem gefrästem Land nach Grünlandumbruch (*Thalvingen*) läuft parallel mit der relativ großen Verringerung des Porenvolumens (das aber mit 61,5% noch außerordentlich hoch ist) und vor allem des Luftgehaltes des gefrästem Bodens gegenüber dem gepflügten Boden während des Setzvorganges über

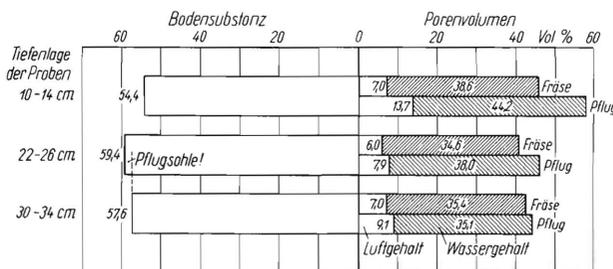


Bild 10. Weizenminderertrag durch Fräsen im Vergleich zum Pflügen auf degradiertem Lössboden.

Beim gepflügten Boden wurde das Porenvolumen (wie in Bild 9) auf den Gehalt an fester Bodensubstanz beim Fräsen bezogen.

Versuchsort: *Berg (B. Völk)*
Vorfrucht: 2-jähriges Klee gras
Boden: Sandiger Lehm auf degradiertem Löss
Arbeitstiefe beim Pflügen 17 cm (Anf. Okt. 1954)
Arbeitstiefe beim Fräsen 10 cm (30.9.1954)
Probenahme: 13.4.1955

Der Weizenertrag ist beim Fräsen um 26,4% im Korn geringer und um 6,7% im Stroh (einschl. Unkraut) grösser als beim Pflügen (s. a. Tafel 4, *Berg I*).

Winter. Porenvolumen und Luftgehalt sind – für die Strukturansprüche des Weizens – auf der Pflugparzelle sehr hoch.

Auch bei dem Versuch in dem nahegelegenen *Berg* erfuhr die Fräsparzelle über Winter eine starke Verringerung des Porenvolumens und des Luftgehaltes gegenüber der Pflugparzelle (**Bild 10**). Ebenfalls nach Grünlandumbruch hatte dies hier jedoch einen empfindlichen Minderertrag an Weizen auf dem gefrästem Land zur Folge. Offenbar war bei einem Porenanteil von nur 45,6% die Belüftung der Weizenwurzeln auf der Fräsparzelle ungenügend, was sich an der ganzen Frühjahrsentwicklung und an dem Aufkommen von Unkraut, das den Weizen unterdrücken konnte, bestätigte (**Bild 11**).

Die beiden Böden in gleicher Klimalage und mit gleicher Vorfrucht, haben also auf das Fräsen gänzlich verschieden reagiert. Der Typus der beiden Böden wird aus zwei Frühjahrsbildern deutlich: Während der erste Boden (**Bild 12**) – es kann sich dabei erfahrungsgemäß sowohl um einen Tonboden



Bild 11. Verunkrautete Fräsparzelle in *Berg* (rechte Bildseite). Im linken Drittel des Bildes ist die gepflügte Parzelle an der helleren Tönung zu erkennen.

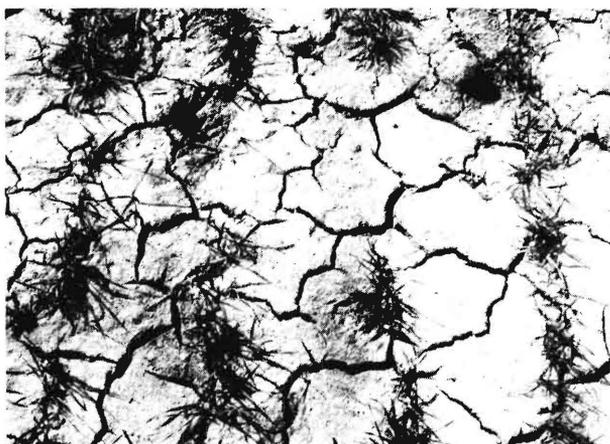


Bild 12. „Offener“ Boden im Frühjahr.

Bild 13. Verkrustender Boden im Frühjahr.

als auch um einen humushaltigen Boden oder etwa um einen Grobsandboden handeln – nach den Wintereinflüssen eine offene Oberfläche darbietet, ist der zweite Boden in **Bild 13** durch eine Kruste gegen den Luftaustausch abgeschlossen. Er lagert



Bild 16. Ablagerung des Bodens (Bodenrinne II, *Völkenrode*).

Hinten: Pflug Mitte: Fräse Vorn: Spaten



Bild 14. Neigung zu einer „Fräsensohle“ auf einem Boden wie in **Bild 13** (Versuchsfeld *Völkenrode-West*).

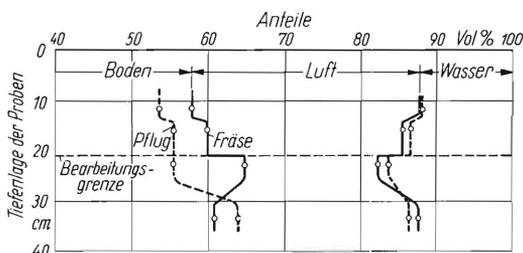


Bild 15. Sohle unter der Fräsegrenze.

Versuchsort: *Völkenrode-West*
Tag der Bearbeitung: 25. 5. 1956

zudem dicht und wird umso dichter lagern, je feiner seine Teilchen zerschlagen wurden. Auf solchen Böden kann die Fräse außerdem die unangenehme Eigenschaft einer Sohlenbildung (**Bild 14**) haben, die über den Grad einer Pflugsohle noch hinausgehen kann (**Bild 15**).

Der erste Boden ist also offenbar fräsenfreundlich, während der zweite Boden fräsenempfindlich ist. Die Empfindlichkeit dieser Böden bzw. der auf ihnen wachsenden Pflanzen gegen das Fräsen wird durch eine naßkalte Frühjahrswitterung sehr verschärft und die Gefahr der Verschlämmung ist dann bei zu flachem Fräsen besonders groß.

Man wird fragen, warum der Boden nach Pflugarbeit oftmals nicht so zum Absetzen, nicht so sehr zum Verlust seiner Struktur gelangt, wie nach der Fräsenarbeit (**Bild 16**). Es ist offenbar nicht nur das Einmischen von Schollen und Schöllchen als „Gerüstteile“ in den Krumenbau, sondern es ist auch möglicherweise das grundsätzlich andere „Anfasen“ des Bodens durch den Pflug.



Bild 17. Der „schüttende“ Pflug. Durch sanften Druck, durch Scheren und durch Beschleunigen ergeben sich natürliche Bodenaggregate.

Auch die „schüttende“ Pflugfurche – also ohne große Brocken – vermittelt ja eine längere Haltbarkeit der Struktur als das Fräsen. Auf dem Streichblech des Pfluges und beim Abgleiten des Erdstreifens von ihm kann sich dieser viel eher über seine natürlichen Grenzspalten in schon vorgeformte Krümel zerteilen, als durch den Schlag des Fräs-
werkzeugs. Von der gewaltlosen Zerteilung des Furchenstreifens gibt **Bild 17** einen Eindruck. Die inneren Zusammenhänge bedürfen noch der Klärung.

Im folgenden wird nun auch auf die früheren Versuche mit der SSW-Fräse eingegangen. Wir haben die Ernteergebnisse aus 44 Herbstversuchen mit Fräsen im Vergleich zum Pflügen und aus 12 Frühjahrsversuchen mit Fräsen gegenüber verschiedenen anderen Bearbeitungen auf dem *Gieshof* aus den Jahren 1922 bis 1926 vorliegen.

Das Ergebnis war nach **Tafel 1** für die Fräse durchaus positiv, wobei Bodenart und Fruchtart außer Betracht bleiben sollen. Es entsprach auch ganz der anfänglichen Wertschätzung der Fräse durch führende Landwirte, wie sie z.B. am 3.2. 1927 nach einem Vortrag von *Holldack* vor der Geräteabteilung der *Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft* zum Ausdruck kam. Bald mehrten sich jedoch auch die Gegenstimmen aus der Landwirt-

Tafel 1. Mehr- bzw. Mindererträge bei Fräsversuchen im Vergleich zum Pflügen in *Gieshof* in den Jahren 1922 bis 1926.

Zeit der Bearbeitung	insgesamt	Zahl der Versuche		Ertrag	
		+ Ertrag gesamt	+ Ertrag gesichert	- Ertrag gesamt	- Ertrag gesichert
Herbst/Winter	44	35	23	9	5
Frühjahr	12	12	6	0	0

schaft, weshalb von Halle und Leipzig aus 25 neue Versuche in Sachsen und Mecklenburg angelegt wurden.

Tafel 2. Niederschläge in mm.

April bis September	Magdeburg	Schwerin
1927	443	540
langjähriges Mittel	292	330
Niederschläge 1927 über Mittel	+ 52%	+ 64%

Nach der Dissertation (1933) von *Beyer* [2] ergaben acht Versuche in dem nassen Jahr 1927 (**Tafel 2**) keine Mehrerträge, sondern teilweise sehr empfindliche Mindererträge auf verschiedenen Bodenarten. Zu einem besonders drastischen Minderertrag an Erbsen (mehr als 50%) auf alluvialem Auelehm (**Tafel 3**) nach wiederholtem Fräsen heißt es: „Im Fall zweimaligen Fräsens war die Krümelung zu fein geworden, wodurch die Luftkapazität im Fräsland deutlich niedriger wurde als im Pflugland.“ Die Erbse ist eine gegen „nassen Fuß“ sehr empfindliche Pflanze. So waren – durchaus in Übereinstimmung mit diesem Fall – in unseren *Völkeneroder* Versuchen Beregnungsgaben zu Erbsen von Nachteil, wenn zu flach gepflügt war.

Tafel 3. Vergleichsversuch Pflug – Fräse in *Cunzwerda*. Boden: Alluvialer Auelehm, 40% Abschlämbbares [2].

	Pflug	Fräse	Fräse/Pflug
Porenvolumen %	50,9	47,9	94
Luftgehalt %	20,4	15,8	77
Luftkapazität %	12,2	7,8	64
Wärmekapazität cal/l	550 *)	581 *)	106 *)

*) Die Wärmekapazität wurde aus Bodensubstanz und Wassergehalt errechnet

In der Dissertation von *Gade* [11] heißt es 1929: „Unter 9 Versuchen ist ein großer Mehrertrag nur bei einem Kartoffelversuch erzielt worden, und zwar beim Einfräsen von Stalldung in rohen, unkultivierten Boden.“

Dieser Hinweis sei deshalb angeführt, weil unsere eigenen Versuche (**Tafel 4**) Ähnliches bestätigen. Im Versuch *Söglingen* auf toniger Albüberdeckung erbrachte das Einfräsen von Stallmist zu Kartoffeln gegenüber dem dort bisher üblichen Einpflügen einen gesicherten Mehrertrag von 28%. Auch der eingefräste Raps bei den Versuchen in *Gutenzell* brachte einen merklichen Mehrertrag an Zuckerrüben bzw. Zuckerrübenblatt.

Von den *Gieshofer* Versuchen liegen uns über 9 Herbstfräsversuche genaue Beschreibungen und Bodenmessungen vor. Bei 5 von ihnen auf schwerem Boden wurde nicht nur das Bearbeiten mit Pflug und Fräse variiert, sondern auch die Einbringungsart der organischen Stoffe (Stallmist, Zwischen-

Tafel 4. Fräsversuche des Institutes für Bodenbearbeitung der FAL Völknerode 1950 bis 1956.

Versuchsort	Versuchsf Frucht	Relation Ernteertrag Fräse/Pflug in %*)		Bodenart	Bodeneigenes Porenvolumen ^{o)} %	Relation Fräse/Pflug in %		Bemerkungen
		Frucht	Stroh bzw. Blatt			Porenvolumen	Luftgehalt	
Thalffingen	Winterweizen	116 ×	103	Humus	66	97	83	Wiesenumbruch
Berg I	Winterweizen	74 ×	106	degradiertes Löß	42,4	85	58	Verkrust. Fräsensohle, 2 jähr. Klee gras
Berg II	Winterweizen	86 ×	79 ×	degradiertes Löß	42,4	87	57	Verkrust. Fräsensohle, Wiesenumbruch
Altheim	Winterweizen	119,7 ×	112,1 ×	Ton	54,3	—	—	Weizenbestellung
Oberlimpurg	Winterweizen	103	100	toniger Lehm	43,6	95	78	nach Hackfrucht
Söglingen	Kartoffeln	128 ×	—	toniger Lehm	43	—	—	Einarbeiten des Stallmistes
Gutenzell	Zuckerrüben	90	107	kiesige Moräne	—	—	—	Raps abgefüttert
Gutenzell	Zuckerrüben	106	118	kiesige Moräne	—	—	—	Raps eingefräst
Dörnigheim	Blumenkohl	94,5	—	Sand	39	90	84	
Dörnigheim	Blumenkohl	92,5	—	Lehm	41	85	44	
Dotternhausen	Sommerweizen	100	97	Ton	52	99	100	Kofink-Gerät, keine Sohle, nach Erbsen
Salzdahlum	Kohlrabi	146 ×	127 ×	humoser Ton	37,6	101	121	Wachstumszeit: 2 Monate, nach Erbsen
Bodenrinne I	Mais	112 ×	—	voller Löß	45,3	100	98	
Bodenrinne I	Kartoffeln	94	—	voller Löß	45,3	—	—	
Bodenrinne II	Mais	87	—	toniger Lehm	42,5	80	37	
Bodenrinne II	Kartoffeln	94	—	toniger Lehm	42,5	—	—	

*) die angekreuzten Werte sind statistisch gesichert °) im unberührten Untergrund

früchte bzw. beides). Das Mulchen mit der Fräse trat hier demnach als weiterer Faktor zur Variation der Bodenbearbeitung hinzu. Alle fünf Versuche brachten Mehrerträge, zwei weitere Versuche, ebenfalls auf schwerem Boden, jedoch ohne dieses Mulchen, brachten Mindererträge, die zwei restlichen zu Roggen auf Sandboden können hier außer Betracht bleiben.

Die Erhöhung der Luftkapazität und des Luftgehaltes durch das Mulchen von Stallmist mit der Fräse sei an einem Versuch auf schwerem Boden dargestellt, bei dem diese Maßnahme einen Mehrertrag an Kartoffeln von 27,5% erzielt hatte (Tafel 5). Bei auf beiden Parzellen gleichem Porenvolumen (die Messung auf der Pflugparzelle vom 20. 8. muß wohl auf eine Spurverdichtung gestoßen sein) ist der Wassergehalt der Fräseparzelle niedriger und der Luftgehalt höher. Vor allem ist auf der Fräseparzelle die Luftkapazität wesentlich höher. Im Durchschnitt aller vier Messungen beträgt der Gewinn an Grobporen 27%. Diese Strukturverbesserung – begleitet von einer drastischen Erhöhung des Ernteertrages – wurde durch folgende Bearbeitungsvarianten erzielt:

	Pflugland	Fräsland
26. 8.	Arbeitstiefe 12 cm	Arbeitstiefe 10 cm
	Senf eindrillen	Senf eindrillen
7. 12.	240dz Stallmist	240dz Stallmist
9. 4. (20. 4.)	Arbeitstiefe 20 cm	Arbeitstiefe 25 cm

Der Faktor „Fräse“ wurde also, wie im Fall *Gutenzell* (Tafel 4), durch den Faktor „Mulch“ ergänzt. Zwei gleichzeitige Versuche ohne Mulchen auf schwerem Acker ergaben dagegen für das Fräsen Mindererträge:

Ackerbohnen nach Futterrüben.	– 8,3%
Sommergerste nach Kartoffeln	– 12,0%

Unbestritten dürfte demnach die Eignung der Fräse beim Einarbeiten von organischen Stoffen sein, vorausgesetzt, daß das Porenvolumen des be-

Tafel 5. Kartoffelertrag nach Winterweizen auf schwerem Lehmboden mit Stallmist (nach v. Nitzsch, Versuch Nr. 3)

Messung	Porenanteil %	Wassergehalt %	Wasserkapazität %	Luftgehalt %	Luftkapazität %	
nach Pflügen	7. 5. 1926	55,2	23,3	49,5	31,9	5,7
	21. 6. 1926	56,4	28,1	42,4	28,3	14,0
	18. 7. 1926	54,2	20,2	42,3	34,0	11,9
	20. 8. 1926	48,8	30,5	47,2	18,3	1,6
nach Fräsen	7. 5. 1926	55,2	19,8	47,6	35,4	7,6
	21. 6. 1926	56,2	24,5	39,3	31,7	16,9
	18. 7. 1926	54,4	17,8	40,4	36,6	14,0
	20. 8. 1926	53,3	30,9	49,6	22,4	3,8
Jahresdurchschnitt Fräse zu Pflug		– 9%	– 2,5%	+ 12%	+ 27%	

Ernteertrag nach Pflügen 344 dz = 100%
 „ nach Fräsen 439 dz = 127,5%

treffenden Bodens nicht zu niedrig ist. Diese Feststellung trifft sich mit den guten Erfahrungen des Fräsens bei Meliorationsarbeiten auf Heide und Moor und im Forst. Aus unseren Versuchen kann man weiterhin entnehmen, daß Winterweizen auf schweren, scholligen Böden nach der Fräse freudiger aufläuft, sich stämmiger entwickelt und gegen Auswintern durch Wechselfröste besser geschützt ist. Ein Übermaß an Feuchtigkeit kann allerdings jede Saatbettbereitung mit der Fräse unmöglich machen (Bild 18 und 19).

Der früher erwähnte Fräsversuch zu Kohlrabi im *Schlossgarten* zu *Salzdahlum* mit seinem hohen Mehrertrag auf allen acht Fräseparzellen (s. a. Tafel 4) bestätigt die alte Erfahrung der Gärtner und des *Martiny*-Berichtes, nämlich die gute Eignung der Fräse für die Herrichtung eines Pflanzbeetes und für das gute Gedeihen kurzlebiger Pflanzen nach dem Fräsen. Bei allen diesbezüglichen Fräsversuchen konnte ein besonders gutes Anwachsen der Pflänzlinge festgestellt werden. Beim Boden des *Schlossgartens* handelt es sich um einen humushaltigen, tonigen Lehmboden, der keine Verschlammungsgefahr bietet.

Zu solchen ackerbaulichen Vorzügen einer speziellen Verwendung der Fräse tritt noch ein be-

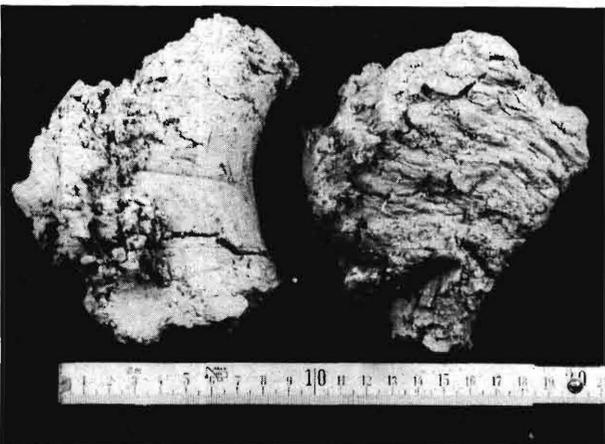
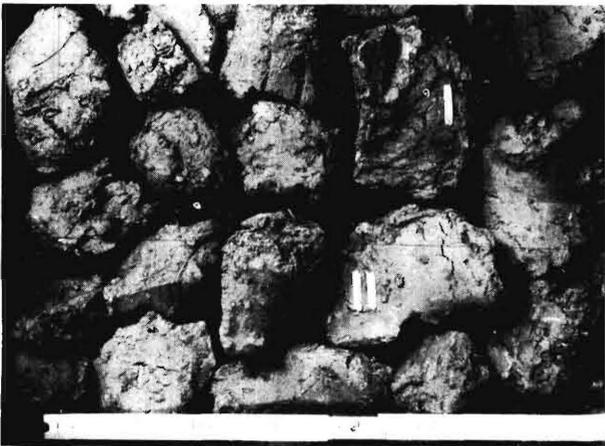


Bild 18 und 19. Knödelbildung beim Fräsen auf nassem Boden.

triebswirtschaftlicher hinzu: Im Kleinbetrieb macht das Kombinieren von Ackergeräten für die schnelle Herstellung eines Saatbettes bekanntermaßen Schwierigkeiten. Der meist ohnehin zu schwache und zu schwach bereifte Schlepper zieht eine Kombination von Geräten nicht. Er ist, wie man besonders im Frühjahr erleben kann, nur in der Lage, mit den Nachbearbeitungsgeräten einzeln über den Acker zu fahren. Für die über die Zapfwelle angetriebene Rotoregge kann die Kraft dagegen ausreichen, um alle diese Gerätegänge zu einem einzigen Fräsengang zusammenzufassen.

Ähnliches gilt auch für die Drehegge am Mähmesserantrieb in Bild 20, d.h. für die Kombination der Fräse zum Pflug. Ihre technischen Schwierigkeiten und Mängel sind bekannt, doch erscheint die Kombinations-Drehegge als derzeit beste Lösung, um besonders zum Kehrpflug des Kleinschleppers eine Kombination zu schaffen. Über den Mähmesserantrieb bzw. über die Zapfwelle steht beim Kleinschlepper die Kraft dafür eher zur Verfügung als über den Zughaken. Außerdem kann so jeder Seitenzug auf den Schlepper oder auf das Gerät vermieden werden. Es lohnt sich also, an der Drehegge weiterzuarbeiten.

Die große Sorge bleiben jedoch – das ist auch das Ergebnis der seit 1933 laufenden, englischen

Fräsversuche in Rothamsted – die Verunkrautung und die Verschlämmung der dafür anfälligen Böden. Beidem kann nicht so sehr von der Geräteform her, sondern muß vom ackerbaulichen Einsatz her begegnet werden. Und tatsächlich hat sich seit dem Verklingen der ersten Fräsperiode um 1931 hierin einiges geändert:

Die Verunkrautung durch Samenunkräuter kann neuerdings auf chemischem und hormonalem Weg bekämpft werden. Der Quecke als Wurzelunkraut konnte man in vielen Fällen schon immer durch die Fräse entgegentreten. Die Gefahren der Verschlämmung des Bodens und der schädlichen Verringerung der Luftkapazität auf hierfür anfälligen Böden können dann in il. Gegenteil verkehrt werden, wenn mit der Fräse Mährescherstroh, Zwischenfrucht und Mistkompost usw. oberflächlich eingemulcht werden. Diese Aufgaben können mit dem Umsichgreifen des Mähreschers oder gar der viehlosen Betriebe einerseits, mit dem Zwang zum Humuseratz durch kompostartige Mistverwertung andererseits in den Vordergrund rücken.

Fassen wir die ackerbaulichen und die betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkte für die Beurteilung des Fräseneinsatzes in der Landwirtschaft zusammen, so ergeben sich folgende Anwendungsgebiete:

- 1) Oberflächliche Einbringung von organischen Stoffen,
- 2) Herstellung des Pflanzbettes für kurzlebige Pflanzen,
- 3) Vereinzelter Pflugersatz bei der Bestellung schwerster Böden unter schwierigen Witterungs- und Fruchtfolgeverhältnissen,
- 4) Umbruch von Grünland zur Vorarbeit für den Pflug oder zur nachherigen Feinarbeit. In „offenen“ Böden mit hohem Porenvolumen auch als Ersatz des Pfluges.
- 5) Bestellungsarbeiten mit dem Kleinschlepper, besonders im Frühjahr als Ersatz für Gerätefolge.



Bild 20. Die Drehegge am Mähmesserantrieb.

Man kann der Fräse also auf Grund der heutigen Aufgabenstellung mit einiger Vorsicht immerhin eine hoffnungsvolle Prognose stellen. Wie soll sie dabei technisch beschaffen sein?

Über die Fräswerkzeuge und ihre Anordnung hat *Söhne* schon an anderer Stelle [36] berichtet. Ich möchte noch anfügen, daß für das Mulchen immer eine genügende Erdecke zu wünschen ist und daß deshalb eine gewisse Schöpferwirkung der Werkzeuge nicht entbehrt werden kann. Für die Arbeit im Stroh sollte der Werkzeugstiel eine Schneide haben. Über Tourenzahl, Vorschub und Bissenlänge ist bereits berichtet worden. Sicherlich ist es gut, die Intensität der Bodenertrümmerung durch die Fräse nicht über das heute übliche Maß zu erhöhen.

Weitere Versuche sind hinsichtlich der Abstufung der Intensität der Fräsarbeit auf verschiedenen Böden und für verschiedene Zwecke erforderlich. Wahrscheinlich wird die Einrichtung einer Abstufung der Drehzahl bzw. der Werkzeugzahl je Kranz am selben Gerät zweckmäßig sein. Vor allem aber sollten die Prospekte die entsprechenden Angaben enthalten.

Mit Rücksicht auf die Bestellung müssen die Reifenspuren des Schleppers durch die Fräse überarbeitet werden. Die seitliche Versetzung der Fräse ist nur ein Ausweg für kleinste Schlepper, um wenigstens eine der beiden Reifenspuren sicher zu überdecken. Zwei Fabrikate bieten auch die Verstellbarkeit der Arbeitsbreite, um die Fräse verschiedenen Zwecken anzupassen.

Die Haube schließlich soll in ihrer Höhenlage verändert werden können. Hiervon hängt sehr oft der gewünschte Effekt ab, ob größere oder kleinere Krümel, ob Einarbeitung des Strohs oder Obenauflegen desselben bzw. der Quecke erzielt werden sollen.

Hinter den ackerbaulichen und technischen Belangen treten die Fragen der Wirtschaftlichkeit oftmals zurück. Immerhin sei darauf hingewiesen, daß der Preis von etwa 1200DM bis 2000DM eine zusätzliche Ausgabe bedeutet, da kaum ein entsprechendes Gerät am Hof durch die Fräse erspart werden kann.

Die Flächenleistung der Fräse in der Zeiteinheit ist abhängig von der Tiefe der Bearbeitung und von der Bodenart. Bei 18cm Tiefe auf leichterem Boden fanden wir, daß die Flächenleistungen (und der Treibstoffverbrauch) von Fräse und Pflug etwa gleich groß waren (Versuch *Lamme*). Im schweren Boden des *Schlossgartens* konnte für einen zweifurchigen Anhängerpflug gegenüber der Fräse eine etwas höhere Flächenleistung je Stunde errechnet werden. Der 35/45-PS-Schlepper vor der 1,70-m-Fräse war im zweiten Kriechgang mit 0,29m/s voll ausgelastet. Die Fräse machte theoretisch 1700 m²/h, während der 45-PS-Schlepper mit dem zwei-

furchigen *Kastor*-Pflug + Notzonegge im zweiten Normalgang mit 1,38m/s noch Kraftreserven hatte. Pflug und Notzonegge machten theoretisch 2780 m²/h. Nacharbeit wurde in beiden Fällen nicht angewendet. Das Verhältnis der Flächenleistung Fräse zu Pflug betrug demnach 1 zu 1,6. *Söhne* hatte 1956 den Leistungsaufwand auf schwerem Boden verglichen. Er war

für den Pflug auf 170 PSh/ha

für die Fräse auf 300 PSh/ha

gekommen. Das Verhältnis des Leistungsaufwandes je ha zwischen Pflug und Fräse betrug demnach rechnerisch 1 zu 1,8.

Nur bei flacher Fräsenarbeit mit einer Leichtfräse (Rotoregge) kann man mit einer höheren Flächenleistung als beim Zweifurchenpflug rechnen. Das Bild kann sich in solchen Fällen noch weiter zugunsten der Fräse verschieben, wo auf scholligem, schwerem Boden die Nacharbeiten zur Saatbestellung in Vergleich stehen. Bis zu acht Arbeitsgänge hinter dem Pflug waren bei einigen Versuchen, wo der Pflug bei Gewaltarbeit auf schwerem Boden trockene Schollen hinterlassen hatte, notwendig, um die Bodenfeinheit eines einzigen Fräsenganges zu erzielen.

Entscheidend für alle Fräsenfragen bleibt der richtige Einsatz; dies sei nochmals besonders hervorgehoben. Die Anwendung der Fräse auf dem Acker aber bewegt sich zwischen zwei Bodenextremen und muß entsprechend variiert werden. Das eine Extrem wurde kürzlich durch den Ausspruch eines Fräsenbesitzers auf verkrustendem Land verdeutlicht, der meinte: „Solange die Löfflegge auf meinem Boden die Arbeit tut, kommt meine Spatenegge nicht auf den Acker. Als Ersatz des Pfluges verwende ich sie überhaupt nie mit Rücksicht auf die Verschlammung.“ Während ein anderer, der auf tonigem, schwer zu bearbeitendem Land wirtschaftet, bei einer Versammlung seine Situation kurz und bündig so ausdrückte: „Hätte ich im Herbst 1956 keine Spatenegge gehabt, dann hätte ich meinen Weizen nicht bestellen können.“

Zusammenfassend sei betont, daß trotz eines schon gewonnenen Zahlenmaterials die Untersuchungen über den technologischen Effekt der Fräse und ihrer Vergleichsgeräte erst am Anfang stehen. Daß diese Effekte jedoch sehr deutlich sein können und dann auch nach längerer Ruhezeit des Bodens noch in Erscheinung treten, zeigt u.a. das jeweilige Vergleichsmaß der Luftkapazität und der Wasserkapazität der unterschiedlich bearbeiteten Böden.

Im allgemeinen erfordern unsere Böden eine kräftige Erhöhung der Luftkapazität durch eine Bodenbearbeitung, wie sie der Pflug ausführt. Erst oberhalb eines bestimmten prozentualen Porenvolumens kann auf manchen Böden und zu bestimmten Zwecken eine kleinere Luftkapazität, wie sie die Fräse

Deutsche Ackerfräsen
(Stand März 1957)

Type	B ¹⁾ H ¹⁾ S ¹⁾	Arbeits-		Gewicht kg	Kraft- bedarf PS	Messerzahl		Drehzahl U/min	Fräswalze		Preis DM
		Tiefe cm	Breite cm			je Kranz	gesamt		Durch- messer mm	Umfangs- geschwind. ²⁾ m/s	
Bayer. Pflugfabrik „Erda“ DRH 120	B(H)	17	160	228	ab 11	4	36	220	360	4.15	1430.-
DRH 160	B(H)	17	160	246	ab 20	4	48	220	360	4.15	1510.-
DRH(P) 110	B(H)	17	110	228	15-25	4	32	220	360	4.15	1430.-
Braun KR 100-180	B(H)S	18	140 (100-180)	-	15-35	6	48	160-180	500	4.20-4.70	-
Eberhardt RKB 270	B(H)	13	140	216	11-16	4	24	150	420	3.30	1330.-
RKB 350	B	15	165 ³⁾	247	15-25	6	36	150	440	3.46	1550.-
RKB 370	B(H)	15	165	247	15-25	4	48	150	440	3.46	1460.-
RK 470	H	15	180	334	25-35	6	48	186	440	4.28	2075.-
F 461 H	HS	15	140	488	25-32	6	36	190 245	500	4.98 6.41	3980.-
Fahr SE 1	B	18	140	255	ab 15	2 ⁴⁾	28	220	450	5.18	1115.-
SE 1	B	15	140	268	ab 17	4 ⁵⁾	28	220	450	5.18	1195.-
SE 1	B	18	180	277	ab 22	2 ⁴⁾	36	220	450	5.18	1220.-
SE 1	B	15	180	291	ab 25	4 ⁵⁾	32	220	450	5.18	1300.-
Fella Krümmler RED	B ⁶⁾	15	145	200	15-25	4	40	180	450	4.25	-
Helwig RAK 16 ⁷⁾	B	18	100	295	12-20	4	28	180	480	4.50	1640.-
RAK 16 ⁷⁾	B		130	315	17-28		36				1732.-
RAK 16 ⁷⁾	B		160	335	25-35		44				1824.-
Kirsch DF 85/7	B(H)S	18	85	220	10	4	28	208	430	4.68	1485.-
DF 140/10	B(H)S	18	140	300	14	4	40	208	430	4.68	1800.-
DF 170/12	B(H)S	18	170	360	22	4	48	208	430	4.68	-
DWF 170/12	B(H)S	18	170	420	22	4	48	208	430	4.68	2195.-
DWF 180/12 S	B(H)S	18	180	450	35	4	48	208	430	4.68	2760.-
Krone RE 3 ⁸⁾	B(H)S	20	150 (100-125)	260	ab 15	6	36	160 180 200 220	500	4.18 4.71 5.24 5.75	1670.-
RE 4	H(H)S	20	175	320	ab 15	6	42	160 usw.	500	4.18 usw.	2001.-
L.F.-Hannover „Osthaus“	BS	23	90 108 126	415 450 485	16-27 16-27 24-35	6	30 36 42	107	660	3.70	2750.- 3150.- 3420.-
„Osthaus“	HS	23	144 162 180	780 855 930	24-35 27-45 35-55	6	48 54 60	107	660	3.70	4790.- 4970.- 5120.-
Niedersachsenwerk Spatenkrümmler	B	15	160 (180)	310	20-30	4	56	150	540	4.25	1665.-
„Ackerwolf“	BS	20	150 (100-200)	378	35	4	48	180	540	5.10	2690.-
Ventzki AF 170/32 ⁹⁾	B	15	170	345	17-30	4	32 6 48	175	500	4.58	1415.- 1500.- 1515.-
F 170/32 ⁹⁾	H	15	170	328	17-30	4	32 6 48	175	500	4.58	1515.- 1600.-
Witrock R 40	B(H)	15-20	160	280	15-30	4	40	175	500	4.58	1665.-
R 48			190	310	20-35		48				1715.-
B 40	B(H)	15-20	160	280	25-40	4	40	275	500	7.20	1715.-
B 48			190	310	25-40		48				1765.-
BH 24	HS	15-20	60	300	15-25	4	24	275	500	7.20	1530.-
BH 36			100	320	25-35		36				2150.-

¹⁾ B = Anbaufräse, H = Anhängfräse, S = Seitenantrieb ²⁾ für eine Zapfwellendrehzahl n = 540 U/min ³⁾ Umbaubar in 125 cm ⁴⁾ mit Spaten
⁵⁾ mit Hackmesser ⁶⁾ Dreipunktbau ⁷⁾ Arbeitsbreitenverstellung 1 bis 1,6 m, Spurwechselfräse, Hack-, Krümel- und Schälmesser ⁸⁾ Sonderausführung
davon: Seitliche Versetzung für Obstabau, kleinerer Fräswalzendurchmesser ⁹⁾ Mitteldamnteiler; wahlweise Winkelmesser oder Spatenmesser

schaft, ausreichen bzw. von Vorteil sein. Erweitert wird der Verwendungsbereich der Fräse, wo organische Stoffe mit der Oberkrume fein vermengt

werden sollen und wo damit trotz der Feinkrümligkeit des Bodens die Stabilität der Struktur gewährleistet ist.

Der Anwendungsbereich der Fräse läßt sich in Zahlenwerten des technologischen Erfolges wie der Ernteerträge abgrenzen. Im Rahmen dieser Grenzen zu bleiben, wird nicht nur den Landwirt vor Enttäuschungen bewahren, sondern auch den Hersteller vor Fehlentwicklungen und vor Vertrauensverlust seiner Abnehmer schützen.

Wir müssen – bei allem Streben nach motorgerechten Geräten – diese Grenzen des Anwendungsreiches kennen und auch anerkennen.

Schrifttum

- [1] *Albert*: Bemerkungen zur Frage der Bodenbearbeitung im forstlichen Grossbetrieb. Dt. Forstwirt 11 (1929) Nr. 47.
- [2] *Beyer, H.*: Vergleichende Untersuchungen auf verschiedenen, mit Pflug und Fräse bearbeiteten Böden. Diss. Leipzig 1933. Dresden 1934.
- [3] *Bornemann*: Zur Fräsmaschinenarbeit auf schweren Böden. Dt. Landw. Presse 48 (1921) Nr. 13.
- [4] *Bornemann*: Bodenphysikalische Studien zur Fräskultur. Dt. Landw. Presse 49 (1922) Nr. 47.
- [5] *Bornemann*: Die Ackerbaumethode der Zukunft: Fräskultur und Humusdünger. Dt. Landw. Presse 56 (1929) Nr. 23.
- [6] *Dawson, V.*: Rotary hoe trials at the College of Agriculture. Serdang, pl. Malayan Ag. j. 31, 64-65. - 1 - 48.
- [7] *Dilling, K.*: Grondbewerking in nieuwe banen met Freesmachines (hedendaagsche stand van de wetenschap der freescultuur). Zutphen 1923.
- [8] *Feuerlein, W.*: Motorisch getriebene Bodenbearbeitungsgeräte. Landw. Wochenbl. Nordrhein-Westf., Folge 10 vom 10. 3. 1955.
- [9] *Fischer-Schlemm, W.*: Motorische Bodenbearbeitung. In: Die Maschine in der Landwirtschaft. Stuttgart 1950.
- [10] *Frese, H.*: Die Zukunft der Zapfwell-Bodengeräte. Dt. Landw. Presse 79 (1956) Nr. 36.
- [11] *Gade, Carl*: Einfluss von Fräse und Pflug auf Bodenzustand und Ertrag. Diss. Halle 1929. Landw. Jb. 70 (1929) S. 89/142.
- [12] *Galwitz, K.*, und *J. Breitfuss*: Vergleichende Untersuchungen an Bodenfräsworkzeugen in zwei Modellböden. Landtechn. Forsch. 3 (1953) S. 125/129.
- [13] *Garner, F. H.*, und *H. G. Sanders*: The effect of the „Gyrotiller“ on crop yield. J. Agricult. Science 28 (1938).
- [14] *Grote, G. Frhr.*: Untersuchungen über die Einwirkung rotierender Bodenbearbeitungswerkzeuge auf Boden und Pflanze. Diss. Kiel 1953.
- [15] *Holldack, H.*: Motorpflüge und Bodenfräsmaschinen. Jb. d. Dt. Landw. Ges. 1912.
- [16] *Holldack, H.*: Kurzes Referat über Bodenfräsmaschinen und Bodenfräskultur. Wiss. Veröffentl. Siemens-Konzern.
- [17] *Holldack, H.*, und *W. v. Nitzsch*: Der Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Flächenertrag der Kulturen. Ill. Landw. Ztg. 46 (1926) Nr. 13.
- [18] *Holldack, H.*: Tagesfragen aus dem Gebiet der Motorkultur. Landmaschine 9 (1929) Nr. 14 und 15.
- [19] *Holldack, H.*: Experimentelle Untersuchungen über Beanspruchung und Verhalten verschiedener Bodenfräsworkzeuge. Landmaschine 9 (1929) S. 621/624 u. 637/640.
- [20] *Keen, B. A.*: Rotary cultivations. J. Agricult. Science 20 (1930) S. 364.
- [21] *Keen, B. A.*: Studies in Soil Cultivation. V. Rotary Cultivation. J. Agricult. Science 20 (1930).
- [22] *Lehmann, K.*: Die Bodenfräse im Forstbetriebe. Neues über die Motor-Bodenfräse. Dt. Förster 1927, Nr. 4.
- [23] *Martiny, B.*: Untersuchung über Bewährung und Förderungswürdigkeit von Bodenfräsen in der Land- und Gartenwirtschaft. Ber. Ausschuss für Bodenfräsen, Halle/Saale.
- [24] *Martiny, B.*: Prüfung der 30-PS-Gutsfräse der Siemens-Schuckert-Werke Berlin. Techn. i. d. Landw. 7 (1926). Verb. landw. Masch. Prüf. anst. S. 31/32, 39/44 und 50/56.
- [25] *Martiny, B.*: Die Bodenfräse in der Landwirtschaft auf Mineralböden. RKTL-Schriften H. 28, Berlin 1931. 52 S., 16 B.
- [26] *Meyenburg, K. v.*: Entwicklung der Fräskultur. Landmaschinen - Markt - Beilage Motorkraft im Landbau (1928) Nr. 5.
- [27] *Meyer zu Hartlage*: Erfahrungen mit Siemens-Schuckert-Bodenfräsen. Ill. Landw. Ztg. 28. 8. 1925.
- [28] *Nitzsch, W. v.*: Zustand und Veränderung der Struktur des Ackerbodens. Wiss. Veröffentl. Siemens-Konzern 4 (1925) H. 2.
- [29] *Nitzsch, W. v.*: Die Beziehungen zwischen Bearbeitung, Struktur und Ertrag des Ackerbodens. Wiss. Veröffentl. Siemens-Konzern 6 (1927) H. 1.
- [30] *Nitzsch, W. v.*: Die Gesetzmässigkeit in den Porositätsverhältnissen des Ackerbodens und ihre Beziehungen zur Bodenkultur. Wiss. Veröffentl. Siemens-Konzern 5 (1927) H. 3.
- [31] *Nitzsch, W. v.*: Hackarbeit und Pflanzenwachstum. Gartenwelt (1929) H. 24. Verlag Parey.
- [32] *Patitz, M.*: The Rotary Tiller or Soil Milling Machine. The Americ. Soc. Agricult. Engineers, eight Annual Report 1914.
- [33] *Pesaro, A.*: Apparecchi rotativi per la lavorazione del terreno. Macchine e motori agricoli 10 (1952) S. 657/668.
- [34] *Renard, W.*: Bodenfräse in der Landwirtschaft überholt? Dt. Landw. Presse 65 (1938) Nr. 6. S. 67.
- [35] *Sinner, v.*: Die Bodenfräse im Forstbetriebe. Erfahrungen über die Leistungen der Siemens-Bodenfräse im Gräfl. Faber-Castell'schen Forstamt Dürrenhembach. Dt. Forstwirt (1927) Nr. 41.
- [36] *Söhne, Walter und Roman Thiel*: Technische Probleme bei Bodenfräsen. (In diesem Heft)
- [37] *Söhne, Walter*: Krümel- und Schollensiebanalyse als ein Mittel zur Beurteilung der Güte der Bodenbearbeitung. Landtechn. Forsch. 4 (1954) S. 79/81.
- [38] *Vogel, A.*: Die Bodenfräse im Forstbetriebe. Neueste Versuchsergebnisse mit Siemens-Kleinfräsen in der Forstwirtschaft. Dt. Forstwirt (1927) Nr. 91.
- [39] – Bericht über Prüfung und Entwicklung der Kleinfräse für die Forstwirtschaft. Mitt. d. Aussch. Technik i. d. Forstwirtschaft, H. II, Jan. 1929. Verlag Der Deutsche Forstwirt, Berlin.
- [40] – Versuch zur Feststellung der Vor- und Nachteile der Fräsarbeit auf Gemüseland. Stud. ges. Techn. i. Gartenbau 1926.
- [41] – Fräsen, Motorhacken, Einachsschlepper. Stud. ges. Techn. i. Gartenbau 1941, II. Folge.

Eingegangen am 19. 3. 1957

Institut für Bodenbearbeitung
der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode
Direktor: Prof. Dr. Helmut Frese

Anschrift des Verfassers: Dipl. Landw. Walter Feuerlein, (20b) Braunschweig, Bundesallee 50.