

Starre oder federnde Werkzeuge an Bodenfräsen?

Von Walter Renard

Konrad von Meyenburg, der Pionier im Bau von Bodenfräsen, hat sich bei der Konstruktion seines federnden Werkzeuges die Maulwurfspfote zum Vorbild genommen. Der Maulwurf kratzt und wühlt seine Gänge, wobei seine Krallen elastisch vor Steinen und Wurzeln zurückweichen. Dieses Zurückweichen erfordert aber bei dem bekannten Meyenburg-Werkzeug (Bild 1 und 2) lange Federwege, die nur in einer gewundenen Biegefeder aufzunehmen waren. Bei kleinen Maschinen hat sich diese Werkzeugform, insbesondere wegen der ausgezeichneten, einfachen Klemmverbindung zwischen Feder und Haken, bis heute bewährt. Für größere Maschinenleistungen wurden diese Originalwerkzeuge ursprünglich lediglich

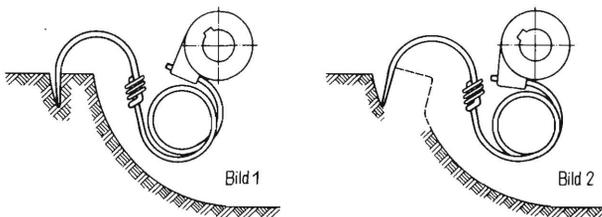


Bild 1 und 2. Fräs Werkzeug nach von Meyenburg.

Bild 1. Einschlagen des Hakenwerkzeugs in den Boden.
Bild 2. Das Werkzeug biegt sich bei zunehmendem Bodenwiderstand nach der Wellenmitte zu ab und sprengt den Boden heraus.

vergrößert. Dabei traten aber so starke Beanspruchungen auf, daß es zu untragbar häufigen Brüchen kam. Man erstrebte und erreichte eine Entlastung der Feder bei Maximalbeanspruchung durch mehr oder weniger starre Führungen des Hakens, so z.B. beim Bremsbügelwerkzeug (Bild 3) durch starre Gleitbügel, die später auch mit Gummipuffern versehen waren, an die sich das Werkzeug beim Überschreiten einer bestimmten Beanspruchung anlegte. Bei der Ausführung nach Grams (Bild 4) war der Federhaken in der Mitte der Federschlaufe in einem Gelenk geführt. Durch derartige Hilfsmittel wurde das federnde Werkzeug bei Maximalbeanspruchung starr, und die Folge war, daß nun nicht mehr die Feder, sondern der Haken zu Bruch ging. Bei kleinen Fräsen, die in außergewöhnlich schwierigen Böden, z.B. beim Umbruch oder im Forst eingesetzt werden müssen, bot sich eine andere Lösung an. Durch Schutzringe neben den Werkzeugelementen wurde eine Art neutrale Zone für den jetzt s-förmig ausgebildeten Haken geschaffen. Dieser konnte bei starker Beanspruchung in den Bereich dieser Scheiben zurückweichen und die Fräse rollte auf diesen Schutzringen ohne Gefahr für Haken und Feder über das Hindernis hinweg, bis der Haken oder die Kralle

selbst wieder erneut eingreifen konnte. Dabei läßt sich allerdings nicht vermeiden, daß ein Teil der Arbeitsbreite während des Überrollens des Hindernisses unbearbeitet bleibt.

Starre Werkzeuge sind oftmals noch größeren Beanspruchungen ausgesetzt, da der harte Stoß beim Aufschlagen nicht federnd abgefangen oder wenigstens gedämpft wird. Sollen hier Brüche weitgehend vermieden werden, so sind Werkzeuge und Halterungen so stark zu bauen, daß auch Spitzenbeanspruchungen aufgenommen werden können. Dies führt zumeist zu recht schweren, wuchtigen Fräschwänzen, die ihrerseits sehr starke Belastungen des gesamten Triebwerkes mit sich bringen, wenn man nicht durch elastische oder rutschende Kupplungen im Antrieb eine Milderung schafft.

Als Vorteil der federnden Fräs Werkzeuge werden im allgemeinen ihre bessere Krümelwirkung, ihre Selbstschärfung und die Selbstreinigung angeführt. Als Nachteil gelten die hohe Bruchgefahr, große Wühlwiderstände und der höhere Preis sowie der durch die Abmessungen der Biegefeder bedingte, große Platzbedarf und damit die beschränkte Zahl von Werkzeugen, die auf einem Drehkreis untergebracht werden kann.

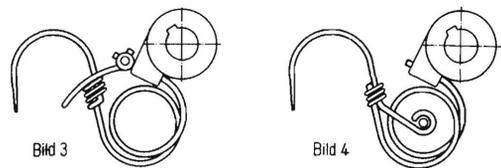


Bild 3. Schema eines Bremsbügelwerkzeuges.

Bild 4. Schema eines federnden Werkzeuges nach Grams mit starrer Mittelführung.

Die bessere Krümelwirkung federnder Werkzeuge ist zum mindesten umstritten. Man kann bei der häufig anzutreffenden, geringen Krümelstabilität des Bodens mit der üblichen Siebanalyse nur schwer die Wirkung unterschiedlicher Fräs Werkzeuge mit Sicherheit reproduzierbar erfassen. Dennoch scheint das elastische, federnde Werkzeug mit den Bodenteilchen schonender umzugehen als das starre. Verfolgt man nämlich den Frähaken auf seiner Arbeitsbahn (Zykloide) mit Hilfe des Lichtspuraufnahmeverfahrens (Bild 5 und 6), so sieht man, daß der Hakenschaft zunächst dank seiner Schwungmasse in seiner ursprünglichen Form ähnlich wie eine Radehacke in den Boden einschlägt (Bild 1). Dann aber biegt er sich bei vergrößertem Bodenwiderstand nach der Wellenmitte zu ab. Dabei verändert sich auch

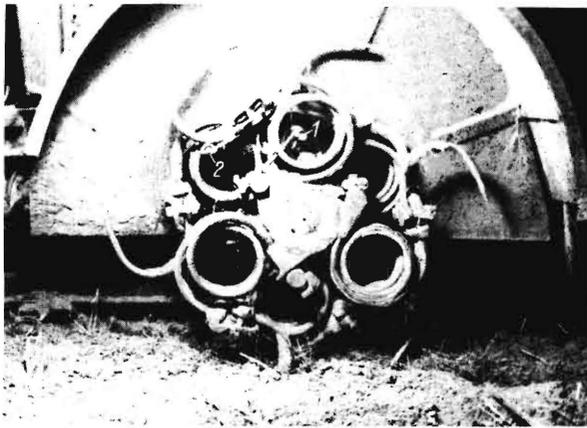


Bild 5. Seitenansicht der Messfräse mit elektrischem Einzelantrieb. Glühbirne 1 ist annähernd im Mittelpunkt der Federwindung starr angebracht und zeichnet die Bezugslinie, Glühbirne 2 ist am Hakenschaft befestigt und zeichnet die Bahnkurve des Hakens.

der Anstellwinkel des Hakens, und es kommt zu einer erwünschten Spalt- und Rißbildung nach der Seite und nach unten (Bild 2). Die neben und unter der Einschlagstelle liegenden Bodenteilchen werden abgerissen, aber darüber hinaus nicht auch noch mechanisch zertrümmert. Ein großer Teil des gelockerten Bodens bleibt in der Fräsmulde liegen, wird nicht beschleunigt und damit auch nicht an das Fräsdach geworfen und dort beim Aufprallen zertrümmert. Mit dem veränderlichen Einschlagwinkel hängt auch die Selbstschärfung des federnden Werkzeuges zusammen. An der Schneidkante des Hakens entsteht ein Anschliff, der bei schweren Lehm- oder harten Sandböden sehr kurz ist und bei leichter zu bearbeitenden Böden sich entsprechend lang und scharf ausbildet. Die Selbstreinigung des Werkzeuges erfolgt durch die nach dem Bodendurchgang eintretenden Schwingungen (Bild 6). Das Werkzeug verläßt gespannt die Bodenmulde und schwingt aus bis zum nächsten Biß.

Die Nachteile der federnden Werkzeuge könnten auch bei stärkeren Maschinen in Zukunft wenigstens zum Teil behoben werden. Ermüdungsbrüche der Federn ließen sich sicher durch geeignetes Material auf ein Minimum vermindern. Schwieriger ist schon die Beseitigung der kraftfressenden Wühlwiderstände an der Federschlaufe. Besonders beim Tieffräsen erfassen die Federwindungen einen großen Teil des vom Haken gelösten, in der Fräsmulde liegenden Bodens, zermahlen ihn und werfen ihn an das Fräsdach, wo durch die Prallwirkung eine zusätzliche, unerwünschte Bodenerzürmung erfolgt. Der Ersatz der aufgewickelten Biegefeder durch einen Torsionsstab nach *Osthaus* beseitigt diesen Nachteil und führt vermutlich zu einer Herabsetzung des spezifischen Fräsarbeitsaufwandes. Der große Raumbedarf der gewickelten Feder verhindert überdies, daß mehr als drei Werkzeuge in einer Drehebene angebracht werden können. Im Hinblick auf eine wirtschaftliche Flächenleistung der Fräse möchte man

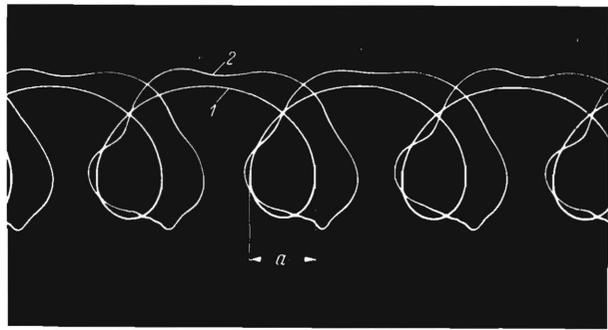


Bild 6. Bewegungsbahn eines *Meyenburg*-Werkzeuges nach Bild 5 bei einer Arbeitstiefe von 15 cm. Lichtspur 1: Bezugslinie der starr am Element angebrachten Glühbirne. Lichtspur 2: Bahnkurve des Hakens am Schaft, $a = 1/3$ Bissengröße

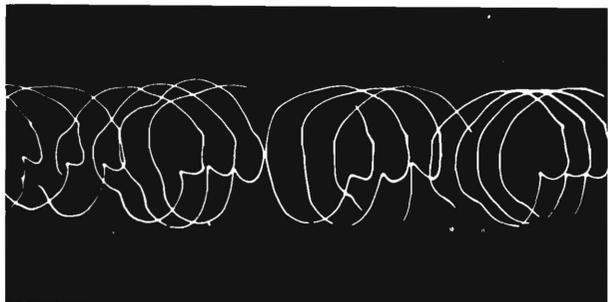


Bild 7. Bahnkurve eines federnden Fräs Werkzeuges nach Bild 1.

Man erkennt das Zurückweichen des Werkzeuges sowie das Ausschlagen bis zum nächsten Einbiss. Arbeitstiefe 18 cm Bissenweite 8 cm

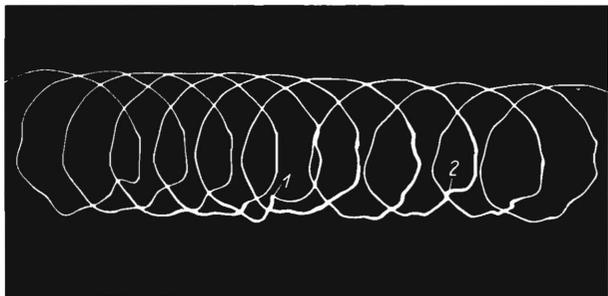


Bild 8. Bahnkurve des Bremsbügelwerkzeuges nach Bild 3. Das Werkzeug biegt sich nicht so stark zurück wie das normal gefederte; nur bei den Hindernissen, Stein 1 und Wurzel 2 weicht es aus. Schwingungen sind noch vorhanden, aber gedämpft.



Bild 9. Bahnkurve des *Grams*-Werkzeuges nach Bild 4. Das freischwingende Werkzeug holt infolge seiner größeren Masse beim Einschlag weit aus, beim Durchziehen legt sich der Haken starr bis zum Anschlag am Element zurück, vollführt dank der starren Mittelführung eine eigenartige Schlaufenbahn und schwingt dann wieder frei aus.

mit möglichst großen Bissen arbeiten, ist jedoch im Hinblick auf den ruhigen Gang der Maschine und die oben erwähnte Spaltwirkung nicht in der Lage, über 12 bis 15 cm hinauszugehen. Bei höheren Fahrgeschwindigkeiten ergibt sich daraus aber zwangsläufig die Notwendigkeit, das Fräswerkzeug schneller umlaufen zu lassen. Man kommt aber dann zu einem hohen spezifischen Kraftverbrauch, da der Schnittwiderstand progressiv mit der Schnittgeschwindigkeit ansteigt und zudem die Bruchgefahr zunimmt. Ein Ausweg wäre, eine größere Zahl von Werkzeugen auf dem gleichen Drehkranz unterzubringen, was bei starren Werkzeugen wohl möglich ist, bei federnden Werkzeugen aber nur mit wenig Raumfordernden Elementen, wie Drehstabfedern oder in Schwingmetall gelagerten Werkzeugen, erreichbar erscheint.

Es bleibt nach wie vor die Notwendigkeit übrig, die Werkzeuge, bzw. den ganzen Frässchwanz gegen Gewaltbeanspruchung zu sichern. Eine in den Hauptantrieb eingebaute Rutschkupplung kann zwar Motor und Zapfwellengetriebe vor Überbeanspruchung schützen, was besonders bei plötzlichem Abbremsen des gesamten Frässchwanzes richtig erscheint. Niemals kann aber eine solche Rutschkupplung das einzelne Werkzeug gegen Überbeanspruchung sichern, da das maximale Drehmoment, bei dem die Rutschkupplung anspricht, auf den Kraftverbrauch des gesamten Frässchwanzes und nicht des einzelnen Werkzeuges eingestellt werden muß. Anders ist es, wenn die Rutschkupplung nach dem Vorschlag von Fey in den Werkzeugkranz selbst gelegt wird. Hierbei ist allerdings die Abstimmung des richtigen Drehmomentes nicht ganz einfach, da bei zu lose eingestellten Rutschkupplungen bei jedem Stoß ein unerwünschtes und Kraft zehrendes Rutschen der Kupplung nicht zu vermeiden ist. Auch muß durch geeignete Maßnahmen dafür Sorge getragen werden, daß nicht sämtliche Werkzeuge der Fräswelle in die gleiche Arbeitsebene rutschen, was ebenfalls zu unerwünscht großen Drehmomentspitzen im Hauptantrieb führt. Am zweckvollsten scheint mir aber die Ausbildung einer Schutzzone für die Werkzeuge, wie sie von Siemens für die Waldfräsen schon entwickelt worden ist. Dann können die gefährdeten Werkzeuge in den Bereich dieser Schutzringe zurückweichen, der Schutzring rollt dann über das Hindernis hinweg, während die übrigen nicht gefährdeten Werkzeuge ganz oder teilweise im Eingriff bleiben. Der Überstand der Werkzeuge über den Schutzring im Vergleich zum Durchmesser der Schutzringe muß sorgfältig abgestimmt sein, um die gesamte Frästiefe nicht unnötig zu begrenzen.

Da nun federnde oder elastisch gelagerte Werkzeuge immer aufwendiger und damit teurer sind als starre Werkzeuge, ist zu überlegen, ob und wann starre Werkzeuge selbst unter Verzicht auf die

Selbstschärfung mit Vorteil eingesetzt werden können und wo man auf eine Federung Wert legen müßte.

Der Einsatz von Bodenfräsen läßt sich in drei Hauptgruppen unterteilen:

- 1) die Oberflächenbearbeitung,
- 2) das Tieffräsen zur Pflanzbeetherrichtung in einem Arbeitsgang auf Böden, die in gutem Kulturzustand sind,
- 3) das Gewaltfräsen beim Herrichten von Ödland, Wiesenumbbruch und im Forst.

Die Oberflächenbearbeitung bezweckt das Hacken der obersten Krumeschicht, um sie zu lockern und um gleichzeitig das Unkraut zu bekämpfen. Sofern es sich um Arbeiten in Reihenkulturen handelt, wird die Fräse, von wenigen Ausnahmen abgesehen, nur einreihig arbeiten können. Mehrreihige Fräsantriebe haben bisher wegen der Lenkschwierigkeiten noch nicht voll befriedigt. Hier ist die mehrreihige Hackmaschine mit den gezogenen Werkzeugen die Konkurrenz für die Fräse. Immer ist zu überlegen, ob die Vorteile der rotierenden Werkzeuge, die die Bodenoberfläche zweifellos intensiver krümeln, die das Unkraut teilweise zerschlagen und mit der Bodenkrume vermischen, den höheren Aufwand gegenüber den Hackwerkzeugen lohnen, die die Bodenoberfläche unter Umständen abschneiden, Schollen hinterlassen und das Unkraut besonders bei nachfolgendem Regen schnell wieder nach- oder anwachsen lassen. Bei solchen Oberflächenarbeiten können bei entsprechender Vorschubgeschwindigkeit die Bissengrößen so groß gehalten werden, daß auch keine Verschlemmungsgefahr eintritt. Gefahr für die Werkzeuge selbst besteht kaum, zumal der Frässchwanz bei unüberwindlichen Hindernissen leicht angehoben wird. Hier also wären starre Werkzeuge durchaus zu gebrauchen. Das gleiche gilt für die Nacharbeit der Pflugfurche, um die sonst notwendigen Arbeitsgänge mit Grubbern und Eggen einzusparen. Auch beim Offenhalten von Buschobstanlagen wird das langsam umlaufende, starre Werkzeug voll befriedigen können. Anders ist es schon, wenn größere Mengen von Pflanzenrückständen zerschlagen und in den Boden eingemischt werden sollen, wie das z.B. in Zuckerrohrplantagen gewünscht wird. Hier braucht man schnell umlaufende Werkzeuge, die die teilweise verrotteten und oftmals sehr zähen Stengel und Blattreste regelrecht zerhackeln sollen und daher unbedingt scharf sein müssen. Bei solcher flachen Arbeit läßt sich auch der sonst so erwünschte und günstige Schub von der Zugmaschine noch aufnehmen, ohne daß deren Lenkfähigkeit dadurch behindert wird.

Ganz anders liegen die Verhältnisse beim Tieffräsen. Bisher war diese Arbeit eigentlich nur von gärtnerisch bewirtschafteten Betrieben verlangt, die ohnehin ihren Boden in bestem Kulturzustand halten und dank der hohen Gaben organischen Dün-

gers gegen die Nachteile einer allzu starken mechanischen Zertrümmerung der Bodenkrümel gefeit sind. Auf Böden, denen nicht solche starken Stallmistgaben oder keine großen Mengen organischer Substanzen in Form von Gründung oder Pflanzenresten gegeben werden können, besteht bei den bisherigen Maschinen zweifellos die Gefahr einer Verschlämung und weiter die Gefahr, daß die Böden nach der anfänglich sehr starken Lockerung allmählich zu dicht werden. Ich könnte mir aber denken, daß durch entsprechende Ausbildung der Werkzeuge, wie sie weiter oben beschrieben worden ist, auch hier eine erfreuliche Krümelstruktur zu erreichen ist, wie sie z.B. mit der Spatenrollegge von Fahr, allerdings unter Verzicht auf das bisher typische Fräsbild, mehr schneidend als reißend und spaltend, erzielbar ist. Für reine Tiefarbeiten in diesem Sinne scheint mir das federnde Werkzeug entsprechender Konstruktion nach wie vor im Vorteil zu sein, zumal der Kraftverbrauch zwar erheblich höher als derjenige beim Pflügen ist, aber immer noch beim federnden Werkzeug niedriger zu sein scheint als beim starren Werkzeug. Der starke Schub der Fräse auf die Antriebsmaschine kann auf ein erträgliches Maß reduziert werden, wenn man hinter dem Frässhwanz einige Wühlgrubberzinken laufen läßt.

Während bei den bisher beschriebenen Arbeiten die Fräserei nur bedingt Vorteile gegenüber den sonst üblichen Bodenbearbeitungsmethoden mit sich bringt, ist eine eindeutige Überlegenheit bei der letzten Gruppe des Einsatzes gegeben, die ich als Gewaltfräsen gekennzeichnet habe. Beim Umbruch alter Wiesen und Weiden oder im Moor und auch im Forst gibt es oft gar keine andere Möglichkeit, den Boden mit erträglichem Aufwand zur Kultur herzurichten, als mit Fräsen zu arbeiten. Eine Vielzahl von Arbeitsgängen wird dadurch eingespart. Selbst im Forst kann der ausgezeichnete Schwinggrubber die Arbeit einer Fräse nicht ersetzen. Solche Art Arbeitsbedingungen, die an Maschine und Frässhwanz die äußersten Ansprüche stellen, sind selten, sie sind aber vorhanden und müssen demzufolge auch gemeistert werden. Wird hierbei mit starren Werkzeugen gearbeitet, so muß irgendeine Sicherung eingebaut sein. Besonders ist das dann erforderlich, wenn der Frässhwanz so schwer geworden ist, daß er bei unüberwindlichen Hindernissen nicht mehr nach oben ausweicht. Ein gewisser Werkzeugverschleiß wird hier in Kauf genommen werden müssen. Ich kann mir aber denken, daß auch in solchen Fällen das elastische Werkzeug, das dann aber entsprechend steif gemacht werden müßte, immer noch Vorteile bringt, sofern

es sich bei Gefahr in seine eigene Schutzzone zurückziehen kann.

Alle Frässhwänze stellen aber auch bestimmte Anforderungen an die Zugmaschine, auf die noch kurz eingegangen werden soll. Der Landwirt ist heute gewöhnt, im flotten zweiten Gang seinen Acker zu pflügen. Die Fräse verlangt aber langsame Arbeitsgeschwindigkeiten, die beim Tief- und Gewaltfräsen bei 0,8 km/h und darunter liegen müssen. Um nun zu einigermaßen erträglichen Flächenleistungen zu kommen, hat man die Frässhwänze breiter gebaut. Hierbei scheidet man aber sehr bald an der zur Verfügung stehenden Motorleistung. 10 PS an der Zapfwelle für 50-cm-Arbeitsbreite kann auf Grund von Erfahrungen mit Kleinfräsen als Richtsatz angenommen werden. Die zahlreichen Brüche an Zapfwellen, Gelenkwellen und im Getriebe der Fräse selbst sollten dem Konstrukteur zu denken geben und den Händler davor bewahren, zu jedem beliebigen Schlepper einen beliebigen Frässhwanz zu liefern, besonders wenn der Schlepper keinen Kriechgang besitzt.

Dieser Bericht fußt auf eigenen Erfahrungen und Messungen, die ich seinerzeit unter *Holldack* in Leipzig begonnen habe und später vertiefen konnte. Heute sind die Meßmethoden wesentlich verbessert und verfeinert worden, und ich bin überzeugt, daß man durch konstruktive Maßnahmen, deren Richtung ich versucht habe anzudeuten, auch energetisch noch beachtliche Vorteile herausarbeiten kann. Man soll sich aber hüten, die Bedeutung der Fräserei zu überschätzen. Das rotierende Werkzeug soll nur dort eingesetzt werden, wo es tatsächlich Vorteile bringt. Noch ist das Allheilmittel gegen unerwünschte, mechanische Zertrümmerung der Bodenkrümel nicht gefunden, und der oberflächlich gefräste Boden mit seinem prachtvollen Aussehen darf nicht darüber hinwegtäuschen, daß im Untergrund bzw. in den tieferen Bodenschichten die natürliche Krümelstruktur, die auch zum Setzen des Bodens führt, noch nicht vorhanden ist.

Zum Schluß sei mir der Hinweis erlaubt, daß unter uns noch eine Reihe von Leuten weilt, die in *Gieshof* als Konstrukteure oder später als Stützpunktleiter der *Siemensfräsen* die Entwicklung der Fräserei recht genau kennengelernt haben. Leider ist das Fräsenbuch von *Holldack*, in dem die ganze Fülle der Erfahrungen veröffentlicht werden sollte, nicht erschienen. Nicht alle heute gebauten Frässhwänze lassen erkennen, daß man sich die damaligen Kenntnisse zunutze gemacht hat. Umso erfreulicher aber ist es, daß jetzt dieses interessante Gebiet wieder aufgegriffen und bearbeitet wird.

Eingegangen am 11. 10. 1956

Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft
der Technischen Hochschule Hannover

Anschrift des Verfassers: Prof. Walter Renard, (20b) Hannover-Herrenhausen, Haltenhoffstr. 101