19. DAMPF-BODENFRÄSMASCHINEN (KULTIVATOREN)

19.1 Bemerkung

Vor 1900 gab es bei der Bearbeitung des Bodens in mittleren Tiefen, neben der reinen Handarbeit des Spatens und Hackens, kaum eine Alternative zum Pflug. Üblich war der gezogene Pflugkörper mit den wesentlichen Teilen Schar, Streichblech und Sohle. Aus der kontinuierlichen gradlinigen Translationsbewegung beim Pflügen wurden durch entsprechende Formgebung der Bodenbearbeitungswerkzeuge alle anderen Bewegungskomponenten zum schneiden, lockern und ggf. wenden des Bodens abgeleitet. Der Pflugkörper und seine einzelnen Teile führten keine zusätzlichen Bewegungen aus. Das Ziehen eines „statischen" Bodenbearbeitungswerkzeuges war aber nicht die einzige Möglichkeit, um durch eine mechanische Einwirkung die Regeneration des Bodens zu unterstützen und ihn für die neue Aussaat vorzubereiten. Es lässt sich nicht mehr genau zurückverfolgen, wann die ersten Ideen entstanden sind, auch andere Bewegungsformen zur Bearbeitung des Bodens zu nutzen. Vermutlich haben schon die alten Kunstmeister der Mechanik in der Renaissance Überlegungen in dieser Richtung angestellt. Jede praktische Umsetzung musste vor dem 19. Jahrhundert an der Unmöglichkeit zur Erzeugung einer entsprechend großen Antriebsenergie zur Bewegung der Werkzeuge im Boden scheitern.

Es gab eine weitere, mechanisch einfache Bewegungsform, die zur Führung von Bodenbearbeitungswerkzeugen eingesetzt werden konnte, die der Rotation. Bodenbearbeitungsmaschinen dieser Art bezeichnete man am Anfang als Bodenfräsmaschinen, „Maschinen mit rotierenden Kultivatoren" oder auch nur als Kultivatoren. Die Bodenbearbeitung mit rotierenden Werkzeugen zu versuchen, war nach dem Aufkommen hinreichend leistungsstarker Dampfmaschinen ein nahe liegender Gedanke, da die Bewegungsform durch einen Kurbeltrieb unmittelbar erzeugt werden konnte. Allerdings war die Technologie der Bodenbearbeitung mit rotierenden Werkzeugen völlig neu. Es gab keinerlei verfahrenstechnische Erfahrungen. Die Dampfmaschine beflügelte den Erfindergeist jener Zeit bei der Entwicklung von Bodenfräsmaschinen in ungeahntem Umfang. Eine kaum zu überschauende Menge an Ideen entstanden. Es gab keine technisch mögliche Konstruktion mit rotierenden Werkzeugen, die nicht ausprobiert wurde. Konzepte wurden realisiert, in Versuchen erprobt, verworfen oder verbessert, neue Ideen entstanden und die Prozesse begannen von vorne. Selbst Maschinen, die von Gespannen über den Acker gezogen wurden und bei denen nur die rotierende Arbeitsbewegung mit Dampfkraft erzeugt wurde, entstanden. Diese Experimentierphase dauerte bis in das 20. Jahrhundert. Man sprach seinerzeit sogar von der Entwicklung einer eigenständigen Fräs-Bodenkultur. Die Erwartungen in die neuen Verfahren waren hierzulande sehr hoch. Einige Fachleute waren der Meinung, dass die Kulturmethode des Fräsens die des Pflügens weitgehend ersetzen würde. Begeisterte Zeitgenossen sprachen gar von einer „Umwälzung der gesamten Bodenkultur" mit ungeahnten Auswirkungen auf die Preise landwirtschaftlicher Erzeugnisse. Ein Fräsgang sollte den fünf- bis sechsmaligen Gang mit Gespannen erledigen.

Die vermutlich ersten Ideen zur Bodenbearbeitung mit rotierenden Werkzeugen, die durch Maschinenkraft angetriebenen wurden, stammen aus der Anfangszeit des 19. Jahrhunderts. Josef Bauer (in einigen Quellen auch „Baur" geschrieben), ein österreichischer Offizier, hatte schon 1836 einige Ideen zu alternativen Bodenbearbeitungsverfahren skizziert. Unter anderem eine Dampf-Bodenfräsmaschine und auch Dampf-Bodengrabmaschinen. In England war es Hall, der 1842 einen Bodenkultivator mit rotierenden Hauwerkzeugen erfand. Bei diesen frühen Konstruktionen diente die Dampfmaschine nur zum Antrieb der Fräswelle. Gezogen werden sollten die Maschinen von Gespannen.

In England machte Hoskyns um 1845 einen ähnlichen Vorschlag. Die Drehbewegung der Dampfmaschine sollte zum Bearbeiten des Bodens mit angetriebenen rotierenden Werkzeugen genutzt werden.
R. J. Usher aus Edinburg nahm im Jahr 1849 ein Patent auf eine dampfgetriebene Bodenbearbeitungsmaschine mit rotierender, waagerechter Achse. Die Werkzeuge waren mit Sech, Schar und Streichblech denen der traditionellen Pflüge ähnlich. Die Fräswelle lag hinter der Maschine.

Die erste Maschine, die „nach Art eines Gangpfluges mit rotierenden Arbeitsteilen" praktisch im Betrieb gewesen ist, dürfte die Bodenfräsmaschine von Thenard und Guibal gewesen sein. Sie wurde auf einer Ausstellung in London 1850 dem staunenden Publikum vorgeführt. Die „umfangreiche Räderwalze besaß spartenartig wirkende Klauen, die von oben nach unten in den Boden drangen".

Eine nach der Idee von Hoskyns arbeitende Maschine, die von Usher gebaut worden war, ist nachweislich 1856 in Paris bei einer Vorführung in Betrieb gezeigt worden. Es war ein Versuch. Die Ergebnisse waren nicht befriedigend und die Entwicklung wurde abgebrochen.

In Kanada wurde 1856 eine Bodenfräsmaschine zum Einsatz gebracht, bei der die Dampfmaschine nur die rotierende Fräsbewegung ausführte. Gezogen wurde die Maschine von Gespannen. Aber diese Aufteilung von Antrieb der Bodenbearbeitungswerkzeuge durch Dampfkraft und Fortbewegung der Maschine durch Gespanne bewährte sich nicht.
Romain baute eine Maschine mit einer rotierenden Trommel, auf der Werkzeuge befestigt waren, die in Form von Grubberzinken ausgebildet waren. Die Trommel hatte eine horizontale Achse quer zur Fahrtrichtung. Der schwere Dampfschleppers mit dieser Trommel fuhr im direkten Gang über den Acker. Das funktionierte nur bei festen, trockenen Böden. Er rüstete daraufhin die großen Triebräder des Schleppers mit Boydell'schen Schienenschuhen aus. Auf einer landwirtschaftlichen Ausstellung 1860 in Paris wurde die Maschine mit gutem Erfolg vorgeführt. Die Qualität der Bodenbearbeitung stand der beim Pflügen mit indirekten Systemen in nichts nach.

1866 baute der Engländer Garby einen „Pflug" mit mächtigen Spatengabeln. Die Vorwärtsbewegung wurde durch die Bewegung der Spaten erzeugt. Einige Jahre später veränderte er seine Konstruktion. Eine Dampfzugmaschine bewegte den Bodenbearbeitungsteil der Maschine über das Feld. Drei große Spatengabeln bearbeiteten eine Breite von 1,5 Metern. Die Konstruktion mit ihrer zusammengesetzten Bewegung der Bodenbearbeitungswerkzeuge ähnelte mehr der einer Grabmaschine als einer Fräsmaschine.

Eine weitere Bodenbearbeitungsmaschine mit „Rotierenden Spaten" brachte Comstock 1867 zum Einsatz.

Über einzelne Anwendungen sind diese Maschinen nicht hinaus gekommen.

In den folgenden Jahren entstanden in einer sehr intensiven Entwicklungs- und Experimentierphase viele neue Maschinenkonzepte. Die Jahrtausende währende Entwicklung des Pfluges wurden bei der Entwicklung der Bodenfräsen in einige Jahrzehnte komprimiert. Selbst die einfachsten Grundlagen mussten in mühevollen Versuchen ermittelt werden. Der Zweck der Bodenbearbeitung ist eine möglichst gute Vorbereitung des Bodens für das Wachsen der später einzubringenden Kulturpflanzen. Bewertbar sind im Grunde genommen nur die jeweilige Art und Ausführung der Bodenbearbeitung und das Ergebnis bei der Ernte. Es ist verständlich, dass es Jahrzehnte dauern musste, bis man brauchbare Resultate fand.

Alles musste neu ermittelt und im praktischen Einsatz optimiert werden, eine geeignete Form der Werkzeuge, die Lage der Fräsachse, die Bearbeitungsgeschwindigkeiten zur Bodenzerkleinerung, das geeignete Fräsprinzip, das heißt, ob im Gleichlauf oder im Gegenlauf gearbeitet werden sollte usw.

Die Entwicklung der Bodenfräsmaschinen ist von einer ungeahnten Dynamik gekennzeichnet. Im Verlauf der Entwicklung wurden beispielsweise auch die Zugmaschinen immer leichter und leistungsfähiger. Aus diesenAbhängigkeiten entstanden völlig neue Konstruktionen. Es folgte ein nahtloser Übergang zu Maschinen mit Antrieb durch den Explosionsmotor. Um 1890 baute Mechwart, Direktor der ungarischen Maschinenfabrik Ganz in Budapest und Besitzer eines Landgutes, Dampf-Landbaumaschinen, von denen einige Exemplare nachweislich eine zeitlang im praktischen Einsatz waren. Die ersten Maschinen besaßen Dampfantrieb, nach 1900 schon Antriebe mit leichteren Explosionsmotoren.

Auf der Pariser Weltausstellung des Jahres 1900 wurden auch landwirtschaftliche Maschinen gezeigt. U. a. eine Dampf-Pflugmaschine ägyptischer Konstruktion mit drei großen hinten angebrachten Rotationsscheiben mit Werkzeugen zur Bodenbearbeitung. Das Besondere war die Lage der Achsen der rotierenden Werkzeugscheiben. Sie lagen in Fahrtrichtung der Zugmaschine.

Weitere Bodenfräsmaschinen wurden vor 1900 von Proctor, Garret und Cooper auf den Markt gebracht. Es waren leichtere Konstruktionen.

Nach der Jahrhundertwende sind die bekanntesten Konstrukteure bzw. Hersteller für Bodenfräsmaschinen:

- Mechwart mit seinen verschiedenen Dampf-Bodenfräsmaschinen (gebaut wurde die Maschine bei Ganz & Co in Budapest).
- Köszegi mit einer großen Maschine, die eine „Hauwelle“ im Heck mit großen Werkzeugen besaß. Angetrieben wurde die Fräse durch einen Verbrennungsmotor.
- Baghos Nubar Pascha mit seiner „Automobilen Dampfpflugmaschine“ (gebaut wurde die Maschine ebenfalls bei Ganz & Co).
- Maschinenfabrik A.-G. St. Georgen, Zürich, mit einem Landbaumotor (allerdings mit Explosionsmotor).
- Motorenfabrik Kämper, Berlin, baute die Maschine von Köszegi von 1909 bis 1911.
- Fa. Lanz, Mannheim (nach einer Konstruktion von K. Köszegi, Ungarn) ebenfalls mit einem Verbrennungsmotor
- Die Siemens-Schukert-Werke, Berlin, bauten mehrer Typen von Bodenfräsmaschinen mit Verbrennungsmotoren und elektrischen Antrieben.
- Fa. Bánki baute nach Plänen von Mechwart eine kleine Landbaumaschine, ebenfalls mit Verbrennungsmotor.
- Fa. Eckart, Berlin, baute eine Fräse mit einem System rotierender Spaten.
- Fa. Langlet baute eine Fräse mit rotierenden Winkelmessern.

Die Bezeichnung dieser landwirtschaftlichen Maschinen wechselte im Laufe der Zeit. Üblich waren: Dampf-Bodenfräsmaschine, Kultivator, Schaufelpflug, Motorfräser, Dampf-Landbaumaschinen, Dampfpflugmaschine u. a. m.

Um einen Überblick über die Verfahren bei der Bodenkultur mit Bodenfräsen, sowohl die theoretischen möglichen als auch die praktisch umgesetzten, zu bekommen, ist eine Übersicht hilfreich. In der Tafel 19.1/1 ist das morphologische Schema der Bodenfräsmaschinen dargestellt. Als ordnende Gesichtspunkte sind zum einen die maschinenbezogenen Gesichtspunkte und zum anderen die verfahrensbezogenen Merkmale des Fräsens selbst gewählt worden. Die Matrix gibt den historischen Stand der Technik bis etwa 1900 wieder. Bei den nicht selbstfahrenden Maschinen sind daher die modernen Anhänge-, Anbau- und Aufsattelmaschinen nicht aufgeführt. Die in den folgenden Abschnitten erwähnten Beispiele von Bodenfräsmaschinen sind in der Matrix mit ihren jeweiligen Gliederungsnummern eingetragen.

Die Abkürzungen in der Matrix bedeuten:

- „ 1 “: Das Verfahren ist mit Sicherheit praktisch im Einsatz gewesen. Die jeweiligen Felder sind hervorgehoben gezeichnet.
- „ 2 “: Das Verfahren ist vermutlich in Einzelfällen im praktischen Einsatz gewesen.
- „ “: Leerfeld. Das Verfahren ist nicht im praktischen Einsatz gewesen oder technisch nicht möglich. Zu einigen Verfahren sind Stichworte in den jeweiligen Feldern ergänzt.

Zur Vereinfachung der folgenden Abschnittseinteilung des Kapitels 19 wurde als unterscheidendes Merkmal die Lage der Fräsachse in der Maschine gewählt. Sie bestimmt weitgehend den konstruktiven Aufbau. Nach der Lage der Fräsachse lassen sich unterscheiden:

1. Dampf-Bodenfräsmaschinen mit waagerechter Fräsachse, quer zur Fahrtrichtung
2. Dampf-Bodenfräsmaschinen mit waagerechter Fräsachse, in Fahrtrichtung
3. Dampf-Bodenfräsmaschinen mit senkrechter Fräsachse

Die technische Umsetzung des Prinzips der Bodenfräsmaschinen ist bei den meisten Konstruktionen dem der Dampf-Fahrpflüge (siehe Kapitel 7) ähnlich. Dampfzugmaschine und Fräse bilden eine Einheit. Die Maschine ist eine spezielle Konstruktion und nur für den Zweck der Bodenbearbeitung mit Fräswerkzeugen zugeschnitten. Der Dampfantrieb wurde sehr bald durch den Verbrennungsmotor abgelöst. Die Einzweckmaschine entwickelte sich zur Universalmaschine. Kombinierte Systeme, bei denen beispielsweise die Fräseinheit mit Hilfe von Seilen und Winden bewegt worden ist, sind nicht im praktischen Einsatz gewesen. Es gab einige Versuche, den Gespannzug durch einen Zug mit Winden zu ersetzen. Durch zwei getrennte Antriebe wären derartige Konstruktionen in der Praxis auch viel zu teuer geworden.

Wie die Fahrpflüge besitzt die Bodenfräsmaschine auch eine direkte Traktion. Mit allen prinzipbedingten Vor- und Nachteilen. Bei den anfänglich noch recht schweren Zugmaschinen war die Bodenverdichtung durch die Antriebsräder erheblich. Diesen Nachteil verminderte man durch entsprechend große Räder mit breiten Felgen oder spezielle Radkonstruktionen mit großer Aufstandsfläche. Trotzdem wurde ein nicht unerheblicher Teil der eingesetzten Energie zur Fortbewegung der Zugmaschine benötigt.

Verfahren / Maschinen			Selbstfahrende Bodenfräsmaschinen					Nicht selbstfahrende Bodenfräsmaschinen					
			Lage der Fräsachse horizontal		Lage der Fräsachse Vertikal **		Lage der Fräsachse horizontal und vertikal (komb.)	Zug durch Gespannkraft			Zug durch Maschinenkraft (Winden)		
			Quer zur Fahrtrichtung	In Fahrtrichtung *	Eine Fräswelle	Mehrere Fräswellen***	Diverse Varianten technisch möglich	Lage der Fräsachse					
								H.	V.	K	H.	V.	K
GLEICHLAUF	Starre Werkzeuge	Pflugwerkzeuge	1										
		Sichelartige Werkz.	1	1	1	1		1	2		2	2	
		Klauenartige Werkz.	1										
		Messer, abgewinkelt	1	1	1	1		2			2		
		Spatenartige Werkz.	2										
		Sonstige Formen	1	1	1	1	2 (nur Experimente)	1					
	Starre Werkzeuge mit elastischer Befestigung (diverse Formen)		2	2	2	2							
	Elast. Werkzeuge	Rundzinken	1										
		Flachzinken	1										
		Grubberartige Zinken	1										
		Messerartige Werkz.	1	2	2	2							
		Sonstige Formen	1	2	2	2							
	Elastische Werkzeuge mit federnder Befestigung (diverse Formen)												
GEGENLAUF	Starre Werkzeuge	Pflugwerkzeuge											
		Sichelartige Werkz.	2		1	1		2	2		2	2	
		Klauenartige Werkz.	2										
		Messer, abgewinkelt	2		1	1		2			2		
		Spatenartige Werkz.	2										
		Sonstige Formen			1	1							
	Starre Werkzeuge mit elastischer Befestigung (diverse Formen)		2		2	2	2 (nur Experimente)						
	Elast. Werkzeuge	Rundzinken											
		Flachzinken											
		Grubberartige Zinken											
		Messerartige Werkz.	2		2	2							
		Sonstige Formen			2	2							
	Elastische Werkzeuge mit federnder Befestigung (diverse Formen)												

* Mehrere parallele Fräswellen gebräuchlich, meist gegeneinander drehend.
Keine Unterscheidung Gleichlauf/Gegenlauf.

** Die Maschinen bzw. Geräte werden heute zu den Pflügen gezählt.
Arbeitsverfahren: meist Gegenlauf.

*** Drehrichtung der Fräswellen gleich.

Tafel 19.1/1:
Morphologisches Schema
der Dampf-Bodenfräsmaschinen

Vor- und Nachteile der Arbeit mit Bodenfräsmaschinen wurden lange Zeit heftig diskutiert. Noch Anfang des 20. Jahrhunderts gingen die Meinungen zu dieser Art der Bodenbearbeitung weit auseinander. Es war im wahrsten Sinne des Wortes ein steiniger Weg bis zum Einsatz brauchbarer Maschinen. Noch 1911 vermerkt ein Fachautor zum Stand der Maschinen:

„ .... Rein mechanisch betrachtet, unterliegt es keinem Zweifel, daß die von dem Fräser ausgeführte Art der Bodenbearbeitung technisch die schwierigste ist und die höchste Kraftanstrengung erfordert. Die Ergebnisse der letzten Jahre zeigen auch keinen Fortschritt, im Gegenteil, die vielen Konstruktionsänderungen lassen auf noch nicht überwundenen Schwierigkeiten schließen, die sich erst bei den Versuchen unangenehm geltend gemacht haben.
Während also der Maschinentechniker noch bei der Arbeit ist, die richtige Konstruktion und Form zu finden, bemühen sich einige Herren Vertreter der Wissenschaft, durch Bodenuntersuchungen und hypothetische Erklärungen eine scheinbar wissenschaftliche Unterlage für die Anpreisung der Bodenfräserei zu gewinnen. .... In den Meinungsaustausch hierüber will ich mich nicht einlassen, jedoch kann ich nicht verschweigen, daß bei dem Maschineningenieur, der sich praktisch mit der Lösung der Frage beschäftigt und gern die Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen für seine Arbeit benutzen möchte, ein Gefühl der Unsicherheit zurück bleiben muß, wenn er sieht, daß sich die Herren Vertreter der Wissenschaft noch nicht über die rein äußerliche Methode der Untersuchung geeinigt haben."
Zu den Untersuchungen der besonderen Vorteile des Bodenfräsens schreibt der Autor über eine wissenschaftliche Studie:
„Er geht von der Voraussetzung aus, daß der durch den Fräser in kleinere Stücke zerschlagene und deshalb stärker gelockerte Boden für das Wachstum der Pflanzen günstigere Bedingungen schafft und vor allem eine höhere Kapazität zur Aufnahme des notwendigen Wassers hat. ... Werden die Proben von demselben Felde gleicher Bodenart genommen und die Gewichte derselben von dem Pfluge bestellten Stücken in Vergleich gestellt mit dem vom Fräser hergerichteten, so soll das geringere Gewicht den Beweis der besseren Krümelung und größeren Lockerung geben. ... Die Wassermenge ist zwar bei ungleichen Bodenarten prozentual verschieden, aber bei gleichen Bodenarten ist mit wenigen Ausnahmen die größere Wassermenge bei den schwereren Böden (höheren Litergewichten) zu finden ohne Unterschied, ob der Boden mit dem Pfluge oder mit dem Fräser bearbeitet ist."
Zu dem Argument der rationelleren Bearbeitung schreibt der Autor:
*Nun wird von den Anhängern der Fräserei immer wieder behauptet, durch diese Art der Bodenbearbeitung wird das Feld in **einem** Arbeitsvorgang saatfertig gemacht, es werden also die Nebenarbeiten erspart. Abgesehen davon, daß auch bei jedem anderen mechanischen Pfluge mehrere verschiedene Ackergeräte in einem Gange zu betreiben sind, zeigen die Mitteilungen ... wie oft vor der Drillmaschine der Boden nach dem Fräsen noch bearbeitet werden muß, weil er teils zu locker liegt und festgewalzt werden muß, teils nicht schnell genug abtrocknet und eine anderweitige Bearbeitung nötig macht, die im Frühjahr sogar zu Schwierigkeiten führen kann. Die Anpreisung mit der Arbeitsersparnis kann also nur mit weitgehendem Vorbehalt gemacht werden, und die Hoffnung der Landwirt erhalte hier eine Universalmaschine, ist doch recht bedenklich einzuschränken.*

Namentlich kann der Fräser nicht die Unbequemlichkeit der individuellen Behandlung der einzelnen Bodenarten beseitigen, denn das Verhalten des gefrästen Bodens ist in jedem Falle ebenso verschieden, wie das des gepflügten Bodens, und setzt zur richtigen Vorbereitung für die Drillmaschine eben so viel Erfahrung voraus, wie heute bei der Anwendung des Pfluges. Hierin scheint mir das größte Hindernis für die Anwendung und Einführung des Fräsens zu liegen, denn für die individuelle Behandlung des Bodens ist der Pflug das geeignetste Instrument, das in seinen vielgestaltigen Formen dem Landwirt ein Mittel in die Hand gibt, die Bestellung seinen Wünschen und Erfahrungen gemäß durchzuführen, während ihm beim Fräser jede Möglichkeit einer individuellen Beeinflussung genommen ist und er machtlos zusehen muß, wie ihm der Zufall die Brocken durcheinander wirft."

Ein anderer Autor schreibt zur gleichen Zeit (Jahrbuch der DLG, 1912, S. 216 ff.):

Das Eigenartige der neuen Bearbeitung liegt vor allem darin, daß der Boden in einem Arbeitsgang in gleichmäßiger, mäßig fein gekrümelter Schicht abgelegt wird, so wie er sonst nur durch Rajolen mit dem Spaten bei gartenmäßiger Bestellung hergerichtet werden kann. ... Trotz seiner lockeren Schichtung setzt sich der Acker nur sehr wenig zusammen, weil viel größere Reibungswiderstände vorliegen, als bei grobkrümeliger oder gar scholliger Struktur. Im übrigen läßt sich ... die Feinheit der Krümelung in gewissen Grenzen regulieren, denn (sie) hängt teilweise ab von dem Verhältnis zwischen der Umdrehungsgeschwindigkeit einer Fräse und der Vorschubgeschwindigkeit. ...
Man hat befürchtet, daß ein solcher Acker unter der Einwirkung von Niederschlägen verschlämmen und dann verkrusten würde. Die Befürchtungen erscheinen nach Maßgabe theoretischer Erwägungen wenig wahrscheinlich, und mittlerweile liegen auch aus unserer heimischen Landwirtschaft praktische Erfahrungen hierüber vor. Im Herbst 1911 ist die Winterung zum ersten Mal in einer Anzahl deutscher Wirtschaften nach der neuen Ackerungsweise bestellt worden. Der Frost ist nunmehr teilweise aus dem Boden gewichen und der Stand der Saaten läßt sich beurteilen. Nach den aus Baden, Bayern, Posen, Westfalen usw. liebenswürdigerweise übermittelten Berichten ist ein Verschlämmen und Verkrusten nirgends beobachtet worden, die Saat ist durchgängig ein bis zwei Tage früher aufgelaufen und steht heute mindestens eben so gut wie die Satt auf nach alter Weise gepflügten Kontrollstücken.
Wenn auch zunächst noch weitere Beobachtungen zu sammeln sein werden, so ist doch die Tragweite der bisherigen Ergebnisse fraglos eine ganz gewaltige, und zwar um so mehr, als sich irgend ein mit den theoretischen Grundgesetzen des Pflanzenlebens unvereinbarer Faktor in dem neuen Verfahren bisher nicht hat finden lassen. Tiefgreifende Abweichungen ergeben sich hingegen gegenüber den herkömmlichen Anschauungen und der in der Landwirtschaft üblichen Arbeitsweise, und wer diesen neuen Methoden gerecht werden will, darf sie nicht unter dem altgewohnten Gesichtswinkel betrachten, sondern wird weitgehende Änderungen zugestehen müssen. Aber jene überlieferten Feldbauregeln gründen sich ja auf die Erfahrungen, die gesammelt wurden in den Grenzen des bisher technisch Möglichen, und daher können sie nicht starr und für alle Zeiten bindend sein. Sondern sie müssen Änderungen unterliegen in dem Maß, wie ihre Voraussetzung – die Ausführungsmöglichkeit – veränderlich ist.
Es ist selbstverständlich, daß derart weitgehende Hoffnungen und Erwartungen nur nach sorgfältigem Studium der theoretischen Grundlagen und der bisherigen praktischen Erfolge ausgesprochen werden können; wenn aber alle diese Momente, von Kraftpflügen und Bodenfräsen darauf hinweisen, daß sich hier neue und aussichtsreiche Wege sich öffnen, so wird man zwar selbstverständlich den erfreulichen Fortschritt des Motorpflugwesens im einzelnen voll und ganz gerecht werden können, aber doch auf die Notwendigkeit öffentlicher, tatkräftiger Förderung der Motor-Bodenfräserei mit allen Unzweideutigkeit hinweisen müssen.

19.2 Selbstfahrende Dampf-Bodenfräsmaschinen

19.2.1 Beschreibung

Die Dampfzugmaschinen der Bodenfräsen waren spezielle Konstruktionen, die neben der Mechanik zum Antrieb der Treibräder noch einen gesonderten Antriebsstrang für die Fräswalze besaßen. Die Lösungen zum Antrieb der großen Räder waren denen der üblichen Dampfschlepper ähnlich. Üblich waren Ketten- und Zahnradantriebe mit Wirkung auf die hintere Achse. Da im direkten Gang gearbeitet wurde, mussten die Hinterräder sehr groß und entsprechend breit bebaut werden, um ein zu starkes Einsinken in den Boden zu verhindern. Die Traktion war im Allgemeinen kein Problem, da ein Zugwiderstand wie beim Pflug nicht vorhanden war. Auf Greifer u. ä. an den Rädern konnte meist verzichtet werden.

Der Antrieb der Fräsachse und Fräswerkzeuge war von der Lage der Fräsachse zum Schlepper abhängig. Die meistverwendete Ausführung war eine horizontale Fräsachse quer zur Fahrtrichtung des Dampfschleppers. Der Antrieb konnte hierbei einfach bewerkstelligt werden. Ein Kettentrieb ging von einer Nebenwelle der Maschine zur Fräswelle. Bei dieser Art der Dampf-Bodenfräsmaschinen standen zwei Möglichkeiten beim Fräsen zur Verfügung, zum einen das Verfahren des Gleichlauffräsens und zum anderen das des Gegenlauffräsens. Bei der Ermittlung des geeigneten Fräsverfahrens hatte man lange experimentiert. Die Ergebnisse beider Verfahren bei der Bodenkultur waren sehr unterschiedlich (Bild 19.2.1/1).

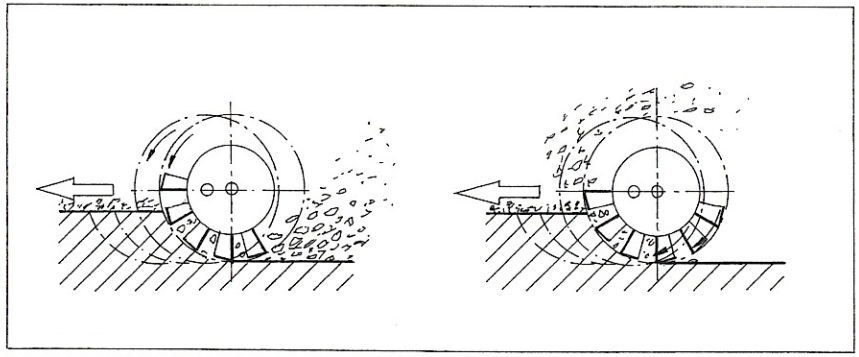


Bild 19.2.1/1: Bodenbearbeitung durch Gleichlauffräsen und Gegenlauffräsen

Die Verfahren sind auch nicht mit den gleichlautenden bei der Metallbearbeitung vergleichbar. Bei der Metallbearbeitung wird ein Abtrag durch einzelne Späne angestrebt. Die bearbeitete Fläche ist wichtig. Die Späne sind Abfall. Bei der Bodenbearbeitung liegt das Augenmerk auf den „Spänen", auf deren Mischung und Feinheit. Bei der Gleichlaufbearbeitung des Bodens dringen die Werkzeuge immer von der unbehandelten, festen oder bewachsenen Bodenoberfläche in die tieferen Bereiche ein. Das abgeschnittene und zerkleinerte Bodensegment wird nach hinten ausgeworfen. Der Eingriff in den Boden ist relativ abrupt und hart. Beim der Gegenlaufbearbeitung wird von der unteren, bearbeiteten Fläche nach oben gearbeitet. Das ausgehobene Bodensegment wird nach vorne und oben geworfen. Der Eingriff in den Boden ist weicher.

Nach vielen Versuchen wurde letztendlich das Gleichlauffräsen bevorzugt. Dieses Fräsverfahren unterstütze in gewissem Umfang durch die gleiche Drehrichtung von Fräswalze und Antriebsrädern die Fortbewegung der Zugmaschine. Bei einigen Konstruktionen sollte die Bewegung der Fräswerkzeuge den gesamten Vortrieb des Fahrzeugs bewirken.

Es gab aber auch Dampf-Bodenfräsmaschinen, deren horizontale Fräsachse in Fahrtrichtung des Schleppers lag. Zum Antrieb dieser Achse (oder Achsen, bei mehreren parallel arbeitenden Fräseinheiten), musste die Bewegungsachse der Hauptmaschine einmal um 90° umgeleitet werden. Üblich waren hierfür Kegelradgetriebe. Bei diesen Konstruktionen war die Drehrichtung der Fräswerkzeuge nur in Bezug auf die auftretenden Seitenkräfte von Bedeutung. Bei mehreren parallel arbeitenden Fräseinheiten waren gegeneinander drehende Fräsköpfe üblich.

Auf den für die Bodenbearbeitung sicherlich wichtigen Aspekt der verwendeten Fräswerkzeuge oder Fräsmesser kann hier nicht detailliert eingegangen werden. Die Vielzahl an Ausführungen war in dieser Phase des Findens geeigneter Werkzeugformen kaum zu überblicken. Natürlich beeinflussten die eingesetzten Werkzeuge die Konstruktion der Bodenfräsmaschinen erheblich. Eine prinzipielle Einteilung soll an dieser Stelle genügen. Sie ist für die weitere Betrachtung auch ausreichend. Folgende Grundtypen kann man unterscheiden:

1. Starre Werkzeuge mit fester Anbringung an einen Werkzeugträger
   Z. B.: - ähnlich wie Pflugwerkzeuge geformte Teile mit Scharen und Streichblechen
   - sichelartige Messer
   - spatenartige Klauen
   - abgewinkelte Messer
   - u. a. m.

2. Starre Werkzeuge mit beweglicher (meist federnder) Anbringung an den Werkzeugträgern
   Formen wie unter Punkt 1 beschrieben.

3. Starre Werkzeuge mit im Überlastfall beweglicher Anbringung an den Werkzeugträgern
   Formen wie unter Punkt 1 beschrieben. Bei Überlastung wurde meist eine Abschersicherung ausgelöst. Sie verhinderte eine Zerstörung des Werkzeugs.

4. Elastische Werkzeuge mit fester Anbringung an den Werkzeugträgern
   Z. B.: - gebogene Zinken aus Stahldraht oder Flachstahl
   - einteilige, grubberähnliche elastische Zinken
   - mehrteilige Zinken aus elastischen Flachstahl
   - messerartige, elastische Werkzeuge
   - u. a. m.

5. Elastische Werkzeuge mit beweglicher (meist federnder) Anbringung an den Werkzeugträger
   Formen wie unter Punkt 4 beschrieben.

Im Laufe der Entwicklung bildeten sich einige charakteristische Kombinationen mit den sich im praktischen Einsatz bewährten Fräswerkzeugen und deren Anordnung heraus. Bei den Maschinen mit horizontaler, quer liegender Fräsachse waren diese Kombinationen mit den Namen ihrer Erfinder verbunden. Sie sind unter deren Namen als sogenannte „Frässysteme" bekannt geworden. Im Einzelnen waren das beispielsweise:

19.2.2 Dampf-Bodenfräsmaschinen mit waagerechter Fräsachse quer zur Fahrtrichtung angeordnet

Bemerkung

Die quer hinter der Zugmaschine liegende waagerechte Fräsachse war die am weitesten verbreitete Konstruktion bei den Bodenfräsmaschinen. Die Idee dazu taucht schon 1849 bei der frühen Bodenbearbeitungsmaschine mit rotierenden Werkzeugen des R. J. Usher auf. Auf der waagerechten Fräsachse oder Fräswelle waren die unterschiedlichsten Bodenbearbeitungswerkzeuge am Umfang angeordnet. Es gab sichel- und spatenförmige, winkelförmige oder anderweitig gekrümmte Werkzeugformen mit starrer oder elastischer Verbindung. Sie waren auf einzelnen scheibenförmigen Segmenten in Gruppen zumeist in schraubenförmigen Linien über die Arbeitsbreite angeordnet. Die Fräskultur mit diesen Maschinen wurde, wie erwähnt, meist im Gleichlauf betrieben. Das Gegenlauffräsen brachte in der Praxis bei diesen Konstruktionen keine erkennbaren Vorteile.

Der Antrieb der Fräsachse erforderte hohe Leistungen. Ein großzügig dimensionierter, seitlich angeordneter Kettentrieb sorgte für die Leistungsübertragung von der Antriebsmaschine. Durch die Anordnung der Dampfmaschinenachse quer zur Fahrtrichtung auf dem Kessel liegend war die Übertragung ohne komplizierte Umlenkung möglich. Der Kettentrieb ging entweder direkt von der Kurbelwelle der Maschine ab oder über eine Zwischenwelle. Die Drehzahl der Fräsachse konnte leicht in weiten Grenzen durch wechseln der Kettenräder mit anderen Zähnezahlen angepasst werden. Die Schmutzbelastung im rauen Betrieb war so groß, dass die Getriebe geschützt in speziellen Kästen liegen mussten.

Die Tiefe der Bodenbearbeitung wurde durch geeignete Absenkmechanismen für die gesamte Fräseinheit eingestellt werden. Die Frästiefe lag deutlich unter der Arbeitstiefe leistungsstarker Scharpflüge. Sie überstieg selten mehr als 25 Zentimeter. Die Arbeitsbreiten waren allerdings beachtlich. Sie lagen bei über 1,5 Metern. Die Fahrspuren der Zugmaschine mussten in jedem Fall überfräst werden. Das Verhältnis von Umfangsgeschwindigkeit der Fräswerkzeuge zur Fahrgeschwindigkeit war durch die Getriebeuntersetzungen festgelegt. Eine Anpassung an unterschiedliche Gegebenheiten der Böden war nur durch Umbau möglich. Die Arbeitsgeschwindigkeiten bei den Bodenfräsen waren deutlich niedriger als beim Pflügen. Sie lag zwischen 2 und maximal 4 km/h.

Die Ausführung der Dampfzugmaschinen orientierte sich an den Standardkonstruktionen der Straßenzugmaschinen und Dampftraktoren. Der Durchmesser und die Breite der angetriebenen Hinterräder waren den Anforderungen des direkten Zuges angepasst. Für diese Art der Bodenkultur waren nur Dampfzugmaschinen mit entsprechendem Leistungsvermögen geeignet. Also Maschinen mit hoher Kesselleistung und hohem Dampfdruck. Bei den Dampfmaschinen herrschten Zweizylinder-Maschinen vor. Leistungen über 50 PS waren üblich. Die eingesetzten Zugmaschinen waren für den speziellen Einsatz bei der Fräs-Bodenkultur angepasst worden. Maschine und Fräseinheit bildeten eine Einheit. Die Dampf-Bodenfräsmaschine war bestenfalls noch zum Antrieb stationärer landwirtschaftlicher Maschinen mit Hilfe eines Riementriebs geeignet. Für andere Aufgaben, beispielsweise den Transport von landwirtschaftlichen Gütern auf der Straße, war sie kaum zu verwenden.

Dampf-Bodenfräsmaschine von P. J. Usher

P. J. Usher erhielt 1849 in England ein Patent auf eine dampfgetriebene Bodenfräsmaschine mit sehr großen, starren Bodenbearbeitungswerkzeugen. Die Werkzeuge waren denen der üblichen Scharpflüge ähnlich.

Die Maschine wurde durch die Traktion der Antriebsräder über den Acker bewegt. Die Fräseinrichtung unterstützte die Fortbewegung. Ein stabiler Rahmen nahm die gesamte Einheit aus Kessel, Dampfmaschine und Fräseinrichtung auf. Die beiden Dampfzylinder lagen seitlich neben dem Kessel. Die Kurbelwelle lag hinter der Rauchkammer und trieb über eine Zwischenwelle sowohl die hintere Achse der Maschine als auch die Fräswelle an. Alle Antriebe waren als Zahnradgetriebe ausgeführt. Gelenkt wurde die Vorderachse mit Hilfe eines großen außen verzahnten Drehkranzes und einem kleinen seitlich liegenden Ritzel, das mit einer Handkurbel verbunden war. Die beiden Vorderräder waren eng zusammen gestellt. Das Fahrzeug war dadurch gut manövrierbar.

Die „Fräswelle“ besaß drei am Umfang verteilte Werkzeuge je Werkzeugträger. Die großen Werkzeugträger waren scheibenförmig. Die „Fräswerkzeuge“ waren auf ihnen starr angebracht. Die Form war ähnlich denen der Pflugkörper. Sie besaßen Schare und Streichbleche. Auf der Fräswelle waren fünf Scheiben als Werkzeugträger angeordnet. Durch die enge Anordnung wurde eine gute Durcharbeitung des Bodens erreicht. Die Arbeitsbreite musste mindestens so groß sein wie die Spurweite der Zugmaschine. Die einzelnen Pflugkörper auf den Werkzeugträgern waren so zueinander versetzt angebracht, dass nicht gleichzeitig zwei von ihnen im Bodeneingriff waren. Das reduzierte Schwingungen und Schläge im Fahrzeug. Die Kultivatoreneinheit war um die Zwischenwelle schwenkbar. Die Einheit konnte für die Straßenfahrt ausgehoben werden. Auch die Arbeitstiefeneinstellung erfolgte durch Drehen um diese Achse. Zur Verstellung diente ein Zahnrad, das in ein Zahnsegment eingriff. Die „Kultivatorwelle“ machte 30 bis 40 U/min. Die Fräseinheit arbeitete im Gleichlauf. In der Tafel 19.2.2/1 ist eine Prinzipskizze der Bodenbearbeitungsmaschine aus der Patentschrift wiedergegeben.

Mindestens eine Maschine ist nach den Ideen von Usher gebaut worden. Nachweislich ist, dass ein „Fräserpflug“ 1856 bei einer Vorführung landwirtschaftlicher Maschinen in Paris in Betrieb gezeigt worden ist. Ob sie allerdings in allen Merkmalen der Patentskizze entsprochen hat ist ungewiss.

Die Arbeitsergebnisse dieser Maschine waren nicht befriedigend. Die Idee, die bekannten Werkzeuge des Pfluges zu verwenden war zwar nahe liegend, aber letztendlich zum Scheitern verurteilt. Pflugkörperähnliche Werkzeuge sind mehr für eine stete, lineare Arbeitsbewegung ausgelegt. Durch die rotierende Bewegung wirkten sie mehr wie Hacken oder Hauen, die den Boden nicht wenden, sondern nur mehr oder weniger lockern. Die Maschine von Usher war nur ein erster, vorsichtig tastender Schritt zu besser geeigneten Werkzeugkonstruktionen.

Dampf-Bodenfräsmaschine von Mechwart

Andreas Mechwart (1834–1907) wurde in Schweinfurt geboren. Nach seiner Ausbildung, u. a. im Polytechnikum zu Augsburg, ging er, nach einigen beruflichen Zwischenstationen bei verschiedenen Eisenbahngesellschaften, nach Ungarn. Es nahm 1859 eine Anstellung als Ingenieur bei dem Maschinenbauunternehmen von Abraham Ganz in Budapest, einem der größten Maschinenbaubetriebe jener Zeit in der k. und k. Monarchie, an und stieg dort rasch zum Generaldirektor auf. Sein besonderes Interesse galt der Bodenkultur mit Fräsmaschinen. Die technische Basis zum Bau von Dampftraktoren und ähnlichen Fahrzeugen war im Werk von Ganz vorhanden. Mechwart besaß einige Ländereien und konnte die Erprobung seiner Konstruktionen im praktischen Einsatz schnell und problemlos in eigener Regie durchführen.

1884 wurde seine erste Dampf-Bodenfräsmaschine fertig gestellt. Sie erhielt die sicherlich nicht ganz zutreffende Bezeichnung „Dampf-Schaufelpflug“ (Bild 19.2.2/1). Die prinzipielle Ausführung war patentiert. Es war eine schwere Konstruktion bestehend aus einem etwas angepassten vierrädrigen Dampftraktor mit einer im Heck fest angebauten Fräseinheit. Da im Heck zu wenig Platz für die Speisewassertanks war, wurden diese vorne über der Vorderachse neben dem Kessel untergebracht. Die Leistung der Maschine lag bei etwa 20 PS. Das gesamte Fahrzeug wog fast 18 Tonnen! Im Bild 19.2.2/2 ist der „Dampf-Schaufelpflug“ in einer maßstäblichen Zeichnung wiedergegeben. Die Seitenansicht zeigt alle technischen Einzelheiten. Basis der Maschine war ein herkömmlicher Dampfschlepper. Die Fräseinheit im Heck arbeitete nach dem Prinzip des „Gleichlauffräsens“.

Auf der Fräswalze mit einem Durchmesser von 1,2 Metern waren über die Walzenbreite verteilt drei Scheiben angeordnet. An diesen waren wiederum am Umfang drei große Werkzeuge befestigt. Ihre Form war L-förmig mit weiter, nach hinten spiralförmig gezogener Auskragung. Die messerartigen, langen Schneidkanten waren aus speziellem Stahl gefertigt und auswechselbar. Die Arbeitstiefe der Fräswalze war vom Fahrstand aus einstellbar. Insgesamt machte die Maschine einen soliden und durchdachten Eindruck. Die Arbeitstiefe soll maximal 30 Zentimeter betragen haben. Die Arbeitsbreite ist nicht genau bekannt. Dürfte aber bei etwa 1,8 bis 2,2 Metern gelegen haben, da die Fräswalze deutlich seitlich über die Radreifen der Hinterräder hinausragte. Die Arbeitstiefe erscheint bei der installierten Maschinenleistung wenig plausibel. Sie dürfte in der Praxis bei kaum 20 Zentimetern gelegen haben.

Bei Versuchen wurde eine Arbeitsleistung von 0,3 bis 0,5 Hektar pro Stunde ermittelte.

Die Arbeitsergebnisse der Maschine entsprachen zwar nicht denen beim Pflügen, aber etwas wurde gut erledigt, die Durchmischung und Krümelung des Bodens. Mechwart war einer der ersten, der speziell für die besondere Bewegungsform der Fräskultur angepasste, neuartige Werkzeuge verwendete.

Es ist offensichtlich, dass mit so einem schweren Fahrzeug keine wirtschaftlichen und im Bearbeitungsergebnis mit den traditionellen Verfahren der Bodenkultur vergleichbaren Resultate zu erzielen waren. Mechwart gab seine Arbeiten mit Bodenfräsmaschinen aber nicht auf. Seine nächsten Maschinen besaßen schon Antriebe durch Explosionsmotoren.

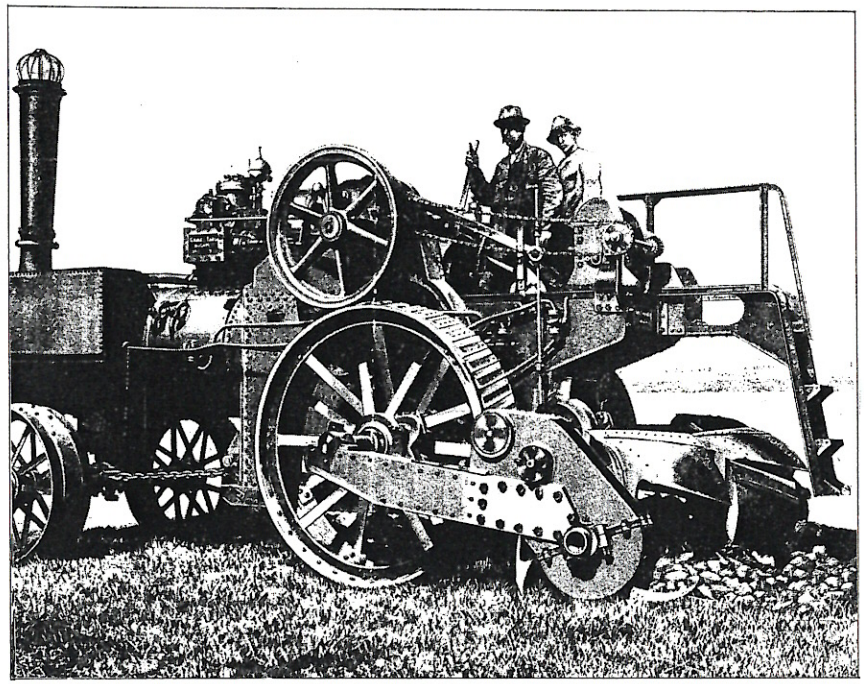


Bild 19.2.2/1: Dampf-Bodenfräse (Dampf-Schaufelpflug“) von Mechwart (1894)

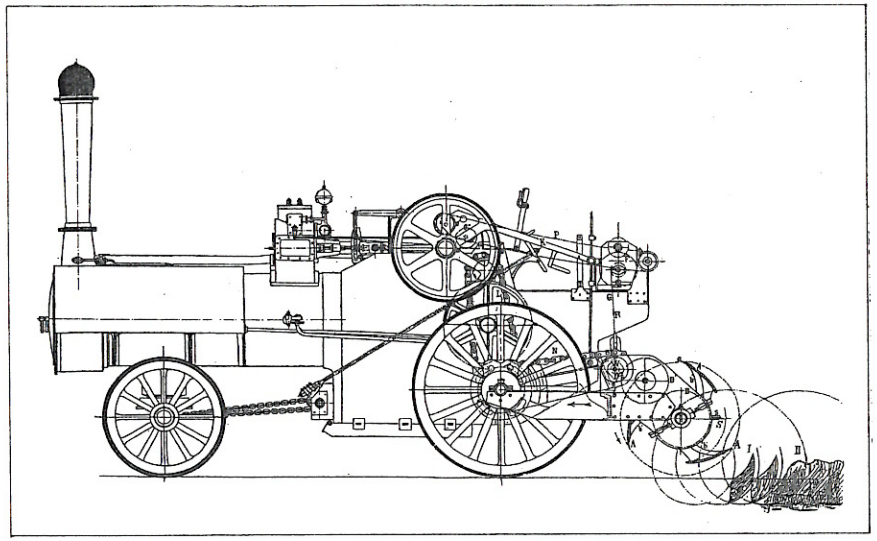


Bild 19.2.2/2: Seitenansicht der Dampf-Bodenfräse von Mechwart (1894)

19.2.3 Dampf-Bodenfräsmaschinen mit waagerechter Fräsachse in Fahrtrichtung angeordnet

Bemerkung

Die Konstruktion mit in Zugrichtung waagerecht liegender Achse oder mehreren waagerecht liegenden, parallelen Achsen war bei Dampf-Bodenfräsen nicht stark verbreitet. Sie soll hier nur anhand von zwei Beispielen erläutert werden. Die Bauweise hat einen nicht zu beseitigenden Nachteil. Die Arbeitstiefe ist nicht gleichmäßig. Dieser Nachteil kann durch Vergrößern der Wirkdurchmesser der Werkzeuge gemindert, aber nicht vollständig beseitigt werden. Die nachstehende Skizze zeigt das Problem.

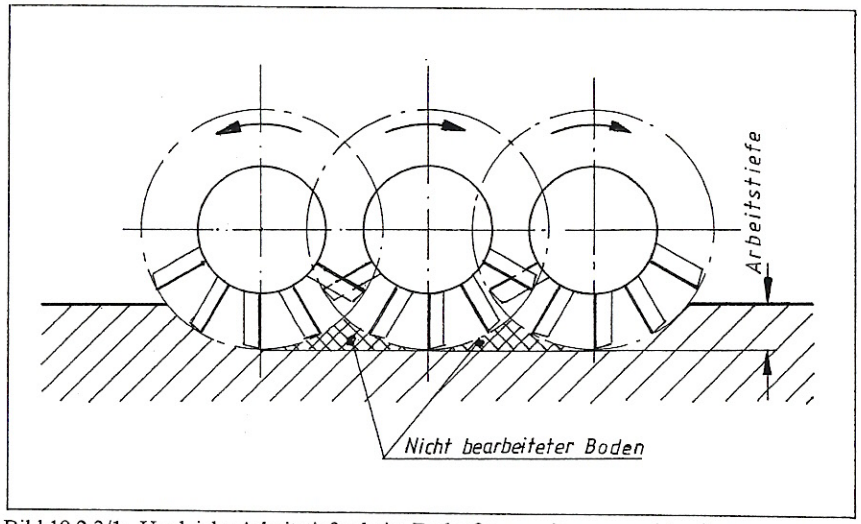


Bild 19.2.3/1: Ungleiche Arbeitstiefen beim Bodenfräsen mit waagerechter, in Fahrtrichtung liegender Fräsachse

Ein weiteres Problem stellte der Antrieb der Fräswerkzeuge dar. Da die Kurbelwellenachse der Dampfmaschine quer zur Fahrzeugachse lag, musste über aufwendige Winkelgetriebe die Antriebsenergie umgelenkt werden. Der Vorteil bei dieser Bauweise lag im großen Durchmesser der Fräswerkzeuge. Sie verstopften im Betrieb nicht so schnell und durch die recht hohe Umfangsgeschwindigkeit wurde auch bei größeren Arbeitsgeschwindigkeiten eine gute Zerteilung des Bodens erreicht.
Auch bei dieser Art der Bodenfräsmaschinen lagen die Umfangsgeschwindigkeit der Bodenbearbeitungswerkzeuge und die Fahrgeschwindigkeit in einem festen Verhältnis. Eine Anpassung des Geschwindigkeitsverhältnisses an unterschiedliche Bodenbeschaffenheiten und Arbeitsaufgaben konnte ohne Umbauarbeiten nicht vorgenommen werden. Da die Anzahl der Werkzeuge nicht sehr hoch und gut zugänglich befestigt war, konnte allerdings ein Wechsel der Werkzeuge und damit eine Anpassung an unterschiedliche Aufgaben rasch vorgenommen werden.

Dampf-Bodenfräsmaschine der Pariser Weltausstellung von 1900

Auf der Weltausstellung in Paris im Jahre 1900 wurden auch landwirtschaftliche Geräte ausgestellt. Die präsentierten Dampfpflüge stammten dabei aus drei Ländern: England, Frankreich und Ägypten. Die englischen Maschinen hatten die bekannten Konstruktionen der Ein- bzw. Zweimaschinensysteme. Die französischen Pflüge lehnten sich größtenteils an die englischen Vorbilder an.

Völlig neuartig war eine ägyptische Konstruktion mit mehreren sehr großen Frässcheiben im Heck eines Dampfschleppers, bei denen die Werkzeugachsen waagerecht und in der Fahrtrichtung der Zugmaschine lagen. Im türkischen Haus der Weltausstellung konnte das Funktionsprinzip der Maschine anhand eines Modells begutachtet werden. Zwei Skizzen zu dieser Dampf- Bodenfräsmaschine sind in den untenstehenden Abbildungen wiedergegeben. Der Erfinder schlug auch Petroleummaschinen oder elektrische Maschinen als Antrieb vor. Es muss allerdings nicht nur ein Modell vorhanden gewesen sein, sondern auch eine wirklich gebaute Bodenfräsmaschine. In anderen zeitgenössischen Quellen wird von Vorführungen in der Nähe von Paris berichtet. In Anwesenheit einer Jury wurden die „Pflugergebnisse" beurteilt. Die Jury machte auch einige Verbesserungsvorschläge zur Ausführung und Arbeit einer vorgeführten Bodenfräsmaschine.

Erste Versuche mit diesem Maschinentyp müssen in Ägypten schon vor 1900 durchgeführt worden sein. Die technische Weiterentwicklung der Bodenbearbeitung mit Dampfkraft in diesem Land ist durchaus plausibel. Schon Jahrzehnte vorher wurden im Rahmen der großflächigen Anlage von Baumwollkulturen in Ägypten in erheblichem Umfang Dampfpflüge eingesetzt. Zumeist Maschinen von Fowler, die im Zweimaschinensystem betrieben wurden. Die Bodenverhältnisse in Ägypten waren aber durchaus für Bodenkultur im direkten Gang geeignet. Es lag also nahe, den üblichen Dampfschlepper mit der in den internationalen Fachkreisen diskutierten Fräskultur zu verbinden. Die vorgestellte Lösung war eine sehr eigenständige Kombination grundlegender Verfahrensmerkmale des Bodenfräsens.

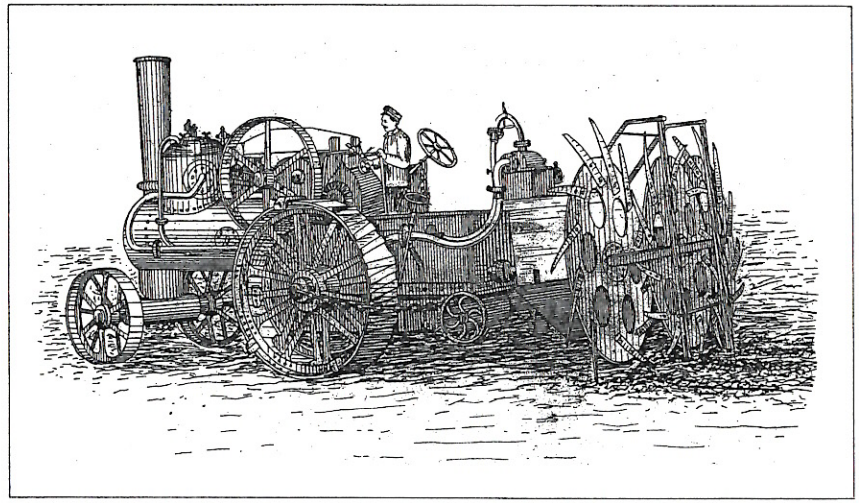


Bild 19.2.3/2: Skizze der Seitenansicht der Dampf-Bodenfräsmaschine von 1900

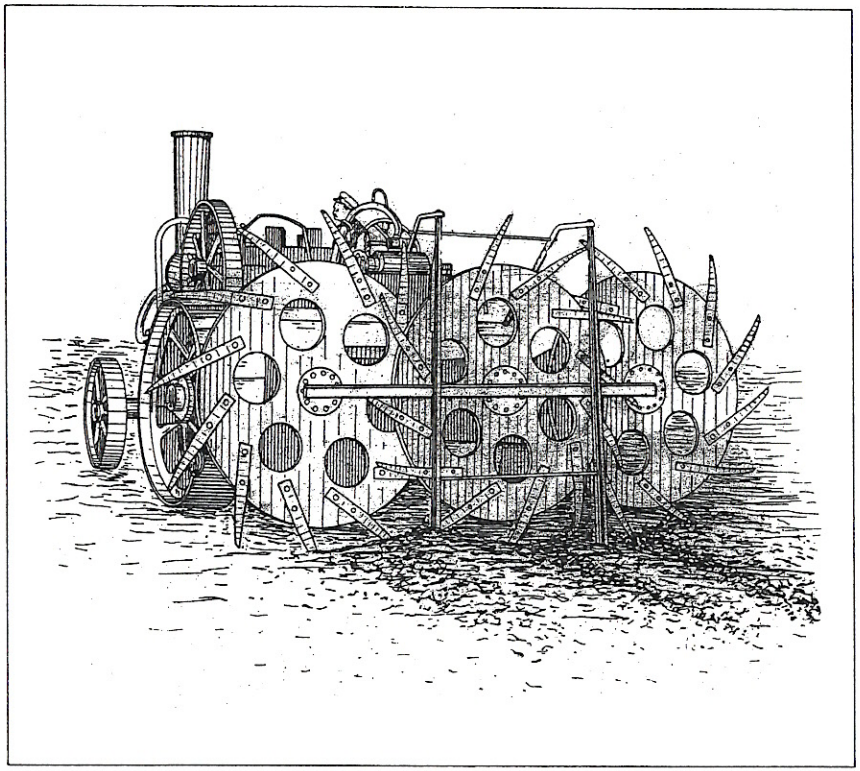


Bild 19.2.3/3: Skizze der Rückansicht der Dampf-Bodenfräsmaschine von 1900

Der eigentliche „Pflugkörper“ besteht aus drei Scheiben, auf deren Umfängen die Bodenbearbeitungswerkzeuge so angebracht worden sind, dass sie ein gutes Stück über den Rand der Scheiben herausragen. Die Werkzeuge sind messerförmig und an den Enden leicht gebogen. Die Frässcheiben haben parallele, horizontale Achsen mit Ausrichtung in Fahrtrichtung der Maschine. Die Rotationsbewegung wird durch entsprechende Getriebe von der Kurbelwelle des Dampfschleppers abgeleitet. Die Frässcheiben arbeiteten mit leichter Überdeckung und rotierten jeweils gegeneinander. Die beiden äußeren drehten entgegen dem Uhrzeigersinn, die mittlere Scheibe im Uhrzeigersinn. Die Arbeitsbreite war so groß, dass die Spur der Hinterräder im Betrieb überfräst wurde. In dem Beispiel betrug sie etwa 1,8 Meter (6 Fuß). Die gesamte Fräseinheit war in einem separaten Gestell zusammengefasst. Die Arbeitstiefe konnte mit Hilfe einer Vorrichtung vom Fahrerstand aus durch Verstellen der Gestellhöhe verändert werden. Die Fräsmesser schnitten während des Vorwärtsganges der Maschine Erdschollen aus dem Boden und zerkleinerten sie. Der Schlepper arbeitete vorteilhaft nach dem Kehrprinzip. Aber auch das Beetpflügen war möglich.
Diese neuartige Anordnung der Fräswerkzeuge versprach eine Bodenbearbeitung in einem Gang, die von gewöhnlichen Pflügen bestenfalls mit zusätzlicher Anwendung von Schollenbrechern und Eggen erreicht werden konnte. Das heißt eine qualitativ bessere Arbeit bei größerer Stundenleistung und das noch zu reduzierten Kosten. Die hochgestellten Erwartungen wurden in der Praxis allerdings nicht erreicht.

In den zeitgenössischen Quellen gibt es keinen Hinweis auf den Erfinder der Maschine. Aus einigen Notizen am Rande der praktischen Vorführung diese Bodenfräsmaschine kann allerdings geschlossen werden, das sie von Baghos Nubar Pascha (oder in dessen Auftrag) konstruiert worden ist. Es ist von Erprobungen der vorgeschlagenen Verbesserungen die Rede, die auf den großen Besitzungen des Erfinders in Ägypten durchgeführt werden sollten.

Die Dampf-Bodenfräsmaschine der Weltausstellung ist hier gesondert aufgenommen worden, weil sie eine eigenständige Vorstufe zu den später gebauten Maschinen dieser Art darstellt.

Dampf-Bodenfräsmaschine des Baghos Nubar Pascha

Der ägyptische Edelmann Baghor Nubar Pascha besaß große fruchtbare Ländereien im Mündungsgebiet des Nil. Vermutlich baute er in großem Umfang Baumwolle an. Er gilt als Erfinder einer Bodenfräsmaschine, die in einigen Grundmerkmalen schon auf der Pariser Weltausstellung von 1900 gezeigten worden war. Ob und in wie weit Max Eyht (1836-1906), der große Förderer der Landtechnik und Gründer der deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft (DLG), Anregungen zur Entwicklung gegeben hat, ist nicht bekannt, wäre aber plausibel. Eyht war im Auftrag von Fowler in den 70er Jahren in Ägypten und hat dort die Dampfbodenkultur erfolgreich eingeführt. Er war eine Zeit lang beim Prinzen Halim Pascha als Chefingenieur verantwortlich für diesen Bereich der Landwirtschaft. Zu dieser Zeit wurde in großem Maßstab mit immensen Mitteln die Baumwolle in die ägyptische Landwirtschaft eingeführt.

Die Dampf-Bodenfräsmaschine des Baghos Nubar Pascha wurde in den Jahren 1906 und 1907 in einigen Teilen Europas vorgeführt. Unter anderem in Mailand, Paris und auf dem 44. internationalen Maschinenmarkt in Breslau 1907.

Die Bodenfräsmaschine (siehe Tafel 19.2.3/1 und Bild 19.2.3/4) bestand aus einer Dampfzugmaschine und dem fest installierten Fräsapparat am Heck. Die Zugmaschine war den Bedingungen des direkten Ganges auf dem Feld in üblicher Manier angepasst. Also mit großen Antriebsrädern und breiten eisernen Radreifen ausgerüstet. Die Räder konnten zur Verbesserung der Traktion mit Querleisten ausgerüstet werden.

Der Fräsapparat war in einem stabilen Rahmen untergebracht, der um die Hinterachse der Zugmaschine geschwenkt werden kann. Die Antriebselemente für die Frässcheiben und Lager waren gegen Verschmutzung geschützt in einem Kasten untergebracht. Am Umfang der werkzeugtragenden Frässcheiben waren jeweils 6 längere, schmale, messerförmige Schneid- und Grabwerkzeuge angeordnet. Die Messerenden waren abgewinkelt. Die Ausführung der Werkzeuge ist in den Tafeln 19.2.3/1 und im Bild 19.2.3/4 an den hinteren Frässcheiben gut zu erkennen. Es wurden allerdings nicht nur zwei Frässcheiben verwendet, sondern in zwei Arbeitsebenen gestaffelt wesentlich mehr. Im dargestellten Bildbeispiel waren es fünf Scheiben. Die vorderen drei lagen etwas verdeckt im Rahmen des Fräsapparats. Da der wirksame Durchmesser der Fräswerkzeuge im Vergleich zu der Maschine der Pariser Weltausstellung deutlich geringer gehalten war, musste das jetzt noch gravierendere Problem der ungleichen Arbeitstiefe gelöst werden. Durch die Vergrößerung der Anzahl der Frässcheiben und der überlappenden Staffelung hintereinander war das Problem fast vollständig beseitigt. Die Arbeitstiefe konnte während der Fahr durch Herablassen oder Heben des Rahmens der Fräseinheit verändert werden. Als direktes Personal waren ein Maschinenführer und ein Heizer erforderlich. Zusätzlich notwendig waren zwei Arbeitspersonen für die Versorgung der Maschine mit Kohlen und Wasser. Es bestand ferner die Möglichkeit, weitere Geräte anzuhängen. Der Boden konnte dadurch in einem Gang gut an die unterschiedlichen Anforderungen der nachfolgenden Aussaat angepasst werden.

Interessant sind die beachtlichen Arbeitsleistungen dieser Dampf-Bodenfräsmaschine. Die Arbeitstiefe soll bis zu 30 Zentimeter betragen haben. Die Arbeitsbreite lag bei etwa 2,3 bis 2,5 Metern. Die Arbeitsgeschwindigkeit war relativ gering. Sie betrug 2 bis 3 km/h. In zehnstündiger Arbeit konnten bei mittlerem Boden mit Leichtigkeit 6,5 Hektar bearbeitet werden.

Die Maschine arbeitete vorzugsweise nach dem Kehrprinzip. Es war also eine gute Beweglichkeit für die Kehre auf dem Vorgewende erforderlich. Nach Berichten von Vorführungen war das in 30 bis 40 Sekunden erledigt. Beim Pflügen mit etwas aufwendigeren Systemen konnte das Vorbereiten für den nächsten Gang durchaus bis zu 5 Minuten betragen.

Es gab zu diesem Zeitpunkt auch schon Überlegungen, die Maschine mit Benzin- oder Petroleummotor auszurüsten. Die dampfgetriebene Maschine gab es in zwei Ausführungen in unterschiedlicher Größe. Etwas schwieriger gestaltet sich die Ermittlung des Herstellers. Die Maschine konnte natürlich nicht in Ägypten gebaut worden sein. Letztendlich stellte sich heraus, dass sie bei der Maschinenfabrik Ganz in Ungarn gebaut worden ist. Ganz war einer der größten ungarischen Maschinenbauer und besaß hinreichend Erfahrungen im Bau von Lokomotiven und verschiedenen landwirtschaftlichen Maschinen. Ganz als Hersteller ist auch aus einem anderen Grund plausibel. Mechwart, der Direktor Maschinenfabrik von Ganz, beschäftigte sich zur gleichen Zeit auch mit dem Bau von Bodenfräsmaschinen.

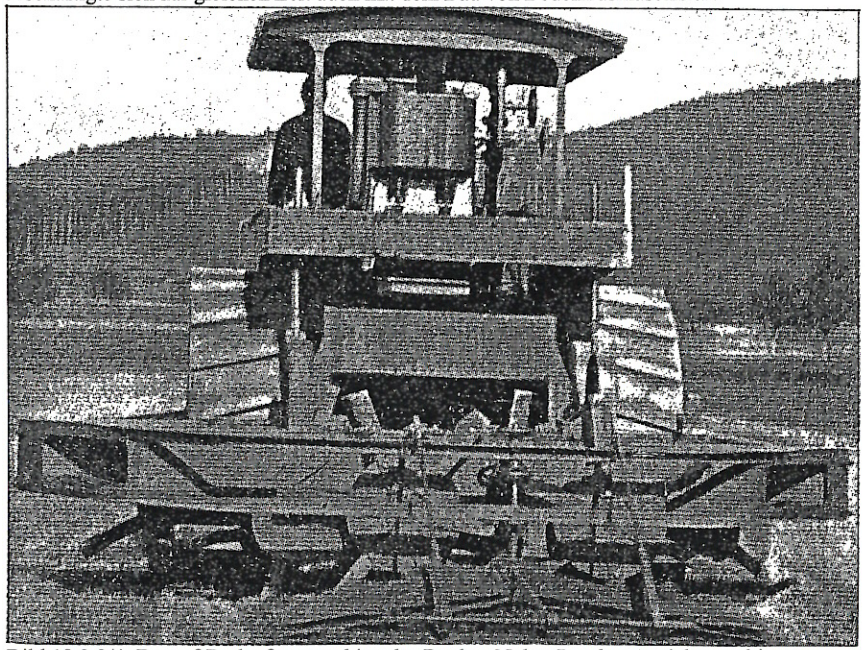
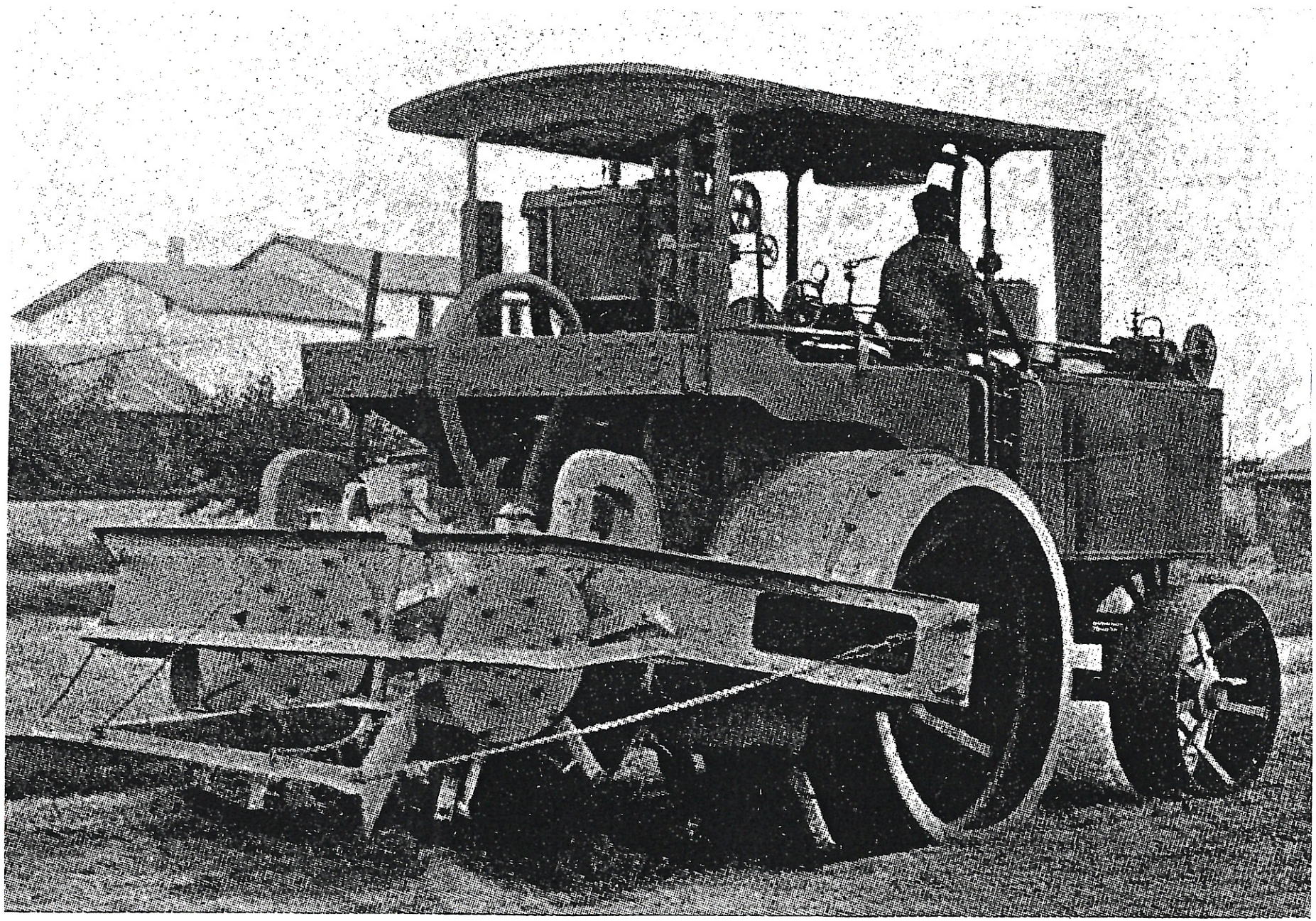


Bild 19.2.3/4: Dampf-Bodenfräsmaschine des Baghos Nubar Pascha, Ansicht von hinten (um 1906)

Anmerkung:
Die Baumwollproduktion war zu Beginn des 19. Jahrhunderts eine Domäne amerikanischer Farmer. Sie beherrschten den Weltmarkt. Nach dem Beginn des amerikanischen Bürgerkriegs (Sezessionskrieg 1861-1865) brach dieser Zweig der landwirtschaftlichen Produktion zusammen. Der Bedarf an Stoffen aus Baumwolle stieg dagegen an. Den Ausfall der amerikanischen Produktion kompensierte Ägypten in einer beispiellosen Aufholjagd. Das Land war von den Bodenverhältnissen und klimatischen Bedingungen ideal. Zur Urbarmachung der benötigten riesigen Anbauflächen wurden Dampfpflüge eingesetzt. Eine andere Möglichkeit, diese gewaltige Aufgabe in akzeptabler Zeit zu erledigen, gab es nicht. Vor allem im fruchtbaren Nildelta wurden riesige Areale der Baumwollkultur nutzbar gemacht. Führend zu der Zeit waren englische Dampfpflüge. Zur der Einführung der Technik des Dampfpflügens war auch Max Eyth im Auftrag von Fowler in Ägypten. Finanziert wurden diese „Erschließung einer völlig neuen Urproduktion" durch einheimische Geldgeber, vornehmlich ägyptischer Großgrundbesitzer und meist englische Handelsunternehmen. Verbunden mit dieser Entwicklung ist der Name Halim Pascha, der die Möglichkeiten der Dampfbodenkultur rasch erkannte und vornehmlich die besten Maschinen von Howard und Fowler ins Land holte.
Parallel zum Absinken der amerikanischen Produktion wurde bis 1866 die ägyptische Produktion hochgefahren. Der Boden, das ideale Klima, die hervorragende Bodenkultur und nicht zuletzt der Einsatz der besten Pflanzen führten innerhalb weniger Jahre zu einem überraschenden Erfolg. Das betraf nicht nur die Erträge der Ernte. Langfristig bedeutender war, dass die Qualität der ägyptischen Baumwolle der anderer Länder weit überlegen war. Das gilt in einigen Bereichen noch heute.



Tafel 19.2.3/1: Dampf-Bodenfräsmaschine des Baghos Nubar Pascha

Ansicht schräg von hinten (gebaut um 1906)

19.5 Weiterentwicklung der Bodenfräsmaschinen

Als Beispiel für eine sehr intensive Weiterentwicklung der Fräs-Bodenkultur sollen an dieser Stelle die Arbeiten eines Herstellers, nämlich der Siemens-Schukert-Werke in Berlin, erwähnt werden. Siemens & Halske in Berlin bauten Ende des 19. Jahrhunderts eine ganze Reihe landwirtschaftlicher Maschinen mit elektrischen Antrieben, u. a. Elektropflüge für das Ein- und Zweimaschinensystem. 1903 entstanden durch den Zusammenschluss des Starkstrombereichs von Siemens & Halske mit der Firma Schukert & Co die Siemens-Schukert-Werke (SSW). 1912 nahm Konrad von Meienburg (oder die Inhaber der Meyenburg'schen Patente die Motorkultur A.-G. in Basel) Kontakt zu SSW auf. Es entstand die Idee, eine selbstfahrende Bodenfräsmaschine eigenständiger Konstruktion nach dem „System von Meienburg" herzustellen. SSW erwarb die Patente und entwickelte eine Reihe sehr moderner Bodenfräsmaschinen mit den unterschiedlichen Antriebsarten.

Die großen, selbstfahrenden Bodenfräsmaschinen sind unter dem Namen „Gutsfräsen" bekannt geworden. Es waren drei- oder vierrädrige Maschinen mit Antrieb durch einen Verbrennungsmotor. Die Leistungen gingen bis 50 PS. Die Arbeitsbreiten lagen bei 2,5 m. Etwa zehn unterschiedliche Typen sind bis in die 30er Jahre des 20. Jahrhunderts gebaut worden.

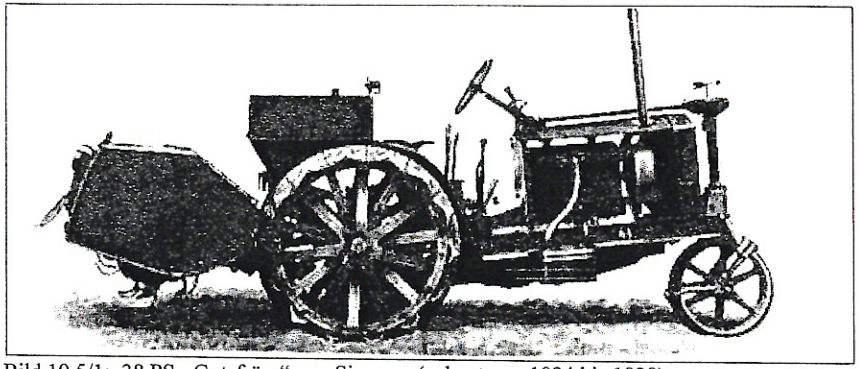


Bild 19.5/1: 38 PS-„Gutsfräse" von Siemens (gebaut von 1924 bis 1928)

Bild 19.5/2: Werbeanzeige der SSW für die Gutsfräse auf der Hamburger DLG-Ausstellung

Für die technische Weiterentwicklung der Bodenfräse war der Weg hin zu kleineren und leichteren Maschinen bedeutender. Das Bodenfrässystem von Meyenburg bot sich dafür an. Die Frästrommel war leicht und benötigte dank der schmalen, zinkenförmigen Werkzeuge keine so große Antriebsleistung. Der gesamte Maschinenaufbau konnte dadurch leichter gehalten werden. Diese Maschinen sind unter der Bezeichnung „Bauernfräse" in größeren Stückzahlen verkauft worden. Sie wurden u. a. in kleineren bäuerlichen Wirtschaften, in Gärtnereien, in der Forstwirtschaft und auf Plantagen in Übersee eingesetzt. Die Bodenfräsen wurden zu Beginn der Entwicklung noch von einem vor der Maschine liegenden Sitzplatz bedient. Der Durchbruch kam mit der Idee, die Fräse von Hand von einer hinter der Maschine gehenden Person führen zu lassen. Die Bodenfräse konnte dann als einachsige Kleinzugmaschine gebaut werden.
Auf dem Bild 19.5/3 ist als Beispiel eine kleine Maschine mit vorderem Fahrersitzplatz dargestellt. Nicht bewährt hat sich die sehr eigentümliche Art der Lenkung. Der Fahrzeugführer lenkte durch Drehen seines Sitzes!!

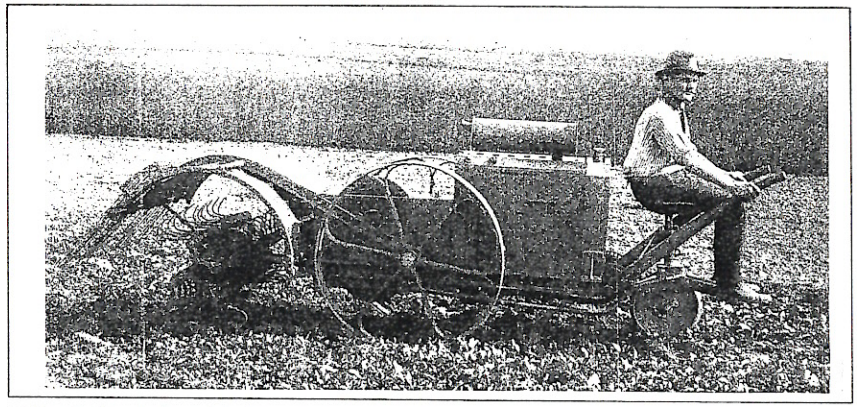


Bild: 19.5/3: Frühe Kleinfräsmaschine der SSW

Ähnliche Maschinen wurden auf der 26. Wanderausstellung der DLG 1913 in Straßburg gezeigt. Die ausgestellten dreirädrigen Bodenbearbeitungsmaschinen wurden in mehreren Größen mit Arbeitsbreiten von etwa 1 bis 2 Metern gebaut. Die Fräswalze lag bei der Maschine horizontal, quer liegend hinter der Zugmaschine. Die kleinen Fräsen hatten eine Arbeitsbreite von 1 Meter und einen 12 PS-Motor und wogen nur 700 kp. Die größeren Maschinen mit 2 Meter Arbeitsbreite besaßen einen 25 PS-Motor. Die Arbeitsgeschwindigkeiten lagen zwischen 0,3 und 1,2 m/s.
Bei Versuchen und Vorführungen erreichen die Bodenfräsmaschinen beispielsweise unter schwierigen Bedingungen auf einem Stoppelacker mit trockenem sehr festem Lehmboden bei einer Arbeitstiefe von 20 Zentimetern und 0,6 m/s Arbeitsgeschwindigkeit eine gute Lockerung und Krümelung des Bodens. Die Unterbringung der Stoppeln gelang dagegen weniger gut. Nach den Versuchen wiesen die elastischen Werkzeuge nur geringe Verformungen auf. Da alle diese Maschinen nach dem Kehrprinzip arbeiteten, mussten sie sehr wendig sein. Das wurde durch die dreirädrige Ausführung erreicht. Die Fräse konnte fast auf der Stelle wenden. Im Gegensatz zu den bisher gezeigten Beispielen war die Fräse von SSW bewusst als kleine Maschine konzipiert. Das war praxisgerecht. Die Vielzahl der kleinen und mittleren landwirtschaftlichen Betriebe benötigte kleine und vor allem preiswerte Maschinen zur mechanischen Bodenbearbeitung.

20. DAMPF-BODENGRABMASCHINEN

20.1 Bemerkung

Die Bodenbearbeitung mit dem Pflug war eine der traditionellen Arten der Bodenkultur. Die lineare Hauptbewegung war einfach zu erzeugen. Bei leichten Arbeiten durch die Kraft von Menschen, bei schweren durch das Zugvieh. Während der einfache Hakenpflug den Boden nur teilte, durchwühlte und grob zerkleinerte, kam beim Pflug mit Schar und Streichblech noch die Hebung der tiefer liegenden Bodenschichten und deren Wendung nach oben hinzu. Auch nach dem Einsatz der Dampfkraft blieb das Prinzip. Bei der Fräs-Bodenkultur ist man dann neue Wege gegangen. Mit veränderten Werkzeugen und rotierenden Hauptbewegungen wurde die Bodenkultur betrieben.

Eine andere traditionelle Art der Bodenbearbeitung war die mit Handgeräten. Also der Einsatz von *Spaten, Grabgabeln (Forken)* und *Hauen*. Die übliche Bezeichnung für diese Art der Bodenbearbeitung war *„Spatenkultur"* oder auch *„Rigolkultur"*. Es war eine sehr hochwertige Form der Bodenbearbeitung. Sorgfältig ausgeführt wurde damit eine Qualität erreicht, die weit über der der anderen Verfahren lag. Durch die Spatenkultur wurden höhere Erträge erzielt, das Wachstum von Unkräutern war geringer und es konnte tiefer gearbeitet werden. Die Spatenkultur war allerdings die aufwendigste Art der Bodenbearbeitung und nur dort vertretbar, wo Arbeitskräfte in entsprechender Zahl günstig vorhanden waren, es keine andere Möglichkeit gab und sich der Aufwand durch die höheren Erträge oder durch die erzielten Preise der besonderen Kulturpflanzen rechnete. Die Spatenkultur ist fast vollständig durch das Gespannpflügen und im 19. Jahrhundert durch die Dampf-Bodenkultur verdrängt worden. Es gab allerdings immer einige Bereiche, in denen sich diese traditionelle Form gehalten hat. Im ausgehenden 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts sind dann noch durch den Einsatz neuer Kulturpflanzen neue Anwendungsgebiete entstanden. Die umfassendste Anwendung war natürlich bei den gärtenmäßigen Kulturen anzutreffen. Die Größe der Äcker und die Anforderungen an die Qualität der Bodenbearbeitung rechtfertigten den hohen Aufwand. Ein weiteres Gebiet war bei der Kultur wertvoller Nutzpflanzen gegeben. Diese Pflanzen erforderten oft eine spezielle, meist tiefere Bodenvorbereitung. In landwirtschaftlichen Betrieben war die Bodenkultur mit Handgeräten fast nur noch bei der Bearbeitung von Restflächen anzutreffen, die von Gespannen nicht erreicht werden konnten. Bis auf eine Ausnahme. Die übliche Tiefe beim Pflügen mit Gespannen lag bei selten mehr als 22 Zentimetern. Wenn tiefer gearbeitet werden musste, kam man rasch an eine Grenze. Die notwendige Zugkraft stieg mit der Arbeitstiefe überproportional. Bei vier- oder sechsspännigem Betrieb nahm aber die Zugkraft nicht proportional mit der Erhöhung der Anzahl der Zugtiere zu, sondern deutlich geringer. Des Weiteren wurde durch den direkten Gang der Tiere der Boden derart verdichtet, dass trotz der tieferen Bodenbearbeitung die Erträge zurückgingen. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts kamen aber Kulturpflanzen auf, die eine tiefer gehende Bodenkultur erforderten.

Bemerkung
Eine dieser Kulturpflanzen war die Zichorie. Sie wurde als Wurzel geröstet zu einem Kaffeesurrogat verarbeitet. Neben dem Feigenkaffee, Eichelkaffe, Rüben- und Gerstenkaffee ersetzte sie den hoch besteuerten und teuren Kaffee aus importierten Kaffeebohnen. Der Bedarf war hoch. Die Zichorie hatte viel tiefer gehende Wurzeln als üblichen Kulturpflanzen, beispielsweise die Getreide. Es wurde eine Tiefkultur bis 35 – 40 Zentimeter benötigt.

Wenn nun mit Gespannen diese Tiefe nicht vernünftig zu bewerkstelligen war und die Dampfkraft noch nicht zur Verfügung stand blieb als einzige Möglichkeit die Spatenkultur. Sie wurde bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts in einigen Gebieten der Landwirtschaft eingesetzt. Es gab unterschiedliche Verfahren. Ein Verfahren ist überregional bekannt geworden. Unter dem Namen „Magdeburger Spatenkultur" kam es in vielen deutschsprachigen Ländern zum Einsatz. In zwei Gängen wurden hintereinander zwei Spatenstiche tief gegraben. Gleichzeitig wurde der Boden von Unkrautresten und Steinen befreit. Die schwere Arbeit wurde von Grabkolonnen im Akkord durchgeführt. Die Qualität der Bodenbearbeitung war ideal.
Es verwundert daher nicht, dass beim Auftauchen der Dampfkraft in der Landwirtschaft auch sehr früh Überlegungen angestellt wurden, wie man diese hervorragende Bodenkultur nicht auch mit Maschinenkraft durchführen könnte. Die Idee war allerdings nicht ganz so einfach umzusetzen. Den komplizierten Bewegungsablauf beim Arbeiten mit dem Spaten, das Einstechen, Heben, Wenden und Zerteilen, konnte man auf rein mechanischem Wege nur schwer nachvollziehen. Es wären dazu räumliche Gelenkgetriebe oder kombinierte ebene Gelenkgetriebe mit rotierenden Getrieben erforderlich gewesen. Das, was man schließlich umsetzte, waren ebene Gelenkgetriebe, die mehr die Bewegung beim Arbeiten mit der *Haue* nachahmten als das Bewegungsmuster bei der Spatenarbeit. Der häufig verwendete Begriff „Spatenpflug" für die Maschinen dieser Technik ist etwas irreführend. Besser trifft der allgemeinere Begriff „Grabmaschine" oder „Hauenmaschine" zu.

Die ersten Ideen für Grabmaschinen mit Dampfantrieb sind wohl in Österreich entstanden. In den 40er Jahren entwickelte Joseph Bauer, ein österreichischer Ingenieur-Hauptmann, eine Dampf-Bodengrabmaschine. Sie wurde 1848 gebaut und war eine zeitlang bei einigen Versuchen im Einsatz. James Usher aus Edinburgh ließ 1849 ebenfalls eine Grabmaschine bauen. Ein vierrädriger Wagen mit aufgesetzter Dampfmaschine bewegte sich mit eigenem Antrieb über den Acker. Am Heck war eine Einrichtung angebracht, die über ein Zahnradgetriebe angetrieben wurde und mit Hilfen von Gelenkgetrieben spatenartige Werkzeuge in den Boden stieß, ihn hochhob und lockerte. Die Dampfmaschine leistete 10 PS. Das Fahrzeug wog über 6 Tonnen. Die Tagesleistung betrug etwa 3 Hektar. Fast zur gleichen Zeit, um 1850, wurde der „Gangpflug mit rotierenden Arbeitsteilen" von Thenard und Guibal auf einer Ausstellung in London vorgeführt. Auch bei dieser Maschine wurden spatenartige Werkzeuge eingesetzt, die wie Klauen von oben nach unten in den Boden stießen und hoben. Anfang der 50er Jahre baute Philipp in Gent eine Grabmaschine mit Dampfantrieb. Er orientierte sich am Bewegungsablauf bei der Handarbeit des Hackens und Hauens. Eine Vielzahl von Hacken wurde über Exzenter und Hebelwerke bewegt und bearbeitete den Boden. Auch die bei den Dampf-Bodenfräsmaschinen erwähnte Trennung von Arbeitsbewegung und Fortbewegung durch Gespanne wurde bei den Grabmaschinen probiert. 1852 baute John Bethell eine derartige Maschine. Von der Dampfmaschine wurde nur der Grabmechanismus an der Rückseite angetrieben. 1855 wurde in der Nähe von Paris bei einem Pflugwettbewerb die Dampf-Bodengrabmaschine des Kanadiers Robert Romaine eingesetzt. Sie wurde zwar von Gespannen zum Einsatzort gezogen, konnte sich auf dem Acker aber mit Maschinenkraft fortbewegen. Sie arbeitete mit einer mit Werkzeugen besetzten Walze. Sonderlich zufrieden stellend waren die Arbeitsergebnisse nicht. 1856 ließ sich der Engländer Henry Georg Baitz eine Grabmaschine patentieren. Sie war zu kompliziert und bewährte sich nicht.
In den 60er Jahren bauten einige amerikanische Erfinder Bodengrabmaschinen. Comstock aus Indianapolis bewegte beispielsweise bei seiner Maschine die Spaten über ein Getriebe aus Scheiben und Exzentern. In den 70er Jahren nahmen englische Erfinder die Idee neu auf und entwickelten die Technik der Grabmaschinen weiter. Zu nennen sind beispielsweise H. Knight aus Farnham und besonders Thomas Darby aus Pleshy.

Darby erregte 1877 mit seiner dampfgetriebenen „Breitgrabmaschine“ mit 6 Metern Arbeitsbreite bei einer Vorführung auf der 81. Ausstellung des Smithfield Clubs großes Aufsehen. In 10 Stunden soll die Maschine über 4 Hektar bis zu einer Tiefe von 25 Zentimetern bearbeitet haben. Die ersten Erfolge der Dampf-Grabmaschinen veranlassten auch einige Hersteller, sich mit dieser Technik auseinander zu setzen. Proctor, ein bekannter Landmaschinenhersteller aus Stevenage, brachte 1882 nach einem Patent von Parker eine Grabmaschine heraus, deren Werkzeuge am Heck eines normalen Dampfschleppers angeordnet waren.
In Deutschland wurde 1886 die erste Dampf-Bodengrabmaschine bei einer Vorführung in Baden-Baden gezeigt. Es war ein „Patent-Spatenpflug“ von Proctor. Als Werkzeugsätze wurden bei dieser Maschine drei Gabeln mit je sechs Zinken verwendet. Im Betrieb wurde die Erde von den Gabeln abgestochen und nach hinten geworfen. Dabei wurden die Erdstücke gewendet und beim Aufschlagen zerkleinert. Die 7 PS starke Maschine hatte eine Arbeitsbreite von gut 2 Metern. Die angekündigten Leistungen wurden von der Maschine weit verfehlt. Insbesondere die Arbeitstiefe bei Tiefkultur bereitete große Probleme. Letztendlich blieb nur ein deutlich geringerer Preis als beim Zweimaschinen-Dampfpflug nach dem Windesystem. Das war bei der nicht ausreichenden Qualität und Leistung auf Dauer zu wenig.

Bei den Grabmaschinen konnte, wie bei den Bodenfräsmaschinen, je nach Bewegungsrichtung des Grabwerkzeugs beim Eindringen in den Boden theoretisch im „Gleichlauf“ oder im „Gegenlauf“ gearbeitet werden. Die der Fahrtrichtung des Schleppers „gleichläufige“ Arbeitsweise war aus verständlichen Gründen wenig geeignet, da der ausgehobene Erdballen nach vorne auf den unbearbeiteten Acker gelegt worden wäre. Praktisch umgesetzt wurden daher nur Maschinen, die den Erdballen nach hinten hin auswarfen. Bei dieser Arbeitsweise war der Einfluss der die Fahrt des Schleppers auf dem Acker unterstützenden Vortriebskraft der Grabwerkzeuge recht hoch. Der Vergleich eines Pflugschleppers mit direktem Zug und eines Grabschleppers im direkten Gang zeigt die Kraftverhältnisse beim Vortrieb (Bild 20.1/1). Traktionsprobleme waren bei Grabmaschinen nicht zu befürchten.

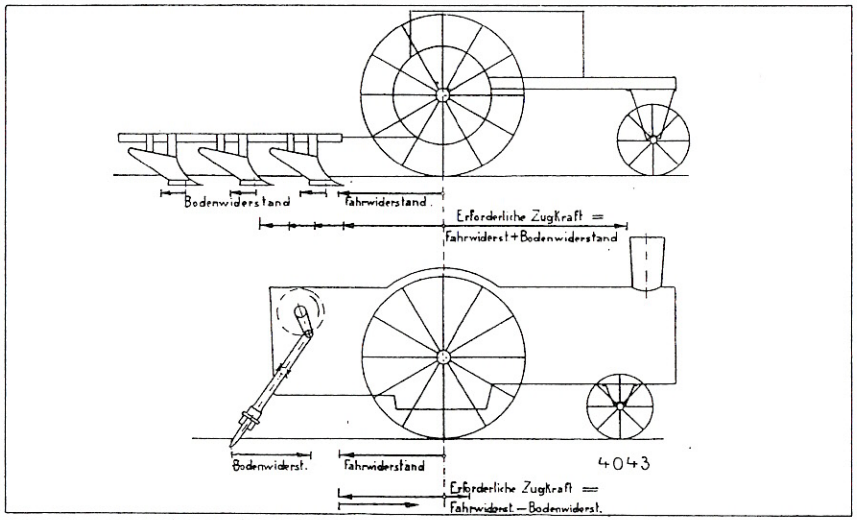


Bild 20.1/1: Vortriebskräfte und Arbeitswiderstände beim Pflugschlepper und dem Grabschlepper (schematisch)

Auch diese, mit hohen Erwartungen angetretene Kulturtechnik konnte sich trotz aller Verbesserungen nicht etablieren. Es wurden noch einige Experimente bis Anfang des 20. Jahrhunderts mit Grabmaschinen gemacht.
Ohne Erfolg.
Die insgesamt gefertigte Zahl an Maschinen unterschiedlichster Konstruktion dürfte deutlich unter 100 gelegen haben.

20.2 Selbstfahrende Dampf-Bodengrabmaschinen

20.2.1 Dampf-Bodengrabmaschine von J. Bauer

Es war nicht die erste Erfindung einer landwirtschaftlichen Maschine von Josef Bauer (in einigen Quellen auch „Baur“ geschrieben). Schon 1836 hatte er eine Dampf-Fräsmaschine zur Bearbeitung des Bodens konstruierte, die allerdings noch von Gespannen gezogen werden musste. Die Konstruktion der Dampf-Bodengrabmaschine geht auf eine Erfindung aus den 40er Jahren zurück. Gebaut wurde das außergewöhnliche Gerät um 1848/49 von der Maschinenfabrik Harkott in Leipzig. Die Grabmaschine besaß einen stabilen Rahmen und vier Räder. Der liegende Kessel war vorne auf der Maschine längs angeordnet. Die Feuerbüchse lag vorne. Auch die Dampfmaschine muss in Längsrichtung eingebaut gewesen sein. Ein großes seitliches Schwungrad sorgte für die Vergleichmäßigung der Bewegungsvorgänge. Die Grabwerkzeuge waren zwischen der Vorder- und Hinterachse angeordnet. Über ein Zahnradgetriebe wurde eine Hebelwelle angetrieben, die einen (oder wenige) breite Blattspaten in den Boden gruben, die Erde aushoben und nach hinten beförderten. Das Fahrzeug war für die Bewegung auf dem Acker selbstfahrend. Die Vorderachse wurde durch ein Zahnradgetriebe angetrieben. Die hintere Achse wurde gelenkt. Die gesamte Konstruktion macht schon einen recht guten und durchdachten Eindruck. Die Dampf-Bodengrabmaschinen von Bauer ist eine der ganz wenigen Konstruktionen im deutschsprachigen Raum, die in jener Zeit technisch gesehen eine führende Innovation beinhaltete. Im Allgemeinen waren englische Konstruktionen in ihrer Entwicklung den deutschen um Jahrzehnte voraus.
An technischen Einzelheiten und zur Arbeitsleistung der Maschine ist nichts bekannt. Verbürgt ist, dass die Grabmaschine 1850 dem „Verein zur Aufstellung landwirtschaftlicher Maschinen“ in Buckau zum Kauf angeboten worden ist. Das war sicherlich eine richtige Adresse, um die Mechanisierung der Tiefkulturarbeiten voranzubringen, die traditionell in der Magdeburger Börde betrieben wurde, und zwar weitgehend in Handarbeit (Magdeburger Spatenkultur). Leider wurde das Angebot abgelehnt.
Die Grabmaschine von Bauer wurde später in Böhmen bei Vorführungen und im Versuchsbetrieb eingesetzt. Was aus ihr geworden ist, ist nicht bekannt.

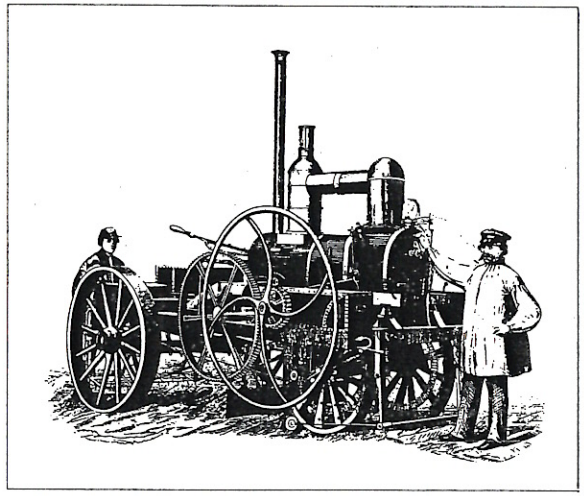


Bild 20.2.1/1:
Dampf-Bodengrabmaschine
von Bauer
(um 1848/49)

20.2.2 Dampf-Bodengrabmaschinen von T. Darby

Thomas Darby ging bei seinem Konzept einer Bodengrabmaschine von einem neuen Ansatz aus. Da die hohen Arbeitsgeschwindigkeiten der konkurrierenden Verfahren des Pflügens mit der Grabtechnik nicht zu erreichen war, versuchte er durch den Bau von Maschinen mit extremer Arbeitsbreite die wirtschaftlichen Nachteile schon beim Konzept zu vermeiden. Darbys Maschinen arbeiteten beim Gang über den Acker nicht in Richtung der Fahrzeugachse, sondern quer dazu. Das war eine neue Idee. Bei der Fahrt auf den üblichen Wegen fuhr sie wie eine normale Lokomobile in Längsrichtung ihrer Fahrzeugachse. Sie nutzten die gesamte Fahrzeuglänge als Arbeitsbreite aus. Die zeitgenössische Bezeichnung für diese Maschinen war daher auch „Breitengrabmaschine“. Die erste Maschine wurde 1877 hergestellt, verbesserte Versionen folgten.

Die erste Dampf-Bodengrabmaschine von Darby besaß eine Dampfmaschine mit einer Leistung von etwa 10 PS. Über ein doppeltes Kegelradgetriebe wurde die Leistung von der Kurbelwelle auf eine über die gesamte Längsseite reichende Antriebswelle für die Grabgabeln geleitet. Die Welle besaß entsprechend der Anzahl der eingesetzten Grabgabeln Kröpfungen wie bei einer Kurbelwelle. Die Maschine hatte drei Gruppen von je zwei Grabgabeln mit gleicher Winkelstellung ihrer Antriebskurbeln. Also sechs Kurbeln in drei Gruppen mit 120° Kurbelversatz. Durch den Winkelversatz der Antriebskurbeln wurde erreicht, dass nicht alle Gabeln gleichzeitig in den Boden fuhren. Die Stoßbelastung wäre zu groß geworden. Jede Gabel trug wiederum ein doppeltes Grabwerkzeugpaar mit je vier großen Zinken. Die Skizze zeigt das kinematische Schema mit der Bewegungsbahn der Grabwerkzeugenden.

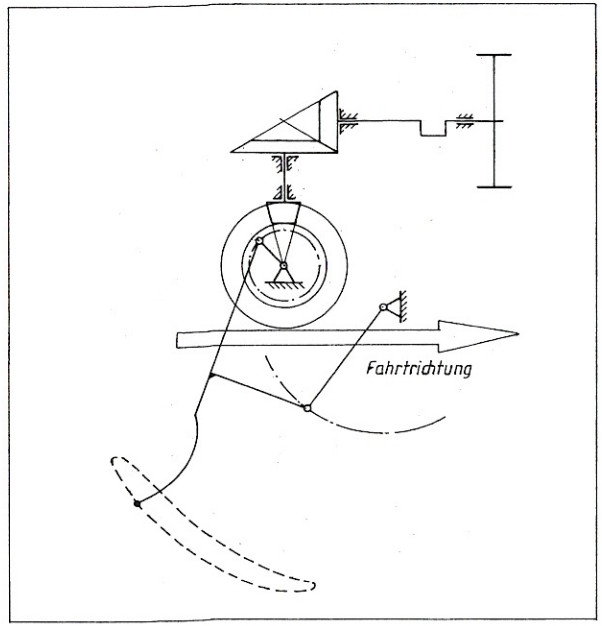


Bild 20.2.2/1:
Kinematisches Schema
der ersten
Grabmaschine
von Darby (1877)

Auch bei dieser Maschine wurde nicht die Arbeitsbewegung der Spatenarbeit, sondern die einfachere Bewegung von Grabgabeln und Hauen nachgebildet.

21. DAMPFPFLÜGE UND MELIORATION

21.1 Bemerkung

Die bisher beschriebenen Systeme und Verfahren der Dampfbodenkultur zeigten den Einsatz dieser Technik bei der Bodenbearbeitung auf vorhandenen landwirtschaftlichen Nutzflächen. Das ist sicherlich der größte Teil der notwendigen Bodenkulturarbeiten, aber nicht alles. Auch die Gewinnung neuer landwirtschaftlicher Nutzflächen, die Anpassung von genutzten Flächen an neue Kulturpflanzen oder die Vorbereitung für eine anderweitige Nutzung erfordert eine Bearbeitung des Bodens.

Im 19. Jahrhundert führte die zunehmende Industrialisierung zu starken Veränderungen in der Bevölkerungsstruktur und zu großen Bevölkerungsbewegungen. Um 1800 waren noch 75 % der Bevölkerung in der Landwirtschaft tätig. Im Durchschnitt ernährten drei Landwirte einen Stadtbewohner. Um 1912 waren nur noch 25 % in der Landwirtschaft beschäftigt. Ein Landwirt ernährte drei Stadtbewohner. Diese massiven Veränderungen hatten unmittelbaren Einfluss auf die Bodenkultur. Das betraf nicht nur die Intensivierung, Effizienzsteigerung durch die Mechanisierung und Ertragsverbesserung durch Düngung und neue Kulturpflanzen u. a. m., sondern auch die Erschließung neuer Agrarflächen. Agrarlandschaften sind prinzipiell keine statischen Gebilde. Die Verdichtung und Ausweitung des Agrarraums muss den Veränderungen der Bevölkerungsstruktur und vor allem dem Bevölkerungswachstum folgen. Hierbei können Verdichtungen auch zur Wüstlegung ertragsarmer Gebiete führen. Auch die Industrialisierung und Verstädterung benötigt Land. Bei dieser „Melioration", das heißt den Arbeiten zur Urbarmachung, zur Erschließung neuer landwirtschaftlich nutzbarer Areale und zur dauerhaften Sicherung dieser Flächen z. B. durch Regulierung des Wasserhaushalts, war die Hilfe von Maschinen hoch willkommen. Die Arbeiten mit Handkraft und Gespannen dauerten oft mehrere Generationen. Bei der Dynamik der gesellschaftlichen Veränderungen hatte man diese Zeit in vielen Fällen nicht mehr. Einige der großen nationalen Vorhaben jener Zeit waren:

- Marschenkolonisation und Abdeichung an den Gezeitenküsten,
- Kultivierung der Moore,
- Urbarmachung von Heiden u. a. Fluren für die Weide- und Felderwirtschaft,
- Nutzbarmachung und Sicherung der großen Flussniederungen des Ostens und im süddeutschen Raum.

Bei der Marschenkolonisation und den über sehr lange Zeiträume erforderlichen notwendigen Arbeiten wurden allgemein nur einfache Hilfsmittel eingesetzt. Vieles war Handarbeit. Die Bodenkultur mit Dampfpflügen hat insbesondere bei der Kultivierung der Moore eine große Rolle gespielt. Hier konnte diese Technik auch ihre besonderen Vorteile ausspielen. Zum Einsatz kamen besonders angepasste Pfluglokomotiven und sehr große Tiefpflüge. Moorkultivierung mit Dampfpflügen wurde noch in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts betrieben. Es war das letzte große Einsatzgebiet der Dampfbodenkultur. Bei der Urbarmachung bisher nicht genutzter Areale, beispielsweise von Heideflächen, kamen Dampfpflüge häufiger zum Einsatz. Die eingesetzten Maschinen unterschieden sich nicht von denen bei der Bodenkultur im üblichen landwirtschaftlichen Bereich. Unterschiedlich waren die eingesetzten Arbeitsgeräte. Beispielsweise wurden bei der Urbarmachung von Wäldern spezielle Pflüge zum Roden und zum Wurzelheben eingesetzt. Unterschiedlich waren auch die angewandten Verfahren. Im Abschnitt 10.2 wurde beim Einmaschinensystem das etwas exotisch anmutende Verfahren des Pflügens von Hanglagen ohne Seilrückführung beschrieben. Im Zusammenhang mit den Arbeiten bei der Urbarmachung bekommt das Verfahren einen ganz anderen Stellenwert. Verfahren mit komplizierten Seilumlenkungen waren hier kaum anwendbar. Der Einsatz des Zweimaschinensystems war nur dort möglich, wo man beispielsweise mit der zweiten Pfluglokomotive einen Waldweg benutzen konnte. Das war die Ausnahme. Also setzte man nur eine Maschine am Rand des Areals ein. Zur Rückführung des Bodenbearbeitungsgeräts musste man sich etwas einfallen lassen. Schwere Erdhaken und Wurzelheber wurden beispielsweise mit Gespannen zurückgezogen.

Etwas anders sah es bei den Maßnahmen zur Regulierung des Wasserhaushalts dieser Flächen aus. Mit herkömmlichen Dampfschleppern oder Pfluglokomotiven konnten nur Grabenpflüge bewegt werden. Das reichte häufig nicht aus. Man setzte dann spezielle Maschinen ein, die das Ziehen der Gräben und Kanäle schneller und in größeren Dimensionen bewerkstelligten. Das waren völlig neue Maschinenarten, die auch mit Dampfantrieben ausgestattet sein konnten.

Da in dieser Schrift der technische Aspekt der Bodenkultur im Vordergrund steht, werden stellvertretend für viele andere Anwendungen als Beispiele nur zwei Bereiche dargestellt: die Maschinen und Geräte der Moorkultivierung mit einem kurzen Ausblick auf die Maschinen zur Torfgewinnung.

Anmerkung:
Melioration ist ein massiver Eingriff in die Landschaft, in die Ökologie, in das regionale Klima und die gesellschaftlichen Strukturen der gesamten Region, um nur einige Faktoren zu nennen. Eine über Jahrtausende natürlich gewachsene Landschaft wird durch den Eingriff des Menschen in eine Agrarlandschaft verwandelt. Die Gründe, aus denen Menschen die Landnahme für ihre Feld- und Weideflure vornahmen sind sehr verschieden. Sicher ist nur, dass die mühsame und sich über Generationen hinziehende Urbarmachung nicht aus Lust an der Zerstörung der Natur heraus vorgenommen wurde, sondern aus einer zwingenden Notwendigkeit. In der Vergangenheit war das sehr einfach der Hunger.
Es ist heute modern geworden, die Kultivierung seltener Landschaftsformen kritisch zu bewerten. Besonders die in neuere Zeit vorgenommenen, wie z.B. die einiger Moore. Zwischen 1950 bis in die 60er Jahre wurden

beispielsweise im norddeutschen Raum über 100000 Hektar Moor und Ödland kultiviert. Die ersten Besiedlungen der Moore begannen im Emsland beispielsweise im 17. Jahrhundert. Wälder. Heide und Moore waren Gemeinschaftseigentum der Berechtigten (freie Bauern, Güter, Klöster etc.). Die Nutzung war nur den Berechtigten oder den Erben der Höfe und Güter erlaubt. Diese aus der Tradition gewachsenen Gesetze machten unter den Bedingungen der Zeit Sinn. Eine fortschreitende Partiellierung von landwirtschaftlichen Nutzflächen führt nur dazu, dass die Restflächen nicht einmal mehr ihre unmittelbaren Bewirtschafter ernähren können. Für die nicht Erbberechtigten gab es nun verschiedene Möglichkeiten: unverheiratet auf dem Hof bleiben, Annahme einer Heuerstelle, Auswandern oder, bei den regional eng verwurzelten Menschen, Leben mit der Familie als Kolonist im Moor.

Da die Zahl der Heuerstellen ja nicht beliebig gesteigert werden konnte, es gab kein nutzbares Land, hätte der Rest auswandern oder sich eine neue landwirtschaftlich nutzbare Fläche erschließen müssen. Ausgewandert wurde reichlich. Besonders nach Hungerjahren. Vor die Wahl gestellt, schwer zu urbanisierendes, im Grunde für die landwirtschaftliche Nutzung wenig geeignetes Land zu erschließen oder im Ausland unter fast idealen Bedingungen zu siedeln, nahmen viele das Schiff nach Amerika. Der Prozess ist dem an den norddeutschen Küsten bei der Erschließung der Marschen ähnlich. Dort kamen zum Hunger noch erschwerend die schweren Fluten hinzu. Auf den noch nicht gut befestigten Aussiedlerhöfen sind auf den niedrigen Warften bei Sturmfluten regelmäßig Hunderte mit ihrem Vieh „ersoffen", wie der Friese dazu sagt.

Bei der Moorkultivierung setzten die Kolonisten die holländische Fehnkultur und die Moorbrandkultur ein. Nur bei der ersten wurde eine nachhaltig nutzbare Fläche geschaffen. Moorbrandkultur konnte man auf derselben Fläche nur einige Male betreiben, dann war das Moor verbraucht, „totgebrannt" wie man sagte und man musste andere Flächen kultivieren. Ökologisch betrachtet ist die Brandkultur außerordentlich schädlich. Das Moor wird dauerhaft zerstört. Der Unterschied ist nur, bis die Fehnkultur zu landwirtschaftlich nutzbaren Ackern führt dauert es Jahrzehnte. Bei der Brandkultur dauert es nur einige Jahre. Bei der Beantwortung der Frage, warum im großen Maßstab Moorbrandkultur betrieben worden ist, gehen die Meinungen auseinander. Es liegt allerdings der Verdacht nahe, dass die Kolonisten nicht die Arbeit scheuten sondern ihnen das Leben und das ihrer Familien sehr am Herzen lagen. Es fehlte an der Zeit und man wollte nicht verhungern. Im 20. Jahrhundert wurde in der Zeit von 1924 bis 1942 auf der Grundlage des Reichssiedlungsgesetzes von 1919 25000 Hektar Moor kultiviert. Ab 1933 geschah dies auch mit Zwangsarbeitern und Strafgefangenen unter menschunwürdigen Bedingungen. Wesentliche Gründe für die Kultivierung waren die Torfgewinnung und die Schaffung zusätzlicher landwirtschaftlicher Nutzflächen.

Nach dem 2. Weltkrieg wurden im Gebiet des Emslandes 140000 Flüchtlinge aus den ehemaligen, stark agrarisch genutzten Ostgebieten angesiedelt. Viele der Flüchtlinge waren daher Landwirte. Es gab im dicht besiedelten Deutschland keine Flächen, die von den vielen „neuen" Landwirten genutzt werden konnten. Im Oktober 1946 begann die Fa. Ottomeyer mit den ersten Kulturarbeiten in den Emslandmooren. Am 5. Mai 1950 wurde von der Bundesregierung der Emslandplan verabschiedet und die gesamten Erschließungsarbeiten wurden zentral gesteuert. Die Kultivierung der großen Moorflächen begann. Als einziges Verfahren, dass in halbwegs akzeptabler Zeit eine landwirtschaftliche Nutzung zuließ, war die mit Dampfpflügen durchgeführte Sandmischkultur. In Niedersachsen wurden zwischen 1938 und 1978 169000 Hektar mit der Tiefpflugkultur erschlossen. Im Emslandplangebiet etwa 120000 Hektar. Nach Schätzungen sind davon 1/3 Moorflächen gewesen, entweder wurzelechtes Hochmoor oder abgetorftes Hochmoor.

Wie die Neusiedler nach dem Krieg ihre „neue Heimat" erlebten, geht anschaulich aus der kleinen Dokumentation „40 Jahre Hesepermoor" hervor: „ .... Wir hatten schwere Jahre von 1945 bis 1955 durchzustehen. Trotzdem brannte in uns die Hoffnung auf einen Neubeginn, als wir nach jahrelangem Warten die Nachricht bekamen: „Ihr könnt im Hesepermoor eine Siedlerstelle bekommen". Im Jahr 1953 waren schon drei Siedler in Hesepermoor angesetzt worden. Diese ersten Vorboten hatten ihre Wohnhäuser bezogen und die landwirtschaftlichen Flächen in Nutzung genommen. .... Unsere Wohn- und Wirtschaftsgebäude befanden sich zum Teil noch im Bauzustand. Ansonsten war natürlich noch alles öde und leer. Nur das Pfeifen und Zischen der Ottomeyer-Dampfloks war zu hören, die den mächtigen Pflug in einer Tiefe von 1,50 bis 2,00 Meter durch das abgetorfte Moor wühlten und in Sand-Moormischverfahren landwirtschaftliche Nutzflächen hervorbrachten. Einige von uns haben dort zum ersten Mal überhaupt das Moor gesehen, denn weiter südlich und westlich des unkultivierten Landes befanden sich unberührte Moorflächen, die von den Baggern des Heseper Torfwerkes noch ausgebaggert werden sollten. An dem Tag der Übernahme der neuen Siedlung waren Freude und Schmerz nahe beieinander. Es schmerzte uns sehr, weil wir uns unseres alten Hofes in der Heimat im Osten erinnerten. Wir freuten uns andererseits, dass wir eine neue Siedlerstelle erhielten und uns ein neuer Anfang ermöglicht wurde. ....."

Heute zählt die Integration der Millionen Flüchtlinge zu den ersten großen Leistungen der jungen Bundesrepublik. Die kultivierten Moorflächen sind allerdings dauerhaft verloren.

21.2 Moorkultivierung mit Dampfpflügen

21.2.1 Bemerkung

Die meisten großen Moore in Deutschland findet man im norddeutschen Raum, in erster Linie in Niedersachsen, einige kleinere in Brandenburg, in Bayern und im Badischen. Moore (in norddeutschen Ortsangaben auch oft als „Bruch" in süddeutschen als „Moos" bezeichnet) sind dauernd feuchte, versunfte, morastige Gebiete auf einer Schicht aus unvollständig zersetzten Pflanzenresten, dem „Torf". Sie sind landwirtschaftlich nicht nutzbar, im ursprünglichen Zustand ohne Möglichkeit zur Anlage von Verkehrswegen und ohne jede Besiedlung. Moorpflanzen sind Spezialisten, die mit der nährstoffarmen Decklage und dem extrem sauren Bodenwasser zurechtkommen. Moore waren natürliche Barrieren. Eine Besiedlung fand nur am Rande statt. Moore wurden in früherer Zeit nur zur Gewinnung von Brenntorf genutzt.

Die Erschließung von Mooren war Pionierarbeit im ursprünglichen Sinne. Eine Aufgabe für Generationen, die ohne staatliche Koordination und Unterstützung in größerem Umfang nicht zu leisten war. Die Kultivierung von Mooren war eine der langwierigsten, umfangreichsten, schwierigsten und auch teuersten Arbeiten der Urbarmachung. Sie ist auch von der Art des Moores abhängig. Niedermoore verlangen etwas andere Verfahren als Hochmoore. Es wundert daher nicht, dass man erst sehr spät damit begann. Mitte des 17. Jahrhunderts wurden beispielsweise die ersten Flächen im Emsland kultiviert. Das Verfahren kam aus Holland, die Fehnkultur. Ein extrem arbeitsintensives, rein manuelles Verfahren. Man begann mit den günstigsten Randlagen der Moore. Im Laufe der Zeit blieben immer schwieriger zu melorisierende Lagen übrig. Die im 20. Jahrhundert erschlossenen Moore wären ohne den Einsatz der Dampfkraft gar nicht kultivierbar gewesen.

Mit Moorkultivierung bezeichnet man allgemein alle Verfahren, mit deren Hilfe die Moore einer landwirtschaftlichen Nutzung zugänglich gemacht werden können. Im Wesentlichen also die Nutzung zur Viehwirtschaft oder dem Ackerbau. Die eingesetzten Verfahren unterschieden sich vollständig von den bisher geschilderten Vorgehensweisen bei der Bodenkultur.

Anmerkung:
Entstanden sind die Moore aus Schmelzwasseransammlungen in wenig wasserdurchlässigen Mulden. In den Mulden sammelten und zersetzten sich in dem Wasser abgestorbene Pflanzenteile. Im Laufe von Jahrtausenden entstanden daraus starke Torfschichten (Niedermoore). Sie verlandeten wieder, wurden neu überschwemmt und der Prozess wiederholte sich (Übergangsmoore). Stauschichten im Boden verhinderten ein Versickern des Wassers. Die ständige Nässe ließ nur einen Pflanzenwuchs von speziell angepassten Arten zu. Nur die dünne obere Schicht des Moores lebt. Besonders Torfmoose, die die nötigen Nährstoffe direkt aus dem Regenwasser aufnehmen können, vermehrten sich schnell, starben ab und vergrößerten die Torfschicht. In Klimaphasen mit höherer Temperatur wurden die pflanzlichen Bestandteile stärker zersetzt. Diese Torfschichten haben eine dunklere Farbe (Schwarztorf, getrocknet eignet er sich gut als Brennmaterial). Damit ist die erste Phase bei der Bildung eines Moores abgeschlossen. Im Laufe der Jahrtausende entstanden in mehreren Phasen mächtige Torfschichten, die die Oberfläche des Moores „uhrglasartig" nach oben wölbten, die Hochmoore. Hochmoore können sich sowohl aus Übergangsmooren als auch direkt auf dem Mineralboden bilden. Der Kontakt zum Grundwasser ging bei dieser Aufwölbung immer mehr verloren. Das gesamte biologische System wird nur vom nährstoffarmen Regenwasser versorgt. Der Mineralienanteil im Bodenwasser sinkt. Das Wasser hat einen sehr geringen pH-Wert. In dieser Phase wurden die abgestorbenen Pflanzenteile nur noch unvollständig zersetzt. Die entstehenden Torfschichten haben eine helle Farbe (Weißtorf). Der Schichtaufbau eines Moores sieht wie folgt aus: Oberflächenvegetationschicht, Weißtorfschicht, Schwarztorfschicht, Sandschicht (Pechsand) und wasserstauende Schicht (Ortstein).

Im Laufe der Geschichte hat sich, je nach örtlichen Gegebenheiten und Art des Moores, eine ganze Reihe an Moorkultivierungsverfahren herausgebildet. Bei den Niedermooren waren die gängigen Verfahren:
- die Niedermoor-Schwarzkultur,
- die Niedermoor-Sandkultur,
- die Tiefpflug-Sanddeckkultur.

Bei den Hochmooren (in der Reihenfolge ihrer Anwendung):
- die Moorbrandkultur bis zum 18. Jahrhundert,
- die holländische Fehnkultur im 17. und 18. Jahrhundert,
- die Rimpausche Moordammkultur im 19. Jahrhundert,
- die deutsche Hochmoorkultur im 19. und 20. Jahrhundert,
- die Sandmischkultur nach 1945.

Der Kürze halber soll hier nur das wichtigste mit Dampfpflügen betriebene Verfahren genauer betrachtet werden, die Sandmischkultur.

Der Einsatz der Dampfkraft bei der Moorkultivierung in Deutschland begann spät. Erst 1936 wurde in der Versuchswirtschaft Königsmoor ein einschariger Tiefkulturpflug eingesetzt. Die Arbeitstiefe lag bei 65 Zentimetern. Der Untergrundhaken ging bis 80 Zentimeter. Kultiviert wurde versuchsweise eine gealterte Hochmoorfläche. Die Arbeitstiefen reichten dafür aus. Davor hatte der Dampfpflugunternehmer Wilhelm Ottomeyer aus Pyrmont um 1912 schon mit Dampfpflügen im Zweimaschinensystem Heidesandböden kultiviert. Die Pflugtiefen lagen allerdings bei nur knapp 50 Zentimetern.

Mit der Entwicklung der Sandmischkultur gelang der entscheidende Schritt für die maschinelle Kultivierung großer Moorflächen. Der Pflug musste so tief in den Boden einschneiden, dass die Sandschichten am Grund der Torfschichten gehoben und die Ortsteinschicht zerstört wurde. Damit konnte man eine Bodenstruktur geschaffen, die der in Handarbeit erreichten bei der holländischen Fehnkultur entsprach. Sandmischkultur ist also Tiefkultur. Allerdings nicht im bisher beschriebenen Rahmen. Moortiefkultur fängt da an, wo die Tiefkultur im landwirtschaftlichen Betrieb aufhört, bei etwa 60 Zentimetern. Und sie geht bei mächtigen Mooren bis über 2 Meter Umbruchtiefe.

Anmerkung:
Bei der **Moorbrandkultur** wurden zur Entwässerung des Moores in Abständen von etwa 10 Metern kleine Gräben gezogen. Nach der Entwässerung wurde im Herbst die oberste Torfschicht etwa 30 Zentimeter tief gelockert. Man verwendete hierfür besondere Hauen. Durch diese Lockerung sollte eine gewisse Trocknung des Torfs erreicht werden. Die losgehackten Stücke wurden auch von Fall zu Fall in Haufen aufgeworfen. Nach der Frostperiode wurden im darauf folgenden Frühjahr bei trockenem Wetter die oberste Torfschicht und die Haufen abgebrannt. Es entstanden dabei großflächige Brände mit immenser Rauchentwicklung die wochenlang dauern konnten. Selbst in weitab liegenden Großstädten kam es aufgrund der Moorbrennerei (Höhenrauch) zu erheblichen Belästigungen. Die Asche der verbrannten Torfhaufen wurde von Hand über die Fläche verteilt. In dieser Aschefläche säte man Getreide, beispielsweise Buchweizen, ein Grundnahrungsmittel in jener Zeit, aber auch Hafer und Hirse. Die Moore verheideten nach einigen Jahren und wurden dann zur Schafhaltung genutzt. Das Abbrennen einer Fläche konnte höchstens achtmal wiederholt werden. Dann war die Torfschicht verbraucht. Das Moor war „totgebrannt". Der Aufwand bei der Moorbrandkultur war deutlich geringer als bei der Fehnkultur. Das Verfahren erlaubte auch eine schnelle Bewirtschaftung. Die Moorbrandkultur führte aber zu keiner dauerhaften und nachhaltigen landwirtschaftlichen Nutzung der kultivierten Flächen.

Die holländische **Fehnkultur** war ein äußerst aufwendiges, meist manuell auszuführendes Verfahren der Moorkultivierung. In Norddeutschland wurde sie erstmals 1631 im Emsland eingesetzt. Bei der Fehnkultur wurde zuerst ein Kanalnetz zur Entwässerung und zum Abtransport des später bei der Kultivierung gestochenen Torfes angelegt. Die Kanäle verbanden die Moorkolonie mit dem torfabnehmenden Hinterland. Dann wurde der Schwarztorf gestochen und mit Kähnen verschifft, meist in nächstgelegene Städte. Bei der Rückfahrt wurde Dünger (organischer Abfall) aus den Städten mitgenommen. Der nach dem Abbau des Schwarztorfes verbliebene entwässerte Weißtorf wurde nun mit dem Sand der Sohle (Bunkererde) und dem Dünger vermischt. Man bezeichnete diese langwierige und mühsame Arbeit als „Handkuhlung". Sie dauerte Jahrzehnte.

Die **Rimpausche Moordammkultur** (benannt nach dem sächsischen Gutsbesitzer Rimpau aus Kunrau) verwendet ebenfalls Entwässerungsgräben zur Trockenlegung. Der Torfinhalt der ausgehobenen Gräben wurde allerdings nicht getrocknet und weggeschafft, sondern wird links und rechts auf den Flächen verteilt. Flache, erhobene Dämme entstanden. Diese wurden mit Sand vom Boden der Gräben etwa 10 Zentimeter dick abgedeckt. Die Tiefe der Gräben war von der Tiefe abhängig, bei der man unter dem Torf auf Sand stößt. Sie schwankte, je nach Aufbau des Moores, in weiten Grenzen. Die obere Sandschicht wird mit Dünger (u. a. phosphat- und kalisalzhaltige Substanzen) vermischt. Diese obere Schicht bildete die Ackerkrume. Bei der Aufarbeitung des Bodens durfte nur sehr flach gearbeitet werden, damit dass darunter lagernde Moor nicht wieder eingemischt wurde. Nach einigen Jahren veränderte sich die Beschaffenheit des Moores und es waren auf den so kultivierten Flächen gute Erträge zu erzielen.

Bei der **Deutschen Hochmoorkultur** wurden die Weißtorfflächen durch eine Drainage entwässert. Der nach einigen Jahren zurückbleibende, trocknere Torfboden wurde mit Hilfe der von Liebig entwickelten Verfahren der chemischen Bodenverbesserung so verändert, dass eine landwirtschaftliche Nutzung möglich war. Der Torfboden ist ein saurer und stickstoffarmer Boden. Durch die Behandlung mit einem abgestimmten Mineraldünger (und organischem Dünger) wurde der Boden nutzbar gemacht. Dazu wurde die Oberfläche der entwässerten Torfböden mit den üblichen Ackergeräten bearbeitet und der Dünger untergemischt. Die Qualität der Böden war gering. Die so kultivierten Böden eigneten sich besser für die Grünlandbereitung und Viehwirtschaft (Schafzucht) als für den Ackerbau. Entstanden ist diese Art der Bodenkultur um 1877. Die Belästigung durch das Moorbrennen war in Bremen so groß, dass sich ein Verein dagegen gründete. Daraus und auf Betreiben des preußischen Ministeriums für Landwirtschaft entstand dann die Moorversuchsstation in Bremen. 1882 wurde dann der Moorkulturverein für das Deutsche Reich gegründet.

Die **Deutsche Sandmischkultur** ist ein neueres Verfahren der Moorkultivierung. Es ist an bestimmte technische Rahmenbedingungen geknüpft ist. Ohne die Möglichkeit, selbst in Tiefen bis zu 2 Metern (und mehr) zu pflügen, ist diese Kultur nicht durchführbar. Die technischen Voraussetzungen waren erst im 20. Jahrhundert gegeben. Mit der Sandmischkultur ist auch der Name eines Unternehmens verbunden, der diese Art der Moorkultivierung erst möglich machte, das Dampfpflugunternehmen Wilhelm Ottomeyer, Bad Pyrmont. Nicht die extrem großen und leistungsstarken Dampfpfluglokomotiven dieser Firma sind allerdings das Wesentliche, sondern die Entwicklung des Verfahrens zur Urbarmachung der schwierigsten und ungünstigsten Lagen. Der Grundgedanke der Sandmischkultur ist einfach. Mit Hilfe eines großen Tiefpfluges wurde das Moor bis in die *unter dem Torf liegende Sandschicht und Ortsteinschicht in einem Gang* umgepflügt. Eine dünne Sandschicht an der Sohle wird mit dem Schar abgetrennt, mit dem Streichblech gehoben und gedreht so das letztendlich an der Oberfläche durch die Form und Krümmung des Streichblechs die um 180° gewendete Sandlage oben liegt. Eine geschlossene Sanddecke auf dem Torf ist entstanden. Das Verfahren wurde im Laufe der Jahre weiterentwickelt. Man ging von der geschlossenen Sanddecke ab und schichtete die Moor- und Sandpartien mit Hilfe einer genau angepassten Form des Pflugkörpers schräg. Diese Veränderung brachte den Durchbruch. Die so kultivierten Flächen brachten dauerhaft gute Erträge. Die nach dem Pflügen in der Schnittfläche deutlich erkennbaren, getrennt liegenden schrägen Streifen von Torf-, und Sandschichten, diese stetigen Wechsel von dunklen und hellen Stellen, sind zum Wahrzeichen der Sandmischkultur geworden. Die Schrägschichtung hat den Vorteil, dass in trockenen Zeiten die Wurzeln der Kulturpflanzen leicht durch die Sandschichten hindurch zu grundwasserziehende Schichten vordringen können. In sehr feuchten Witterungsperioden kann durch die Öffnung der Ortsteinschicht das Regenwasser zum Grundwasser ablaufen. Staunässe wird so vermieden. Die Sandbalken dienen der Drainung, die Torfbalken der Speicherung von Wasser. Die Form des Pflugkörpers wurde in langwierigen Versuchen ermittelt. Schar und Streichblech mussten so geformt sein, dass der mineralische Untergrund aus Sand und Ortstein in einem Balken mit einem Winkel von etwa 135° gewendet und gekippt wird. Damit erreichte man auch das günstigste Verhältnis von 2 Teilen Torf zu 1 Teil Sand im kultivierten Boden.
Die raue Oberfläche konnte wenn notwendig mit dem Erdhobel geglättet werden. Die künftige Krume wurde mit Hilfe von Scheibeneggen oder Kultivatoren gemischt. Die Stärke lag bei 25 bis 30 Zentimetern.

Die Sandmischkultur wird auch zur Rekultivierung alternder und verbrauchter Flächen der Hochmoorkultur und der Fehnkultur eingesetzt.

21.2.2 Verfahren der Moorkultivierung mit Dampfpflügen

Beschreibung

Bei der Moorkultivierung ist nur das Dampfpflugsystem mit zwei bzw. vier Maschinen zum Einsatz gebracht worden. Alle Einmaschinensysteme mit Seilumlenkungen waren bei den hohen Belastungen prinzipiell nicht geeignet. Die Tiefkultur bei der Erschließung der Moore ist an das Kultivierungsverfahren der Sandmischkultur gebunden. Nur mit speziellen Dampfpflügen (später auch speziellen Schleppraupen) ist diese Kultur überhaupt durchführbar. Das Tiefpflügen hat, wie erwähnt, bei der Moorkultivierung eine andere Dimension als in der üblichen landwirtschaftlichen Bodenkultur. So hat sich auch der Begriff „Tiefkultur" am Anfang des 20. Jahrhunderts gewandelt. Heute versteht man darunter Arbeiten in Tiefen über 60 Zentimetern. Die Einsatzbreite der Sandmischkultur steht und fällt mit den erreichbaren Pflugtiefen. Mächtige Moore besitzen Torfschichten von 1,5 Metern und mehr. Will man die mit der Mischkultur erschließen, muss die Arbeitstiefe entsprechend gesteigert werden. Die Konstruktion und der Bau der dazu notwendigen Maschinen sind mit dem Namen Wilhelm Ottomeyer verbunden. Ottomeyer leistete in Zusammenarbeit mit der Moorversuchsstation in Bremen und dem Ministerium für Landwirtschaft Pionierarbeit auf diesem Gebiet.

Die Steigerung der maximalen Pflugtiefen ging schnell voran:
- 1936 wurden 65 Zentimeter erreicht,
- 1940 waren es 80 Zentimeter,
- 1946 wenig mehr, und zwar 100 Zentimeter, ab dann ging es rasant weiter,
- 1958 wurde bis zu 200 Zentimeter schon doppelt so tief gearbeitet,
- 1978 waren es dann 245 Zentimeter.

Die Leistungen der eingesetzten Maschinen und Geräte wurde entsprechend dieser Entwicklung angepasst. Bei den Pfluglokomotiven überproportional. Ihre Leistungen lagen zwischen 200 und 500 PS. Viel mehr war technisch bei mobilen Dampfmaschinen nicht zu machen. Ein Grund für die überproportionale Steigerung der Leistung war der, dass mit zunehmender Arbeitstiefe die Zugkräfte an den Winden nicht linear stieg, sondern deutlich schneller. Wenn bei 1 Meter Pflugtiefe etwa 9 Tonnen am Seil lagen, waren es bei 2 Meter Tiefe schon 36 Tonnen. Diese Kräfte konnten im üblichen Zweimaschinensystem nicht mehr aufgebracht werden. Vier Pfluglokomotiven waren erforderlich, zwei parallel arbeitende an jeder Seite.
Ein weiterer Grund war die Pfluggeschwindigkeit, mit der gearbeitet werden musste. Die dynamischen Vorgänge beim Trennen in der Sohle, beim Heben und Wenden des Moorbalkens erfordert eine bestimmte Mindestgeschwindigkeit. Die war bei der Moorkultivierung mit dem Tiefpflug hoch. Sie lag bei über 4 km/h.

Anmerkung:
Man muss die Veränderungen im Wortsinn in den letzten beiden Jahrhunderten beachten. Bei Pflugarbeiten mit heutigen modernen Schleppern und Geräten werden Arbeitstiefen von 30 bis 40 Zentimeter erreicht. Das ist heute „Normalkultur". Bei den Dampfpflügen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts war das noch „Tiefkultur".

Bild 21.2.2/1: Anzeige und Werbetafel der Fa, W. Ottomeyer (1962)

Der besondere Vorteil des Dampfpflügens nach dem Windesystem, der „indirekte Gang", war bei der Erschließung der Moore von entscheidender Bedeutung. Die Sandmischkultur wäre mit Zugmaschinen im „direkten Gang" bei schweren Arbeiten nicht möglich gewesen. Erst in den 60er Jahren waren Zugraupen so weit entwickelt, das Tiefpflügen von Mooren möglich wurde. Am Anfang wurden die Tiefpflüge von bis zu sieben Raupen mit Moorfahrwerken gezogen.

Neben dem „indirekten Gang" sind weitere wichtiger Vorteile der Dampftechnik deren Robustheit, Zuverlässigkeit und Überlastsicherheit. Insbesondere der letzte Punkt ist bei der Moorkultivierung wichtig. Die natürlichen Unregelmäßigkeiten in der Beschaffenheit und Stärke der Torfschichten führen zu stark schwankenden Zugkräften im Seil. Phasen mit Überlastung mussten aber mit möglichst konstanter Pfluggeschwindigkeit „überfahren" werden. Kurzzeitig konnte man die Dampfmaschinen mit bis zu 50 % über ihrer Normalleistung belastet. Das war ein großer Vorteil.

Der Einsatz von Dampfpflügen ist nur bei der Kultivierung großer Flächen wirtschaftlich. Der Transport der schweren Geräte ist aufwendig und teuer. Die Großmaschinen müssen teilzerlegt und vor Ort wieder zusammengebaut werden. Für die über 20 Tonnen schweren Pfluglokomotiven mussten die Wege, trotz Radverbreiterungen, besonders hergerichtet und tragfähig gemacht werden.

Kultivierungsarbeiten in Mooren wurden von verschiedenen Unternehmen und Organisationen durchgeführt, wobei die Grenzen zwischen Moorkultivierung und anderen Kultivierungsarbeiten nicht immer eindeutig gezogen werden können. Einige bekannte Unternehmen und Organisationen sind:
- Diverse regional tätige Pfluggenossenschaften mit großen Maschinen,
- W. Ottomeyer aus Pyrmont,
- Fa. Sauer aus Eilsleben,
- Fa. Horn aus Woldegk,
- Deutsche Ödlandkulturgesellschaft (von 1927 bis 1931).

Auch die Kultivierung mit Hilfe der Tiefkultur hat ihre Grenze. Sandmischkultur ist nur auf Hochmooren mit guter Verwurzelung durchführbar. Beim Tiefpflügen muss die stabile Torfschicht die untenliegenden Sandschichten und die Ortsteinschicht (dichte, wasserstauende Sandschicht) erreicht werden. Die Torfschichten sollten daher nicht viel mächtiger als zwei Meter sein. Stärkere Torfschichten und einzelne, dickere Partien müssen vorher mühevoll abgetorft werden.

Arbeitsprinzip:

Das Verfahren unterscheidet sich nicht grundsätzlich von dem im Abschnitt 11.2 dargestellten Zweimaschinensystem der üblichen landwirtschaftlichen Bodenbearbeitung. Die Leistungen waren entsprechend höher und die Maschinen den besonderen Bedingungen des Moorbetriebs angepasst. Im Bild 21.2.2/2 ist das Tiefpflügen am Beispiel des Viermaschinen-Einsatzes schematisch dargestellt.

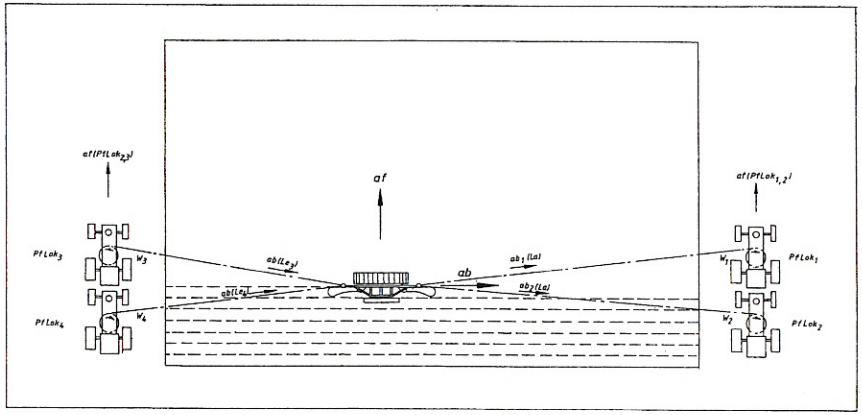


Bild 21.2.2/2: Viermaschinensystem bei Tiefkulturarbeiten

Gearbeitet wird nach dem Kehrprinzip ausschließlich mit Kipppflügen. Die Pfluglokomotiven haben eine Winde. Bei den linken Maschinen ist der Seilauswurf rechts, bei den rechten links. Die Maschinen arbeiten paarweise zusammen. Wenn das eine Maschinenpaar arbeitet, läuft das andere leer. Kleine Unterschiede in der Drehgeschwindigkeit der arbeitenden Winden werden durch eine Ausgleichsvorrichtung (beispielsweise einer Ausgleichsrolle) am Pflug beseitigt. Aufgrund der immensen Zugkräfte sind die Belastungen der Maschinen sehr hoch.

Arbeitsgeräte:

Zum Einsatz kamen:
1. Zwei bzw. vier Pfluglokomotiven (ausgelegt für den Betrieb im Moor)
2. Ein einschariger Tiefpflug (Kipppflug) mit Arbeitstiefen bis 2,45 Meter,
3. Im Bedarfsfall: diverse Zusatzgeräte (Schleifen, Walzen, etc.),
4. Hilfseinrichtungen zur Versorgung der Maschinen und zur Unterbringung der Pflugmannschaft.

Arbeitsablauf:

Auch der Arbeitsablauf entspricht im Wesentlichen dem beim Zweimaschinensystem, wie er im Abschnitt 11.2 geschildert wurde. Durch die Verwendung von vier großen Pfluglokomotiven war das Aufstellen schwieriger. Durch die Dimensionen der Maschinen und die riesigen Radverbreiterungen, Gesamtbreiten an den Rädern von bis zu 2 Metern,

waren keine Seltenheit, war die Wendigkeit stark eingeschränkt. Ob bei weichem Grund die Räder unterfüttert werden mussten, wurde vor Ort entschieden.

Die beiden Maschinen jeder Seite wurden in möglichst geringem Abstand zueinander aufgestellt. Man wollte durch eine nahezu parallele Seilführung die Zugkraft möglichst lange maximal nutzen. Je weiter der Pflug an die Maschinen gezogen wurde, umso mehr spreizte sich der Zugwinkel in den Seilen.

Der große Pflug war schwer zu manövrieren. Die „Vorgewende" waren riesig, bis zu 20 Breite wurden benötigt.

Der Personaleinsatz für das Viermaschinensystem lag bei 10 bis 12 Mann. Im Einzelnen waren erforderlich:
- 1 Pflugmeister,
- 4 Maschinisten,
- 2 bis 3 Mann auf dem Pflug,
- 2 bis 4 Fahrer für Kohlen und Wasser,
- 1 bis 2 Mann Zusatzpersonal (Koch, Gehilfen, etc.).

Die Pflugleistungen der großen Tiefpflüge waren immens. Sie lagen bei 2 ha/Tag wenn 10 Stunden gearbeitet wurde. Der Pflug leistete an einem Tag die Arbeit, für die ein Mann bei der Fehnkultur (bei geringerer Tiefe) etwa 4 Jahre brauchte.

21.2.3 Pfluglokomotiven für dieses System

Die am Anfang bei der Moorkultivierung mit dem Tiefpflug verwendeten Pfluglokomotiven unterschieden sich nicht wesentlich von denen der bäuerlichen Wirtschaften. Einzig die im Bedarfsfall verbreiterten Räder wiesen auf ihren veränderten Verwendungszweck hin. Die von den staatlichen Ödlandkulturgesellschaften und privaten Lohnpflugunternehmen wie Ottomeyer und anderen eingesetzten Maschinen waren die leistungsstärksten industriell hergestellten Pfluglokomotiven. Übliche Maschinenhersteller waren Kemna aus Breslau, Rheinmetall aus Düsseldorf, Heucke aus Gatersleben u.a. Auch Ottomeyer setzt in der Zeit vor dem 2. Weltkrieg keine eigenenentwickelten Maschinen ein.

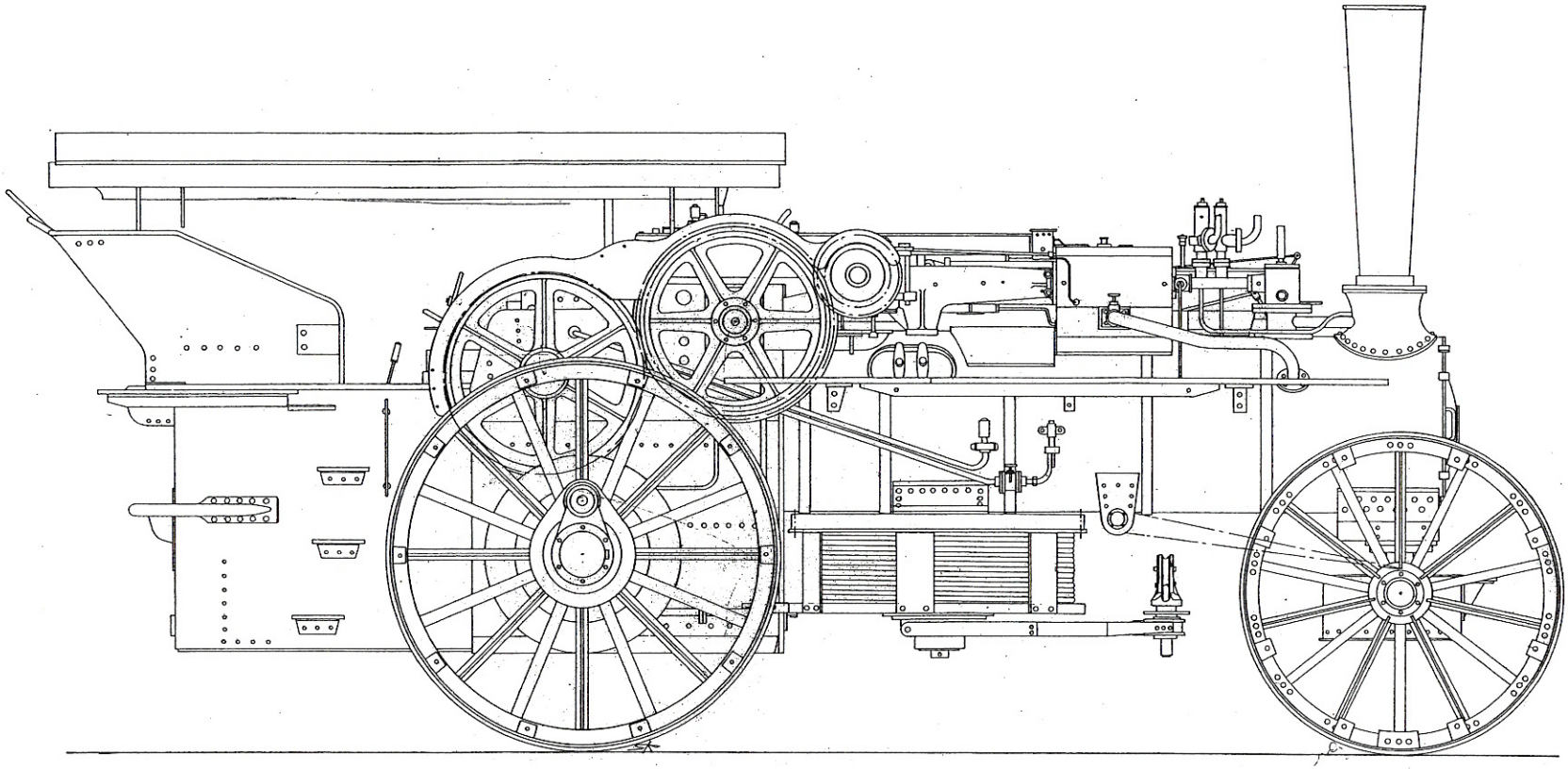
Bei Pflugtiefen bis 1 Meter waren die leistungsfähigsten Maschinen mit über 100 PS noch in der Lage, den Tiefpflug zu ziehen. Mit größeren Arbeitstiefen stieg der Zugkraftbedarf aber exponentiell an. Man setzte daraufhin vier Maschinen ein, zwei parallel arbeitende an jeder Seite. Gleichzeitig wurden die Kesseldrücke angehoben. Aber bei Tiefen von 1,8 Metern und mehr reichten diese Maßnahmen auch nicht mehr aus. Die notwendigen Leistungen für diese Pflugtiefen gingen bis 500 PS. Das war beim Einsatz von zwei Maschinen mit herkömmlichen Maschinenkonstruktionen nicht mehr zu bewältigen. Es mussten spezielle Pfluglokomotiven für den Leistungsbereich bis 500 PS pro Maschine entwickelt werden, wenn man die Sandmischkultur als effektivste Art der Moorkultivierung im Viermaschinensystem in Tiefen von deutlich mehr als 2 Meter betreiben wollte. Und das war bei den mächtigen Hochmooren in Niedersachsen notwendig. Selbst nach dem Abtorfen des Weißtorfs blieben in vielen Gebieten Schichten von immer noch 2 Metern übrig. Da man in einem Gang aber noch den Pechsand nach oben bringen und die dichte Ortsteinschicht auflösen musste, war man bei den Pflugtiefen schnell bei 2,2 bis 2,4 Metern.

Ottomeyer nahm die Herausforderung an. Ab 1945 entwickelte und baute er in eigener Werkstatt in Zusammenarbeit mit Henschel in Kassel Pfluglokomotiven im Leistungsbereich von 280 bis fast 500 PS. Es waren die größten und modernsten Pfluglokomotiven die jemals gebaut worden sind. Die Dampfkessel waren geschweißt.

Einige technische Daten der größten Maschinen sind:

Leistung:	420 – 450 PS,
Gewicht:	bis 28 Tonnen (je nach Ausstattung),
Kohleverbrauch:	bis 6 Tonnen /Tag,
Wasserverbrauch:	bis 15 m^3/Tag,
Kesseldruck:	21 bar,
Seillänge auf der Winde:	bis 600 Meter,
Seildurchmesser:	2,4 Zentimeter,
Seilgeschwindigkeit:	1,2 m/s (Durchschnitt).
Maschine:	Zweizylinder-Verbundmaschine. Kein Schwungrad, Massenausgleich durch exakte Auswuchtung mit Gegengewichten an der Kurbelwelle.
Steuerung:	Kolbenschieber, Doppelexzenter.
Lagerung:	Rollenlagerung der wichtigsten rotierenden Teile.
Kessel:	Geschweißter Stahlkessel.
Überhitzung:	Rauchkammerüberhitzer.

Die nachfolgenden Bilder und die Tafel 21.2.3/1 mögen einen Eindruck von der Größe der Maschinen vermitteln.



Tafel 21.2.3/1: Dampfpfluglokomotive von Ottomeyer
(technische Skizze)
Leistung: 420 PS

21.2.4 Pflüge für dieses System

Die Pflüge für die Tiefkulturarbeiten in Mooren waren Spezialausführungen. Zugeschnitten auf die besonderen Bedingungen des Betriebs auf wenig tragfähigen Boden und das Arbeiten in großen Tiefen. Die allgemeine Bezeichnung für alle Arten dieser sehr tief gehenden Pflüge war „Rajolpflüge".

Sie wurden ausschließlich für Moorkultivierungen nach dem Verfahren der „Deutschen Sandmischkultur" und vergleichbarer Verfahren eingesetzt. Die Pflüge waren immer einscharige Kipppflüge. Als Gestelle wurden Schlittengestelle, Rädergestelle oder bei den sehr großen Pflügen kombinierte Räder und Raupengestelle eingesetzt. Bei den Räderpflügen besaß das Landrad eine starke Radverbreiterung. Das Furchenrad besaß normale Breite. Es lief bei der Moorkultivierung schon auf dem festeren Grundschichten. Bis zu Arbeitstiefen von 1 Meter konnte die Tiefensteuerung noch von Hand vorgenommen werden. Es waren allerdings zwei Personen erforderlich. Darüber hinaus wurden Hilfsantriebe benötigt. Eingesetzt wurden dazu meist hydraulische Antriebe. Auf dem Pflug war ein kleiner Motor mit entsprechender Hydraulikpumpe montiert.

Das Bild 21.2.4/1 zeigt einen kleinen Tiefpflug der Fa. Rheinmetall. Gebaut wurde er um 1920. Die Pflugtiefe lag bei maximal 75 Zentimetern. Er wurde allgemein zur Erschließung von Ödland eingesetzt. Für den Moorbetrieb konnte das Landrad entsprechen verbreitert werden. Dieser Pflug konnte noch von einer Person gelenkt werden. Auch zur Pflugtiefeneinstellung reichte eine Person aus.

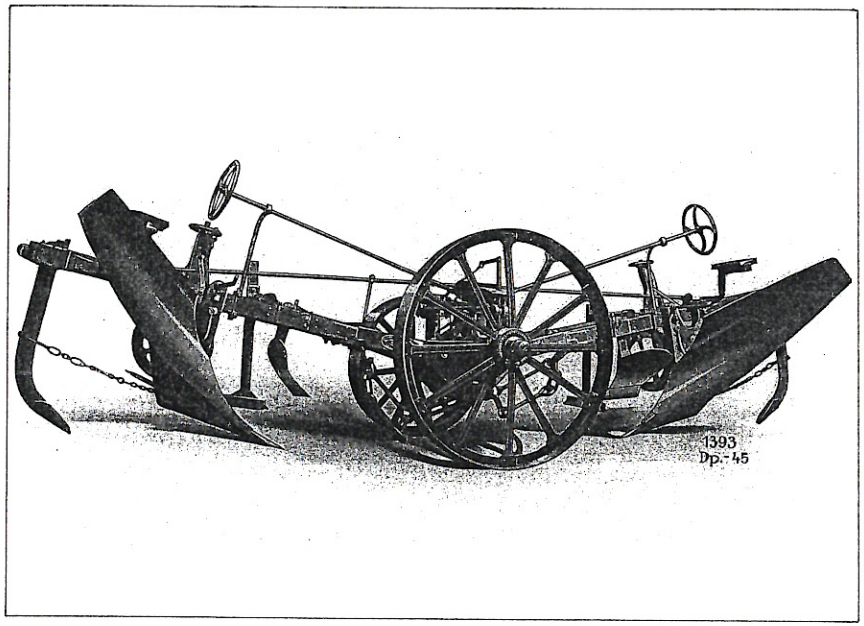


Bild 21.2.4/1: Kipppflug für die Tiefkultur von Rheinmetall (um 1920)

Einen großen Kipppflug für Pflugtiefen bis 1,6 Meter im Betrieb zeigt das Bild 21.2.4/2. In der Mitte des Pfluges, über der Achse, ist der Verbrennungsmotor für die Pflugtiefenhydraulik zu sehen. Der Pflug wurde von drei Personen bedient, zwei Pflugmännern und einer Arbeitsperson am Motor und zur Überwachung der gesamten technischen Einrichtungen.

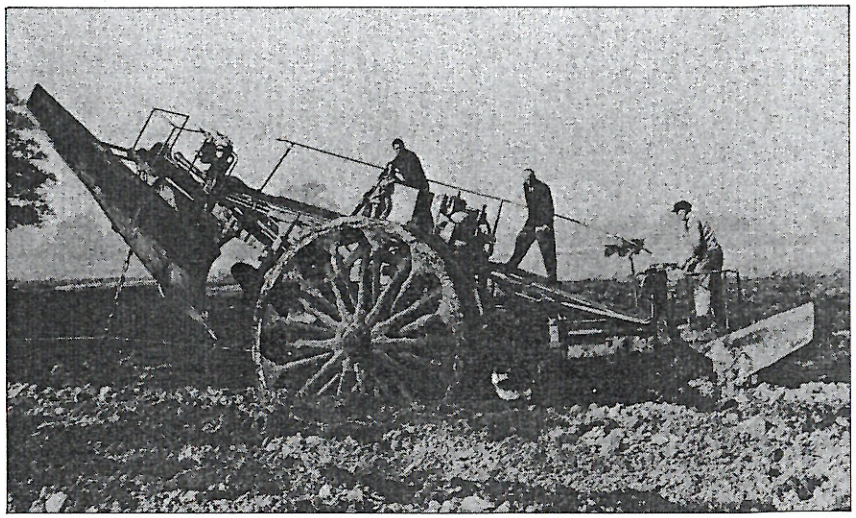


Bild 21.2.4/2: Großer Kipppflug für Arbeitstiefen bis 1,6 Meter (Fa. Ottomeyer)

In den Bildern 21.2.4/3 und /4 ist der größte Pflug dargestellt, der jemals bei der Moorkultivierung zum Einsatz gekommen ist, der Tiefpflug „Mammut" von Ottomeyer. Er ist im Moormuseum Groß-Hesepe ausgestellt. Gezogen wurde er im Viermaschinenbetrieb von den leistungsstärksten Pfluglokomotiven mit je etwa 450 PS. Der Pflug war eine Eigenentwicklung von Ottomeier. Die Form der Pflugkörper wurde in langwierigen Versuchen ermittelt. Sie ist optimiert für die Arbeiten der Sandmischkultur. Der Schar und das fast 5 Meter lange Streichblech fördern den Sand- und Moorbalken so, dass die typische Struktur aus schräg liegenden dunklen Moorpartien und hellen Sandschichten an der Schnittfläche zu sehen ist. Am unteren Rand des Streichblechs war eine Sandleiste befestigt. Sie sorgte für eine gleichmäßige Förderung des Sandes und Ortsteins von der Sohle nach oben.

Der Tiefpflug wurde in den 60er Jahren entwickelt. Das Pfluggestell hatte an der Furchenseite ein 4 Meter großes Rad und auf der Landseite ein großes Raupenschleppwerk. Dadurch wurde das Gewicht des Pfluges von fast 30 Tonnen auf eine große Fläche verteilt. Ottomeyer hatte schon 1941 ein Patent für die Idee eines kombinierten Rad- und Raupenfahrwerks erhalten (siehe Tafel 21.2.4/1). Der riesige Pflug konnte natürlich nicht mehr von Hand gelenkt und verstellt werden. Er besaß eine Hilfshydraulik mit eigenem Antriebsmotor von etwa 35 PS über der Furchenradachse.

23. DAS ENDE DER DAMPF-BODENKULTUR

In der Jahrtausende währenden Geschichte der Bodenbearbeitung und Bodennutzung durch den Menschen ist die Phase der Dampf-Bodenkultur nur eine kurze Episode. Sie dauerte von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis zu den letzten, isolierten Einsätzen in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts nur gut 120 Jahre. Der Einsatzschwerpunkt der Bodenbearbeitung mit Dampfkraft lag im deutschsprachigen Raum in der Zeit von 1880 bis zum Ersten Weltkrieg. Die Dampf-Bodenkultur beendete bei der Bewirtschaftung großer Flächen auf der einen Seite das Arbeiten mit Gespannen und bereitete auf der anderen Seite den Einsatz der leichten Ackerschleppern mit Verbrennungsmotoren bei der Bodenbearbeitung im direkten Gang vor. Die ausschließliche Fokussierung in fast allen neueren Quellen bei der Behandlung der Bodenbearbeitung mit Dampfkraft auf das indirekte System mit zwei Maschinen trifft den historischen Sachverhalt nicht. Auch die technisch einfacheren Einmaschinensysteme haben hierzulande eine gewisse Verbreitung gefunden. In den zeitnahen Statistiken zum Einsatz der Dampfkraft in der Landwirtschaft der regionalen Agrarbehörden sind sie zu finden. Nicht zu finden in den wenigen Übersichten und Statistiken zur Verbreitung der Dampf-Bodenkultur sind die Maschinen für den direkten Zug. Man rechnete damals diese dampfgetriebenen Schlepper nicht zur Dampf-Bodenkultur. Sie waren auch für alle anderen Zugarbeiten einsetzbar. Am Anfang der Entwicklung waren sie für den direkten Gang auf dem Acker auch völlig ungeeignet. Das änderte sich aber Ende des 19. Jahrhunderts, als leichterer und sehr leistungsstarke Maschinen zur Verfügung standen. Aus unerklärlichen Gründen wurde die Konzentration auf die indirekten Systeme in der Literatur bis heute beibehalten. Ein Blick auf die technische Entwicklung bei der Bodenbearbeitung in einigen osteuropäischen Ländern und den USA hätte schon lange zu einer anderen Einschätzung führen müssen. Für den deutschsprachigen Raum reicht ein Blick in die Maschinenlisten der großen Dampfpflugwettbewerbe jener Zeit. Dort findet man hoch interessante Dampfschlepper für den direkten Gang, auch von einheimischen Herstellern. Eine andere Entwicklung wäre auch sehr erstaunlich. Es gab genügend Gebiete, deren Bodenbeschaffenheit für eine Bearbeitung im direkten Gang prädestiniert waren. Will man die Dampf-Bodenkultur verstehen, so muss man sie vollständig in allen Ausprägungen behandeln. Es bleibt noch zu bemerken, dass die Bedeutung der Bodenbearbeitung mit Dampfkraft nicht darin lag, dass sie massenhaft angewendet wurde, sondern in der durch sie erreichten Effizienzsteigerung und, ganz wesentlich, in den Veränderungsprozessen, die durch sie initiiert worden sind.

Technikgeschichtlich ist der Prozess der Entwicklung der Dampf-Bodenkultur fast idealtypisch für viele andere technische Innovationen. Zum ersten Mal in der langen Geschichte der Bodenbearbeitung stand mit der Dampfkraft eine Antriebsenergie zur Verfügung, mit der die periodisch durchzuführende, mühsame Arbeit des Umbrechens des Bodens mit Maschinenkraft vorgenommen werden konnte. Der Pflug konnte jetzt direkt, wie beim Zugvieh, oder auch mit den unterschiedlichsten Zugmitteln indirekt von am Rande des Ackers aufgestellten Dampfmaschinen gezogen werden. Mit dem Vordringen des Explosionsmotors im allgemeinen Fahrzeugbau war der Weg zu leichteren und sehr leistungsstarken Zugmaschinen geebnet. Über die kurze Episode der Tragpflüge mit Verbrennungsmotor, die als Einzweckmaschinen in unmittelbarem Wettbewerb zu den Dampfpflügen standen, ging die Entwicklung sehr schnell zu den leichten Ackerschleppern heutiger Konstruktion. Nach dem Ersten Weltkrieg war das Vordringen der modernen, preiswerten Schlepper das Ende der Dampf-Bodenkultur in der Landwirtschaft.

Nach der anfänglich sehr engen Orientierung an den traditionellen Verfahren des Pflügens mit Gespannen wurden die neuen Möglichkeiten der zumeist als Rotation vorliegenden Maschinenbewegungen für grundsätzlich neue verfahrenstechnische Innovationen genutzt. Für die Entwicklung des modernen Pfluges wurden Jahrhunderte benötigt. Für die neuen Verfahren der Bodenkultur, die Fräs- und Grabkulturen, reichten einige Jahrzehnte. Die anfänglich hohen Erwartungen konnten die Verfahren nicht erfüllen. Einzig die Bodenkultur mit dampfgetriebenen Bodenfräsmaschinen hat eine gewisse Verbreitung gefunden. Bis heute sind motorgetriebene Bodenfräsmaschinen als Anhänge- oder Aufsattelgeräte für spezielle Anwendungen im Einsatz. Was an Quintessenz bei den verfahrenstechnischen Innovationen bleibt ist das Erstaunen über die außerordentliche Breite der Entwicklung. Die Aufspreizung des Innovationsprozess führte in kürzester Zeit von der maschinentechnischen Übernahme der Spatenkultur mit (sicherlich sehr unvollkommenen Grabmaschinen) bis hin zu allen Arten der Bodenbearbeitung mit rotierenden Werkzeugen, für die keinerlei Vorbilder existierten. Typisch für technische Innovationsprozesse ist auch, dass nach der Ausweitung in alle erdenklichen Entwicklungsrichtungen eine Fokussierung auf wenige, in der landwirtschaftlichen Praxis am besten geeignete Verfahren erfolgt. Charakteristisch für landwirtschaftliche Probleme ist dabei die Dauer der Erfahrungsgewinnung. Sie dauert immer mehrere Jahre und wird von dem natürlichen Rhythmus von Bodenbearbeitung, Aussaat und den unterschiedlichen Erträgen der Ernten bestimmt. Was weiterhin bleibt ist die Erkenntnis, dass die Dampfkraft trotz ihrer fast idealen Drehzahl-Drehmoment Kennlinie und ihrer Überlastsicherheit auch bei diesen neuen Verfahren der Bodenkultur letztendlich dem Verbrennungsmotor unterlegen war.

Aus den kausalen Abhängigkeiten von aktuell technisch Möglichem, den grundsätzlichen Anforderungen der Bodenbearbeitung, den Anforderungen der im betrachteten Zeitraum eingesetzten Kulturpflanzen und den regional vorhandenen landwirtschaftlichen Flächenstrukturierungen entwickelten sich auch die unterschiedlichen Anforderungen der Nutzer der Maschinen zur Durchführung von Bodenkulturarbeiten. Diese Anforderungen wandelten sich. Im Verlauf der technischen Entwicklung verlagerte sich der Anforderungsschwerpunkt immer mehr von den großen und teuren Einzweckmaschinen zu flexibler einsetzbaren, preiswerteren Universalmaschinen, für deren Betrieb nur wenige Leute oder nur eine Person benötigt wurden. Die zu Anfang geringere Leistungsfähigkeit der Maschinen nahm man in Kauf. Sie spielte bei der überwiegenden Zahl der Wirtschaften, die zumeist eine mittlere Größe besaßen, nicht die entscheidende Rolle. Diese Anforderungsverschiebung war spätestens nach dem Ersten Weltkrieg das Ende der indirekten Systeme der Dampf-Bodenkultur. Auch der Einsatz der preiswerteren Einmaschinensysteme mit modernen Antrieben durch den Explosionsmotor oder mit elektrischem Antrieb vermochten die Ablösung der indirekten Systeme der Bodenbearbeitung nicht entscheidend aufzuhalten. Leichte, leistungsfähige Schlepper für den direkten Gang über den Acker setzten sich durch. Seitens der Hersteller von Dampfpfluglokomotiven und Dampfschleppern wurde die Entwicklung von universell nutzbaren Maschinen zwar aufgenommen, aber die spezifischen Nachteile des Dampfantriebs, insbesondere das höhere Gewicht und der Verbrauch von zwei unterschiedlichen Medien, blieben. Auch die Anschaffungspreise der dampfgetriebenen Schlepper lagen über denen vergleichbarer Maschinen mit Verbrennungsmotoren. Die aktuellen Anforderungen der Landwirte wurden von den Schleppern mit Verbrennungsmotor besser erfüllt.

Bodenkultur in großen Tiefen war im 19. Jahrhundert eine Domäne der Dampfpflüge. Diese Umbruchtiefen von über 30 Zentimetern waren selbst mit schweren Ochsengespannen wirtschaftlich nicht zu bewältigen. Die Tiefkultur war aber bei einigen großflächig angebauten Kulturpflanzen notwendig. Des Weiteren ermöglichte die Tiefkultur eine deutliche Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung. Das machte sich, in Verbindung mit einer verbesserten Düngung, vor allem in den spezifischen Ernteerträgen bemerkbar. Ganze Nutzungssysteme und Fruchtwechselsysteme hingen unmittelbar an dem Einsatz der

Tiefkultur. Die Bedeutung der Dampfpflüge in diesem Bereich für die Versorgung der schnell wachsenden Bevölkerung kann gar nicht hoch genug bewertet werden. Aber auch diese lange unangefochtene Position der Dampfpflüge konnte nur einige Jahrzehnte gehalten werden. Die Entwicklung immer größerer und leistungsfähigerer Einheiten erwies sich als falscher Weg. In Deutschland machten die ackergehenden, großen Tragpflüge mit Explosionsmotoren nach 1900 dem maschinentechnisch aufwendigem, personalintensiven und teurem indirekten Systemen der Dampf-Bodenkultur zunehmend Konkurrenz. Die Tragpflüge waren Hochleistungsmaschinen für einen einzigen Zweck: die Tiefkultur. Und sie waren deutlich wirtschaftlicher. Auch diese Position wurde in den 20er Jahren von den dampfgetriebenen Maschinen an die mit Explosionsmotoren abgegeben.

Der wirtschaftliche Einsatz der Dampf-Bodenkultur war an eine Mindestgröße der zu bearbeitenden Äckern gebunden. Bei großen Wirtschaften, den Gütern, großen bäuerlichen Betrieben und Domänen, war diese Voraussetzung in den meisten Fällen gegeben. Bei den kleinen und mittleren Wirtschaften nicht. Die zerstückelte Gemengelage (und die auf den Stücken liegenden Lasten) ließ eine rationelle Bewirtschaftung kaum zu. Der Einsatz der Dampfkraft in der Landwirtschaft förderte die Bereinigung der in vielen Gegenden traditionell kleinteiligen Flächenordnungen. In Verbindung mit einigen staatlichen Maßnahmen entstanden größere Flächen mit besserer Zugänglichkeit, die für den Einsatz von Maschinen geeignet waren. Die Dampf-Bodenkultur förderte die Bereinigung ungünstiger Gemengelagen.

Der Einsatz der Dampfkraft bei der Bodenbearbeitung war nur ein kleiner Ausschnitt einer auf breiter Front stattfindenden Mechanisierung vieler landwirtschaftlicher Prozesse. Eine in der Vergangenheit immer wieder versuchte Mechanisierung, auch einfacher landwirtschaftlicher Prozesse, war vor 1850 an der fehlenden Antriebsenergie gescheitert. Tierische Kräfte, zumeist als Göpelantriebe genutzt, kamen sehr rasch an eine natürliche Grenze. Die natürlichen Energien wie Wasser- und Windkraft waren oft dann nicht vorhanden, wenn sie benötigt wurden. Der Einsatz von Lokomobilen und Dampfpfluglokomotiven war die Initialzündung für die Mechanisierung sehr vieler landwirtschaftlicher Prozesse. Von den Hofgewerken wie Milchverarbeitung, Futtervorbereitung, Mahlen von Getreiden u. a. m. reichte das Spektrum bis zu den komplizierten Maschinen für die Ernte. Die Dampfmaschine ebnete auch hier den Weg für den Explosionsmotor und später den elektrischen Antrieb.

Die Dampf-Bodenkultur veränderte auch die ökonomischen Verhältnisse auf dem Lande nachhaltig. Wenn Güter, Domänen und die großen bäuerlichen Wirtschaften noch in der Lage waren, die finanziellen Belastungen bei der Anschaffung eines Dampfpflugsystems zu tragen, so trifft das für die überwiegende Zahl der mittleren Betriebe nicht zu. Wenn sie an der Entwicklung partizipieren wollten, mussten sie neue Wege gehen. Der eine Weg war die Inanspruchnahme von Mietgeräten von Lohnpflugbetrieben. Der andere Weg war die Gründung von entsprechenden Genossenschaften. Insbesondere der zweite Weg veränderte die regionale Zusammenarbeit der bäuerlichen Wirtschaften stark, und zwar nicht nur bei der gemeinsamen Nutzung von Maschinen, sondern weit darüber hinaus in fast allen Belangen des Wirtschaftslebens. Selbst genossenschaftliche Banken entstanden.

Es ist im Nachhinein reine Spekulation. Aber die Frage, ob ohne den Einsatz der Dampf-Bodenkultur im 19. Jahrhunderts die schnell wachsende Bevölkerung hätte ernährt werden können, ist berechtigt. Wie groß der Einfluss war, kann, isoliert betrachtet, kaum abgeschätzt werden. Aber in Verbindung mit anderen Mechanisierungsbemühungen, der Einführung rationeller Wirtschaftsformen, verbesserter Pflanzenzüchtungen, den neuen Erkenntnissen zur Düngung u. a. m. war die Dampf-Bodenkultur insbesondere als Tiefkultur bei der Versorgung der Bevölkerung mit den wichtigen, in großen Mengen benötigten Grundnahrungsmitteln schon ein entscheidender Faktor. Es muss dabei berücksichtigt werden, dass durch Auswanderung und die Abwanderung großer Bevölkerungsgruppen in die sich bildenden industriellen Zentren auf dem Lande in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts „Leutenot" herrschte. In einigen Gebieten trieben die feudalen Missstände und die aussichtslose Lage Landarbeiter und Kleinbauern in Massen in die Städte. In ganzen Landstrichen lagen die bäuerlichen Wirtschaften „wüst". Es musste mit weniger Menschen eine immer höherer Ertrag aus den vorhandenen Nutzflächen erwirtschaftet werden. Ohne Maschinenkraft wäre das nicht möglich gewesen.

Die Dampf-Bodenkultur veränderte auch die gesellschaftlichen Strukturen und das soziale Leben auf dem Lande nachhaltig. Auch in diesem Bereich hatte sie eine auf breiter Front verändernde Funktion. Die Dampfpflüge verdrängten einen Teil der Gespanne mit den an ihnen gebundenen Berufen und Menschen. Die schweren Zugochsen wurden nicht mehr benötigt. Ein großer Teil der schweren Gespannpferde wurde überflüssig. Diese direkten Veränderungen hatten erhebliche Auswirkungen auf das Leben in den ländlichen Wirtschaften und auf den Dörfern. Diese Veränderungen riefen in vielen Fällen soziale Spannungen und Widerstände der unmittelbar Betroffenen hervor. Nicht nur ganze Berufsgruppen entfielen, auch die gesellschaftlichen Strukturen und das dörfliche Leben veränderten sich. Sie waren traditionell ausgerichtet auf das Arbeiten mit Zugtieren und die Haltung von Zugvieh. Ein erheblicher Teil der Lebens- und Arbeitsstrukturen wurde durch Zugtierhaltung bestimmt. Von der Bevorratung von Winterfutter bis zu vielen dörflichen Handwerken reichte das Spektrum. Viele Arbeiten waren im gewohnten Umfang nicht mehr erforderlich und die zugeordneten Berufsgruppen verschwanden nach und nach. Die große Effizienz der Bodenkultur mit Dampfkraft veränderte auch die meisten vor- und nachgelagerten Gewerke. Ohne Maschinenkraft beim Säen und vor allem bei der Ernte waren die großen Flächen nicht zu bewirtschaften. Auch dieser sekundäre Einfluss ließ einige Berufsgruppen verschwinden und brachte eine Vielzahl neuer hervor. Gravierender noch war der Einfluss auf dem Gebiet der in vielen ländlichen Gegenden intensiv gelebtem althergebrachten bäuerlichen Regeln und dem ländlichen Brauchtum. Seit Generationen befolgte Zeiten für viele Arbeiten galten nicht mehr. Der Einsatzplan der Maschinen bestimmte den Ablauf. Die Festlichkeiten, mit denen eine Arbeitsphase zum Abschluss gebracht worden war, verloren ihren Sinn und mit ihnen die zeitliche und soziale Orientierung. Alles ging schneller, die Arbeit von Monaten dauerte nur noch Tage. Die Dampf-Bodenkultur hat das Leben auf dem Lande verändert, und das Leben veränderte die Technik. Auf breiter Front floss das Wissen der Landleute und der Handwerker zurück in die Entwicklungslinien der Landtechnik. Die weitere Entwicklung vieler landwirtschaftlicher Geräte und der Ackerschlepper für den direkten Gang ist ein Beispiel dafür. Es gab kaum einen Landmaschinenhersteller, der nicht eine eigene Wirtschaft betrieb.

Die Maschinen der Dampf-Bodenkultur benötigten am Einsatzort einige unterstützende Arbeiten. Sie reichten von kleineren und größeren Reparaturen mit völlig neuen Anforderungen an die dörflichen Handwerker bis zu den bekannten, immer wiederkehrenden Arbeiten wie das Ausschmieden und Schärfen der abgenutzten Schare. Zu Anfang waren die Qualifikationen für das Arbeiten an den komplizierten Dampfmaschinen auf dem Lande nicht vorhanden. Selbst einfache Maschinenteile konnten nicht von den dörflichen Handwerkern hergestellt werden. Die Pflugmannschaft, in den meisten Fällen der Maschinist, besorgten die schwierigen Arbeiten selbst. Dem Handwerker blieben nur die einfachsten Reparaturen. Selbst dabei wurde am Anfang mehr kaputt gemacht als repariert. Es dauerte einige Jahrzehnte, bis sich die Handwerkern das notwendige Wissen und Können angeeignet hatten.

Aus diesen Anfängen entwickelten sich die eigenständigen Berufe des Landmaschinenhandwerks. Andere erkannten schnell die neuen Potentiale der Veränderungen. Sie nutzten die Möglichkeiten und eigneten sich das Wissen zum Bau eigener Maschinen an. Zu Anfang wurde nachgebaut, dann passte man die Technik an die regionalen Bedingungen an. Viele bekannte Landmaschinenhersteller haben so begonnen. Die Dampf-Bodenkultur förderte auch das Entstehen einer eigenen Landmaschinenindustrie.

Das endgültige Ende der Dampf-Bodenkultur kam in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts. In zwei kleinen Nischen hatten sich die großen Dampfpfluglokomotiven einen zähen Kampf mit den Maschinen mit Verbrennungsmotor geliefert. In einigen Fällen wurden sie noch zu allgemeinen Meliorationsarbeiten eingesetzt und, etwas häufiger, speziell zur Urbarmachung sehr mächtiger Moore. Die bei der Moorkultivierung eingesetzten großen Pfluglokomotiven waren mit fast 500 PS Maschinenleistung die stärksten und eindrucksvollsten fahrbaren dampfbetriebenen Maschinen, die je gebaut worden sind. Letztendlich waren aber auch sie den Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren und besonders angepassten Raupenfahrwerken technisch-wirtschaftlich nicht gewachsen. Die letzten dieser großen Dampfpfluglokomotiven sind als technische Denkmale in einigen Landmaschinen- und Moormuseen zu bestaunen. Ein wichtiger und beeindruckender Teil der Geschichte der Landtechnik war damit zu Ende gegangen.

Anmerkung

Das Ende der Dampf-Bodenkultur bedeutete aber noch nicht das Ende der Bodenbearbeitung mit indirekt arbeitenden Systemen. Die in den vorangegangenen Kapiteln herausgestellten Vorteile und Nachteile der Systeme mit „direkten bzw. indirektem Gang" bei der Bodenkultur sind in einigen grundlegenden Aspekten unabhängig von der benutzten Art der Antriebsenergie. Die indirekten Systeme hatten auch in Zeiten des Verbrennungsmotors einige entscheidende Vorteile. Sie waren auch bei schwierigsten Bodenverhältnissen, beispielsweise sehr tiefen, feuchten und sehr fetten Böden, ohne wesentliche Störungen einsetzbar. Eine Bodenverdichtung, wie sie beim direkten Gang von Ackerschleppern stattfand, trat nicht auf. Selbst moderne Schlepper mit großvolumigen Spezialreifen verdichten den Boden erheblich. Das hat u.a. Einfluss auf die erzielbaren Erträge. Auch die besten im direkten Gang arbeitenden Schlepper benötigen einen erheblichen Teil ihrer Motorleistung zur Überwindung des eigenen Bewegungswiderstandes. Diese Energie steht zum Ziehen des angeschlossenen Bodenkulturgerätes nicht mehr zur Verfügung. Nur ein Teil der Energie wird für die eigentliche Funktion genutzt werden. Bei indirekten Systemen ist dieser Nachteil grundsätzlich vermieden. Es lag also nahe, Ackerschlepper mit modernem Verbrennungsmotor auch für die Bodenbearbeitung mit einem indirekten System einzusetzen. Dazu gab es bis etwa 1945 intensive Entwicklungen. Beispielsweise hatte die Maschinenfabrik von J. Kemna aus Breslau in den 40er Jahren einen Ackerschlepper mit Verbrennungsmotor für die Bodenbearbeitung im indirekten System entwickelt, der analog zu den Dampfpfluglokomotiven eine Windentrommel zwischen den Achsen besaß. Der Motorschlepper war als Universalgerät konzipiert. Er konnte die unterschiedlichsten Aufgaben in der Landwirtschaft bewältigen, u.a. auch Bodenbearbeitung im direkten Gang. Inwieweit die Maschine für die indirekte Bodenbearbeitung geeignet war, lässt sich heute nicht mehr klären. Das es Probleme gegeben hat, lässt sich an einigen konstruktiven Besonderheiten erkennen. Beispielsweise waren vermutlich die großvolumigen Gummireifen für die Aufnahme der Querkräfte nicht geeignet. Als Lösung kamen große abnehmbare Scheibenräder an den Außenrädern des Schleppers zum Einsatz, die diese Kräfte aufnahmen. Der Schlepper war für das Zweimaschinensystem vorgesehen. Der Bedarf von zwei Maschinen war, wie schon bei den Dampfpflügen, der gravierende Nachteil bei diesem indirekten System. Die Fabrik von Kemna wurde im 2. Weltkrieg völlig zerstört. Die Nachfolgegesellschaft nahm die Idee dieses Schleppers nicht wieder auf.

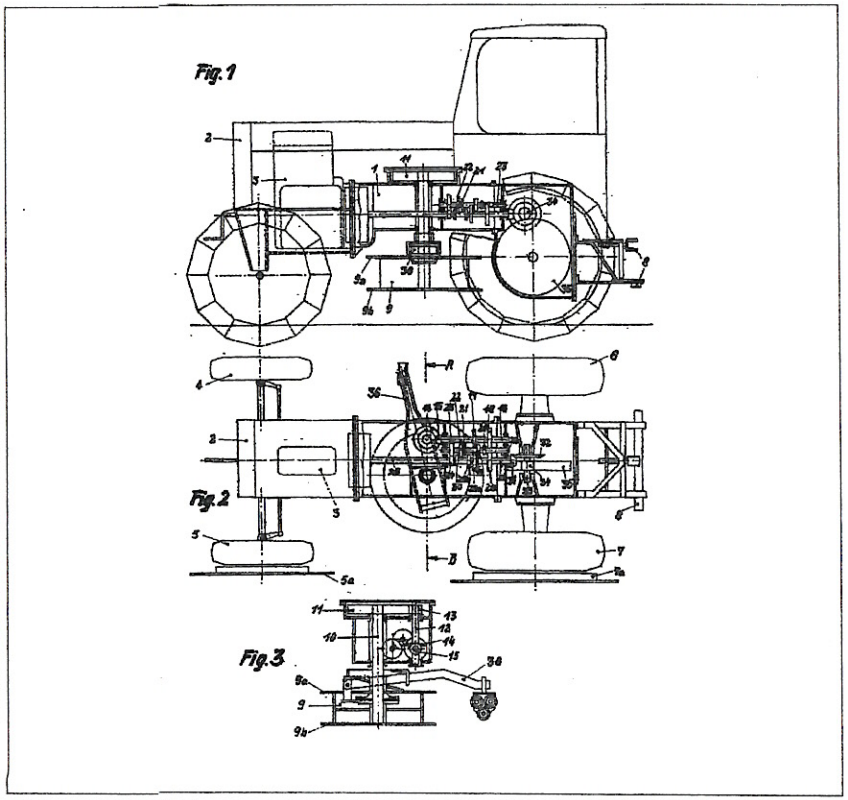


Bild 23/1: Universell einsetzbarer Schlepper mit Verbrennungsmotor (mit horizontaler Windentrommel zwischen den Achsen für die indirekte Bodenbearbeitung im Zweimaschinensystem) Maschinenfabrik J. Kemna, Breslau (1944)

Die Idee, großflächige und schwierige Bodenkulturarbeiten mit Maschinen auf dem neuesten technischen Stand mit einem indirekten System zu versuchen, wurde Anfang der 60er Jahre in der DDR wieder belebt. Unter der Typenbezeichnung „Seilzugaggregat SZ 24" wurde im VEB Mähdrescherwerk Weimar ab 1961 eine moderne Version eines Zweimaschinensystems gebaut. Es hatte kaum noch Ähnlichkeit mit den vorangegangenen Maschinen. Die Seilzugaggregate besaßen keine Räder sondern Raupenlaufwerke. Die Windentrommel war auf dem Rahmen aufgesattelt. Um den Angriffspunkt der Seilkraft wegen der Kippgefahr möglichst nahe über dem Bodenniveau zu legen, musste man die Räder des Raupenlaufwerks so klein wie möglich halten. Das Laufwerk besaß hinten ein vergrößertes Antriebsrad und vorne ein kleineres Umlenkrad. Sechs!! Laufräder mit kleinem Durchmesser verteilten die Lasten über breite Raupenbänder auf den Boden. Der maximale Bodendruck betrug nur 0,6 kp/cm². Angetrieben wurde der Schlepper von einem 6-Zylinder-Dieselmotor mit einer Leistung von 180 PS. Da der Schlepper beim Betrieb der Winde nicht bewegt wurde, stand die gesamte Maschinenleistung zum Ziehen eines Bodenkulturgerätes zur Verfügung. Die Seilgeschwindigkeiten konnten in weiten Grenzen mit einem 4-Ganggetriebe an die Arbeitsaufgabe und die Bodenverhältnisse angepasst werden. Im 1. Gang wurden Seilkräfte bis 12 t erreicht, im 2. Gang 9,7 t, im 3. Gang 8,1 t und im 4. Gang 6,1 t. Eine andere Dimension hatte auch die verwendete Windentrommel. In der größten Ausführung hatte sie eine Kapazität von über 2400 m!! Die

Bodenfreiheit des Raupenschleppers betrug 30 cm. Das Betriebsgewicht lag bei 13,6 t, das zulässige Gesamtgewicht bei 16 t. Die Fahrgeschwindigkeit betrug 4,2 bis 8,2 km/h. Der Wenderadius war 7,2 m.
Von dem Zweimaschinensystem sind etwa 60 Maschinensätze gebaut worden. Zu einem Satz gehörten 2 Raupenschlepper und ein Bodenkulturgerät, entweder ein Pflug, eine Egge oder Gerätekombinationen. Die Maschinen wurden in entsprechendem Abstand auf dem Vorgewende aufgestellt. Die linke Maschine hatte den Seilauswurf rechts, die rechte Maschine links. Das Seil musste beim Zug sehr gut geführt werden. Dazu diente an einem Schwenkarm oberhalb der Windentrommel ein Seilführungskopf (ugs. „Affenkopf" genannt), der die Zwangsführung des Seiles übernahm. Es musste unbedingt verhindert werden, dass sich das Seil ungeordnet übereinander wickelte. Durch die dabei entstehenden Druckstellen verringerte sich die Lebensdauer des Seils erheblich. Die Verständigung zwischen den drei beteiligten Geräten erfolgte über optische Signale. Die Seilzugaggregate wurden in der DDR in der Magdeburger Börde, im Oderbruch, in der Wische und in anderen Gebieten mit schwierigen Bodenverhältnissen eingesetzt.

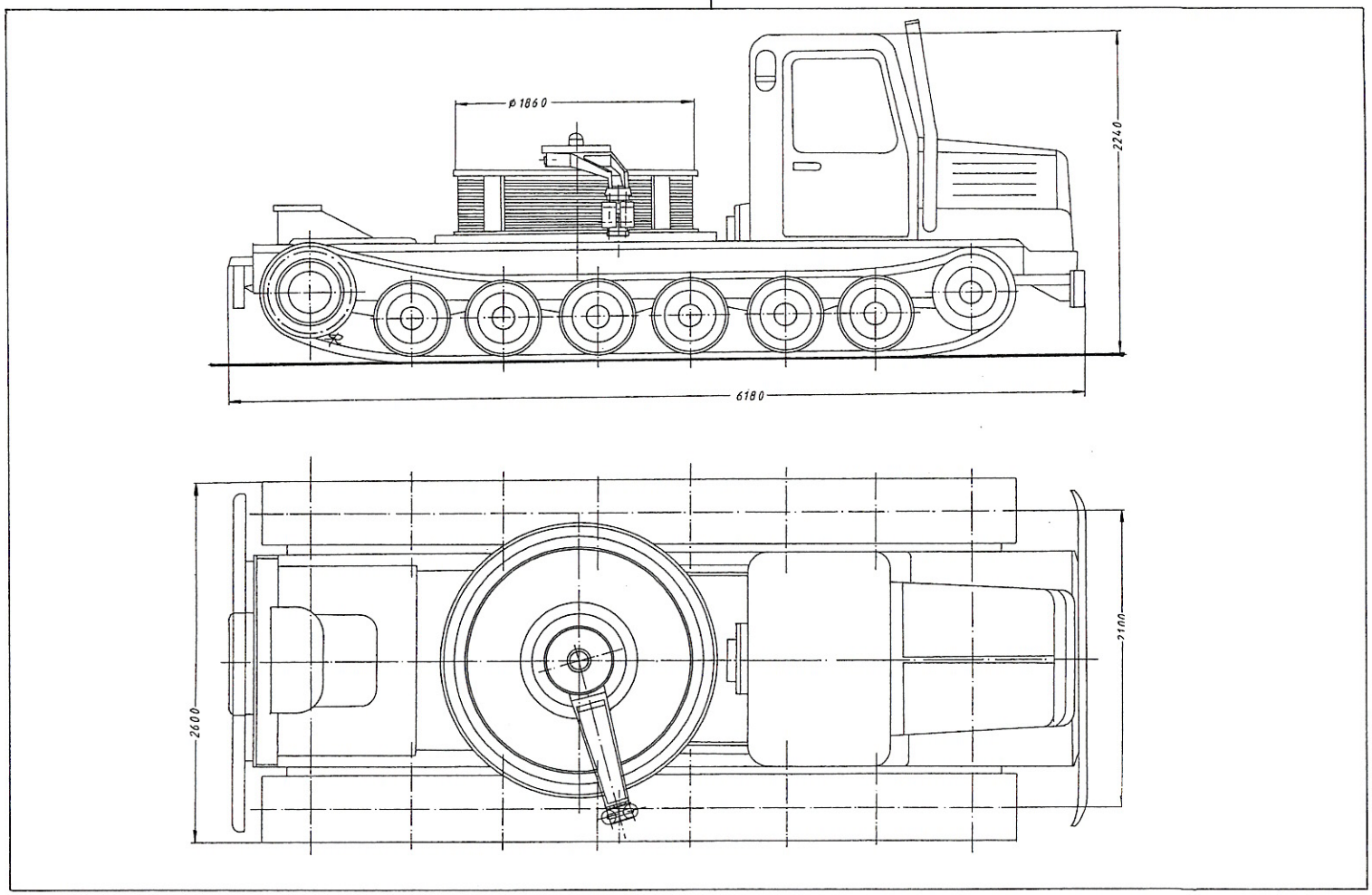


Bild 23/2: Seilzugaggregat SZ 24 des VEB Mähdrescherwerk Weimar, linke Maschine mit Seilauswurf rechts (um 1965)