8. ENTWICKLUNG DER BODENKULTURSYSTEME MIT ZUGMITTELN (INDIREKTE SYSTEME)

8.1 Bemerkung

Beim Befahren eines Feldes im „direkten Gang" mit schweren Dampfschleppern wurde ein Großteil der eingesetzten Energie schon für die eigene Fortbewegung verbraucht. Viele Maschinen versanken bei weichen Böden buchstäblich im Acker und konnten nur mühsam mit Gespannkraft wieder „flott" gemacht werden. Ein großer Nachteil war ferner, dass die Räder der schweren Maschinen den Boden stark verdichteten. Das führte in den Bereichen der Fahrspuren zu vermindertem Pflanzenwachstum. Man versuchte diesen prinzipiellen Nachteil durch die Trennung von Arbeitsgerät und Antriebsmaschine zu vermeiden. Die Dampfmaschine wurde neben dem Acker auf dem Vorgewende platziert und das Arbeitsgerät wurde mit Hilfe aller Arten von „Zugmitteln" über den Acker bewegt. Man bezeichnete dieses Verfahren auch als „indirektes Systeme" der Bodenkultur oder als Bodenbearbeitung im „indirekten Gang".
Die Idee war nicht neu. Neu war nur der Einsatz der Maschinenkraft. Erste Skizzen zum Einsatz des „Pflügens mit dem Seil" liegen aus dem 15. Jahrhundert vor. In einer Miniatur, die etwa um 1430 entstanden ist, wurde das Prinzip des „indirekten Systems" beschrieben. Aus dem Jahr 1578 liegen Prinzipskizzen eines Seilpfluges vor. Natürlich wurde das Ackergerät noch mit Handwinden bewegt. Die Winden wurden am Feldrand aufgestellt. Als Zugmittel diente ein Hanfseil. Da der Pflug im angesprochenen Zeitraum den Boden nicht wendete sondern nur aufriss, brauchte er am Ende der Furche nur gewendet werden. Die neue Furche wurde unmittelbar neben die alte gelegt.

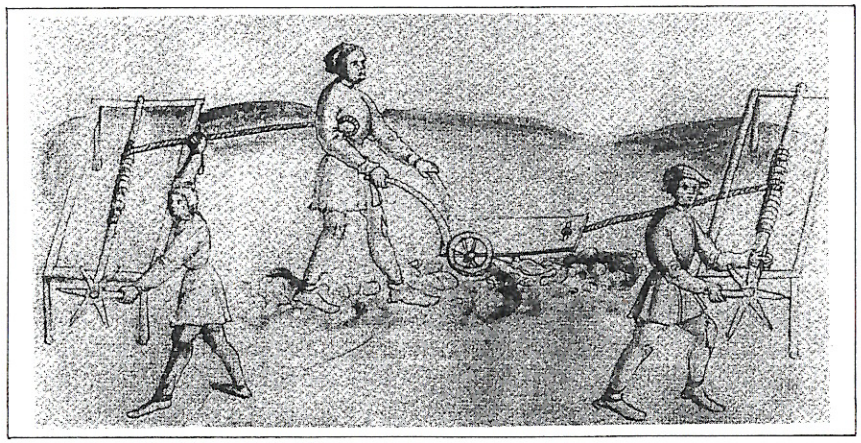


Bild 8.1/1: Bodenbearbeitung mit „indirektem System" (um 1578)

In England wurde die Idee im 17. Jahrhundert wieder aufgenommen. Aus alten Patentregistern geht hervor, dass z. B. David Ramsey und Thomas Wildgoose im Jahr 1618 ein „Patent" auf eine Maschine nahmen, die ohne Gespannvieh nicht nur pflügen sondern auch saen konnte. Einzelheiten zur Funktion sind nicht bekannt. Parham nahm um 1634 ein Patent auf einen Pflug, der ebenfalls ohne Gespanneinsatz bewegt werden sollte. Zwei Personen waren zur Bedienung der „Maschine" vorgesehen, eine ging am Pflug. Auch von dieser Erfindung liegen keine Beschreibungen vor. Umgesetzt werden konnten diese phantasievollen Entwicklungen mit den Mitteln ihrer Zeit nicht. Es darf bezweifelt werden, ob sie funktioniert hätten. Etwas wirklichkeitsnäher waren die Versuche mit „indirekten Systemen", deren Winden durch zwei Göpel angetrieben wurden. Zum Antrieb dienten Pferde und Ochsen. Damit konnten schon wesentlich größere Zugkräfte erzeugt werden. Eine größere Verbreitung haben sie nicht gefunden. Der Platzbedarf für die Antriebe auf dem Vorgewende war immens und ein größerer Nutzeffekt als bei der Bodenbearbeitung im direkten Gang war auch nicht erzielbar. Darüber hinaus gab es auch Systeme, bei denen die Kraft von Zugtieren und die einer handgetriebenen Winde kombiniert waren.
Als erster versuchte vermutlich der Schotte Heathcoat einen Pflug mit einem durch Maschinenkraft bewegten Zugmittel über einen Acker zu bewegen. Im Jahr 1832 baute er eine stationäre Dampfmaschine am Feldrand auf. Sie trieb mit einem Riemen eine göpelähnliche Winde an. Als Zugmittel diente ein starkes Hanfseil. Dieser und alle in den nächsten zehn Jahren folgende Versuche brachten keine nennenswerten Erfolge. Etwas erfolgreicher war John Tullow Osborne. Er nahm 1846 ein Patent auf einen Dampfpflug nach dem indirekten System, bei dem ebenfalls eine Dampfmaschine einen Pflug mittels eines Seiles zog. Das System wurde von Lord Willougby d'Gresby auch zum Einsatz gebracht. Eine größere Verbreitung hat es aber nicht gefunden. Andere Erfinder hatten ähnliche Ideen, beispielsweise der Marquis of Tweeddale u. a.
1848 zog John Fowler aus Melksham einen Drainagepflug mit einem Seil über den Acker. Als Zugmittel verwendete er ebenfalls ein Hanfseil. Er setzte allerdings keine Dampfmaschine zum Antrieb der Winde ein, sondern einen Pferdegöpel. Im Jahre 1849 gelang es schließlich zwei englischen Lehrern, den Gebrüdern Fisken in Hartlepool mit Hilfe des Dorfschmieds Rodgers in Stockton on Tees, einen Bodenkulturapparat zu bauen, welcher die Grundlage der nachfolgenden Dampfpflugsysteme bildete. Die Basis bildeten ein Kipp- oder Balancierpflug und ein Ankerwagen. Der große Vorteil des Kipppflugs war, dass er dank der beiden Pflughälften den gepflügten Erdballen einmal links herum und mit der anderen Pflughälfte rechts herum wenden konnte. Es war ein Kehrpflug, der am Ende der Furche keine „Kehre" machen musste. Er wurde nur um eine Arbeitsbreite versetzt, gekippt und er fuhr in der zuvor gelegten Furche zurück. Damit war der gesamte Bewegungsablauf beim Pflügen sehr stark vereinfacht worden, eine Grundvoraussetzung, um mit Maschinenkraft pflügen zu können. Smith, Howard, Steevens, Hayes, Coleman, Turner, Savory sowie Fowler und Greig entwickelten die Ideen weiter. Insbesondere John Fowler verfolgte den Ansatz sehr intensiv und kaufte den Gebrüdern Fisken das Patent ab. Ein endloses Seil wurde über zwei oder drei horizontal liegende Seilscheiben geführt. Eine Scheibe wurde angetrieben. Der Pflug wurde in das endlose Seil eingeschaltet und in den Furchen hin und zurück gezogen.
Anfang der 50er Jahre vereinfachte Fowler in einem nächsten Schritt das System „mit endlosem Seil" weiter. Als wesentliche Elemente bei diesem ersten „Fowler'schen System" wurden verwendet: der Kipppflug, eine verbesserter Antriebs-Seilscheibe von Burton und ein selbst entwickelter Ankerwagen mit einer großen Umlenkrolle. Das technische Prinzip war das eines Seiltriebs. Fast gleichzeitig, um 1850, wurde ein System entwickelt und praktisch zum Einsatz gebracht, welches mit Winden arbeitete. Zwar hatte John Fowler schon vorher ein System mit zwei gegenüberstehenden Lokomobilen mit Winden versucht, aber es bald wieder aufgegeben. Die Nachteile durch die zweite teure Maschine waren am Anfang der Entwicklung zu groß. Das Seil war nicht mehr endlos sondern endlich und wurde auf Windentrommeln auf- und abgewickelt. Mit Winden war es möglich, höhere Zugkräfte zu erreichen. Bei den ersten Ausführungen wurde das Seil vollständig um das Feld herumgeführt („Round-About-System"). Das System wurde von W. Smith in Woolston und J. Howard in Bedford entwickelt und zum Einsatz gebracht. Es wurden eine gewöhnliche Lokomobile und ein Windenapparat verwendet, die ortsfest an einer geeigneten Stelle am Feldrand aufgestellt wurden.

Das Fowler'sche Systems mit einer Maschine und Seiltrieb hatte große Nachteile. Auch bei starker Vergrößerung des Triebscheibendurchmessers war bei den Verhältnissen des Pflugbetriebs mit seinem praktisch ohne Spannkraft laufenden Leertrum die die übertragbare Zugkraft gering. Auch zusätzliche Einrichtungen auf dem Pflug zur Erzeugung einer gewissen „Vorspannkraft" im Leertrum brachten keine großen Verbesserungen. Des Weiteren war der Verschleiß an den Seilen sehr groß.
Ab 1855 waren die ersten Systeme der Dampfbodenkultur nach dem Windesystem so weit ausgereift, dass sie sich im praktischen Betrieb bewährten. Die Hersteller waren Fowler in Leeds und Howard in Bedford. In England fand dieses Verfahren der maschinellen Bodenbearbeitung größere Verbreitung. Die erste große internationale Dampfpflugkonkurrenz fand 1856 in Vincennes bei Paris statt. Die Dampfbodenkultur bewährte sich im Vergleich zur herkömmlichen Arbeitsweise trotz des noch stark verbesserungswürdigen Standes der eingesetzten Technik.
Um 1862 entstand ein weiteres System, dass vermutlich zuerst von Coleman versucht und später von Savory eingesetzt wurde. Sicher ist, dass 1863 Savory and Son ein System zum Einsatz brachten, bei dem zwei Lokomotiven mit nur je einer Windentrommel an beiden Stirnseiten des Feldes platziert wurden. Der Pflug wurde dann zwischen den beiden Maschinen hin und her zogen. Das war die Geburtsstunde des Zweimaschinensystems. Das System war am Anfang nur mäßig erfolgreich. Erst durch die Verbesserungen von Fowler erreichte das Zweimaschinensystem einen überlegenen Stand. Aus Kostengründen ersetzte Fowler am Anfang die zweite Maschine durch einen Ankerwagen. Erst später kehrte er wieder zu dem letztendlich erfolgreichen System zurück.

1861(?), 1863 oder 1865 arbeitete der erste Dampfpflug in Deutschland (siehe Abschnitt 3.1). Die Angaben schwanken. In einigen Fällen wurde ein Dampfpflug auch nur ausgestellt. 1861(?) soll ein Pflug in Mecklenburg bei der 22. Versammlung der deutschen Land- und Forstwirte vorgeführt worden sein. Der Einsatz 1863 in Blumenberg in der Börde ist sicher, ebenso die Vorführung 1865 bei der „Internationalen Landwirthschaftlichen Maschinen-Ausstellung in Cöln" und der Ausstellung der „Pommerschen ökonomischen Gesellschaft" in Stettin. Im Jahre 1868 wurde der erste Pflug in Deutschland verkauft. Der Kommerzienrat Freise aus Wolmirsstedt in Sachsen erwarb ihn und setzte ihn auch im praktischen Betrieb ein. Der Preis und die Leistungsfähigkeit der Maschinen erlaubten einen wirtschaftlichen Einsatz nur in großen landwirtschaftlichen Betrieben. 1869 veranstaltete Max Eyht ein großes Probeflügen mit Fowler'schen Maschinen in der Gegend um Halberstadt. Ab 1870 nahm die Verbreitung der Dampfpflüge in Deutschland rasch zu. Im Jahre 1882 waren etwa 200 Einheiten in Gebrauch.

Anmerkung:
Die Entwicklung der Bodenkultur mit Dampfkraft in England wurde in Deutschland sehr aufmerksam und unter den Ingenieuren mit einer gehörigen Portion Enthusiasmus verfolgt. In einem Vortrag über Dampfpflüge, gehalten auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure am 1. September 1863 in Braunschweig, berichtete Theodor Lange beispielsweise:
„Meine Herren!
In diesem Sommer habe ich Gelegenheit gehabt, als Assistenz-Ingenieur den Versuchen beizuwohnen, welche die Royal Agricultural Society of England bei ihrer Versammlung zu Worcester an den Tagen vom 15. Bis 18. Juli 1863 mit Dampfpflügen machen ließ, und ich erlaube mir nun, Ihnen hier mitzuteilen, was ich dort gesehen habe.
Das Problem der Dampfbeackerung kann als gelöst angesehen werden seit 1858, in welchem Jahr die oben genannte Gesellschaft bei ihrer Versammlung zu Chester Hrn. John Fowler einen Preis von 500 Pfund erteilte „für den besten durch Dampf getriebenen Apparat, welcher am kräftigsten den Boden umwenden könne und ein ökonomischer Ersatz für den Pflug oder Spaten sei".
In ihrem Berichte über die angestellten Versuche sagten die Richter damals, daß durch die Anwendung von Fowler's Maschinen auf leichtem Lande 2,5 bis 25 % und 25 bis 50 % auf schwerem Boden im Vergleich mit Pferdearbeit gespart werden könne. Diese pecuniären Vortheile, fuhren sie fort, sind aber nicht die einzigen, da mit Hülfe dieser Maschinen eine Beackerung zur Herbstzeit durchgeführt werden kann, welche allgemein für wünschenswert gehalten wird, welche aber unter gewöhnlichen Umständen mit den gewöhnlichen Mitteln eines Gutshofes nicht erzielt werden kann. Die Arbeit ist regelmäßiger und die Oberfläche des Feldes mehr geöffnet, als dies mittelst der gewöhnlichen Geräthschaften erzielt wird. Zu gleicher Zeit empfahlen die Richter, dem Hrn Howard eine große goldene Ehrenmedaille zu geben für den von ihm ausgestellten Apparat, der von Smith in Wolaston erfunden war.
Fowler und Howard sind auch im Jahre 1863 die ersten im Wettstreite gewesen, wie dies im folgenden mitgetheilt wird; zuvor sei jedoch eine Beschreibung der im Jahre 1863 im Felde gewesenen Apparate vorangeschickt.
Die Namen der Wettstreitenden waren: Fowler, Howard, Smith, Steevens, Hayes, Colemann, Savory und Turner.
.... "

Anmerkung:
Die Bodenkultur mit Zugmitteln (indirekte Systeme, mittelbarer Zug) und einfachen Handwinden ist wenig effizient. Indirekte Systeme mit Antrieb durch Tiere sind wesentlich vielversprechender. Auch diese Seite der Bodenkultur hat eine lange Tradition. Sie reicht weit vor die Zeit mit Dampfmaschinen zurück. Die Zugbewegung wurde üblicherweise von Pferden geleistet. Als maschinelle Einrichtungen kamen spezielle Göpel zum Einsatz. Diese Göpel waren in der Regel verfahrbar und mit einer Winde verbunden sein. Es gab auch versetzbare Ausführungen, die auf dem Vorgewende verankert wurden. Sie mussten periodisch versetzt werden. Um 1800 hat diese Technik vornehmlich in Frankreich eine größere Verbreitung gefunden. In den großen Weinanbaugebieten und in anderen Regionen gab es eine verheerende Ausbreitung der Reblaus und anderer Schädlinge. Eine Maßnahme war zur Auffrischung des Bodens und zur Unterbringung der Larven etc. tiefer zu pflügen. Beim direkten Gang war man bei der Vergrößerung der Anzahl der Zugtiere schnell an einer Grenze. Als Folge wurden die Vorgewende sehr groß und das Lenken bei der Arbeit war äußerst schwierig. Im Departement Pyrenées-Orientales wurden die ersten Versuche mit dem indirekten System mit Göpelwinden gemacht. Das Verfahren nannte man „Arbeiten mit Göpelwindepflügen". Es wurde über 100 Jahre angewandt. Im Bild 8.1/2 ist eine einfache Göpelwinde mit zwei Zugbäumen dargestellt. Es gab diese Winden auch mit vier und sechs Zugbäumen. Die Göpel hatten ein eigenes Fahrwerk für den Transport. Auf dem Acker liefen die Räder in Richtung des Arbeitsfortschrittes meist auf U- oder T-Schienen. Die Räder mussten zu Erreichung einer hinreichenden Standfestigkeit klein gehalten werden. Der Seilzugpunkt lag so flach wie möglich über dem Acker. Zum einen wurde das Kippmoment dadurch klein gehalten und zum anderen müssen die Zugtiere bequem über die Abdeckung des Seils treten können. Die Windentrommeln hatten Durchmesser bis 1,60 m. Ein ausrückbarer Klinkenmechanismus sorgte für die Kraftübertragung von der Achse des Zugbaums zur Winde. Der Pflug, im Allgemeinen ein Beetpflug, wurde mit Hilfe des Seils über den Acker gezogen. Danach wurde der Pflug meist leer von einem separaten Pferd wieder an den Anfang der Furche zurückgezogen. Die Winde konnte z.B. von Hand zurückgewickelt werden. Die Göpelpferde ruhen sich in dieser Phase aus. Es gab auch andere Arbeitsverfahren, auch solche mit zwei Winden. Das waren die Vorläufer der bekannten „Zweimaschinen-Dampfpflugsysteme".

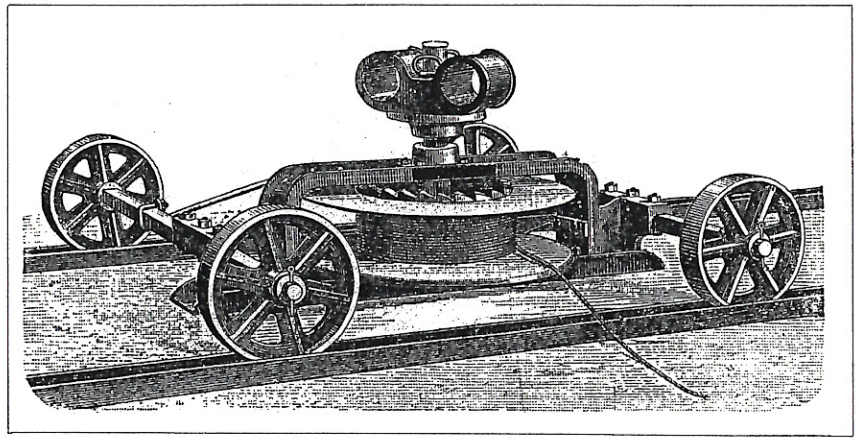


Bild 8.1/2: Einfache Göpelwinde mit zwei Zugbäumen (A Bajac, Liancourt/Frankreich, um 1900)

8.2 Gliederung der Pflugsysteme mit Zugmitteln

Es gibt in den historischen Quellen des 19. Jahrhunderts unterschiedliche Bezeichnungen für die Arbeitsverfahren der Dampf-Bodenkultur, bei denen das Kulturgerät mit Hilfe von Zugmitteln über das Feld bewegt wird. Für das Pflügen sind die Bezeichnungen „indirekte Kraftpflüge", „Zug-Motorenpflüge", „Kraftpflüge nach dem indirekten System", „Kraftpflüge nach dem Windesystem" und anderes mehr gebräuchlich gewesen. Im Folgenden wird eine Einteilung der Verfahren nach dem zugrunde liegenden technischen Prinzip, in der Terminologie der Technik: dem „Funktionsprinzip", verwendet. Diese Strukturierung ist präziser und gestattet eine Ordnung in die historische Vielfalt an Verfahren und Verfahrensvarianten zu bekommen. Beispielsweise gab es bei der Dampf-Bodenkultur nach dem „Windesystem" zwei Verfahrensgruppen mit unterschiedlichen Verfahren, die in den älteren Quellen (und auch in den neueren) zusammen behandelt werden, die aber physikalisch und technisch auf völlig unterschiedlichen Funktionsprinzipien beruhen. Die Bezeichnung Windesystem ist hier bewusst in Anführungszeichen gesetzt worden, weil sie den vorliegenden Sachverhalt nicht korrekt wiedergibt.

Verfahrensgruppe 1: Pflugsysteme mit bewegtem Zugmittel

Diese *erste Verfahrensgruppe* umfasst alle indirekten Systeme, bei denen ein *bewegtes Zugmittel* für die Erzeugung der Arbeitsbewegung des Pfluges verwendet wurde.
In dieser Verfahrensgruppe gab es zwei weitere Verfahren, die getrennt betrachtet werden müssen:

1. Verfahren, bei denen das Zugmittel bei der Arbeit auf eine bzw. zwei Seiltrommeln („Winden") gewickelt wurde. Die Windetrommel wurde mit Dampfkraft angetrieben und diente als „Speicher" für das Zugmittel. Die Bewegungsrichtung des Zugmittels wechselt ständig (aufwickeln – abwickeln).
   Das technische Prinzip ist das einer Winde (Windesysteme).
2. Verfahren, bei denen das Zugmittel bei der Arbeit um Seilscheiben geführt wurde. Eine der Seilscheiben wurde angetrieben. Der Pflug wird in das endlose Seil „eingeschlossen". Die Umlaufrichtung des Seils wird im Allgemeinen ständig gewechselt. Es gab keinen „Speicher" für das Seil.
   Das technische Prinzip ist das eines Seiltriebs (Seilsysteme).

Verfahrensgruppe 2: Pflugsysteme mit feststehendem Zugmittel

Die *zweite Verfahrensgruppe* umfasst alle Systeme, bei denen das *Zugmittel feststeht*. Auch derartige Verfahren waren in Gebrauch. Das landwirtschaftliche Arbeitsgerät zog sich mit Maschinenkraft an einem fest verankerten Zugmittel entlang. Das Arbeitsgerät mit der Antriebsmaschine ging zwar direkt über den Acker, aber man vermied die fahrzeugtechnisch schweren Baugruppen der Räder und deren Antrieb.

Wegen ihrer unterschiedlichen technischen Basis werden in den folgenden Kapiteln die Verfahren getrennt und auch nicht mehr unter dem Sammelbegriff eines Systems, dem „Windesystem", behandelt. Im Kapitel 9 werden nur die eindeutig dem Windesystems zugeordneten Verfahren behandelt, die *Dampfpflüge nach dem Windesystem* in physikalischer und technisch exakter Zuordnung. Dampfpflüge, die nach dem Prinzip des Seiltriebes arbeiteten, werden im Kapitel 10 als *Dampfpflüge nach dem Seilsystem* dargestellt. Sie hatten nie die Bedeutung des ersten Verfahrens. Aus der zweiten Verfahrensgruppe werden im Kapitel 11 unter der alten Bezeichnung *Dampfpflüge nach dem Seilgangsystem* die Systeme der Bodenkultur dargestellt, die die mit fest verankerten Seilen arbeiteten. Der Vollständigkeit halber sind dann im Kapitel 12 noch die Systeme aufgenommen worden, die als Mischsysteme sowohl das Prinzip der Winde als auch das des Seiltriebs verwendeten.

Bei der Dampf-Bodenkultur wurden nicht nur Pflüge eingesetzt. Auch alle Arten anderer landwirtschaftlicher Geräte waren im Einsatz, wie Tiefpflüge, Grubber, Eggen, Walzen, Sämaschinen, Erntemaschinen u. a. m. Die mit Maschinenkraft erzeugte Arbeitsbewegung ist fast immer hin- und hergehend. Das Arbeitsprinzip der einsetzbaren Geräte liegt damit fest. Alle Arten von Geräten nach dem Kehrprinzip sind nutzbar (siehe Abschnitt 4.4). Für den Kehrpflug gilt dabei: es wird immer an einer Furche gearbeitet, der Arbeitsfortschritt geht immer zu einer Seite, der Landseite. Das Arbeitsprinzip ist im Bild 4.4/2 schematisch dargestellt worden. Die Wendung der Bodenballen erfolgt in beiden Richtungen. Ein Satz Pflugkörper wendet links, der andere rechts.

Beim Pflügen nach dem Kehrprinzip sind, neben den Einstellungen am Pflug selbst, vier verschiedene Bewegungen bzw. Bewegungselemente notwendig:

- die Arbeitsbewegung zur Bewegung der Pflugkörper,
- ggf. die Umkehrbewegung der Zugmaschine am Furchenende,
- die Bewegung in Richtung Arbeitsfortschritt,
- die Bewegung zum Wechseln der linken bzw. rechten Pflugkörpersätze.

Auf die Erzeugung der Arbeitsbewegung wurde oben schon kurz eingegangen. Sehr erfindungsreich war man bei den Pflugsystemen mit bewegtem Zugmittel bei der Anordnung der Seile auf dem Feld. Es gab Arbeitsverfahren, bei denen nur ein Seil verwendet wurde, die Seilführung parallel war, dreieckige Formen besaßen oder rechteckig um das gesamte Feld herum geführt wurde. Die Umkehrbewegung am Furchenende wird bei Anwendung von Zugmitteln durch das Wechseln der Zugrichtung erreicht.
Zur Ausführung der Bewegung in Richtung des Arbeitsfortschritts wurden sehr unterschiedliche Einrichtungen verwendet, wie verfahrbare Ankerwagen, versetzbare Ankerrollen, fahrbare Pfluglokomotiven u. a. m. Am Anfang der Entwicklung wurden die notwendigen Arbeiten noch von Hand durch zusätzliche Personen ausgeführt. Später wurden auch Konstruktionen eingesetzt, bei denen beispielsweise die Bewegungen zum Verfahren der Ankerwagen aus der Bewegung des Zugmittels abgeleitet wurden.
Die Bewegung zum Wechseln der Pflugkörpersätze an jedem Furchenende ist ein Problem. Grundsätzlich sind bei den Systemen mit bewegtem Zugmittel alle Arten von Kehrpflügen einsetzbar. Also Drehpflüge, Wechselpflüge oder Kipppflüge. Nur bei Verwendung von Kipppflügen wird der gesamte Arbeitsablauf so einfach, dass ohne größere Zeitverluste an der zuvor gelegten Furche zurückgepflügt werden kann. Die notwendige Zusatzbewegung ist im Bedarfsfall einfach aus der Arbeitsbewegung des Zugmittels abzuleiten. Bei kleinen Einheiten zieht der Pflugmann das hoch stehende Ende herunter, bei sehr großen Einheiten drückt das Zugseil der Winde die entsprechende Pflugseite beim Richtungswechsel nach unten und in den Boden.

Es gibt zum Windesystem so viele Verfahren und Verfahrensvarianten, das in dem nachfolgenden Kapitel nur ein grober Überblick über die wichtigsten Systeme gegeben werden kann. Es gab kaum eine Idee, die nicht irgendwann einmal probiert worden ist. Bei den Dampfpflügen nach dem Windesystem lassen sich, je nach Anzahl der eingesetzten Antriebsmaschinen, zwei Grundsysteme unterscheiden:

1. Systeme, die mit einer Antriebsmaschine Arbeiten, so genannte Einmaschinen-Systeme
2. Systeme, die mit zwei Antriebsmaschinen arbeiten, so genannte Zweimaschinen-Systeme.

Als Kraftmaschinen kamen entweder universell einsetzbare Lokomobile oder spezielle Pfluglokomotiven zum Einsatz, bei denen die Winden fest an den Maschinen installiert waren. Bei der Anwendung von Lokomobilen wurden separate Winden benutzt, die von der Dampfmaschine angetrieben wurden.

Bemerkung:
Zwei technische Errungenschaften bestimmten den Erfolg der Dampf-Bodenkultur. Zum einen selbstverständlich die Nutzung der Dampfkraft. Die andere technische Neuerung ist so unscheinbar, dass sie bei den Schilderungen der Dampf-Bodenkultur regelmäßig vergessen wird. Das ist die Entwicklung geeigneter Zugmittel. Das Zugmittel für diese Technik musste hochfest, sehr leicht, sehr biegsam, unempfindlich gegen Verschleiß durch Verschmutzung, dauerhaft haltbar, korrosionsfest, belastungssicher auch bei Beschädigungen und dazu noch preiswert sein.

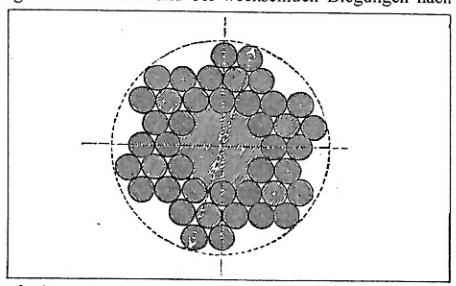
Die traditionellen Zugmittel für alle Arten von Aufgaben waren Seile aus natürlichen Fasern und Ketten. Diese Zugmittel, auch die besten Manila-Hanfseile, erfüllten die Aufgaben nicht oder nur sehr ungenügend. Die Lösung des Problems war die Entwicklung des modernen Drahtseils aus Stahldrähten.

Die handwerkliche Herstellung einzelner Eisendrähte war schon seit Jahrhunderten bekannt. Zwischen 1360 und 1400 wurde dann das Drahtziehen auf Handziehbänken eingeführt. Der Nürnberger Erfinder Rudolph soll das Verfahren erfunden haben. Nach dem Aufkommen von Gussstahl wurde als Ausgangsmaterial höherfester schmiedbarer Stahl eingesetzt. Der Draht wurde seit etwa 1800 zuerst in mehreren Stufen in abnehmenden Kalibern bis nahe an die Endstärke warm gewalzt. Danach wird in sehr kleinen Schritten auf so genannten Ziehbänken kalt gezogen. Hierbei verfestigt sich der Draht sehr stark.

Ältere Drahtseile bestanden nur aus mehreren Drähten recht großen Durchmessers, die um einen Kerndraht oder eine Hanfseele meist von Hand mit dem Drehschlüssel gewickelt wurden. Die erste Anwendung eines solchen „Stahlseiles" erfolge in Deutschland 1827 in einem Grubenbetrieb bei Clausthal im Harz. Neuere Drahtseile, etwa ab 1850, wurden aus einzelnen Litzen gewickelt. Jede Litze enthält mindestens fünf feine Drähte. Als Seele wurde entweder ein Hanfseil oder eine Drahtseele verwendet. Diese Litzen werden wiederum meist um einen Hanfkern gewickelt. Die Wickelrichtung der Drähte in den Litzen und die Drehrichtung der Litzen selbst wurden so gewählt, dass sich das Seil bei Zugbeanspruchung nicht aufdrehte und bei wechselnden Biegungen nach Möglichkeit kein Lockern auftrat.

Die Anregungen zur Weiterentwicklung des Drahtseils kamen auch aus der Landtechnik. John Fowler aus Leeds erhielt beispielsweise 1848 ein Patent auf ein verbessertes Drahtseil. Er soll es auch als erster in der Landtechnik eingesetzt haben.

Die nebenstehende Abbildung zeigt ein Drahtseil aus der Zeit um 1860, wie es bei Pflügen verwendet wurde. Es besteht aus 36 Drähten in 6 Litzen und ist um eine Hanfseele gewickelt.



Die Herstellung der Seile in größeren Mengen erforderte entsprechende Maschinen. Die erste einfache Seilmaschine wurde von dem Wiener Mechaniker Wurm erfunden. Litzen und Seile wurden aber noch getrennt hergestellt. Ab Mitte des 19. Jahrhunderts waren Drahtseilspinnmaschinen im Einsatz. Zuerst wurden die Litzen aus Einzeldrähten und aus ihnen danach das Drahtseil auf einer Maschine gefertigt. Damit war die rationelle Herstellung von hochfesten Drahtseilen in großen Mengen möglich. Ab 1860 war es üblich, zur Verminderung der Korrosionsneigen die Einzeldrähte des Seils zu verzinken.

9. DAMPFPFLÜGE NACH DEM WINDESYSTEM

9.1 Verfahren der Einmaschinensysteme

Das morphologische Schema der Tafel 9.1/1 gibt einen Überblick über die theoretisch möglichen und praktisch umgesetzten Varianten für das Dampfpflügen nach dem Windesystem mit einer Antriebsmaschine. Als ordnende Gesichtspunkte sind in der Vertikalen die unterschiedlichen Merkmale der Pflugverfahren aufgeführt, in der Horizontalen die verschiedenen Arten der Antriebsmaschinen. Die Angaben zur Feldseite als Standort der Maschinen und Geräte beim Pflügen sind nur beispielhaft gewählt. Sie können natürlich vertauscht werden. Die Vielzahl an unterschiedlichen Ankern und Ankerwagen wurde nicht als Unterscheidungsmerkmal verwendet. Die Matrix würde dadurch zu umfangreich und zu unübersichtlich. Bei einer großen Zahl an Verfahren ist die Art und Ausführung des „Ankers" frei wählbar. Die jeweils zweckmäßigste Konstruktion wurde in der Praxis eingesetzt. Jedes Feld des morphologischen Kastens bedeutet ein unterschiedliches, theoretisch mögliches Verfahren beim Dampfpflügen nach dem Windesystem mit einer Antriebsmaschine.

Wenn man die in den zeitnahen Quellen beschriebenen Verfahren in dieses Schema einordnet fällt auf, dass sie sich um bestimmte Merkmalkombinationen sammeln. Es handelt sich dabei um unmittelbar verfahrenstechnisch sinnvolle und auch wirtschaftlich günstige Gruppierungen. Es gibt ferner verschiedene Merkmalkombinationen, die im Ergebnis zu nicht sinnvollen Verfahren bei der Bodenkultur führen. Darüber hinaus gibt es eine Reihe von Verfahren, die machbar sind aber unmittelbare Nachteile nach sich ziehen. Wenn man sich den Zeitgeist jener Jahre und die Kreativität beim Einsatz neuer Technik vor Augen hält, so kann man schwerlich sagen, dass dieses oder jenes Verfahren nie zum Einsatz gebracht worden ist. In der Matrix sind also in einigen Feldern Bemerkungen ergänzt worden, die einige Stichworte zur Erklärung enthalten. Interessant ist, dass einige Verfahren unmittelbar zur Technik des Seiltriebs führen. Im Kapitel 10 werden die einzelnen Verfahren, Maschinen und Geräte der Einmaschinensysteme mit Winden genauer vorgestellt.

Um einen ersten Eindruck von der gerätetechnischen Anordnung bei den Einmaschinensystemen zu vermitteln, zeigen die nachfolgenden Bilder zwei unterschiedliche Systeme. Insbesondere bei der Führung des Seiles zwischen den angetriebenen Winden, dem Pflug und der Umlenkeinrichtung für das Seil am anderen Ende des Feldes hat man viel experimentiert. Ein großes Problem war die Sicherheit des Ankers oder Ankerwagens gegen Herausreißen während des Pflügens. Bei der im Bild 9.1/1 dargestellten Situation wirkt beim Zug des Pfluges zum Ankerwagen hin fast die doppelte Seilkraft auf den Ankerwagen. Es ist leicht vorstellbar was passierte, wenn die Erdanker des Ankerwagens den Zug nicht mehr halten konnten. Der Pflug blieb ruckartig stehen und der Ankerwagen flog auf das Feld. Eine nicht ungefährliche Situation, da der Wagen in vielen Fällen von Hand bedient wurde.

Beim Zug des Pfluges vom Ankerwagen weg in Richtung Winde lief das ablaufende Seil leer und der Ankerwagen war ohne Belastung. In dieser Phase musste der Anker des Wagens gehoben, der Wagen um eine Pflug-Arbeitsbreite vorgerückt und ggf. der Anker neu eingeschlagen werden.
Bei der anderen Anordnung im Bild 9.1/2 ist die Belastung am Ankerwagen deutlich niedriger. Allerdings ist der gerätetechnische Aufwand größer und die Bedienung umständlicher.

Das sind nur zwei Beispiele von Einmaschinensystemen. Es gibt bei ihnen noch weitere, gravierende Unterschiede beim Pflugbetrieb.

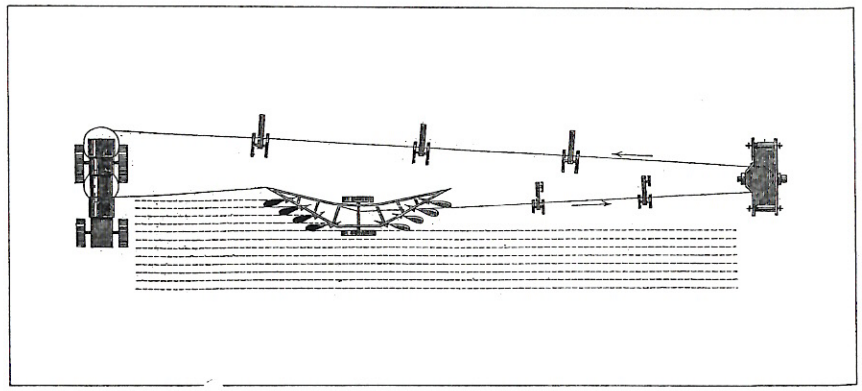


Bild 9.1/1: Einmaschinensystem (um 1870)
Pfluglokomotive mit zwei nebeneinander liegenden Winden.
Verwendung eines Kehrpfluges (Kipppflug).
In etwa parallele Seilführung. Ein beweglicher Ankerwagen.

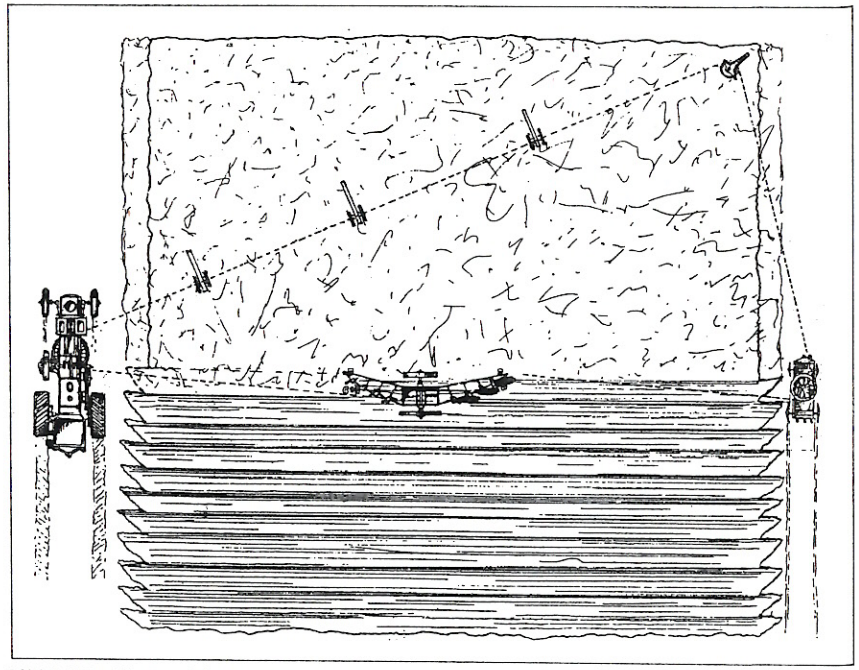


Bild 9.1/2: Einmaschinensystem (um 1874)
Pfluglokomotive mit zwei Winden auf einer Achse (übereinander liegend).
Verwendung eines Kehrpflugs (Kipppflug).
Dreieckige Seilführung. Ein beweglicher Ankerwagen. Eine feste Umlenkrolle.

Anmerkung:
Wenn in den einschlägigen Publikationen von Dampfpflügen gesprochen wird, sind zumeist Maschinen des Zweimaschinensystems gemeint. Dieses System dominierte zwar, deckte aber nicht alle Belange ab. Es ist schwierig, genauere Informationen zur Verbreitung beispielsweise des Einmaschinensystems in Deutschland zu erhalten. Es gibt dazu nur verstreute und widersprüchliche Informationen zu dem Einsatz der Verfahren in den einzelnen Ländern Deutschlands. Etwas genauere Daten für einzelne Jahre liegen nur für ausgewählte Regierungsbezirke vor. Die Verhältnisse dürften in den anderen Bezirken ähnlich gewesen sein. Ausgewählt wurde das Jahr 1906, also eine Zeit mit hoher Verbreitung dieser Technik. Die Tabelle ist nachstehend wiedergegeben. Danach gab es 367 Dampfpflüge mit zwei Lokomotiven, also Zweimaschinensysteme und 36 Dampfpflüge mit einer Lokomotive. Man kann als Näherung davon ausgehen, dass **10 %** der eingesetzten Dampfpflüge mit Winden nach dem Einmaschinensystem gearbeitet haben.

Regierungs-bezirke	Dampfpflüge					Zahl der Gewerbebetriebe mit Dampfpflügen
	Zahl	davon mit 2 Lok.	davon mit 1 Lok.	Zahl der Lokom.	deren Leistung in Pferdeſt.	
Königsberg	10	20	—	20	606	10
Gumbinnen	1	2	—	2	36	1
Allenſtein	—	—	—	—	—	—
Danzig	13	24	1	25	700	7
Marienwerder	35	70	—	70	2088	22
Stadtkr. Berlin	—	—	—	—	—	—
Potsdam	12	24	—	24	1658	11
Frankfurt	12	20	2	22	1059	12
Stettin	11	20	1	21	780	6
Köslin	5	10	—	10	568	5
Stralſund	4	6	1	7	222	4
Poſen	65	122	4	126	6641	63
Bromberg	34	66	1	67	3384	32
Breslau	41	78	2	80	3506	29
Liegnitz	18	30	3	33	1429	15
Oppeln	28	44	6	50	1997	24
Magdeburg	80	132	14	146	7795	35
Merſeburg	15	30	—	30	1364	7
Erfurt	1	2	—	2	32	1
Schleswig	—	—	—	—	—	—
Hannover	5	10	—	10	306	3
Hildesheim	5	8	1	9	181	4
Lüneburg	—	—	—	—	—	—
Stade	—	—	—	—	—	—
Osnabrück	1	2	—	2	28	1
Aurich	1	2	—	2	12	1
Münſter	—	—	—	—	—	—
Minden	3	6	—	6	350	1
Arnsberg	—	—	—	—	—	—
Caſſel	—	—	—	—	—	—
Wiesbaden	3	6	—	6	94	1
Koblenz	—	—	—	—	—	—
Düſſeldorf	—	—	—	—	—	—
Cöln	—	—	—	—	—	—
Tier	—	—	—	—	—	—
Aachen	—	—	—	—	—	—
Sigmaringen	—	—	—	—	—	—
Zuſammen	403	734	36	770	34356	295

Bild 9.1/3:
Einsatz der Dampfpflüge nach Regierungsbezirken im Jahr 1906
(Maschinen-Zeitung, 1907, Nr.13, S. 150)

Anmerkung:
In der oben genannten Quelle ist auch die Verteilung der Maschinen nach Regierungsbezirken interessant. Sie lässt auf die Größe der jeweiligen landwirtschaftlichen Betriebe schließen. Des Weiteren ist in dem Artikel ein Hinweis über die Außerbetriebnahme alter Dampfpfluglokomotiven enthalten. Die ältesten stammten aus dem Jahr 1870. Das heißt, diese Dampfpflüge waren 36 Jahre in Betrieb. Eine extrem lange Nutzungsdauer unter Berücksichtigung der schwierigen Einsatzverhältnisse.

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.

Pflug				Antriebsmaschine					
				Lokomobile mit einem Windewagen			Eine Pfluglokomotive mit einer Winde	Eine Pfluglokomotive mit zwei Winden	
				Eine Winde	Zwei Winden				
				Bewegung in Richtung Arbeitsfortschritt	Bewegung in Richtung Arbeitsfortschritt		Bewegung in Richtung Arbeitsfortschritt	Bewegung in Richtung Arbeitsfortschritt	
				Nur an einer Feldseite	Linke Feldseite	Rechte Feldseite	Nur eine Feldseite	Linke Feldseite	Rechte Feldseite
Pflug-verfahren	Seil-führung	Rückführung des Zugmittels bzw. Pfluges	Pflug-größe						
Beetpflügen (Arbeits-bewegung des Pfluges nur in einer Richtung)	Seil-führung: einfach (eine Zug-richtung)	Von Hand	Einscharig	2 Historische Versuche.	Technisch nicht möglich		2 Historische Versuche		
		Durch Schwerkraft Durch Gespanne Durch Hilfswinde	Einscharig	1	Technisch nicht möglich		1		
			Mehrscharig	1	Technisch nicht möglich		1		
	Seil-führung: parallel			Technisch nicht möglich.	2 Für Bodenkultur nicht sinnvoll. Versetzen der Lokomobile.	Versetzen einer Ankerrolle.	Technisch nicht möglich.	2 Für die Bodenkultur nicht sinnvoll. Verfahren der Pfluglokomotive.	Versetzen einer Ankerrolle.
	Seil-führung: dreieckig			Theoretisch möglich. Technik des Seiltriebs. Praktisch undurchführbar.	2 Für Bodenkultur nicht sinnvoll. Versetzen einer Ankerrolle.	Versetzen einer Ankerrolle.	Theoretisch möglich. Technik des Seiltriebs. Praktisch undurchführbar	2 Für die Bodenkultur nicht sinnvoll. Verfahren der Pfluglokomotive.	Versetzen einer Ankerrolle.
	Seil-führung: um das Feld			Theoretisch möglich. Technik des Seiltriebs. Praktisch undurchführbar.	2 Für Bodenkultur nicht sinnvoll. Versetzen einer Ankerrolle.	Versetzen einer Ankerrolle.	Theoretisch möglich. Technik des Seiltriebs. Praktisch undurchführbar	2 Für die Bodenkultur nicht sinnvoll. Verfahren der Pfluglokomotive.	Versetzen einer Ankerrolle.
Kehrplügen (Arbeitsbewegung des Pfluges in beiden Richtungen; hin und zurück)	Seil-führung: einfach (eine Zug-richtung)	Von Hand		Technisch nicht möglich.	Technisch nicht möglich.		Technisch nicht möglich.	Technisch nicht möglich.	
		Durch Schwerkraft		Technisch nicht möglich.	Technisch nicht möglich.		Technisch nicht möglich.	Technisch nicht möglich.	
	Seil-führung. parallel	Durch Maschinen-kraft (Antrieb des Seils durch Winden)	Einscharig	Theoretisch mit zusätzlicher Ankerrolle. möglich. Technik des Seiltriebs.	2 Versetzen der Lokomobile.	Versetzen der Ankerrolle.	Theoretisch mit zusätzlicher Ankerrolle möglich. Technik des Seiltriebs.	1 Verfahren der Pfluglokomotive.	Versetzen einer Ankerrolle.
			Mehrscharig	Theoretisch mit zusätzlicher Ankerrolle möglich. Technik des Seiltriebs.	2 Versetzen der Lokomobile.	Versetzen der Ankerrolle.	Theoretisch mit zusätzlicher Ankerrolle möglich. Technik des Seiltriebs.	1 Verfahren der Pfluglokomotive.	Versetzen einer Ankerrolle.
	Seil-führung: dreieckig	Durch Maschinen-kraft (Antrieb des Seils durch Winden)	Einscharig	Theoretisch mit zwei zusätzlichen Ankerrollen möglich. Technik des Seiltriebs.	1 Versetzen einer Ankerrolle.	Versetzen einer Ankerrolle.	Theoretisch mit zwei zusätzlichen Ankerrollen möglich. Technik des Seiltriebs.	1 Verfahren der Pfluglokomotive.	Versetzen einer Ankerrolle.
			Mehrscharig	Theoretisch mit zwei zusätzlichen Ankerrollen möglich. Technik des Seiltriebs.	1 Versetzen einer Ankerrolle.	Versetzen einer Ankerrolle.	Theoretisch mit zwei zusätzlichen Ankerrollen möglich. Technik des Seiltriebs.	1 Verfahren der Pfluglokomotive.	Versetzen einer Ankerrolle.
	Seil-führung: um das Feld	Durch Maschinen-kraft (Antrieb des Seils durch Winden)	Einscharig	Theoretisch mit vier zusätzlichen Ankerrollen möglich. Technik des Seiltriebs.	1 Versetzen einer Ankerrolle.	Versetzen einer Ankerrolle.	Theoretisch mit vier zusätzlichen Ankerrollen möglich. Technik des Seiltriebs.	1 Verfahren der Pfluglokomotive.	Versetzen einer Ankerrolle.
			Mehrscharig	Theoretisch mit vier zusätzlichen Ankerrollen möglich. Technik des Seiltriebs.	1 Versetzen einer Ankerrolle.	Versetzen einer Ankerrolle.	Theoretisch mit vier zusätzlichen Ankerrollen möglich. Technik des Seiltriebs.	1 Verfahren der Pfluglokomotive.	Versetzen einer Ankerrolle.

Tafel 9.1/1: Morphologisches Schema der Dampfpflüge nach dem Windesystem

Teil: Einmaschinensysteme

9.2 Entwicklung der Antriebsmaschinen für die Einmaschinensysteme

Bevor die einzelnen Verfahren der Einmaschinensysteme dargestellt werden, ist eine allgemeine Bemerkung zur Entwicklungsgeschichte der dampfgetriebenen Antriebsmaschinen angebracht. Die speziellen Ausführungen werden dann bei den jeweiligen Systemen erläutert. Eine der ersten Dampfmaschinen für den Einsatz in der Landwirtschaft baute 1811 der Engländer Trevithick. Es war noch eine stationäre Maschine mit einem liegenden zylindrischen Kessel. An einer Stirnseite war eine Einzylinder-Maschine stehend angeordnet. Die Kurbelwelle lag weit oben, damit das große Schwungrad frei über den Boden laufen konnte. Die Maschine leistete etwa 4 PS. Entsprechend den Möglichkeiten der Zeit war alles in einem großen, massiven Holzrahmen gesetzt worden (Bild 9.2/1). Die Maschine wurde zum Dreschen verwendet.

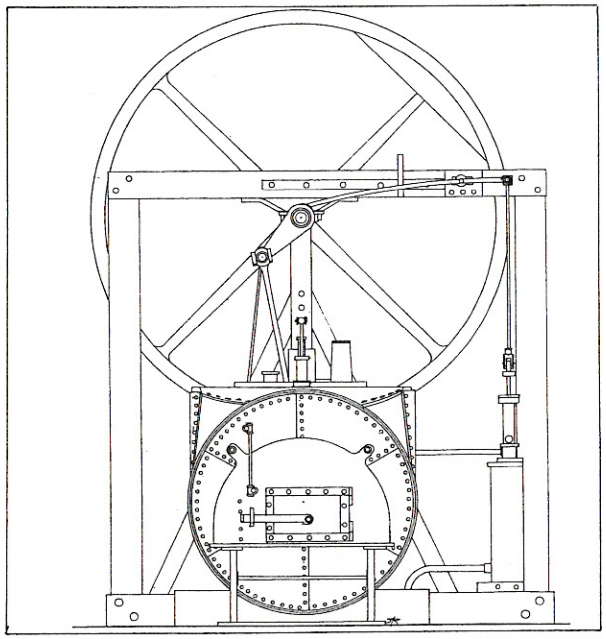


Bild 9.2/1:
Frühe landwirtschaftliche Antriebsmaschine mit Dampfkraft (um 1811)

Die an unterschiedlichen Orten anfallenden Arbeiten in der Landwirtschaft verlangten aber nach einer mobilen Antriebsmaschine. Der entscheidende Schritt wurde getan, als die Kessel und Maschinen kleiner und leichter wurden. Ermöglicht wurde dieser Schritt durch die Beherrschung größerer Dampfdrücke, höherer Drehzahlen, die bessere Ausnutzung des Materials und die vermehrte Verwendung von Eisen beim Bau der Maschinen.
Um 1830 (?) baute Gough in Salford (England) eine erste fahrbare Dampfmaschine. Sie hatte einen vertikalen Kessel und eine einfache Einzylinder-Maschine. Die kompakte Maschineneinheit war noch auf einem Holzrahmen montiert. Vier starke Räder ermöglichten das Fahren. Die vordere Achse war lenkbar. Natürlich musste die Maschine noch von Gespannen gezogen werden. Eine ähnliche Konstruktion stellte die französische Fabrik von D'Arras 1831 in Paris vor. Französische Hersteller waren auch die ersten, die den Werkstoff Holz bei ihren Maschinen vollständig gegen Eisen tauschten. Ein Beispiel ist im Bild 9.2/1.1 dargestellt. Der Hersteller A. Rouffet aus Paris stellte die Maschine 1839 her. Er bezeichnete sie als „tragbare Hochdruckdampfmaschine". Der Dampfdruck lag bei max. 6 at!!

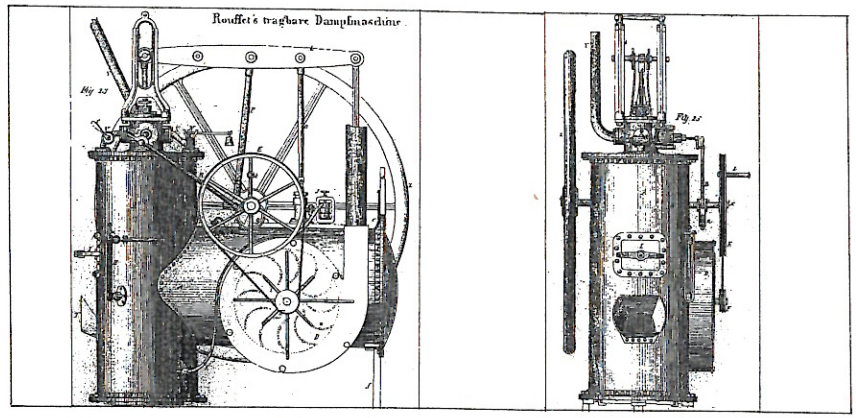


Bild 9.2/1.1: Tragbare Hochdruckdampfmaschine (A. Rouffet, Paris, 1839)

In England wurden die ersten einsatzfähigen Lokomobilen ab 1840 gebaut. Sie eroberten sich rasch einen festen Platz als universell einsetzbar landwirtschaftliche Antriebsmaschine. Die Entwicklung ging sehr schnell voran. Es gab nach kurzer Zeit eine große Anzahl an Herstellern. Howden baute seine erste Maschine vermutlich schon 1839, Dean and Ramsome folgten mit ihrer ersten um 1841, Tuxfort's erste Lokomobile stammt aus dem Jahr 1842, Clayton & Shuttleworth in Lincoln bauten ihre erste Lokomobile 1845. Eine Vielzahl an Unternehmen folgte und nahm den Bau von Lokomobilen auf.
In den deutschen Ländern begann man Mitte der 1840er Jahre mit dem Bau von Lokomobilen. Ernst Alban, der Pionier der Hochdruckdampfmaschine, war nach derzeitigem Kenntnisstand einer der ersten, die sich an die neue Technik herantraute. Er führte ab 1844 Versuche mit diesen Maschinen durch. 1847/48 konnten die ersten einsatzfähigen Maschinen ausgeliefert werden. Weitere Hersteller folgten, z.B. 1848 Hoppe aus Berlin, 1850 die C. Reichenbach'sche Maschinenfabrik aus Augsburg, 1851 Gotthilf Kuhn aus Stuttgart, 1852 F. Wöhlert aus Berlin, 1855 Plaul aus Magdeburg, 1857 die Maffei'schen Eisenwerke aus Hirschau u.a.m.

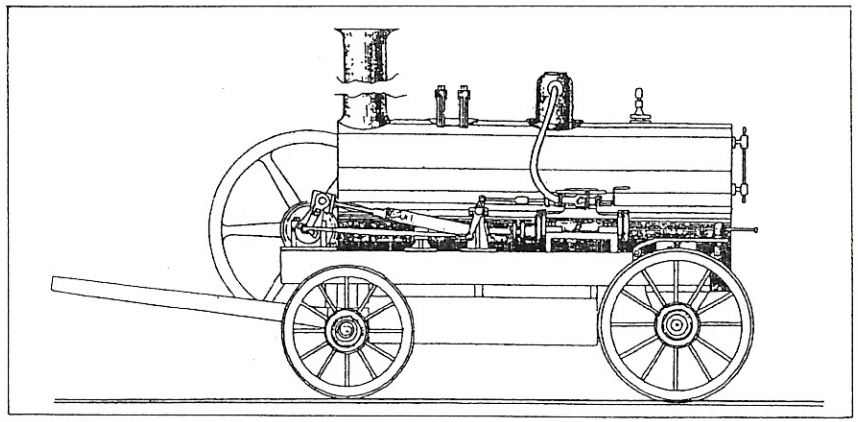


Bild 9.2/2: Skizze der Lokomobile von Ernst Alban, Plau a. See (1847/48)

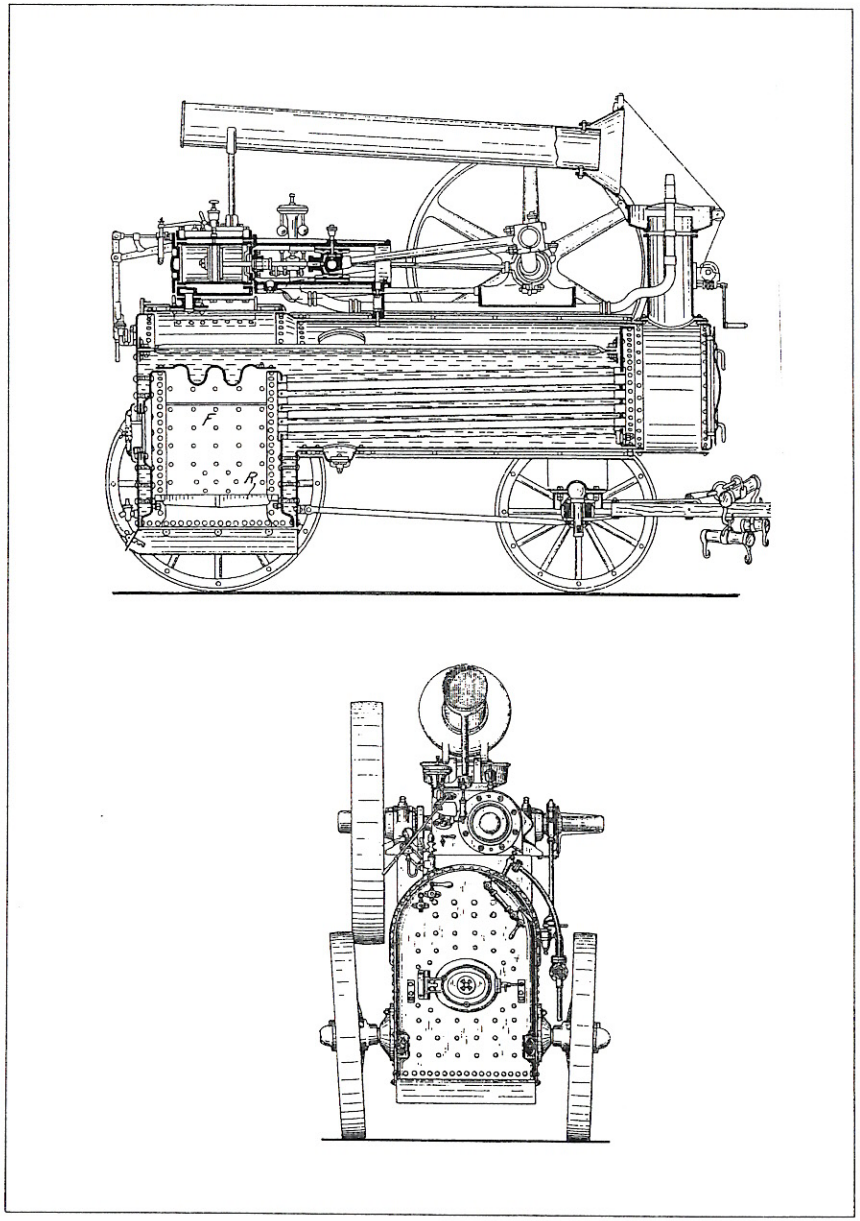


Bild 9.2/3: Standardbauweise der Lokomobilen (um 1890)
Maschine im Schnitt und Ansicht von hinten

Die verfahrbaren, universell einsetzbaren Kraftmaschinen verdrängten nach und nach die ortsfesten Anlagen. In der Zeit zwischen 1840 und 1860 entwickelte sich aus diesen ersten Konstruktionen die noch Anfangs des 20. Jahrhunderts übliche Form der Lokomobilen mit liegendem Kessel (meist einem etwas angepasstem „Lokomotivkessel") und aufgesattelter, auf dem Kessel liegender Dampfmaschine. Zur Vermeidung von Wärmeverlusten legte man den Dampfzylinder zu Anfang häufig in die etwas höher gezogene Rauchkammer. Gebaut wurden derartige Maschinen beispielsweise von Clayton, Shuttleworth & Co in Lincoln. Bei den hohen Temperaturen führte diese Konstruktion aber in vielen Fällen zu Schmierproblemen im Zylinder und den Steuerungsorganen. Es war Hornsby in Grantham, der die Umkehrung wagte und den Zylinder in einen vergrößerten Dampfraum über der Feuerbüchse legte. Die Temperaturen waren niedriger und Wärmeverluste traten dort auch nicht auf. Die Leistungen der Maschinen waren am Anfang bescheiden. Sie überstiegen selten mehr als 6 PS. Ein typisches Merkmal der englischen Lokomobilen war deren niedriger Dampfdruck. Man war der Meinung, dass mehr als 3,5 at Überdruck im robusten landwirtschaftlichen Betrieb zu gefährlich wäre. Bis 1870 wiesen englische Maschinen diesen niedrigen Kesseldruck auf. Deutsche und französische Konstruktionen verwendeten in dieser Zeit schon deutlich höhere Drücke. Der Dampfdruck wurde in den folgenden Jahren stetig gesteigert, von 7 bis auf 10 at und nach 1900 bis auf 12 at Überdruck.

Am Anfang der Entwicklung hatten die deutschen Maschinen keinen guten Ruf. Der Rückstand gegenüber den englischen Maschinen konnte bis ca. 1870 aufgeholt werden. Man begann eigene Wege zu gehen. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang die Fa. R. Wolf in Magdeburg-Buckau, die ab 1862 sehr fortschrittliche Maschinen baute und einige Jahrzehnte den Maßstab beim Bau von Lokomobilen setzte.
Viele Antriebsaufgaben in der Landwirtschaft erforderten eine konstante Drehzahl, unabhängig von Belastungsschwankungen. Kleinere Lokomobilen besaßen im Allgemeinen Fliehkraft-Regulatoren, die auf eine Drosselklappe wirkten und so die Arbeitsdrehzahl in etwa lastunabhängig hielten. Bei größeren Maschinen kam nach 1900 auch Achsenregler zum Einsatz. Sie arbeiteten genauer. Bei modernen Lokomobilen größerer Leistung wurden anstelle der einfachen Muschelschieber oft Steuerungen mit zwei Schiebern (Grundschieber und Expansionsschieber) z.B. Expansionssteuerung nach Rider eingesetzt. Der Wirkungsgrad dieser Steuerung war besser, da die Drosselverluste vermieden wurden. Große Lokomobilen, ab etwa 20 PS, wurden auch mit Zweizylindermaschinen ausgestattet, meist in Verbundbauweise.

Die ersten Lokomobilen mit Heißdampfbetrieb baute die Fa. R. Wolf in Magdeburg-Buckau ab etwa 1885. Die patentierten Überhitzer waren vorne in der verlängerten Rauchkammer untergebracht. Eine Vielzahl von Beispielen ausgeführter Lokomobilen ist in den einzelnen Abschnitten zu den unterschiedlichen Verfahren der Einmaschinensysteme aufgenommen worden.

Die Windewagen, die zum Betrieb des Einmaschinensystems mit Lokomobilen notwendig waren, werden in den jeweiligen Abschnitten des Kapitels 10 behandelt.

Der Betrieb des Einmaschinensystems mit Lokomobilen war zwar relativ preiswert, insbesondere wenn schon eine Lokomobile vorhanden war, aber in der Handhabung sehr umständlich. Man ging früh auf den Betrieb mit Pfluglokomotiven über. Das Kennzeichen dieser Maschinen war, dass sie immer zwei Winden besaßen. Durch den Einsatz von Pfluglokomotiven vereinfachte sich der gesamte Arbeitsablauf erheblich. Die Maschinen werden bei den jeweiligen Verfahren des Einmaschinensystems erläutert.

9.3 Verfahren der Zweimaschinensysteme

Im Bild 9.3/3 ist das morphologische Schema der Verfahren für das Dampfpflügen nach dem Windesystem mit zwei Antriebsmaschinen wiedergegeben. Es enthält sowohl die theoretisch möglichen, als auch die praktisch umgesetzten Varianten. Als ordnende Gesichtspunkte sind in der Vertikalen wieder die unterschiedlichen Merkmale der Pflugverfahren aufgeführt. Als Ordnungsmerkmale in der Horizontalen sind die unterschiedlichen Arten der Antriebsmaschinen verwendet worden. Jedes Feld des morphologischen Schemas bedeutet ein unterschiedliches Verfahren beim Dampfpflügen nach dem Windesystem mit zwei Antriebsmaschinen. Auffällig ist im Vergleich zur Morphologie der Einmaschinensysteme der überschaubare Umfang an Varianten. Die Technik der Maschinen und Winden begrenzte die sinnvollen Einsatzmöglichkeiten auf wenige Grundverfahren.
Wenn man die in den zeitnahen Quellen beschriebenen Verfahren in dieses Schema einordnet fällt auf, dass sich die technisch umgesetzten und in der Praxis bewährten nur in zwei bestimmten Gruppen sammeln. Es handelt sich dabei um Verfahren mit unmittelbar verfahrenstechnisch sinnvollen und auch wirtschaftlich günstigen Merkmalkombinationen. Es gibt auch in dieser Matrix wieder verschiedene Merkmalkombinationen, die im Ergebnis zu nicht sinnvollen Verfahren bei der Bodenkultur führen. Darüber hinaus haben einige durchführbare Verfahren aber unmittelbar große Nachteile. Es ist nicht mehr mit Sicherheit feststellbar, ob und in welchem Umfang diese Verfahren bei der Bodenbearbeitung versucht worden sind. Eine größere Verbreitung haben sie auf jeden Fall nicht gefunden. In der Matrix sind also in einigen Feldern Bemerkungen aufgenommen worden, die einige Stichworte zur Erklärung dieser Verfahren enthalten.

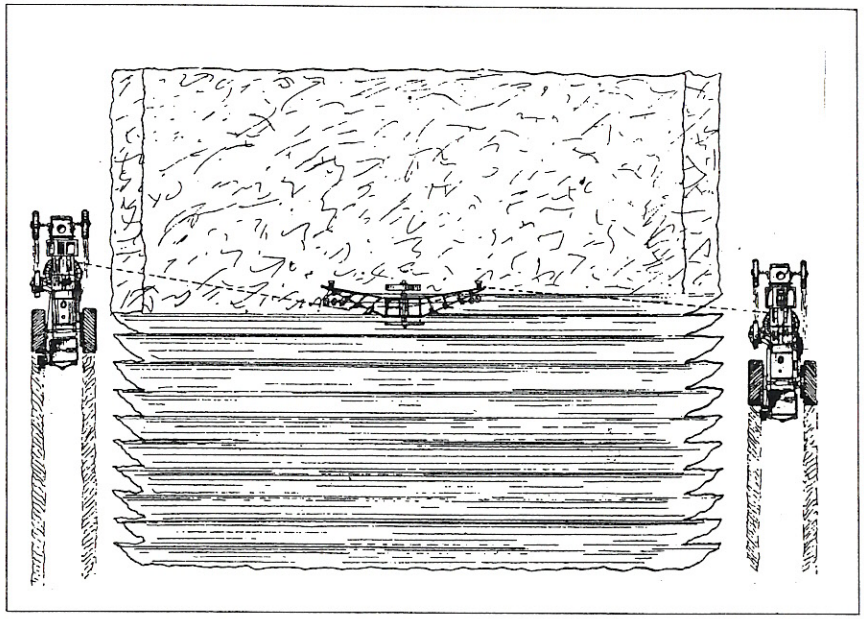


Bild 9.3/1: Zweimaschinensystem (um 1880)
System mit abwechselndem Einsatz der Pfluglokomotiven

In der Dampf-Bodenkultur waren die Verfahren der Zweimaschinensysteme am meisten verbreitet. Nach den Ergebnissen der Auswertung der Tabelle im Bild 9.1/3 kann von einem Verbreitungsgrad von ca. 90% zur Wende zum 20. Jahrhundert ausgegangen werden. Die Verfahren der Zweimaschinensysteme haben sich im rauen Betrieb der landwirtschaftlichen Praxis als am besten geeignet erwiesen. Ihre großen Vorteile waren der sichere Betrieb und ihre Flexibilität im Einsatz. Durch die Vermeidung von Erdankern und Ankerwagen waren Betriebsstörungen wie bei den Einmaschinensystemen so gut wie ausgeschlossen. Auf den Vorgewenden konnten die Maschinen aus eigener Kraft dem Arbeitsfortschritt folgen. Es waren keine zusätzlichen Arbeitskräfte zum Versetzen der Anker erforderlich. Die Pfluglokomotiven konnten in gewissen Grenzen einer unregelmäßigen Feldgeometrie folgen, auch das war in manchen Fällen ein Vorteil.
Als große Nachteile blieb allerdings der immense Anschaffungspreis für die beiden Pfluglokomotiven sowie bei den meisten Verfahren der abwechselnde Betrieb der Maschinen. Es arbeitete immer nur eine Maschinen. Die andere lief leer. Die Leerzeiten konnten zwar für Wartungsarbeiten an der Maschine, Nachspeisung, „Kohlenfassen" und zum „Dampf machen" genutzt werden, der prinzipbedingte Nachteil blieb. Das Leerlaufen verminderte die Wirtschaftlichkeit deutlich. Die Verfahren beim Zweimaschinensystem, bei denen beide Maschinen gleichzeitig betrieben wurden, auch so etwas gab es, waren in Bezug auf die Seilführung und die Maschinenkonstruktion sehr aufwendig. Eine große Verbreitung haben sie nichtgefunden.
Übliche Zweimaschinensysteme konnten wirtschaftlich nur in großen landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzt werden. Aus Erfahrung wusste man, dass die Größe über 400 ha Ackerland liegen musste. In Deutschland gab es davon allerdings nicht sehr viele. Die Statistiken der DLG (Deutsche Landw. Gesellschaft) weisen nur einige Tausend Großbetriebe aus, von denen nur ein geringer Teil intensive Bodenkultur mit Pflügen anwendete.
Im Kapitel 11 werden die Verfahren der Zweimaschinensysteme mit Winden, ihre Maschinen, Geräte und sonstigen Einrichtungen im Einzelnen vorgestellt.

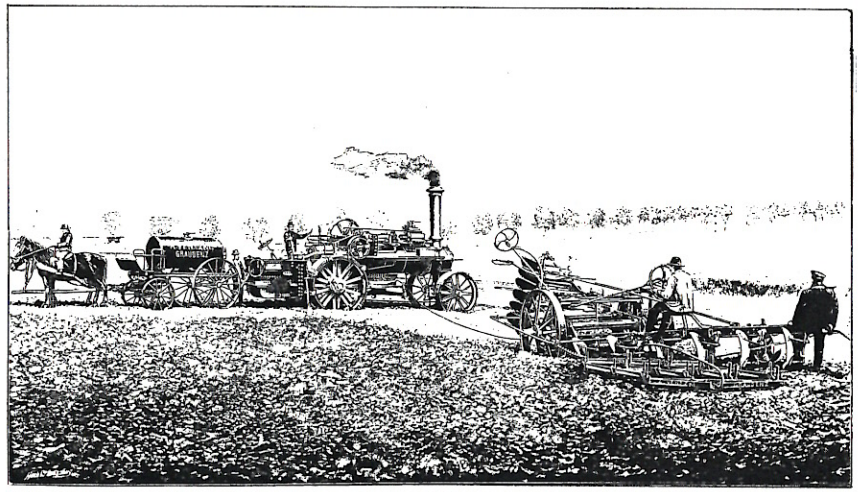


Bild 9.3/2: Zweimaschinensystem im Einsatz

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.

Merkmale der dampfbetriebenen Maschine / Merkmale der Bodenbearbeitungsverfahren			Dampfbetriebenes Bodenkult.-gerät wird von Gespannen gezogen	Dampfbetriebenes Windesystem bewegt das Bodenkulturgerät (Dampf-Bodenkultur nach dem Windesystem)					
				Einmaschinensysteme				Zweimaschinen systeme	
			Spezieller Wagen mit aufgesetzter Dampf-maschine	Universell einsetzbare Lokomobile mit einem Windewagen		Angepasste Pfluglokomotive		Mit abwech-seldem Einsatz der Ma.	Mit ununter-brochen. Einsatz der Ma.
			-	Eine Wi.	Zwei Wi.	Eine Wi.	Zwei Wi.	Eine Wi.	Div. Wi.
	Verfahren	Ausführung	DG	IG	IG	IG	IG	IG	IG
Pflügen	Beet-pflügen	Anhängepflug (Räderpflug)						2	2
		Aufsattel-pflug						Nur mit speziellem „Trägerwagen“	Nur mit speziellem „Trägerwagen“
		Anbau-pflug							
		Integrierter Pflug							
	Kehr-pflügen	Anhängepflug (Räderpflug)			Siehe Tafel 9.1/1			1	1
		Aufsattel-pflug						Nur mit speziellem „Trägerwagen“	Nur mit speziellem „Trägerwagen“
		Anbau-pflug							
		Integrierter Pflug							

Bild 9.3/3: Morphologisches Schema der Dampfpflüge nach dem Windesystem
Teil: Zweimaschinensysteme

9.4 Entwicklung der Antriebsmaschinen für die Zweimaschinensysteme

Die ersten selbstfahrenden Dampfmaschinen für landwirtschaftliche Zwecke waren umgebaute Lokomobilen. 1859 soll Aveling & Porter versuchsweise eine Lokomobile zu diesem Zweck umgebaut haben. Mit einer langen Antriebskette wurde die Kurbelwelle mit der Hinterachse verbunden. Das war die einfachste Form einer „Straßenlokomotive". Für die Überwindung größerer Entfernungen waren diese Konstruktionen ungeeignet. Aber zum Manövrieren auf dem Hof oder auf dem Feld reichte es. Derartige „Zwitter-Maschinen" gab es noch bis in die 90er Jahre. Im Bild 9.4/1 ist eine amerikanische Konstruktion aus dem Jahre 1890 von der Aultman and Taylor Machinery dargestellt. Die Hinterräder wurden über ein Zahnradgetriebe angetrieben. Das Lenkrad war hinten angeordnet. Der Fahrzeuglenker hatte alle Bedienelemente im unmittelbaren Griffbereich.

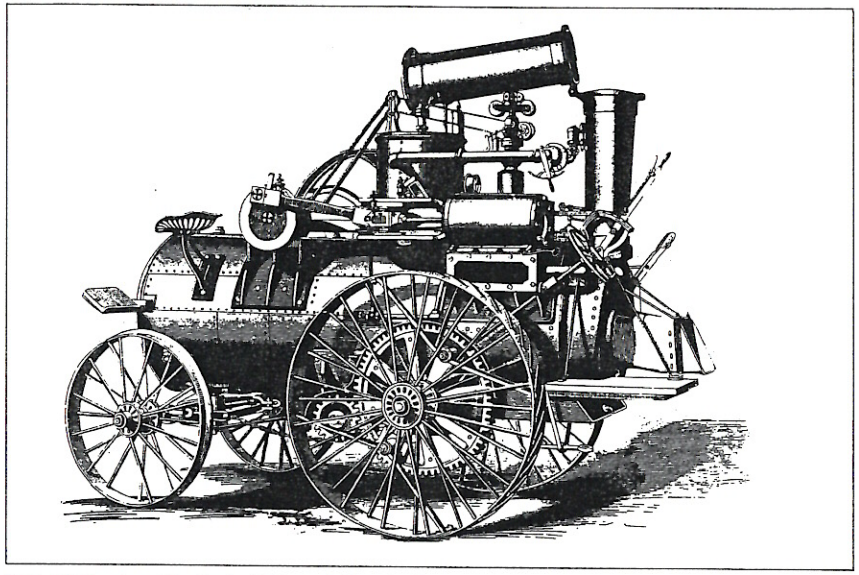


Bild 9.4/1: Amerikanische Lokomobile mit eigenem Antrieb (1890)

Ein anderer Einfluss auf die Konstruktion der Pfluglokomotiven ging sicherlich von den Zugmaschinen aus, die ab Mitte des 19. Jahrhunderts vereinzelt beim Transport großer Lasten auf Straßen und befestigten Wegen verwendet wurden sowie von den schon weit entwickelten Eisenbahnen. Die Versuche, mit diesen anfänglich sehr schweren Fahrzeugen im direkten Gang Bodenkultur zu betreiben waren bei den Bodenverhältnissen und dem feuchten Klima in Europa nicht sehr erfolgreich verlaufen (siehe Kapitel 6). Auch die Pflugsysteme mit Lokomobilen und Windewagen hatten große Nachteile. Der umständliche Transport der Maschinen und Geräte zum Einsatzort war nur ein Problem. Noch schwieriger und aufwendiger war es, der Bewegung des Bodenbearbeitungsgerätes in Richtung Arbeitsfortschritt zu folgen. Es wurden mühsam zu versetzende Ankerrollen, nicht immer funktionssichere Ankerwagen u. ä. verwendet. Es lag also der Gedanke nahe, eine herkömmliche Zugmaschine mit einer Windeeinrichtung zu versehen und damit die Nachteile der Systeme mit direktem Gang zu vermeiden. Diese Pfluglokomotiven konnten mit Maschinenkraft und angehängten Geräten zum Einsatzort fahren und das Problem des Nachfolgens beim Arbeitsfortschritt auf dem Acker war dadurch beseitigt, dass die Maschinen auf den Vorgewenden natürlich auch aus eigener Kraft folgen konnten. Die nächsten Entwicklungsschritte waren daher schon vorgezeichnet. Für die Fahrt zum Einsatzort waren ein Heizer und ein Fahrzeuglenker (Maschinenführer) notwendig. Ein Vorrat an Wasser und Heizmaterial musste ebenfalls mitgeführt werden. Die Straßenlokomotiven bekamen, wie bei der Eisenbahn üblich, einen Tender für das Wasser und die Kohlen. Größere Mengen mussten in separaten Wagen mitgeführt werden. Als es gelang, die Bedienung der Maschine weiter zu vereinfachen, wurden alle Bedienelemente an einem Ort zusammengefasst.

Die Form der bis ins 20. Jahrhundert betriebenen Pfluglokomotiven bildete sich erst allmählich heraus. Auch bei diesen Konstruktionen dauerte der Entwicklungsprozess einige Jahrzehnte. Wie bei fast allen technischen Entwicklungsprozessen war die Anfangsphase durch eine sehr große Vielfalt an unterschiedlichsten Lösungen gekennzeichnet. Erst durch die kontinuierliche Rückkopplung mit den Einsatzergebnissen im praktischen Gebrauch kristallisierte sich die spezifische Vor- oder Nachteile von bestimmten Ausführungen und Anordnungen heraus. Die letztendlich erfolgreiche Lösung mit direkt unter dem Langkessel angebrachter Winde hatte sich ab 1880 durchgesetzt.

Bild 9.4/2: Dampfpfluglokomotive mit Windetrommel um den Kessel

Ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit gab es für die Anordnung der Winde folgende Konstruktionsprinzipien bei den Dampfpfluglokomotiven:

- Winde um den Kessel herum angeordnet,
- Winde seitlich an der Maschine, Windenachse horizontal und parallel zu den Radachsen, meist mit Seilumlenkung unter dem Kessel,
- wie oben, Seilumlenkung unter dem Tender,
- Winde seitlich an der Maschine, Windenachse horizontal und quer zu den Radachsen, meist mit Seilumlenkung,
- Winde an der Triebachse (innen, neben den Rädern),
- Winde im Heck angeordnet,
- Winde mit vertikaler Achse unter dem Kessel liegend, Anordnung vor der Vorderachse oder hinter der Hinterachse,
- Winde mit vertikaler Achse unter dem Kessel zwischen Vorder- und Hinterachse liegend.

Einige Beispiele zu den speziellen Ausführungen der Pfluglokomotiven und Erläuterung der technischen Einzelheiten sind bei der Behandlung des Zweimaschinensystems im Kapitel 11 aufgenommen worden.

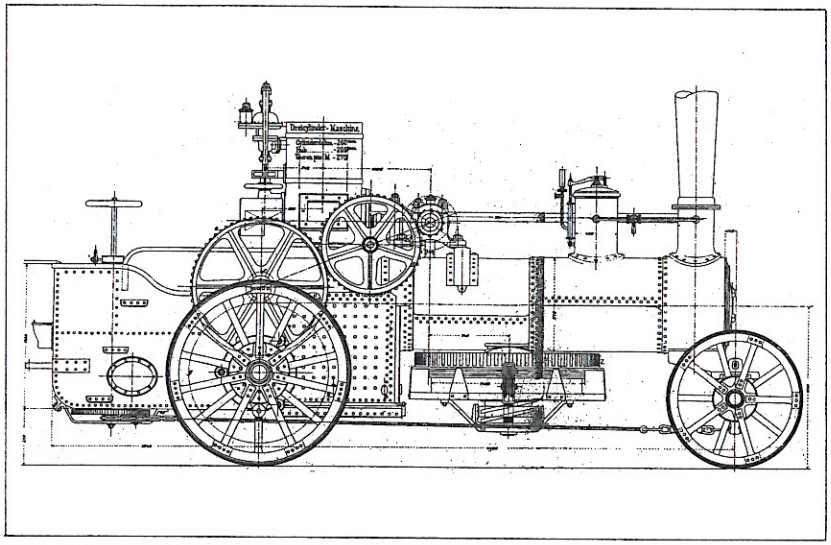


Bild 9.4/3: Dampfpfluglokomotive, Winde mit vertikaler Achse unter dem Kessel liegend
Hersteller: Feodor Siegel, Schönebeck a. d. Elbe (um 1883)

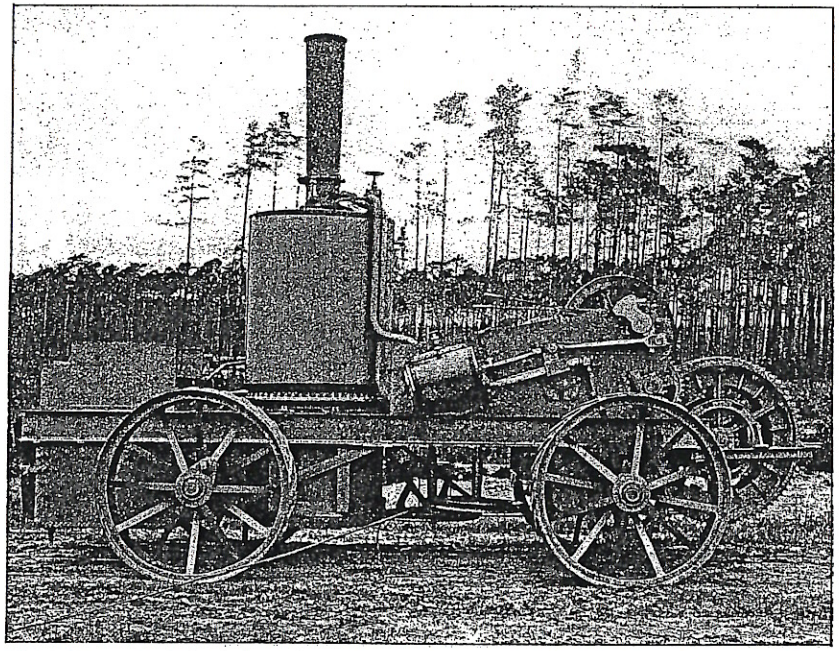


Bild 9.4/4: Dampfpfluglokomotiven, Winden mit horizontaler Achse vor der Vorderachse
Hersteller: Maschinenfabrik Brutschke, Berlin (um 1885)

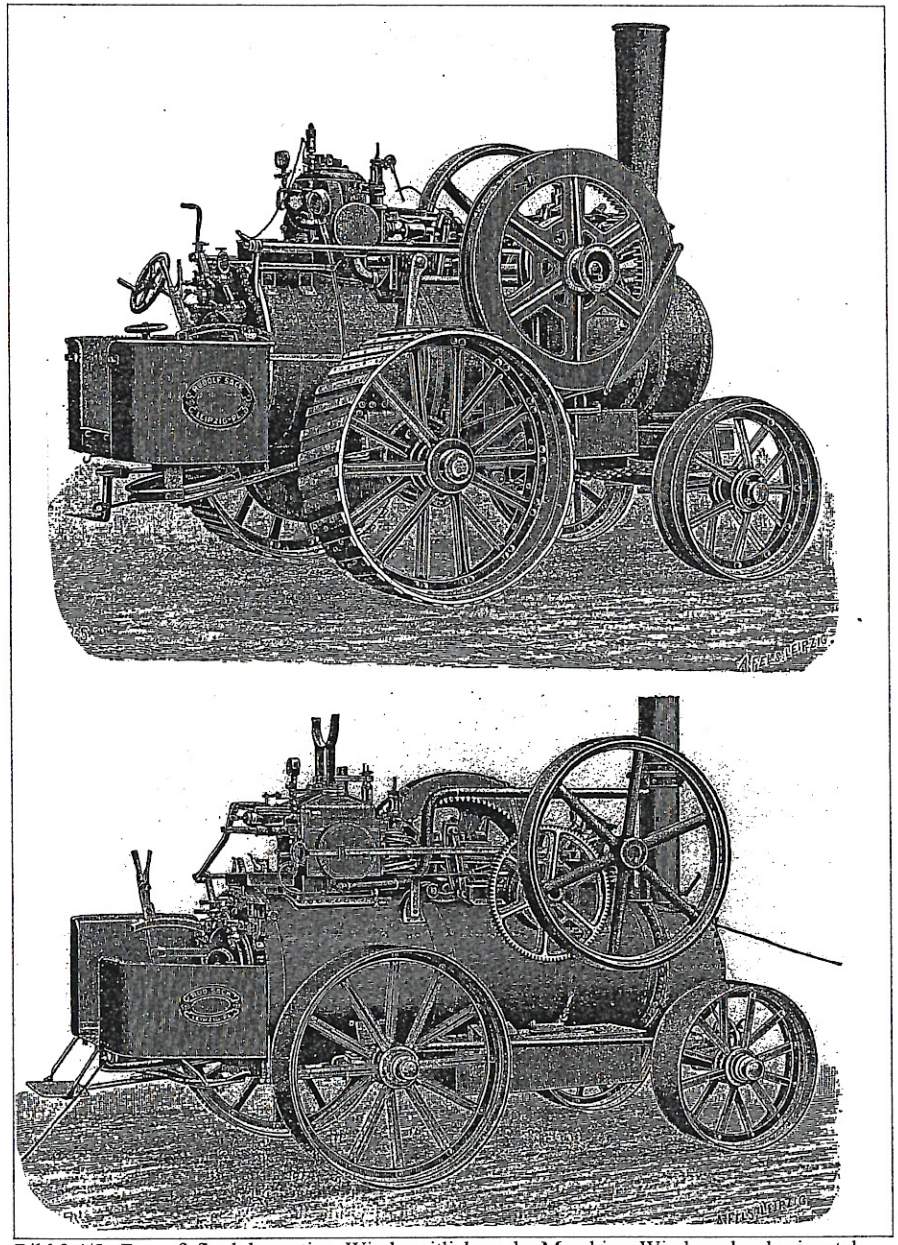


Bild 9.4/5: Dampfpfluglokomotive, Winde seitlich an der Maschine, Windenachse horizontal und parallel zu den Radachsen, Kessel ausziehbar, rechte und linke Maschine
Hersteller: Maschinenfabrik R. Sack, Plagwitz b. Leipzig (um 1885)

10. EINMASCHINENSYSTEME MIT WINDEN

10.1 Prinzip der Einmaschinensysteme

Bei den Einmaschinensystemen wurde zur Bewegung des Pfluges nur eine Kraftmaschine eingesetzt. Diese dampfbetriebene Kraftmaschine trieb einen Windeapparat mit im Allgemeinen zwei Winden. Zwei Winden waren dann zwingend erforderlich, wenn im Hin- und Rückgang des Pfluges mit Maschinenkraft gearbeitet werden sollte. Als Kraftmaschinen wurden sowohl übliche Lokomobilen eingesetzt, wie sie in vielen landwirtschaftlichen Betrieben als universelle Antriebsmaschinen im Einsatz waren, als auch Pfluglokomotiven. Die Lokomobile stand am Rande des Ackers und trieb einen separaten Windeapparat an, der auf einem Wagen befestigt war. Die Winde selbst wurde meist über eine Gelenkwelle oder einen Riementrieb angetrieben. Durch entsprechende Getriebe und Kupplungen konnten die Drehrichtungen der beiden Winden gewechselt und das Seil auf- oder abgewickelt werden. Die beiden Winden liefen entgegengesetzt. Die Länge des ablaufenden Seils entsprach der des auflaufenden. Später setzte man auch spezielle Dampf-Pfluglokomotiven mit einer Einrichtung für den Windebetrieb ein. Sie besaßen zwei Winden, die entweder nebeneinander oder Übereinander angeordnet waren. Die notwendigen Umlenkungen des Seils am Ende der Furche wurden mit Hilfe von Ankerrollen oder Ankerwagen bewerkstelligt. Ggf. führten zusätzliche Umlenkrollen das Seil dann zur Winde zurück. Die Anordnung der Umlenk- und Ankerrollen sowie die Lage der Maschine auf dem Feld und die Art der eingesetzten Ankerkonstruktionen bestimmten das Verfahren des Einmaschinensystems. Alle maschinellen Einrichtungen des Systems wurden auf dem Vorgewende platziert. Nur der Pflug ging direkt auf dem Acker. Die Lokomobilen und die anderen Geräte wurden von Gespannen zum Einsatzort gezogen und als ortsfeste Maschinen verwendet. Die Pfluglokomotiven fuhren mit allen Geräten aus eigener Kraft zum Einsatzort. Beim Pflügen folgten sie mit ihren angebauten Winden dem Arbeitsfortschritt.
Ein gemeinsames Merkmal aller Einmaschinensysteme war der ununterbrochene Einsatz der Dampfmaschine beim Pflügen. Bei den Zweimaschinensystemen arbeitete bei den meisten Verfahren jeweils nur eine Maschine je Pfluggang.

Bei den Einmaschinen-Systemen hat sich im Laufe der Entwicklung eine Vielzahl an Verfahren herausgebildet. Es gab sehr einfache Verfahren, bei denen mit geringem technischem Aufwand aber mit einer großen Mannschaft gearbeitet wurde. Es gab technisch aufwendige Verfahren, bei denen mit geringem Personaleinsatz fast alle Arbeitsgänge selbsttätig abliefen. Die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale sind: die Anzahl der benutzten Winden, die Form der Seilführung über das Feld und die Art der „Anker" zur Aufnahme der Reaktionskräfte. Die Grundverfahren sind:

1. Einmaschinensystem ohne Seilrückführung mit einer Winde.
2. Einmaschinensystem mit paralleler Seilführung, doppelter Seilwinde und einem Ankerwagen.
3. Einmaschinensystem mit paralleler Seilführung, doppelter Seilwinde und anderen Ankerkonstruktionen.
4. Einmaschinensystem mit dreieckiger Seilführung, doppelter Seilwinde, Ankerwagen und einer fest verankerten Leitrolle
5. Einmaschinensystem mit dreieckiger Seilführung, feststehender doppelter Seilwinde und zwei Ankerwagen.
6. Einmaschinensystem mit dreieckiger Seilführung, feststehender doppelter Seilwinde und selbsttätigen Ankerwagen.
7. Einmaschinensystem mit Seilführung um das gesamte Feld, doppelter Winde und Ankerrollen.
8. Einmaschinensystem mit Seilführung um das gesamte Feld, doppelter Winde, zwei Ankerwagen mit Ankern für manuellen Betrieb und einer Ankerrolle.

Zu diesen Verfahrens-Grundtypen des Einmaschinensystems gab es noch unzählige Varianten. In den folgenden Abschnitten werden die Grundtypen der Verfahren einzeln beschrieben. Die Reihenfolge entspricht nicht der Chronologie ihrer ersten Anwendungen. Sie wurde nach technischen Gesichtspunkten gewählt. Eine chronologische Ordnung ist nicht zweckmäßig, da zu Vieles parallel entwickelt worden ist.
Bei den einzelnen Verfahren werden auch die eingesetzten Maschinen und Geräte erläutert. Da diese Einrichtungen aber nicht immer speziell einem Verfahren zugeordnet werden können, sondern vielfach Überschneidungen in den Anwendungen vorhanden sind, tauchen in den einzelnen Anschnitten Wiederholungen auf. Das ist bewusst in Kauf genommen worden, um die jeweiligen Verfahren vollständig darstellen zu können. Des weiteren ist es für den Leser nicht zumutbar, sich durch ständige Querverweise arbeiten zu müssen. Da es bei den Maschinen einer Gattung sehr vielfältige Entwicklungslinien gegeben hat, gelingt es durch diese Art der Darstellung sehr einfach, diese Entwicklungslinien und Herstellerunterschiede nachzuzeichnen. Des Weiteren wurde die Möglichkeit genutzt, gezielt bestimmte Hersteller der Maschinen etwas genauer vorzustellen. Bei dem in diesem Buch zugrunde liegenden Ordnungssystem verteilen sich dadurch die Erläuterungen allerdings auf mehrere Kapitel. Das ist sicherlich ein kleiner Nachteil. Aber die chronologische Nachzeichnung der Entwicklung der maschinentechnischen Seite steht hier nicht im Mittelpunkt.

Anmerkung:
Auch die Einmaschinensysteme mit Winden haben sehr ursprüngliche Vorläufer bei den Verfahren mit Zugtieren. Bei Hanglagen und entsprechenden Bodenverhältnissen setzte man Zugtiere, meist Pferde, ein, die auf der Höhenlinie des Hanges gingen. Der Pflug ging bergan. Bergabpflügen war von Nachteil, da sich der Boden nach und nach unten am Hang sammelte. Mit dem Zugtier direkt bergan zu pflügen war nicht möglich. Die Tiere brauchten die meiste Kraft zur eigenen Fortbewegung. Die Lösung des Problems war einfach und wirkungsvoll. Es wurde im indirekten Gang mit Hilfe eines Seiles gepflügt. Auf der Kammhöhe wurde eine Umlenkrolle verankert und das Seil entlang einer Höhenlinie umgelenkt. Die Rolle musste nach einigen Furchen versetzt werden. Die Rückführung des Seils erfolgte durch die Schwerkraft und von Hand. Die folgende Prinzipskizze zeigt die einfache Anordnung. Eine Winde war bei diesem Verfahren allerdings nicht notwendig (siehe Abschnitt 10.2). Wenn mehrscharige Pflüge eingesetzt wurden, brauchte man mehrere Zugtiere. Auch der Einsatz von Göpelwinden mit mehreren Zugbäumen war möglich. Wann das Verfahren erstmals eingesetzt worden wurde ist nicht bekannt.

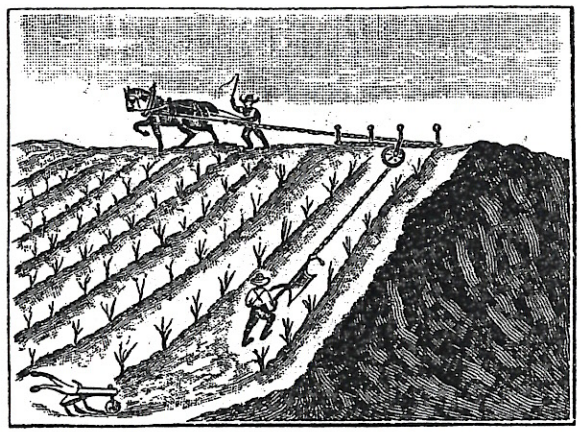


Bild 10.1/1:
Einfaches indirektes Pflügen mit Seilumlenkung (um 1750 ?)

Bei den Erläuterungen und in den Prinzipskizzen der einzelnen Verfahren der Einmaschinensysteme tauchen immer wieder gleiche Maschinen- und Gerätekategorien auf. Auch die einzelnen Bewegungen der Systemkomponenten beim Pflügen sind naturgemäß immer ähnlich.

Da in der historischen Literatur die Begrifflichkeiten für diese Dinge sehr uneinheitlich verwendet werden, sollen sie für die nachfolgenden Abschnitte eindeutig festgelegt werden. Dabei werden soweit wie möglich die historischen Bezeichnungen beibehalten. Sie entsprechen nicht mehr den heute gebräuchlichen Definitionen und Normen. Aufgrund der Wiederholungen in den Texten und Skizzen ist es sinnvoll, für die beteiligten Komponenten und deren Bewegungen einfache Abkürzungen zu verwenden.

Bezeichnungen und Abkürzungen für Maschinen und Geräte:

Für die Bezeichnungen von Maschinen und Geräten werden einheitlich Abkürzungen mit Großbuchstaben am Anfang verwendet.

AW : Ankerwagen
AR : Ankerrolle
AS : Anker mit Seil (Seilanker)

WW : Windewagen
W : Winde

PfLok : Pfluglokomotive
Lok : Lokomobile

KPf : Kipppflug
KG : Kulturgerät (allgemeines Gerät/Maschine für die Bodenkultur)

Bezeichnungen und Abkürzungen für die Bewegungen:

Für die Bezeichnungen von Bewegungen der beteiligten Komponenten werden einheitlich Abkürzungen mit Kleinbuchstaben am Anfang verwendet.

ab : Arbeitsbewegung (des Pfluges), Pfluggang
ab(La) : Arbeitsbewegung unter Last, Bewegung im Lasttrum
ab(Le) : Arbeitsbewegung leer, Bewegung im Leertrum

af : Arbeitsfortschrittbewegung (quer zur Arbeitsbewegung des Pfluges)
af(AW): Arbeitsfortschrittbewegung des Ankerwagens
af(AR) : Arbeitsfortschrittbewegung der Ankerrolle
af(PfLok): Arbeitsfortschrittbewegung der Pfluglokomotive
af(Lok) : Arbeitsfortschrittbewegung der Lokomobile (verschieben)

ub : Umkehrbewegung, Kehre der Arbeitsmaschine am Ende der Furche

wb : Wechselbewegung der Pflugkörper-Teile bei Kehrpflügen

10.2 Einmaschinensystem ohne Seilrückführung mit einer Winde

10.2.1 Beschreibung

Diese Variante wird hier nur der Vollständigkeit halber aufgenommen. Bei Verwendung von nur einer Winde gibt es für Rückführung des Arbeitsgeräts nur zwei Möglichkeiten: mit Gespannen oder bei Hanglagen durch die Schwerkraft. Dieses Verfahren wurde bei Pflugarbeiten in der Ebene am Anfang der Entwicklung der Dampfbodenkultur eingesetzt. Es gab verschiedene Möglichkeiten in der praktischen Durchführung. Im Bild 10.2.1/1 ist ein davon dargestellt.

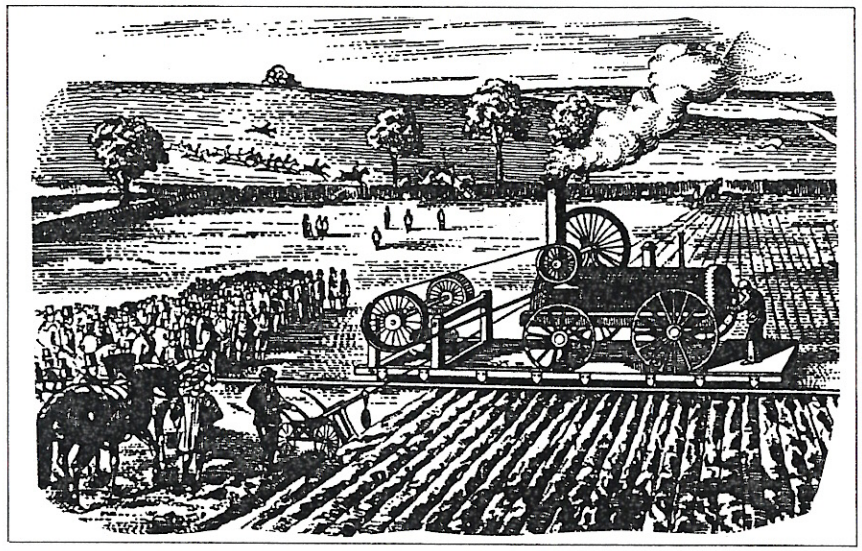


Bild 10.2.1/1: Einmaschinensystem ohne Seilrückführung mit einer Winde bei Pflugarbeiten in der Ebene

Das dargestellte Verfahren ist deshalb interessant, weil es den prinzipiellen Nachteil des unterbrochenen Betriebes während der Rückführung des Pfluges durch die doppelte Anordnung vermeidet. Der Acker ist in der Mitte geteilt. Auf einer auf Schienen geführten Plattform ist die Lokomobile mit der Winde befestigt. Zwei normale Beetpflüge waren im Einsatz, einer auf dem linken Acker, der andere auf dem rechten. Es wurde immer abwechselnd eine Seite gepflügt. Im Bild wird gerade die linke Seite gepflügt. Der rechte Pflug wird von einem Gespann in seine Ausgangslage zurückgezogen. Das Verfahren war sehr aufwendig. Eine nennenswerte Verbreitung hat es nicht gefunden.
Mit einem ähnlichen Verfahren hat man auch schwere Meliorationsarbeiten in nur einseitig zugänglichem Gelände durchgeführt.

Etwas verbreiteter war das Verfahren bei landwirtschaftlich genutzten Flächen an starken Hanglagen. Das Prinzip geht auf die Anfänge der Entwicklung indirekter Pflugsysteme zurück. Mit den nur zu einer Seite wendenden Beetpflügen konnte an Hanglagen nur bis zu einer Grenze von 20 – 30 % Gefälle gearbeitet werden. Für Gespanne war das Bergauf-Pflügen zu schwer. Beim Pflügen entlang einer Höhenlinie fiel beim Bergaufwärts-Wenden der Bodenballen häufig in die Furche zurück. Um stets bergabwärts wenden zu können mussten Kehrpflüge eingesetzt werden. Das war aber nicht in allen Fällen möglich und hatte den Nachteil, dass es im Laufe der Zeit zu Ansammlungen des Bodens am Fuß des Abhangs kam. Der Boden musste regelmäßig wieder nach oben gebracht und verteilt werden. Zur Lösung des Problems wurde ein Einmaschinensystem mit nur einer Winde eingesetzt. Vorraussetzung war eine gute Zugänglichkeit der Hanglagen im oberen Bereich für die schweren und wenig beweglichen Maschinen.

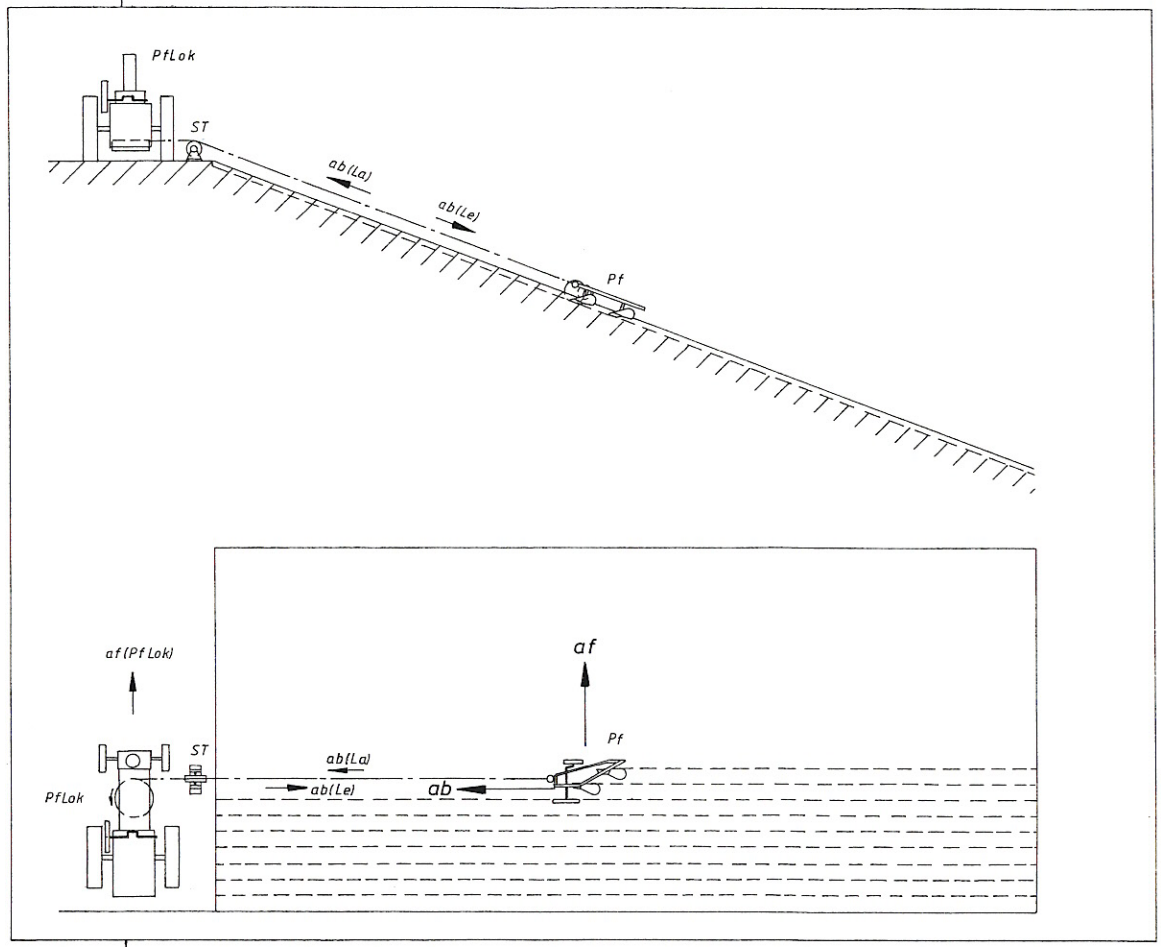
Der Pflug macht bei diesem System keine hin und hergehende Arbeitsbewegung. Die Arbeitsbewegung erfolgt nur in einer Richtung, in einem „Gang". Bei Hanglagen wurde in der Falllinie *gegen den Hang* gepflügt. Das war auch bei großen Gefällen möglich, in Extremfällen bis zu 60 %. Die Zugkraft der Winde war daher nur in dieser Richtung erforderlich. Die Rückführung des Arbeitsgerätes erfolgt als Leerweg mit manueller Unterstützung oder bei steileren Hängen allein durch die Wirkung der Schwerkraft. Eine Seilrückführung über einen Ankerwagen oder ähnliches ist natürlich nicht erforderlich. Der sich im Laufe der Zeit am Fuß des Hanges angesammelte Boden konnte ebenfalls mit dem Windesystem und einem kleinen Karren wieder nach oben befördert werden.

Die Winde konnte direkt an der Maschine befestigt sein (Pfluglokomotive mit einer Winde) oder es wurden separat arbeitende Winden eingesetzt, die von einer Lokomobile angetrieben wurden. Das geschah häufig über eine Gelenkwelle. Die Gelenkwellen, man bezeichnete sie damals als Universalwellen oder Hooke'sche Schlüssel, waren von den Göpelantrieben bekannt. Die eigenständigen Winden waren sehr oft auf einem kleinen Wagen montiert, dem Windewagen. Die übliche Bauweise bei leichten Winden war einachsig. Schwere Windewagen waren ganz aus Eisen gebaut und besaßen zwei Achsen. Die Vorderachse war lenkbar.

Das Einmaschinensystem ohne Seilrückführung mit einer Winde ist das einfachste Windesystem bei der Dampf-Bodenkultur. Eingesetzt wurde es nur bei Hanglagen in Weinanbaugebieten und bei landwirtschaftlich schwierigen Lagen in gebirgigen Gegenden. Entsprechend den schwierigen Einsatzbedingungen besaßen die eingesetzten Einheiten nur eine geringe Leistung. Das Haupthemmnis beim Einsatz dieses Systems war die Zugänglichkeit der Felder und ihres oberen Vorgewendes für die schweren Lokomobilen oder, in seltenen Fällen, Dampfpfluglokomotiven.

Arbeitsprinzip:

Im Bild 10.2.1/2 ist der einfache Arbeitsablauf schematisch dargestellt. Das Bild zeigt die Arbeit mit einer Pfluglokomotive, wie sie auch beim Zweimaschinensystem verwendet wurde. Eine weitergehende gehende Erläuterung ist bei diesem einfachen System wohl nicht erforderlich.



Bezeichnungen und Abkürzungen für Maschinen und Geräte:

Für die Bezeichnungen von Maschinen und Geräten werden einheitlich Abkürzungen mit Großbuchstaben am Anfang verwendet.

AW	:	Ankerwagen
AR	:	Ankerrolle
AS	:	Anker mit Seil (Seilanker)
WW	:	Windewagen
W	:	Winde
PfLok	:	Pfluglokomotive
Lok	:	Lokomobile
KPf	:	Kipppflug
KG	:	Kulturgerät (allgemeines Gerät/Maschine für die Bodenkultur)

Bezeichnungen und Abkürzungen für die Bewegungen:

Für die Bezeichnungen von Bewegungen der beteiligten Komponenten werden einheitlich Abkürzungen mit Kleinbuchstaben am Anfang verwendet.

ab	:	Arbeitsbewegung (des Pfluges), Pfluggang
ab(La)	:	Arbeitsbewegung unter Last, Bewegung im Lasttrum
ab(Le)	:	Arbeitsbewegung leer, Bewegung im Leertrum
af	:	Arbeitsfortschrittbewegung (quer zur Arbeitsbewegung des Pfluges)
af(AW)	:	Arbeitsfortschrittbewegung des Ankerwagens
af(AR)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Ankerrolle
af(PfLok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Pfluglokomotive
af(Lok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Lokomobile (verschieben)
ub	:	Umkehrbewegung, Kehre der Arbeitsmaschine am Ende der Furche
wb	:	Wechselbewegung der Pflugkörper-Teile bei Kehrpflügen

Bild 10.2.1/2: Einmaschinensystem ohne Seilrückführung mit einer Winde

Arbeitsgeräte:

Als Arbeitsgeräte sind nur erforderlich:

1. Als Kraftmaschine eine kleine Lokomobile mit einer Winde (selten eine Pfluglokomotive mit einer Winde)
2. Ein Pflug, im Allgemeinen ein kleiner Beetpflug als Karren- oder Gestellpflug.
3. Ggf. ein Seilträger

Beim Einsatz einer kleinen Lokomobile als Antriebsmaschine wurden nach Möglichkeit die Lokomobile und der Windewagen mit Hilfe von Trägern fest verbunden. Die gesamte Einheit musste nach einigen Gängen des Pfluges versetzt werden.

Anwendung und Eigenschaften des Systems:

Wie erwähnt ist dieses System nur in seltenen Fällen bei Hanglagen mit über 20 % Steigung angewandt worden. Die lokalen Verhältnisse erforderten Verwendung kleiner und leichter Maschinen mit großer Beweglichkeit. Es wurden bei den Arbeiten mit diesem System nicht nur Beetpflüge eingesetzt, sondern insbesondere im Weinbau auch spezielle Häufelpflüge, die sehr nahe an den Pflanzen arbeiten konnten.
Ein weiter Anwendungsbereich war das hangaufwärts Ziehen von Grabschaufeln, Walzen und allerlei Karren und Geräten zur Erntezeit.

Anmerkung:
Ein sehr spezielles Einsatzgebiet dieses Systems gab es bei Meliorationsarbeiten in Waldgebieten oder beim Trockenlegen versumpfter Areale. Die schweren Maschinen wurden an sicheren, gut zugänglichen Standorten platziert. Das meist schwere Arbeitsgerät, beispielsweise Rodungshaken, Schleppgeschirr für Baumstämme, Drainagepflüge, Erdschaufeln u. a. m. wurde an einem Seil mit Hilfe der Wind zur Dampfpfluglokomotive oder dem Windewagen einer Lokomobile gezogen. Für eine Seilrückführung gab es in diesen Fällen keine Möglichkeit. Die Rückführung der Arbeitsgeräte mit dem angeschlossenen Seil wurde von flexibel einsetzbaren Gespannen erledigt.

Anmerkung:
Das Einmaschinensystem mit einer Winde ohne Seilrückführung hatte eine lange Geschichte, allerdings mit Zugtieren anstelle der Dampfmaschine. Eine spezielle Göpelwinde war der Vorgänger der Maschinenwinde. Die Winden wurden auf eigenem Rädergestelle oder mit Fuhrwerkswagen zum Einsatzort gebracht. Es gab zwei Arbeitsverfahren beim Einsatz der Göpelwinden:
- mit verfahr- oder versetzbaren Göpelwinden,
- mit stationären Göpelwinden (vornehmlich bei sehr großen Göpeln).
Im folgenden Bild ist eine verfahrbare, einachsige Göpelwinde für vier Zugbäume wiedergegeben. Sie wurde auf dem Vorgewende festgesetzt, ggf. mussten die Räder entfernt werden.

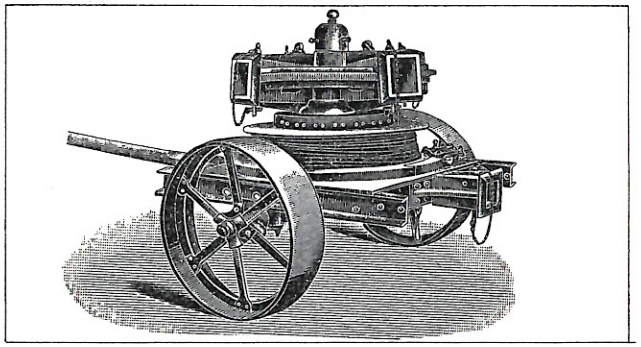


Bild 10.2.1/3:
Verfahrbare Göpelwinde mit vier Zugbäumen (um 1880)

Eine große Göpelwinde zeigt die nachfolgende Darstellung. Sie war am Feldrand auf verankerten Schienen (meist T- oder U-Profile) verfahrbar. Die Seiltrommeln waren relativ groß, die Durchmesser lagen zwischen 0,6 bis 1,6 m. Die Seillängen gingen bis 250 m. Der Seildurchmesser betrug 13 bis 15 mm. Um das Ausheben des Göpels bei Zug zu verhindern, waren die Raddurchmesser sehr klein und der Seilablauf möglichst tief gelegt worden. Zusätzlich konnte die Standsicherheit durch zwei sandgefüllte Kästen (K) erhöht werden. Beim Transport zum Einsatzort konnten größere Fahrräder auf die beiden Zapfen (Z) gesteckt werden. Zur Nachführung der Winde in Richtung Arbeitsfortschritt, konnten eiserne Stangen in doe Öffnungen (o) der Räder (r) gesteckt und als Hebel benutzt werden. Beim Arbeitsgang wurde der Zugbaumkopf über Steckbolzen, Klinken, Kupplungen etc. mit der Winde gekoppelt. Zum Leergang wurde ausgekuppelt. Es gab technisch aufwendige Göpelwinden, bei denen bei gleichem Gang der Zugtiere die Seilgeschwindigkeit verändert werden konnte(Getriebe vor der Winde, Änderung des Trommeldurchmessers etc.). Das Drehmoment und damit die Seilkraft konnte auch durch Anpassen der Zugbaumlänge angepasst werden. Gearbeitet wurde mit Beetpflügen. Der Rückgang erfolgte meist leer mit Hilfe eines gesonderten Pferdes.

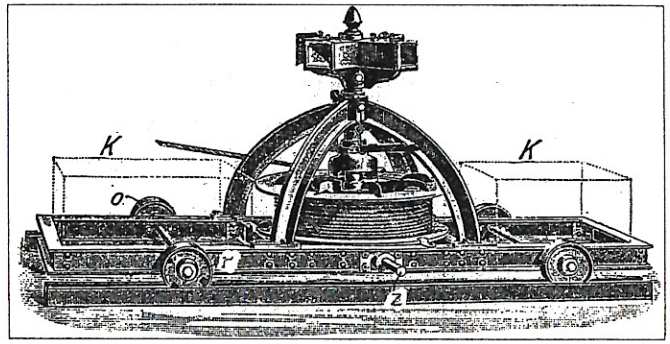


Bild 10.2.1/4:
Schwere Göpelwinde mit vier Zugbäumen auf Schienen verfahrbar (um 1880)

Wenn bei großen Furchenlängen die Leerzeiten erheblich wurden und das zusätzliche Pferd für die Rückführung des Pfluges hinderlich war, so setzte man Göpelwinden mit zwei Trommeln ein. Eine Hilfstrommel mit dünnem Seil wurde über ein Vorgelege angetrieben und besorgte die Rückführung des Pfluges. Auf der gegenüberliegenden Seite des Feldes war eine Seilrolle verankert. Sie sorgte für die Richtungsumkehr. Es gab noch eine Vielzahl anderer Verfahren bei diesem System.
Insbesondere die stationären Göpelwinden besaßen eine hohe Einsatzflexibilität. Bei diesem Verfahren wurde die Göpelwinde an einem Ort verankert. Man suchte sich dafür eine Stelle mit festem Boden auf dem Feld oder am Feldrand aus. Üblich war die Aufstellung in einer Feldecke oder in der Mitte. Das Seil wurde über verankerte Leitrollen zum Pflug geführt. Das Bild zeigt beispielhaft die Aufstellung der Göpelwinde (w) in der Feldmitte. Der Arbeitsablauf ist stark schematisch wiedergegeben. Die Buchstaben a, b, c und d kennzeichnen die einzelnen Beete, die Ziffern 1 und 2 die immer gleiche Arbeitsrichtung des Pfluges zur Winde hin. Der Pfeil 3 zeigt die Richtung des Arbeitsfortschritts. Man konnte mit diesem und ähnlichen Systemen ein Feld fast vollständig bearbeiten. Auch die Vorgewende (im Bild Ziffer4) konnten ausgepflügt werden.

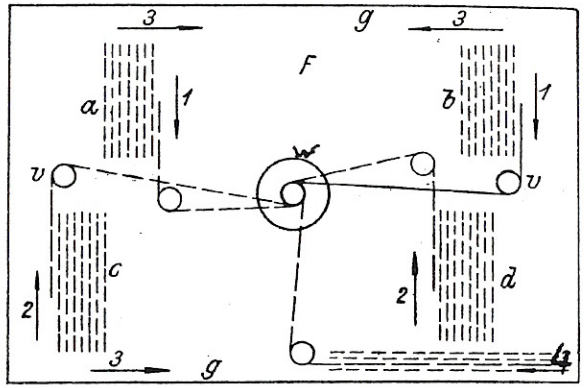


Bild 10.2.1/5:
Arbeitsablauf beim Pflügen mit stationärer Göpelwinde (Beispiel)

Es gab weitere Verfahren mit zwei Göpelwinden, an jeder Seite des Ackers eine. Die Analogie zu den späteren Verfahren der Dampf-Bodenkultur mit Zweimaschinensystemen ist unverkennbar.

Dampfpfluglokomotive mit einer Winde

Auch leichte Pfluglokomotiven mit einer Winde waren für das Einmaschinensystem ohne Seilrückführung geeignet. Die Leistungen waren gering. Sie lagen bei etwa 6 bis 8 PS. Im untenstehenden Bild ist beispielhaft eine Dampfpfluglokomotive wiedergegeben, die im Einmaschinenbetrieb ohne Seilrückführung einsetzbar war. Die Maschine wurde von Fr. Dehne in Halberstadt 1908 gebaut. Sie unterscheidet sich nicht von den Pfluglokomotiven des Zweimaschinensystems.

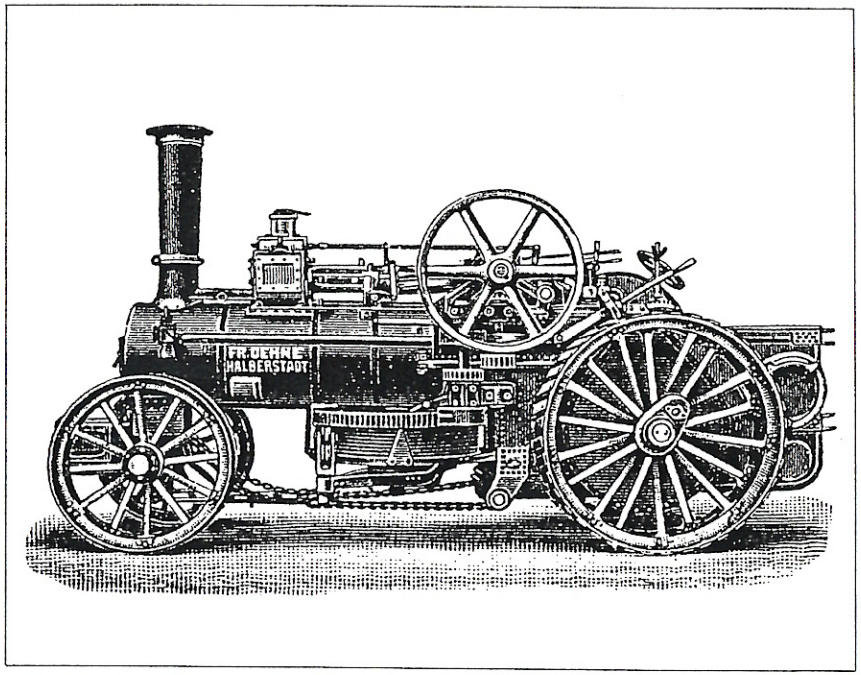


Bild 10.2.2/6: Dampfpfluglokomotive von Fr. Dehne (um 1908)

In einzelnen Fällen kamen beim Einmaschinensystem ohne Seilrückführung mit einer Winde auch größere Bodenkulturgeräte (Erdschaufeln, Walzen, Stubbenzieher u.a.m.) zum Einsatz. In diesen Fällen benötigte man Dampfpfluglokomotiven mit größerer Leistung. Das folgende Bild zeigt eine Maschine der Firma Heucke aus Gatersleben. Gleiche Dampfpfluglokomotiven wurden für das Zweimaschinensystem verwendet.

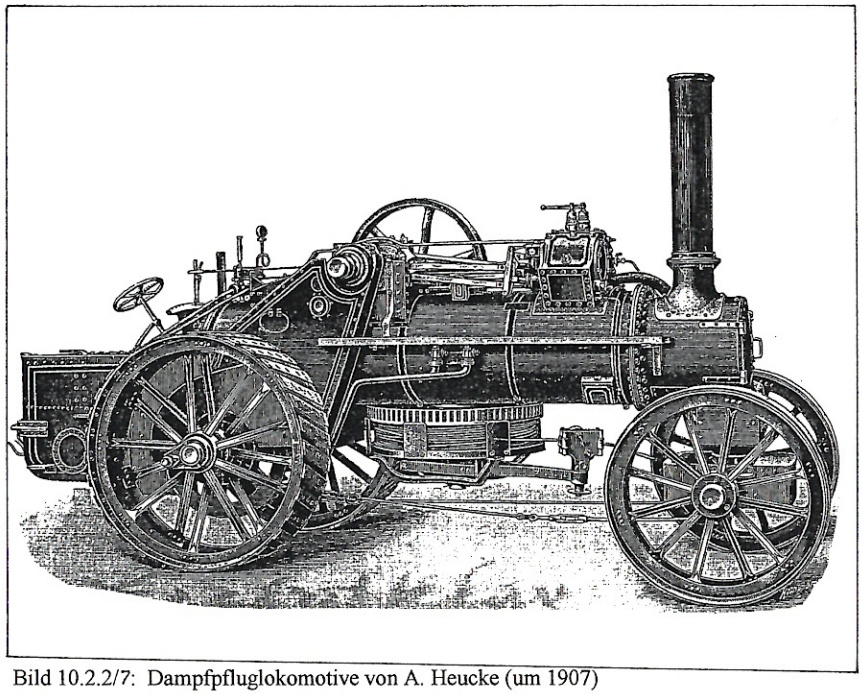
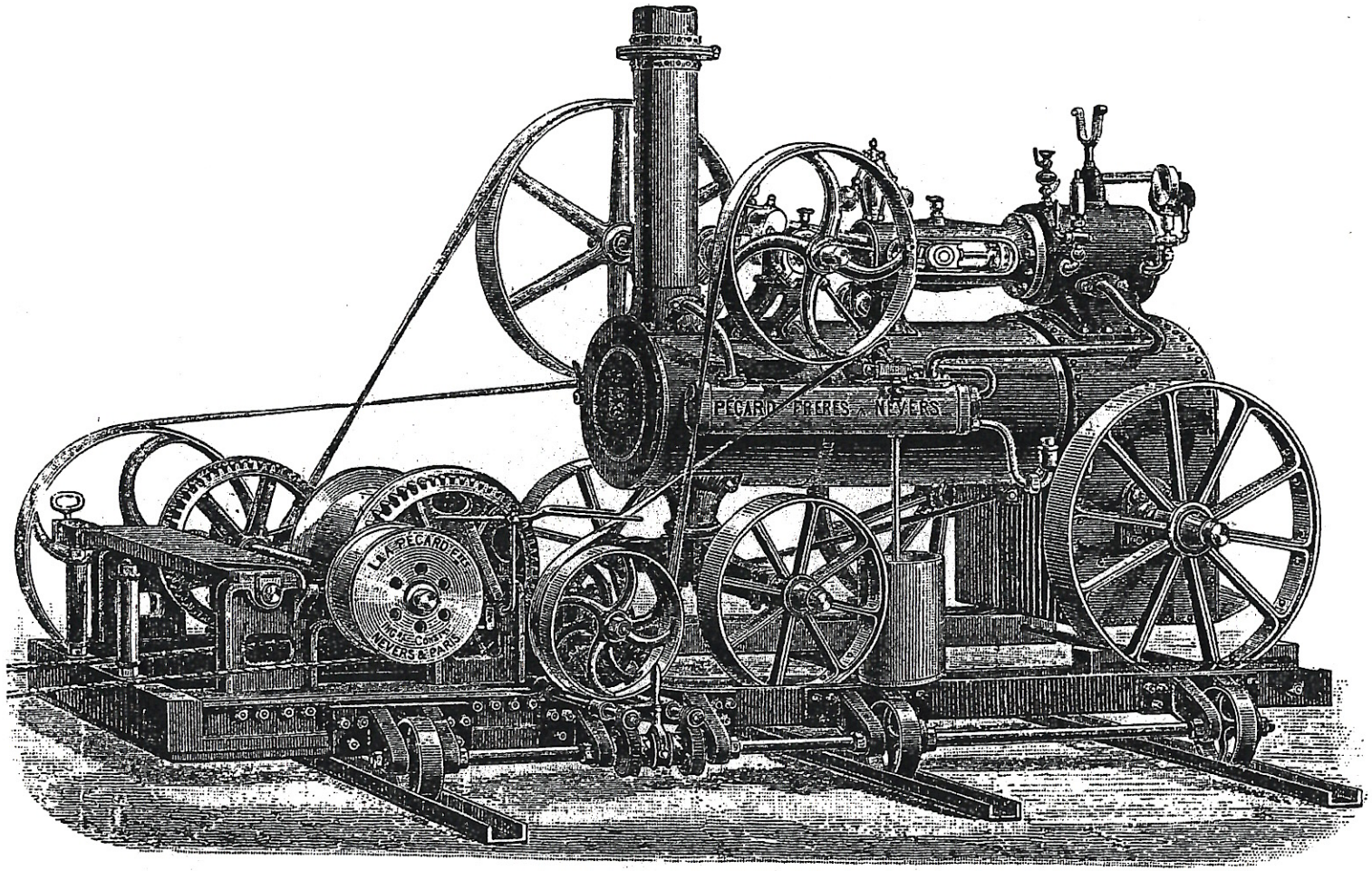


Bild 10.2.2/7: Dampfpfluglokomotive von A. Heucke (um 1907)

10.2.3 Windewagen für dieses System

Im Vorgenannten wurde schon erwähnt, dass bei diesem System jede Pfluglokomotive mit einer Winde eingesetzt werden konnte. Es gab aber auch Fälle, bei denen spezielle Windewagen zum Einsatz kamen, die beispielsweise von einer Lokomobile über einen Riementrieb oder eine Gelenkwelle angetrieben wurden. Es gab eine Vielzahl an unterschiedlichen Bauarten und Größen. Ein Beispiel soll die Funktion eines speziellen Windewagens erläutern. Ausgewählt wurde eine leistungsstarke Winde für eine größere Lokomobile.

Bei Einmaschinensystemen ohne Seilrückführung konnten auch normale Lokomobilen eingesetzt werden, und zwar ohne jegliche Veränderung an den Maschinen. Ein verfahrbarer Tragrahmen mit Winde nahm dabei die Lokomobile auf. Die Tafel 10.2.3/1 zeigt ein Beispiel. Die Lokomobile wurde auf zwei Schienen geschoben, die auf dem Tragrahmen befestigt waren. Die Winde war vorne quer auf dem Tragrahmen angeordnet. Der Antrieb lief über Riemen von der Kurbelwelle der Maschine zu einer Vorgelegewelle der Winde. Der Pflug wurde mit langsamer Geschwindigkeit zur Winde gezogen. Die Rückführung war ein Problem. Im einfachen Fall setzte man zusätzliche Pferde für die leere Rückführung des Pfluges ein. Bei der dargestellten Maschine war das nicht erforderlich. Eine zweite kleinere Winde (rechts außen neben der Hauptwinde) besorgte die Rückführung mit Maschinenkraft. Dafür war eine verankerte Seilrolle an der anderen Feldseite notwendig. Die Hilfswinde saß auf der Vorgelegewelle. Sie arbeitete mit höherer Geschwindigkeit. Die Leerzeiten konnten dadurch minimiert werden.
Um dem Arbeitsfortschritt folgen zu können, musste die gesamte Einheit seitlich verfahren werden können. Dazu diente ein einfaches Schienensystem mit drei auf dem Boden in parallelen Abständen verankerten Schienenstücken. Der gesamte Tragrahmen ruhte auf sechs kleinen Rädern, die in oder auf den Schienen liefen. Die seitliche Bewegung wurde mit Maschinenkraft durchgeführt. Ein eigener Riementrieb von der Kurbelelle ging auf ein Schneckengetriebe. Mit Hilfe einer einfachen Klauenkupplung konnte nach jedem Gang die Bewegung in Richtung Arbeitsfortschritt eingeleitet werden.
Das System war schon für größere Bodenkulturarbeiten geeignet. Zum Pflügen in mittleren Tiefen kamen bis zu fünfscharige Beetpflüge zum Einsatz. In Deutschland wurde das System selten eingesetzt. Einsatzschwerpunkte gab es in den süd- und westeuropäischen Ländern. Die großen Vorteile waren die recht hohen Pflugleistungen und der geringe maschinelle Aufwand, insbesondere wenn eine Lokomobile schon für anderweitige Aufgaben zur Verfügung stand.



Tafel 10.2.3/1: Große Lokomobile mit separater Winde

von L. & A. Pécard fréres (um 1890)

10.3 Einmaschinensystem mit paralleler Seilführung, doppelter Seilwinde und einem Ankerwagen

10.3.1 Beschreibung

Die Bezeichnung für dieses System leitete sich aus der Lage der Zugseile während des Betriebs ab. Sie lagen in etwa parallel. Zum Hin- und Herziehen des Pfluges waren beim Einmaschinensystem natürlich zwei Winden erforderlich. Sie wurden nacheinander in entgegengesetzter Drehrichtung betrieben. Während die eine Winde zog, wurde die andere abgewickelt. Die Dampfmaschine war bei diesem System ununterbrochen in Betrieb. Für dieses System sind die Bezeichnungen in den zeitnahen Quellen sehr unterschiedlich. In einigen Publikationen wird, etwas verwirrend, von einem „Einmaschinensystem mit direktem Betrieb" gesprochen. Damit war gemeint, dass sich der Pflug zwischen der Lokomotive oder Lokomobile und dem Ankerwagen direkt bewegte. Es gab beim Einmaschinensystem nach dieser Bezeichnungsweise auch Varianten, bei denen die Lokomobile ostsfest war und der Pflug zwischen zwei Ankerwagen bewegt wurde. Das waren dann die Verfahren mit „indirektem" Betrieb. In diesem Buch werden durchgängig unter indirekten Systemen alle die verstanden, bei denen das Bodenkulturgerät nicht direkt von einer über den Acker gehenden Zugmaschine bewegt wird, sondern mit Hilfe von Zugmitteln.

Im Laufe der Entwicklung hat sich ein Grundverfahren herausgebildet, das mit einigem Erfolg eingesetzt worden ist. Als Kraftmaschine wurde eine selbstfahrende Dampfpfluglokomotive eingesetzt. Die Maschine war speziell für ihre Aufgabe angepasst worden. Sie besaß *zwei* Winden. Die Anordnung der Winden war sehr unterschiedlich, parallel liegend unter der Maschine, übereinander liegend unter dem Kessel, an den beiden Hinterrädern u. a. m. Die Pfluglokomotive konnte auch für alle Arten von Transportarbeiten und zum Antrieb von landwirtschaftlichen Geräten eingesetzt werden. In gewissen Grenzen war sie eine landwirtschaftliche Universalmaschine. Bei diesem System sind die Seillängen auf den Winden prinzipbedingt groß. Jede Winde hat mindestens ein Seil mit Furchenlänge und zusätzlich Längen für die Vorgewende, Umlenkung und einige Meter Reserveseil auf der Trommel. Je Maschine konnten bis zu 1200 Meter Seil, 600 Meter je Trommel, aufgewickelt sein.

Der Ankerwagen wurde am Anfang von einer Arbeitsperson versetzt. Im Laufe der Entwicklung kamen sich selbsttätig versetzende Ankerwagen auf. Bei paralleler Rückführung des Pflugseils ist keine Kraftkomponente aus der Zugkraft des Seils nutzbar, um diese selbsttätige Vorwärtsbewegung des Ankerwagens abzuleiten. Man nutzte daher die Drehung der Umlenkrolle am Wagen zur Ableitung der Bewegung. Der Ankerwagen wurde mit Hilfe einer kleinen Winde gegen einen Seilanker gezogen, der am Ende des Feldes lag.

Arbeitsprinzip:

Das Arbeitsprinzip ist im Bild 10.3.1/1 in stark vereinfachter Form wiedergegeben. Die Winden der Pfluglokomotive sind zum besseren Verständnis nebeneinander liegend dargestellt. Derartige Windenanordnung gab es am Anfang der Entwicklung. Sie wurden später aber durch übereinander liegende Winden abgelöst. Der Kipppflug wurde zwischen einer auf dem Vorgewende fahrenden Pfluglokomotive und einem, der Lokomotive gegenüber aufgestelltem Ankerwagen hin und her gezogen. Nach jedem Pfluggang wurde die Maschine bzw. der Ankerwagen abwechselnd um eine Arbeitsbreite des Pfluges zur Landseite hin vorgerückt.

Die Variante mit selbsttätigem Ankerwagen und Zug des Wagens gegen einen Seilanker am Ende des Feldes ist gestrichelt eingezeichnet. Der Ankerwagen besaß bei dieser Variante eine kleine separate Winde für das Zugseil des Erdankers.

Arbeitsgeräte:

Für dieses recht einfache Einmaschinensystem sind mindestens drei unterschiedliche Geräte erforderlich:
1. Eine Pfluglokomotive mit zwei Winden
2. Ein Ankerwagen (für manuellen oder selbsttätigen Betrieb)
3. Ein Kehrpflug. Im Regelfall war das ein Kipppflug

und ggf. bei den neueren Systemen zur selbsttätigen Bewegung des Ankerwagens in Richtung Arbeitsfortschritt

4. Ein fester Seilanker bei selbsttätiger Bewegung des Ankerwagens (gestrichelt gezeichnet) sowie
5. Ggf. diverse Seilträger.

Arbeitsablauf:

Die Pfluglokomotive und der Ankerwagen wurden auf den Vorgewenden ausgerichtet und der Erdanker des Ankerwagens festgesetzt.
Das Pflugseil wurde von der einen Winde der Lokomotive mit dem Pflug verbunden. Von der anderen Winde wurde das Seil über die Scheibe das Ankerwagens zur anderen Pflugseite geführt und angeschlossen. Auf dem Ankerwagen war eine waagerechte Leitrolle gelagert. Über die Leitrolle ging das Seil also von einer Winde zur anderen, und zwar auf direktem Weg. Die Seillage war annähernd parallel. Die Winden besaßen einen einzelnen Antrieb und liefen gegeneinander. Durch abwechselndes Antreiben der einzelnen Winden erhält der Pflug seine hin und her gehende Arbeitsbewegung.
Gearbeitet wurde zwischen der Pfluglokomotive und dem Ankerwagen. Der Ankerwagen hatte beim Pflügen zur Lokomotive hin nur eine geringe Querkraft aufzunehmen. Das nachgezogene Seil lief frei. Beim Pflügen in der anderen Richtung musste der Ankerwagen die doppelte Seilkraft aufnehmen. Das führte zu erheblichen Querbelastungen am Ankerwagen. Bei nur 12 PS Maschinenleistung lagen die Querbelastungen schon bei 400 bis 500 kp. Es kam häufiger vor, dass beim Pflügen in Richtung Ankerwagen der Erdanker herausgerissen wurden.

Die Arbeitsfortschrittsbewegung wird zum einen durch Verfahren der Pfluglokomotive und zum anderen durch Versetzen des Ankerwagens erreicht. Nach jedem Gang wird jeweils um die doppelte Arbeitsbreite des Pfluges versetzt.

Man versuchte die eingesetzte Maschinenleistung durch möglichst große Furchenlängen und rechteckige Ackerflächen bestmöglich auszunutzen. Eine Anpassung an eine nicht rechteckige Form des Ackers konnte nur in engen Grenzen vorgenommen werden. Auf der Lokomotivseite konnte dem Ackerrand gefolgt werden, wenn das Vorgewende dies zuließ. Auf der Ankerwagenseite war das schwieriger, da die Bewegungsrichtung vorgegeben war. Den schweren Ankerwagen nach jedem Gang entsprechend der Ackergrenze zu versetzen war unwirtschaftlich. Man konnte sich an der Ankerwagenseite nur so helfen, dass man die mögliche Furchenlänge nicht voll nutzte. Voraussetzung dafür war, dass genügend Platz für das geradlinige Verfahren des Ankerwagens vorhanden war.

Nach etwa 8 bis 10 ha Pflugarbeit muss das gesamte System umgesetzt werden.

An Personen waren für diesen Pflugbetrieb mindestens erforderlich:

- 2 Mann auf der Pfluglokomotive,
- 1 Pflugmann,
- 1 Schwanzmann,
- 1 Mann beim Ankerwagen (bei nicht selbsttätiger Bewegung des Wagens).

Noch nicht berücksichtigt sind die Zusatzkräfte für die Versorgung der Pfluglokomotive mit Brennmaterial und Wasser sowie ggf. Personen für das Umsetzen der Seilträger.

Bei den späteren Systemen wurde die Fortschrittsbewegung des Ankerwagens von der Bewegung des Zugseils abgeleitet. Der Mann am Ankerwagen entfiel dadurch.

Eigenschaften des Systems:

Für den Betrieb dieses Einmaschinensystems waren wenige Geräte erforderlich. Die Pfluglokomotive transportierte die notwendigen Geräte selbst zum Einsatzort. Der Aufbau war einfach. Die Anschaffungskosten für einen kompletten Pflugsatz lagen bei etwa 70 % eines gleichwertigen Zweimaschinensystems. Die Schläge wurden idealerweise in möglichst rechteckige Äcker eingeteilt. Das war in der Praxis aber nicht immer möglich. Im Betrieb konnte, wie zu Anfang erwähnt, bei diesem System auf der Seite der Pfluglokomotive in gewissen Grenzen der tatsächlichen Form des Ackers gefolgt werden.
Die Arbeitskosten für das Pflügen einer bestimmten Fläche waren, durch die geringeren Anschaffungskosten des Pflugsatzes, den ununterbrochenen Betrieb der Maschinen und den vergleichsweise günstigen Personaleinsatz, etwas geringer als beim Zweimaschinensystem. Allerdings war die Störanfälligkeit bei schweren Pflugarbeiten recht hoch.

Bezeichnungen und Abkürzungen für Maschinen und Geräte:

Für die Bezeichnungen von Maschinen und Geräten werden einheitlich Abkürzungen mit Großbuchstaben am Anfang verwendet.

AW	:	Ankerwagen
AR	:	Ankerrolle
AS	:	Anker mit Seil (Seilanker)
WW	:	Windewagen
W	:	Winde
PfLok	:	Pfluglokomotive
Lok	:	Lokomobile
KPf	:	Kipppflug
KG	:	Kulturgerät (allgemeines Gerät/Maschine für die Bodenkultur)

Bezeichnungen und Abkürzungen für die Bewegungen:

Für die Bezeichnungen von Bewegungen der beteiligten Komponenten werden einheitlich Abkürzungen mit Kleinbuchstaben am Anfang verwendet.

ab	:	Arbeitsbewegung (des Pfluges), Pfluggang
ab(La)	:	Arbeitsbewegung unter Last, Bewegung im Lasttrum
ab(Le)	:	Arbeitsbewegung leer, Bewegung im Leertrum
af	:	Arbeitsfortschrittbewegung (quer zur Arbeitsbewegung des Pfluges)
af(AW)	:	Arbeitsfortschrittbewegung des Ankerwagens
af(AR)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Ankerrolle
af(PfLok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Pfluglokomotive
af(Lok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Lokomobile (verschieben)
ub	:	Umkehrbewegung, Kehre der Arbeitsmaschine am Ende der Furche
wb	:	Wechselbewegung der Pflugkörper-Teile bei Kehrpflügen

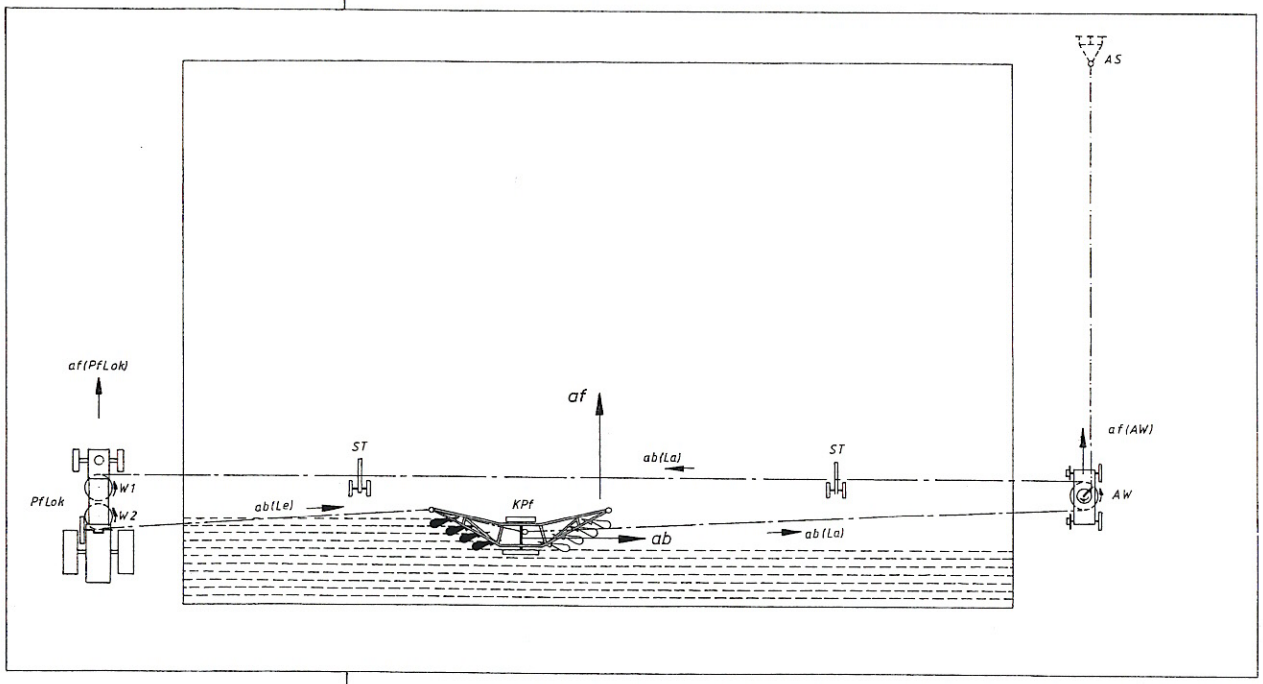


Bild 10.3.1/1: Einmaschinensystem mit paralleler Seilführung und doppelter Seilwinde

Je nach Größe der eingesetzten Maschinen blieb an den Kopfenden des Feldes ein Stück unbearbeitet, das so genannte Vorgewende. Man versuchte zwar mir dem Pflug so weit wie möglich an die Maschine heranzupflügen, aber die Breite der unbearbeiteten Partien konnte durchaus 6 bis 10 Meter betragen.
Dieses Stück Acker wurde im Regelfall mit Hilfe von Gespannen nachgepflügt.

Ein Schwachpunkt blieb, trotz aller im Laufe der Zeit vorgenommenen Verbesserungen, die begrenzte Belastbarkeit des Ankerwagens. Bei stark wechselnden Bodenverhältnissen oder Fremdkörpern im Boden kam es vor, dass der Ankerwagen herausgerissen wurde. Insbesondere wenn zum Ankerwagen hin gearbeitet wurde waren die Querkräfte am Wagen sehr hoch. Die Beseitigung derartiger Störungen war sehr aufwendig. Der Ankerwagen war im Allgemeinen zusätzlich mit Steinen belastet. Er war ohne Maschinenkraft oder den Einsatz von Gespannen kaum zu bewegen. Ein weiterer Nachteil war die sehr große Seillänge, die auf den Winden der Maschine lag.

Das Bild 10.3.1/2 vermittelt einen stark vereinfachten Eindruck von der Arbeit eines Einmaschinensystems mit paralleler Seilführung und einem Ankerwagen. Die zeitgenössische Skizze ist sicherlich nicht maßstäblich. Die Basiselemente des Systems sind aber gut erkennbar. Der gezeichnete Ankerwagen besaß schon eine selbsttätige Nachführung.

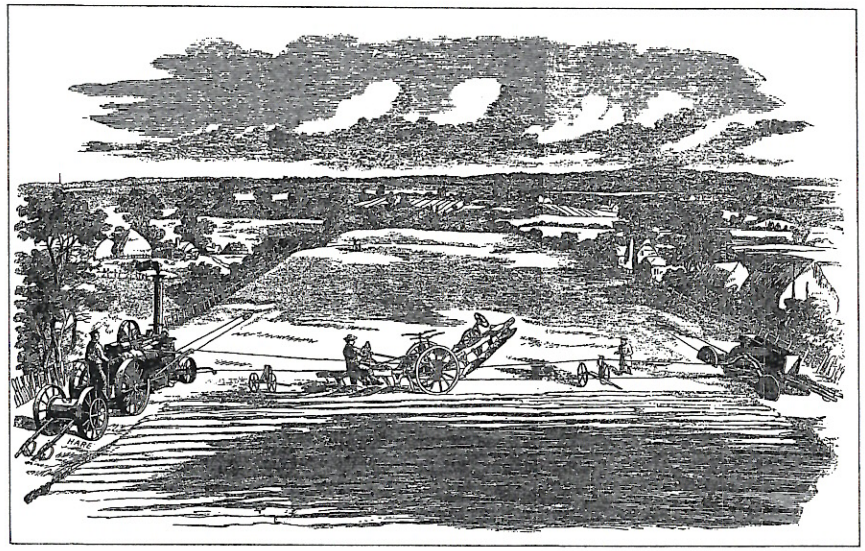


Bild 10.3.1/2: Arbeit mit dem Einmaschinensystem (zeitgenössische Zeichnung)

Anmerkung:
In den frühen Phasen der Entwicklung des Pflügens mit Dampfkraft gab es Versuche und auch eingesetzte Verfahren, die mit geringstem maschinellem Aufwand auszukommen versuchten. Aus den Erfahrungen mit einfachen Einmaschinensystemen mit Seilführung um das Feld (Rundherum-Systemen) waren Ankerrollen und deren Belastbarkeit bekannt. Es lag also nahe, diese Geräte auch in Verbindung mit einer Pfluglokomotive zu nutzen. Man hat am Anfang also versucht, den Pflug zwischen der Pfluglokomotive und einer einfachen Ankerrolle hin und her zu ziehen. Der Aufwand an Arbeitspersonen war hierbei natürlich größer. Die Erdanker der Ankerrolle mussten nach jedem zweiten Gang mühsam gezogen und wieder eingeschlagen werden.

Da auf der Ankerolle beim Gang des Pfluges zur Rolle hin die doppelte Seilkraft anlag, waren die Pflugleistungen gering. Im Vergleich zum Pflügen mit Gespannen blieb als wesentlicher Vorteil nur die höhere Pfluggeschwindigkeit. Das war auf Dauer zu wenig. Eine größere Verbreitung hat diese Variante nicht gefunden.

10.3.2 Pfluglokomotiven für dieses System

Typisch für sehr viele technische Entwicklungen ist die anfänglich große Vielfalt an unterschiedlichen Konzepten. So auch bei den Pfluglokomotiven für das Einmaschinensystem. Am Anfang der Entwicklung waren, nach heutigem Verständnis, noch sehr ausgefallene Konstruktionen in Gebrauch. Sie waren auch nur für einen einzigen Zweck eingerichtet, nämlich das Pflügen mit den Winden. Die Anzahl der Räder der Lokomotiven, die Anordnung und Art des Kessels, die Lage und Ausführung der Dampfmaschine, die Lage der Winden, alles wurde variiert, gebaut und erprobt. Erst nach einigen Jahrzehnten setzte sich die bekannte Form der Pfluglokomotiven mit vier Rädern, liegendem Kessel mit aufgesattelter Dampfmaschine und Winden unter dem Kessel durch. Sicherlich hat auch die Entwicklung der Straßenlokomotiven ihren Anteil am endgültigen Aussehen der Pfluglokomotiven gehabt. Diese Fahrzeuge waren auch zum Ziehen von Lasten u. ä. recht gut geeignet.

Das Bild 10.3.2/1 zeigt eine frühe Maschine der Fa. Howard, etwa aus dem Jahr 1862. Die Pfluglokomotive war dreirädrig. Das Vorderrad war in einem Drehgestell gelagert. Der Kessel mit Feuerbüchse und oben liegender Einzylinder-Maschine war quer angeordnet. Die Maschine leistete 10 bis 12 PS. Die Achse der beiden Winden (im Bild etwas verdeckt) lag horizontal seitlich an der Maschine. Der Abgang der Windenseile war zur Feldseite gerichtet. Die Maschine war gut durchdacht. Nach jedem zweiten Pfluggang war das Vorwärtsrücken bei dieser Konstruktion sehr einfach möglich.

Eine derartige Pfluglokomotive ist 1864 in Deutschland auf den Feldern der Domäne Calbe a. d. Saale im Einsatz gewesen.

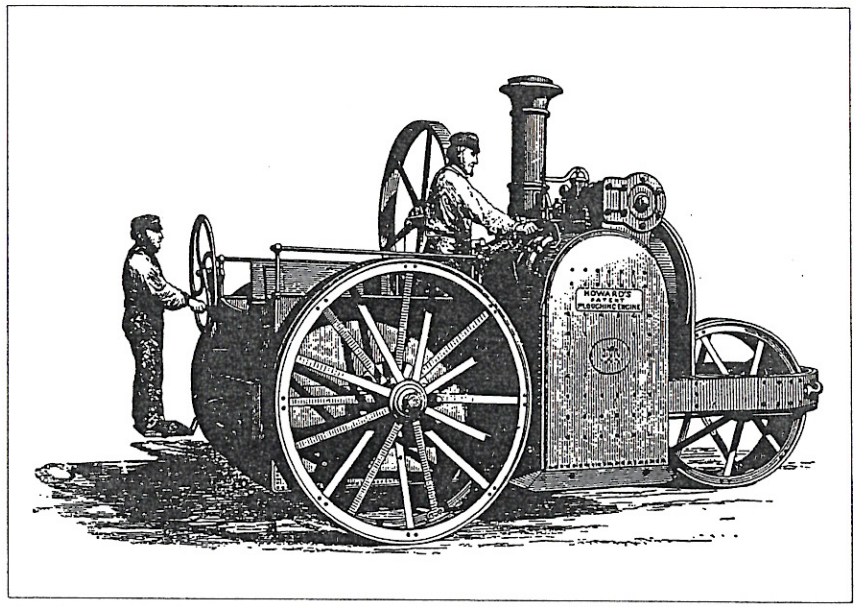


Bild 10.3.2/1: Dampfpflugmaschine der Fa. Howard (um 1862)

In der Tafel 10.3.2/1 ist ebenfalls eine Pfluglokomotive der Fa. Howard zu sehen. Allerdings nach zehn Jahren Weiterentwicklung. Sie stammt aus dem Jahre 1872.

Die Anordnung des Kessels und der Maschine war umgekehrt zu den Ausführungen, die sich später Ende des 19. Jahrhunderts durchgesetzt hatte. Kamin und Rauchkammer lagen hinten, unter dem schmal gehaltenen Tender lagen die Vorderräder. Gelenkt wurde mit Hilfe eines großen Handrades an der Frontseite des Tenders. Über ein Getriebe mit großer Untersetzung konnte die starre Vorderachse geschwenkt werden. Sie stützte sich über einen Drehschemel am Rahmen ab. Der liegende Kessel war in üblicher und bewährter Lokomotivbauweise ausgeführt. Die Feuerbüchse lag rechts. Die Rauchkammer links. Alle zur Bedienung erforderlichen Einrichtungen konnten von einer Person vom Fahrerstand aus betätigt und überwacht werden. Zum Antrieb der zwischen den beiden Winden liegenden hinteren Achse diente ein Rädergetriebe.

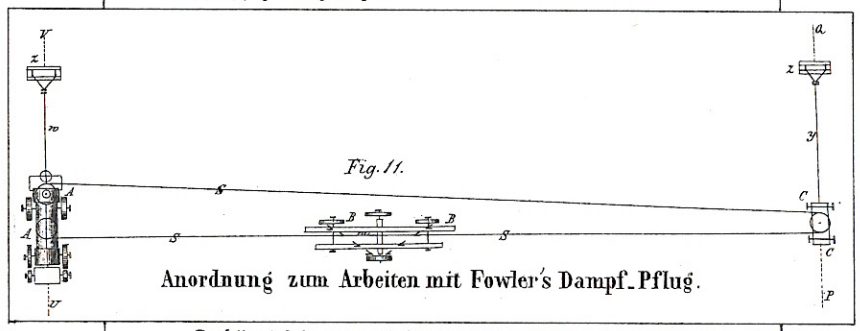
Die beiden Winden waren schon unter dem Kessel liegend angeordnet. Sie lagen nebeneinander und stützten sich am Kessel und einem stabilen Hilfsrahmen ab. Der Kraftangriffspunkt der Seile lag unterhalb der Achse des großen Hinterrades. Ein Anheben beim Pflügen war ausgeschlossen und die Zugkraft verstärkt den Eingriff der Räder in den Boden. Insgesamt also eine sehr günstige Konstruktion. Die Winden wurden von einem Rädergetriebe von der Schwungradwelle angetrieben. Die einzelnen Winden konnten vom Fahrerplatz über einen Hebelmechanismus ein- und ausgekuppelt werden. Die eine Winde war rechtsdrehend, die andere linksdrehend. An den Windenkörben waren schon Führungsrollen angebracht, die mit Hilfe eines kleinen Differentialvorgeleges langsam auf und ab bewegt wurden. Damit wurde ein gleichmäßiges Auf- bzw. Ablaufen der Seile erreicht.

Diese Pfluglokomotive von Howard war noch deutlich auf den ausschließlichen Einsatz beim Pflügen zugeschnitten. Zu etwas anderem war sie kaum einsetzbar. Mit Einschränkungen vielleicht noch als begrenzt flexible stationäre Antriebsmaschine für wechselnde Aufgaben in der Landwirtschaft. Die nutzbare Einsatzzeit, bei zwei Pflugkampagnen pro Jahr, war relativ gering.

Anmerkung:
In einer zeitgenössischen Notiz über das Chester Country Meeting im Jahr 1858 wurden einige Bodenkultursysteme vorgestellt, die mit „Dampfmaschinen als Motor zum Bearbeiten des Erdbodens für landwirtschaftliche Zwecke“ arbeiteten. Im Rahmen dieser jährlich durchgeführten Meetings der Royal Agricultural Society wurden im Rahmen der angeschlossenen Geräte- und Maschinenausstellung auch praktische Prüfungen durchgeführt. Zu dem frühen Fowler'schen Einmaschinensystem mit paralleler Seilführung und doppelter Seilwinde liegt folgende Bemerkung vor (Landwirtschaftliche Zeitung. Hannover 1859, Nr 262):

Fowler's[55] Anordnung wird der Grundlinie nach das Diagramm Fig. 11 deutlich machen.

Dabei ist die transportable Dampfmaschine mit A bezeichnet, welche, zugleich Seilwindeapparat, Kohlen und Wassertender mit sich vereinigt, auch überdieß so eingerichtet ist, daß sie langsam in der Richtung von U nach V fortschreitet, wozu bei z ein Anker eingegraben wird, an dem ein Seil w festgebunden ist, welches die Maschine entsprechend aufwindet. Genau gegenüber der letztern, am entgegengesetzten parallelen Feldrande, befindet sich ein Karren C, der vermöge seiner in den Erdboden einschneidenden Räder einen zweiten Stützpunkt für das endlose Seil S bildet und überdieß eine horizontale Seilscheibe zur Umsetzung der Bewegung trägt. Ferner befindet sich auf diesem Karren eine Combination von endloser Schraube mit Räderwerk, gleichzeitig durch die große Seilscheibe bewegt, wodurch wiederum ein Seil y aufgewunden wird, dessen freies Ende bei z verankert ist. Wie hierdurch der Ankerkarren übereinstimmend mit der Locomotive A und in der Richtung von P nach Q parallel zu UV fortbewegt werden kann, dürfte weitere Auseinandersetzung nicht erfordern. An dem endlosen Seile S ist bei m der eigenthümliche Fowler'sche Pflug B angehangen.[56]

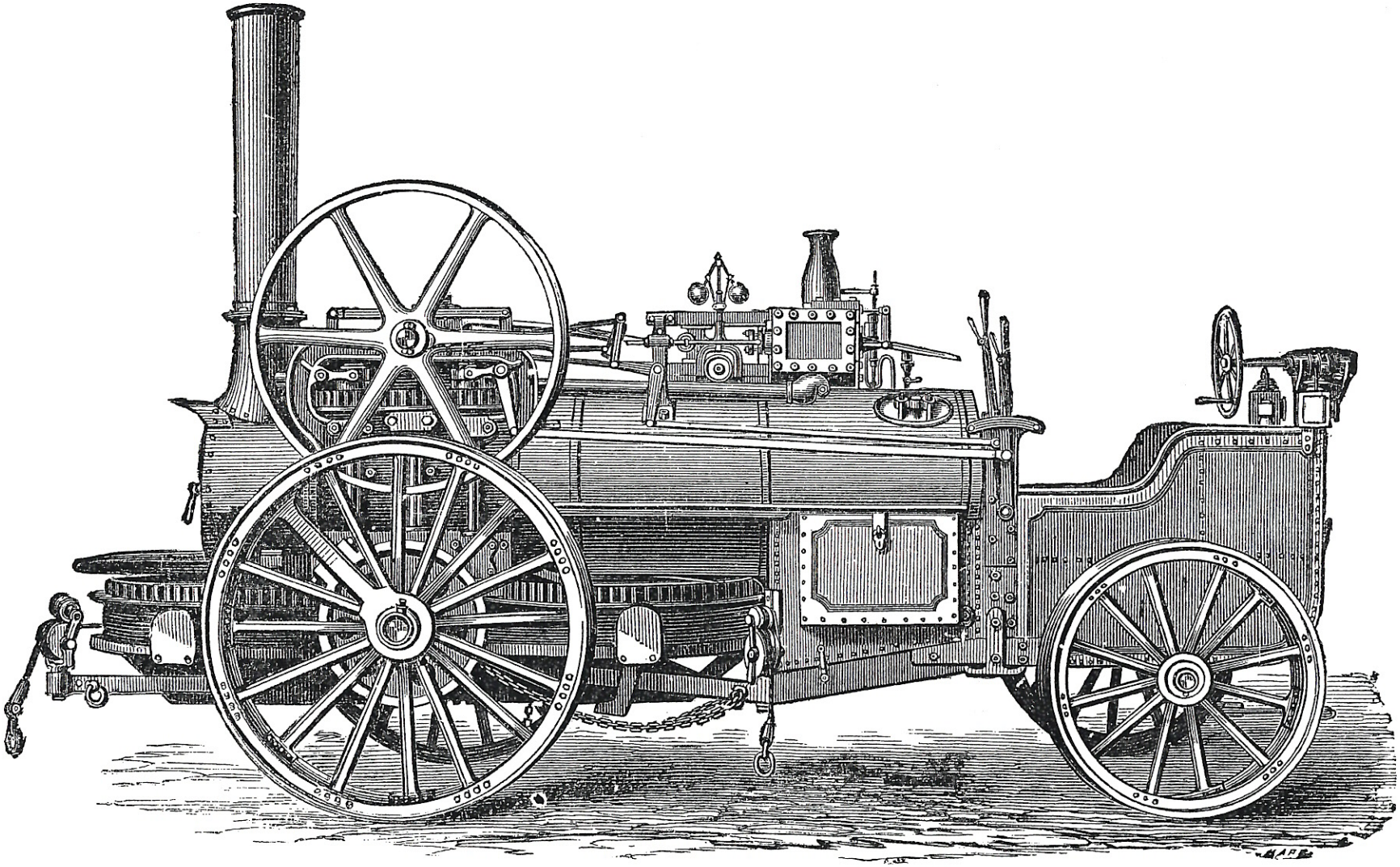


Derselbe besteht aus zwei Sätzen einzelner Pflüge, mit zugehörigen Streichbretern, Scharen und Segs, der eine Satz mit rechts, der andere mit links gewundenen Streichbretern, sämmtlich an zwei parallele, zu einem Ganzen vereinigte Pflugbäume befestigt, welche hebelartig auf ein paar Rädern in der Mitte drehbar gemacht, und im Gleichgewicht befindlich (balancirt) sind. Zufolge dieser Anordnung befindet sich immer ein Satz Pflüge in der Luft, während der andere Satz im Boden arbeitet, die entgegengesetzte Lage (durch Umkippen) aber immer erst am Ende einer Furche, zum Anfange einer neuen, gegeben wird, was leicht und schnell geschieht. Von den beiden Mittelrädern ist das eine höher wie das andere, damit ersteres in der Furche, letzteres auf dem Lande laufen kann. Außerdem sind noch zwei stützende, niedrigere Räder am langen Balken des Pflugrahmens angebracht, während auf dem kurzen (zu ersterem parallelen) der Pflüger seinen Sitz nimmt, um mittelst eines Handrades, Schraube ohne Ende und gelenkförmigen Winkelhebelwerkes die gehörige Steuerung des Pfluges beim Fortziehen desselben zu bewirken. Das tiefer oder flacher Stellen der arbeitenden Pflüge geschieht einfach durch Drehen von Griffen, welche den Pflugrahmen (vermöge Schraubenanordnungen) näher oder entfernter den Rädern bringen.

Hat der Pflug das eine Ende einer gebildeten (also hier vierfachen) Furche erreicht, so verläßt der Pflüger seinen Sitz, worauf derselbe mit Leichtigkeit das ganze Pflugsystem in Schwebe erhalten und so viel parallel zur Seite schieben kann, als dieß das Bilden der nächsten Furchenreihe verlangt. Bemerkt zu werden verdient dabei, daß sich, an jedem solchen Furchenende, die Locomotive A wie der Ankerkarren C (man sehe Fig. 11) um gleichviel parallel den Linien UV und PQ, also hier um die Distanz von vier Furchenbreiten, weiter bewegt haben. Daß zum Pflügen der Furchen in entgegengesetzter Richtung auch die Drehrichtung der Seilscheiben geändert werden muß, versteht sich wohl von selbst.

[55] Bei der Chelmsford-Ausstellung (1856) hatte das Fowler'sche System zwei Ankerkarren und die locomobile Dampfmaschine war in der Mitte der Parallele zur Richtung des arbeitenden Pfluges aufgestellt. In Salisbury (1857) stellte Fowler an jedem Ende der zu bildenden Furche eine Locomobile auf, auch war das Betriebsseil kein endloses. In beiden Fällen arbeitete Fowler zu theuer um den ausgesetzten Preis zu erhalten.

[56] Dessen Construction aus den, der nachfolgenden Patent-Beschreibung beigegebenen Zeichnungen ersichtlich ist. A. d. Red.



Tafel 10.3.2/1: Dampfpfluglokomotive von Howard für das Einmaschinensystem (1872)

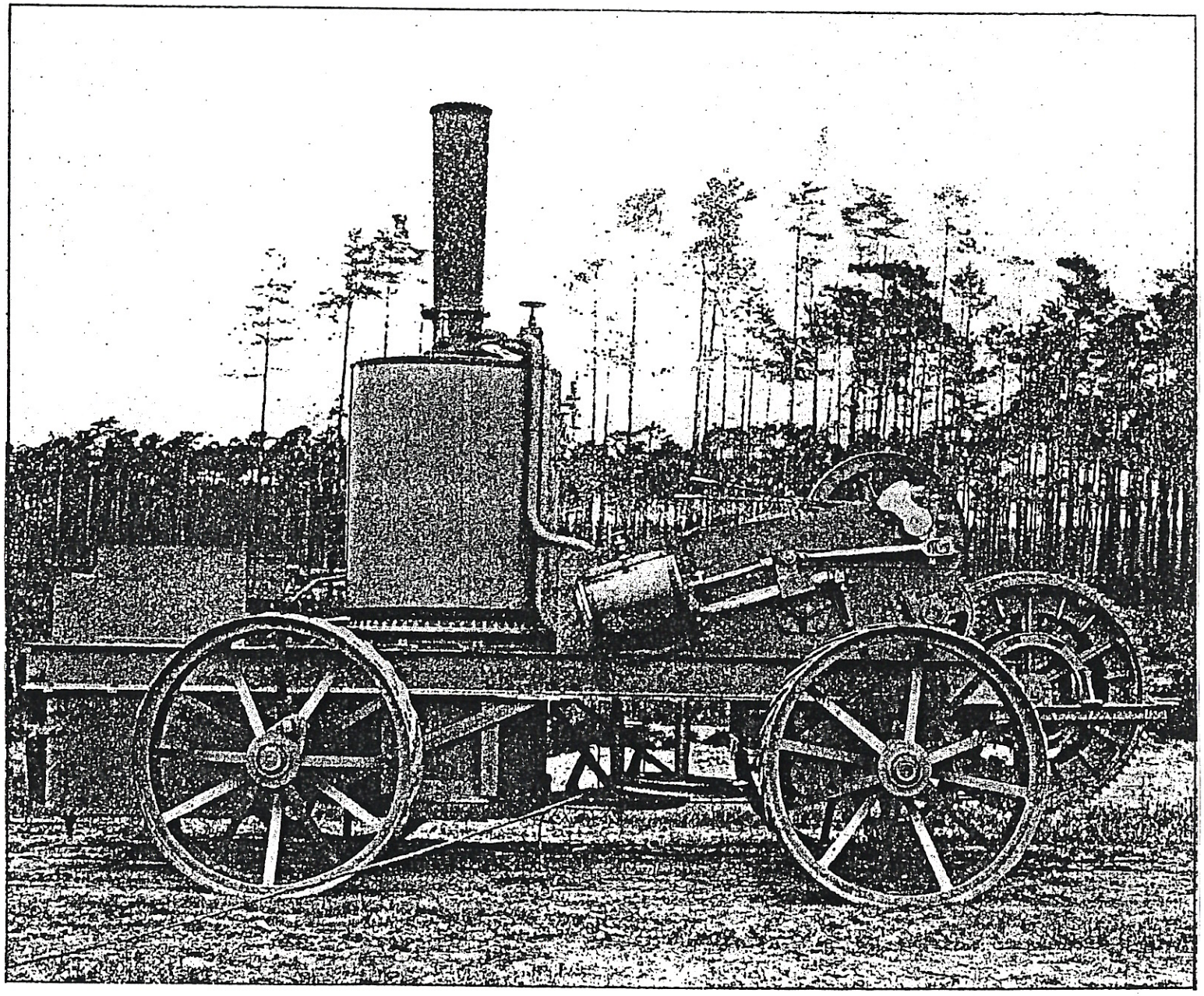
In der Tafel 10.3.2/3 ist eine Pfluglokomotive der Maschinenfabrik Brutschke, Berlin, dargestellt. Das Unternehmen wurde um 1882 gegründet als Fabrik für landwirtschaftliche Geräte und Maschinen. Brutschke baute seit 1885 Pfluglokomotiven für das Ein- und Zweimaschinensystem, zum einen mit Dampfantrieb, zum anderen mit Antrieb durch Explosionsmotoren. Brutschke erkannte schon vor 1900, dass der Weg zu immer größeren und teureren Einzweckmaschinen für die Dampf-Bodenkultur eine Sackgasse war und das diese Maschinen den Bedürfnissen der überwiegenden Zahl der ländlichen Wirtschaften nicht entsprach. Seine eigenständigen Maschinenkonstruktionen waren einfacher, leichter, preiswerter als die der Wettbewerber bei gleicher Leistungsfähigkeit. Die in der Tafel 10.3.2/3 dargestellte außergewöhnliche Pfluglokomotive wurde um 1898 für das Einmaschinensystem gebaut. Es war eine der größeren Maschinen des Herstellers.
Bei den Dampfpfluglokomotiven vermied Brutschke die Nachteile, die sich aus der Befestigung aller hoch beanspruchten Komponenten am Dampfkessel selbst ergaben. Bei seiner Konstruktion nahm ein tragendes Rahmengestell die Räder, die Winden und einen Stehkessel auf. Ausführung war leichter, einfacher, sicherer und preiswerter als die übliche Bauweise mit Lokomotivkessel. Brutschke stellte Pfluglokomotiven mit unterschiedlichen Leistungen her. Sie zeichneten sich u.a. durch ein geringes Gewicht aus. Bei 17 m^2 Heizfläche wogen seine Pfluglokomotiven beispielsweise nur 11 Tonnen. Vergleichbare Maschinen mit Lokomotivkesseln wogen 17,5 Tonnen. Brutsche besaß eine Reihe von Patenten auf seine Konstruktionen. Die dargestellt Dampfpfluglokomotiven hatten einen Vierradantrieb. Die Hinter- und Vorderräder waren gleich groß. Die Radlasten waren gleichmäßig auf die Vorder- und Hinterräder verteilt.

Anmerkung:
Brutschke war ein anerkannter Fachmann für den Einsatz maschinell betriebener landwirtschaftlicher Einrichtungen. Er veröffentlichte eine Reihe von Fachaufsätzen in der landwirtschaftlichen Presse zu den unterschiedlichen Problemen in diesem Bereich.

Anmerkung:
Um 1898 brachte Brutschke eine weitgehend neue und eigenständige Dampfpfluglokomotive auf den Markt. Bei den üblichen Konstruktionen mit Lokomotivkesseln lagen etwa ¾ des Gewichts auf der hinteren Achse und ¼ auf der vorderen. Beim Pflügen führte die ungleiche Achsbelastung leicht zum Einsinken der hinteren Räder in den Boden und durch die Seilkräfte neigten die gering belasteten Vorderräder zum seitlichen Versetzen.
Die Maschine von Brutschke besaß ein tragendes Rahmengestell mit vier gleich großen Rädern. Maschine, Winden und Stehkessel waren so angeordnet, dass eine gleichmäßige Lastverteilung auf beide Achsen erreicht wurde. Alle vier Räder wurden angetrieben. Das war bei Pfluglokomotiven einmalig. Die Maschine konnte in schwierigstem Gelände leicht manövrieren. Sie grub sich weder in tiefem Sand noch in schwerem, aufgeweichtem Lehmböden ein. Gelenkt wurde die Maschine nicht mit Hilfe eines Lenkrades und einer schwenkbaren Lenkachse, sondern mit Hilfe eines Lenkhebels, der die Antriebskraft auf jeweils eine Maschinenseite verteilte. Der Kessel hatte eine große Feuerbüchse mit Quersiederohren. Ein stehender Kessel hatte den Vorteil, dass die Heizflächen in hügligem Gelände nicht so schnell „bloß-lagen" Der obere Teil des äußeren Kesselmantels war mit dem Unterteil verschraubt. Er konnte zur Reinigung abgehoben werden. Der Kessel hatte gut 20 m^2 Heizfläche.
Die beiden Dampfzylinder der Maschine lagen außen. Die Kurbelwelle war gerade und hatte zwei einfache Stirnkurbeln. Die Achse der beiden Windentrommeln lag horizontal gut zugänglich vor der Maschine. Einfache und sichere Stirnräder reichten zum Antrieb. Unter dem Rahmengestell, nahe am Boden, waren die beiden Umlenk-Seilscheiben angeordnet. Das ursprüngliche Einsatzgebiet der Maschine war die Bodenbearbeitung nach dem Einmaschinensystem. Zwei angepasste Maschinen konnten aber auch im Zweimaschinensystem arbeiten. Die Pflugleistungen waren dann entsprechend größer.
Ein Einmaschinensystem von Brutschke (mit Pfluglokomotive, Ankerwagen und Seil) kostete 22000 Mark. Es war deutlich preiswerter als vergleichbare Systeme.

Anmerkung:
Auch der Ankerwagen war eine besondere Konstruktion von Brutsche. Er war patentiert. Der Ankerwagen wurde im automatischen Betrieb unter schweren Verhältnissen eingesetzt Die notwendige Antriebsenergie zum Ziehen des Ankers, Verfahren des Ankerwagens und erneutem Setzen des Erdankers wurde über Getriebe aus der Drehbewegung der Umlenkscheibe abgeleitet. Der Ankerwagen arbeitete sehr zuverlässig, d. h., auch in Verbindung mit anderen Pfluglokomotiven hielten die Anker den Belastungen statt. Es kam bei anderen Ankerwagen häufiger vor, dass sie sich ruckartig lösten oder kippten und den Pflugmann gefährdeten. Die Arbeit musste dann unterbrochen werden bis neue Anker gesetzt waren.
Brutschke baute auch Ausführungen mit einem doppelten Erdanker. Einer fixierte in üblicher Weise während des Zuges die Umlenkscheibe, der andere freie Anker konnte in dieser Zeit neu verlegt werden. Das ersparte Zeit.

Bild 10.3.2/2: Pflügen mit dem Einmaschinensystem von Brutschke (um 1899)



Tafel 10.3.2/3: Dampfpfluglokomotive der Masch.-Fabrik Brutschke für das Einmaschinensystem (um 1898)

Eine Pfluglokomotive für das Einmaschinensystem von A. Borsig, Berlin-Tegel, ist in der Tafel 10.3.2/4 dargestellt. Borsig hatte 1897 in Zusammenarbeit mit Ventzki in Graudenz begonnen, Pfluglokomotiven üblicher Bauart für das Zweimaschinensystem herzustellen. Parallel dazu wurden kleine Dampfpfluglokomotiven für das Einmaschinensystem entwickelt. Die Maschinen waren wesentlich einfacher im Aufbau und preiswerter als die üblichen Dampfpfluglokomotiven. Die Maschinen waren in Rahmenbauweise gebaut. Kessel, Maschine und Winden waren in einem tragenden Rahmen befestigt. Als Kessel wurde ein Stehkessel mit abnehmbarem Oberteil verwendet. Eine Zweizylindermaschine trieb die Winden und den Fahrantrieb an. Die Windenachse lag horizontal hinter der Maschine. Die hintere Achse mit ihren großen Rädern wurde angetrieben. Die vordere Achse mit ihren kleinen Rädern war Lenkachse. Die Seilscheiben für die Seilumlenkung lagen unter dem Rahmen zwischen Vorder- und Hinterachse.

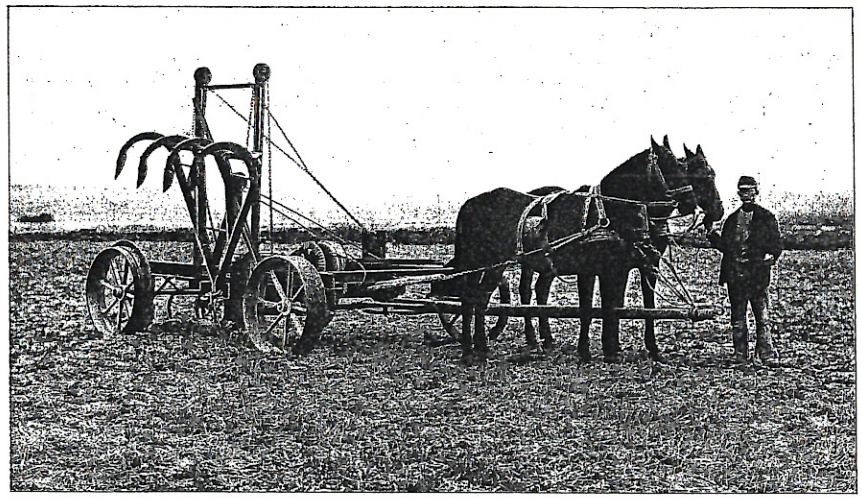
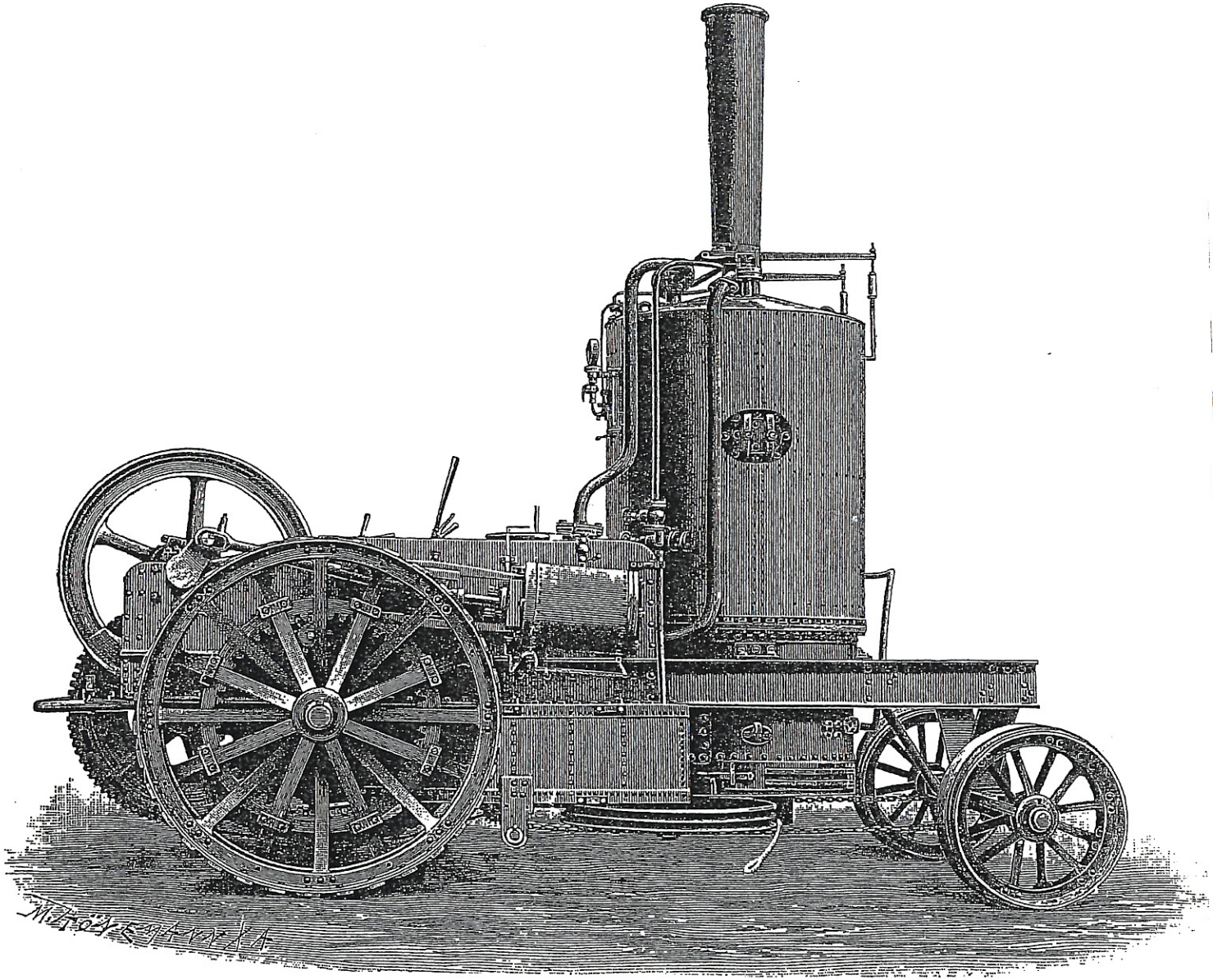


Bild 10.3.2/3: Transport eines Ankerwagens auf dem Acker mit Gespann

Anmerkung:
Die A. Borsig G.m.b.H. stellte 1922 auf der Wanderausstellung der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft in Nürnberg zwei Dampfseilpflüge aus. Eine größere Maschine mit etwa 100 PS in üblicher Bauweise und eine neuere kleinere mit einer Leistung von 65 PS.
Von der technisch interessanten kleineren Dampfpfluglokomotive gibt es leider nur eine schriftliche Beschreibung. Bei ihr wurde die übliche Bauart, deren Kessel zugleich den Rahmen für die Dampfmaschine, Seiltrommel und Fahrachsen bildet, aufgegeben. Die Maschine war zwischen den Lenk- und Triebrädern und der Kessel mit der Rauchkammer nach hinten über der Triebachse gelagert. Beide lagen auf einem gemeinsamen Fahrrahmen. Die Dampfmaschine war auf einer besonderen Grundplatte aufgebaut, an deren Unterseite die Seiltrommel mit senkrechter Welle hing. Die Kurbelwelle lag quer zum Fahrgestell über der Grundplatte, so dass die Kupplungen zwischen der Getriebewelle und dem Fahr- und dem Windenantrieb bequem zugänglich waren. Als Dampfmaschine wurde eine *Gleichstrommaschine (!!)* mit 240 mm Zylinderdurchmesser und 219 mm Hub mit Klug'scher Umsteuerung gewählt. Sie leistete bei 400 U/min 65 PS. Der Kessel für 15 at hatte dieselbe Form wie der der größeren Lokomotiven, einschließlich des Überhitzers 10,5 m^2 Heizfläche und war mit einem Vorwärmer von 0,59 m^2 versehen. Die Trennung des Kessels von der Maschine bot den Vorteil, dass der Kessel nicht durch die zur Befestigung der Lagerböcke und Grundplatten nötigen Schraubenlöcher geschwächt und durch die vom Seil ausgeübten Kräfte beansprucht wurde. Die Dampfmaschine konnte mit dem Schaltgetriebe und der Seilwinde auf der Grundplatte bequem zusammengepasst werden und bildet ein geschlossenes Ganzes, das wiederum von der Wärmeausdehnung des Kessels unabhängig war. Das Betriebsgewicht der kleineren Maschine betrug 10 Tonnen.

Anmerkung:
Borsig stellte auch Seilpfluglokomotiven für das Einmaschinensystem mit elektrischem Antrieb und Antrieb durch einen Explosionsmotor her



Tafel 10.3.2/4: Dampfpfluglokomotive von A. Borsig für das Einmaschinensystem (um 1899)

10.3.3 Ankerwagen für dieses System

Eine technisch aufwendige Ausführung eines Ankerwagens für das Einmaschinensystem zeigt die Abbildung 10.3.3/1. Der vierrädrige Wagen war ganz aus Eisen gefertigt. Die große Umlenkscheibe ist in der Abbildung verdeckt. Die landseitigen Räder hatten Schneidkränze. So konnte die Richtung beim Versetzen besser gehalten werden. Der große Erdanker ist ins Vorgewende eingezogen abgebildet. Er besaß vier Zinken und konnte mit einem Hebemechanismus mit „Maschinenkraft" ausgehoben werden. Der Antrieb des Hebemechanismus erfolgte durch die Drehbewegung der Seilscheibe über ein kleines Getriebe. Der Ankerwagen besaß auch eine Einrichtung zum selbsttätigen Versetzen in Richtung des Arbeitsfortschritts. Mit Hilfe einer kleinen Winde auf dem Wagen wurde er gegen einen am Feldrand stehenden, festen Anker gezogen. Der Ankerwagen war relativ leicht. Zusätzlichen Ballastbehälter waren durch den Einsatz des Erdankers nicht erforderlich Bei dieser Ausführung konnte die zusätzliche Arbeitsperson zum Versetzen nach jeder Furche entfallen.

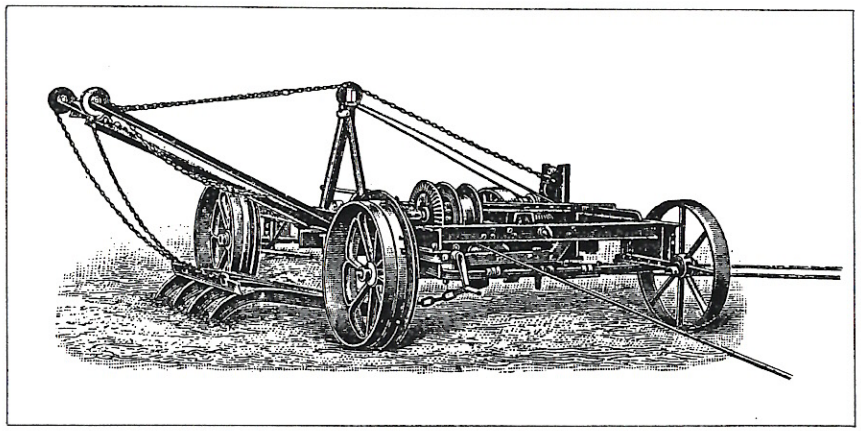


Bild 10.3.3/1: Selbsttätiger Ankerwagen für das Einmaschinensystem

Eine andere Ausführung eines Ankerwagens zeigt das Bild 10.3.3/2. Ein Erdanker war bei ihm nicht vorhanden. Die Räder bestanden aus 4 bis 6 scharfkantigen kreisförmigen Scheiben, die leicht in den Boden einschnitten und die Querkräfte aufnehmen sollten. Die Form und die Abmessungen mussten so abgestimmt sein, dass im Normalbetrieb auch bei größter Pflugleistung ein Querversatz des Wagens oder ein Herausreißen vermieden wurde. Damit die Scheiben nicht zu tief eindrangen und die Umlenkscheibe für das Pflugseil auf dem Boden schleifte, waren mehrere Räder mit aufgesetzten Radreifen entsprechenden Durchmessers ausgestattet. Sie begrenzten die Einsinktiefe der Scheibenräder.
Der Ankerwagen besaß eine große Leit- oder Umlenkscheibe mit vertikaler Achse unter dem eisernen Fahrgestell. Die Anordnung war so gewählt, dass die Scheibe möglichst dicht über dem Boden lag. Damit sollte das Umkippen unter Belastung verhindert werden. Durch die phasenweise sehr hohen Kräfte im Seil waren die Verluste im Seiltrieb und am Ankerwagen durch die Reibung in den Lagern und an der Seilscheibe hoch. Bei Versuchen in England lagen sie zwischen 20 und 30 % der eingesetzten Leistung.

Der Wagen hatte oben einen großen Ballastbehälter für Steine. Auch dieser Ankerwagen konnte sich selbsttätig versetzen. Eine kleine Windetrommel war auf dem Wagen angeordnet. Zum Antrieb wurde die wechselnde Bewegung der Umlenkscheibe genutzt. Das freie Ende des Seils der Fahrwinde war wieder am Ende des Feldes mit Hilfe eines Ankers festgesetzt. Der Ankerwagen kann sich durch schrittweises Aufwickeln des Seiles am Feldrand „aus eigener Kraft" bewegen. Die Länge der einzelnen Wegschritte konnte eingestellt werden.
Die Konstruktion des „Ankerwagen" ohne Erdanker war einfacher und der Ablauf beim Versetzen einfacher zu „automatisieren". Allerdings zu Lasten eines erhöhten Risikos gegen herausreißen.

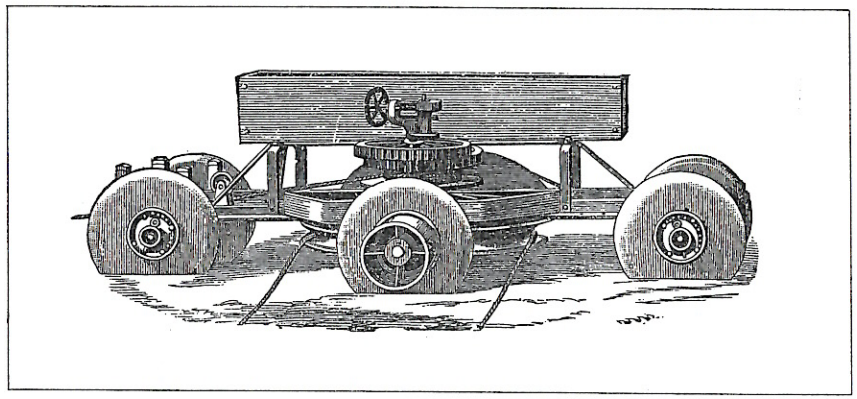


Bild 10.3.3/2: Selbsttätiger „Ankerwagen" ohne Erdanker für das Einmaschinensystem

Einen leichten Ankerwagen für einen Pflugsatz von Fowler zeigt das Bild 10.3.3/3. Der Wagen konnte selbsttätig vorrücken. Er besaß nur drei Scheibenräder mit einem weit vorgelagerten Rad zur Pflugseite hin zur Verminderung der Kippgefahr unter Belastung. Auch dieser Wagen hat zur Sicherheit wieder einen Ballastkasten. Um die Wirkung zu verstärken wurden die Ballastkästen möglichst weit seitlich an der zum Seilzug entgegengesetzten Seite angebaut.

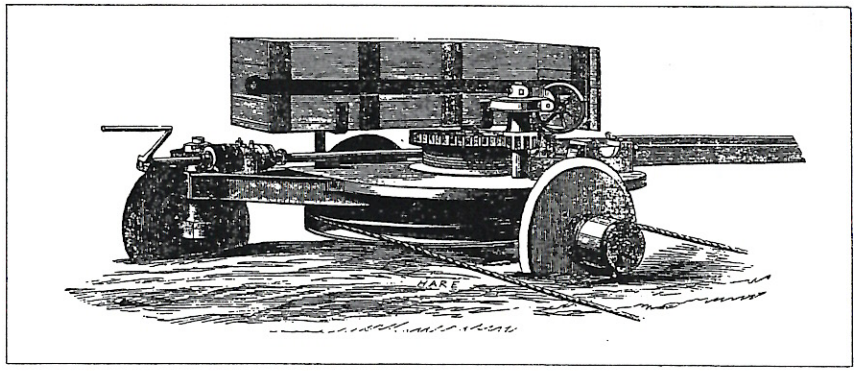


Bild 10.3.3/3: Leichter Ankerwagen für das Einmaschinensystem

10.4 Einmaschinensystem mit paralleler Seilführung, doppelter Seilwinde und anderen Ankerkonstruktionen

Die Nachteile des Einmaschinensystems mit paralleler Seilführung und einem Ankerwagen waren offensichtlich. Insbesondere die Unsicherheiten beim Ankerwagen und die Beschränkung auf eine möglichst rechteckige Ackerfläche führten früh zu verschieden Verbesserungen. Das Grundprinzip wurde beibehalten, aber die Konstruktion und die Anzahl der „Ankerwagen" wurden in unterschiedlichster Weise verändert. Die Weiterentwicklungen betrafen vornehmlich folgende Bereiche:

- bessere Übertragung der Seilkräfte auf die Bodenverankerung des Ankerwagens,
- bessere Anpassung der Ankerwagenseite an eine unregelmäßige Feldgeometrie,
- ununterbrochenes Arbeiten ohne Begrenzung der Feldgröße.

Als Beispiel soll an dieser Stelle eine Lösung mit einer anderen Bodenverankerung und zwei Wechselankern vorgestellt werden. Das Arbeitsprinzip ist im Bild 10.4/1 wiedergegeben. Die eingesetzten Pfluglokomotiven und Pflüge entsprechen denen des im Abschnitt 10.3 vorgestellten Systems.

Bezeichnungen und Abkürzungen für Maschinen und Geräte:

Für die Bezeichnungen von Maschinen und Geräten werden einheitlich Abkürzungen mit Großbuchstaben am Anfang verwendet.

AW	:	Ankerwagen
AR	:	Ankerrolle
AS	:	Anker mit Seil (Seilanker)
WW	:	Windewagen
W	:	Winde
PfLok	:	Pfluglokomotive
Lok	:	Lokomobile
KPf	:	Kipppflug
KG	:	Kulturgerät (allgemeines Gerät/Maschine für die Bodenkultur)

Bezeichnungen und Abkürzungen für die Bewegungen:

Für die Bezeichnungen von Bewegungen der beteiligten Komponenten werden einheitlich Abkürzungen mit Kleinbuchstaben am Anfang verwendet.

ab	:	Arbeitsbewegung (des Pfluges), Pfluggang
ab(La)	:	Arbeitsbewegung unter Last, Bewegung im Lasttrum
ab(Le)	:	Arbeitsbewegung leer, Bewegung im Leertrum
af	:	Arbeitsfortschrittbewegung (quer zur Arbeitsbewegung des Pfluges)
af(AW)	:	Arbeitsfortschrittbewegung des Ankerwagens
af(AR)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Ankerrolle
af(PfLok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Pfluglokomotive
af(Lok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Lokomobile (verschieben)
ub	:	Umkehrbewegung, Kehre der Arbeitsmaschine am Ende der Furche
vb	:	Wechselbewegung der Pflugkörper-Teile bei Kehrpflügen

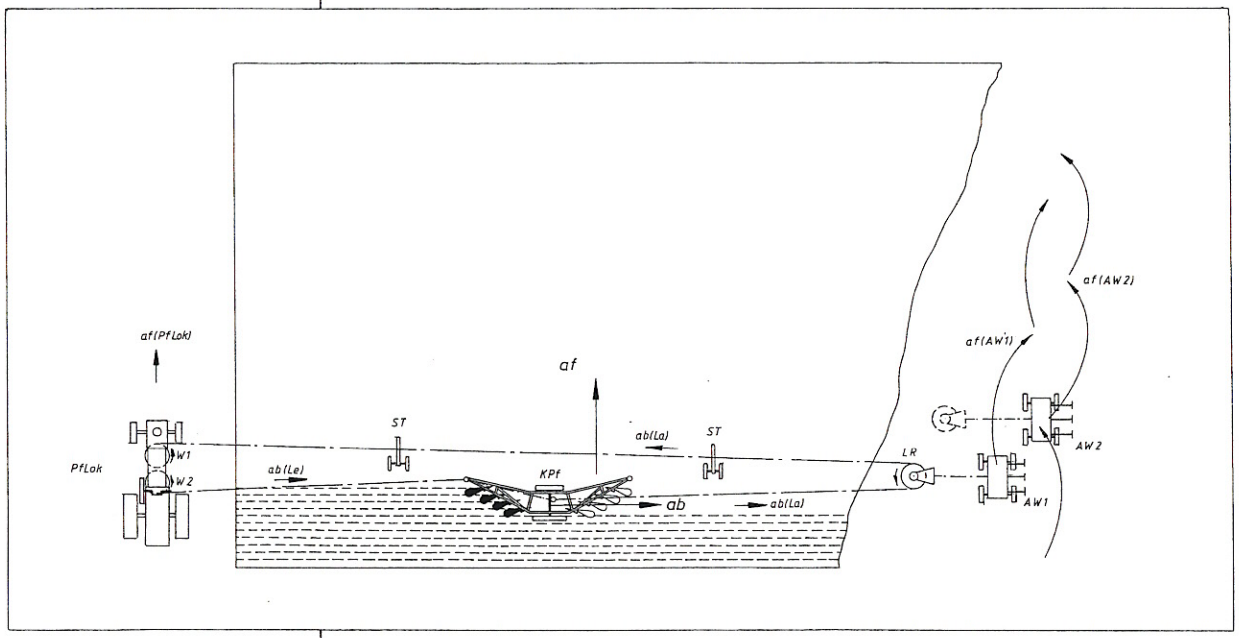


Bild 10.4/1: Arbeitsprinzip

Die Festsetzung des Ankerwagens an der der Pfluglokomotive entgegengesetzten Seite des Feldes wurde durch so genannte Erdanker mit mehreren Zinken bewirkt. Durch ihre spezielle Form wurden sie von der Seilkraft beim Pflügen in den Boden gezogen. Je höher die Kraft am Seil, umso tiefer wurden sie in den Grund gezogen. Durch die Anzahl der Zinken und ihre Form wurde die Belastung auf ein größeres Areal verteilt. Die Gefahr des Ausreißens während des Pflügens konnte dadurch vermindert werden.

Der Ankerwagen hatte, ähnlich wie der im Bild 10.3.3/1, keine Scheibenräder mehr, die die Bewegungsrichtung am Feldrand festlegten, sondern gewöhnliche Räder mit flachen Felgen. Er war leicht, ohne Ballastgewicht und konnte somit auch einfacher in beliebiger Richtung verfahren werden.

Um Zeitverluste durch das Herausziehen des Erdankers beim Versetzen um eine Arbeitsbreite des Pfluges zu vermeiden wurden zwei Ankerwagen benutzt (im Bild 10.4/1 die an der rechten Feldseite gezeichneten Wagen AW1 und AW2). Während der eine für die Umlenkung des Pflugseils benutzt wurde, konnte der andere versetzt werden. Die Verlegung des nicht in Betrieb befindlichen Ankerwagens nach jedem Gang musste von einer gesonderten Person vorgenommen werden. Beide Wagen standen etwas versetzt zueinander. Zum Ausziehen der Erdanker aus dem Boden dienten Hebelübersetzungen. Ebenfalls mit Hebeln wurden die Transporträder abgesenkt. Das Verschieben in beliebiger Richtung war dadurch einfach möglich. In der neuen Position wurden die Transporträder wieder eingezogen und die Erdanker in Eingriffsstellung gebracht.

Das Besondere bei dieser Konstruktion besteht nun darin, dass die Leitrolle zur Umlenkung des Pflugseils nicht fest mit dem Ankerwagen verbunden war, sondern gelöst werden konnte. Nach dem entsprechenden Gang wurde die Seilrolle vom Ankerwagen gelöst und am zweiten, versetzten Ankerwagen befestigt. Indem auf der einen Feldseite die Pfluglokomotive entsprechend der Pflugbreite und auf der anderen Seite des Ackers der entsprechende Anker verlegt wird, können Flächen beliebiger Größe und Form ohne Unterbrechung und Umstellung der Geräte, bearbeitet werden. Möglich war das allerdings nur bei kleinen Pflügen.

10.5 Einmaschinensystem mit dreieckiger Seilführung, doppelter Seilwinde, Ankerwagen und einer fest verankerten Umlenkrolle

10.5.1 Beschreibung

Dieses zuerst von Fowler angegebene System unterscheidet sich im Wesentlichen durch die andere Art der Seilführung von der im Abschnitt 10.3 dargestellten Variante. Sie ist in der Grundstruktur dreieckig. Das Seil umspannt nicht wie beim Umkreisungssystem (siehe Abschnitt 10.8) das gesamte Feld oder geht wie bei den Systemen mit paralleler Seilführung zwischen der Pfluglokomotive und dem Ankerwagen hin und her. Das Seil wird hierbei von der Pfluglokomotive, über den Pflug zum Ankerwagen und von diesem zu einer in einer Feldecke verankerten Umlenkrolle geführt. Von der Rolle geht es diagonal über das Feld wieder zurück zur Lokomotive. Mit dem Arbeitsfortschritt läuft immer mehr Seil an den Winden auf und die Seilführung nähert sich immer mehr der parallelen Form, je näher man zur Umlenkrolle kommt.
Die feststehende Umlenkrolle ist mit ihrer vertikalen Achse auf einem einfachen Rahmen gelagert. Der Rahmen wird in der Feldecke auf den Boden gelegt und mit einem Erdanker fixiert. Auch dieses System ist sehr früh, etwa 1855, zum Einsatz gebracht worden. Die Prinzipskizze im Bild 10.5.1/1 zeigt eine einfache Variante des Systems.

Mit dieser besonderen Führung des Pflugseils wurde u. a. erreicht, dass die Kraft zum Versetzen des Ankerwagens nach jedem zweiten Gang des Pfluges einfach aus der 90°-Umlenkung des Seiles abgeleitet werden konnte. Die Kraftkomponente in Richtung Arbeitsfortschritt bewegte den Wagen. Die Lage des Ankerwagens wurde durch Erdanker oder einen Seilanker gewährleistet, der am Feldrand festgelegt war.
Ein weiterer Vorteil war, dass die Kippgefahr des Ankerwagens und die Gefahr, dass die Scheibenräder des Wagens der Querbelastung beim Gang des Pfluges zum Ankerwagen nicht standhielten, durch diese Seilführung verringert wurden. Die Querbelastung am Ankerwagen war in den ungünstigsten Arbeitsphasen nur etwa halb so groß wie die bei paralleler Seilführung. Auch bei diesem System hat es im Laufe der Entwicklung eine Vielzahl an Veränderungen gegeben.

Bezeichnungen und Abkürzungen für Maschinen und Geräte:

Für die Bezeichnungen von Maschinen und Geräten werden einheitlich Abkürzungen mit Großbuchstaben am Anfang verwendet.

AW	:	Ankerwagen
AR	:	Ankerrolle
AS	:	Anker mit Seil (Seilanker)
WW	:	Windewagen
W	:	Winde
PfLok	:	Pfluglokomotive
Lok	:	Lokomobile
KPf	:	Kipppflug
KG	:	Kulturgerät (allgemeines Gerät/Maschine für die Bodenkultur)

Bezeichnungen und Abkürzungen für die Bewegungen:

Für die Bezeichnungen von Bewegungen der beteiligten Komponenten werden einheitlich Abkürzungen mit Kleinbuchstaben am Anfang verwendet.

ab	:	Arbeitsbewegung (des Pfluges), Pfluggang
ab(La)	:	Arbeitsbewegung unter Last, Bewegung im Lasttrum
ab(Le)	:	Arbeitsbewegung leer, Bewegung im Leertrum
af	:	Arbeitsfortschrittbewegung (quer zur Arbeitsbewegung des Pfluges)
af(AW)	:	Arbeitsfortschrittbewegung des Ankerwagens
af(AR)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Ankerrolle
af(PfLok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Pfluglokomotive
af(Lok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Lokomobile (verschieben)
ub	:	Umkehrbewegung, Kehre der Arbeitsmaschine am Ende der Furche
wb	:	Wechselbewegung der Pflugkörper-Teile bei Kehrpflügen

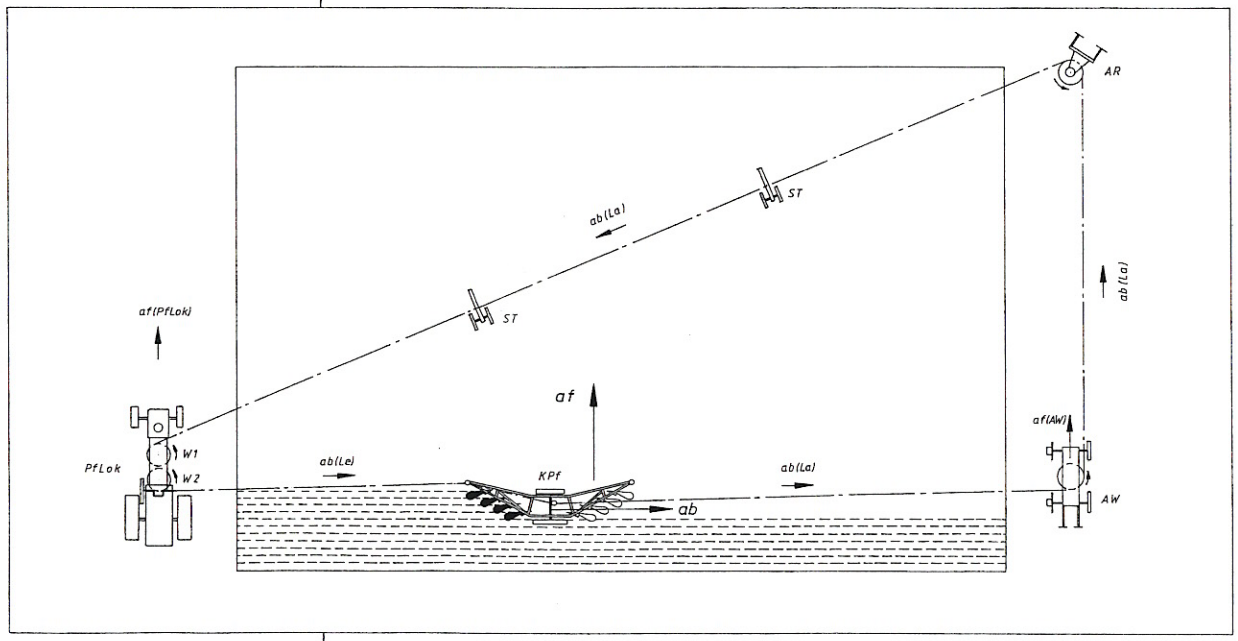


Bild 10.5.1/1: Einmaschinensystem mit doppelter Seilwinde und dreieckiger Seilführung

10.6 Einmaschinensystem mit dreieckiger Seilführung, feststehender doppelter Seilwinde und zwei beweglichen Ankerwagen

10.6.1 Beschreibung

Dieses System unterschied sich von denen mit einer selbstfahrenden Pfluglokomotive im Wesentlichen durch den Einsatz einer feststehenden Lokomobile. Die Lokomobile trieb einen Windeapparat, beispielsweise einen Windewagen, mit einer doppelten Winde an. Es war eine der einfacheren Varianten der Systeme mit dreieckiger Seilführung. Der Pflug arbeitet zwischen den beiden Ankerwagen. Für den Antrieb der Winden reichte eine übliche Lokomobile entsprechender Leistung, wie sie in vielen landwirtschaftlichen Betrieben für die unterschiedlichsten Antriebsaufgaben verwendet wurde. Die Aufstellung der Maschinen und Geräte bei diesem Arbeitsprinzip ist im Bild 10.6.1/1 dargestellt. Der Antrieb des Windewagens erfolgte meist über eine einfache Gelenkwelle, die direkt mit der Kurbelwelle der Lokomobile verbunden war. In manchen Fällen auch über einen Riementrieb. Es handelt sich um ein sehr frühes System. Eine ähnliche Idee hatte schon 1833 Heathcoat in England.

Die Ankerwagen besaßen scheibenförmige Räder. Die Querkräfte durch den Seilzug wurden durch das tiefe Einsinken der Räder in den Boden aufgenommen. Die unbeabsichtigte Bewegung der Wagen parallel zu den Stirnseiten des Ackers wurde durch Erdanker verhindert. Sie mussten vor jedem Versetzen gezogen und danach wieder neu von Hand eingeschlagen werden.
Anstelle der auf Rädern verschiebbaren Ankerwagen konnten im einfachsten Fall auch Umlenkrollen (Leitrollen) eingesetzt. Sie wurden mit Erdankern festgesetzt. Beim Arbeitsfortschritt mussten sie ebenfalls von Hand gezogen und um die entsprechende Arbeitsbreite des Pfluges versetzt neu eingeschlagen werden. Auf den Einsatz von Ankerwagen mit selbsttätiger Vorwärtsbewegung wurde bei diesem sehr einfachen System meistens verzichtet.

Arbeitsprinzip und Arbeitsablauf:

Das einfache Arbeitsprinzip und der Arbeitsablauf sind unmittelbar aus der Skizze ersichtlich. Dargestellt ist der Betrieb mit zwei leichten Ankerwagen.

Bezeichnungen und Abkürzungen für Maschinen und Geräte:

Für die Bezeichnungen von Maschinen und Geräten werden einheitlich Abkürzungen mit Großbuchstaben am Anfang verwendet.

AW	:	Ankerwagen
AR	:	Ankerrolle
AS	:	Anker mit Seil (Seilanker)
WW	:	Windewagen
W	:	Winde
PfLok	:	Pfluglokomotive
Lok	:	Lokomobile
KPf	:	Kipppflug
KG	:	Kulturgerät (allgemeines Gerät/Maschine für die Bodenkultur)

Bezeichnungen und Abkürzungen für die Bewegungen:

Für die Bezeichnungen von Bewegungen der beteiligten Komponenten werden einheitlich Abkürzungen mit Kleinbuchstaben am Anfang verwendet.

ab	:	Arbeitsbewegung (des Pfluges), Pfluggang
ab(La)	:	Arbeitsbewegung unter Last, Bewegung im Lasttrum
ab(Le)	:	Arbeitsbewegung leer, Bewegung im Leertrum
af	:	Arbeitsfortschrittbewegung (quer zur Arbeitsbewegung des Pfluges)
af(AW)	:	Arbeitsfortschrittbewegung des Ankerwagens
af(AR)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Ankerrolle
af(PfLok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Pfluglokomotive
af(Lok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Lokomobile (verschieben)
ub	:	Umkehrbewegung, Kehre der Arbeitsmaschine am Ende der Furche
wb	:	Wechselbewegung der Pflugkörper-Teile bei Kehrpflügen

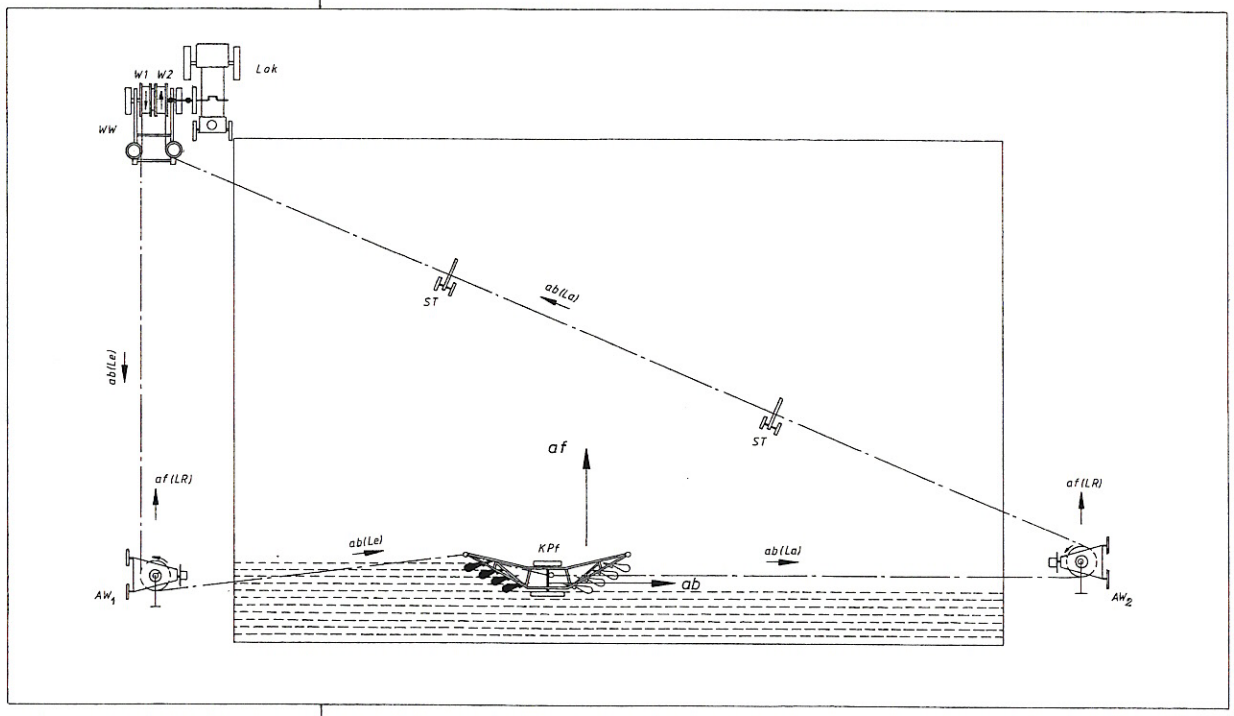


Bild 10.6.1/1: Einmaschinensystem mit feststehenden Winden und dreieckiger Seilführung

10.7 Einmaschinensystem mit dreieckiger Seilführung, feststehender doppelter Seilwinde und selbsttätigen Ankerwagen

Dieses System ist dem im Abschnitt 10.6 dargestellten ähnlich. Ein großer Nachteil des dort dargestellten Systems war die große Zahl der zum Betrieb notwendigen Arbeitspersonen. Ein Teil davon war durch selbsttätige Ankerwagen wenigstens in einigen Arbeitsphasen vermeidbar. Die Vorwärtsbewegung der Ankerwagen wurde durch Ausnutzen der Seilspannung bei der Umlenkung des Seiles an den Wagen oder durch die Bewegung der Umlenkrollen abgeleitet. An der einen Feldseite wurde dafür für jeden Wagen ein Seilanker gelegt. Von einer kleinen Winde auf den Ankerwagen wurde das Seil des Ankers schrittweise dem Arbeitsfortschritt entsprechend abgewickelt.

Im Bild 10.7/1 ist das Prinzip dargestellt.

<u>Bezeichnungen und Abkürzungen für Maschinen und Geräte:</u>

Für die Bezeichnungen von Maschinen und Geräten werden einheitlich Abkürzungen mit Großbuchstaben am Anfang verwendet.

AW	:	Ankerwagen
AR	:	Ankerrolle
AS	:	Anker mit Seil (Seilanker)
WW	:	Windewagen
W	:	Winde
PfLok	:	Pfluglokomotive
Lok	:	Lokomobile
KPf	:	Kipppflug
KG	:	Kulturgerät (allgemeines Gerät/Maschine für die Bodenkultur)

<u>Bezeichnungen und Abkürzungen für die Bewegungen:</u>

Für die Bezeichnungen von Bewegungen der beteiligten Komponenten werden einheitlich Abkürzungen mit Kleinbuchstaben am Anfang verwendet.

ab	:	Arbeitsbewegung (des Pfluges), Pfluggang
ab(La)	:	Arbeitsbewegung unter Last, Bewegung im Lasttrum
ab(Le)	:	Arbeitsbewegung leer, Bewegung im Leertrum
af	:	Arbeitsfortschrittbewegung (quer zur Arbeitsbewegung des Pfluges)
af(AW)	:	Arbeitsfortschrittbewegung des Ankerwagens
af(AR)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Ankerrolle
af(PfLok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Pfluglokomotive
af(Lok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Lokomobile (verschieben)
ub	:	Umkehrbewegung, Kehre der Arbeitsmaschine am Ende der Furche
wb	:	Wechselbewegung der Pflugkörper-Teile bei Kehrpflügen

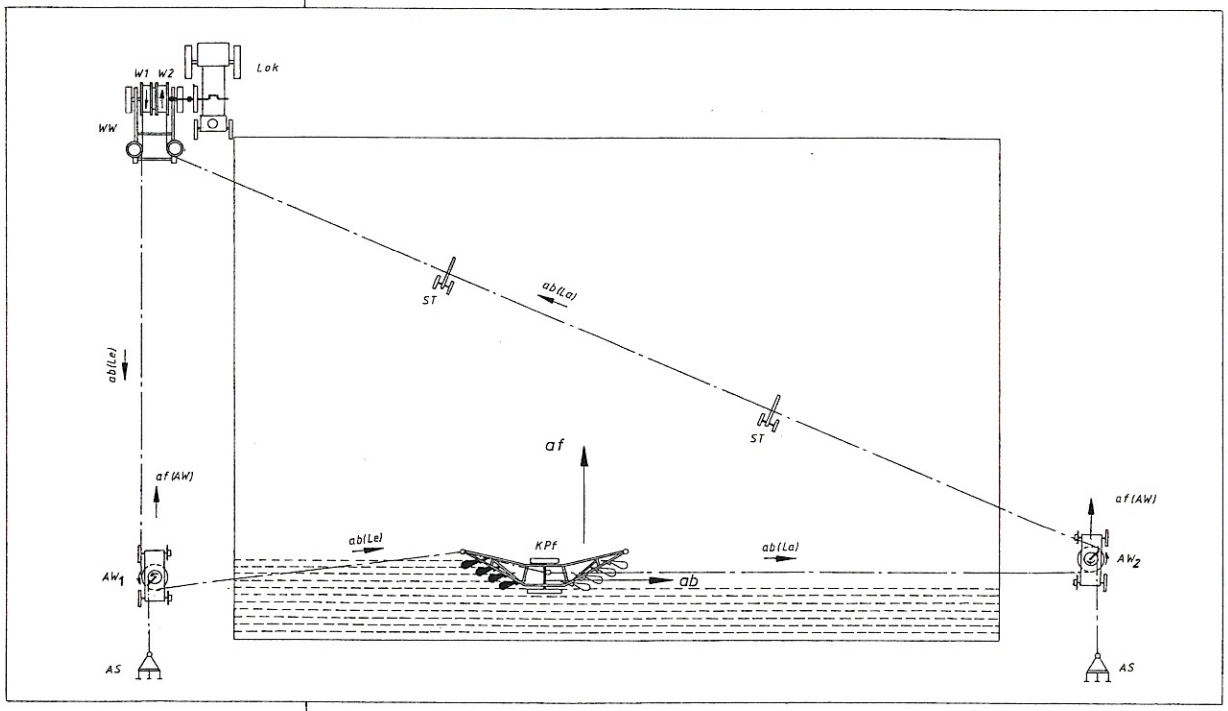


Bild 10.7/1: Einmaschinensystem mit feststehendem Windeapparat, dreieckiger Seilführung und selbsttätigen Ankerwagen

Auf eine weitergehende Erläuterung des Ablaufs beim Pflügen und eine Beschreibung der eingesetzten Geräte sei hier verzichtet. Im Wesentlichen gelten bei diesem System die Bemerkungen des Abschnitts 10.6 zu diesen Punkten.

Anmerkung:
Wie bei fast allen Einmaschinensystemen gab es auch bei der dreieckigen Seilführung viele Varianten. Eine ältere Form mit symmetrischer dreieckiger Seilführung ist schematisch in folgendem Bild dargestellt.

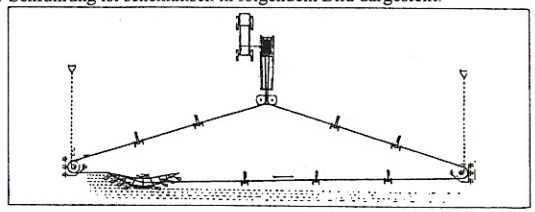


Bild 10.7/2:
Einmaschinensystem mit dreieckiger Seilführung
(z.B. von Fowler, 1856)

10.8 Einmaschinensysteme mit Seilführung um das Feld und doppelten Seilwinden

10.8.1 Beschreibung

Es gab für dieses System viele zeitgenössische Bezeichnungen. Üblich waren Umkreisungssystem oder Rundherum-System (Round-About-System). Diese Variante der Einmaschinensysteme zählt natürlich auch zu den indirekten Systemen der Dampf-Bodenkultur.

Das Einmaschinensystem mit Seilführung um das Feld ist eines der ältesten System beim Dampfpflügen. Entwickelt wurde es um 1855 von Smith, Woolston und Howard. Das System wurde von Fisken, Savage u. a. weiterentwickelt. Es hat in England ab 1860 eine Zeit lang eine größere Verbreitung gefunden. Die erreichbaren Pflugleistungen waren gering. Zum Einsatz kam meist eine ortsfeste Lokomobile mit Windeapparat. Das Zugmittel wurde um das Feld oder die zu bearbeitende Feldabteilung herumgeführt. In den Feldecken waren Seilrollen verankert, die die Führung des Seils übernahmen. Die Arbeitsgeräte wurden an der Längsseite im Seil zwischengeschaltet. Die verwendeten Arbeitsgeräte mussten nach dem Kehrprinzip arbeiten. Beim Pflügen war ausschließlich der Kipppflug gebräuchlich. Bei anderen Geräten. z. B. bei den Grubbern, waren auch Wendekonstruktionen üblich. Den Hin- und Hergang des Pfluges erreichte man durch Wechseln der Zugrichtung am Windeapparat. Es waren daher Windeeinheiten mit zwei Winden erforderlich, die abwechselnd mit unterschiedlichem Drehsinn arbeiteten. Als Zugmittel wurden am Anfang noch einfache Hanfseile verwendet, später ausschließlich Stahlseile. Die Seillängen auf den Windetrommeln waren sehr groß. Gesamtlängen von 1500 Metern waren keine Seltenheit.

Das Einmaschinensystem mit Seilführung um das Feld war zwar eine sehr personalintensive Art der Bodenbearbeitung, sie war aber dafür sehr flexibel einsetzbar. Die Seilführung auf dem Acker konnte an die unterschiedlichsten Gegebenheiten angepasst werden. Die Anordnung der Lokomobile und des Windewagens war völlig frei wählbar. Ein weiterer Vorteil war, dass das System keine großen Vorgewende zum manövrieren von Geräten erforderte.
In Deutschland ist das System von Fisken, dem Erfinder des Kipppfluges, 1874 auf dem Maschinenmarkt in Breslau vorgestellt worden. Die gewöhnliche, feststehende Dreschlokomobile lieferte die Antriebskraft für den Pflug noch über ein einfaches Hanfseil. Das Seil wurde über erhöhte Stützen um das Feld geführt. 1883 und in den folgenden Jahren wurde auf dem gleichen Maschinenmarkt auch das System von Savage gezeigt. Im Aufbau war es ähnlich dem von Fisken. Savage verwendete allerdings ein um das Feld geführtes Drahtseil.

Als Antriebsmaschinen wurden fast ausnahmslos im landwirtschaftlichen Betrieb übliche Lokomobilen kleinerer Leistung verwendet. Der Einsatz einer Pfluglokomotive mit zwei Winden, auch das war möglich, war selten. Die Mobilität dieser Maschinen wurde während des Pflugbetriebs nicht benötigt.

Der Windeapparat mit den beiden Winden besaß im Allgemeinen einfache Räder für den Transport. Er wurde entweder direkt mit Hilfe einer einfachen „Gelenkwelle" von der Lokomobile angetrieben, oder mit Hilfe eines Riementriebs. Einfache „Gelenkwellen" war im 19. Jahrhundert bekannt. Sie wurden seit langem bei den Göpelwerken, neben den Riementrieben, zur Übertragung der Bewegung auf verschiedene landwirtschaftliche Geräte benutzt

Die Aufwickelgeschwindigkeit des Pflugseils an der Winde war gleich der Arbeitsgeschwindigkeit des Pfluges. Sie war nicht ganz konstant. Je nach aktuellem Wickeldurchmesser an der ziehenden Winde änderte sie sich. Bei großen Seillängen machte sich dieser Umstand nachteilig bemerkbar.

Von diesem Einmaschinensystem gab es eine sehr große Zahl an Varianten. Die wichtigsten waren:

- Systeme mit Windeapparat mit doppelter Winde und vier Ankerrollen,
- Systeme mit Windeapparat mit doppelter Winde, zwei Windewagen mit Ankern für manuellen Betrieb und einer Ankerrolle,
- Systeme mit Windeapparat mit doppelter Winde, zwei Windewagen mit Zugankern für selbsttätigen Betrieb und einer Ankerrolle
- u. a. m.

Bodenkultursysteme mit *identischer Seilführung* gab es auch dem Prinzip des *Seiltriebs* (siehe Kapitel 12). Die Arbeitsgeschwindigkeit für den Pflug entsprach bei Systemen mit Seiltrieben im Regelfall der Umlaufgeschwindigkeit des endlosen Antriebsseils. Zur Umsetzung des Kehrprinzips beim Pflügen wurde die Drehrichtung des gesamten Seiltriebs einfach umgekehrt. Es gab aber auch eine Reihe von Seiltriebsystemen, bei denen die Seilgeschwindigkeiten wesentlich höher waren als die Arbeitsgeschwindigkeiten der Bodenkulturgeräte. Die hohe Seilgeschwindigkeit wurde mit Hilfe von Untersetzungsgetrieben auf den Bodenkulturgeräten verringert und zum Antrieb beispielsweise von Rädern eingesetzt, die eine geringere Arbeitsgeschwindigkeit ermöglichten.

Die Einmaschinensysteme mit Seilführung um das Feld wurden Ende des 19. Jahrhunderts vollständig von den Zweimaschinensystemen verdrängt. Durch den hohen Personaleinsatz war es im Vergleich zu den Zweimaschinensystemen unwirtschaftlich geworden.

10.8.2 Einmaschinensystem mit Seilführung um das Feld, doppelter Winde und Ankerrollen

Beschreibung:

Diese Variante ist die einfachste Form des Einmaschinensystems mit Seilführung um das Feld. Sie besitzt den geringsten maschinellen Aufwand. Die Prinzipskizze Bild 10.8.2/1 zeigt das Anordnungs- und Funktionsschema dieses Systems. Der Pflug wurde zwischen zwei einfachen Ankerrollen hin und her gezogen. Jeweils eine Ankerrolle an der Pflugseite musste bei jedem Gang des Pfluges von Hand versetzt werden. Die Lage der Ankerrollen auf dem Feld konnte in weiten Grenzen den örtlichen Gegebenheiten angepasst werden. Damit ließ sich im praktischen Betrieb fast jede Ackerform pflügen. Man war nicht auf eine annähernd rechteckige Form angewiesen. Der Arbeitsfortschritt ging zur Lokomobile hin, die im Allgemeinen mittig an einer der Längsseiten aufgestellt wurde. Mit zunehmendem Arbeitsfortschritt lief immer mehr Seil an den Winden auf. Wenn man die Drehzahl an der Arbeitsmaschine gleich ließ, erhöhte sich kontinuierlich die Arbeitsgeschwindigkeit des Pfluges. Eine konstante Arbeitsgeschwindigkeit wurde aber angestrebt. Die Drehzahl der Arbeitsmaschine musste nach und nach verringert werden.

Wenn sich die im Wesentlichen rechteckige Form der Seilführung während der Arbeit nicht ändert, war die Belastung der Ankerrollen gleich. Die Erdanker hatten etwa die 1,4-fache Belastung des Zugseils aufzunehmen. Das war deutlich weniger als bei den Systemen mit paralleler Seilführung. Die Ausführung der Ankerrollen war beliebig. Die einfachste Form war eine in einem Bügel gefasste Seilrolle mit kurzer Kette. Mit einem Erdnagel wurde ein Kettenglied auf dem Boden fixiert. Sicherer waren Ankerrollen mit stabilen Erdankern, die sich bei höherer Belastung stärker in den Boden zogen.

Zu der im Bild 10.8.2/1 dargestellten Grundanordnung dieses sehr einfachen Systems gab es wiederum eine Vielzahl an Varianten. Es war problemlos möglich, jeder unregelmäßigen Ackerbegrenzung zu folgen. Selbst Stufen in der Begrenzung konnten gepflügt werden. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen eine kleine Auswahl dieser Möglichkeiten.

Bezeichnungen und Abkürzungen für Maschinen und Geräte:

Für die Bezeichnungen von Maschinen und Geräten werden einheitlich Abkürzungen mit Großbuchstaben am Anfang verwendet.

AW	:	Ankerwagen
AR	:	Ankerrolle
AS	:	Anker mit Seil (Seilanker)
WW	:	Windewagen
W	:	Winde
PfLok	:	Pfluglokomotive
Lok	:	Lokomobile
KPf	:	Kipppflug
KG	:	Kulturgerät (allgemeines Gerät/Maschine für die Bodenkultur)

Bezeichnungen und Abkürzungen für die Bewegungen:

Für die Bezeichnungen von Bewegungen der beteiligten Komponenten werden einheitlich Abkürzungen mit Kleinbuchstaben am Anfang verwendet.

ab	:	Arbeitsbewegung (des Pfluges), Pfluggang
ab(La)	:	Arbeitsbewegung unter Last, Bewegung im Lasttrum
ab(Le)	:	Arbeitsbewegung leer, Bewegung im Leertrum
af	:	Arbeitsfortschrittbewegung (quer zur Arbeitsbewegung des Pfluges)
af(AW)	:	Arbeitsfortschrittbewegung des Ankerwagens
af(AR)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Ankerrolle
af(PfLok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Pfluglokomotive
af(Lok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Lokomobile (verschieben)
ub	:	Umkehrbewegung, Kehre der Arbeitsmaschine am Ende der Furche
wb	:	Wechselbewegung der Pflugkörper-Teile bei Kehrpflügen

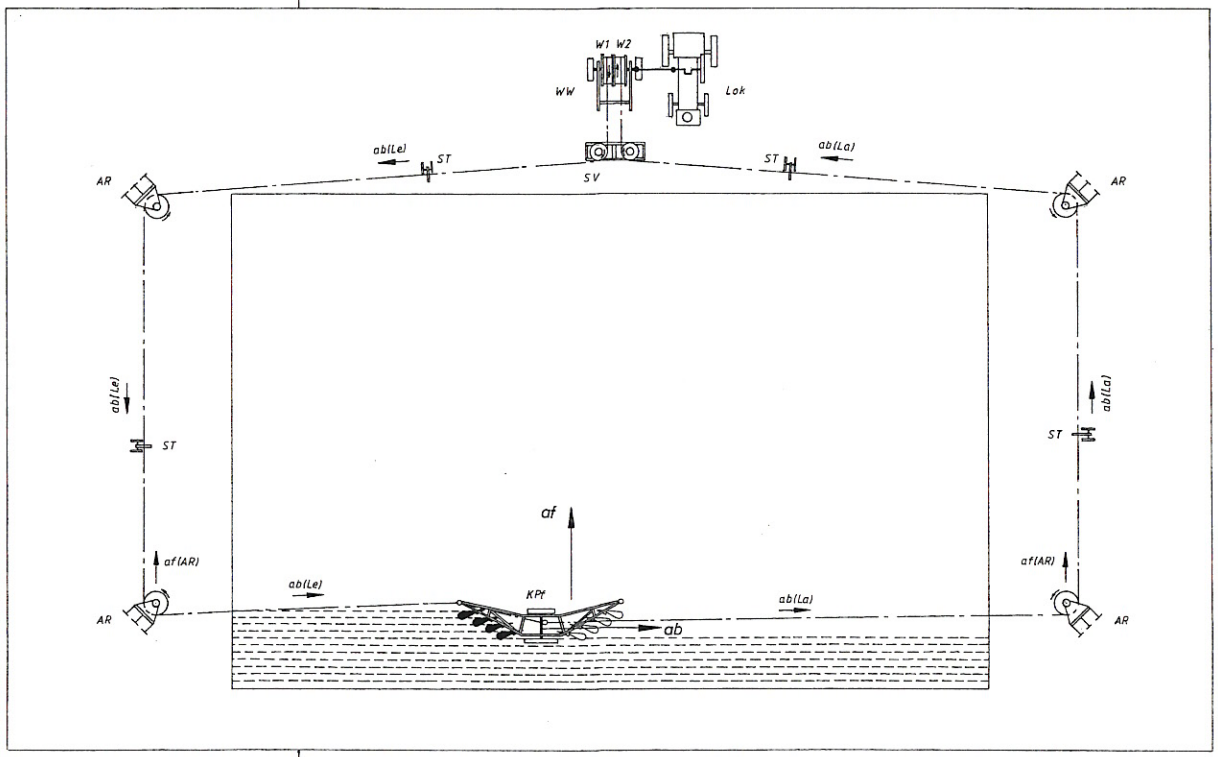


Bild 10.8.2/1: Einmaschinensystem mit Seilführung um das Feld und doppelter Seilwinde

10.8.3 Einmaschinensystem mit Seilführung um das Feld, doppelter Winde, zwei Ankerwagen für manuellen Betrieb und einer Ankerrolle

Beschreibung:

Bei diesem System war der maschinelle Aufwand schon deutlich größer. Als Kraftmaschine wurde im Allgemeinen eine übliche Lokomobile eingesetzt, die unmittelbar einen Windewagen mit doppelter Winde antrieb. Auch der Einsatz einer Pfluglokomotive mit doppelter Winde war möglich. Die Pfluglokomotive war auch in der Lage die gesamten Einrichtungen zum Einsatzort zu ziehen. Es wurden höhere Pflugleistungen als bei dem im vorangegangenen Abschnitt dargestellten System erzielt. Die Unsicherheiten bei der Festsetzung einfacher Ankerrollen, auch die konnten eingesetzt werden, waren hier durch die üblicherweise benutzten schweren Ankerwagen reduziert. Der Personaleinsatz war geringer als bei dem im Abschnitt 10.8.2 erläuterten System. Die Ankerwagen waren noch für manuellen Betrieb vorgesehen. Sie mussten in Richtung des Arbeitsfortschritts nach jedem zweiten Gang des Pfluges noch mit Unterstützung durch eine Arbeitsperson versetzt werden.Zwei Richtungen für den Arbeitsfortschritt waren möglich. Zum einen konnte „von der Lokomobile weg" gearbeitet werden. Die andere Möglichkeit war „zur Lokomobile hin" zu pflügen. Das richtete sich nach den jeweiligen Verhältnissen auf dem Feld. Beim Arbeiten zur Antriebsmaschine „hin" konnte der Seilzug beim Versetzen der Ankerwagen unterstützend genutzt werden. Das Arbeitsgerät wurde zwischen den beiden Ankerwagen hin und her gezogen.

In der Skizze 10.8.3/1 ist als Antriebsmaschine beispielsweise eine Pfluglokomotive mit zwei Winden eingesetzt. Der Arbeitsfortschritt geht zur Lokomotive hin. Mit zunehmendem Arbeitsfortschritt läuft immer mehr Seil an den Winden auf.

Arbeitsgeräte:

Für den Betrieb waren die folgenden Geräte erforderlich:

1. Eine Lokomobile (eine Pfluglokomotive mit zwei Winden konnte auch verwendet werden)
2. Ein Windewagen mit doppelter Seilwinde
3. Der Kipppflug
4. Zwei Ankerwagen mit am Wagen angebrachten Erdankern
5. Eine (oder mehrer) Anker- oder Leitrolle
6. Ggf. diverse Seilträger

Bezeichnungen und Abkürzungen für Maschinen und Geräte:

Für die Bezeichnungen von Maschinen und Geräten werden einheitlich Abkürzungen mit Großbuchstaben am Anfang verwendet.

AW	:	Ankerwagen
AR	:	Ankerrolle
AS	:	Anker mit Seil (Seilanker)
WW	:	Windewagen
W	:	Winde
PfLok	:	Pfluglokomotive
Lok	:	Lokomobile
KPf	:	Kipppflug
KG	:	Kulturgerät (allgemeines Gerät/Maschine für die Bodenkultur)

Bezeichnungen und Abkürzungen für die Bewegungen:

Für die Bezeichnungen von Bewegungen der beteiligten Komponenten werden einheitlich Abkürzungen mit Kleinbuchstaben am Anfang verwendet.

ab	:	Arbeitsbewegung (des Pfluges), Pfluggang
ab(La)	:	Arbeitsbewegung unter Last, Bewegung im Lasttrum
ab(Le)	:	Arbeitsbewegung leer, Bewegung im Leertrum
af	:	Arbeitsfortschrittbewegung (quer zur Arbeitsbewegung des Pfluges)
af(AW)	:	Arbeitsfortschrittbewegung des Ankerwagens
af(AR)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Ankerrolle
af(PfLok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Pfluglokomotive
af(Lok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Lokomobile (verschieben)
ub	:	Umkehrbewegung, Kehre der Arbeitsmaschine am Ende der Furche
wb	:	Wechselbewegung der Pflugkörper-Teile bei Kehrpflügen

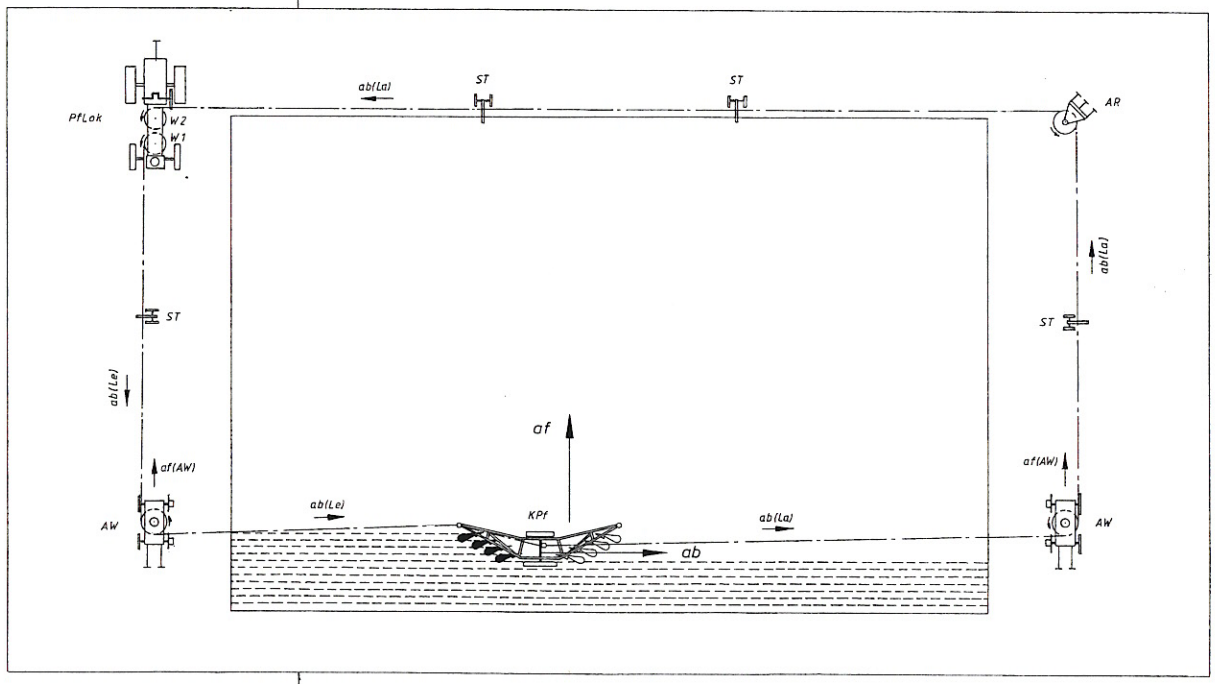


Bild 10.8.3/1: Einmaschinensystem mit Seilführung um das Feld und Ankerwagen

Arbeitsprinzip:

Die Dampfpfluglokomotive mit zwei Winden bzw. die Lokomobile und der Windewagen wurden außerhalb des Feldes auf festem Grund aufgestellt. Vorteilhaft war es, die Maschinen in einer Feldecke zu platzieren. Man erspart sich dadurch eine zusätzliche Ankerrolle. Die beiden Ankerwagen wurden an den Stirnseiten des Feldes auf den Vorgewenden ausgerichtet. Zu Arbeitsbeginn wurde „zur Maschine hin" gearbeitet. Der Fahrweg der Wagen konnte nur in sehr engen Grenzen an eine unregelmäßige Form des Feldes angepasst werden. In der freien Feldecke wurde eine Ankerrolle gesetzt. Nachdem der Kipppflug in Position gefahren war, konnten die entsprechenden Zugseile der Winden angeschlossen werden. Während des Pflugganges waren beide Ankerwagen belastet. Das Versetzen des jeweiligen Ankerwagens war nur am Ende eines Ganges möglich, wenn das Seil entlastet war. Dazu mussten die Erdanker des Wagens gezogen und der Wagen um die Arbeitsbreite des Pfluges in Richtung Arbeitsfortschritt verschoben werden. Durch kurzes Anziehen des Seils konnte der Vorgang des Versetzens unterstützt werden. Die Anker wurden dann erneut eingeschlagen. Durch die Seilkraft zog sich der Wagen dann stärker in den Boden. Zum Pflugbetrieb waren bei diesem System an Arbeitspersonen mindestens erforderlich:

- 2 bis 3 Personen an der Lokomobile und am Windewagen
- 2 Personen an den Ankerwagen
- 1 bis 2 Personen am Pflug.

Die Pflugmannschaft bestand also insgesamt aus 5 bis 7 unmittelbar beteiligte Personen. Nicht gerechnet sind wieder die Hilfskräfte zur Beschaffung des Verbrauchsmaterials der Lokomobile und ggf. Personen zum gelegentlichen Versetzen von Seilträgern auf dem Acker.

Eigenschaften des Systems:

Das System wurde schon für größere Pflugleistungen eingesetzt. Neben der Lokomobile und dem Windeapparat waren an teuren Gerätschaften noch zwei Ankerwagen erforderlich. Der Preis des Systems war nicht unerheblich. Man lag schnell bei 2/3 des Preises für ein Zweimaschinensystem vergleichbarer Leistung. Durch den geringeren Personaleinsatz im Vergleich zum unter 10.8.2 erwähnten System waren die Arbeitskosten zwar geringer, aber der Aufwand für den Transport, den Aufbau auf dem Felde und den Umbau zur Bearbeitung des nächsten Feldabschnitts war sehr hoch. Das System war recht störanfällig. Eine allgemeine Verbreitung hat das Einmaschinensystem mit Seilführung um das Feld und Ankerwagen für manuellen Betrieb nicht gefunden.
Einen anschauliches Eindruck von der Arbeit mit diesem Einmaschinensystem vermittelt die Zeichnung Bild 10.8.3/2. Dargestellt ist der Betrieb mit einer Lokomobile und einem kleinen Windewagen. Es sind auch keine Ankerwagen im Einsatz zu sehen, sondern nur einfache Ankerrollen, die mit Erdnägeln festgesetzt wurden.

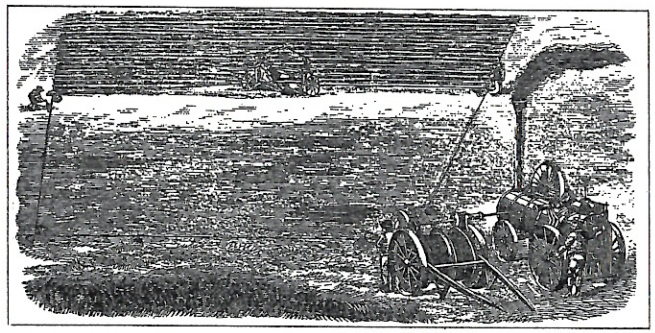


Bild 10.8.3/2: Einmaschinensystem mit Seilführung um das Feld

Maschinen für dieses System

Die eingesetzten Lokomobilen waren handelsübliche, landwirtschaftliche Universalmaschinen. Die Leistungen lagen im Allgemeinen bei über 12 PS. Einige dieser Standardmaschinen sind in den vorangegangenen Abschnitten schon erläutert worden.

Windewagen für dieses System

Eine Ausführung des zum System gehörenden Windewagens zeigt die folgende Abbildung. Der Wagen wurde mit Pferden zum Einsatzort gebracht. Die Vorderachse mit den kleineren Rädern verbessert die Manövrierfähigkeit auf dem Vorgewende. Die Deichsel und die Art und Weise des Festsetzens am Einsatzort sind im Bild nicht dargestellt. Die Konstruktion ist der des Windewagens im vorangegangenen Abschnitt ähnlich.

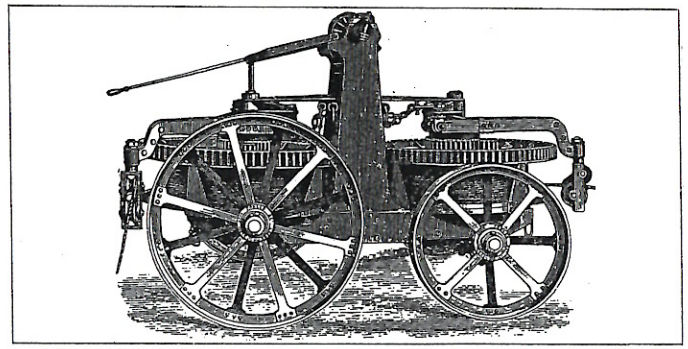


Bild 10.8.3/3: Windewagen mit doppelter Winde für das System

Die beiden Winden haben bei dieser Ausführung wieder vertikale Achsen. Der Seilabgriff liegt möglichst nahe am Boden, um die Gefahr des Kippens und Losreißens zu verringern. Die Umsteuerung der Winden erfolgt mit dem langen linken Hebel. Durch Verschieben von zwei gegeneinander gestellten kleinen Kegelrädern, die abwechselnd in Eingriff gebracht werden, wird am Tellerrad die Drehrichtung geändert. Das Tellerrad treibt über eine vertikale Achse (im Bild verdeckt) über Ritzel die jeweilige Windentrommel. Die Seillängen auf dem Wagen dürften bei etwa 800 Metern gelegen haben. Der Antrieb des Windewagens ist hochgelegt. Damit soll ein zu starker Versatz in der Gelenkwelle vermieden werden. Im Bild ist noch ein freiliegendes Teil des „Universalgelenks" von der Antriebswelle zu sehen.
Auf dem Bild ist ferner sehr deutlich die selbsttätige Führung des Seils beim Wickelvorgang zu sehen. Durch einen Mechanismus oben auf der Winde mit schräg angeordneter „Taumelscheibe" wurden die seitlichen Führungsrollen über die gesamte Windenhöhe geführt. Bei den Pfluglokomotiven nannte man diese „Rollen" später „Affenköpfe", vermutlich weil sie sich immer auf und ab bewegten.

Ankerwagen für dieses System

Die Ankerwagen unterschieden sich nicht grundlegend von in den vorhergehenden Abschnitten erläuterten Konstruktionen. Das Ziehen der Erdanker und Versetzen des Wagens geschah von Hand durch eine Arbeitsperson.

Anmerkung:
Ein genaues Aufwickeln des Seiles auf der Winde war für die Sicherheit und Haltbarkeit des Seiles entscheidend. Wahllos übereinander laufende Seillagen führten bei den hohen Belastungen zu Druck- und Knickstellen im Seil, die die Lebensdauer erheblich verkürzten. Weiterhin kam es zu ruckartigem Springen einzelner Lagen. Diese Beanspruchungsspitzen verringerten die Haltbarkeit noch zusätzlich.

10.8.4 Einmaschinensystem mit Seilführung um das Feld, doppelter Winde, zwei Ankerwagen für selbsttätigen Betrieb und einer Ankerrolle

Beschreibung:

Auch bei diesem Grundverfahren gibt es eine ganze Reihe von Varianten. Es wird hier nur ein System stellvertretend für weitere Ausführungen dargestellt, das von Howard. Im Bild 10.8.4/1 ist die prinzipielle Struktur wiedergegeben. Der Windeapparat steht im Bild neben der Lokomobile in einer Ecke des Feldes. Auch bei diesem System war der maschinelle Aufwand erheblich. Charakteristisch ist, dass durch den selbsttätigen Betrieb der Ankerwagen mit weniger Personal gepflügt werden konnte.

Beim Howard'schen System ging der Arbeitsfortschritt „zur Lokomobile hin".

Der Windewagen konnte auch hinter der Lokomobile stehen. Windewagen und Lokomobile waren dann miteinander verstrebt. Der Antrieb erfolgte mittels Riemen. Die Seile wurden unter der Lokomobile durchgeführt. Zur Feldseite hin besaß die Lokomobile Leitrollen für die Seilführung zu den Ankerwagen oder ggf. auch weiteren Ankerrollen.
Zu Beginn der Arbeit war das gesamte zu bearbeitende Feld umspannt. Im Verlauf der Arbeit rückten die selbsttätig vorwärts gehenden Ankerwagen immer näher an die Lokomobile heran. Das Seil lief mit zunehmendem Arbeitsfortschritt an den Winden auf.

Arbeitsgeräte:

Folgende Geräte waren für den Betrieb des Systems erforderlich:

1. Eine Lokomobile (oder auch eine Pfluglokomotive mit zwei Winden)
2. Ein Windewagen mit doppelter Seilwinde
3. Zwei Ankerwagen für selbsttätigen Betrieb mit Seilankern entsprechender Länge
4. Ein Kipppflug
5. Eine Ankerrolle
6. Ggf. diverse Seilträger.

Arbeitsprinzip:

Das Arbeitsprinzip entspricht im Wesentlichen dem beim System des Abschnitts 10.8.3. Nur die beiden Seilanker der Ankerwagen müssen zusätzlich am Feldende festgesetzt werden.
Für den Pflugbetrieb sind unmittelbar 3 bis 4 Arbeitspersonen erforderlich.

Eigenschaften des Systems:

Auch die Eigenschaften dieses Systems entsprechen denen der im vorhergehenden Abschnitt dargestellten Variante. Durch die um zwei Personen geringere Mannschaft waren die Arbeitskosten etwas geringer.

Bezeichnungen und Abkürzungen für Maschinen und Geräte:

Für die Bezeichnungen von Maschinen und Geräten werden einheitlich Abkürzungen mit Großbuchstaben am Anfang verwendet.

AW	:	Ankerwagen
AR	:	Ankerrolle
AS	:	Anker mit Seil (Seilanker)
WW	:	Windewagen
W	:	Winde
PfLok	:	Pfluglokomotive
Lok	:	Lokomobile
KPf	:	Kipppflug
KG	:	Kulturgerät (allgemeines Gerät/Maschine für die Bodenkultur)

Bezeichnungen und Abkürzungen für die Bewegungen:

Für die Bezeichnungen von Bewegungen der beteiligten Komponenten werden einheitlich Abkürzungen mit Kleinbuchstaben am Anfang verwendet.

ab	:	Arbeitsbewegung (des Pfluges), Pfluggang
ab(La)	:	Arbeitsbewegung unter Last, Bewegung im Lasttrum
ab(Le)	:	Arbeitsbewegung leer, Bewegung im Leertrum
af	:	Arbeitsfortschrittbewegung (quer zur Arbeitsbewegung des Pfluges)
af(AW)	:	Arbeitsfortschrittbewegung des Ankerwagens
af(AR)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Ankerrolle
af(PfLok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Pfluglokomotive
af(Lok)	:	Arbeitsfortschrittbewegung der Lokomobile (verschieben)
ub	:	Umkehrbewegung, Kehre der Arbeitsmaschine am Ende der Furche
wb	:	Wechselbewegung der Pflugkörper-Teile bei Kehrpflügen

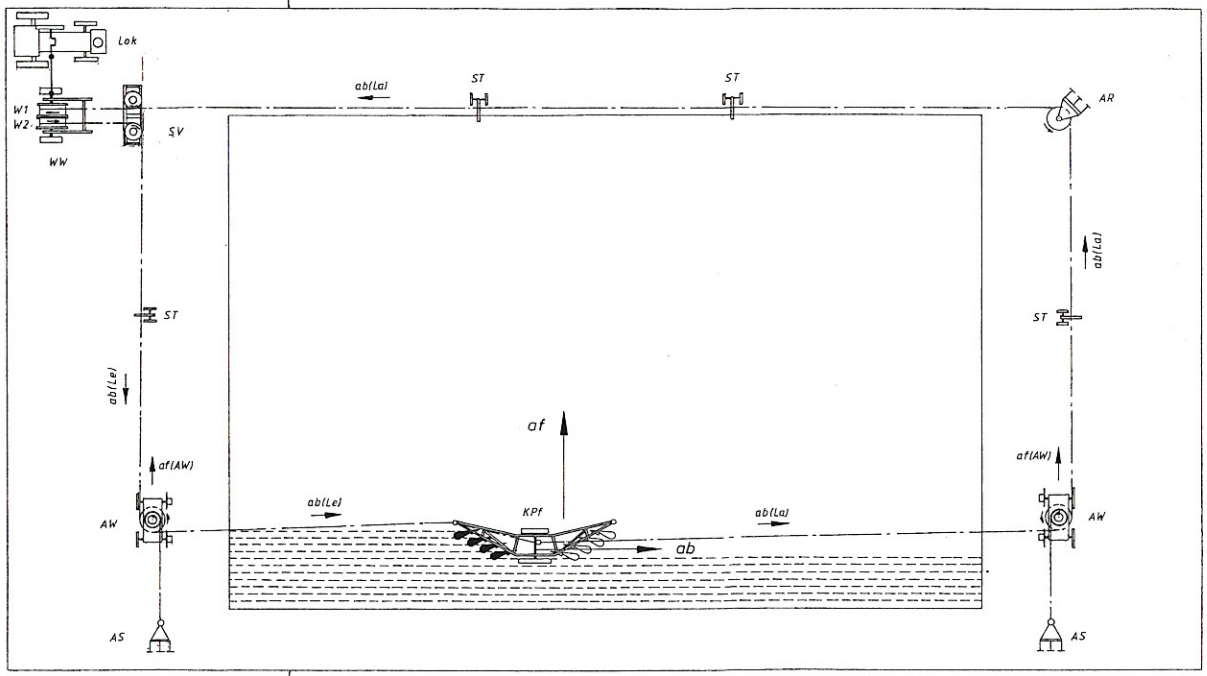


Bild 10.8.4/1: Einmaschinensystem mit Seilführung um das Feld und Ankerwagen mit selbsttätigem Vorschub

10.9 Einmaschinensysteme mit anderen Antriebsarten

10.9.1 Bemerkung

Am Ende des 19. Jahrhunderts hatten, neben der Dampfmaschine, auch noch andere Kraftmaschinen Eingang in die landwirtschaftlichen Betriebe gefunden. Bei den stationären Antrieben war es zuerst der Verbrennungsmotor, der sich ein größeres Einsatzgebiet erkämpfte. Die ersten einsatzfähigen „Explosionsmotoren" kamen in Deutschland um 1880 als Gas- oder Ölkraftmotoren auf. Es waren stationäre Maschinen, die nach dem Prinzip von Otto im Viertaktverfahren arbeiteten. Sie ersetzten am Anfang die stationär betriebenen Dampfmaschinen. Als bewegliche Antriebsmaschine trieben sie alle Arten von landwirtschaftlichen Arbeitsmaschinen wie Häcksler, Mühlen, Pressen, Pumpen, Dreschmaschinen u. a. m. Die Verteilung der Energie wurde weiterhin über Transmissionen und Riementriebe bewerkstelligt. Einige Jahre später gelang es dann mit dem Elektromotor, eine preiswerte und dezentral einsetzbare Kraftmaschine zum Einsatz zu bringen. Eine Zeit lang waren alle drei Antriebe parallel im Einsatz. Für Bodenkulturarbeiten, unabhängig vom eingesetzten Verfahren und den benutzten Geräten, waren bis in die 90er Jahre die Motorleistungen zu gering. Das gilt insbesondere für die elektrischen Maschinen, die erst nach der Jahrhundertwende in der Bodenkultur eine nennenswerte Verbreitung gefunden haben.

Diese neuen Kraftmaschinen waren aber nicht nur für stationäre Antriebe geeignet. Das, was sich im Straßenverkehr bei den Motorwagen entwickelt hatte, war im Grundsatz auch für landwirtschaftliche Zwecke geeignet. Auch für die Bodenkultur. Bei den ersten tastenden Versuchen beim Einsatz der neuen Technik orientierte man sich noch sehr stark an den bewährten Konzepten dampfgetriebener Maschinen. Bei den Lokomobilen setzte man anstelle der Dampfmaschine den Verbrennungsmotor auf Räder. Bei den Pfluglokomotiven wurden die Kessel und Dampfmaschinen durch den Explosionsmotor ersetzt. Die bewährte Anordnung der Winden ließ man. Aus den Dampfpfluglokomotiven wurden „Pflug-Motorwagen mit Winden".

Von der Vielfalt an Verfahren, die so charakteristisch für die Entwicklung der Dampf-Bodenkultur war, ist aus verständlichen Gründen nicht viel geblieben. Die Erfahrungen beim praktischen Einsatz der Verfahren waren in den Jahrzehnten davor schon mit der Dampfkraft gemacht worden. Die am besten geeigneten Verfahren wurden übernommen. Bei den in diesem Abschnitt behandelten Einmaschinensystemen waren das zumeist Systeme mit paralleler Seilführung und einem Ankerwagen (entsprechend dem im Abschnitt 10.3 für die Dampf-Bodenkultur dargestellten System). Alle Systeme, bei denen Lokomobilen als Antriebsmaschinen benötigt wurden, hatten beim Einsatz von Verbrennungs- oder Elektromotoren nur eine äußerst geringe Bedeutung.
Etwas anders war es bei den selbstfahrenden Pfluglokomotiven. Pfluglokomotiven mit Explosionsmotoren und elektrischem Antrieb waren nach 1900 einige Zeit lang im Einsatz. Das „Selbstfahren" bezog sich bei den elektrisch angetriebenen Konstruktionen natürlich nur auf das Fahren auf dem Vorgewende. Sie benötigten zur Versorgung mit elektrischer Energie Kabelzuleitungen. In einigen zeitgenössischen Quellen findet man sogar die Bezeichnung *Elektro-Bodenkultur* für den Einsatz der Elektro-Pfluglokomotiven.

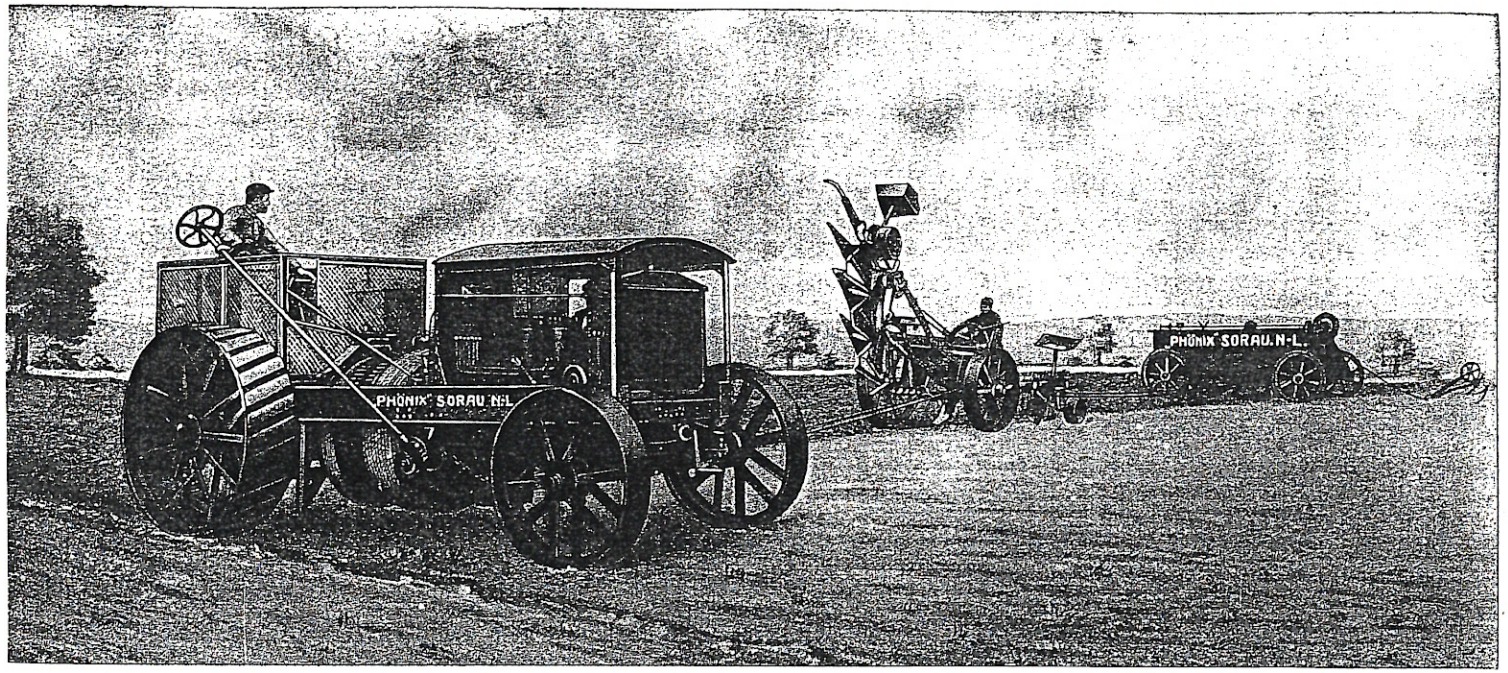
Anmerkung:
Weitaus häufiger als bei den Einmaschinensystemen wurden insbesondere „Pflugwagen" mit Verbrennungsmotor bei den Zweimaschinensystemen eingesetzt.
Das Zweimaschinensystem war Ende des 19. Jahrhunderts deutlich weiter verbreitet als das Einmaschinensystem.

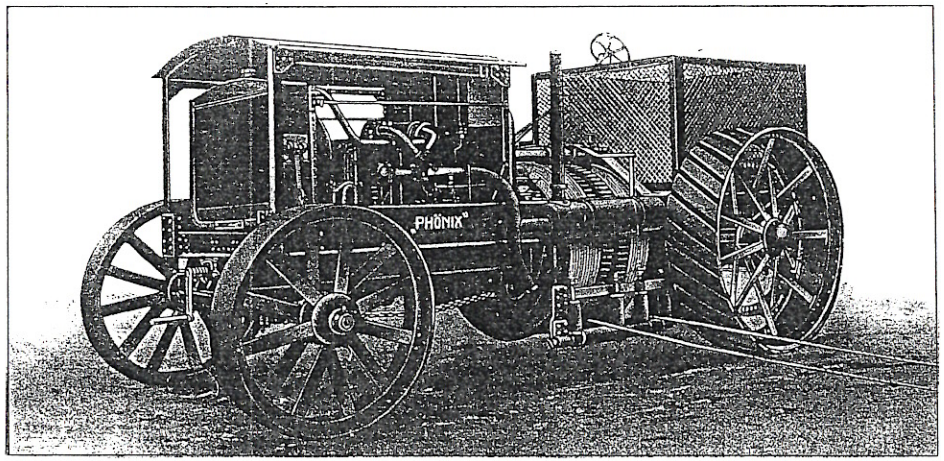
10.9.2 Einmaschinensysteme mit Antriebe durch Verbrennungsmotoren

Bei den Antriebsmaschinen für die Einmaschinensysteme wurden Verbrennungsmotoren in erster Linie bei den so genannten „Rohöl-Pfluglokomotiven" eingesetzt. Der Einsatz in Lokomobilen beschränkte sich auf einige Sonderfälle. Wenn Lokomobilen mit Verbrennungsmotor zum Einsatz kamen waren es kleine Maschinen mit selten mehr als 16 PS Leistung. Es überwiegten vierrädrige Konstruktionen die von Gespannen zum Einsatzort gezogen wurden. Die Vorderachse war lenkbar. Das Wagengestell bestand aus einem stabilen Holzrahmen oder aus Eisen. Als Maschinen wurden fast immer stehende Einzylindermaschinen verwendet. Die Drehzahlen lagen bei 150 bis 300 U/min. Der Antrieb der Windewagen geschah über einen Riementrieb oder eine Gelenkwelle. Am Anfang waren die Motoren wenig zuverlässig. Das lag nicht nur an den Herstellern. Der Umgang mit diesen Maschinen oblag im landwirtschaftlichen Betrieb Arbeitspersonen, die wenig technisches Verständnis besaßen. Während die Dampfmaschine aufgrund ihrer robusten Technik noch so mache Fehlbedienung verzieh, war das bei den Explosionsmotoren schon anders. Deren Technik war anspruchsvoller. Es gab elektrische Teile für die Zündung, Teile zur Vergasung des Treibstoffes, Kühlaggregate, Pumpen u. s. w. Die Funktionen waren nicht mehr unmittelbar verständlich.
Eine weitere, ungewohnte Eigenschaft des Verbrennungsmotors bereitete am Anfang ebenfalls große Probleme. Man war von der Dampfmaschine gewohnt, dass sie überlastsicher war. Ihre normale oder nominelle Leistung konnte um 50 %, vorübergehend sogar um 80 % überschritten werden. Ein Verbrennungsmotor vertrug nur eine Überlastung um 20 bis maximal 30%, und das auch nur kurzzeitig. Gerade bei Bodenkulturarbeiten mit ihrer Vielzahl an stark schwankenden, unbeeinflussbaren Parametern war aber die Überlastsicherheit ein ganz wesentlicher Gesichtspunkt für einen störungsfreien Betrieb. Der Ersatz einer Dampfmaschine durch einen Verbrennungsmotor gleicher Leistung war daher nicht ratsam. Dieser Umstand führte zeitweise dazu, dass man bei der Festlegung des Leistungsbedarfs „Dampfpferdestärken" und „Motorpferdestärken" unterschied.

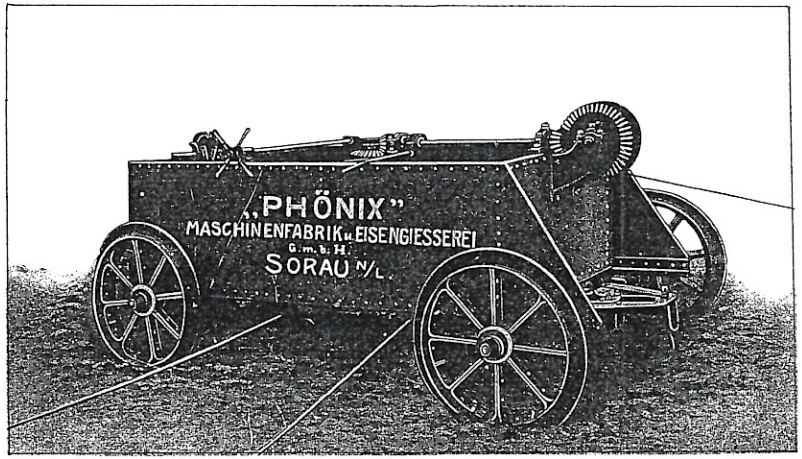
In den nachfolgenden Bildern sind einige typische Lokomobilen mit Explosionsmotor dargestellt. Die Beispiele sind so gewählt worden, dass der Entwicklungsprozess deutlich wird. Die ersten Maschinen waren für Bodenkulturarbeiten noch zu schwach. Bei den Beispielen handelt sich um Petroleumlokomobilen. Die Nutzung von Petroleum als Treibstoff hatte seinen Grund. Der Stoff wurde in der Landwirtschaft reichlich verwendet, u. a. für alle Beleuchtungen. Er war daher überall erhältlich und preiswert. Der geringere Energiewert spielte bei den Leistungen noch nicht die ausschlaggebende Rolle. Des Weiteren erlaubte die Konstruktion der Motoren einen raschen Umbau auf andere Treibstoffe. Wie bei den dampfgetriebenen Lokomobilen in der Bodenkultur, unterschieden sich die mit Verbrennungsmotor auch nicht von den im landwirtschaftlichen Betrieb allgemein eingesetzten Maschinen.
Die weiteren Maschinen und Geräte (Windeapparat mit doppelter Winde, Anker bzw. Ankerwagen etc.) entsprachen denen der Einmaschinensysteme mit Dampfantrieben.

Im Bild 10.9.2/1 ist eine kleine Lokomobile der Fa. Grob etwa aus dem Jahr 1885 wiedergegeben. Die Maschinenteile waren aus Eisen, der Wagen mit Rahmen und Rädern war noch weitgehend als Holzkonstruktion ausgeführt. Der massive Rahmen war gerade. Um eine hinreichende Beweglichkeit zu erreichen mussten die Vorderräder deutlich kleiner als die Hinterräder sein. Die Einzylindermaschine war direkt auf den Holzrahmen geschraubt. Die Maschinenachse lag quer zur Fahrtrichtung. An der linken Seite war ein großes Schwungrad auf der Kurbelwelle befestigt. Die Leistung betrug etwa 8 PS.





Rohöllokomotive (Leistungen: 60 bis 140 PS)



Automatischer Ankerwagen

Tafel 10.9.2/1: Einmaschinensystem „Phönix", Sorau (1912)

10.9.3 Einmaschinensysteme mit Antriebe durch elektrische Maschinen

Die ersten Versuche mit elektrischen Einrichtungen zum Pflügen wurden schon 1879 in Frankreich durchgeführt. Chrétien und Felic nutzten die elektrische Anlage einer Zuckerfabrik in Germaize um einen elektrischen Pflug zu betreiben. Er arbeitete nach dem Zweimaschinensystem. Zwei elektrische Motoren mit angeschlossenen Winden wurden an den Seiten des Feldes aufgestellt. Sie zogen einen Kipppflug hin und her. Das System hat gut funktioniert. Es war allerdings von der unmittelbaren Anbindung an eine vorhandene Elektrizitätsstation abhängig. Bei den knappen installierten Kapazitäten konnte es nur genutzt werden, wenn in der Zuckerfabrik keine oder nur geringe elektrische Energie abgerufen wurde.

In Deutschland wurden die ersten Versuche mit elektrischen Antrieben bei Pflügen 1884 von Siemens & Halske aus Berlin durchgeführt. Zu dieser Zeit noch ohne Erfolg. Ein wesentlicher Grund war die Unsicherheit und das Misstrauen der Landwirte im Umgang mit der neuen Energie. Ein anderer war die mangelnde Verfügbarkeit elektrischen Stroms. Größere Stromnetze gab es noch nicht. Zwar waren um 1890 schon kleine fahrbare Elektrostationen in Gebrauch, die von Verbrennungsmotoren angetrieben wurden, aber deren Leistungen waren viel zu gering, um damit „Elektro-Bodenkultur" zu betreiben. Das Bild 10.9.3/1 zeigt eine zeitgenössische „elektrische Lokomobile". Der Einsatz einer solchen Maschine für Bodenkulturarbeiten war allerdings sehr unwirtschaftlich.

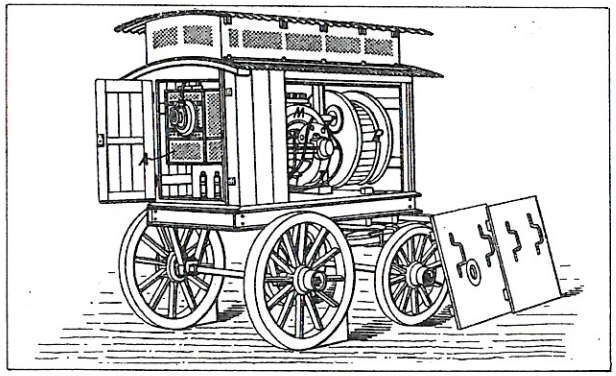


Bild 10.9.3/1:
Fahrbare Elektrostation als universell einsetzbare Kraftmaschine

Größere „Elektrizitätsstationen" entstanden erst 10 Jahre später. Die Bodenkultur mit elektrischen Pflügen begann in nennenswertem Umfang um 1904. Die nahe liegende Übernahme des in der Dampf-Bodenkultur bewährten Zweimaschinensystems für die Elektro-Bodenkultur stieß auf Probleme. Zum einen war der Transport von zwei schweren Maschinenwagen sehr ungünstig und zum anderen benötigten beide Maschinen auf dem Felde jeweils eine eigene Stromversorgung. Für den Transport von einem Einsatzort zum nächsten waren Zugmaschinen erforderlich. Die elektrischen Pflüge hatten natürlich einen eigenen Antrieb, der war allerdings nur für die Fahrt auf dem Vorgewende des Feldes ausgelegt. Die Nachführung der Kabel zu den Maschinen war umständlich. Beim Einmaschinensystem war der Aufwand noch vertretbar. Es musste ja nur bei einem Motorwagen nachgeführt werden. Beim Zweimaschinensystem war eine so enge Belegung des Feldes mit elektrischen Leitungen erforderlich, dass das ganze System unbrauchbar wurde. Das *Einmaschinensystem* setzte sich aus diesen praktischen und wirtschaftlichen Erwägungen durch, und zwar in der überwiegenden Zahl der Anwendungen als System *mit paralleler Seilführung*. Für die elektrische Bodenkultur mit diesem Einmaschinensystem werden im Wesentlichen zwei Geräte benötigt. Ein „Windewagen" und ein Ankerwagen. Den elektrischen Windewagen bezeichnete man auch als „Elektro-Pfluglokomotive" oder „Motorpflug mit elektrischem Antrieb". Das Einmaschinensystem ist ohne entsprechende Ankerwagen nicht nutzbar. Der Ankerwagen war bei vielen älteren Systemen aber auch der Schwachpunkt. Insbesondere bei paralleler Seilführung waren die Kräfte auf den Ankern immens. Bei der Bewegung in Richtung Ankerwagen lag die doppelte Seilkraft an. In der Elektro-Bodenkultur gingen Die Hersteller bei der technischen Umsetzung der erforderlichen Einrichtungen oft getrennte Wege. Es gab Hersteller für die Elektro-Pfluglokomotiven und Spezialbetriebe, die sich mit der Herstellung sehr sicherer Ankerwagen für den selbsttätigen Betrieb beschäftigten. Bei den Pfluglokomotiven wurde die elektrische Ausstattung häufig von den großen Spezialbetrieben der Elektroindustrie bezogen. Den „Maschinenbau" (Fahrwerk, Getriebe, Winden etc.) machte man selbst. Zusammen war man eine Zeitlang durchaus wettbewerbsfähig. Elektro-Pfluglokomotiven für das Einmaschinensystem wurden in Deutschland von mehreren Firmen hergestellt. Die bekanntesten sind:

- Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft (AEG), Berlin
- Siemens & Halske (Siemens-Schukert-Werke), Berlin
- Sudenburger Maschinenfabrik, Magdeburg
- Fa. A. Borsig, Berlin
- Fa. Zimmermann.

Als bekannte Hersteller von Ankerwagen und Elektro-Pfluglokomotiven (Elektro-Pflugsystemen) sind zu nennen:

- Fa. Emil Meyer & Co, Duisburg
- Fa. August Fischer, Cöln.
- Fa. Fritz Brutschke.

Anmerkung:
Auf der Wiener Weltausstellung von 1873 wurde zum ersten Mal einem großen Publikum eine Dynamomaschine präsentiert, die als Elektromotor von einem elektrischen „Generator" angetrieben wurde. Im Jahr 1891 gelang es erstmals, elektrische Energie über eine große Entfernung zu übertragen. Zwischen Lauffen am Neckar und Frankfurt am Main wurde über eine Strecke von 175 Kilometer die Energie eines Wasserkraftwerks übertragen. In den folgenden Jahren wurden die ersten großen landwirtschaftlichen Betriebe mit eigenen elektrischen Stationen ausgerüstet. Kleinere Dampfmaschinen trieben einen Generator. Der Strom diente vor allem zur Beleuchtung und zum Antrieb kleiner elektrischer Motoren in einem räumlich eng begrenzten Umfeld. Größere „Elektrozentralen" wurden ab 1900 in Betrieb genommen. Sie bedienten kleine regionale Netze. Die Spannungen waren am Anfang ebenfalls noch regional unterschiedlich. Gebaut wurden die „Elektrozentralen" von eigens für diesen Zweck gegründeten Gesellschaften. Die Gründungen waren oft von einem großen unternehmerischen Risiko begleitet. Es war völlig unklar, ob und in welchem Umfang die elektrische Energie Eingang in die Landwirtschaft finden würde. Die Anfangsinvestitionen bei dieser Technik waren sehr hoch. Eine Amortisation dauerte Jahrzehnte. Die Elektrizitätsstationen waren mit Dampfmaschinen und Generatoren mittlerer Leistung ausgestattet. Das waren am Anfang selten mehr als einige hundert PS. Diese regionalen Netze besaßen um 1910 schon „Hochspannungsleitungen", in denen Drehstrom von 500 – 2000 Volt durchgeleitet wurde. Damit konnten u. a. die Leitungsverluste auf ein vertretbares Maß gesenkt werden. Feste Transformatorstationen oder fahrbare Transformatoren, die in der Nähe des Feldes aufgestellt wurden, sorgten für die Umwandlung in die Gebrauchsspannung. Sie lag zwischen 110 und 500 Volt. Von den Transformatorstationen ging es bei der Arbeit auf dem Felde über frei bewegliche Kabel zu den Kabeltrommeln auf den Elektro-Pflügen. Die ersten Überlandzentralen mit größerer Leistung wurden in den ersten 10 Jahren des 20. Jahrhunderts in Betrieb genommen.

Die Ansichten, was ein „mechanischer Pflug" leisten sollte, gingen um die Jahrhundertwende unter den Experten weit auseinander. Beim elektrischen Pflug hatte ein Mann der Praxis, der Fabrikant Fritz Brutschke, die Entwicklung zu geringeren Leistungen schon richtig eingeschätzt, seine Kapitalgeber allerdings nicht. In einem Beitrag für eine Fachzeitschrift aus dem Jahr 1913 ist von ihm zu lesen:

„.... Seit über 40 Jahren verfolge ich die Einführung und technische Entwicklung des mechanischen Pfluges und kenne die meisten Erscheinungsformen auf diesem Gebiet. In dieser Zeit bin ich auch ständig in persönlichen Beziehungen zu Landwirten geblieben und habe deren Wünsche kennen gelernt. Seit 40 Jahren höre ich durchweg die Ansicht äußern, die Landwirtschaft braucht einen mechanischen Pflug für mittlere Leistungen, der im Anschaffungspreis nicht zu teuer wird. Der Zweimaschinendampfpflug hat diese Bedingungen nie erfüllen können.

Die jetzige sehr lebhafte Bewegung in Bau und Ankauf der Motorpflüge ist eine Bestätigung hierfür, denn diese Pflüge sind bei mittlerer Leistung preiswert, obwohl sie nur für einen Teil der gewünschten Arbeit verwendbar sind, und ihr Betrieb wegen des teuren Brennstoffes und der kurzen Dauer der Haltbarkeit des Motors wenig rentabel wird. Als ich vor 17 Jahren Gelegenheit hatte, selbst in der Lösung dieser Aufgabe konstruktiv und geschäftlich tätig zu sein durch Bau und Betrieb des elektrischen und eines neuen Dampfpfluges, habe ich mich streng an die obigen Grundsätze gehalten, die sich auch insofern als richtig erwiesen, als die ersten Apparate sofort verkauft wurden, die auch bis heute dauernd in Betrieb sind uns sich betriebsfähig erhalten haben. Der von mir geforderte Preis von 18 – 20000 Mark wurde gern bewilligt, und in den zwei Jahren meiner eigentlichen Tätigkeit konnte ich mich selbst und andere von dem lebhaften Interesse für die Sache überzeugen. Die lebhafte Nachfrage gab dann Veranlassung, durch den rücksichtslosen Gebrauch der Kapitalmacht mich beiseite zu schieben, weil die scheinbar einfache Sache so gut lief, daß man den Erfinder nicht mehr brauchte. Der elektrische Pflug kam in andere Hände, die leider den alten Grundsatz preisgaben. Zuerst wurde der Preis unberechtigt erhöht; für denselben konnten jedoch nur Verkäufe abgeschlossen werden unter dem Versprechen größerer Leistung. Für diese aber waren die Apparate nicht konstruiert. Man baute sie also stärker und noch teurer; damit begannen aber nicht nur die geschäftlichen, sondern auch die technischen Schwierigkeiten, und die ganze Entwicklung geriet ins Stocken."

Und weiter:

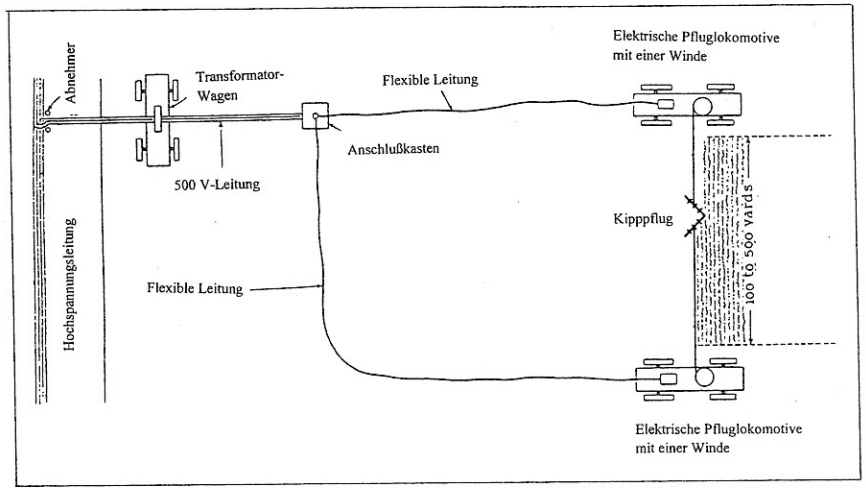
„ .... Nun hat aber der elektrische Pflug den Nachteil, daß er für den Auf- und Abbau nicht die Beweglichkeit des Dampfpfluges hat; erbraucht Gespannkräfte für seine Aufstellung, sein Gewicht darf also nicht die Transportfähigkeit übersteigen, und diese natürliche Forderung wurde durch die Gewichtserhöhung nicht erfüllt. Erst jetzt wieder, während der letzten landwirtschaftlichen Tagung wurden mir viele Klagen über die Schwerfälligkeit in der Bewegung mitgeteilt. Wenn die Bespannung von 14 der schwersten Pferde nötig wird, um den Pflug an den Ort seiner Tätigkeit zu bringen, so hat er seinen Zweck verfehlt.

Für mich war der elektrische Pflug nie etwas anderes, als ein Mittel zur Einführung der Elektrizität in der Landwirtschaft, und zwar ein recht wichtiges Mittel, denn nur er allein konnte mit seinem starken Stromverbrauch und seiner langen Betriebsdauer eine Verzinsung des für die Leitungen aufzuwendenden hohen Anlagekapitals bringen und die Rentabilität der Zentrale sichern. Aber auch hierfür scheint der Pflug seine ihm zugewiesene Aufgabe nicht mehr erfüllen zu können, denn die meisten Überlandzentralen sind derart angelegt, daß Pfluganschluß kaum noch bewältigt werden kann, es müßte erst eine Erweiterung der Zentralstation vorgenommen werden. Bei der mangelhaften Rentabilität der meisten Zentralen ist aber neues Kapital für eine Vergrößerung schwer disponibel zu machen. So ist der elektrische Pflug durch verkehrte Maßnahmen auf einen falschen Weg geschoben, wo immer die Vorbedingungen für seine Existenz fehlen.

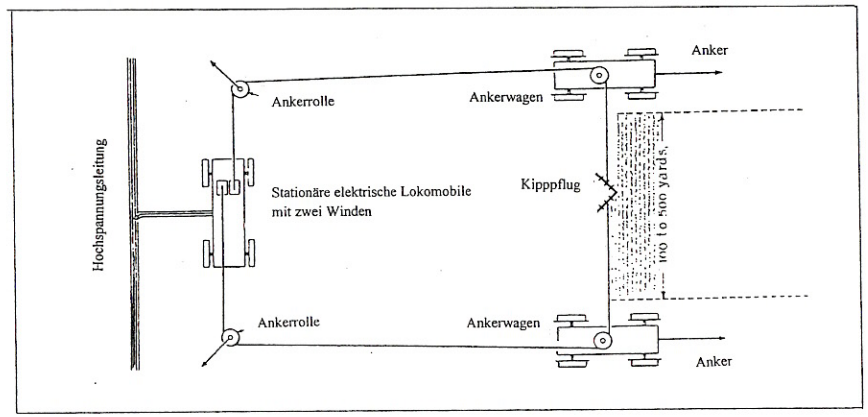
Jedoch kommt noch ein weiteres wichtiges Moment hinzu. Den ersten Pflug habe ich vor 17 Jahren in Betrieb gesetzt. Er war ein Seilpflug, und das System des Seilzugs ist auch geblieben und wird für die Elektrizität auch niemals verlassen werden können. Als solcher hat er auch die Nachteile des Seilpflugs, d. h. er ist zwar betriebssicher, aber er ist nur für einen begrenzten Teil der notwendigen Aufgaben brauchbar. Inzwischen sind aber die Ansprüche der Landwirtschaft größer geworden, man verlangt von einem Kraftpflug jetzt ein erweitertes Gebiet der Anwendung, das nur von einer Kraftmaschine erfüllt werden kann, welche die Kraftquelle in sich jederzeit erneuert, wie der Motor oder die Dampfmaschine. Für diese Erweiterung des Betriebs ist die Elektrizität nicht brauchbar, deshalb wird sie notwendigerweise etwas mehr in den Hintergrund treten müssen. Der elektrische Pflug wird nur noch für diejenigen wenigen Fälle zur Verwendung kommen, wo die technischen und wirtschaftlichen Verhältnisse besonders günstig liegen. Die Lösung der Hauptaufgaben wird er der Dampfmaschine oder dem Motor überlassen müssen, die selbstbewegliche Fahrzeuge zu betreiben gestatten, wie sie für die erweiterten Aufgaben unbedingt gebraucht werden."

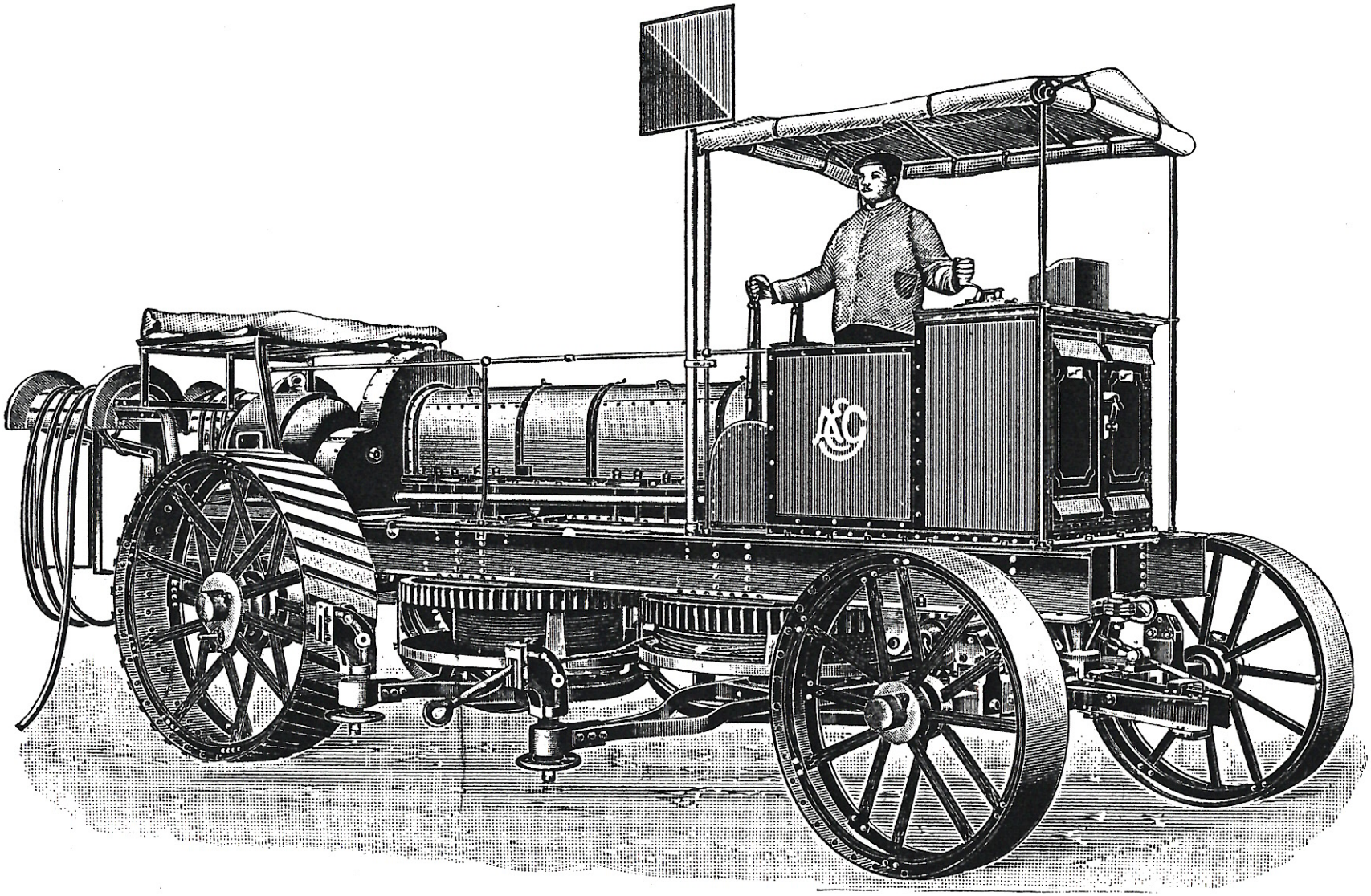
An diese exzellente fachliche Einschätzung aus dem Jahr 1913 braucht nichts hinzugefügt werden. 5 Jahre später ist es mit dem im direkten Gang betriebenen, leichten Ackerschlepper mit Verbrennungsmotor so eingetreten.

Anmerkung:
In der „Elektro-Bodenkultur" ist auch ein Einsatz der anderen bekannten Maschinensysteme versucht worden. In Deutschland allerdings ohne Erfolg. In England sah die Situation etwas anders aus. Regional begrenzt hat man dort auch elektrische Zweimaschinensysteme und Einmaschinensysteme mit Seilführung um das Feld (Roundabout single-winder, ähnlich dem frühen System von Howard) im praktischen Einsatz gehabt. Der große maschinentechnische Aufwand wird besonders beim „Elektro-Zweimaschinensystems" deutlich. In der untenstehenden Skizze sind die wesentlichen Maschinen und Geräte eingetragen. Eine Kommentierung erübrigt sich wohl.



Auch das Einmaschinensystem mit Seilführung bum das Feld ist als „elektrisches System" versucht worden. Der apparative Aufwand war hierbei im Vergleich zum System mit Dampfbetrieb nicht wesentlich höher. Die elektrische Lokomobile mit Windewagen (oder eine spezielle elektrische Lokomobile mit integrierten Winden) waren stationär. Eine Nachführung von empfindlichen Kabeln war nicht notwendig. Voraussetzung für einen begrenzt wirtschaftlichen Betrieb war allerdings auch hier die nahe Anbindung an eine Hochspannungsleitung mit entsprechender Leistungsübertragung.





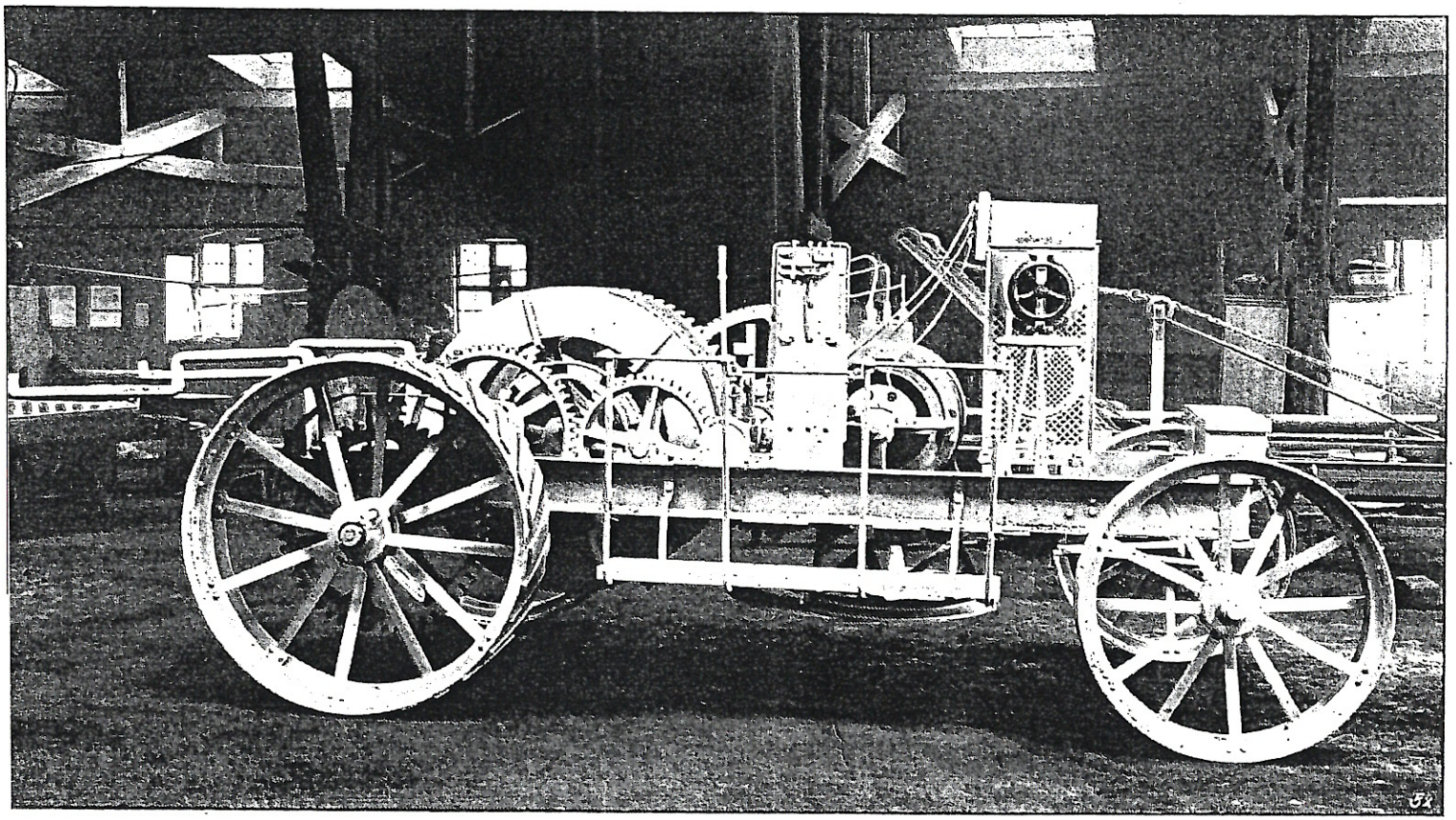
Tafel 10. 9.3/2: Elektro-Pfluglokomotive
der Sudenburger Maschinenfabrik (1912)

Der Elektromotorwagen.

Die nachstehende Abbildung zeigt den Elektromotorwagen ausgerüstet mit einem Drehstrommotor von 40 Pferdekräften. Der letztere setzt durch einfache Stirnradübertragung sowohl die beiden Windetrommeln für die Bewegung der zwei Pflugseile als auch die beiden Hinterräder für die Vorwärtsbewegung des Wagens in Umdrehung. Durch zwei Handhebel werden mittelst lösbarer Zahnkupplungen die verschiedenen Bewegungen eingeleitet.

Das seitlich angebrachte Trittbrett ist der Standort des Wagenführers, von dort aus hat derselbe eine bequeme Uebersicht sowohl über sämmtliche Maschinentheile als auch über den Pflug und über den zu passirenden Fahrweg, ebenso liegen ihm die Hebel zur Bedienung handlich.

Die Windetrommeln sind vertical mit horizontaler Achse nebeneinander angeordnet. Diese Lage gestattet eine sehr einfache Construktion mit solider Befestigung der Achse an dem Rahmen und einfache Kraftübertragung durch Stirnräder unter Vermeidung konischer Getriebe. Bei dieser Anordnung wird ausserdem noch der Regulirungsmechanismus zur gleichmässigen Aufwicklung des Seiles entbehrlich, und die Bremse der ablaufenden Trommel braucht weniger stark angezogen zu sein, als bei horizontaler Anordnung, wodurch **geringerer Kraftverlust bedingt ist.** Auch können die Trommeln besonders gross in ihrem Durchmesser gewählt werden. Zwei Leitrollen unterhalb des Wagengestells gestatten, die Seile unter beliebigem Winkel vom Motorwagen aus abzuleiten, um auch **Flächen mit schrägen Grenzen zu pflügen.**



Tafel 10. 9.3/3: Elektro-Pfluglokomotive von A. Borsig (um 1904)