

BODENDRUCKFRAGEN BEIM EINSATZ LUFTBEREIFTER FAHRZEUGE AUF DEM ACKER

Während der letzten 20 Jahre hat sich der Luftreifen in der Landwirtschaft auf der ganzen Linie durchgesetzt. Entscheidende Veränderungen in der Struktur und der Technik der Betriebe waren die Folge, und mancherlei Fragen hinsichtlich der Technik des Ackerbaues und der Beeinflussung des Bodens sind dadurch aufgeworfen worden.

Die erste Frage lautet:

Welche Veränderungen der ackerbautechnischen Voraussetzungen hat die allgemeine Verwendung des Luftreifens in den landwirtschaftlichen Betrieben zur Folge?

1. Der luftbereifte Schlepper hat einen wesentlich weiteren Anwendungsbereich als der eisenbereifte. Dadurch können auch mittlere und kleinere Betriebe den Schlepper in zunehmendem Masse einsetzen.
2. Soll der Schlepper wirtschaftlich sein, muss ein Teil der Pferde abgeschafft und deren Arbeit vom Schlepper übernommen werden (Vollmotorisierung!).
3. Die Entwicklung bringt den luftbereiften Schlepper vielfach in Betriebe, die bisher überhaupt nicht motorisiert waren und deshalb mit der modernen landtechnischen Entwicklung und dem Einsatz motorisch gezogener Geräte auf dem Acker nur wenig vertraut sind.
4. Die Folge davon ist, dass in vielen Betrieben der luftbereifte Schlepper einfach an die Stelle der Zugtiere tritt, ohne dass Geräte und Arbeitsverfahren dieser grundsätzlich anderen Bewirtschaftungsweise angepasst sind.
5. Die Leistungsfähigkeit des Schleppers bringt es mit sich, dass durch ihn schwere Maschinen (wie Mährescher, Feldhäcksler und Düngerstreuer) und luftbereifte Wagen über den Acker gezogen werden,

Arbeiten wird bei der Konstrukteurtagung im März 1955 von Herren der beiden Firmen berichtet werden*).

Die gemeinschaftliche Arbeit der sonst im Wettbewerb stehenden Firmen und der wissenschaftlichen Institute wird hier zum Besten der Landwirtschaft zu dem gewünschten Ergebnis der Austauschbarkeit verschiedener Geräte-Fabrikate an allen Schleppern und einer unter den verschiedensten Bodenverhältnissen bestmöglichen Pflugarbeit führen können. Diese Entwicklung zeigt einmal mehr, wie sehr die Landbauforschung zwischen Theorie und Praxis steht und beide sich ergänzen können und müssen.

Dipl.-Ing. H. Skalweit
Institut für Schlepperforschung

*) Beitragsvorlage 1.3.1955.

wobei die angehängte Last oft wesentlich schwerer ist als der Schlepper selbst und dabei auf kleine Reifen abgestützt wird.

Im Zuge dieser gesamten Entwicklung wird nun der Ackerboden sehr viel häufiger mit schweren, luftbereiften Schleppern und angehängten Wagen und Geräten überfahren, und zwar nicht nur dann, wenn der Acker frei von Pflanzenbeständen und verhältnismässig fest ist, sondern auch während der Vegetationszeit und nicht selten bei Bodenzuständen, die wegen der Lockerheit und des Feuchtigkeitsgehaltes des Bodens eine eindeutige Druckempfindlichkeit aufweisen. Diese Tatsache hat verständlicherweise Sorge darüber hervorgerufen, ob und wie weit durch das häufige Befahren die Struktur des Bodens und damit seine Leistungsfähigkeit nachteilig beeinflusst würde. Denn für das Wurzelwachstum unserer Kulturpflanzen ist die Struktur eines Ackerbodens, d.h. die Dichte des Bodengefüges, von entscheidender Bedeutung. Jede Veränderung des physikalischen Zustandes wird naturgemäss auch eine mehr oder weniger nachhaltige Veränderung im Lebensraum der Pflanzenwurzeln mit sich bringen.

Deshalb erhebt sich als zweites die Frage:

Welche Veränderungen der Bodenstruktur werden durch ständigen Einsatz des luftbereiften Schleppers und seiner Folgeeinrichtungen hervorgerufen?

Aus in- und ausländischen Arbeiten sowie unseren eigenen Untersuchungen zu dieser Frage geht hervor, dass unter bestimmten Voraussetzungen wesentliche und nachhaltige Veränderungen der Bodenstruktur durch den Schlepper selbst und der von ihm gezogenen Fahrzeuge oder Geräte unmittelbar hervorgerufen werden können. Im einzelnen zeigten sich folgende Zusammenhänge:

1. Bodenart und Feuchtigkeitsgehalt haben einen wesentlichen Einfluss auf die vom Schlepper hinterlassenen Wirkungen. Während trockene Böden eine hohe Tragfähigkeit haben und praktisch kaum empfindlich gegen Schlepperdrücke sind, zeigen sowohl sandige als auch schwere Böden bei höheren Feuchtigkeitsgehalten teilweise eine starke Druckempfindlichkeit. Sie können durch Befahren merklich über die normale Lagerungsdichte hinaus zusammengedrückt werden. Weniger empfindlich zeigen sich dagegen feinsandige, schluffhaltige Böden wie der Löss, und zwar auch bei höherem Feuchtigkeitsgehalt. Bei einem für die Bodenbearbeitungsmassnahmen günstigen Feuchtigkeitsgehalt sind die Ackerböden im allgemeinen dann nicht allzu druckempfindlich, wenn sie genügend abgelagert sind.

2. Eine wichtige Rolle spielt deshalb der Bodenzustand. Je lockerer ein Boden ist, umso stärker und tiefer macht sich die Druckwirkung bemerkbar. Dies bedeutet, dass frisch gelockerte Felder möglichst nicht sofort wieder befahren werden und gegebenenfalls mehrere Arbeitsgänge gekoppelt werden sollten.

3. Die Tiefe der Druckwirkung reicht bei Schleppern mittleren Gewichts, wenn sie auf dem Land fahren, meist nicht sehr weit unter die Bearbeitungsgrenze herunter. Läuft ein Rad in der Furche, also auf dem fester gelagerten Untergrund, dann ist nach englischen Untersuchungen bei normaler Ackerfeuchtigkeit die Druckwirkung nicht so stark, wie meist angenommen wird, und reicht selten tiefer als etwa 10 cm. Trotzdem muss nach den Ergebnissen anderer Autoren wie nach unseren eigenen Versuchen beachtet werden, dass dabei eine empfindliche Verdichtung von Bodenschichten eintreten kann, die üblicherweise nicht bearbeitet, also auch nicht jährlich wieder aufgelockert werden. Hierdurch entstehende Strukturschäden lassen sich zwar von Zeit zu Zeit durch eine zusätzliche Untergrundlockerung wieder beheben, können aber in der Zwischenzeit das Wurzelwachstum vor allem durch das zwischen der lockeren Krume und dem verdichteten Untergrund entstandene „Strukturgefälle“ ernsthaft beeinträchtigen. Dagegen reicht die seitliche Druckwirkung des Luftreifens nach amerikanischen und eigenen Untersuchungen kaum weiter als etwa 30 cm von der Spurmitte, so dass dieser Einfluss von untergeordneter Bedeutung erscheint.

4. Den eindeutig stärksten Einfluss auf das Ausmass der Verdichtung übt das Gewicht des Schleppers, Wagens oder Gerätes aus. Dabei ist bemerkenswert, dass eine Erhöhung des Fahrzeuggewichtes sich nicht so sehr auf die absolute Stärke der Verdichtung, sondern viel mehr auf die Tiefe der Strukturveränderung auswirkt. Vergleicht man also zwei Schlepper in ihrer Druckwirkung miteinander, deren Gewichte sich wie 2:1 verhalten, die aber mit möglichst ähnlichen Reifen ausgerüstet sind, dann differieren die maximalen Verdichtungen (d.h. der Verlust an Porenraum) nur verhältnismässig wenig. Entscheidend ist, dass die Druckwirkung des schwereren Schleppers erst in einer grösseren Tiefe abgebaut wird als beim leichten Schlepper. Der schwerere Schlepper ruft also tiefer greifende Strukturveränderungen hervor, die dann meist ausserhalb des Wirkungsbereiches der üblicherweise verwendeten Bodenbearbeitungsgeräte liegen. Dies gilt wiederum besonders auf druckempfindlichen Böden und bei kritischem Feuchtigkeitsgehalt. Man sollte deshalb unter solchen Bedingungen den Schlepper keinesfalls schwerer wählen, als unbedingt notwendig ist.

5. Den Einfluss der Reifenabmessung und des Luftdruckes auf Rollwiderstand und Bodenverformung haben *Bock* und *Söhne* in Völknerode eingehend untersucht und danach einen Reifendruck von 0,8 atü als den günstigsten für den Acker empfohlen. Bei unseren eigenen Versuchen unter Feldbedingungen haben sich nur verhältnismässig geringe Unterschiede in der Druckwirkung und im Porenverlust ergeben, wenn ein und derselbe Schlepper mit Reifen von verschiedener Abmessung oder unterschiedlichen Luftdrücken gefahren wurde. Bei Reifen von gleichem Aussendurchmesser zeigt der Reifen mit dem grösseren Querschnitt die geringere Eindringtiefe und hat den geringeren Rollwiderstand. Beides ist an sich erwünscht. Aus Gründen der Zugkraftübertragung sowie aus ackerbaulichen Rücksichten ist es günstiger, die Reifenauflagefläche möglichst schmal und lang zu wählen, um die Breite der Spur und damit die insgesamt vom Schlepper berührte Fläche so klein wie möglich zu halten. Für die praktische Bodenbearbeitung ziehen wir deshalb den schmalen Reifen mit grossem Durchmesser dem kleinen, grossvolumigen Reifen vor.

6. Die Spurbildung eines Luftreifens ist umso ausgeprägter, je lockerer bzw. feuchter der be-

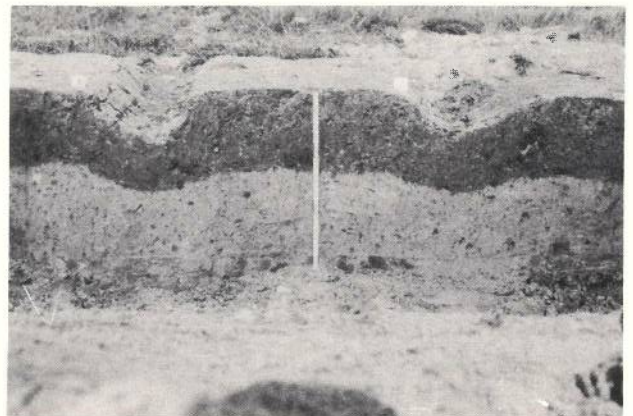


Abb. 1: Druckwirkung verschiedener Schlepper. Die Verlagerung von Krume und Untergrund ist nicht gleichbedeutend mit Verdichtung!



Abb. 2: Wenn die Schlepperspur nicht vom nachfolgenden Gerät aufgerissen wird, entsteht ein Strukturtau.

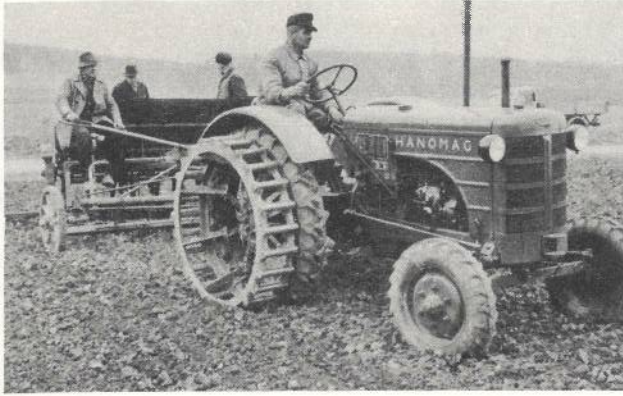


Abb. 3: Das Gitterrad verhindert tiefes Einsinken und erleichtert die Bestellungsarbeiten.



Abb. 4: Besonders bodenschonend und griffig ist die Gummipolsterkette an einer Kleinraupe.



Abb. 5: In einem ausgewinterten Weizenbestand sind nur die Pflanzen in den Schlepperspuren normal entwickelt, wo der Boden festen Schluss hatte.



Abb. 6: Schlepperspuren in einem Wintergerste-Versuch, die keine Ertragsdepressionen zur Folge hatten.

fahre Boden ist. Sie ist entweder die Folge einer Verschiebung von losem Bodenmaterial oder aber einer plastischen Verformung von feuchtem Boden. Zwar ist die Tiefe der hinterlassenen Spur kein Massstab für die Stärke der Verdichtung, vor allem dann, wenn alle Bodenhohlräume mit Wasser gefüllt sind und eine tiefe Spur nur durch plastische Verformung hervorgerufen wird, jedoch keine nennenswerte Verdichtung eintritt. Trotzdem erschweren Radspuren stets die gesamte Ackerbestellung und führen zu einer ungleichmässigen Bearbeitung. Besonders nachteilig sind sie in schwerem Boden, wo sie nach dem Abtrocknen eine sehr grobschollige Bearbeitung des Bodens zur Folge haben.

7. Die Ausbildung des Laufwerkes ist deshalb ackerbaulich ebenfalls von Interesse. Wo Spurbildung und Druckwirkung des normalen luftbereiften Vierradschleppers nachteilig werden, sind Zwillingreifen oder eiserne Gitterräder wünschenswert, wodurch in allen Fällen nicht nur die absolute Verdichtung, sondern auch die Spurtiefe merklich verringert wird. Bei stark druckempfindlichen Böden empfiehlt sich die Anwendung des Raupenschleppers, denn Raupenlaufwerke vermindern die Druckwirkung des Schleppers bei gleichem Gewicht gegenüber dem Luftreifen erheblich. Hinsichtlich der Minderung der Druckwirkung vorteilhaft haben sich die Raupenlaufwerke mit geteilten Gummipolstern erwiesen. Die von ihnen hinterlassenen Spuren lassen sich mit den üblicherweise angewandten Nachbearbeitungsgeräten weitaus leichter beseitigen als bei allen anderen Schleppern.

8. Schliesslich wirkt sich auch der Zeitpunkt und die Häufigkeit beim Befahren eines Bodens auf die Stärke der Verdichtung aus. Vor allem bei der Herrichtung des Saatbettes muss auf den Feuchtigkeitszustand der unter der Oberfläche liegenden Schichten Rücksicht genommen werden. Ein mehrfaches Befahren derselben Spur (Abfahrspuren) kann zu einer starken Verdichtung des Bodens führen.

Es steht ausser Zweifel, dass durch den Einsatz des luftbereiften Schleppers und der ihm angehängten Fahrzeuge nicht selten Strukturveränderungen hervorgerufen werden, die den Boden über das bei tierischer Bewirtschaftung übliche Mass hinaus verdichten. Dies ist zwar nicht die Regel, lässt sich aber im Rahmen der betriebswirtschaftlichen Erfordernisse im vollmotorisierten Betrieb nicht immer vermeiden. Letzten Endes entscheidet aber nicht allein die physikalische Messung der Struktur, mit der wir diese Druckwirkung bis jetzt verfolgt haben, sondern der Einfluss der Strukturveränderungen auf das Pflanzenwachstum und den Ertrag.

So ergibt sich die dritte Frage:

Bedeutet eine Verdichtung des Bodens durch Rad drücke gegenüber der Gespannbewirtschaftung eine Benachteiligung des Pflanzenwachstums ?

Mehrjährige umfangreiche Untersuchungen in unserem Institut ergaben hierzu folgendes:

1. Die Ansprüche unserer Kulturpflanzen an die Struktur des Bodens sind stärker differenziert als bisher angenommen wurde. Die durch den Schleppereinsatz bei der Saatbettbereitung hervorgerufenen Bodenverdichtungen erwiesen sich bei einzelnen Getreidearten (wie Weizen und Hafer) und teilweise auch bei Kartoffeln nicht als nachteilig. Teils ergaben sich sogar deutliche, statistisch gesicherte Mehrerträge. Andere Arten, wie Gerste oder Raps und zum Teil Zuckerrüben, zeigten sich dagegen empfindlicher.

2. Beim Überfahren von Weizen- und Haferbeständen zeigten sich im Gesamtertrag dann keine Depressionen, wenn die Radsptren schmal waren, also schmale und hohe Reifen verwendet wurden. Bei der Verwendung von Zwillings- oder Gitterrädern im Bestand wurde die berührte Fläche zu breit, so dass trotz der absolut verringerten Druckwirkung ein Wachstumsausgleich im Bestand nicht erfolgen konnte. Die Folge waren geringe Mindererträge. Auch bei Pflegearbeiten mit dem Schlepper zu Kartoffeln war im allgemeinen eher eine Tendenz zu Mindererträgen zu erkennen. Aber auch hier zeigte sich deutlich ein Einfluss des Witterungsablaufes und der Vegetationsdauer der einzelnen Sorten.

Die pflanzenbaulichen Versuche über den Einfluss der Strukturveränderung durch den luftbereiften Schlepper zeigten also teils und überraschenderweise einen günstigen Einfluss auf den Ertrag, zu einem anderen Teil aber auch Ertragsdepressionen.

Unsere letzte und entscheidende Frage muss daher lauten:

Sind Schäden durch einen ungünstigen Einfluss luftbereifter Schlepper auf die Bodenstruktur und das Pflanzenwachstum unvermeidlich oder gar irreparabel?

Nach den bisher vorliegenden Untersuchungen und Erfahrungen muss die Antwort lauten: In bestimmten Fällen und unter gewissen ungünstigen Bedingungen (schwere, feuchte und druckempfindliche Böden und niederschlagsreiches Klima) sind Bodenschäden unvermeidlich, wenn betriebswirtschaftliche Forderungen und die Wetterlage den Einsatz luftbereifter Fahrzeuge auf dem Acker erzwingen. Vor einer Vollmotorisierung eines Betriebes, der unter solchen Verhältnissen wirtschaftet, muss dringend gewarnt werden. Als irreparabel vermögen wir aber auch ernste Strukturschäden in einem solchen Fall nicht zu bezeichnen, nachdem wir im Frühjahr 1953 nach den äusserst schwierigen Wetter- und Bodenverhältnissen im Herbst 1952 an Feldversuchen zeigen konnten, dass sich durch eine wohlabgewogene, feinfühligte Bodenbearbeitung und den Anbau von Früchten mit dem Bodenzustand angepassten Strukturansprüchen eine absolut vollwertige Ernte erstellen liess.

Im allgemeinen aber braucht der Schleppereinsatz vom Boden her keine Gefahr zu sein und kann verantwortet werden, sofern Schlepper, Arbeitsverfahren und Geräte den gegebenen Bodenverhältnissen sorgfältig angepasst werden.

In vielen Fällen sind hierzu allerdings noch notwendig: Eine genauere Kenntnis der Böden und der Strukturansprüche der Pflanzen, ein Abgehen von alten Traditionen bei den Bodenbearbeitungs-Verfahren, eine bessere Anpassung der Massnahmen bei der Saatbett-Bereitung, das Vermeiden nachteiliger Folgen der unvermeidlichen Spuren; die sinnvolle Kombination mehrerer Arbeitsgänge zu einem einzigen und nicht zuletzt die Verminderung der Zahl der Arbeitsgänge durch sorgfältige Ausnutzung der Leistungsfähigkeit des Schleppers bei allen Arbeitsgängen.

Schlussfolgerungen:

In den meisten Betrieben ist die Einführung des Schleppers eine betriebswirtschaftliche Frage. Die Rücksicht auf den Boden ist dabei nur ein Faktor, und sie allein darf und wird deshalb nicht entscheidend dafür sein, ob ein Schlepper auf dem Acker eingesetzt oder der Betrieb vollmotorisiert wird. Andererseits darf aus betriebswirtschaftlichen Überlegungen die Rücksicht auf den Boden nicht ausser Acht gelassen werden. Denn es wäre kurzsichtig und verhängnisvoll, aus einer augenblicklichen Notlage oder um eines kurzfristigen Vorteiles willen die dauernde Erhaltung der Leistungsfähigkeit des Bodens aufs Spiel zu setzen.

Es wird noch intensiver wissenschaftlicher Arbeit bedürfen, bis wir über die Wechselbeziehungen zwischen der Struktur der verschiedenen Böden und den Ansprüchen unserer Kulturpflanzen genügend wissen, um die geeignetsten und bodenschonendsten Verfahren der Bodenbearbeitung wie überhaupt des Acker- und Pflanzenbaues mit dem Schlepper empfehlen zu können. Es wird eine weitere und schwierigere Aufgabe der Beratung sein, diese Erkenntnisse jedem Landwirt zu vermitteln, damit der Einsatz des luftbereiften Schleppers und seiner ihm angehängten, ebenfalls luftbereiften Fahrzeuge und Maschinen sowohl technisch wie betriebswirtschaftlich und ackerbaulich in seiner Gesamtheit souverän beherrscht wird.

Unter dieser Voraussetzung und mit dieser gewissen Einschränkung dürfen wir den Einsatz des Luftreifens auf dem Acker auch vom Boden her gesehen als eine bedeutungsvolle Entwicklung bejahen.

Prof. Dr. H. Frese
Institut für Bodenbearbeitung