Zeitschrift: Landtechnik Schweiz
Herausgeber: Landtechnik Schweiz
Band: 51 (1989)
Heft: 7

Artikel: Mechanisierungsbedingte Verdichtungsgefährdung an Beispielen aus Praxisbetrieben

Autor: Weisskopf, P. / Schwab, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1080621

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 03.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Mechanisierungsbedingte Verdichtungsgefährdung

Eine Einführung zum folgenden Artikel

Entgegen aller journalistischer Theorie sprengt der vorliegende Beitrag die Normallänge eines leicht verdaubaren Artikels sehr erheblich. Vorweg sei aber festgestellt, dass er dies auch in bezug auf Inhalt und neue Erkenntnis tut.

Mutmassungen über die Vorteile und Nachteile einer schweren, beziehungsweise leichten Mechanisierung im Ackerbau werden meines Wissens zum ersten Mal an Hand von wissenschaftlichen Untersuchungen genau unter die Lupe genommen, indem verschiedene Arbeitsketten mit dem gleichen Ziel der Silomaisproduktion und des Futterbaus im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf die Böden einzeln dargestellt und vergleichend erläutert werden. Kurzfristig mag es nur begrenzt möglich sein, aus den gemachten Aussagen, Erkenntnissen und den persönlichen Erfahrungen von vier Betriebsleitern, deren Bodenbewirtschaftung hier ausgewählt und zur Darstellung gebracht wird, einen Nutzen zu ziehen. Mittel- und längerfristig dürften die Überlegungen aber manchen Entscheid bei Fragen der Mechanisierung, der Arbeitswirtschaft sowie der Ökonomie und Ökologie mitbeeinflussen.

Dem eiligen Leser seien insbesondere die Graphiken und der Kasten «Bodenbeanspruchung durch einzelne Arbeitsgänge» zur Beachtung empfohlen. Die folgende Inhaltsangabe soll zur Erschliessung des Artikels beitragen.

1. **Standortvoraussetzungen: Bodenart und -typ, Niederschläge** 21
2. **Gefügezustand: Grobporenvolumen** 22
   Die beiden Abschnitte dienen der knappen Umschreibung der beiden Solothurner Betriebe (SO1 und SO2) und Schaffhauser Betriebe (SH1 und SH2) in den der Untersuchung zugrunde liegenden Jahren.
3. **Durchschnittliche Bodenbeanspruchung im Ober- und Unterboden bei verschiedenen Kulturen** 22
   Es geht dabei um den Vergleich von verschiedenen Mechanisierungsketten und Anbauverfahren bei Silomais, Kunstwiese und Getreide.
4. **Zeitpunkt der Arbeitserledigung** 26
   Der Zeitpunkt der Arbeitserledigung und die Gestaltung der fruchtfolgetechnischen Massnahmen beeinflussen den Bodenzustand. Die anschaulichen Darstellungen 4 und 5 geben Anlass zu einer vergleichenden Betrachtung, insbesondere auch mit dem eigenen Betrieb.
5. **Vergleich der Bodenbeanspruchung durch verschiedene Arbeitsgänge** 27
   (Pflug, Saatbett, Saat, Düngung, Pflanzenschutz und Ernte)
6. **Vergleich der Bodenbeanspruchung durch einzelne Maschinen** 31
   Der Abschnitt enthält eine Darstellung für die unterschiedliche Druckbelastung der Traktorhinterräder, je nachdem, ob sie auf der Bodenoberfläche oder in der Pflugfurche laufen. Zudem wird auf die Bodenbelastung durch Erntewagen eingegangen.
7. **Gegenmassnahmen im Hinblick auf die langfristige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit**
   folgt in LT 8/89

(Red)

Tabelle 1: Standortvoraussetzungen der vier Betriebe; SO1 und SO2 in der Aare-Ebene bei Grenchen, SH1 und SH2 im Kt. Schaffhausen (Schleitheim)

Betriebe	Bodenart	Bodentyp	Niederschläge	Vegetationsdauer
SO1, SO2	humoser, lehmiger Ton bis Ton	staunasse bis stark staunasse Böden mit zusätzlichem Grundwassereinfluss	ausgeglichenes bis mässig feuchtes Klima; ca. 1200 – 1300 mm Jahresniederschlag	sehr lange Vegetationsperiode
SH1, SH2	schwach humoser, lehmiger Ton	staufeuchte bis staunasse Böden	mässig trockenes Klima; ca. 800 – 900 mm Jahresniederschlag	lange Vegetationsperiode

Mechanisierungsbedingte Verdichtungsgefährdung an Beispielen aus Praxisbetrieben

P. Weisskopf, P. Schwab

Eidg. Forschungsanstalt für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Reckenholz
Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik, Tänikon

Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes 22 «Nutzung des Bodens in der Schweiz» (NFP 22) wurde von der FAP Reckenholz und der FAT Tänikon gemeinsam das Projekt «Verdichtungsgefährdung schweizerischer Ackerböden» durchgeführt. Ziel dieses Projektes war es, Hinweise auf Ursachen und Verbreitung von Bodenverdichtungen in der Schweiz zu erhalten sowie mögliche Gegenmassnahmen aufzulisten.
Als Fortsetzung zu einem in der Mai-Ausgabe 1988 der «Schweizer Landtechnik» erschienenen grundsätzlichen Artikel «Bodenverdichtungen – Ursachen und Gegenmassnahmen» stellt der vorliegende Artikel an Beispielen aus der Praxis dar, welche durch Gewichtslasten verursachte mechanische Druckbeanspruchungen bei der Bewirtschaftung von Silomais, Kunstwiese und Getreide entstehen können und wodurch sie im einzelnen verursacht werden. Daneben werden jene Faktoren kurz erläutert, die zu einer Stabilisierung des Bodengefüges beitragen können. Die vorgestellten Beispiele stammen von je zwei Praxisbetrieben aus der Aare-Ebene zwischen Grenchen und Solothurn bzw. aus dem Schaffhauser Jura.

Abb. 1: Die Beachtung der Bodenfeuchtigkeit ist entscheidend für die Vermeidung von Bodenverdichtungen: Bei ungünstigen Verhältnissen verursachen selbst relativ gut ausgerüstete Fahrzeuge Bodenschäden.

Standortvoraussetzungen: Bodenart und -typ, Niederschläge

Wie Tabelle 1 zeigt, arbeiten die vier Betriebe auf sogenannt «schweren», tonreichen Böden, besonders die beiden Betriebe in der Aare-Ebene. Entsprechend schwierig gestaltet sich die Bodenbearbeitung, weil nur innerhalb einer sehr schmalen Bandbreite des Bodenfeuchtigkeitsgehaltes mit optimalen Bearbeitungsresultaten gerechnet werden kann («Minutenböden»: Beim Abtrocknen bleiben die Böden lange Zeit im plastischen Zustand, werden dann aber rasch trocken und hart).
Neben dem Einfluss der Bodenart auf den Gefügezusammenhalt – speziell bei den Betrieben in der Aare-Ebene – besteht ein grosses Risiko von zu grosser Bodenfeuchtigkeit: Einerseits ist mit z. T. beträchtlichen Niederschlägen zu rechnen, andererseits erhalten die Böden durch den Grundwasser-Anschluss in den tieferen Schichten noch zusätzliches Wasser bzw. lassen infolge ihrer Staunässe-Eigenschaft das Niederschlagswasser nur langsam aus dem Bodenkörper versickern.

Gefügezustand: Grobporenvolumen

Im Laufe eines Jahres verändert sich das Gefüge (und damit das Grobporenvolumen) fortlaufend. Gefügebildend wirken dabei häufige Austrocknungs-/Wiederbefeuchtungszyklen, starke Frostwirkungen, intensive Bodendurchwurzelung, bodenbiologische Aktivität, schonende Bodenbearbeitung bei gut abgetrocknetem, jedoch nicht zu trockenem Boden. Gefügezerstörend wirken insbesondere Druckeinwirkungen (Befahren, Bearbeiten) bei zu feuchtem Boden. Im Gegensatz zum Oberboden weist der Unterboden i. a. ein geringeres Regenerationsvermögen auf, weil die gefügebildenden Vorgänge weniger aktiv sind (geringere Schwankungen der Bodenfeuchtigkeit, keine Frosteinwirkung, geringe Durchwurzelung und bodenbiologische Aktivität, Boden für einen erfolgversprechenden Einsatz tiefreichender Bodenbearbeitungsgeräte oft zu feucht); Unterbodenverdichtungen sind deshalb langfristig gravierender als Verdichtungen im Oberboden.

Die in Tabelle 2 aufgeführten Grobporenwerte wurden im Frühjahr 1987 erhoben und zeigen folgendes:

Silomais: Im Oberboden von Silomaisparzellen waren im Rahmen des NFP 22 generell die geringsten Grobporenwerte festzustellen; der Wert für den Betrieb SO2 ist deshalb als relativ gut zu betrachten. Im Unterboden wiesen die Betriebe im Kanton Schaffhausen deutlich günstigere Grobporenwerte auf als jene der Aare-Ebene; dies ist u. a. auf die Boden- und Klimaverhältnisse zurückzuführen (häufigere Nassphasen in den Böden der Solothurner Betriebe; häufigere Austrocknungs-/Wiederbefeuchtungszyklen in den Böden der Schaffhauser Betriebe). Der tiefe Wert in der Parzelle von SO2 könnte eine Folge der betriebsspezifischen (schweren) Mechanisierung sein (1986 eventuell Einsatz unter ungünstigen Bedingungen? vgl. Abschnitt 4).

Kunstwiese: Im Oberboden der Kunstwiesen waren bei den Betrieben durchwegs Grobporenwerte im genügenden Bereich zu finden. Die Betriebe in der Aare-Ebene wiesen dabei (standortbedingt!) eher unterdurchschnittliche Werte auf, was besonders die Parzelle des Betriebes SO1 betraf; dies war möglicherweise eine Folge der Nutzungsform und -intensität dieser Kunstwiesen im Jahr 1986 (vgl. Abschnitt 2). Ähnliches gilt für den Unterboden: Auch hier liegen die Grobporenwerte der staunassen Böden in der Aare-Ebene unter dem Durchschnitt der übrigen untersuchten Betriebe; desgleichen dürfte auch hier der tiefe Wert beim Betrieb SO1 auf Nutzungsform (Eingrasen eventuell unter ungünstigen Verhältnissen!) und -intensität (5 Schnitte) zurückzuführen sein.

Tabelle 2: Grobporenvolumen (in Prozent) im Ober- und Unterboden aus Parzellen der vier Betriebe sowie Durchschnittswerte aus den im Rahmen des NFP 22-Projektes «Verdichtungsgefährdung schweizerischer Ackerböden» untersuchten Parzellen.
Probenahme im Frühjahr 1987 aus dem Ober- und Unterboden von Parzellen mit Vorkultur Silomais bzw. aus Kunstwiesen-Parzellen.

Betrieb	Silomais-Parzellen		Kunstwiesen-Parzellen	
	Oberboden	Unterboden	Oberboden	Unterboden
SO1	– *	8,6 %	8,0 %	6,7 %
SO2	9,8 %	7,0 %	9,5 %	8,8 %
SH1	– *	9,7 %	14,4 %	15,0 %
SH2	– *	10,7 %	–	–
Durchschnitt NFP 22	7,2 %	8,4 %	10,0 %	9,0 %

* Parzellen zum Zeitpunkt der Probenahme gepflügt

Bewertung: – weniger als 5 % Grobporenvolumen ungenügend
– 5 bis 7 % Grobvolumen kritisch
– mehr als 7 % Grobporenvolumen genügend bis gut

Definition Bodenverdichtung

Bodenverdichtungen sind Schädigungen des Gefügeaufbaues von Böden, indem das Hohlraumsystem eines Bodens teilweise zerstört wird (Verlust von Grobporenvolumen) und der von den wachsenden Wurzeln zu überwindende Bodenwiderstand zunimmt. Für die Pflanzen bedeutet dies, dass einerseits das überschüssige Niederschlagswasser nicht genügend rasch aus der geschädigten Bodenzone und den darüberliegenden Bodenschichten abfliessen kann (Luftmangel!), andererseits wird die Erschliessung der Nährstoff- und Wasservorräte des Bodens für die Wurzeln erschwert (physiologisch flachgründiger Boden!).

Bodenbeanspruchung im Ober- und Unterboden bei verschiedenen Kulturen

Mit den Grössen «Durchschnittliche Bodenbeanspruchung im Oberboden» (=DBO) bzw. «Durch-

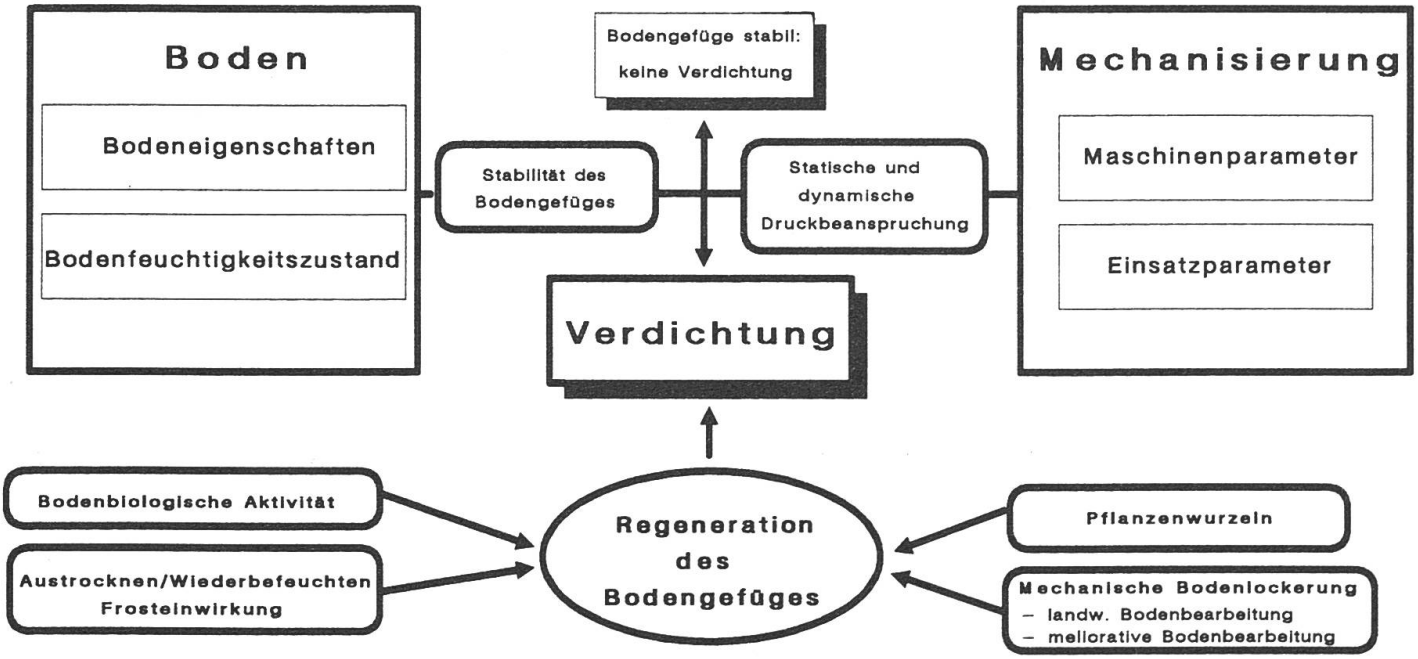
schnittliche Bodenbeanspruchung im Unterboden» (=DBU) wird versucht, das von den Gewichtslasten der Mechanisierung ausgehende, auf eine Flächeneinheit bezogene Verdichtungsrisiko mit einem Indexwert zu beschreiben. Um relative Vergleiche verschiedener Mechanisierungsketten und Anbauverfahren zu ermöglichen, wird mit Standardbedingungen gerechnet, d.h. mit gleichen Voraussetzungen bezüglich Boden und Bodenfeuchtigkeitsverlauf. Mit der durchschnittlichen Bodenbeanspruchung wird nicht nur der unmittelbar unter der Fahrspur der Maschinen wirkende Bodendruck bewertet, sondern auch, wie häufig derartige Fahrspuren – bei der Bewirtschaftung pro Fläche angebauter Kultur – auftreten. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass eine schwere Mechanisierung zwar den Boden unmittelbar unter der Fahrspur sehr stark beanspruchen kann, dank der meist grösseren Arbeitsbreite oder der möglichen Gerätekombinationen zur Erledigung bestimmter Arbeitsgänge jedoch weniger Überfahrten nötig sind.

Für die Interpretation der durchschnittlichen Bodenbeanspruchung werden in den Darstellungen 2 und 3 jeweils noch jene Indexwerte angegeben, die bei einer einmaligen flächendeckenden Befahrung («Spur an Spur») der Kulturfläche mit einem dem «Schwellenwert» entsprechenden Druck entstehen würden. Als «Schwellenwert Ober- bzw. Unterboden» wird jener Druckwert bezeichnet, bei dessen Überschreiten im Ober- bzw. Unterboden mit deutlichen Verdichtungserscheinungen in der entsprechenden Bodenschicht gerechnet werden muss.

Beim Vergleich der Beanspruchungswerte des Oberbodens mit jenen des Unterbodens fällt auf, dass bei den vier Betrieben die Oberbodenbeanspruchung sowohl beim Silomais-Anbau als

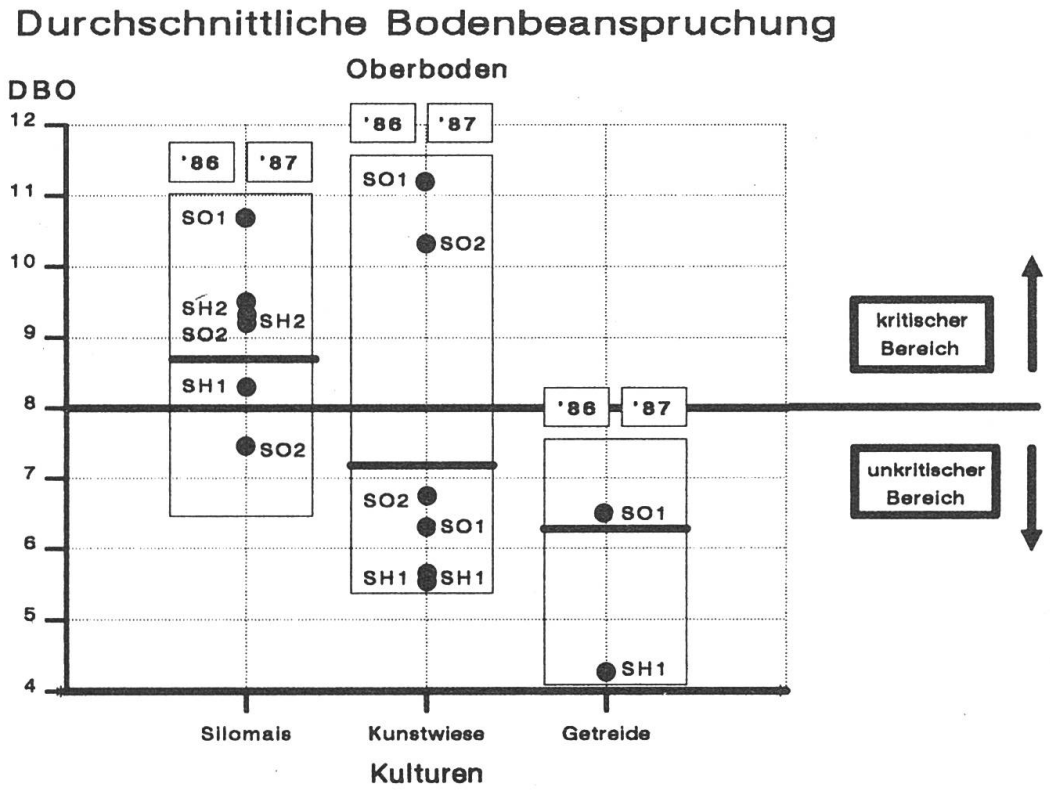
Vorgänge bei der Bodenverdichtung

Die Zusammenhänge beim Entstehen von Bodenverdichtungen lassen sich anhand des Schemas in der Darstellung 1 erläutern. Bodenverdichtungen können prinzipiell aus zwei Gründen entstehen: Entweder sind die für den Zusammenhalt des Bodengefüges wichtigen Kräfte zu gering, oder die auf den Boden einwirkenden Druckbeanspruchungen sind zu gross. Geringe gefügestabilisierende Kräfte können eine Folge der Bodeneigenschaften sein (hohe Kräfte in ton- und humusreichen, kalkhaltigen Böden; geringe Kräfte in sand- und schluffreichen, humus- und kalkarmen Böden); andererseits nimmt der Gefügezusammenhalt mit zunehmender Bodenfeuchtigkeit ab. Hohe Druckbeanspruchungen können sowohl durch statische Gewichtslasten (Gewichtsdruck pro Rad) als auch durch dynamische Beanspruchungen verursacht werden (beschleunigte oder verzögerte Räder, Bodenbearbeitungsgeräte).

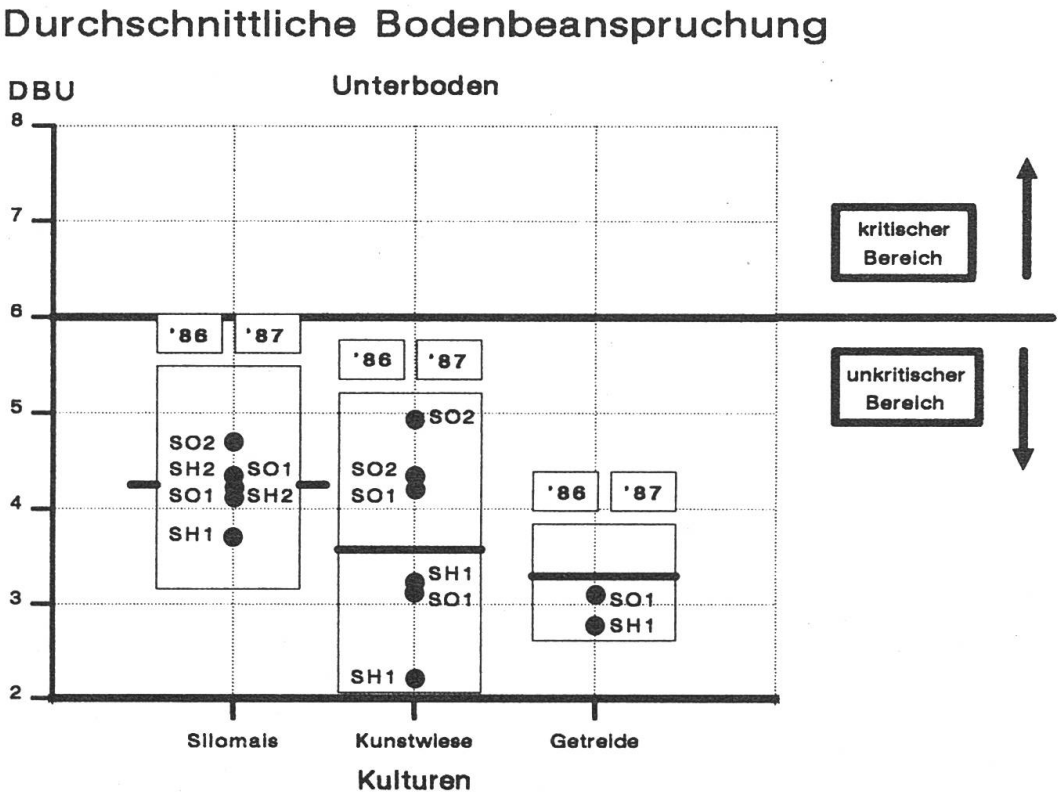


Darstellung 1: Schematische Darstellung der Zusammenhänge bei der Entstehung und Wiederauflösung von Bodenverdichtungen – Gefügebildende und gefügezerstörende Vorgänge.

auch bei der Kunstwiesen-Nutzung kritische Werte erreichen kann, im Unterboden jedoch durchwegs deutlich geringere, unterhalb des kritischen Wertes liegende Beanspruchungen aufgetreten sind. Generell liegen die Beanspruchungen beim Silomais-Anbau sowohl im Ober- als auch im Unterboden merklich höher als bei der Kunstwiesen-Nutzung. Noch etwas geringer als bei der Kunstwiesen-Nutzung ist die Bodenbeanspruchung beim Getreide-Anbau.



Darstellung 2: Indexwerte für die durchschnittliche Beanspruchung des Oberbodens (DBO) beim Anbau der Kulturen Silomais, Kunstwiese und Getreide 1986 und 1987 in den vier Betrieben sowie in Vergleichsbetrieben, die im Rahmen des NFP 22-Projektes «Verdichtungsgefährdung schweizerischer Ackerböden» untersucht wurden.
Angabe der Extremwerte (untere und obere Begrenzung der Streifen) sowie des Mittelwertes aller untersuchten Betriebe (dicker Querstrich im Streifen).



Darstellung 3: Indexwerte für die durchschnittliche Beanspruchung des Unterbodens (DBU) beim Anbau der Kulturen Silomais, Kunstwiese und Getreide 1986 und 1987 in den vier Betrieben sowie in Vergleichsbetrieben, die im Rahmen des NFP 22-Projektes «Verdichtungsgefährdung schweizerischer Ackerböden» untersucht wurden.
Angabe der Extremwerte (untere und obere Begrenzung der Streifen) sowie des Mittelwertes aller untersuchten Betriebe (dicker Querstrich im Streifen).

Abb. 2: Das eine Extrem bei der Vermeidung mechanisierungsbedingter Bodenverdichtungen: Verringerung der Druckbeanspruchung durch eine Reduktion des Fahrzeuggewichtes bzw. der Radlasten.

Beim Silomais-Anbau sind zwischen den einzelnen Betrieben deutliche Unterschiede bei der Oberbodenbeanspruchung (DBO-Werte) zu erkennen (vgl. Abschnitt 5); z. T. bestehen auch beim selben Betrieb Unterschiede zwischen zwei Anbaujahren (Beispiel SO2: 1986 zweimal Gülle mit dem Druckfass ausgebracht, 1987 gar keine Gülle). Sehr grosse Unterschiede bei der Beanspruchung des Oberbodens bestehen bei der Kunstwiesen-Nutzung; sie sind sowohl zwischen den verschiedenen Betrieben als auch im selben Betrieb zwischen zwei Nutzungsjahren festzustellen. Verursacht werden diese Unterschiede v. a. durch verschiedene Nutzungsformen (Eingrasen: Risiko, eventuell auch unter ungünstigen Verhältnissen arbeiten zu müssen; Silage; Dürrfutter: dank der Gebundenheit an schönes Wetter meist geringes Risiko von hohen Bodenfeuchtigkeitswerten) und variierende Nutzungsintensitäten (Beispiel SO1: 1986 3 × Eingrasen, 2 × Dürrfutter, 1987 1 × Eingrasen, 1 × Silage, 2 × Dürrfutter; Beispiel SO2: 1986 2 × Silage, 1987 1 × Eingrasen, 1 × Silage, 2 × Dürrfutter). Obschon die Kunstwiesen-Nutzung durchschnittlich mit geringeren DBO-Werten verbunden ist als der Silomais-Anbau, können bei intensivem Nutzungsregime sehr hohe Bodenbeanspruchungen verursacht werden.

Bei der Beanspruchung des Unterbodens (DBU-Werte) durch den Silomais-Anbau sind zwischen den vier Betrieben verhältnismässig geringe Unterschiede aufgetreten. Sehr deutliche Differenzen zwischen den DBU-Werten ergaben sich bei der Kunstwiesen-Nutzung, was sowohl auf die bereits erwähnten Faktoren Nutzungsform und -intensität als auch auf die eingesetzte Mechanisierung zurückzuführen ist. Sowohl beim Silomais-Anbau als auch bei der Kunstwiesen-Nutzung sind die Betriebe mit den höchsten Beanspruchungswerten im Oberboden nicht identisch mit jenen, die im Unterboden die grösseren Beanspruchungen verursacht haben. Während bei der DBO v. a. jene Betriebe schlecht abschneiden,

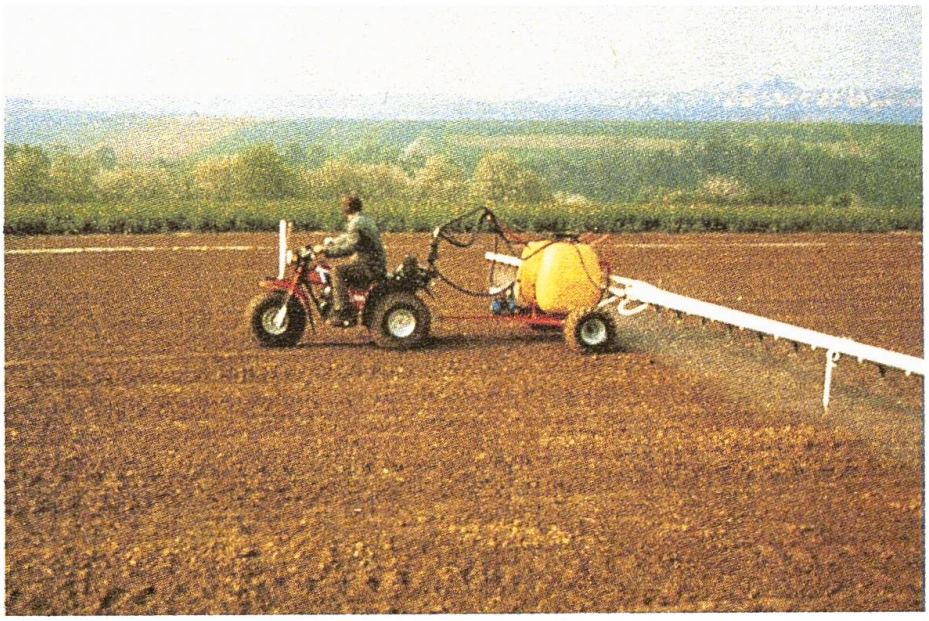


Abb. 3: Das andere Extrem bei der Vermeidung mechanisierungsbedingter Bodenverdichtungen: Verringerung der Fahrspurfläche und Erhöhung der Schlagkraft (zwecks Ausnutzung günstiger Bedingungen) durch grosse Arbeitsbreiten. In diesem Beispiel wird versucht, die Folgen des notwendigerweise hohen Fahrzeuggewichtes durch ein gleichmässiges Verteilen des Gesamtgewichtes auf alle Räder und deren gute Bereifung abzuschwächen.

Alle Bilder: E. Kramer, FAT Tänikon

die hohe Bodenbeanspruchungen durch intensives Befahren verursachen (grosser Fahrspurflächen-Anteil infolge häufiger Nutzung, geringer Arbeitsbreite, «Spur an Spur-Fahren»), nehmen bei der DBU jene Betriebe die schlechteren Positionen ein, die hohe Druckbeanspruchungen auf den Boden bringen (hohe Maschinengewichte, hohe Radlasten bzw. unangepasste Bereifung, «tiefe Fahrspuren»).

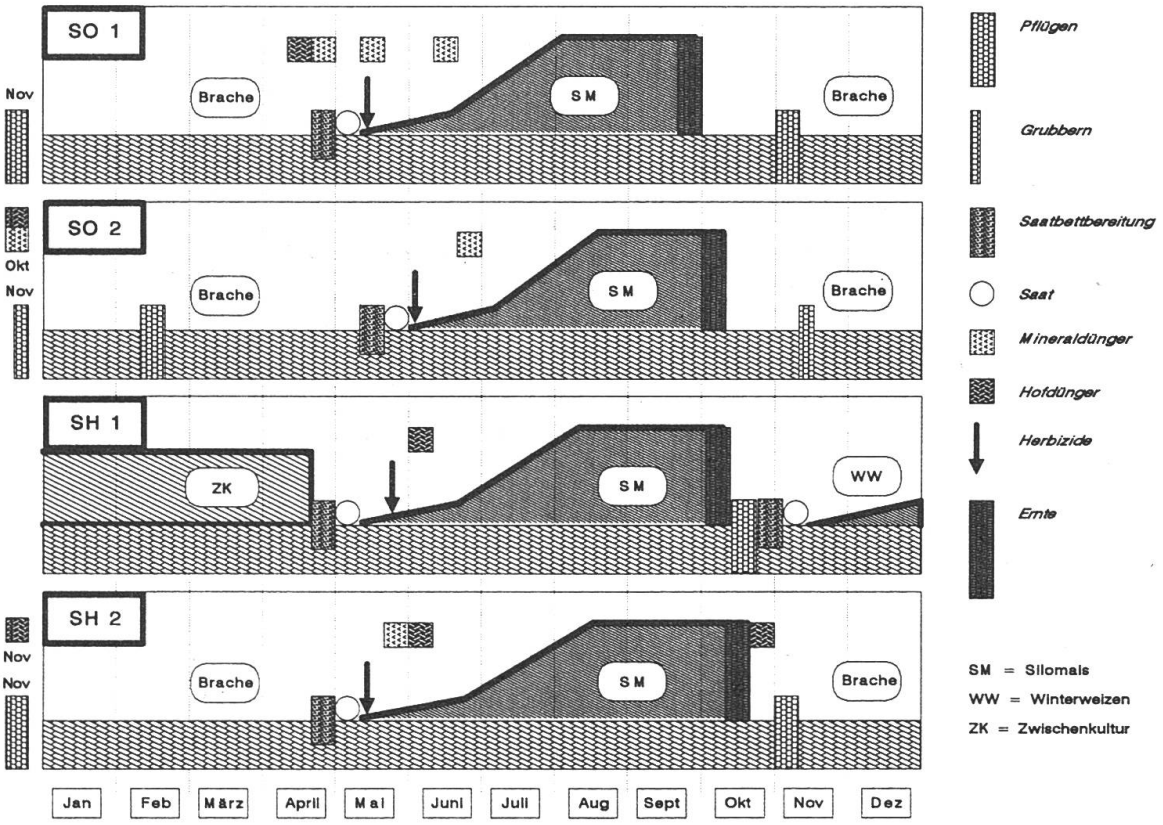
Zeitpunkt der Arbeitserledigung

Für die genaue Bestimmung der durch einen bestimmten Arbeitsgang verursachten Bodenbeanspruchung müsste die zum Zeitpunkt der Arbeitserledigung effektiv vorhandene Bodenfeuchtigkeit bekannt sein. Weil die einzelnen Bodenfeuchtigkeitswerte für das NFP-Projekt nicht verfügbar waren, konnte die mechanisierungsbedingte Bodenbeanspruchung nur für standardisierte Bodenverhältnisse berechnet werden. Bei der Betrachtung des Erledigungstermines bestimmter Arbeitsgänge ergeben sich Hinweise auf den möglichen Bodenzustand (Tragfähigkeit in Abhängigkeit von der Bodenfeuchtigkeit) zu diesem Zeitpunkt.

Darstellung 4 zeigt Beispiele von Arbeitserledigungsterminen beim Silomais-Anbau der vier Betriebe im Jahr 1986.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Betrieben betrifft den Bodenbedeckungsgrad. Während beim Betrieb SH1 der Silomais-Anbau eingebettet ist in eine vorangehende Zwischenkultur und eine direkt anschliessende Hauptkultur, folgt bei den drei anderen Betrieben auf den Silomais eine Winterbrache (Vorteil: Pflugfurche mit Frosteinwirkung möglich). Der Zeitpunkt der Grundbodenbearbeitung (traditionell: Pflügen, bei SO2 zudem Grubbern) liegt bei drei Betrieben im Spätherbst/Winter; einzig SH1 konnte die Möglichkeit nutzen, die Pflugarbeit in den Spätsommer des Vorjahres zu verlegen und im eigentlichen Silomais-Anbaujahr nach der Zwischenkultur nur noch eine Saatbettbereitung machen zu müssen. Die relativ späte Silomais-Saat bei SO2 ist auf ein Zuwarten des Betriebsleiters wegen zu hoher Bodenfeuchtigkeit zurückzuführen.

Das Ausbringen der Hofdünger erfolgte ebenfalls auf sehr verschiedene Weise: Während SO1 den Mist erst im Frühjahr aufs Feld fuhr (Nachteil: hohe Bodenfeuchtigkeit könnte die Tragfähigkeit des Bodens zu diesem Zeitpunkt deutlich reduzieren; Vorteil: unter den gegebenen Standortbedingungen günstigere Abbaubedingungen als bei einem Ausbringen im Herbst mit anschliessendem Unterpflügen), setzte SO2 Gülle im

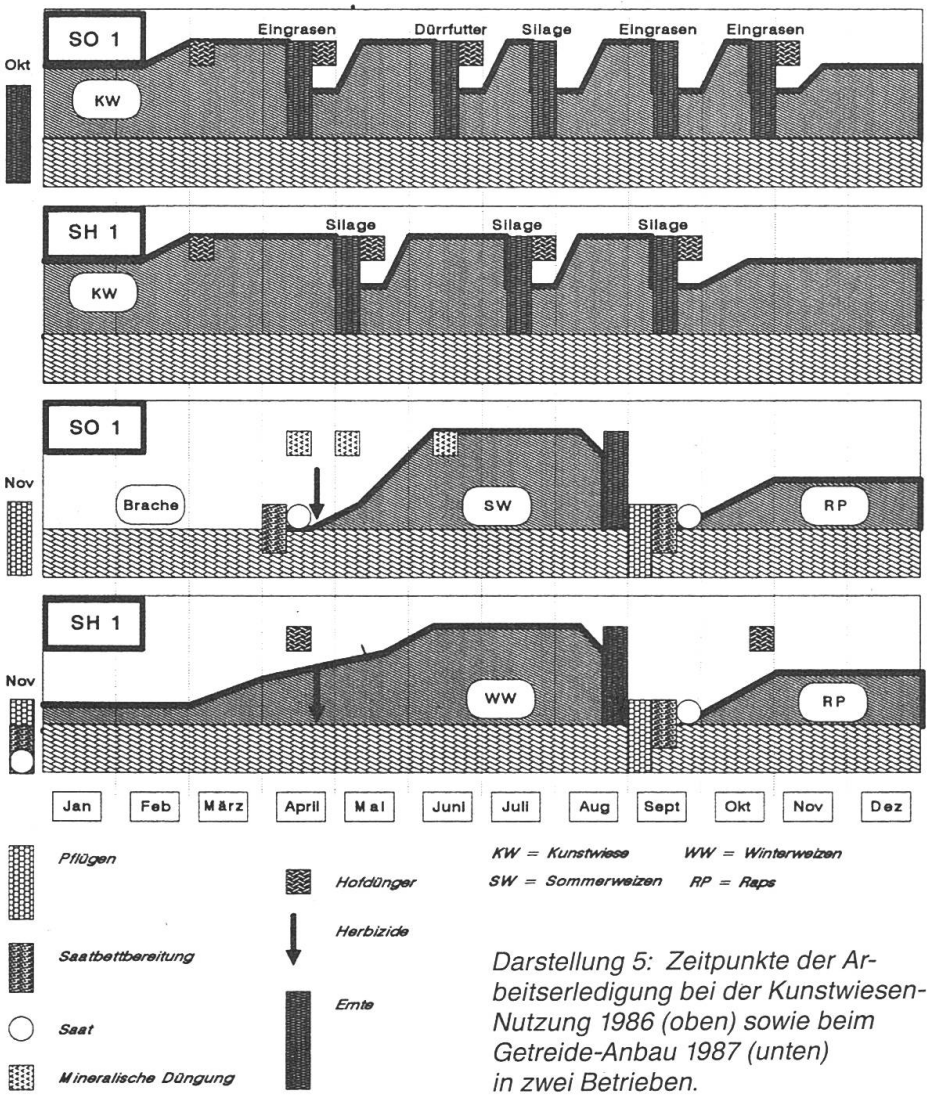


Darstellung 4: Zeitpunkte der Arbeitserledigung beim Silomais-Anbau 1986 in den vier Betrieben.

Spätherbst mit dem Druckfass und SH2 im Frühjahr mit dem Pumpfass ein. Teilweise benutzte der Betrieb SH2 allerdings, wie auch SH1, fürs Verteilen der Gülle die Verschlauchungstechnik, was aus der Sicht der Bodenschonung zweifellos einen wesentlichen Gewinn darstellt. Sehr früh geerntet wurde der Silomais auf dem Betrieb SO1, während dies beim Betrieb SH2 (allerdings bei anderen Klimavoraussetzungen) erst deutlich später der Fall war.

Darstellung 5 zeigt Beispiele zur Kunstwiesen-Nutzung und zum Getreide-Anbau auf zwei Betrieben im Jahr 1986. Beim Vergleich der Kunstwiesen-Nutzung der Betriebe SO1 und SH1 wird deutlich, wie die grossen Unterschiede bei den DBO/DBU-Werten zustande gekommen sind: Während SO1 sehr intensiv nutzt (5 Schnitte und 4 × Gülleausbringen mit dem Druckfass), arbeitete SH1 mit einer geringeren Nutzungsintensität (3 Schnitte, 4 × Gülleausbringen mit Verschlauchung). Hinzu kommen unterschiedliche, durch verschiedene Nutzungsformen bedingte Risiken zu hoher Bodenfeuchtigkeit: Gegenüber der Silage-Nutzung auf dem Betrieb SH1 stellt das mehrfache Eingrasen von SO1 – v. a. unter den gegebenen Standortverhältnissen – ein merklich grösseres Risiko dar; ausserdem arbeitet SH1 mit einer anderen Gülleausbringtechnik. Im Vergleich zum Silomais-Anbau wirkt sich die bei der Kunstwiese permanente Bodenbedeckung und -durchwurzelung allerdings günstig auf die Tragfähigkeit des Bodens aus.

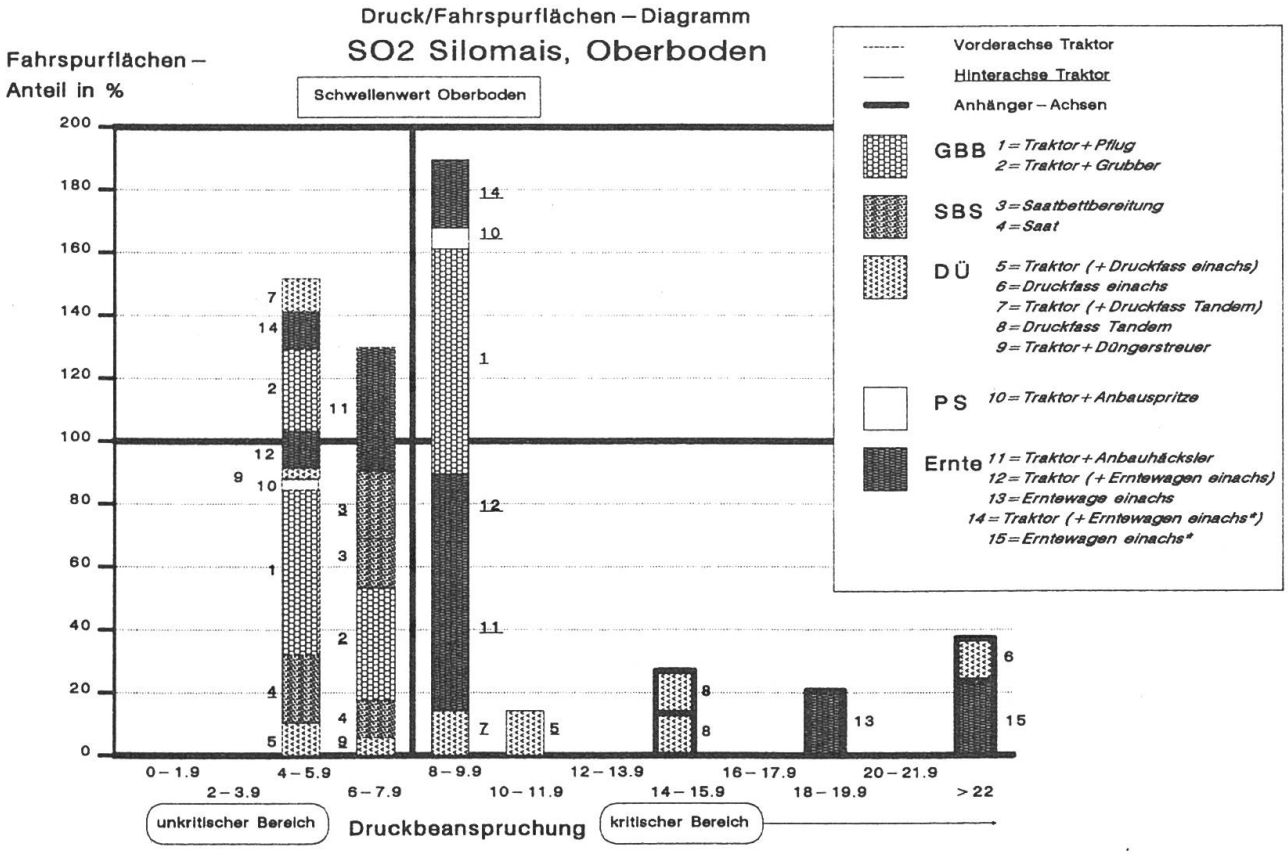
Die Beispiele zum Getreide-Anbau zeigen die Vorteile dieser Kulturen im Hinblick auf die Bodenschonung: Bei Winterweizen eine mindestens teilweise Bodenbedeckung über den Winter (besser: Wintergerste und -roggen); Bodenverhältnisse bei der Ernte im Sommer meist günstig (abgetrockneter, deshalb gut tragfähiger Boden); nachfolgend ausgeführte Grundbodenbearbeitung kann mit guten Erfolgsaussichten auch tiefere Bodenschichten lockern; bei früher Saat der günstigenfalls überwinternden Folgekultur zweckmässige Hofdüngerverwertung möglich.



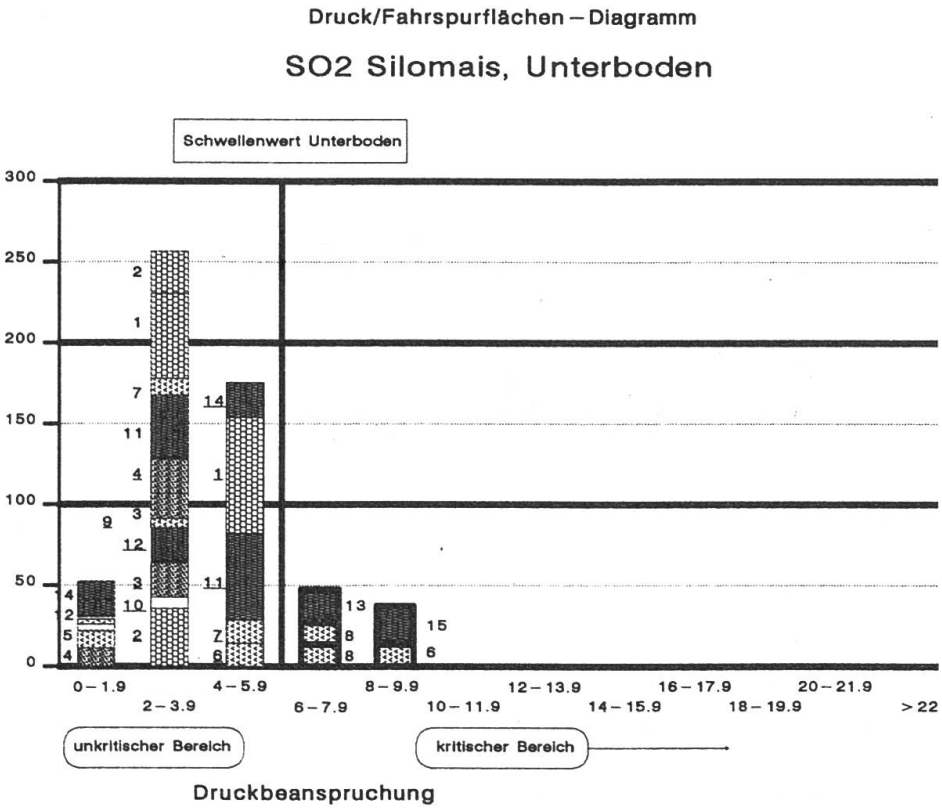
Darstellung 5: Zeitpunkte der Arbeitserledigung bei der Kunstwiesen-Nutzung 1986 (oben) sowie beim Getreide-Anbau 1987 (unten) in zwei Betrieben.

Vergleich der Bodenbeanspruchung durch verschiedene Arbeitsgänge: Druck/Fahrspurflächen-Diagramm

Aus dem Druck/Fahrspurflächen-Diagramm wird sowohl die Höhe der Druckbeanspruchung des Bodens als auch der durch eine bestimmte Befahrung beanspruchte Fahrspurflächenanteil ersichtlich. Als Interpretationshilfe sind in den Darstellungen 6 und 7 jeweils die sogenannten «Schwellenwerte» für den Ober- und den Unterboden eingetragen: Bei Druckbeanspruchungen, die diesen Schwellenwert überschreiten, muss mit deutlichen Verdichtungserscheinungen im befahrenen Boden gerechnet werden. Ein Fahrspurflächenanteil von 50% bedeutet, dass für



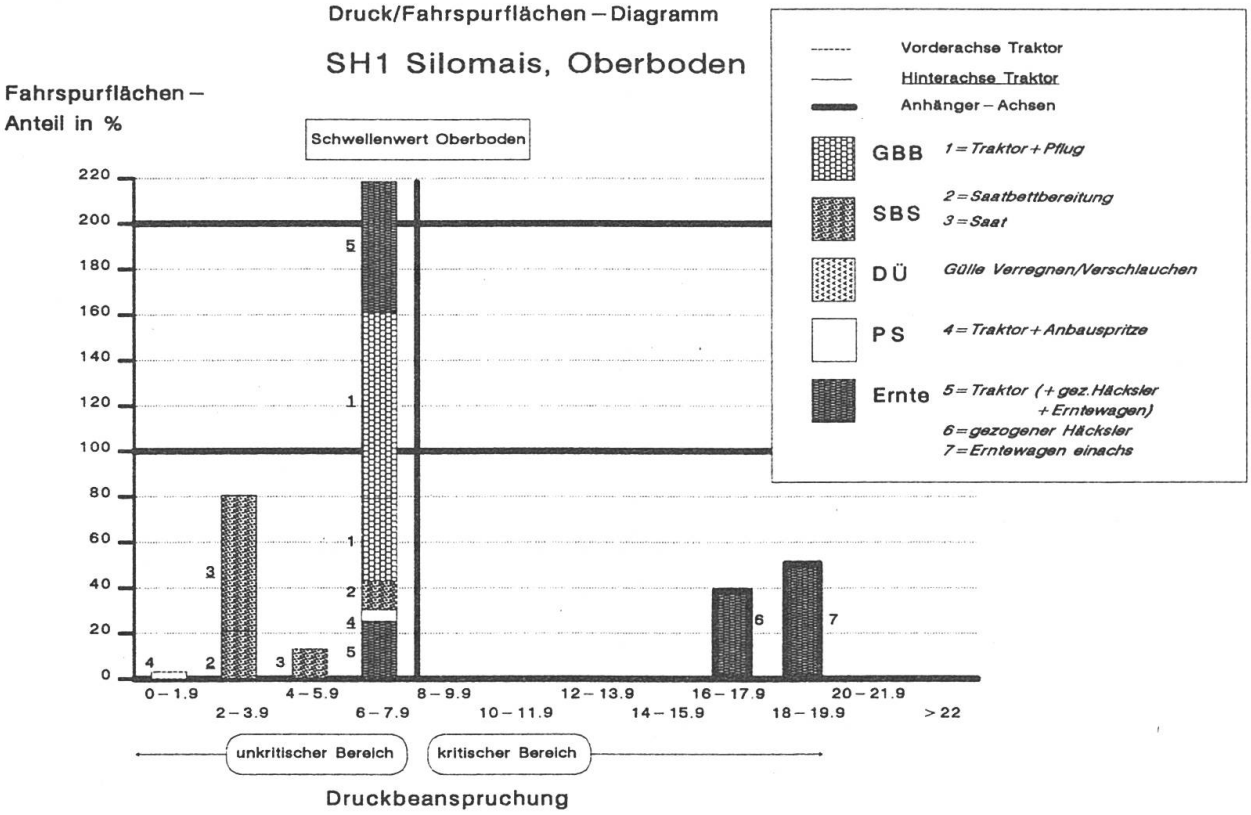
Darstellung 6: Betrieb SO2 – Beanspruchung des Ober- und Unterbodens (N pro cm²) durch einzelne Fahrzeugachsen bei bestimmten Arbeitsgängen im Silomais-Anbau 1986.



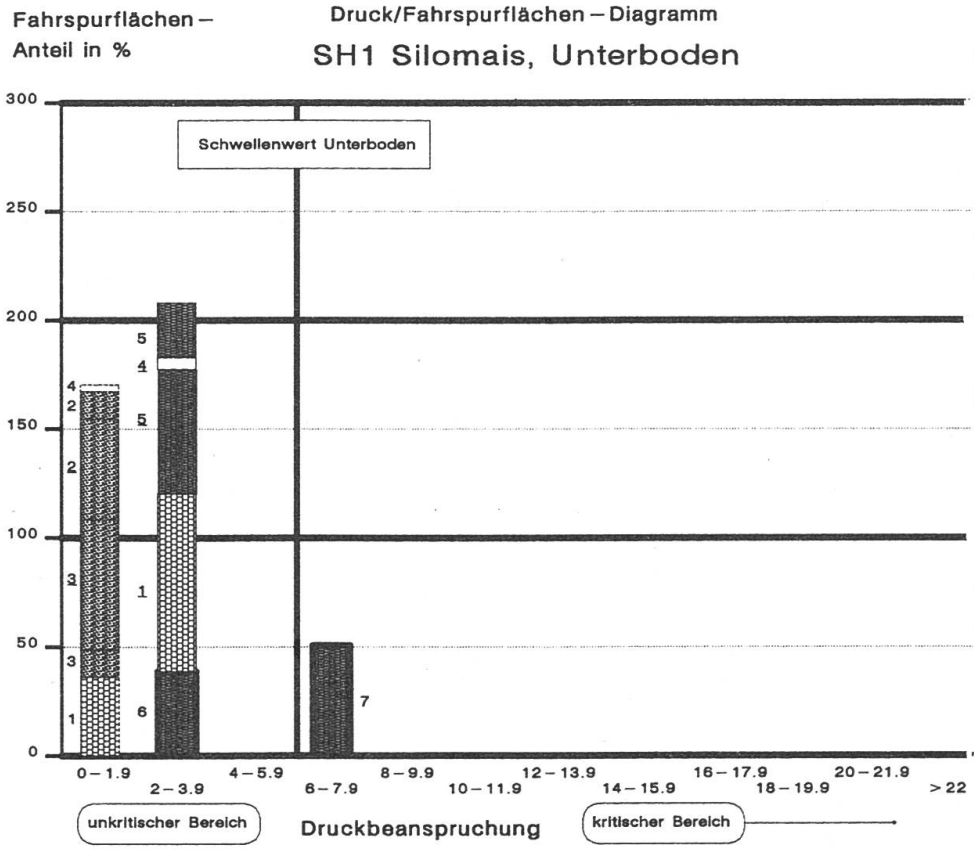
die Erledigung des entsprechenden Arbeitsganges 50% der gesamten Parzellenfläche einmal befahren werden müssen.

Aus den Druck/Fahrspurflächen-Diagrammen in den Darstellungen 6 und 7 lassen sich die von einzelnen Fahrzeugachsen bei bestimmten Arbeitsgängen (z.B. Traktorhinterachse bei der Saat) in den aufgeführten Druckbeanspruchungsklassen (z.B. 4 – 5,9 N/cm², entsprechend 0,4 – 0,59 kp/cm²) benötigten Fahrspurflächen (z.B. 45%) herauslesen. Als Beispiele werden die Arbeitsgänge zweier Betriebe beim Silomais-Anbau 1986 dargestellt; die beiden Betriebe unterscheiden sich sowohl bezüglich der eingesetzten Mechanisierung als auch hinsichtlich der verwendeten Anbautechnik.

Beim Vergleich der Bodenbeanspruchung durch einzelne Arbei-



Darstellung 7: Betrieb SH1 – Beanspruchung des Ober- und Unterbodens (N pro cm²) durch einzelne Fahrzeugachsen bei bestimmten Arbeitsgängen im Silomais-Anbau 1986.



ten auf zwei Betrieben lassen sich folgende Beobachtungen machen:

Grundbodenbearbeitung:

Das Pflügen verursacht v.a. im Oberboden Druckbeanspruchungen im Bereich des Schwellenwertes und benötigt zudem eine beträchtliche Fahrspurfläche. Die grössere Druckbeanspruchung beim Betrieb SO2 wird durch den Einsatz eines 4-Schar-Pfluges verursacht (stärkerer, d.h. schwererer Traktor nötig). Die, die durch Grundbodenbearbeitung beanspruchten relativ grossen Flächenanteile sind eine Folge der zwei getrennten Arbeitsgänge Grubbern und Pflügen. Die etwas geringeren Druckbeanspruchungen beim Betrieb SH1 lassen sich auf den Einsatz eines 3-Schar-Pfluges zurückführen (Einsatz

eines leichteren Traktors möglich). Zusätzliche Anmerkungen zum Thema Pflügen sind im folgenden Abschnitt 6 zu finden.

Saatbettbereitung und Saat:

Bei diesen Arbeiten wird der Boden nur mit geringen Drücken, z. T. jedoch mit beträchtlichen Fahrspurflächen-Anteilen beansprucht (Doppelbereifung bei SH1). Der relativ geringe Fahrspurflächen-Anteil bei SO2 kommt durch fehlende Doppelbereifung und die grosse Arbeitsbreite des eingesetzten Gerätes (4-m-Kreiselegge) zustande. Bei diesen Arbeitsgängen kann die Bodenbeanspruchung durch die (meist relativ schlecht bereiften) Traktorvorderräder gleich gross oder gar grösser sein als durch die kaum zusätzlich belastete Traktorhinterachse (Beispiel: SH1).

Düngung:

Bei den verschiedenen Arten der Düngung entsteht ein breites Spektrum unterschiedlicher Bodenbeanspruchungen. Beim Streuen von Mineraldüngern liegt die Bodenbeanspruchung durch die Traktorhinterachse wegen der zusätzlichen Last des Düngerstreuers zwar im kritischen Druckbereich, jedoch werden durch diesen Arbeitsgang nur relativ kleine Fahrspurflächen-Anteile beansprucht (Beispiel: SO2).
Beim Ausbringen der Hofdünger können mit dem Einsatz von Pump- oder Druckfässern hohe bis sehr hohe Druckbeanspruchungen (v. a. durch ungenügend bereifte oder übermässig belastete Anhängerachsen) entstehen, was sowohl den Ober- als auch den Unterboden betrifft (Beispiel: SO2). Sehr interessant ist die Möglichkeit des Gülle-Verschlauchens, wie das Beispiel SH1 demonstriert: Die gesamte Bodenbeanspruchung wird durch das Wegfallen der Traktor- und Pump-/Druckfass-Spuren wesentlich reduziert.

Pflanzenschutz-Einsätze:

In beiden Betrieben werden durch Pflanzenschutz-Einsätze jeweils knapp unter dem Schwellenwert liegende Druckbeanspruchungen auf einem sehr geringen Fahrspurflächen-Anteil verursacht.

Ernte:

Obschon beide Betriebe den Silomais zweireihig ernten, wird durch die Erntearbeiten ein breites Spektrum unterschiedlicher Bodenbeanspruchungen verursacht. Bei Zusatzbelastungen der Traktorhinterachse durch Anbauhäcksler oder die Stützlast von Häckselwagen können hohe Druckbeanspruchungen entstehen (Beispiel: SO2). Demgegenüber entlastet ein gezogener Häcksler (wie im Beispiel SH1) die Traktorhinterachse, verursacht allerdings wegen der ungenügenden Bereifung selbst hohe Druckbeanspruchungen. Die Achsen

Bodenbeanspruchung durch einzelne Arbeitsgänge

Die Bodenbeanspruchung durch die einzelnen Arbeitsgänge lässt sich aufgrund der Beispiele aus den beiden Betrieben generell folgendermassen charakterisieren:

- eine **hohe Beanspruchung** wird v. a. durch Erntearbeiten (Achsen der Häckselwagen und Traktorhinterachse mit zusätzlicher Belastung durch Stützlasten von Anhängern oder durch Anbauhäcksler), aber auch durch gewisse Düngungsarbeiten (Achsen der Druck-/Pumpfässer beim Güllenausbringen) und teilweise durch die Grundbodenbearbeitung verursacht (durch Pflugarbeit zusätzlich belastete, z. T. in der Pflugfurche laufende Traktorhinterachse). Weil diese Arbeiten zudem z. T. bei erhöhter Bodenfeuchtigkeit und entsprechend verringerter Tragfähigkeit des Bodens stattfinden können, geht von ihnen die grösste Gefährdung des Bodengefüges aus.
- eine **mässige bis hohe Beanspruchung** kann bei Düngungsarbeiten auftreten, wenn Mineraldünger gestreut werden (zusätzlich durch Düngerstreuer belastete Traktorhinterachse); sie hängt jedoch i. a. stark vom Gewicht und der Bereifung des eingesetzten Traktors ab.
- nur eine **geringe Bodenbeanspruchung** ergibt sich bei der Saatbettbereitung und bei Pflanzenschutz-Einsätzen; auch hier hängt der Beanspruchungwert allerdings stark vom verwendeten Traktor und dessen Bereifung ab. Bei der Saatbettbereitung muss z. T. mit grossen Fahrspurflächen gerechnet werden, was im Falle der Verwendung der Doppelbereifung als günstig, bei wiederholten Bearbeitungsgängen jedoch als ungünstig zu bezeichnen ist; die Tragfähigkeit des Bodens ist zu diesem Zeitpunkt durch die intensive Lockerung deutlich reduziert. Bei den Pflanzenschutz-Einsätzen liegt oft ein Zwang zu termingerechter Arbeitserledigung vor, so dass die Tragfähigkeit des Bodens wegen eventuell hoher Bodenfeuchtigkeit merklich reduziert sein kann; günstig bei diesen Arbeitsgängen ist dagegen die sehr geringe benötigte Fahrspurfläche (Fahrgassen!).

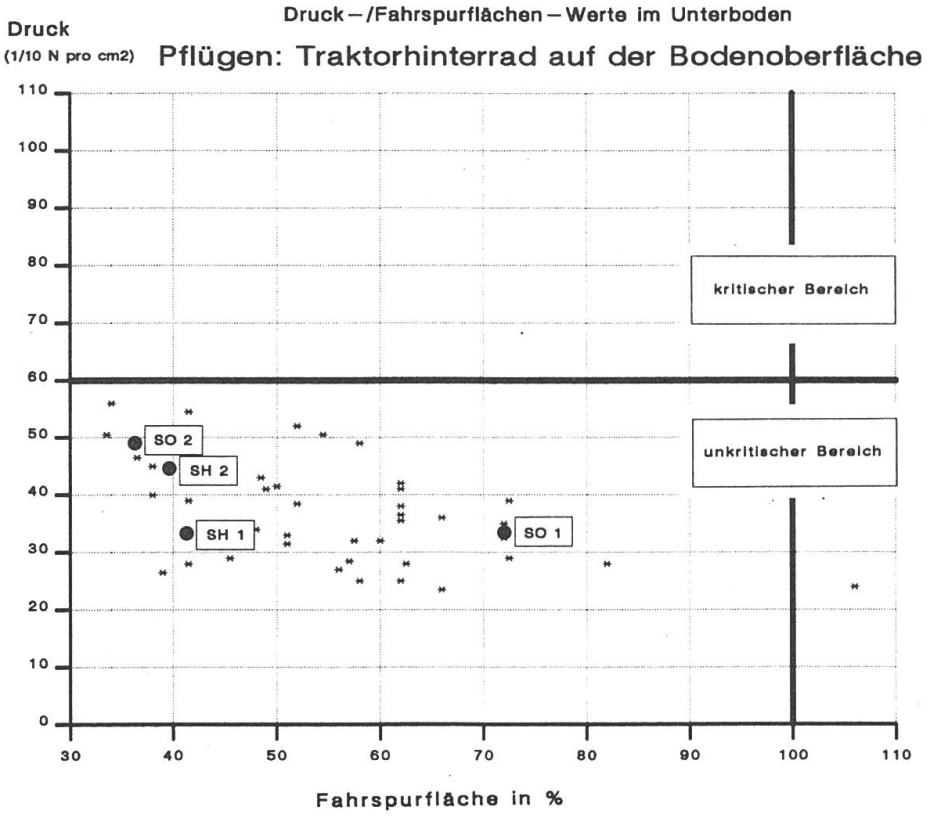
der Häckselwagen provozieren generell sehr hohe bis extrem hohe Druckbeanspruchungen, die teilweise auch noch im Unterboden bedenklich hoch sind. Dies ist besonders dann der Fall, wenn die Wagen zu schwer sind (übermässige Radlast, d. h. zuwenig Räder im Verhältnis zum Gesamtgewicht; ungenügende Bereifung), was im Beispiel der beiden Einachs-Häckselwagen des Betriebes SO2 deutlich wird (vgl. folgender Abschnitt 6).

Vergleich der Bodenbeanspruchung durch einzelne Maschinen: Druck/ Fahrspurflächen-Diagramme

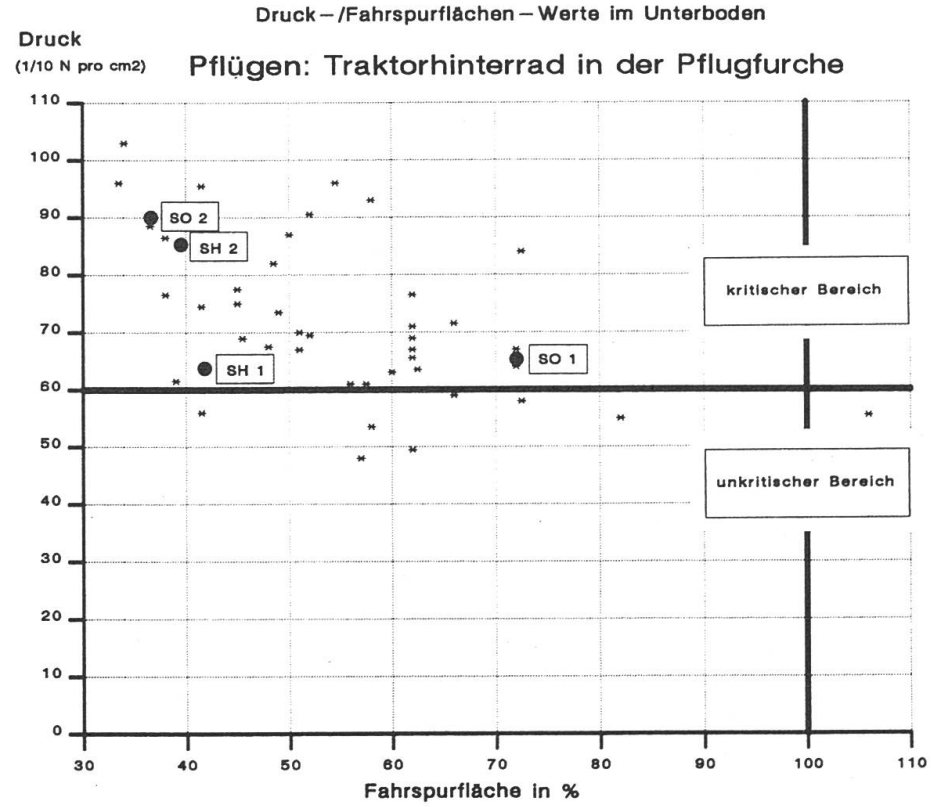
Die beiden Darstellungen 8 und 9 zeigen die Beanspruchungen des Unterbodens durch einzelne Maschinen bei bestimmten Arbeitsgängen, wie sie auf den vier Betrieben zu beobachten waren; als Vergleich werden jeweils die entsprechenden Werte der verschiedenen im Rahmen des NFP 22-Projektes untersuchten Betriebe dargestellt.

Traktorhinterräder beim Pflügen

(Darstellung 8): Beim heute üblichen Pflügen mit zwei Rädern in der Pflugfurche besteht ein grosser Unterschied zwischen den Bodenbeanspruchungen durch das in der Furche bzw. das auf der Bodenoberfläche laufende Rad. Der weite Bereich der beanspruchten Fahrspurfläche ist eine Folge der unterschiedlichen Anzahl Schare pro Pflug: Während beim einscharigen Pflügen ein sehr grosser



Darstellung 8: Beanspruchung des Unterbodens beim Pflügen (1986) durch das auf der Bodenoberfläche laufende (oben) bzw. das in der Pflugfurche laufende Traktorhinterrad (unten) in den vier Betrieben sowie in den im Rahmen des NFP 22-Projektes «Verdichtungsgefährdung schweizerischer Ackerböden» untersuchten Betrieben.

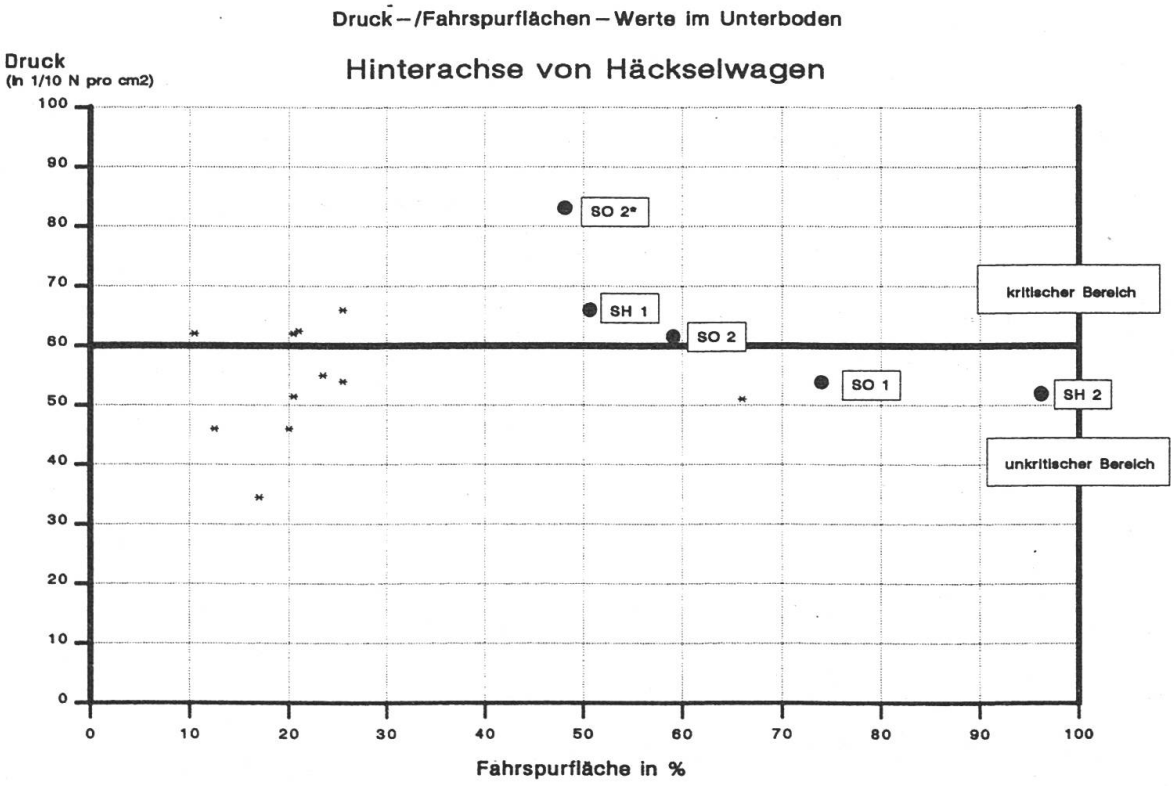


Fahrspurflächen-Anteil benötigt wird (um 100%), wirkt sich der Übergang zum 2-Schar-Pflug sehr günstig auf die Flächenbeanspruchung aus; weil mit der wesentlichen Flächenreduktion nur ein relativ bescheidenes Ansteigen der Druckbeanspruchung verbunden ist, kann diese Entwicklung als eindeutige Verbesserung bezeichnet werden. Mit dem Ersatz des 2-Schar- durch den 3-Schar-Pflug lässt sich die beanspruchte Fahrspurfläche nochmals recht deutlich verringern, wobei allerdings die Druckwerte je nach Zugkraftbedarf (Bodenart, Gefügezustand des Bodens, Arbeitsbreite und -tiefe des Pfluges), d.h. je nach notwendigem Traktor, merklich ansteigen können; aus diesem Grund ist in diesem Fall eine eindeutige Bewertung des Gerätewechsels nicht mehr möglich. Die weitere Erhöhung der Anzahl Schare bringt nur noch dann merkliche Verringerungen der Bodenbeanspruchung, wenn die Arbeitsbreite des Pfluges effektiv auch voll ausgenutzt werden kann; in den tonreichen, «schweren», staunassen Böden der Aare-Ebene beispielsweise (Betrieb SO2) kann dies bei einem 4-Schar-Pflug trotz Verwendung eines 100-PS-Traktors nicht mehr der Fall sein.

Vergleichsweise beansprucht der Betrieb SH2 mit einem breit eingestellten 3-Schar-Pflug zwar etwas mehr Fahrspurfläche, verursacht jedoch dank eines leichteren Traktors geringere Druckwerte als SO2; Probleme könnten sich beim Betrieb SH2 jedoch dann ergeben, wenn bei dieser Kombination ein erhöhter Zugkraftbedarf auftritt: Der leichtere Traktor gelangt dann (bei konstant eingehaltener Pflugtiefe) rascher in Bereiche mit zu hohem Schlupf und entsprechenden Gefügeschäden. Interessant ist auch der Vergleich zwischen den Betrieben SO1 und SH1: Bei ähnlich hohen Druckwerten beansprucht SO1 wesentlich mehr Fahrspurfläche. Beide Betriebe pflügen mit ähnlich schweren Traktoren (deshalb ähnliche Druckwerte), jedoch arbeitet SO1 im Gegensatz zu SH1 nur 2-scharig; dass SH1 trotzdem einen relativ leichten Traktor einsetzen kann, hängt u.a. mit den Bodeneigenschaften (geringerer Tongehalt) und der Pflugtiefe (15 statt rund 20 cm) zusammen.

Hinterachse von Häckselwagen bei der Silomais-Ernte

(Darstellung 9): Die grosse Bandbreite der beanspruchten Fahrspurflächen-Anteile ist eine Folge der unterschiedlichen Arbeitsbreite der eingesetzten Häcksler. Während bei einreihiger Ernte praktisch Spur an Spur gefahren werden muss und deshalb hohe Fahrspurflächen-Anteile (zwischen 70 und 100 %) resultieren, sinkt mit zunehmender Zahl der pro Häcksler-Durchgang abgeernteten Maisreihen der Fahrspurflächen-Bedarf deutlich (4-reihige Verfahren: Häckselwagen mit Fahrspurflächenanteil zwischen 10 und 20 %). Im Gegensatz zum Pflügen ist mit dieser Einsparung



Darstellung 9: Beanspruchung des Unterbodens durch die Räder der Hinterachse von Häckselwagen in den vier Betrieben (1986) sowie in den im Rahmen des NFP 22-Projektes «Verdichtungsgefährdung schweizerischer Ackerböden» untersuchten Betrieben.

an Fahrspurfläche jedoch nicht zwangsläufig eine Zunahme der Druckbeanspruchung durch die Häckselwagen verbunden – in dieser Hinsicht sind mehrreihige Ernteverfahren als günstig zu bewerten. Anders als SO2 und SH1 ernteten SO1 und SH2 den Silomais 1986 einreihig; die unterschiedliche Bodenbeanspruchung hat ihren Grund darin, dass SH2 besser bereifte Häckselwagen einsetzt: Bei etwas höherem Fahrspurflächen-Bedarf werden die Druckbeanspruchungen reduziert. Am Beispiel SO2 lässt sich der Einfluss von Radlast und Bereifung eines Häckselwagens auf die Bodenbeanspruchung erkennen: Der Wagen SO2* ist schwerer und im Verhältnis zu seinem Gewicht schlechter bereift als der Wagen SO2, was sich in einer deutlich grösseren Bodenbeanspruchung niederschlägt.

Schlusswort mit Fortsetzung

Für den geneigten Leser spiegeln sich in den Ausführungen und Graphiken dieses umfassenden Artikels die acker- und futterbaulichen Verhältnisse auf dem eigenen Betrieb. Eigene Beobachtungen und Überlegungen werden bestätigt und vielleicht zum Teil widerlegt. Neue Erkenntnisse von grossem praktischem Nutzen eröffnen sich.

In diesem Sinne ist es gerechtfertigt, den Beitrag hier zu beenden, obwohl das abrundende Schlusswort fehlt. Die Diskussion um den Boden ist ja auch alles andere als abgeschlossen, sondern hat eine Vielzahl von Fortsetzungen.

Unsererseits kommen wir in der nächsten Nummer nochmals auf das Geschehen auf den vier Betrieben zurück. Nachdem die je spezifischen Bodenverhältnisse nochmals in Erinnerung gerufen worden sind, werden wir auf die Schlüsse eingehen, die aus den Untersuchungen zu ziehen sind. Die Betriebsleiter werden zu ihren Beobachtungen und Überlegungen zudem selber Stellung nehmen. (Red)

Kantonale Verwaltung Luzern

An der Kantonalen Landwirtschaftlichen Schule Willisau ist die Stelle eines

Landwirtschaftslehrers

wieder zu besetzen.

Aufgabenbereich:
- Unterricht an der Fachschule in den Fachgebieten Physik/Maschinenkunde und/oder Bauwesen
- Mitarbeit im Weiterbildungs- und Prüfungswesen
- Betreuung des Beratungswesen in den entsprechenden Fachbereichen

Anforderungen:
- Diplom als Ingenieur-Agronom ETH
- Befähigungsausweis für das Lehramt an Landw. Schulen

Anstellungsbedingungen:
- nach kantonalem Dekret

Stellenantritt:
- 1. Oktober 1989 oder nach Vereinbarung

Für mündliche Auskünfte steht Ihnen die Direktion der Kantonalen Landw. Schule Willisau jederzeit gerne zur Verfügung (Tel. 045 - 81 20 77 oder 045 - 81 31 03).

Interessenten sind gebeten, ihre Bewerbung unter Beilage der üblichen Unterlagen bis 15. Juni 1989 an das **Kant. Personalamt, Hirschengraben 36, 6002 Luzern** zu richten.

Erhalten alle Ihre Berufskollegen die «Schweizer Landtechnik»?

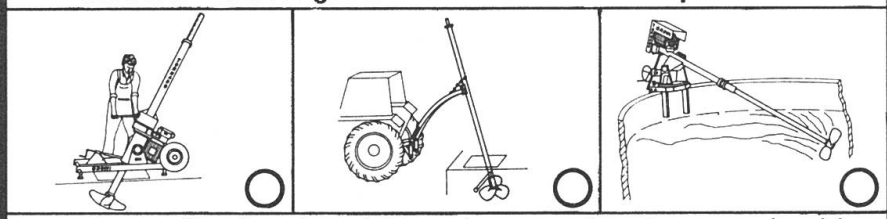
Nein?
Dann sind sie nicht Mitglied des SVLT!

Meldet ihre Adresse
dem **SVLT**
Postfach 53
5223 Riniken

Danke!

GROWI-Güllerührwerke

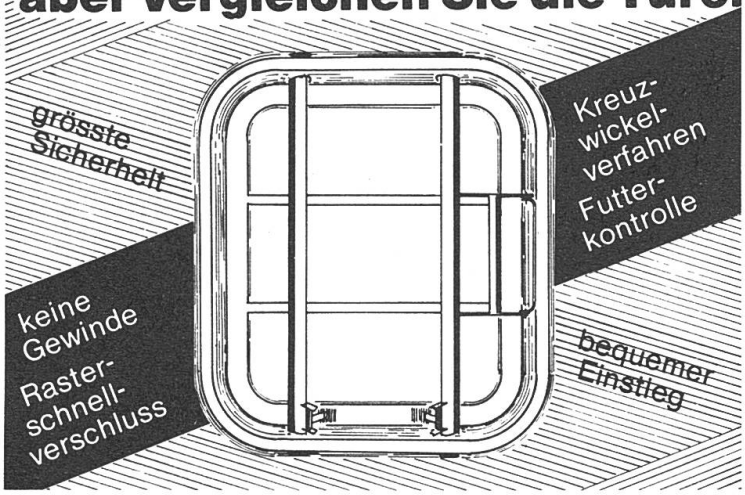
für jeden Hof das Richtige! Wegweisend seit 1965
modern – leistungsstark – unverwüstlich – preiswert



Gewünschtes bitte ankreuzen, Anzeige ausschneiden und einsenden! Sie erhalten kostenlos Prospekte.

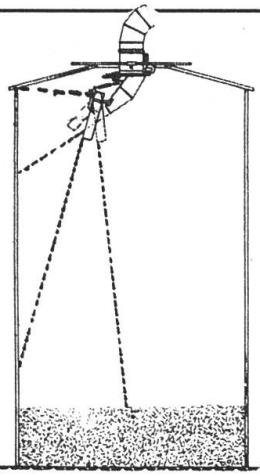
Maschinenfabrik Wängi AG
Murgstrasse 19 · CH-9545 Wängi · Telefon 054 51 12 02

Es gibt verschiedene Silos – aber vergleichen Sie die Türe!



HUBER die Nr. 1 im Silobau

W. Huber AG
5426 Lengnau
Telefon 056 / 51 01 51



Der neue, automatische Exakt-

ALKA-Siloverteiler

der robuste, bewährte Futterverteiler

- Sicherer Antrieb durch Drehstrom-Getriebemotor (0,25 PS)
- Gleichmässige Verteilung
- Lange Lebensdauer
- Feuerverzinkt
- Für alle Futtersilos geeignet
- Der Silo kann bis unter das Dach gefüllt werden.

Alois Kaufmann, Fabr. Maschinen, Geräte und Apparate
9308 Lömmenschwil SG, Telefon 071 - 38 17 17

MESSER – Pflanzenbau:

HASSIA Sämaschinen

Vorteile, auf die Sie achten müssen:

- Einstellung der Ausbringmenge – ohne Werkzeug
- Abdreh-Kontrolle – ohne Traktor, ohne Ausheben
- Ruckfrei, auch bei langsamer Fahrt

UNISEM
BETASEM

pneumatische + mechanische Einzelkornsämaschinen

HASSIA

Kartoffellegeautomaten
2, 4 Reihen, keimschonend, **exakt in der Damm-Mitte** abgelegt

KNOCHE

- Federzahneggen
- Saatbeetkombinationen
- Cambridgewalzen
- Grubber
- **NEU Drillkombi**

breviglieri

- Fräsen
- Kreiseleggen
- Mehrreihenfräsen
- **NEUE Kreiseleggen T51**

Grünland-Verbesserung:
Zahnrillen-Sämaschine (System Eurogreen)
16 Reihen, 200 cm Arbeitsbreite

Ernst Messer AG
Industrie- und Landmaschinen
4704 Niederbipp Tel. 065 73 23 63 1510 Moudon Tel. 021 905 15 74

MESSER