

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft
Titel der Tagung: Grenzen überwinden, Skalen überschreiten
Veranstalter: DBG
Termin und Ort der Tagung: 03. bis 08. September 2022, Trier
Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation)
<http://www.dbges.de>

Pflanzenbaulich angepasste Bodenbearbeitung unter ökonomischen Kriterien und unter Aspekten des Klimawandels
Praxisbeispiel für ein interdisziplinäres Umsetzungskonzept

Stefan Hinck¹ und Hanno Haselroth²

Abstrakt: Ein landwirtschaftlicher Betrieb hat Fragen zu der Entwicklung von pflanzenbaulich relevanten Bodenkennwerten bei einer Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität (Mulchsaat) bzw. Unterlassung der Bodenbearbeitung (Direktsaat). Es wurde vom Landwirt ein Praxisversuch angelegt, um die Fragestellung anhand seiner Bearbeitungsvarianten zu untersuchen. Der Bodenbearbeitungsversuch ist von 2020 bis 2025 geplant. In diesem Praxisversuch wird der Einfluss der Bodenbearbeitung auf die pflanzenbaulich relevanten Bodenkennwerte Trockenrohdichte, Porengrößenverteilung, Gesamtporenvolumen, enge und weite Grobporen sowie die nutzbare Feldkapazität (nFK) untersucht. Die Bearbeitungsvarianten unterteilen sich in Mulchsaat mit den Bearbeitungstiefen: 8 cm, 16 cm und 25 cm und zwei Direktsaat-Varianten. Die beiden Direktsaatvarianten unterscheiden sich dadurch, dass die eine Direktsaatvariante immer grün gehalten wird. Es werden die oben genannten Bodenparameter zu Versuchsbeginn erhoben. Zwischen den Varianten zeigen sich – zu Versuchsbeginn – keine deutlich erkennbaren Unterschiede bei den genannten Bodenparametern.

Stichworte: Bodenbearbeitung, Direktsaat immer grün, nutzbare Feldkapazität (nFK), pflanzenbaulich relevante Bodenkennwerte, Klimawandel

Einleitung und Stand des Wissens

Die Bodenbearbeitung im Pflanzenbau hat zum Ziel, optimierte Saat-, Keim- und Wachstumsbedingungen zu schaffen. Bei der Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug wird die Krume gelockert, gewendet und durchmischt. Verbliebene Erntereste, Pflanzen und ggf. organische bzw. mineralische Düngemittel werden in den Oberboden eingearbeitet und in der Krume verteilt. Der Pflugeinsatz ist betriebswirtschaftlich betrachtet eine kostenintensive Maßnahme. Aus bodenkundlicher Sicht betrachtet ist der Pflugeinsatz eine intensive Eingriffsmaßnahme in die Bodenstruktur. Die Bodenstruktur im Oberboden wird stark durch den Pflugeinsatz beeinträchtigt und damit die Bodentragfähigkeit (z.B. Schlüter et al., 2018, Seiter et al. 2017, Hinck, 2003). Weiter werden die Grobporen, unter anderem durch Durchwurzelung und Bioturbation gebildet, durch den Pflugeinsatz verschüttet und deren Kontinuität mit dem krumennahen Unterboden gestört und hiermit die hydraulische Dränfähigkeit stark vermindert. In den letzten Jahrzehnten wird von immer mehr Landwirten die konservierende Bodenbearbeitung – auch Mulchsaat genannt – umgesetzt, wie z.B. Lülfs-Baden et al. (2020) für das Bundesland Sachsen berichten.

Die betrieblichen Gründe für eine Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität können sehr unterschiedlich sein. In diesem speziellen Fall hat ein Landwirt (Betrieb Haselroth) die Grundbodenbearbeitung im Hinblick auf den Ressourceneinsatz (Arbeits-, Maschinen- und Betriebsmitteleinsatz pro Hektar) und im Rahmen des Wasserschutzes reduziert und den betrieblichen Bedingungen angepasst. Seit 2016/17 wird auf den Pflugeinsatz verzichtet. Es wird seitdem eine mitteltiefe Mulchsaat (Bearbeitungs-

¹ FARMsystem Hinck, c/o Hochschule Osnabrück, Nelson-Mandela Str. 1, 49076 Osnabrück, hinck@farmsystem.de

² Betrieb Haselroth, Hanno Haselroth, Ledder Dorfstraße 106, 49545 Tecklenburg

tiefe: bis 16 cm) in Kombination mit einer nicht mischenden, krumentiefen Lockerung durchgeführt. Des Weiteren erfolgt die Befahrung der Flächen seit 2017 als „Controlled Traffic Farming“. Neben den oben genannten Gründen haben sich in den letzten 6 Jahren Vorteile aufgrund der Mulchsaat bei der Befahrung und Bewirtschaftung gezeigt. So blieb die Befahrbarkeit der Ackerflächen in dem sehr regenreichen Sommer und Herbst 2017 zufriedenstellend erhalten. In den trockenen Jahren 2018 bis 2022 wiesen die meisten Ackerflächen im Vergleich zu den Flächen der Nachbarn, neben höheren Erträgen eine längere Vitalität der Bestände auf, bevor Trockenstress sichtbar wurde sowie ein besseres Auflaufen der Herbstsaat.

Aufgrund der bisherigen positiven Erfahrungen ist für die Zukunft eine weitere Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität geplant. Hierzu haben sich folgende Fragestellungen des Landwirtes mit Bezug zu pflanzenbaulich relevanten Bodenparametern ergeben:

- Wie sind die Trockenrohdichten, Porengrößenverteilung, Anteil weiter und enger Grobporen sowie die nFK in den unbearbeiteten Tiefen im Oberboden und im krumennahen Unterboden bei weiterer Reduzierung der Bearbeitungstiefe?
- Wird Direktsaat praktiziert, wie sind die Trockenrohdichten, Porengrößenverteilung, Anteil weiter und enger Grobporen sowie die nFK im unbearbeiteten Oberboden und im krumennahen Unterboden?
- Wie werden sich die Trockenrohdichten, Porengrößenverteilung, Anteil weiter und enger Grobporen sowie die nFK in den unbearbeiteten Tiefen im Oberboden und im krumennahen Unterboden in den kommenden Jahren entwickeln?
- Welchen Einfluss hat die Befahrung der Fläche (z.B. zur Einsaat, Düngung, Ernte etc.) auf die Trockenrohdichten, Porengrößenverteilung, Anteil weiter und enger Grobporen sowie die nFK in den unterschiedlichen Bodenbearbeitungsvarianten?

Es liegen aus der Literatur pflanzenbauliche, bodenartsspezifische und

tiefenspezifische Grenzwerte für die Trockenrohdichte, das Gesamtporenvolumen und weite Grobporen vor (s. Tab. 1 am Ende des Beitrages).

Material und Methode

Für die genannten Fragestellungen ist vom Landwirt im Jahr 2020 ein Bodenbearbeitungsversuch – für die Dauer von mindestens 5 Jahre – mit 5 Varianten angelegt worden:

- Mulchsaaten mit Bearbeitungstiefen von 25 cm, 16 cm und 8 cm.
- Direktsaat (Direktsaat) und
- Direktsaat mit einem „Immer grünen“ Feld (Direktsaat immer grün).

Direktsaat mit einem „Immer grünen“ Feld bedeutet, dass in dieser Variante keine Grundbodenbearbeitung und keine flächige Saatbettbereitung durchgeführt wird und die Versuchsparzelle durch Untersaaten und Zwischenfrucht immer bewachsen gehalten wird. Bei der anderen Direktsaat-Variante erfolgt ebenfalls keine Grundbodenbearbeitung und keine flächige Saatbettbereitung aber die Variante weist, insbesondere nach der Ernte bewuchsfreie Zeiträume auf. Die 3 Mulchsaatvarianten weisen, ggf. nach der Ernte bewuchsfreie Zeiträume auf.

Kurzbeschreibung des Versuchsstandortes

Das Versuchsfeld "Brenningmeyer" (Größe ca. 20 ha) befindet sich auf dem Schafsberg nordöstlich von Ibbenbüren in Nordrhein-Westfalen (ca. 20 km westlich von Osnabrück, s. Abb. 1).

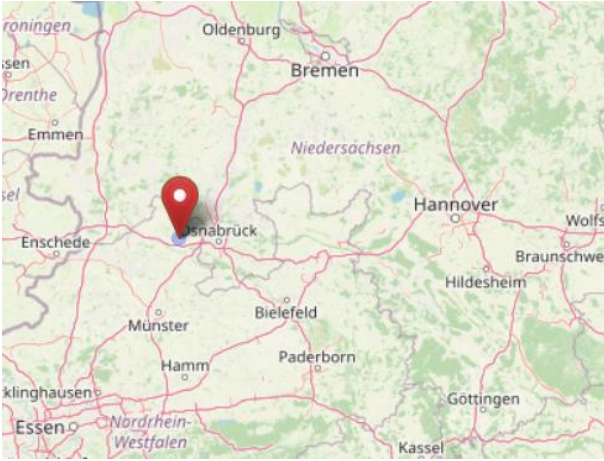


Abb. 1: Darstellung des Untersuchungsortes, siehe roter Pfeil (Quelle: www.OpenStreetMap.org)

Als Bodenart ist ein schluffiger Lehm (Fingerprobe) angesprochen worden. Der Oberboden und der krumennahe Unterboden sind – nahezu – steinfrei; gefundene Steine im Oberboden lassen sich durch Einbringung mit organischem Dünger erklären. Als Bodentypen sind Braunerden teilweise über lehmigen Geschiebelehm kartiert worden. Das Klima ist maritim geprägt. In den Jahren 2017 bis 2022 waren deutliche Abweichungen von den langjährigen Witterungsverläufen spürbar.

Es sind mit Hilfe von Stechzylindern Bodenproben aus den bearbeiteten und unbearbeiteten Tiefen. Die Entnahmetiefen sind so gewählt worden, dass die Ergebnisse der bearbeiteten und unbearbeiteten Tiefen der einzelnen Varianten vergleichbar sind (s. Abb. 2). Zusätzlich sind Bodenproben aus dem krumennahen Unterboden entnommen worden. Pro Tiefe sind 4 Stechzylinder entnommen worden.

Ergebnisse

Dargestellt werden die Ergebnisse für Trockenrohddichte (s. Abb. 3), Gesamtporenvolumen (s. Abb. 4), Porengrößenverteilung (s. Abb. 5), Anteil enger und weiter Grobporen (s. Abb. 6) sowie nFK (s. Abb. 7) aller Bodenbearbeitungsvarianten für den „unbefahrenen“ Bereich zwischen den Fahrspuren.

Trockenrohddichte

Die ermittelten Trockenrohddichte unterschreiten die Grenzwerte im Oberboden bzw. in den bearbeiteten Horizonten von 1,45 bis 1,47 g/cm³ und für den krumennahe Unterboden von 1,58 bis 1,60 g/cm³ deutlich. Im Oberboden kann die Trockenrohddichte als sehr gering bis gering beschrieben werden. Zwischen den bearbeiteten und unbearbeiteten Bodentiefen zeigen sich keine deutlichen Unterschiede. Der krumennahe Unterboden weist höhere Trockenrohddichten auf im Vergleich zum Oberboden. Diese können als mittel bewertet werden. (s. Abb. 3)

Gesamtporenvolumen

Der Grenzwert für das Gesamtporenvolumen von 40% wird in allen Tiefen deutlich überschritten. Das Gesamtporenvolumen kann im Oberboden mit über 50% als sehr hoch beschrieben werden. Im krumennahen Unterboden weist das Gesamtporenvolumen hohe Werte zwischen 45% und 51% auf. (s. Abb. 4)

Porengrößenverteilung

Bei der Porengrößenverteilung – Grobporen, Mittelporen und Feinporen – fällt der hohe Anteil der Grobporen, insbesondere in den bearbeiteten Tiefen auf (s. Abb. 5). Bedingt ist dieses durch den hohen Anteil „weiter Grobporen“ (s. Abb.6). Pedogenbedingt weisen Böden mit einem relativ hohen Grobschluff-Anteil einen verhältnismäßigen hohen Anteil an Grob- bzw. Mittelporen auf. Der Mittelporenanteil weist im Vergleich zu den Grobporen eine weniger stark ausgeprägte Variation in den Bearbeitungsvarianten auf. In den unbearbeiteten Tiefen ist der Mittelporenanteil in der Tendenz geringer im Vergleich zu den bearbeiteten Tiefen. Im krumennahen Unterboden nimmt der Grobporenanteil ab, bleibt aber relativ hoch. Der Feinporenanteil weist bzgl. der Bearbeitungsvariante und Bearbeitungstiefe keine auffälligen Änderungen auf. (s. Abb. 5)

Anteil enger und weiter Grobporen

In allen Tiefen wird der Grobporenanteil von 8% im Oberboden bzw. von 5% im

krummennahen Unterboden – deutlich – überschritten. In den bearbeiteten Tiefen ist der Anteil der weiten Grobporen deutlich höher im Vergleich zu den unbearbeiteten Tiefen bzw. Direktsaat. Der Anteil weiter Grobporen in den unbearbeiteten Tiefen und in der Direktsaat weist ähnlich hohe Werte auf. Der Anteil der engen Grobporen variiert nicht in dem Maße wie der Anteil der weiten Grobporen zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten und den unterschiedlichen Tiefen. (s. Abb. 6)

Nutzbare Feldkapazität (nFK)

Die nutzbare Feldkapazität beschreibt das pflanzenverfügbare Wasser und ergibt sich als Summe aus dem Anteil der engen Grobporen und der Mittelporen. Zwischen den Varianten zeigen sich leichte Differenzen. Ein Unterschied der nFK zwischen den Bearbeitungsvarianten oder Tiefe im Oberboden kann nicht eindeutig beschrieben werden. (s. Abb. 7)

Diskussion und Fazit

Mit Bezug auf:

- Trockenrohdichte (s. Abb. 3),
- Gesamtporenvolumen (s. Abb. 4),
- Porengrößenverteilung (s. Abb. 5) sowie
- weiter Grobporenanteil (s. Abb. 6) zeigen sich keine deutlichen Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten. Bei Betrachtung der nutzbaren Feldkapazität (nFK, s. Abb. 7) zeigen sich in den Bodenbearbeitungsvarianten sehr ähnliche und hohe Werte. Die pflanzenbaulich relevanten Bodenkennwerte werden eingehalten. Es zeigen sich zum Teil sehr niedrige Trockenrohdichte bzw. hohe Werte beim Gesamtporenvolumen. Die weitere Entwicklung der Bodenparameter wird 2025/2026 durch erneuerte Probenahme geprüft und interpretiert.

Abmilderung der negativen Folgen des Klimawandels

Die im Jahr 2016 erfolgte angepasste Bodenbearbeitung zur Erhaltung der Bodenstruktur ermöglichte bereits zur

regenreichen Erntezeit 2017 eine Befahrung der nassen Böden aufgrund einer ausreichend hohen Tragfähigkeit zur Ernte. Weiter zeigten sich in den trockenen Jahren von 2018 bis 2022 im Vergleich zu den Flächen der Nachbarn, neben höheren Erträgen eine längere Vitalität der Bestände, bevor Trockenstress sichtbar wurde sowie ein besseres Auflaufen der Herbstsaat.

Eine Anpassung der Bodenbearbeitung kann ebenfalls ein Instrument sein, um die negativen Auswirkungen des Klimawandels abzumildern. Durch eine Verringerung der Bearbeitungsintensität und der damit einhergehende reduzierten Bodenbewegung und -vermischung bleiben wichtige pflanzenbaulich-relevante Bodenparameter im unbearbeiteten Boden erhalten, z.B.:

- Erhalt der Bodenstruktur und damit der Erhalt der Tragfähigkeit und die Befahrbarkeit des Bodens sowie Vermeidung einer Pflugsohle,
- Erhalt der Kontinuität der Porenstruktur zur Erhaltung der hydraulischen Leitfähigkeit und der tiefen Durchwurzelung des Bodenaumes für eine hohe nFK,
- Reduzierung unproduktiver Bodenwasserverluste durch das "Offenlegen" tieferer, feuchter Bodenbereiche nach dem Pflugeinsatz an die Bodenoberfläche.

Die anfänglichen Gründe für eine Reduzierung der Bodenbearbeitungsintensität sind betriebswirtschaftliche Aspekte und der Bodenschutz. Aber anhand der Erfahrungen der letzten Jahre sind ebenso Aspekte der negativen Auswirkungen des Klimawandels und die Möglichkeiten diese mit angepassten Bodenbearbeitungsstrategien abzumildern zu betrachten.

Fazit

Dieses Beispiel zeigt, dass durch einen intensiven Informationsaustausch und Diskussion zwischen der Bodenkunde und dem Landwirt wichtige bodenkundliche Fragen beantwortet und entscheidende Zusammenhänge zwischen pflanzenbaulich relevanten Bodenparametern und Pflanzenbau aufgezeigt werden konnten.

Literatur

Lülfes-Baden, F., Barrett, S., Schulze Höping, M., Stahl, H. (2020): Zur Situation der Bodenbearbeitung in Sachsen: Eine Analyse zur Verbreitung verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren und der damit verbundenen technischen Ausstattung. Schriftenreihe des LfULG, Heft 5/2020. Download: <https://slub.qucosa.de/api/qucosa%3A71496/attachment/ATT-0/> (letzter Aufruf: 02.12.2022)

Hinck, S. (2003): Einfluss des Bearbeitungsverfahrens auf ausgewählte Bodenparameter unter besonderer Berücksichtigung der Tragfähigkeit. Diplomarbeit an der Fachhochschule Osnabrück. https://www.researchgate.net/publication/351068706_Einfluss_des_Bearbeitungsverfahrens_auf_ausgewahlte_Bodenparameter_unter_besonderer_Beruecksichtigung_der_Tragefaehigkeit (letzter Aufruf: 02.12.2022)

Schlüter, S., Großmann, C., Diel, J., Wu, G. M., Tischer, S., Deubel, A., Rücknagel, J. (2018): Long-term effects of conventional and reduced tillage on soil structure, soil ecological and soil hydraulic properties. *Geoderma*, 332, 10-19.

Seiter, C, Flaig, H., Hartung, K., Ott, J., Breuer, J., Möller, K. (2017): Pflanzenbauliche und bodenökologische Auswirkungen von Pflug-, Mulch- und Direktsaat - „Systemvergleich Bodenbearbeitung“ Abschlussbericht 2017. Herausgeber: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Karlsruhe. Download: https://ltz.landwirtschaft-bw.de/pb/site/pbs-bw-mlr/get/documents_E987949595/MLR.LEL/PB5Documents/ltz_ka/Service/Schriftenreihen/Informationen%20f%C3%BCr%20die%20Pflanzenproduktion/IfPP%2005-2017%20Systemvergleich/IFPP%2005-2017%20Systemvergleich%20Bodenbearbeitung.pdf (letzter Aufruf: 02.12.2022)

Tab. 1: Pflanzenbauliche, bodenartsspezifische und tiefenspezifische Grenzwerte für Trockenrohichte, Gesamtporenvolumen und Anteil weiter Grobporen für einen schluffigen Lehm

	Trockenrohichte (in g/cm ³)	Gesamtporenvolumen (in %)	Weiter Grobporenanteil (in %)
Oberboden	1,45 – 1,47	36 - > 40	> 8 ^a
Krumennaher Unterboden	1,58 – 1,60	nn	> 5 ^a
Angaben gelten für die Bodenart: schluffiger Lehm			
^a Angaben für den weiten Grobporenanteil gelten für bindige Böden			

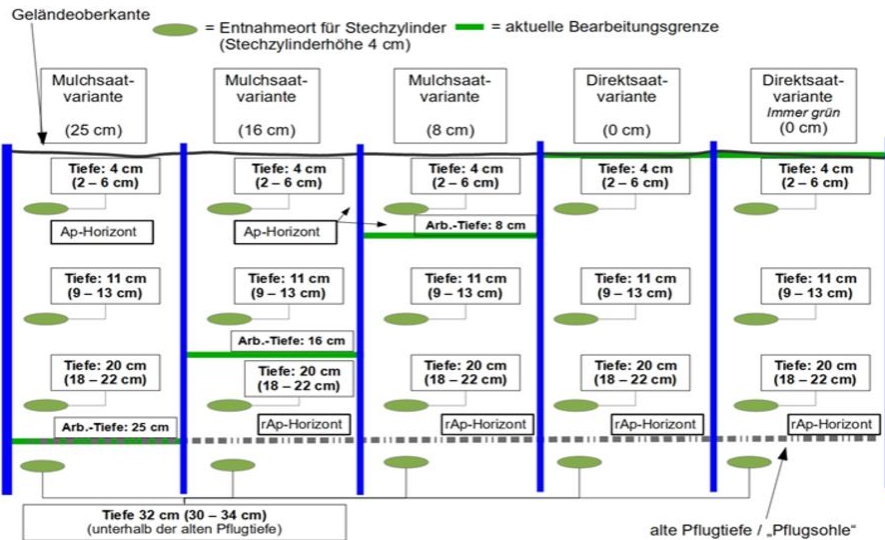


Abb. 2: Darstellung der Entnahmetiefen der Bodenproben

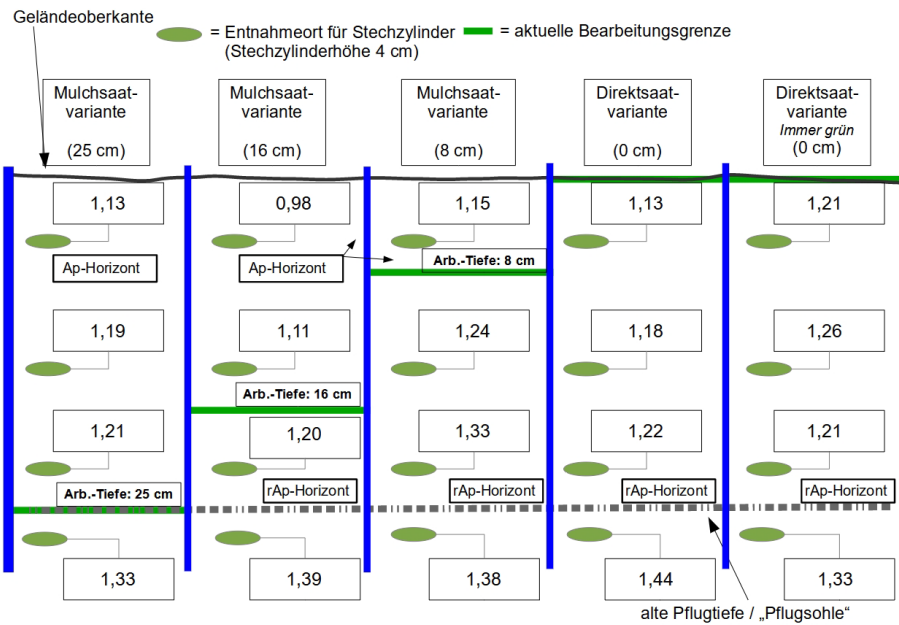


Abb. 3: Darstellung der Trockenrohdichte in g/cm^3 für alle Bodenbearbeitungsvarianten im „unbefahrenen“ Bereich; Grenzwerte für die Trockenrohdichte eines Lu betragen für den Oberboden bzw. in den bearbeiteten Horizonten von 1,45 bis 1,47 g/cm^3 und für den krumennahen Unterboden von 1,58 bis 1,60 g/cm^3

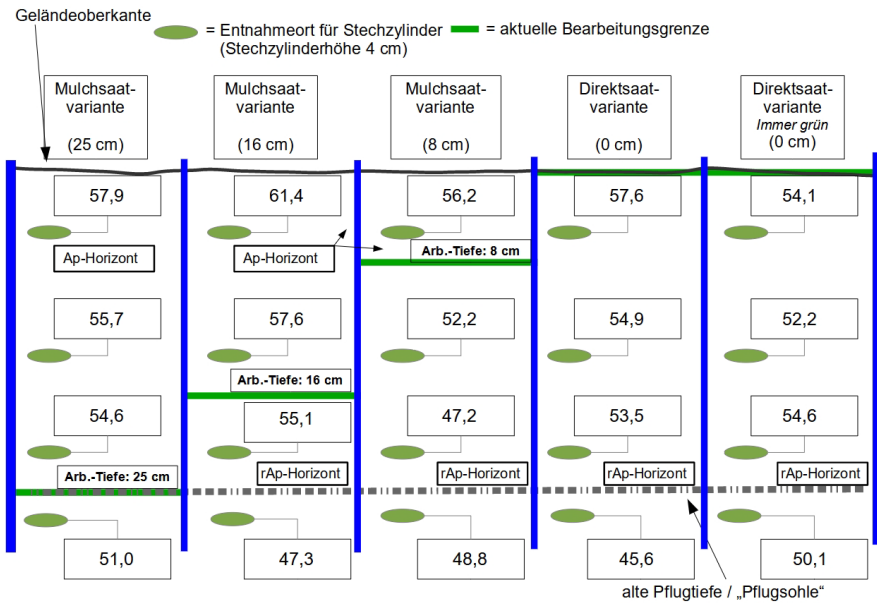


Abb. 4: Darstellung des Gesamtporenvolumens in % für alle Bodenbearbeitungsvarianten im „unbefahrenen“ Bereich

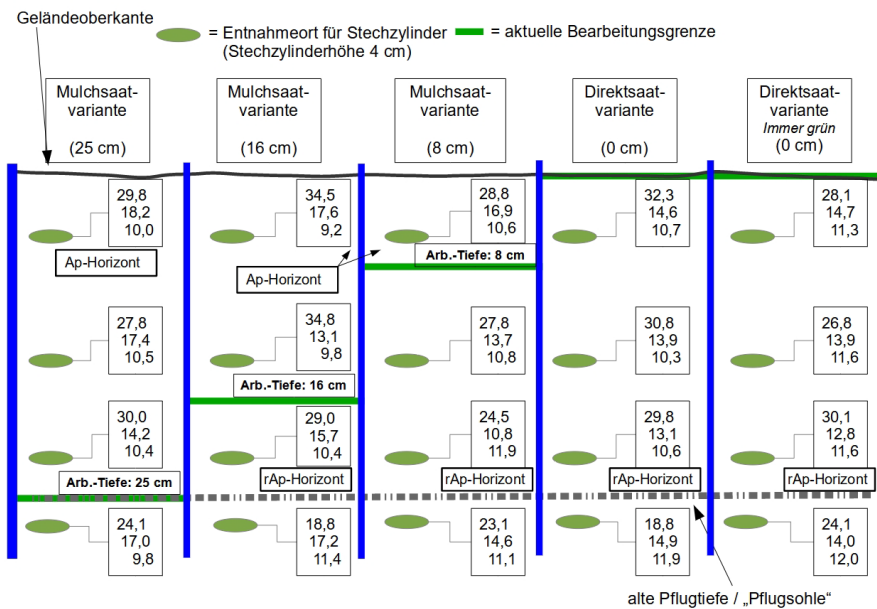


Abb. 5: Darstellung der Porenverteilung: Grobporen (obere Zahl), Mittelporen (mittlere Zahl) und Feinporen (untere Zahl) in % im „unbefahrenen“ Bereich

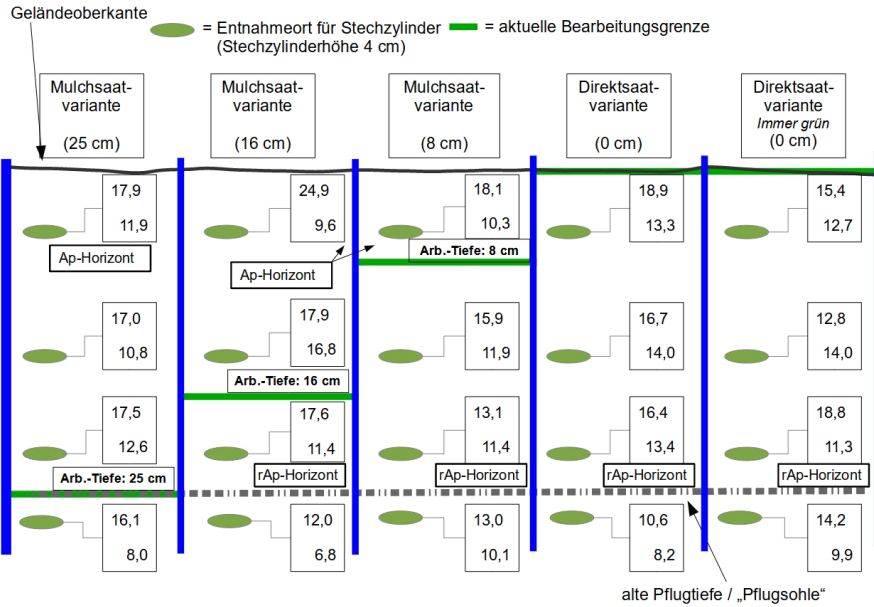


Abb. 6: Darstellung des Anteils: weiter robporen (obere Zahl) und enger Grobporen (untere Zahl) in % im „unbefahrenen“ Bereich

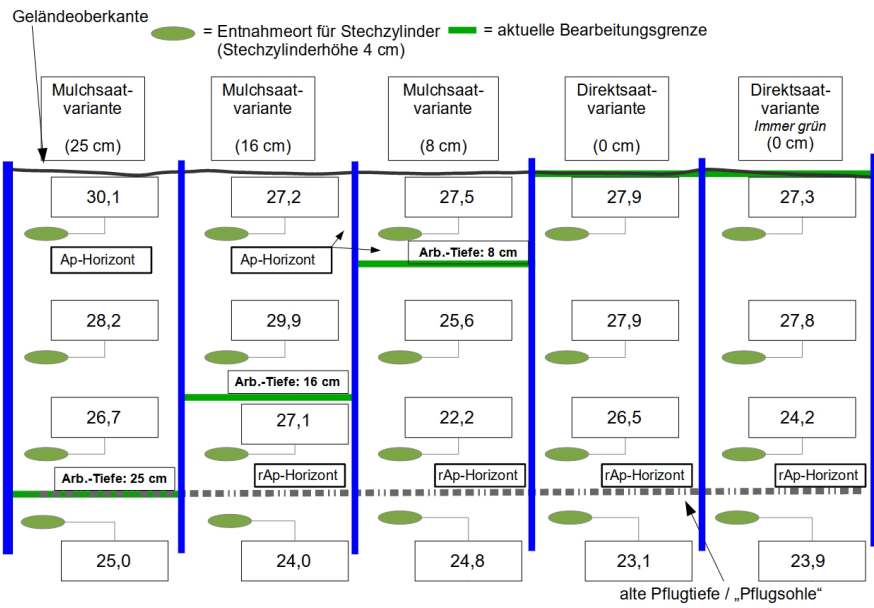


Abb. 7: Darstellung der nutzbaren Feldkapazität (nFK) in Volumen%