



Bodenphysikalische Kennwerte von 14 Standorten der Nationalen Bodenbeobachtung NABO

Autorinnen und Autoren

Peter Schwab, Marlies Sommer, Peter Weisskopf, Andreas Gubler, Johannes Koestel, Ramon Zimmermann



Impressum

Herausgeber	Agroscope Reckenholzstrasse 191 8046 Zürich www.agroscope.ch
Auskünfte	Ramon Zimmermann
Gestaltung	Petra Asare
Download	www.agroscope.ch/science
Copyright	© Agroscope 2022
ISSN	2296-729X
DOI	https://doi.org/10.34776/as143g

Haftungsausschluss :

Die in dieser Publikation enthaltenen Angaben dienen allein zur Information der Leser/innen. Agroscope ist bemüht, korrekte, aktuelle und vollständige Informationen zur Verfügung zu stellen – übernimmt dafür jedoch keine Gewähr. Wir schliessen jede Haftung für eventuelle Schäden im Zusammenhang mit der Umsetzung der darin enthaltenen Informationen aus. Für die Leser/innen gelten die in der Schweiz gültigen Gesetze und Vorschriften, die aktuelle Rechtsprechung ist anwendbar.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Résumé	4
Summary	5
1 Einleitung	6
2 Methoden	8
2.1 Standorte	8
2.2 Beprobungsplan & Parameter	8
2.3 Entnahme von Zylinderproben	10
2.4 Bestimmung physikalischer Parameter an Stechzylinderproben	10
2.4.1 Desorptionsverhalten	11
2.4.2 Luftpermeabilität	12
2.4.3 Gasdiffusion	12
2.5 Eindringwiderstand	12
2.6 Physikalische Begleitparameter und Bodenstruktur aus Schichtproben	12
2.7 Qualitätssicherung und Validierung	13
2.8 Auswertung und Interpretation	13
3 Ergebnisse und Diskussion	15
3.1 Desorptionskurve und Porenverteilung	16
3.2 Nutzbare Feldkapazität	17
3.3 Wasser- und Gasaustausch	18
3.4 Vergleich der Interpretation von Parametern	21
4 Schlussfolgerungen und Ausblick	23
4.1 Aussagesicherheit	24
4.2 Verwendungszweck der Daten	25
4.3 Weiteres Vorgehen	25
5 Literatur	26
6 Anhang Datensammlung	28
6.1 1 Tänikon (Graslandstandort)	29
6.2 28 Leuggern (Ackerstandort)	32
6.3 37 Ependes (Graslandstandort)	35
6.4 46 Vallon (Ackerstandort)	38
6.5 54 Zuzwil (Ackerstandort)	41
6.6 56 Trub (Graslandstandort)	44
6.7 60 Entlebuch (Graslandstandort)	47
6.8 65 Cornol (Ackerstandort)	50
6.9 68 Etoy (Ackerstandort)	53
6.10 74 Mörschwil (Grünlandstandort)	56
6.11 87 Klarsreuti (Ackerstandort)	59
6.12 94 S. Antonino (Gemüsebaustandort)	62
6.13 95 Coldrerio (Ackerstandort)	65
6.14 102 Vouvry (Ackerstandort)	68
7 Abbildungsverzeichnis	71
8 Tabellenverzeichnis	71

Zusammenfassung

Der Schutz der Ressource Boden hat in der Schweiz immer mehr an Bedeutung gewonnen. Gleichzeitig hat durch die Mechanisierung in der Forst- und Landwirtschaft die physikalische Belastung des Bodens zugenommen. Bodenphysikalische Kennwerte sind ein wichtiger Bestandteil für ein umfassendes Verständnis des Ökosystems Boden und eine wichtige Voraussetzung für die nachhaltige Nutzung des Bodens. Sie liefern elementare Grundlagen zum Verständnis der chemischen, biologischen und physikalischen Prozesse im Boden und unterstützen die Beurteilung von komplexen Zusammenhängen.

Die Nationale Bodenbeobachtung (NABO) betreibt seit mehr als 35 Jahren ein Referenzmessnetz, das zunächst hauptsächlich zum Monitoring von anorganischen und organischen Schadstoffen ausgelegt war. Das Messprogramm der NABO wurde ab 2012 durch ein jährliches Monitoring bodenmikrobiologischer Bodeneigenschaften ergänzt. Die Interpretation insbesondere von bodenmikrobiologischen Parametern benötigt Kenntnisse der bodenphysikalischen Gegebenheiten, da diese wesentlich die Wasserverfügbarkeit, die Durchlässigkeit des Bodens als auch den Gasaustausch beeinflussen. Um hierzu die notwendigen Grundlagen zu schaffen, wurden im Rahmen dieser Studie an 14 ausgewählten Acker- und Graslandstandorten des Referenzmessnetzes das Messprogramm um physikalische Bodeneigenschaften erweitert. Im Labor wurden an ungestörten Zylinderproben die bodenphysikalischen Parameter Desorptionsverhalten, Luftpermeabilität, Gasdiffusion, Körnung und Lagerungsdichte bestimmt. Diese Messwerte wurden durch die Bestimmung des Wassergehaltes und einer Gefügebeurteilung an Bohrkernen sowie dem Eindringwiderstand mittels Penetrometer ergänzt.

Die Messwerte ergeben ein umfassendes Bild bezüglich des Zustandes der physikalischen, standortspezifischen Bodeneigenschaften. So zeigt sich ein wesentlicher Unterschied bei der Porengrössenverteilung zwischen den verschiedenen landwirtschaftlichen Nutzungsformen. Bei den untersuchten Graslandstandorten nimmt bei vier der fünf Standorte das Porenvolumen kontinuierlich mit zunehmender Tiefe ab. Bei ackerbaulicher Nutzung weist die Mehrheit der untersuchten Standorte auf eine schlechtere Porengrössenverteilung im Pflugsohlenbereich hin. Anhand des Desorptionsverhaltens der einzelnen Standorte (d.h. des Entwässerungsverhaltens eines Bodens) können standortspezifische Bodenstrukturzustände in Abhängigkeit der Textur, Humus- und Wassergehalt erstellt werden und damit die nutzbare Feldkapazität, als wichtiges Mass für die Bestimmung der landwirtschaftlichen Produktionsfunktion eines Standortes, abgeleitet werden.

Die Resultate der Luftpermeabilität und der Gasdiffusion zeigen, dass bezüglich der Porengrössenverteilung kein direkter Zusammenhang zwischen Grobporenvolumen und Gasaustauschvermögen an den untersuchten Standorten besteht. Stattdessen sind für das Gasaustauschvermögen die Verteilung und Konnektivität der vorhandenen Grobporen ausschlaggebend. Die in der Literatur oft aufgeführten Richtwerte zur Permeabilität und Diffusion werden an den meisten Zylinderproben unterschritten beziehungsweise nicht erfüllt, obwohl der Anteil des Grobporenvolumens ausreichend ist. Somit ist nicht das Volumen der Grobporen, sondern dessen Konnektivität an vielen Standorten herabgesetzt. Allerdings beruhen die herangezogenen Richtwerte auf einer nicht zufriedenstellenden Datengrundlage. Eine Verifizierung dieser Richtwerte wird dringend empfohlen.

Die Synthese von mehreren Parametern zur Beurteilung bodenphysikalischer Strukturzustände ermöglicht belastbare Aussagen. Bei Ackerstandorten können damit beispielsweise anthropogene Einflüsse auf die Struktur des Pflugsohlenbereiches abgebildet werden. Parallel dazu ist eine gegenseitige Validierung der einzelnen physikalischen Bodeneigenschaften möglich. Mit der Erhebung von physikalischen Bodeneigenschaften werden die physikalischen Eigenschaften der NABO-Standorte erstmals ausführlich beschrieben. Diese Daten ermöglichen diverse Anknüpfungspunkte zur weiteren Nutzung, insbesondere:

- Bewertung der Bodenfunktionalität: Z.B. Abschätzung der Produktionsfunktion;
- Datengrundlage zur Modellierung von physikalischen, biologischen und chemischen Bodenprozessen an Referenzstandorten der NABO;
- Ganzheitliche Interpretation von biologischen und stofflichen Daten sowie deren Messreihen im Monitoring der NABO.

Résumé

Paramètres physiques du sol de 14 sites de l'observatoire national des sols NABO

La protection du sol, en tant que ressource, a pris de plus en plus d'importance en Suisse. Dans le même temps, la mécanisation de la sylviculture et de l'agriculture a entraîné une augmentation de la charge physique sur le sol. Les paramètres physiques du sol sont un élément important dans la compréhension globale de l'écosystème sol et constituent un préalable essentiel à son utilisation durable. Ils fournissent des bases élémentaires pour comprendre les processus chimiques, biologiques et physiques à l'œuvre dans le sol et permettent l'évaluation de relations complexes.

L'observatoire national des sols (NABO) exploite depuis plus de 35 ans un réseau de mesures de référence, conçu à l'origine principalement pour le monitoring des polluants inorganiques et organiques. Depuis 2012, le programme de mesures du NABO se complète d'un monitoring annuel des propriétés microbiologiques du sol. L'interprétation, notamment celle des paramètres microbiologiques, nécessite des connaissances sur les conditions physiques du sol, car ces dernières jouent un rôle prépondérant dans la disponibilité de l'eau, la perméabilité du sol et les échanges gazeux. Afin de créer les bases nécessaires, le programme de mesures a ainsi été étendu aux propriétés physiques du sol dans le cadre de la présente étude, menée sur 14 sites de grandes cultures et d'herbages du réseau de mesures de référence. Les paramètres physiques du sol – comportement de désorption, perméabilité à l'air, diffusion gazeuse, granulométrie et densité apparente – ont été déterminés en laboratoire sur la base d'échantillons de sol non remaniés. Ces mesures ont été complétées par la détermination de la teneur en eau et une évaluation de la structure effectuées sur les carottes de forage. La résistance à la pénétration a également été évaluée au moyen d'un pénétromètre.

Les valeurs pédologiques mesurées donnent une idée précise de l'état des propriétés physiques spécifiques au site. On observe ainsi d'importantes différences dans la répartition de la taille des pores, selon les formes d'utilisation agricole. Dans les sites herbagers, le volume des pores diminue avec la profondeur dans quatre des cinq sites étudiés. Dans les grandes cultures, la plupart des sites présentent une moins bonne répartition de la taille des pores dans la zone de la semelle de labour. Sur la base du comportement de désorption des différents sites (autrement dit du comportement de drainage du sol), il est possible d'établir des états de la structure pédologique spécifiques aux sites, en fonction de la texture et de la teneur en humus et en eau. On peut en déduire la capacité utile du champ, une mesure importante pour la détermination de la fonction de production agricole d'un site.

Les résultats de la perméabilité à l'air et de la diffusion gazeuse montrent qu'en ce qui concerne la répartition de la taille des pores, il n'y a pas de rapport direct entre le volume des pores grossiers et la capacité d'échange gazeux sur les sites étudiés. Par contre, la répartition et la connectivité des pores grossiers sont déterminantes pour la capacité d'échange gazeux. Dans la plupart des échantillons, les valeurs indicatives de perméabilité et de diffusion, souvent retenues dans la littérature, ne sont pas atteintes, bien que le volume des pores grossiers soit proportionnellement suffisant. Ce n'est donc pas le volume des pores grossiers qui diminue sur de nombreux sites, mais leur connectivité. Les valeurs indicatives utilisées reposent toutefois sur une base de données qui n'est pas entièrement satisfaisante. Une vérification de ces valeurs indicatives est vivement recommandée.

La synthèse de plusieurs paramètres pour évaluer l'état de la structure physique des sols permet des prédictions fiables. Dans les sites de grandes cultures, elle permet par exemple de rendre compte des influences anthropiques sur la structure de la semelle de labour. Parallèlement, une validation mutuelle des différentes propriétés physiques des sols est ainsi possible. Leur relevé a livré pour la première fois une description détaillée des propriétés physiques des sites NABO. Ces données permettent des points de comparaison et peuvent être utilisées à d'autres fins, notamment:

- Évaluation de la fonctionnalité des sols: p. ex. estimation de la fonction de production;
- Base de données pour la modélisation des processus physiques, biologiques et chimiques des sols sur des sites de référence du NABO;
- Interprétation globale des données biologiques, des données sur les substances, de même que des séries de mesures effectuées dans le cadre du monitoring du NABO.

Summary

Soil Physical Properties of 14 Swiss Soil Monitoring Network (NABO) Sites

Protecting the resource soil has become increasingly important in Switzerland. At the same time, mechanisation in forestry and agriculture has increased physical stress on the soil. Soil physical properties are key to a thorough understanding of the soil ecosystem and an important requirement for the sustainable use of the soil. They provide basic principles for understanding the chemical, biological and physical processes that occur in the soil and support the assessment of complex interrelationships.

For over 35 years, the Swiss Soil Monitoring Network (NABO) has been operating a reference measurement network which was initially designed with the primary aim of monitoring inorganic and organic contaminants. From 2012, NABO's measurement programme has been supplemented by an annual monitoring of soil microbiological properties. The interpretation of soil microbiological parameters in particular requires a knowledge of soil physical conditions, since these significantly influence water availability, soil permeability and gas exchange. To create the necessary basis for acquiring this knowledge and as part of this study, the measurement programme was expanded to include physical soil properties at 14 selected arable and grassland sites of the reference measurement network. The soil physical parameters of desorption behaviour, air permeability, gas diffusion, grain size and bulk density were determined in the laboratory using undisturbed cylinder samples. These measurement data were supplemented by the determination of the water content and a structural assessment based on drill cores as well as the determination of penetration resistance via a penetrometer.

The measurement data yield a comprehensive picture of the state of the physical, site-specific soil parameters, revealing a significant difference in pore-size distribution between the various types of agricultural use. In four of the five grassland sites studied, pore volume decreases steadily with increasing depth. When used for arable farming, the majority of the investigated sites indicate a worse pore-size distribution in the plough sole area. Using the desorption behaviour of the individual sites (i.e. the drainage behaviour of a soil), site-specific soil-structure conditions can be compiled as a function of texture, humus and water content, thereby enabling the derivation of the useful field capacity as a key measurement for determining the agricultural production function of a site.

The air-permeability and gas-diffusion results show that in terms of pore-size distribution there is no direct correlation between macropore volume and gas-exchange capacity at the investigated sites. Instead, the distribution and connectivity of the existing macropores are the decisive factors for gas-exchange capacity. Although the macropore volume is sufficient, most cylinder samples fall short of or fail to meet the standard values for permeability and diffusion often listed in the literature. It is thus not the volume of the macropores but rather their connectivity that is reduced on many sites. To be sure, the standard values used are based on an unsatisfactory data resource. Verification of these standard values is thus urgently recommended.

Synthesising several parameters to assess soil-physical structural conditions allows reliable statements to be made. With arable sites, it enables e.g. the depiction of anthropogenic influences on the structure of the plough sole area. At the same time, mutual validation of the individual physical soil properties is possible. With the surveying of physical soil properties, the physical features of the NABO sites are described in detail for the first time. These data enable the creation of various reference points for further use, in particular:

- Evaluation of soil functionality: e.g. estimation of the production function;
- A data resource for modelling physical, biological and chemical soil processes at NABO reference sites;
- The holistic interpretation of biological and material data and their measurement series in NABO monitoring.

1 Einleitung

Der Boden ist ein faszinierendes Ökosystem. Auf kleinstem Raum sind die Bodenmatrix (Festphase), das Bodenwasser (Flüssigphase) und die Bodenluft (Gasphase) eng verzahnt. Die kleinräumige Nachbarschaft dieser verschiedenen Phasen führt zu diversen und komplexen biologischen, chemischen und physikalischen Prozessen, welche sich gegenseitig beeinflussen. Will man die Eigenschaften, den Zustand und die zeitliche Entwicklung des Bodens ganzheitlich verstehen, benötigt man Daten aller drei Disziplinen. Bodenphysikalische Betrachtungen geben Einblicke in die Struktur des Bodens und ihre Eigenschaften: Wie porös ist ein Boden? Wie durchlässig ist er für Wasser und Gase? Wie viel Wasser vermag er zu speichern? Es ist unbestritten, dass diese Faktoren einen wesentlichen Einfluss sowohl auf die Bodenbiologie (u.a. Artenzusammensetzung, Aktivität der Organismen) als auch auf die Bodenchemie (u.a. Redoxpotential, Nährstoffverfügbarkeit, Abbau- / Filtervermögen von Schadstoffen) haben (Bachmann et al. 2014).

Seit Mitte der 1980er-Jahre untersucht die NABO die Böden von über 100 Standorten in fünfjährigen Abständen (Desaules & Studer 1993, Gubler et al. 2022). Dabei lag der Fokus zu Beginn der Untersuchungen auf chemischen Bodeneigenschaften im Oberboden. Während der Ersterhebung (1985-1989) wurde für sämtliche NABO-Standorte eine Bodenansprache in Profilgruben und eine horizontweise Beprobung und Analyse durchgeführt. Für die Folgeerhebungen beschränkte man sich jedoch auf den Oberboden (0-20 cm).

Seit 2010 werden an 80 Hauptstandorten erneut profilumfassende Untersuchungen mit Bodenansprache und Horizontproben anhand von Bohrkernen zusätzlich zu den Untersuchungen des Oberbodens durchgeführt (Schwab & Gubler 2015). Auch das inhaltliche Portfolio erweiterte sich, so ergänzen vermehrt bodenbiologische und bodenphysikalische Aspekte die Erkenntnisse der chemischen Untersuchungen.

Bereits 2001 wurden erste Anstrengungen unternommen, neben den chemischen auch physikalische Bodeneigenschaften zu erfassen. Im Pilotprojekt «Langzeitbeobachtung von physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften» (LAZBO) wurden Methoden zur Erhebung von physikalischen Parametern im Rahmen des Monitorings der NABO getestet (Schwab et al. 2006).

Seit 2003 werden standardmässig bei jeder Erhebung im NABO-Messnetz die physikalischen Begleitparameter Raumgewicht, Lagerungsdichte und Wassergehalt der Feinerde (RG_{FE}, LD_{FE} bzw. WG_{FE}) für den Oberboden 0-20 cm erfasst (Schwab & Gubler 2016). Die physikalischen Begleitparameter dokumentieren den Bodenzustand bei der Beprobung. Dadurch kann beurteilt werden, wie gut vergleichbar die Bedingungen der wiederholten Probenahmen sind. Diese Daten sind folglich eher als Informationen zur Qualitätssicherung der Beprobung in Bezug auf die Vergleichbarkeit der Interpretation von chemischen und biologischen Analysen zu verstehen und weniger als eigentliches bodenphysikalisches Monitoring.

Bei den bodenphysikalischen Untersuchungen zielt die NABO hauptsächlich auf die Erfassung des Strukturzustandes von Böden und das Auftreten von Strukturschäden (Verdichtung). Bei der Auswahl der Methoden sind neben der Aussagekraft der Resultate auch Aufwand und Umsetzbarkeit im Rahmen des Monitorings zu beachten. Das bodenphysikalische Monitoring der NABO, NABOphys, wurde ab 2013 aufgebaut und umfasst inzwischen folgende Komponenten:

- **Wiederholte Bodenansprache mittels Bohrkernen an allen NABO-Hauptstandorten:**

Im Rahmen der regelmässigen Probenahmen von Flächenmischproben des Oberbodens werden an NABO-Standorten, an denen dies aufgrund der Bodeneigenschaften möglich ist (NABO-Hauptstandorte), zusätzlich Bohrkern entnommen (Schwab & Gubler 2015). Anhand dieser Bohrkern wird eine Bodenansprache durchgeführt. Anschliessend werden die Bohrkern in die jeweiligen pedologischen Horizontschichten aufgetrennt. Diese Proben werden auf chemische Parameter sowie auf die physikalischen Begleitparameter RG_{FE}, LD_{FE} und WG_{FE} analysiert (Schwab & Gubler 2016). In der Regel werden an allen NABO-Hauptstandorten vier Bohrkern entlang der vier Seiten der Beprobungsfläche von 10 m x 10 m entnommen.

- **Wiederholte Messung des Eindringwiderstands an ausgewählten Standorten:**

An 38 NABOphys-Standorten wird seit 2013 der Eindringwiderstand bis in eine Tiefe von 60-70 cm erfasst (Schwab 2010, Schwab et al. 2018). Diese Messungen erfolgen mindestens alle fünf Jahre, an einigen Standorten zwecks Weiterentwicklung der Methode deutlich häufiger. Erfasst wird eine Fläche von 10 m x 10 m (NABOphys-Fläche), die unmittelbar neben der Fläche für die chemische Beprobung liegt. Durch die räumliche Trennung können Beeinträchtigungen der Parzelle für chemische Untersuchungen vermieden werden. Anhand von 20 Sondierungen pro Standort mittels Penetrometer (PANDA-Sonde) soll der Verdichtungszustand und dessen Veränderung über die Zeit beobachtet werden. Während die Messung des Eindringwiderstands direkt im Feld erfolgt, werden jeweils zeitgleich von derselben Fläche vier Bohrkern bis 75 cm Tiefe entnommen. Aus den Bohrkernen werden die physikalischen Begleitparameter RG_{FE} , LD_{FE} und WG_{FE} in verschiedenen Bodentiefen bestimmt. Aus diesen Messgrößen lassen sich dichtere Zonen lokalisieren. Seit 2018 wird an diesen Proben zusätzlich der Gefügestand mit der Methode CoreVESS (Johannes et al. 2020) beurteilt.

- **Einmalige Messung von bodenphysikalischen Parametern an Zylinderproben: Desorptionsverhalten, Luftpermeabilität und Gasdiffusion:**

Seit 2018 werden jährlich an sechs bis sieben NABOphys-Standorten ungestörte Volumenproben (100 ml-Stechzylinder) entnommen, die im Bodenphysiklabor der Agroscope-Forschungsgruppe Bodenqualität und Bodennutzung untersucht werden. Die Probenahme und Analyse ungestörter Zylinderproben ist relativ aufwendig, diese Untersuchungen werden daher nur einmalig pro Standort durchgeführt. Die gemessenen Größen erlauben eine Beurteilung der Porosität und Funktionalität des Bodens betreffend Gas- und Wasserhaushalt. Die Zylinderproben werden in der Regel aus drei Tiefen entnommen. Diese werden für jeden Standort aufgrund der Informationen aus den Horizontproben und den Messungen des Eindringwiderstands individuell festgelegt, um möglichst repräsentativ Oberboden, Übergangshorizont und Unterboden zu erfassen.

In diesem Bericht werden die Ergebnisse der einmaligen Messungen von bodenphysikalischen Parametern an Zylinderproben von insgesamt 14 NABO-Standorten präsentiert und diskutiert. Die Beprobungen dieser Standorte wurden 2018 und 2019 durchgeführt. Dabei sollen die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Parametern, die Bedeutung der gemessenen Parameter für die Funktionen des Bodens sowie die möglichen Folgen von Gefügeschäden und Strukturbeeinträchtigungen durch die Bewirtschaftung diskutiert werden. Die Ergebnisse zu wiederholten Messungen des Eindringwiderstands an ausgewählten Standorten werden in einem separaten Bericht erscheinen.

2 Methoden

2.1 Standorte

Für insgesamt 32 NABOphys-Standorte sind Beprobungen mit Stechzylindern vorgesehen (Abbildung 1). Bis Ende 2021 wurden 26 dieser Standorte bereits beprobt und von 14 Standorten liegen die Resultate und der bodenphysikalischen Analysen vor. Dieser Bericht bezieht sich auf die Auswertung dieser 14 Standorte.

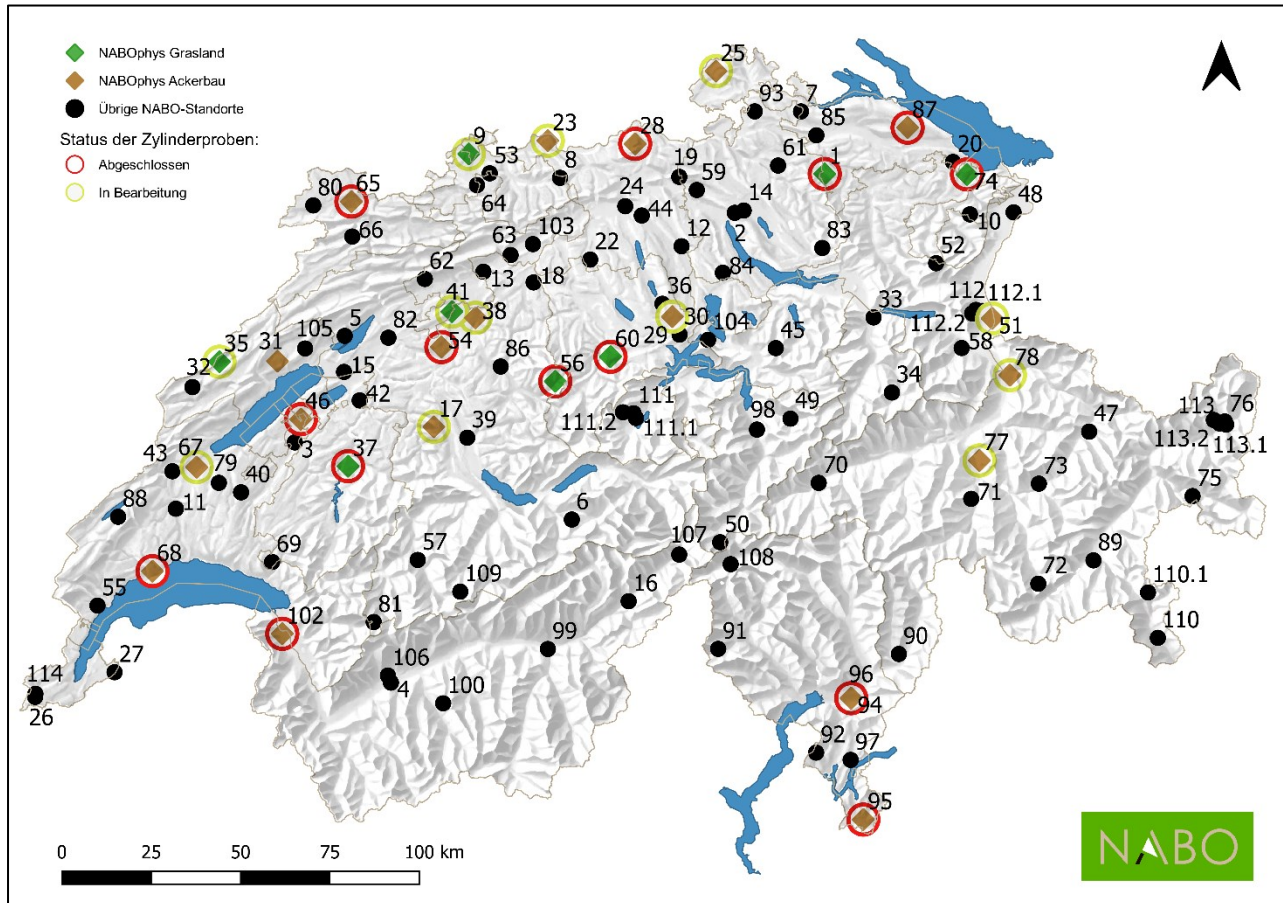


Abbildung 1: Karte der NABO-Standorte, markiert sind abgeschlossene (rote Kreise) und noch nicht ausgewertete (gelbe Kreise) Erhebungen von physikalischen Parametern aus Zylinderproben.

2.2 Beprobungsplan & Parameter

Im Rahmen der einmaligen Beprobung mittels Zylinderproben werden gleichzeitig der Eindringwiderstand sowie Schichtproben zur Bestimmung der physikalischen Begleitparameter entnommen (Tabelle 1). Zudem werden weitere Informationen aus anderen Beprobungen desselben Standortes beigezogen, wie beispielsweise die pedologische Bodenansprache.

Die 100 m² grosse NABOphys-Fläche wird für die Beprobung in 10 x 10 Teilflächen à je 1 m² unterteilt (Abbildung 2). Bei jeder Beprobung werden zehn Teilflächen beprobt bzw. sondiert. Die Verteilung der beprobten Flächen in den Zeilen und Spalten der Fläche sind gemäss einem lateinischen Quadrat festgelegt, so dass in jeder Zeile und in jeder Spalte jeweils genau eine Teilfläche beprobt wird. Bei jeder weiteren Erhebung wird die Teilfläche in der Spalte um einen Meter verschoben. Somit können zehn Erhebungen durchgeführt werden, ohne dass eine Teilfläche mehrfach beprobt wird.

Tabelle 1: Übersicht der Beprobungen bzw. Methoden für die einmalige Beprobung für bodenphysikalische Parameter.

Methode	Anz. Punkte pro Standort	Tiefe	Gerät	Parameter
Entnahme von Stechzylinderproben für physikalische Parameter (vgl. Kap. 2.3 bis 2.4)	8 pro Tiefe	In drei Horizonten	Stechzylinderset (Modell 07.53 SC) von Eijkelkamp	Desorptionsverhalten, Volumen Porrenklassen, Luftpermeabilität, Gasdiffusion, Begleitparameter
Eindringwiderstand (vgl. Kap. 2.5)	20	0-70 cm	PANDA2 von Sol Solution	Dynamischer Eindringwiderstand
5 cm-Schichtproben aus Bohrkernen (vgl. Kap. 2.6)	4	0-75 cm	Humax-Schlagsonde (75 cm Länge) von Green-Ground AG	Physikalische Begleitparameter (Wassergehalt, Dichteparameter) und Bestimmung VESS-Score

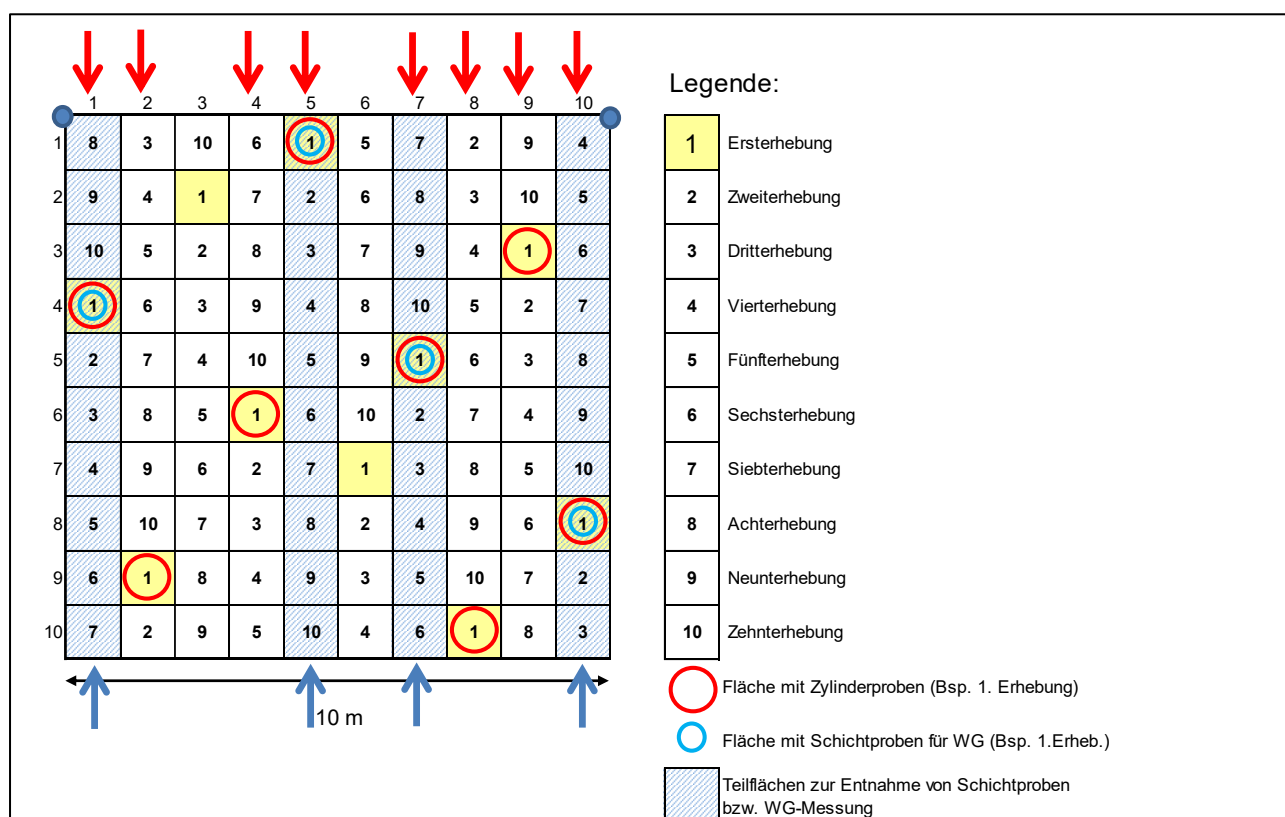


Abbildung 2: Probenahme-Design: Einteilung der NABOphys-Fläche in 10 x 10 Teilflächen à 1 m² mit Markierungen je einer Teilfläche, welche bei der ersten Erhebung beprobt werden.

In jeder, ausgewählten Teilfläche werden je zwei Sondierungen mit dem Penetrometer (PANDA-Sonde) durchgeführt (vgl. Kapitel 2.5). In den Teilflächen der Spalten 1, 5, 7 und 10 wird mit der Schlagsonde zusätzlich jeweils ein Bohrkern bis 75 cm Tiefe entnommen. Diese Bohrkern werden in 5 cm dicke Schichtproben unterteilt, an denen die physikalischen Begleitparameter RG_{FE} , LD_{FE} und WG_{FE} sowie die Gefügequalität mit Hilfe von CoreVESS bestimmt werden (vgl. Kapitel 2.6). Zylinderproben werden jeweils von acht Teilflächen entnommen (Spalten 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9 und 10; vgl. nächstes Kapitel).

2.3 Entnahme von Zylinderproben

Die Tiefen zur Entnahme von Zylinderproben werden aufgrund der pedologischen Ansprache aus Bohrprofilen der aktuellsten Erhebung und Messungen des Eindringwiderstands und den physikalischen Begleitparametern aus den Schichtproben festgelegt. Die Beprobungstiefen werden jeweils ungefähr in der Mitte des Oberbodens (A-Horizonte), der Mitte des Unterbodens (B-Horizonte) sowie in einem dazwischenliegenden Horizont (oft dem AB-Übergangshorizont) festgelegt. Letzterer weist bei ackerbaulich genutzten Böden (insbesondere bei gepflügten Böden) meist Verdichtungsmerkmale bzw. erhöhte Eindringwiderstandswerte auf.

Die ungestörten Volumenproben werden mit dem Stechzylinderset von Eijkelkamp entnommen (100 ml- Zylinder). In den gemäss Beprobungsplan (Abbildung 2) vorgesehenen Teilflächen werden die Proben folgendermassen aus den definierten Tiefen entnommen (Abbildung 3, Schwab & Gubler 2016):

1. Mit Edelmannbohrer und Riverside-Bohrer bis ca. 2 cm oberhalb der gewünschten Untersuchungstiefe (h_1) vorbohren, Tiefe h_1 messen und protokollieren. Die mittlere Tiefe wird mit dem Doppelmeter vom Bohrgrund bis zur Oberfläche auf 0.5 cm genau bestimmt.
2. Den Zylinder in die Stechhülse einführen und mit Hammer und Schlagvorrichtung (Ringhalter, Verlängerungsstück und Schlagkopf) auf die gewünschte Endtiefe (h_2) einschlagen. Die Endtiefe wird so gewählt, dass ober- und unterhalb des Zylinders ca. 2 cm Boden zu viel entnommen werden.
3. Probe abdrehen und sorgfältig aus dem Bohrloch herausnehmen. Tiefe h_2 messen und protokollieren.
4. Den Zylinder aus dem Ringhalter nehmen, überständiges Bodenmaterial bis ca. 0.5 cm ober- und unterhalb des Stechzylinders sorgfältig entfernen. Tiefe und Nummer des Zylinders im Protokoll erfassen. Proben mit Plastik-Schutzkappen verschliessen und gekühlt im Probenkoffer transportieren. Die Proben werden bis zur Bestimmung im Labor in mit Plastiksäcken umhüllten Kisten gekühlt (5 °C) gelagert.

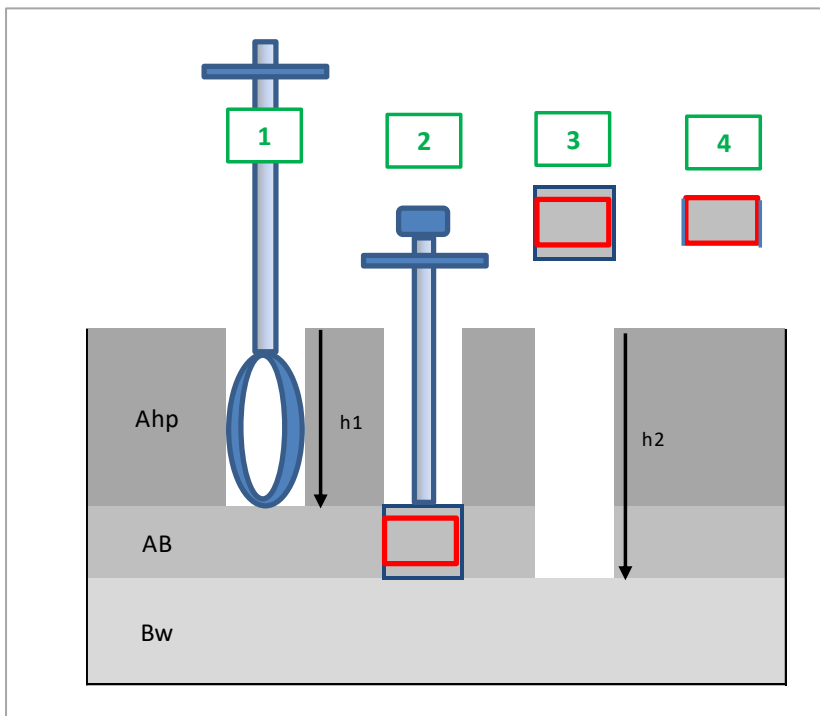


Abbildung 3: Entnahme von Zylinderproben in den Tiefen h_1 bis h_2 . Rote Box = Zylinder.

2.4 Bestimmung physikalischer Parameter an Stechzylinderproben

Nach der Präparation der Stechzylinderproben werden diese wassergesättigt und anschliessend stufenweise, mit zunehmendem Unterdruck, entwässert. Der gravimetrische Wassergehalt wird für alle neun Entwässerungsstufen bestimmt, um das Desorptionsverhalten der Proben zu beschreiben. Für vier Entwässerungsstufen von 30 bis 300 hPa Saugspannung (pF 1.5 bis 2.5) werden zudem die Luftpermeabilität und die Gasdiffusion gemessen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Bestimmung physikalischer Parameter bei neun Entwässerungsstufen (x = wird gemessen)

hPa	pF	Gravimetrie	Luftpermeabilität	Gasdiffusion	Zustand
1	0	x			gesättigt
30	1.5	x	x	x	
60	1.8	x	x	x	
100	2.0	x	x	x	
300	2.5	x	x	x	
1'000	3.0	x			
3'000	3.5	x			
15'000	4.2	x			
10'000'000	7.0	x			trocken 105°C

2.4.1 Desorptionsverhalten

Durch Wägung der Proben bei einem bestimmten Unterdruck (Saugspannung) wird der jeweilige Wassergehalt bei dieser Entwässerungsstufe bestimmt. Daraus lässt sich die Desorptionskurve ableiten. Das Matrixpotential der Bodenproben wird in hPa gemessen und als pF-Wert (negativer Zehnerlogarithmus des Matrixpotentials) angegeben (Bachmann et al. 2014). Die letzte Entwässerung erfolgt durch Trocknung bei 105°C. Aus der gesamten trockenen Festsubstanz lässt sich die Lagerungsdichte (LD) und das Festkörpervolumen mittels Wasserypnometer und damit die reelle Dichte (Festkörperdichte) bestimmen. Aus dem gesamten Probenvolumen abzüglich des Festkörpervolumens wird das Gesamtporenvolumen berechnet. Das gesamte Verfahren ist in den Referenzmethoden der Forschungsanstalt Agroscope beschrieben (Agroscope 1996).

Die Porenklassen sind gemäss Tabelle 3 definiert. Da labortechnisch bedingt bei pF 3.5 anstelle von pF 3.7 eine Messung erfolgte, sind die Grenzen zwischen mittleren und feinen Mittelporen nicht wie in der Literatur üblich (Agroscope 1996) definiert.

Tabelle 3: Definition der Porenklassen gemäss Forschungsanstalt Agroscope (1996)

Porengrössen-klasse	Saugspannungspunkt	
	[hPa]	[pF]
Grobe Grobporen	< 30	0 - 1.5
Mittlere Grobporen	30 – 60	1.5 - 1.8
Feine Grobporen	60 – 100	1.8 - 2.0
Grobe Mittelporen	100 - 1'000	2.0 - 3.0
Mittlere Mittelporen	1'000 - 3'000	3.0 - 3.5
Feine Mittelporen	3'000 - 15'000	3.5 - 4.2
Feinporen	> 15'000	> 4.2

Die Poren sind gemäss Tabelle 4 der Funktionalität bezüglich Luftführung und Wasserspeicherefähigkeit zugeordnet. Die nutzbare Feldkapazität (nFK) ist als Summe der Porenvolumina für pflanzenverfügbares Wasser (pF 1.8 bis 4.2) definiert.

Tabelle 4: Funktionalität der Porenklassen (Blume et al. 2010)

Funktion	Porenklasse	
Massenfluss Wasser- und Lufttransport	Grobe und mittlere Grobporen	pF < 1.8
Speicherung leicht pflanzenverfügbares Wasser	Feine Grobporen bis mittlere Mittelporen	pF 1.8 - 3.5
Speicherung schwer pflanzenverfügbares Wasser	Feine Mittelporen	pF 3.5 - 4.2
Speicherung nicht pflanzenverfügbares Wasser	Feinporen	pF > 4.2

Die Messwerte aus den Zylinderproben wurden auf die jeweiligen pedologischen Horizonte hochskaliert. Somit kann das pflanzenverfügbare Wasser (die nFK) für den gesamten Boden geschätzt werden. Dabei wird das nutzbare Wasser pro Quadratmeter Fläche der verschiedenen Horizonte aufsummiert und in L/m² bzw. mm angegeben.

Der Festsubstanzanteil des Skeletts (Vol.- %) wurde aus Horizontproben der Bohrprofile der NABO-Probenahmen für chemischen Bodenparameter bestimmt. Der Volumenanteil der Feinerde wird berechnet aus dem Festsubstanzvolumen abzüglich dem Skelettanteil.

2.4.2 Luftpermeabilität

Die Luftpermeabilität beschreibt die Durchlässigkeit des Bodens für Luft (Massenfluss) und wurde gemäss Martinez et al. (2016) gemessen. An den konditionierten, ungestörten Zylinderproben wurde bei konstantem Überdruck von 2 hPa die durchfliessende Luftmenge bei den ersten vier Entwässerungsstufen (30, 60, 100 und 300 hPa) bestimmt. Die Messungen bei 300 hPa-Entwässerung waren jedoch meistens nicht mehr repräsentativ, da sich in einigen Fällen die Bodenproben aufgrund der Entwässerung und der daraus resultierenden Schrumpfung vom Zylinder ablösten. Dadurch bildeten sich zwischen Zylinderwand und Bodenprobe Risse. Die Luftleitfähigkeit des Bodens ist temperaturabhängig; die Labortemperatur wird deshalb gemessen und bei der Permeabilitätsberechnung berücksichtigt (Martinez et al. 2016).

2.4.3 Gasdiffusion

An den Zylinderproben wurde zudem die Gasdiffusion für die ersten vier Entwässerungsstufen (30, 60, 100 und 300 hPa) gemäss Martinez et al. (2016) bestimmt. Analog zur Luftpermeabilität sind auch die Messungen der Gasdiffusion ab 300 hPa meistens nicht mehr repräsentativ. Das Messprinzip funktioniert so, dass eine Messkammer direkt oberhalb der Zylinderprobe durch Einblasen von Stickstoff (N₂) sauerstofffrei (O₂) gemacht wird. O₂ aus der Aussenluft kann von unten durch das luftgefüllte Porenvolumen der eingespannten Zylinderprobe nach oben in die Messkammer diffundieren. In der Folge wird gemessen, wie schnell die O₂-Konzentration in der Messkammer zunimmt. Daraus lässt sich ableiten, wie viel O₂ pro Zeiteinheit von der Aussenluft durch die Zylinderprobe in die obere Kammer diffundiert. Bei einer komplett undurchlässigen Bodenprobe würde der O₂-Anteil bei 0 % verharren (Martinez et al. 2016).

2.5 Eindringwiderstand

Für die Messung mit der PANDA-Sonde (PANDA2 von Sol Solution) kommen bei allen Messungen Spitzen mit 4 cm² Querschnittsfläche und 90° Konuswinkel zum Einsatz. Mit diesem Querschnitt der Sondenspitze ist die Mantelreibung des Gestänges sehr gering. Die Messwerte (Widerstand und Vortrieb) werden vom Datenlogger ausgelesen und ausgewertet. Pro Sondierung resultieren 700 bis 1000 Datenpunkte, welche die Tiefe von 0 bis 70 cm in hoher Auflösung darstellen. Aus jeder der 20 Sondierungen wird über die Tiefe für 5 cm-Schichten der nach Vortrieb gewichtete mittlere Eindringwiderstand berechnet. Die 20 Sondierungen pro Standort werden wiederum aggregiert, indem der Median und dessen 95 %-Vertrauensintervall berechnet werden (Schwab et al. 2018).

2.6 Physikalische Begleitparameter und Bodenstruktur aus Schichtproben

Für die Bestimmung der physikalischen Begleitparameter werden mit einer HUMAX-Schlagsonde vier Bohrkerne mit einem Durchmesser von 5 cm bis in eine Tiefe von ca. 75 cm in den entsprechenden Teilflächen gemäss Beprobungsplan (siehe Abbildung 2) entnommen (Schwab & Gubler. 2016). Die Proben werden jeweils in einen Plastiksack verpackt und in einer Kühlbox gelagert, um Wasserverluste zu minimieren. Unter Berücksichtigung der Stauchung werden die Bohrkerne anschliessend in 5 cm-Schichten unterteilt. Aus diesen feldfrischen Proben wird die Bodenstruktur mit CoreVESS beurteilt (Johannes et al. 2020). Die physikalischen Begleitparameter (Gehalte an Bodenwasser und Festsubstanz) werden durch Trocknung während 48 h bei 105 °C bestimmt. Der Skelettgehalt wird in den einzelnen Schichtproben aus bereits erhobenen Skelettgehalten von gleich beprobten Horizontproben den jeweiligen Tiefen zugeordnet. Somit können RG_{FE}, LD_{FE} und WG_{FE} bestimmt werden.

Die physikalischen Begleitparameter und die Bewertung der Bodenstruktur in 5 cm-Schichten dienen zur Lokalisierung von verdichteten Zonen. Der Parameter WG_{FE} dient als erklärende Variable zur Interpretation des Eindringwiderstands.

2.7 Qualitätssicherung und Validierung

Zur Validierung werden die Messwerte der einzelnen Entwässerungsstufen für jeden Zylinder auf deren Plausibilität geprüft. Hierzu werden die Werte der verschiedenen Zylinder aus derselben Schicht pro Standort und der Verlauf der pF-Kurven pro Standort und Tiefe (Abbildung 4) miteinander verglichen. Für das abgebildete Beispiel Standort 54 sind die einzelnen Kurvenverläufe gut vergleichbar. Abweichungen der Verläufe, wie beispielsweise beim Standort 102 in 57.5 cm Tiefe zwischen pF 2.0 und 3.5 lassen sich durch die Variabilität der Textur innerhalb der Untersuchungsfläche erklären.

Bei der Messung der Luftpermeabilität ist die Zunahme der Werte bei zunehmender Entwässerung ein Plausibilisierungskriterium. Die absolute Messqualität wird zudem bei jeder Messreihe anhand von Standardproben (mit unterschiedlich perforierten Plexiglasplatten) geprüft.

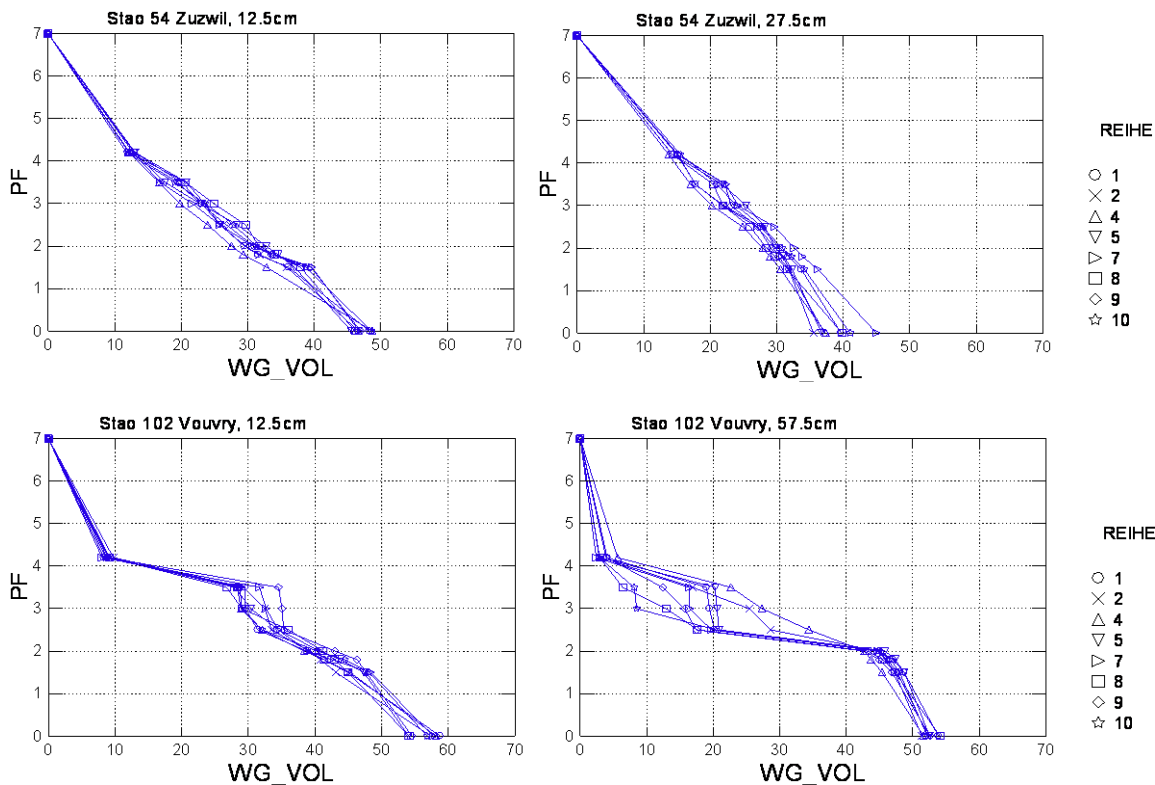


Abbildung 4: Plausibilisierung des Verlaufes der pF-Kurven für die einzelnen Zylinderproben, Beispiel Standorte 54 und 102 in je zwei Tiefen.

2.8 Auswertung und Interpretation

Für die Auswertung und die Interpretation wurden jeweils die Messwerte der verschiedenen Replikate pro Standort und Tiefe aggregiert, indem der Zentralwert (entweder Mittelwert oder Median gemäss untenstehender Beschreibung) und die Streuung berechnet wurden. Diesen Werten liegen jeweils maximal acht Einzelwerte aus den einzelnen Zylinderproben zugrunde. Für die Parameter der Porosität und der physikalischen Begleitparameter (WG_{FE} , LD_{FE}) wird eine Normalverteilung angenommen. Entsprechend wurde der Mittelwert dem Median gleichgesetzt. Dadurch wird sichergestellt, dass die aggregierten Volumenanteile wiederum 100 % ergeben, was bei der Verwendung des Medians nicht zwingend der Fall ist. Die Verteilung der Werte für Luftpermeabilität und Gasdiffusion ist rechtsschief. Daher wurde für diese beiden Parameter der Median verwendet. Zur Interpretation der Resultate wurden die Richtwerte bzw. Beurteilungsgrößen in Tabelle 5 verwendet.

Tabelle 5: Richtwerte (RW), Prüfwert (PW) und Beurteilungsgrößen für physikalische Bodeneigenschaften; PV = Porenvolumen.

Eigenschaft	Parameter	Definition [Einheit]	Klassen	RW	PW	Quelle
Dichte des Bodens	LD_{eff} , effektive Lagerungsdichte	$LD_{eff} = LD + 0.009 \times \text{Tongehalt [g/cm}^3]$		>1.70	>1.85	(Buchter et al. 2004)
Grobporen, luftgefülltes PV	PV1.8, Luftporen	Porenvolumen pF 1.8 [Vol.%]		<7	<5	(Buchter et al. 2004)
Luftdurchlässigkeit des Bodens	L_{perm} , Luftpermeabilität	L_{perm} pF 1.8 [μm^2]		<18.7	<8.6*	(Horn & Fleige 2009)
Gasdiffusivität des Bodens	Diff, O ₂ -Diffusion	Diff pF 1.8 [] dimensionslos		<0.02	<0.01	(Horn & Fleige 2009)
Eindringwiderstand mit Penetrometer	EDW_{rel} , relativer Eindringwiderstand	Relativwert zu Unterboden (Wert in 50-55cm Tiefe =1)	Relative Abweichung zu Unterboden / Relativwert			(Schwab et al. 2016)
Gefügebeurteilung	VESS, visuelle Beurteilung der Bodenstruktur	Beurteilung in 5 Klassen nach Form, Grösse, Festigkeit, Bruchstellen, Porosität	1 = sehr gut 2 = gut 3 = mittelmässig 4 = schlecht 5 = sehr schlecht	>2.5	>3.5	(Johannes et al. 2020)
Speicherfähiges, pflanzenverfügbares Wasser	n_{Fk} , nutzbare Feldkapazität	Pflanzenverfügbares Bodenwasser zwischen pF 1.8 bis pF 4.2 [mm]	<270 = extrem hoch 200-<270 = sehr hoch 140-<200 = hoch 90-<140 = mittel 50-<90 = gering <50 = sehr gering			(Bodenkundl. Kartieranleitung 2005)

* als Massnahmenwert bezeichnet

3 Ergebnisse und Diskussion

In diesem Bericht werden die Resultate von neun Ackerbau- und fünf Graslandstandorten (Abbildung 5), die 2018 und 2019 bezüglich ihrer physikalischen Basisparameter beprobt und analysiert wurden, ausgewertet und interpretiert. Die detaillierten Resultate werden nach Standort gegliedert im Anhang (6.1 bis 6.14) präsentiert. Die Bodentypen sowie die Bodenarten für Ober- und Unterboden dieser Standorte sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

In den folgenden Kapiteln werden Resultate aus den Analysen der Zylinderproben zusammengefasst und interpretiert. Hierbei werden insbesondere Zusammenhänge über mehrere Standorte betrachtet und die Resultate der verschiedenen Methoden miteinander verglichen.

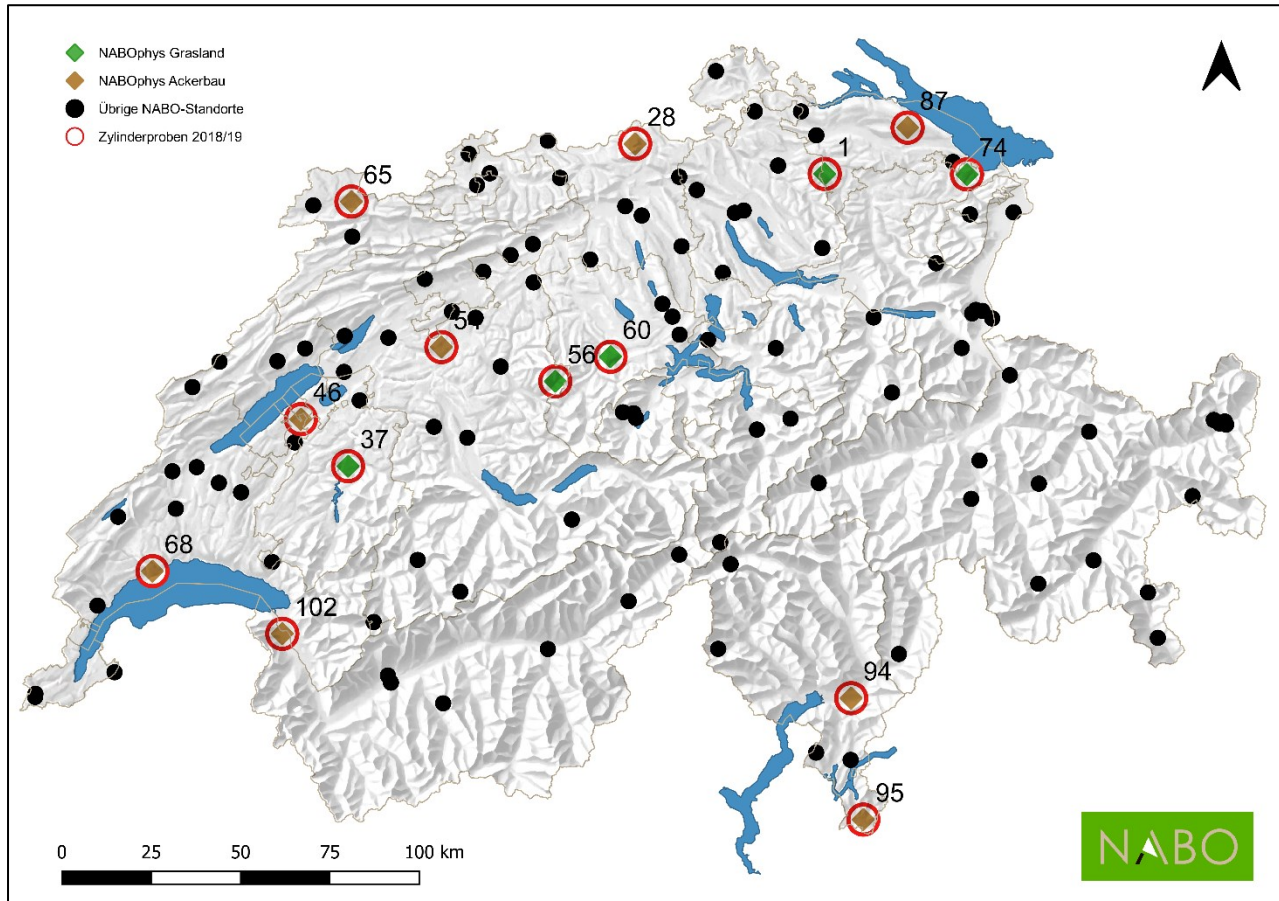


Abbildung 5: Für diesen Bericht berücksichtigte NABO-Standorte (mit Kreisen markiert), wovon neun Ackerbaustandorte (braun) und fünf Graslandstandorte (grün)

Tabelle 6: Bodentyp und Bodenart der untersuchten NABO-Standorte (OB = Oberboden, UB = Unterboden).

	NABO-Standort	Bodentyp, pflanzennutzbare Gründigkeit Untertypen	Bodenart OB / UB	Jahr
Ackerbau	28 Leuggern AG	Braunerde-Pseudogley, mässig tiefgründig	schwach humoser lehmiger Schluff	2019
		stark pseudogleyig, schwach sauer	lehmiger Schluff	
	46 Vallon FR	Braunerde-Gley, ziemlich flachgründig	humoser lehmiger Ton	2018
		stark gleyig / stark pseudogleyig, verdichtet, alluvial, pelitisch, karbonathaltig	schwach humoser toniger Schluff	
	54 Zuzwil BE	Braunerde, sehr tiefgründig	humusarmer sandiger Lehm	2019
		schwach sauer	sandiger Lehm	
	65 Cornol JU	Braunerde, sehr tiefgründig	schwach humoser lehmiger Schluff	2018
		schwach sauer, schwach pseudogleyig, tonhüllig	lehmiger bis toniger Schluff	
	68 Etoy VD	Braunerde, sehr tiefgründig	humusarmer Lehm	2019
		schwach sauer, diffus, grundfeucht	Lehm	
87 Klarsreuti TG	Braunerde, tiefgründig	schwach humoser Lehm	2018	
	tonhüllig, pseudogleyig	toniger Lehm		
* 94 S. Antonino TI	Braunerde, mässig tiefgründig	schwach humoser lehmiger Sand	2018	
	alluvial, gleyig, schwach sauer	sandiger Schluff		
95 Coldrerio TI	Braunerde, tiefgründig	schwach humoser sandiger Lehm	2019	
	schwach sauer, schwach gleyig	Lehm		
102 Vouvry VS	Fluvisol, ziemlich flachgründig	humusarmer sandiger Schluff	2019	
	sehr stark gleyig, verdichtet, karbonathaltig	Schluff		
Grasland	1 Tänikon TG	Braunerde, tiefgründig	humoser lehmiger Ton	2019
		schwach pseudogleyig, teilweise entkarbonatet	toniger Lehm	
	37 Ependes FR	Braunerde, tiefgründig	schwach humoser Lehm	2019
		kolluvial, diffus, grundfeucht	sandiger Lehm	
	56 Trub BE	Saure Braunerde, tiefgründig bis mässig tiefgründig	humoser sandiger Lehm	2018
sauer		sandiger Lehm		
60 Entlebuch LU	Buntgley, ziemlich flachgründig	humoser sandiger Lehm	2018	
	sehr stark gleyig, schwach sauer, drainiert	saniger Lehm		
74 Mörschwil SG	Pseudogley, ziemlich flachgründig	humoser lehmiger Ton	2018	
	sehr stark pseudogleyig, schwach sauer	schwach humoser lehmiger Ton		

* Auf dem Standort 94 wird Gemüse angebaut

3.1 Desorptionskurve und Porenverteilung

Das Entwässerungsverhalten ist für jeden Bodenstrukturzustand spezifisch und kann mit der Desorptionskurve abgebildet werden. Dabei werden die volumetrischen Wassergehalte bei entsprechenden Saugspannungsklassen (pF-Wert) dargestellt. Aus dieser Kurve kann für den entsprechenden Horizont die Saugspannung bei einem bestimmten Wassergehalt abgeleitet werden. Die Desorptionskurve ermöglicht es, anstelle des Wassergehaltes, die berechnete Saugspannung als erklärende Variable für ein Modell zur Standardisierung von Eindringwiderstandswerten zu verwenden. Die Ergebnisse sind im Anhang 6 für jeden Standort (6.1 bis 6.14) aufgeführt.

Im Grobporenbereich wird die Desorptionskurve stark von strukturbildenden Prozessen (z.B. biologische Aktivität, Quellung-/Schrumpfung infolge von Witterungseinflüssen, anthropogene Verdichtung) geprägt; im Fein- und Mittelporenbereich ist sie dagegen zunehmend von der Zusammensetzung der mineralischen Feinerde abhängig. Dies zeigen die Beispiele der Desorptionskurven von sechs Standorten mit unterschiedlicher Textur (Abbildung 6).

Anhand dieser Kurven wird die Funktionalität der Porosität für die unterschiedlichen Texturen visualisiert:

- Je höher der Tongehalt, desto grösser ist der Anteil von nicht pflanzenverfügbarem Wasser. Bei einem pF-Wert von >4.2 befindet sich das Wasser in Feinporen und ist nicht pflanzenverfügbar (vgl. Tabelle 4).
- Je höher der Schluffgehalt, desto grösser ist die nutzbare Feldkapazität und das pflanzenverfügbare Wasser. Bei einem pF zwischen 1.8 und 4.2 befindet sich dieses für Pflanzen nutzbare Wasser in feinen Grobporen und Mittelporen (vgl. Tabelle 4).

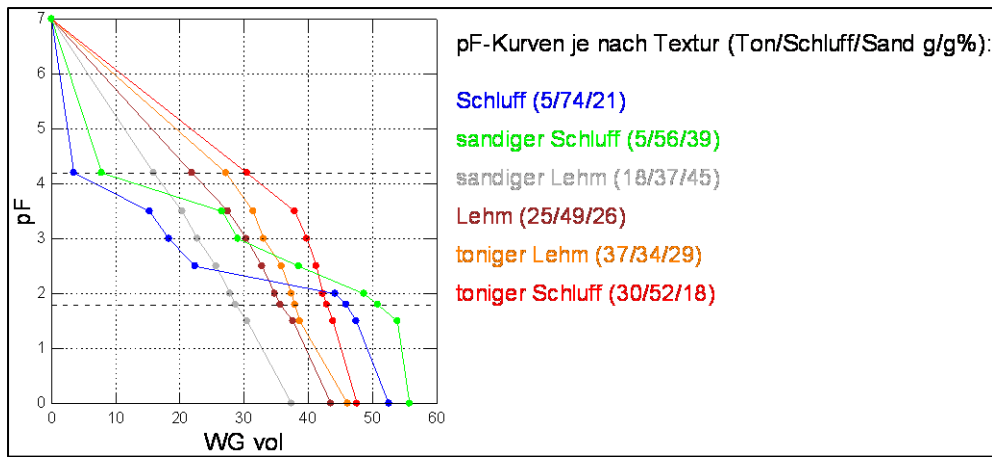


Abbildung 6: Beispiel der Desorptionskurven von sechs Standorten im Unterboden mit unterschiedlicher Textur. In Klammern sind Ton-, Schluff- und Sandgehalte in Prozent angegeben.

3.2 Nutzbare Feldkapazität

Die nutzbare Feldkapazität (nFK) ist ein wichtiges Mass zur Beurteilung der Produktionsfunktion eines Bodens. Die nFK beschreibt, wieviel pflanzenverfügbares Wasser ein Boden speichern kann. Die nFK kann aus den pF-Kurven für die einzelnen Horizonte abgeleitet werden. Die nFK schliesst das leicht pflanzenverfügbare Wasser (Porenvolumenanteil von pF 1.8 bis 3.5) und das schwer pflanzenverfügbare Wasser (Porenvolumenanteil von pF 3.5 bis 4.2) ein. Die Resultate der untersuchten Bodentiefen können auf die jeweiligen Horizontschichten hochskaliert und anschliessend für das ganze Bodenprofil aufsummiert werden. Die nFK für den Gesamtboden wird in mm angegeben und kann gemäss der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5 2005) anhand von Klassen zwischen «sehr gering» bis «sehr hoch» qualitativ beurteilt werden (vgl. Tabelle 5).

Die nFK eines Bodens hängt somit stark von seiner Mächtigkeit und seiner Durchwurzelbarkeit ab. Je tiefgründiger ein Boden ist, desto grösser ist sein Volumen und somit sein Wasserspeichervermögen. Die nFK ist zudem ebenfalls von der Bodenart (Textur und Humusgehalt) abhängig. Die Speicherfähigkeit in einer bestimmten Bodentiefe wird im Wesentlichen durch die Bodenart geprägt. Dies zeigt sich auch, wenn man die nFK für 0-50 cm Bodentiefe der 14 untersuchten Standorte vergleicht (Tabelle 7). Die Speicherfähigkeit liegt zwischen gering bis hoch. Wenn die nFK für diese Böden bis zur möglichen Durchwurzelungstiefe berechnet wird, so erhöhen sich die Werte markant (Tabelle 8). Die Bewertung von tiefgründigen und sehr tiefgründigen Böden erhöht sich dabei jeweils um eine Klasse.

Da die Durchwurzelungstiefe je nach Kultur und Jahreszeit variiert, kann bei normal durchlässigen Böden der Schätzwert der pflanzennutzbaren Gründigkeit (PNG) als Vergleichsgrösse beigezogen werden. Abweichend verhält es sich bei von Stau- und Fremdwasser geprägten Böden, bei denen die Bewertung der PNG stark von hydromorphen Merkmalen beeinflusst wird. Bei Trockenheit können die Pflanzenwurzeln tiefer wurzeln als die geschätzte PNG und das in den tieferen Bodenschichten gespeicherte Bodenwasser nutzen. Daher wurde bei diesen Böden eine Durchwurzelungstiefe (vgl. Spalte «bis cm Tiefe» in Tabelle 8) angenommen, die grösser ist als die PNG.

Tabelle 7: Nutzbare Feldkapazität (nFK in mm) und Pflanzenverfügbarkeit der nFK (gut/schwer) der Standorte von 0-50 cm Tiefe. Bewertung der nFK nach KA5-Klassen (2005). PNG: pflanzennutzbare Gründigkeit.

Standort	Nutzung	PNG cm	bis cm Tiefe	Pflanzenverfügbarkeit der nFK			Bewertung
				leicht	schwer	total	
94 S. Antonino	Gemüsebau	58	50	73.7	102.3	175.9	hoch
102 Vouvry	Ackerbau	40	50	85.7	89.2	174.9	
65 Cornol	Ackerbau	127	50	47.0	64.6	111.6	mittel
74 Mörschwil	Grasland	40	50	43.3	67.7	111.0	
28 Leuggern	Ackerbau	64	50	63.9	37.9	101.9	gering
56 Trub	Grasland	65	50	50.6	51.2	101.7	
60 Entlebuch	Grasland	40	50	45.9	40.7	86.6	
54 Zuzwil	Ackerbau	100	50	58.3	27.9	86.2	
37 Ependes	Grasland	76	50	48.6	33.4	82.1	
68 Etoy	Ackerbau	104	50	45.0	28.3	73.3	
1 Tänikon	Grasland	80	50	39.1	33.3	72.5	
95 Coldrerio	Ackerbau	78	50	37.5	34	71.5	
46 Vallon	Ackerbau	46	50	34.2	36	70.2	
87 Klarsreuti	Ackerbau	70	50	39.2	30.7	69.9	

Tabelle 8: Nutzbare Feldkapazität (nFK in mm) und Pflanzenverfügbarkeit der nFK (gut/schwer) der Böden von der Oberfläche bis zu einer geschätzten Durchwurzelungstiefe (in cm). Bewertung der nFK nach KA5-Klassen (2005). PNG: pflanzennutzbare Gründigkeit.

Standort	Nutzung	PNG cm	bis cm Tiefe	Pflanzenverfügbarkeit der nFK			Bewertung
				leicht	schwer	total	
102 Vouvry	Ackerbau	40	65	131.7	106.9	238.6	sehr hoch
65 Cornol	Ackerbau	127	127	98.6	129	227.6	
94 S. Antonino	Gemüsebau	58	60	97.3	121	218.4	hoch
54 Zuzwil	Ackerbau	100	100	99.9	50.2	150.1	
68 Etoy	Ackerbau	104	104	89.0	58.6	147.6	mittel
56 Trub	Grasland	65	65	64.6	66.4	131.1	
28 Leuggern	Ackerbau	64	64	76.7	44.5	121.3	
74 Mörschwil	Grasland	40	52	44.6	70.1	114.7	
37 Ependes	Grasland	76	76	71.1	43.2	114.3	
60 Entlebuch	Grasland	40	66	59.3	52.9	112.3	
46 Vallon	Ackerbau	46	78	48.2	56.8	105.1	
95 Coldrerio	Ackerbau	78	78	57.7	46.8	104.5	
1 Tänikon	Grasland	80	76	56.1	44.3	100.4	
87 Klarsreuti	Ackerbau	70	70	53.2	37.1	90.3	

3.3 Wasser- und Gasaustausch

Der Wasser- und Gasaustausch eines Bodens wird durch die Grobporen gewährleistet (Blume et al. 2010). Die Kapazitätsbeurteilung für diese Bodenfunktion bei unterschiedlichem Wassergehalt ist von der Porengrößenverteilung und von der Porenkontinuität abhängig. Sickerwasser dringt durch die Grobporen (Porenvolumen für den Bereich $pF < 2.0$) in den Boden. Im entwässerten, luftgefüllten Zustand sind dieselben Poren für den Gasaustausch relevant.

Bei drei der fünf untersuchten Graslandstandorte nimmt das Volumen der Grob- und Mittelporen bei allen Entwässerungsstufen von der obersten zur tiefsten Bodenschicht stetig ab (siehe Abbildung 7). Einzig bei einem Standort ist das Volumen der größeren Poren im Oberboden gegenüber der mittleren Schicht etwas reduziert. Das Porenvolumen im Bereich $pF < 1.8$ (Luftporen) ist nur beim Standort 74 Mörschwil (Pseudogley) in allen untersuchten Tiefen und beim Standort 60 Entlebuch (Buntogley) im stark vernässten Unterbodenhorizont kleiner als der Richtwert von 7 % (BGS 2004).

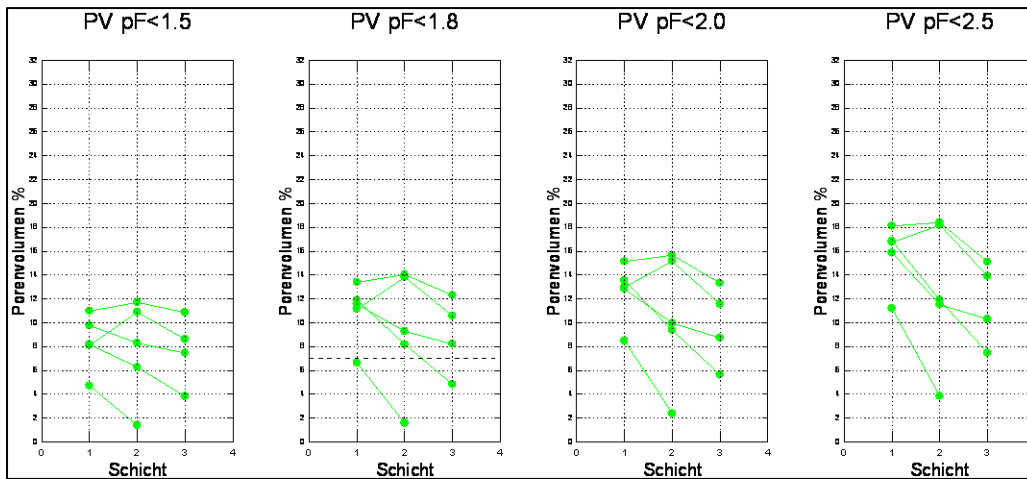


Abbildung 7: Porenvolumen für $pF < 1.5$, $pF < 1.8$, $pF < 2.0$ und $pF < 2.5$ in den Schichten 1 = Oberboden, 2 = Übergangshorizont, 3 = Unterboden in fünf Graslandstandorten. Mittelwerte aus je 8 Zylinderproben. Richtwert für Grobporen- / Grobe Mittelporenvolumen $pF < 1.8 = 7 \text{ Vol. \%}$ (horizontale Linie; BGS 2004).

Bei der Mehrzahl der untersuchten Ackerstandorte (fünf von neun Standorten) ist das Porenvolumen bei allen Entwässerungsstufen im Übergangshorizont zwischen Ober- und Unterboden tiefer als im Unterboden selbst (Abbildung 8). Diese Verminderung der Porenvolumina dürfte einen Einfluss auf den Wasser- und Gasaustausch mit dem Unterboden zur Folge haben.

Bei zwei Standorten (28 Leuggern und 54 Zuzwil) ist der Anteil des Luftporenvolumens $pF < 1.8$ in allen untersuchten Schichten genügend, d.h. oberhalb des Richtwertes von 7 % (Tabelle 5). Bei zwei Standorten (46 Vallon und 94 S. Antonino) ist der Anteil der Grobporenvolumen $pF < 1.8$ in allen Schichten kleiner als der Richtwert somit ungenügend, mit ungünstiger Auswirkung auf die Sauerstoffversorgung aerober Bodenprozesse. Bei einem Standort (68 Etoy) ist der Anteil nur in der mittleren Tiefe und bei drei Standorten (65 Cornol, 95 Coldrerio und 102 Vouvy) im Übergangshorizont und im Unterboden kleiner als der Richtwert.

Bei den Standorten 94 S.Antonino und 102 Vouvy sind die Porenvolumina für $pF < 2.5$ (Poren bis und mit feinen Mittelporen) im Unterboden sehr gross. Dies lässt sich mit dem hohen Schluffgehalt in diesen Schichten erklären (Analysewerte aller Standorte sind im Anhang aufgeführt).

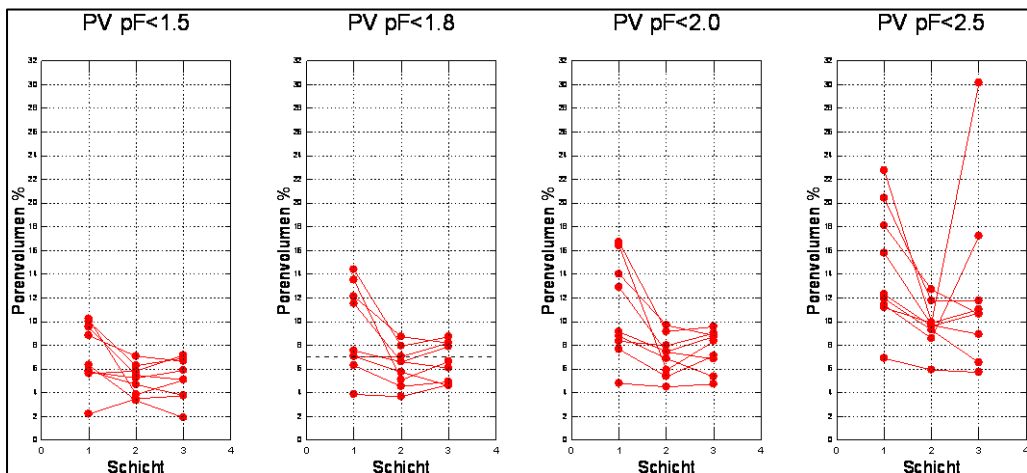


Abbildung 8: Porenvolumen für $pF < 1.5$, $pF < 1.8$ (Luftporen), $pF < 2.0$ und $pF < 2.5$ in den Schichten 1 = Oberboden, 2 = Übergangshorizont, 3 = Unterboden in neun Ackerstandorten. Mittelwerte aus je 8 Zylinderproben. Richtwert für Volumen der Luftporen $pF < 1.8 = 7 \text{ Vol. \%}$ (BGS, 2004)

Der Gasaustausch wurde durch die Messung der Luftpermeabilität und der Gasdiffusion an den Zylinderproben für verschiedene Entwässerungsstufen (pF -Wert 1.5, 1.8, 2.0 bzw. 2.5, Tabelle 2) untersucht. Bei diesen Labordaten treten Fehlmessungen (kein Ergebnis), nicht plausible oder ungültige Werte sowie Werte unterhalb der Nachweis-

grenze vermehrt auf. Daher lagen für die Aggregation je nach Standort und Tiefe unterschiedlich viele Einzelmessungen (0 bis 8) vor. Die Messwerte zeigen zudem eine rechtsschiefe Verteilung mit teilweise deutlichen Ausreißern nach oben. Daher wurde für die Auswertung jeweils der Median einer Schicht verwendet.

Ein Zusammenhang zwischen dem gemessenen Anteil der Luftporen und der Luftpermeabilität ist nur bedingt erkennbar (Abbildung 9). Nur bei den Graslandstandorten war bei zwei Schichten die gemessene Luftpermeabilität bei pF 1.8 oberhalb der vorgeschlagenen Richtwerte von $18.7 \mu\text{m}^2$ (Horn & Fleige 2009) beziehungsweise $20 \mu\text{m}^2$ (Fish & Koppi 2014). Dies entspricht nicht den Erwartungen, da für die Mehrzahl der Proben der Anteil an Luftporen über dem Richtwert von 7 % liegt. Die Ursachen für diesen Umstand können vielschichtig sein und umfassen folgende Punkte:

- Die Luftporenkonnektivität der beprobten Böden ist durch Verdichtung herabgesetzt
- Bei der Probenahme oder Probenaufbereitung wurde die Konnektivität der Luftporen beeinträchtigt
- Die in der Literatur gängigen Richtwerte sind nicht repräsentativ, da sie nur von einer begrenzten Anzahl von Bodenproben abgeleitet wurden und darüber hinaus für andere Stechzylindergössen gelten als die von der NABO verwendeten.

Während ein Mangel an Repräsentativität der Richtwerte als wahrscheinlichste Ursache erscheint, kann jedoch die Relevanz der möglichen Ursachen in dieser Studie nicht abschliessend geklärt werden und müssen weiter untersucht werden.

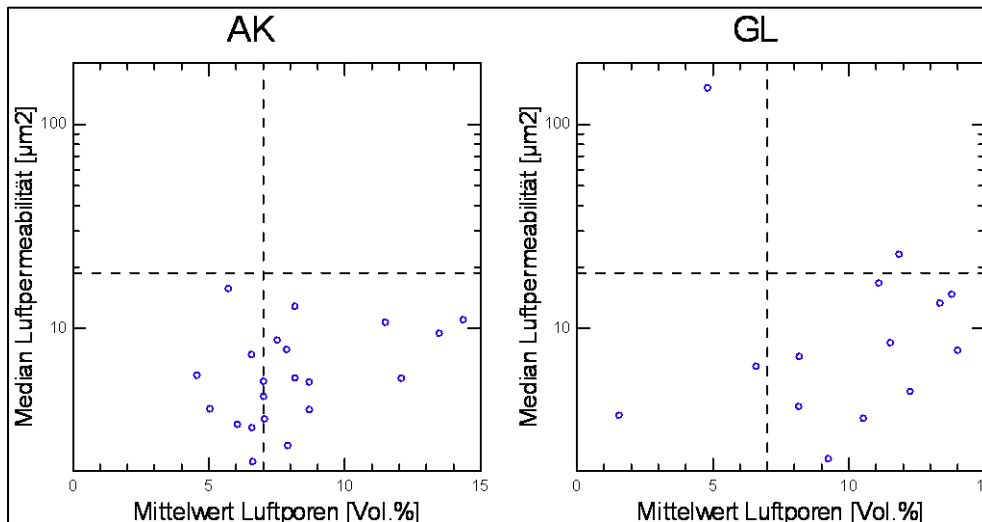


Abbildung 9: Volumenanteil der Luftporen ($pF < 1.8$) versus Luftpermeabilität der einzelnen Bodenschichten bei pF 1.8 für Ackerstandorte (links; AK) und Graslandstandorte (rechts; GL). Punkte = Mediane mehrerer Messwerte pro Horizont und Standort. Gestrichelte Linien entsprechen den Richtwerten: Luftporen 7 Vol.-% (Buchter et al., 2004), Luftpermeabilität $18.7 \mu\text{m}^2$ (Horn & Fleige, 2009).

Der Zusammenhang zwischen Luftporen und Gasdiffusion ist etwas deutlicher erkennbar (Abbildung 10). Jedoch ist die Beurteilung der Ergebnisse aufgrund des Richtwertes nicht ausreichend plausibel. Alle Medianwerte der Gasdiffusion bei pF 1.8 sind kleiner als der von Horn & Fleige (2009) vorgeschlagene Richtwert von 0.02, obwohl die jeweiligen Anteile der Luftporen teilweise deutlich über dem Richtwert von 7 % liegen. Es ist daher auch bei diesem Parameter zu prüfen, inwiefern der Richtwerte von Horn und Fleige (2019) anwendbar sind aufgrund der bestehenden, methodischen Unterschiede. Wie im vorherigen Abschnitt bereits erläutert, kommen auch hier die drei erwähnten Ursachen zur Klärung in Frage. Auch hier scheint eine Überprüfung der Eignung der Richtwerte dringend notwendig.

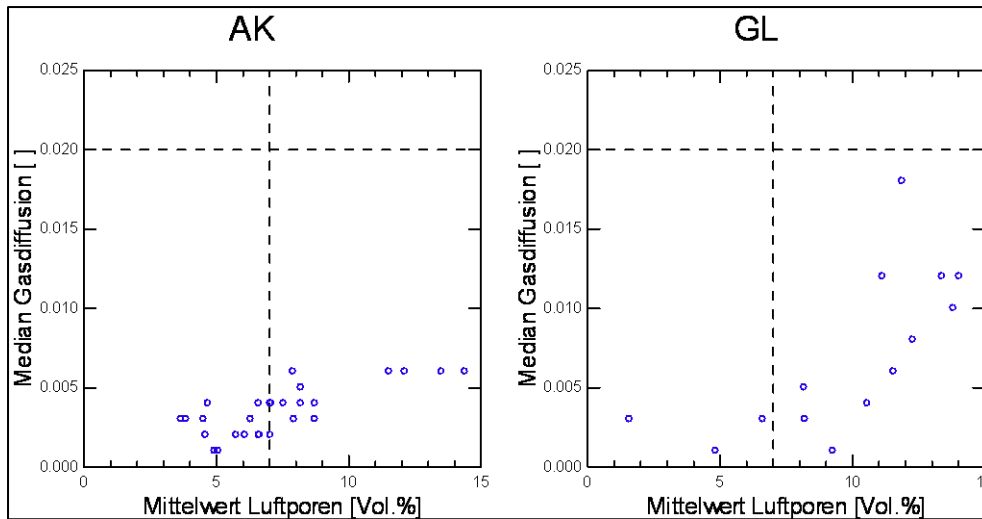


Abbildung 10: Volumenanteil der Luftporen ($pF < 1.8$) versus Gasdiffusion bei $pF 1.8$ der einzelnen Bodenschichten für Ackerstandorte (links; AK) und Graslandstandorte (rechts; GL). Gestrichelte Linien entsprechen den Richtwerten: Luftporen 7 Vol.-% (Buchter et al. 2004), Gasdiffusion 0.02 (Horn & Fleige. 2009).

3.4 Vergleich der Interpretation von Parametern

Mit den Parametern Luftporenvolumen, effektive Lagerungsdichte, relativer Eindringwiderstand und Gefügequalität nach CoreVESS (Johannes et al. 2020) kann der Strukturzustand und ein Teil der Multifunktionalität eines Horizontes beziehungsweise eines Bodens beurteilt werden. Nachfolgend wird der Verlauf dieser Parameter für den Oberboden, den Übergangshorizont und den Unterboden (Schichten 1-3) bei Grasland- und Ackerstandorten betrachtet.

Für einen physikalisch wenig belasteten Boden, wie beispielsweise wenig intensiv genutztes Grasland (Wiese oder Weide), wird erwartet, dass die physikalischen Parameter für den Oberboden die günstigsten Werte zeigen. Mit zunehmender Tiefe nehmen die effektive Lagerungsdichte, der relative Eindringwiderstand und die Gefügequalitätsklassen zu, das Luftporenvolumen (Grobe und mittlere Grobporen, $pF < 1.8$) jedoch ab. Dies bestätigt sich am Beispiel des Graslandstandortes in Abbildung 11 (oberer Standort, 1 Tänikon). Bei Ackerstandorten wird jedoch häufig ein dichter Übergangshorizont (Pflughorizont) zwischen Ober- und Unterboden gemessen. Dies ist auch beim Ackerstandort in Abbildung 10 (unterer Standort, 54 Zuzwil) der Fall. Die physikalischen Parameter zeigen für die mittlere Schicht, den Übergangshorizont, schlechtere Werte als für den Unterboden.

Über alle fünf Graslandstandorte betrachtet (Abbildung 12) weicht nur der Standort 56 Trub deutlich von der oben beschriebenen Erwartung ab (siehe Anhang 6.6). Dies vor allem deshalb, weil der Eindringwiderstand im Unterboden sehr gering und in der mittleren Schicht etwas erhöht ist. Zudem ist das Luftporenvolumen im Oberboden und im Übergangshorizont fast identisch. Der historisch belegte Pflugeinsatz, die Variabilität der Textur und des organischen Kohlenstoffgehaltes sowie der Bodenzustand zum Zeitpunkt der Beprobung können als mögliche Erklärung für diesen Effekt herangezogen werden.

Bei den Ackerstandorten (Abbildung 13) ist eine markante Veränderung der Parameterwerte im Übergangshorizont bei fünf Standorten deutlich erkennbar. Bei diesen Standorten weisen alle vier Parameter auf eine strukturelle Beeinträchtigung in dieser Schicht hin. Die verminderte Qualität der Bodenstruktur im Bereich der Übergangshorizonte dürfte durch die landwirtschaftliche Bearbeitung (mechanische Verdichtung im Pflugsohlenbereich) verursacht worden sein. Dies lässt sich ebenfalls anhand der pedologischen Profilsprache der untersuchten Standorte ableiten. Die aufgeführten, physikalischen Parameter sind somit ausreichend sensitiv und können auf Schadverdichtungen hinweisen; qualitative Aussagen zu Strukturschädigungen sind möglich.

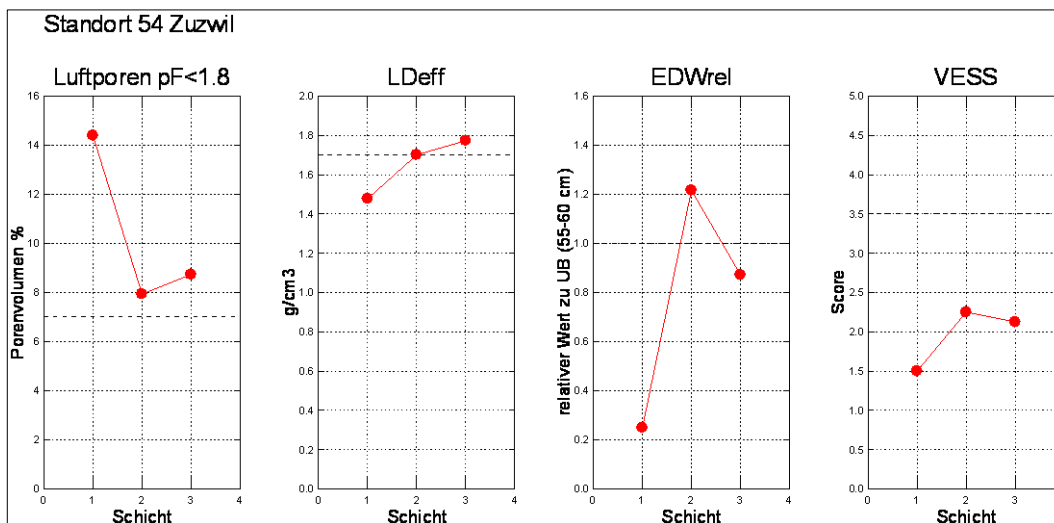
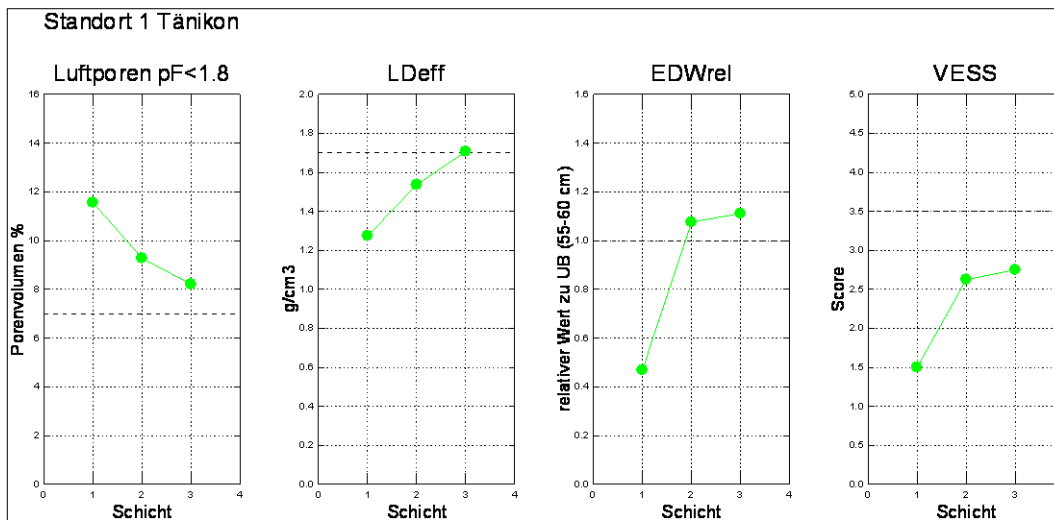


Abbildung 11: Zentralwerte für das Luftporenvolumen pF <1.8, die effektive Lagerungsdichte (LD eff), den relativen Eindringwiderstandswert (EDW rel) und die Gefügebeurteilung (CoreVESS) mit jeweiligen Richtwertangaben in drei Bodenschichten (1 = Oberboden, 2 = Übergangshorizont, 3 = Unterboden) eines Graslandstandortes (oben, Standort 1) und eines Ackerstandortes (unten, Standort 54).

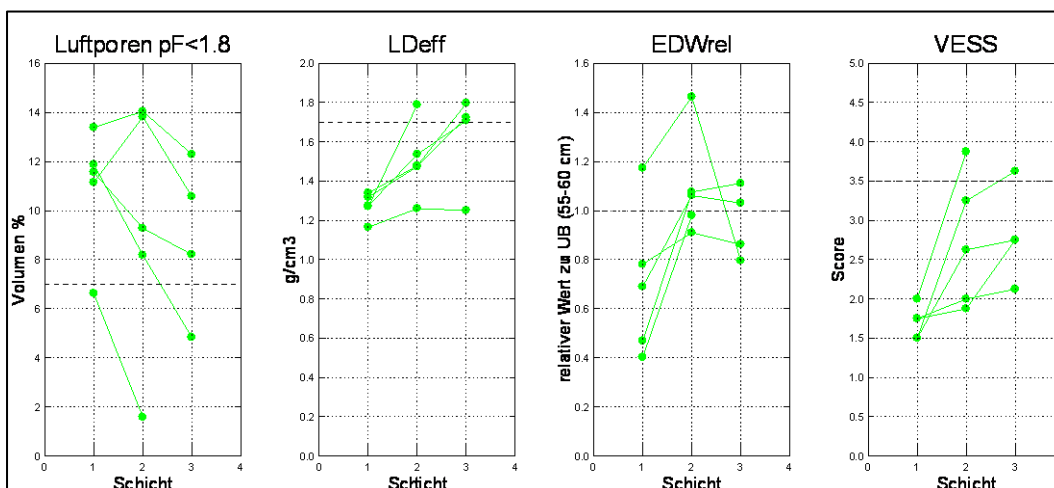


Abbildung 12: Vergleich der Zentralwerte für das Luftporenvolumen pF <1.8, die effektive Lagerungsdichte (LD eff), den relativen Eindringwiderstandswert (EDW rel) und die Gefügebeurteilung (CoreVESS) in drei Bodenschichten (1 = Oberboden, 2 = Übergangshorizont, 3 = Unterboden) der fünf Graslandstandorte.

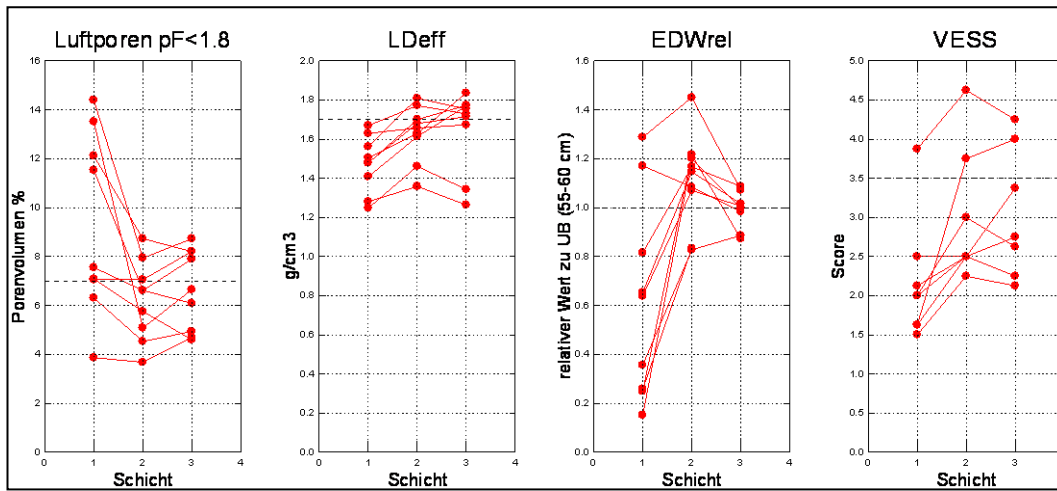


Abbildung 13: Vergleich der Zentralwerte für das Luftporenvolumen $pF < 1.8$, die effektive Lagerungsdichte (LD_{eff}), den relativen Eindringwiderstandswert (EDW_{rel}) und die Gefügebeurteilung (Core-VESS) in drei Bodenschichten (1 = Oberboden, 2 = Übergangshorizont, 3 = Unterboden) der neun Ackerstandorte.

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

4.1 Aussagesicherheit

Die Variabilität der untersuchten bodenphysikalischen Parameter über die jeweils acht Zylinderproben pro untersuchte Tiefen widerspiegelt die Heterogenität der Untersuchungsfläche. Effekte der Probenahme, Probenaufbereitung und wohl auch Messunsicherheiten der Labormethoden tragen einen geringen Anteil zu der Variabilität bei. Die Desorptionskurven der einzelnen Zylinderproben weisen eine gute Übereinstimmung auf.

- ⇒ *Daraus kann abgeleitet werden, dass mit dem hier angewandten Probenahme-Design die Eigenschaften der untersuchten Flächen repräsentativ erfasst werden.*
- ⇒ *Die Reproduzierbarkeit der Messresultate durch Mehrfachmessungen an ausgewählten Standorten ist gegeben.*

Die Textur und der Humusgehalt sind aus den Profilproben der Ersterhebung (1985-1989) bestimmt worden. Bei einigen Standorten wird angenommen, dass diese die Fläche und deren Variabilität nicht adäquat repräsentieren. Zeitliche Veränderungen des Kohlenstoffgehaltes während des Zeitraumes zwischen der Ersterhebung und der aktuellen Feldarbeit können ebenfalls nicht ausgeschlossen werden. Zudem ergeben sich zusätzliche Unsicherheiten, da die damals analysierten Schichten nicht mit den beschriebenen Horizontgrenzen aus den Bohrprofilen übereinstimmen.

- ⇒ *Für eine verbesserte Vergleichbarkeit der Analyseresultate sind aktuelle Messwerte der Textur aus den Horizontproben (z.B. der Siebterhebung des NABO-Monitorings) notwendig. Für verlässlichere Auswertungen sollten zusätzlich die Körnung und der Humusgehalt auch in der Feinerde der Zylinderproben bestimmt werden.*

Die Aussagesicherheit wird erhöht, wenn die Ergebnisse unterschiedlicher Parameter und unterschiedliche Methoden gleichzeitig untersucht und interpretiert werden. Lassen mehrere Methoden gleiche Rückschlüsse bezüglich des Strukturzustandes des Bodens zu, so sind diese robuster und zuverlässiger abgestützt. Zum Beispiel weisen die Parameter Luftporen, effektive Lagerungsdichte, relativer Eindringwiderstand und Gefügequalitätsbeurteilung bei Ackerstandorten im mittleren Horizont (Übergangshorizont zwischen Ober- und Unterboden) bei den meisten Standorten auf eine Beeinträchtigung bis hin zu einer Verdichtung.

- ⇒ *Die vorliegenden Daten lassen Rückschlüsse auf strukturegebundene Bodenfunktionen wie das Transportvermögen und die Produktionsfähigkeit zu und können allfällige Einschränkungen dieser Funktionen aufzeigen.*
- ⇒ *Mit der Bestimmung von Zylinderproben kann die Aussagesicherheit der Ergebnisse aus periodischen physikalischen Untersuchungen (Eindringwiderstandsmessung und Untersuchungen an Schichtproben) erhöht, verfeinert und deren Interpretation validiert werden.*

Die Interpretation der Luftpermeabilität und der Gasdiffusion sind nicht direkt mit jenen der Luftporenanteile der einzelnen Zylinderproben vergleichbar. Die Werte für die Luftpermeabilität und die Gasdiffusion liegen entgegen den Erwartungen vielfach unterhalb der jeweiligen Richtwerte, obwohl die Volumina der Luftporen über den jeweiligen Richtwerten liegen (Abbildung 9, Abbildung 10).

Mögliche Gründe für die häufigen Unterschreitungen der Richtwerte für Luftpermeabilität und Gasdiffusion:

- ⇒ *Die Porenkontinuität ist bei der Probenahme oder Präparation der Zylinderproben im Labor gestört worden. Ebenfalls kann ein Effekt wegen der teilweise sehr langen Zwischenlagerung nicht gänzlich ausgeschlossen werden.*
- ⇒ *Die von Horn & Fleige (2009) vorgeschlagenen Grenzwerte sind möglicherweise nicht direkt anwendbar. Es ist zu klären, ob unterschiedliche Probengrößen (Dimensionen der verwendeten Zylinder) oder andere methodische Unterschiede in Kombination mit standortspezifischen Bodeneigenschaften zwischen den untersuchten Standorten von Horn & Fleige und den 14 Standorten dieser Studie ebenfalls einen Effekt auf die Ergebnisse und Interpretation haben.*

- ⇒ *Falls sich die beiden obenstehenden Punkte ausschliessen lassen, weisen die Ergebnisse auf eine unzureichende Konnektivität der Luftporen innerhalb der Bodenschichten hin. Die Ursachen für diesen Umstand wären weiter zu untersuchen. Ein Vergleich der hier publizierten Werte mit weiteren Probenserien muss in jedem Fall angestrebt werden.*

4.2 Verwendungszweck der Daten

Mit der Erhebung von physikalischen Parametern an Zylinderproben werden die physikalischen Eigenschaften der NABO-Standorte erstmals ausführlich dokumentiert. Damit sind wichtige Grundlagen zur Verknüpfung und Interpretation des chemischen und biologischen Monitorings der NABO und für ein nationales Monitoring des physikalischen Bodenzustandes geschaffen. Die Ergebnisse werden für folgende, weiterführende Aufgaben benötigt:

- Daten zur Modellierung von Bodenprozessen, z.B. zum Wasser- und Gastransport im Porensystem der Böden an den NABO-Standorten. Diese Modellierungen werden auch für die Modellierung von biologischen und chemischen Bodenprozessen benötigt.
- Synthese der Messresultate aus dem Monitoring für biologische Parameter der NABO; Interpretation und Verifizierung der Daten.
- Validierung der profilumfassenden Mess- und Beurteilungsparameter (Bodenansprache, Eindringwiderstandsmessung, Begleitparameter aus Schichtproben).
- Spezifische Bewertung von Bodenfunktionen (beispielsweise nFk als Kriterium für die Produktionsfunktion) eines Standortes.
- Herleitung von weiteren bodenphysikalischen Kennwerten, beispielsweise der Saugspannung aus dem gemessenen Wassergehalt. Zur methodischen Standardisierung von Eindringwiderstandsmessungen bei unterschiedlichem Entwässerungsgrad ist dies ein wichtiger Faktor.

4.3 Weiteres Vorgehen

Die profilumfassende Erhebung von physikalischen Parametern durch Zylinderproben, Eindringwiderstandsmessungen und aus Schichtproben an ausgewählten NABOphys-Standorten ist weiterhin erstrebenswert. Die periodische Zustandserhebung von physikalischen Parametern mittels Eindringwiderstandsmessungen und Schichtproben an ausgewählten NABOphys-Standorten im Einjahreszyklus ist für die Erfassung der zeitlichen Variabilität des Strukturzustandes der Böden hilfreich. Durch die Erweiterung der Kennwerte aus Zylinderproben kann das gesamte Monitoring der NABO weiter gestärkt werden und die Resultate können als Referenzwerte für schweizweite Bemühungen zum besseren Verständnis natürlicher Bodenstrukturentwicklung aber auch der Bodenverdichtung und deren Auswirkungen herangezogen werden. In diesem Rahmen sollten ebenfalls die in der Literatur gängigen Richtwerte für Gasaustauscheigenschaften von Böden überprüft werden. So können die Erkenntnisse für die Bearbeitung neuer Fragestellungen in diversen Bereichen hinzugezogen werden. Wie bereits in Kapitel 4.2 erwähnt, sind beispielsweise bodenbiologische Parameter direkt von strukturellen Bodeneigenheiten abhängig. Aus diesem Grund ist die regelmässige Entnahme von Zylinderproben an allen vorhandenen Standorten, an denen ein bodenmikrobiologisches Monitoring umgesetzt wird, anzustreben. Weitere methodische Ansätze zur Messung und Beurteilung der Bodenstruktur und den daraus resultierenden Luft- und Wassertransporteigenschaften im Boden sollten zusätzlich evaluiert werden und allenfalls ins Messprogramm aufgenommen werden. Beispiele dafür sind die Messung der hydraulischen Leitfähigkeit oder die morphologische Quantifizierung der Bodenstruktur mittels Röntgentomographie.

5 Literatur

- Bachmann J., Horn R., Peth S., 2014. Einführung in die Bodenphysik, Schweizerbart Verlag, Stuttgart.
- Blume H.-P., Brümmer G., Horn R., Kandeler E., Kögel-Knabner I., Kretschmar R., Stahr K., Wilke B.-M., 2010. Lehrbuch der Bodenkunde, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Buchter, Häusler, Schulin, Weisskopf & Tobias, 2004. Definition und Erfassung von Bodenschadverdichtungen, Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz BGS, Dokument 13, landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen.
- Desaules A & Studer K, 1993. Nationales Bodenbeobachtungsnetz. Messresultate 1985-1991. Schriftenreihe Umwelt Nr. 200. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.
- Fish A.N. & Koppi A.J., 1994. The use of simple field air permeameter as a rapid indicator of functional soil pore space. Geoderma Volume 63 Issues 3-4 (Nov. 1994) 255-264.
- Gubler A., Gross T., Hug A., Moll-Mielewczik J., Müller M., Rehbein K., Schwab P., Wächter D., Zimmermann R., Meuli R., 2022. Die Nationale Bodenbeobachtung 2021. Agroscope Science 128, 1-66.
- Horn R. & Fleige H., 2009. Risk assessment of subsoil compaction for arable soils in Northwest Germany at farm scale. Soil & Tillage Research 102 (2009) 201–208.
- Johannes A., Weisskopf P., Boivin P., Gondret K., Leopizzi P., Lamy F., Füllemann F., Boizard H., Baize D., Ball B., Cloy J., Munkholm L., Guimarães R., 2020. VESS2020 Visuelle Beurteilung der Bodenstruktur im Feld. Agroscope (Hrsg.). (<https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/44240>)
- KA5, Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden, 2005. Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage, Hannover
- Martínez G. I., Chervet A., Weisskopf P., Sturny W.G., Rek J. & Keller T., 2016. Two decades of no-till in the Oberacker long-term field experiment: Part II. Soil porosity and gas transport parameters. Soil & Tillage Research 163, 141-151.
- Schwab P., Weisskopf P. et al., 2006. Langzeitbeobachtung von physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften – Pilotprojekt LAZBO – Teil 2 Bodenphysikalische Untersuchungen. Zürich, Agroscope FAL Reckenholz, Eidg. Forschungsanstalt Agrarökologie und Landbau: 107.
- Schwab P., 2010. Eindringwiderstandsmessung mit dem Penetrometer - Referenzierung von Zeitreihen für die Boden-Dauerbeobachtung, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART.
- Schwab P, Dietrich M, und Gubler A., 2018. Messung des Eindringwiderstands und des Bodenwasserzustandes“, Dokument nur als PDF-Download unter www.nabo.admin.ch
- Schwab P. und Gubler A., 2015. NABO-Standortkonzept Betrieb des Messnetzes ab 2015. Agroscope (Hrsg.), Dokument als PDF-Download unter www.nabo.admin.ch
- Schwab P. und Gubler A., 2016. Methoden zur Bestimmung physikalischer Begleitparameter an Bodenproben. Agroscope Science, 40, 2016, 1-34. www.agroscope.ch/science
- Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ausgabe 1996 (Änderungen 1997 – 2012): Vorbereitung und Konditionierung von Bodenproben mit ungestörtem Gefüge (Zylinderproben)». Code: PYZYL-PA. Band 2: Bodenuntersuchung zur Standort-Charakterisierung.
- Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ausgabe 1996 (Änderungen 1997 – 2012). Bestimmung des Desorptionsverhaltens von Bodenproben mit ungestörtem Gefüge (Zylinderproben)». Code: PYZYL-P. Band 2: Bodenuntersuchung zur Standort-Charakterisierung.
- Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ausgabe 1996 (Änderungen 1997 – 2012). Bestimmung der Trockensubstanz in Bodenproben». Code: TS. Band 2: Bodenuntersuchung zur Standort-Charakterisierung.

Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Ausgabe 1996 (Änderungen 1997 – 2012). Bestimmung der reellen dichte von Bodenproben mit gestörtem Gefüge mittels Wasserpyknometer». Code: PY-DR. Band 2: Bodenuntersuchung zur Standort-Charakterisierung.


6 Anhang Datensammlung

Nachfolgend werden für die vierzehn untersuchten Standorte die Ergebnisse der Standorteigenschaften (bodenkundliche Ansprache, Bodenkenngrößen) und Messung der bodenphysikalischen Eigenschaften dargestellt:

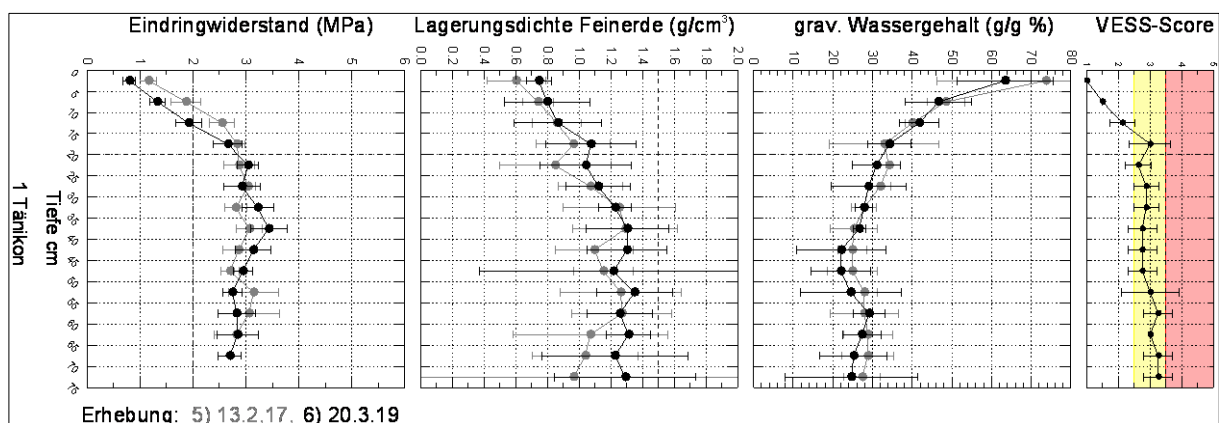
1. Bodenansprache Profilbohrungen der 7. Erhebung mit Horizontbezeichnungen und -grenzen. Tabelle der Bestimmungswerte Bodenart für 5 cm-Bodenschichten abgeleitet aus den Bestimmungswerten aus der Profilgrube Ersterhebung. Bei der Erhebung 2019 ist die Bodenart zusätzlich aus dem Zylinderprobenmaterial bestimmt worden und in der Tabelle aufgeführt.
2. Grafik der gemessenen profilumfassenden Parameter in 5 cm-Auflösung zum Zeitpunkt der Entnahme von Zylinderproben und der vorangegangenen Erhebung: Median mit 95 %-Vertrauensintervall des Eindringwiderstandes (Median mit 95 % VI, n=20), Ergebnisse (Mittelwert mit 95 %-Vertrauensintervall) aus den zeitgleich erhobenen 5 cm-Schichtproben von vier Bohrkernen (0-75 cm) für Lagerungsdichte Feinerde, gravimetrischer Wassergehalt der Feinerde und Gefügebeurteilung (VESS-Score).
3. Tabelle statistischer Kenngrößen der gemessenen physikalischen Parameter (Anzahl gültiger Proben «n», Minimal- «Min», Maximalwert «Max», Median «Med», Interquartilsdistanz «IQR», Mittelwert «Mw», 95 %-Vertrauensintervall des Mw «VI», Standardabweichung «s»).
4. Grafik der Bestimmungswerte für Volumenanteile Festsubstanz (Skelett, Feinerde) und funktionelle Poren (Wasser- und Luftporen) in den jeweiligen Tiefen und für die zugehörigen Horizonte extrapoliert aus den Bestimmungswerten der Zylinderproben.
5. Grafik der pF-Kurve für die untersuchten Tiefen: gemessener volumetrischer Wassergehalt bei den Entwässerungsstufen pF 0 (gesättigt), pF 1.5, pF 1.8 (Feldkapazität), pF 2.0, pF 2.5, pF 3, pF 3.5, pF 4.2 und pF 7 (trocken 105 °C).
6. Tabelle pflanzenverfügbares Wasser und nutzbare Feldkapazität pro Horizont und Aufsummiert für den Gesamtboden bis in die jeweiligen Tiefen.
7. Tabelle statistische Kenngrößen für die Parameter Porenvolumen, Luftpermeabilität und Gasdiffusion bei den Entwässerungsstufen pF 1.5, pF 1.8 (Luftporen), pF 2.0 und pF 2.5.

6.1 1 Tänikon (Graslandstandort)

Homogener, schwach pseudogleyiger, tiefgründiger Boden, mit erhöhtem Tongehalt (toniger Lehm bis lehmiger Ton). Der Standort wird als Grasland mit intensiver Nutzung bewirtschaftet.

1 TAE 1-7 Bodenansprache Mittel aus 4 Bohrprofilen Foto	Normal durchlässige, tiefgründige Braunerde, schwach pseudogleyig, teilweise entkarbonatet								20.03.2019 Eindringwiderstand, Schichtproben									
	20.03.2019		Schichttiefe cm		Gehalte (%) bestimmt Profil Ersterhebung					20.03.2019		Probenahme Zylinderproben						
	Tiefe	Horizont	von / bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	Tiefe	von / bis	Gehalt (%) bestimmt aus FE Zylinderproben	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand		
	15.7	Ah	0 - 5	3.7	6.4	32	32	36										
			5 - 10	3.7	6.4	32	32	36	5	10	3.5	6.0	41.1	35.6	23.3			
			10 - 15	2.9	5.0	33	31	36										
	33.4	AB	15 - 20	2.9	5.0	33	31	36										
			20 - 25	1.5	2.6	34	27	39	20	25	2.1	3.6	38.8	35.2	26.0			
			25 - 30	1.5	2.6	34	27	39										
	50.0	B(cn)	30 - 35	1.5	2.6	34	27	39										
			35 - 40	1.5	2.6	34	27	39										
			40 - 45	0.6	1.0	32	20	48	40	45	0.8	1.5	37.4	34.1	28.5			
			45 - 50	0.6	1.0	32	20	48										
			50 - 55	0.6	1.0	32	20	48										
	75.8	Bcn(t)	55 - 60	0.6	1.0	32	20	48										
			60 - 65	1.1	1.9	31	17	52										
			65 - 70	1.1	1.9	31	17	52										
70 - 75			1.1	1.9	31	17	52											

Die Messung von Eindringwiderstand und Lagerungsdichte und die Beurteilung der Qualität der Bodenstruktur zeigen, dass der Oberboden (OB) sehr locker und gut strukturiert ist und der Unterboden keine Verdichtungsmerkmale aufweist. Der Eindringwiderstand nimmt zur Oberfläche sehr stark ab. Dies ist auf den zunehmenden Wassergehalt, die gute Bodenstruktur und die geringe Lagerungsdichte zurückzuführen.

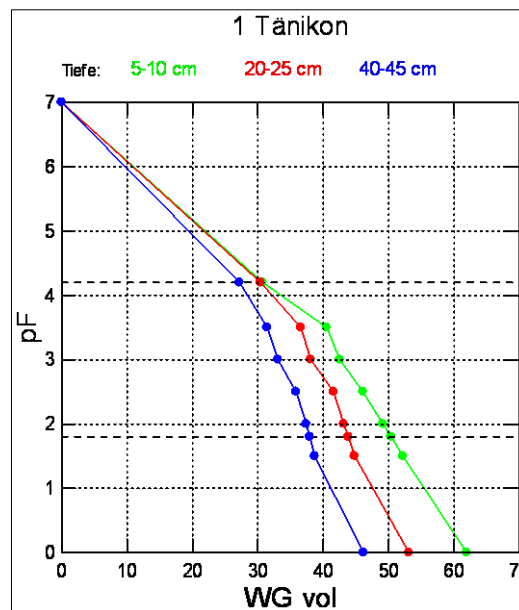
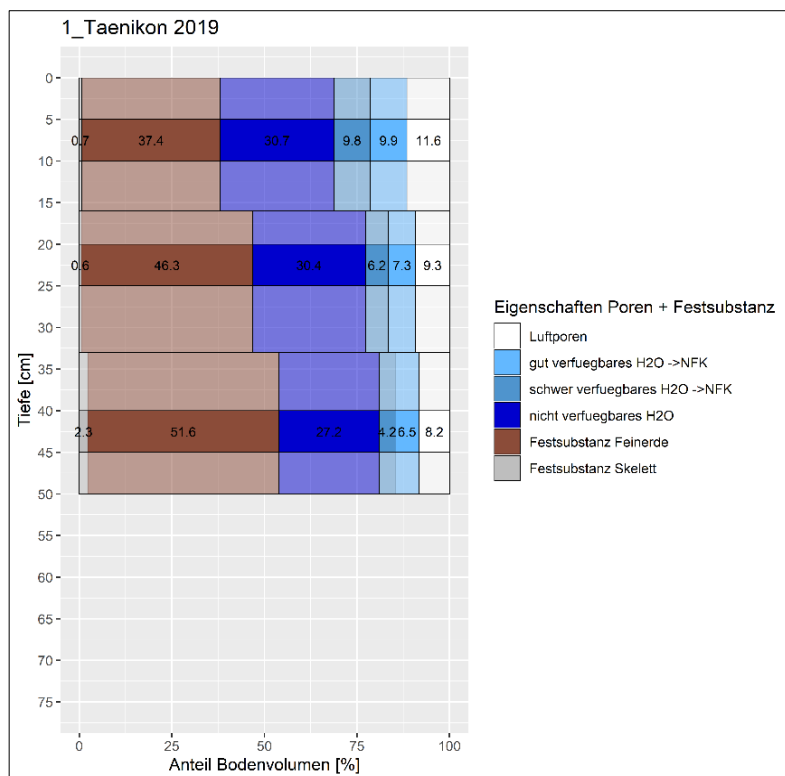


Die Zylinderproben wurden in drei für den Boden repräsentativen Tiefen im Oberboden «Ah-Horizont» (5-10 cm), im Übergangshorizont «AB-Horizont» (20-25 cm) und im Unterboden «Bcn-Horizont» (40-45 cm) entnommen.

Im Unterboden war die Entnahme wegen dem erhöhten Skelettgehalt leicht erschwert. Es konnten jedoch alle 24 Stechzylinderproben bestimmt werden.

Statistische Kenngrößen der gemessenen, physikalischen Parameter:

Standort Nr. 1		20.03.19								
Parameter		mittl_Tiefe	n	Min	Max	Med	IQR	Mw	VI	s
vol. WG feldfrisch	[Vol %]	7.5	8	43.7	49.6	47.1	4.5	47.0	2.0	2.4
		22.5	8	28.2	47.0	40.6	8.3	38.7	5.1	6.1
		42.5	8	26.5	38.2	33.4	4.7	33.2	3.1	3.7
grav. WG feldfrisch	[g/g %]	7.5	8	43.3	51.9	48.4	5.6	47.3	2.7	3.2
		22.5	8	22.8	44.4	32.5	10.5	31.8	6.1	7.4
		42.5	8	18.9	31.5	23.2	4.2	23.2	3.3	4.0
LD (FS)	[g/cm ³]	7.5	8	0.94	1.03	1.01	0.05	1.00	0.03	0.04
		22.5	8	1.06	1.48	1.24	0.11	1.24	0.10	0.12
		42.5	8	1.21	1.57	1.45	0.09	1.44	0.09	0.11
Gesamtporen	[Vol %]	7.5	8	60.1	63.8	61.8	2.2	61.9	1.1	1.3
		22.5	8	44.0	59.9	52.9	3.9	53.1	3.9	4.6
		42.5	8	41.5	54.7	45.8	3.5	46.1	3.3	4.0
Luftporen pF <1.8	[Vol %]	7.5	8	8.3	14.5	11.4	4.1	11.6	1.9	2.3
		22.5	8	6.4	17.4	7.9	4.1	9.3	3.1	3.8
		42.5	8	5.3	13.7	7.6	3.3	8.2	2.3	2.8
PV gut verfügb. Wasser pF 1.8 – 3.5	[Vol %]	7.5	8	8.3	11.9	9.0	2.9	9.8	1.3	1.6
		22.5	8	4.1	9.7	6.9	2.3	7.2	1.5	1.8
		42.5	8	4.5	9.8	6.3	2.4	6.5	1.5	1.8
PV schwer verfügb. Wasser pF 3.5-4.5	[Vol %]	7.5	8	5.3	12.9	10.1	1.9	9.8	1.9	2.2
		22.5	8	1.2	8.8	6.6	2.4	6.2	2.0	2.4
		42.5	8	0.0	7.6	4.9	5.0	4.2	2.5	3.0
PV nicht verfügb. Wasser pF >4.5	[Vol %]	7.5	8	28.6	33.8	30.8	1.8	30.7	1.3	1.6
		22.5	8	28.0	33.1	30.4	2.1	30.4	1.4	1.7
		42.5	8	16.1	31.9	29.7	6.7	27.2	4.8	5.7
Fests substanz	[Vol %]	7.5	8	36.2	39.9	38.2	2.2	38.1	1.1	1.3
		22.5	8	40.1	56.0	47.1	3.9	46.9	3.9	4.6
		42.5	8	45.3	58.5	54.2	3.5	53.9	3.3	4.0
Feinerde	[Vol %]	7.5	8	35.5	39.2	37.5	2.2	37.4	1.1	1.3
		22.5	8	39.6	55.3	46.5	3.9	46.3	3.8	4.6
		42.5	8	43.4	56.0	51.9	3.3	51.6	3.2	3.8
Skelett	[Vol %]	7.5	8	0.7	0.7	0.7	0.0	0.7	0.0	0.0
		22.5	8	0.5	0.7	0.6	0.1	0.6	0.1	0.1
		42.5	8	1.9	2.5	2.3	0.1	2.3	0.1	0.2
grobe Grobporen pF <1.5	[Vol %]	7.5	8	7.3	12.2	9.0	3.9	9.8	1.7	2.1
		22.5	8	5.4	16.2	6.9	4.1	8.3	3.1	3.7
		42.5	8	4.3	12.8	7.1	3.2	7.5	2.3	2.7
mittlere Grobporen pF 1.5-1.8	[Vol %]	7.5	8	1.0	2.5	1.9	1.0	1.8	0.5	0.6
		22.5	8	0.7	1.2	1.0	0.3	1.0	0.2	0.2
		42.5	8	0.4	1.0	0.8	0.3	0.8	0.2	0.2
feine Grobporen pF 1.8-2.0	[Vol %]	7.5	8	1.1	1.5	1.2	0.2	1.3	0.1	0.1
		22.5	8	0.3	1.0	0.7	0.3	0.7	0.2	0.2
		42.5	8	0.4	0.8	0.5	0.2	0.5	0.1	0.2
grobe Mittelporen pF 2.0-2.5	[Vol %]	7.5	8	1.9	4.4	2.9	0.8	3.0	0.6	0.7
		22.5	8	0.8	4.4	1.2	0.7	1.6	1.0	1.2
		42.5	8	0.5	6.3	1.0	0.4	1.6	1.6	1.9
grobe Mittelporen pF 2.5-3.0	[Vol %]	7.5	8	2.2	5.7	3.5	1.2	3.6	0.9	1.1
		22.5	8	1.2	5.3	3.6	2.2	3.5	1.2	1.4
		42.5	8	1.9	4.4	2.5	1.6	2.8	0.8	0.9
mittlere Mittelporen pF 3.0-3.5	[Vol %]	7.5	8	0.8	3.1	2.1	0.9	2.0	0.6	0.7
		22.5	8	0.8	3.4	1.2	0.8	1.5	0.7	0.9
		42.5	8	0.7	3.3	1.5	0.8	1.6	0.7	0.8
feine Mittelporen pF 3.5-4.2	[Vol %]	7.5	8	5.3	12.9	10.1	1.9	9.8	1.9	2.2
		22.5	8	1.2	8.8	6.6	2.4	6.2	2.0	2.4
		42.5	8	0.0	7.6	4.9	5.0	4.2	2.5	3.0
Feinporen pF >4.2	[Vol %]	7.5	8	28.6	33.8	30.8	1.8	30.7	1.3	1.6
		22.5	8	28.0	33.1	30.4	2.1	30.4	1.4	1.7
		42.5	8	16.1	31.9	29.7	6.7	27.2	4.8	5.7



Die Interpretation der Luft- und Wasserporen über das gesamte Bodenprofil: Der Anteil der Luftporen ist bis in den Unterboden gut. Der Anteil von Poren, die nicht verfügbares Wasser speichern, ist erhöht. Die nutzbare Feldkapazität (nFk) ist bis in 50 cm Tiefe gering. Für den Gesamtboden bis in 76 cm Tiefe ist die nFk als mittel einzustufen.

1 Tänikon		PNG cm: 80		Verfügbarkeit Wasser pro Schicht L/m ²			Verfügbarkeit Wasser aufsummiert L/m ²			
Horizont	Tiefe cm von/bis	Boden L/m ²	% Luftporen	gut	schwer	nFk	bis cm Tiefe	gut	schwer	nFk
Ah	0 16	160	11.6	15.7	15.6	31.4	16	15.7	15.6	31.4
AB	16 33	170	9.3	12.3	10.5	22.8	33	28.1	26.1	54.2
B(cn)	33 50	170	8.2	11.1	7.2	18.3	50	39.1	33.3	72.5
Bcn,t	50 76	260	8.2	16.9	11.0	27.9	76	56.1	44.3	100.4

Die Porenvolumina in den Entwässerungsstufen pF-Wert 1.5 bis 2.5 sind gut, im Unterboden jedoch leicht eingeschränkt. Dies lässt auf einen guten Wasser- und Gasaustausch im Gesamtboden schließen. Die gemessenen Werte für Luftpermeabilität und Gasdiffusion sind ungenügend.

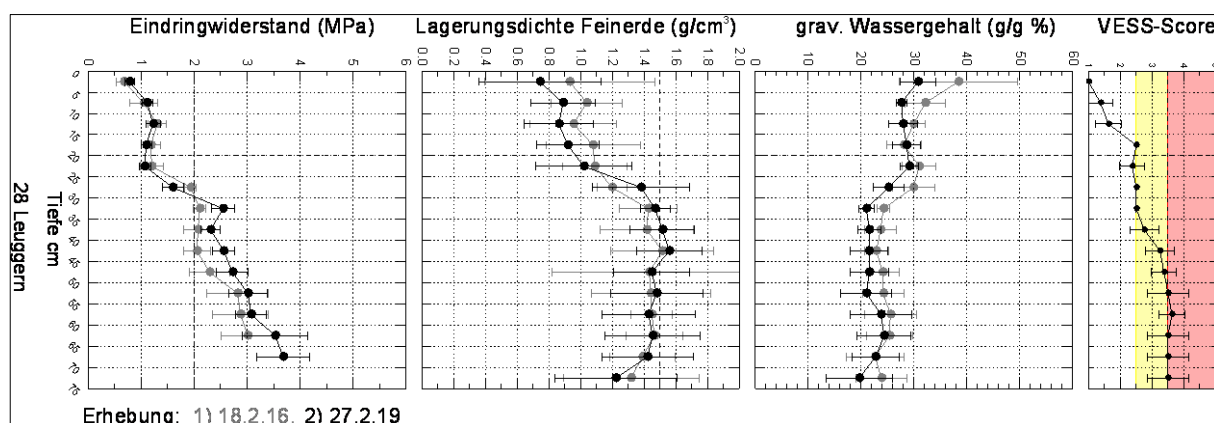
mittlere Tiefe [cm]	pF	Porenvolumen [Vol%]		Luftpermeabilität [µm ²]			Gasdiffusion []				
		n	Mw	n	Min	Max	Med	n	Min	Max	Med
7.5	1.5	8	9.8	6	2.17	17.66	6.36	5	0.0008	0.0089	0.0038
	1.8	8	11.6	6	2.60	30.42	8.41	8	0.0020	0.0127	0.0057
	2.0	8	12.8	7	2.85	31.21	9.01	8	0.0031	0.0167	0.0084
	2.5	8	15.9	8	10.35	185.55	95.14	8	0.0117	0.0390	0.0287
22.5	1.5	8	8.3	2	2.07	2.54	2.30	7	0.0001	0.0065	0.0011
	1.8	8	9.3	2	2.19	2.34	2.27	8	0.0010	0.0096	0.0011
	2.0	8	10.0	2	2.83	2.95	2.89	8	0.0012	0.0145	0.0024
	2.5	8	11.5	4	2.17	18.07	5.37	8	0.0016	0.0136	0.0043
42.5	1.5	8	7.5	3	2.45	26.79	8.04	7	0.0004	0.0085	0.0018
	1.8	8	8.2	3	2.85	34.37	7.19	7	0.0009	0.0137	0.0034
	2.0	8	8.7	2	9.06	40.29	24.68	7	0.0006	0.0148	0.0034
	2.5	8	10.3	4	2.90	55.94	15.23	8	0.0013	0.0190	0.0041

6.2 28 Leuggern (Ackerstandort)

Heterogener, von Stauwasser geprägter Moränenboden, der pseudogleyige bis stark pseudogleyige Merkmale aufweist. Der Standort wird vielseitig ackerbaulich genutzt.

28 LE 1-7 Bodenansprache Mittel aus 2 Bohrprofilen Foto	18.02.2016							27.02.2019											
	Stauwassergeprägter, selten bis zur Oberfläche porengesättigter, mässig tiefgründiger Braunerde-Pseudogley, stark pseudogleyig, schwach sauer		Schichttiefe cm		Gehalte (%) bestimmt Profil Ersterhebung					Eindringwiderstand, Schichtproben									
	Tiefe	Horizont	von / bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	Tiefe	Probenahme Zylinderproben									
				Gehalt (%) bestimmt aus FE Zylinderproben															
				von	bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	von	bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand		
	29.2	Ah,p	0	5	1.8	3.1	18	29	53										
			5	10	1.8	3.1	18	29	53										
			10	15	1.8	3.1	18	29	53										
			15	20	1.8	3.1	18	29	53	15	20	1.4	2.4	19.0	59.6	21.4			
			20	25	1.3	2.2	23	32	45										
	41.3	AB	25	30	1.3	2.2	23	32	45										
			30	35	0.6	1.0	19	59	22	30	35	0.6	1.0	21.5	53.1	25.4			
	52.8	Bg	35	40	0.6	1.0	19	59	22										
			40	45	0.3	0.5	26	55	19										
	71.3	Bgg	45	50	0.3	0.5	26	55	19	45	50	0.3	0.6	23.9	55.7	20.3			
			50	55	0.3	0.5	26	55	19										
			55	60	0.3	0.5	26	55	19										
			60	65	0.2	0.3	27	57	16										
			65	70	0.2	0.3	27	57	16										
			70	75	0.2	0.3	27	57	16										

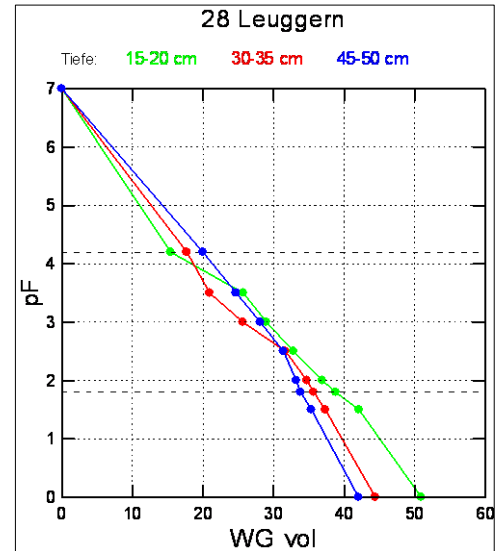
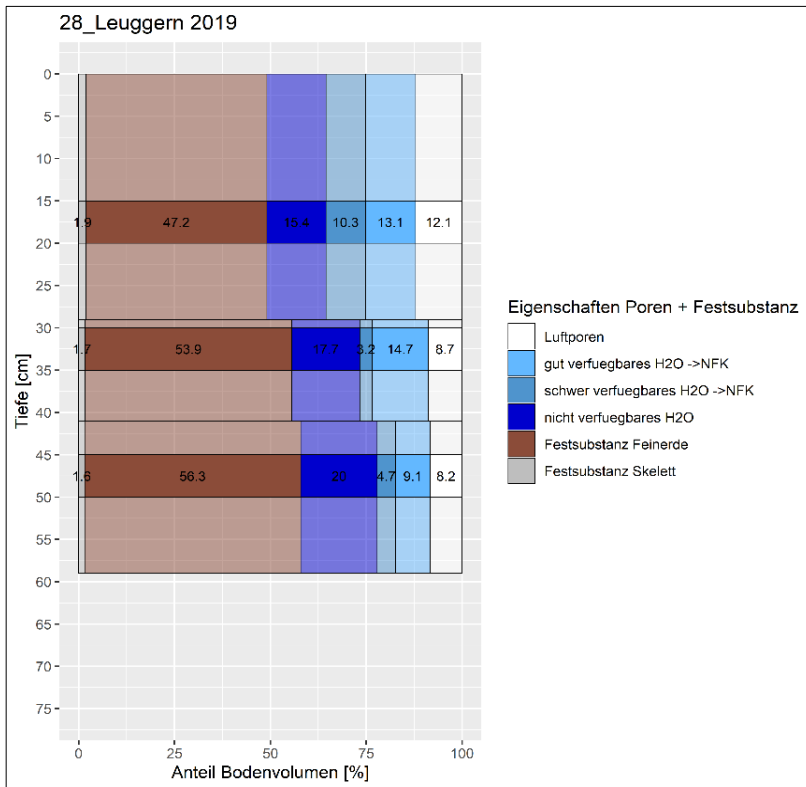
Der Oberboden weist eine geringe Lagerungsdichte auf und das Gefüge wird als gut bis sehr gut eingestuft. Unterhalb von 30 cm Tiefe nimmt die Lagerungsdichte und der Eindringwiderstand zu und die Gefügequalität ab. Unterhalb von 50 cm, im Stauwasserhorizont, ist das Gefüge ungenügend.



Die Zylinderproben wurden in drei für den Boden repräsentativen Tiefen im Oberboden «Ah,p-Horizont» (15-20 cm), im Übergangshorizont «AB-Horizont» (30-35 cm) und im Unterboden «Bg-Horizont» (45-50 cm) entnommen. Der stauwassergeprägte Horizont «Bgg» (unterhalb 53 cm) ist nicht beprobt worden. Es konnten jedoch alle 24 Stechzylinderproben bestimmt werden.

Statistische Kenngrößen der gemessenen, physikalischen Parameter:

Standort Nr. 28	26.02.19									
Parameter	mittl. Tiefe cm	n	Min	Max	Med	IQR	Mw	VI	s	
vol. WG feldfrisch	[Vol %]	17.5	8	32.4	35.7	33.9	1.3	33.8	0.8	1.0
		32.5	8	30.2	34.4	33.3	2.6	32.8	1.3	1.6
		47.5	8	27.1	34.7	32.3	4.0	31.5	2.2	2.6
grav. WG feldfrisch	[g/g %]	17.5	8	25.5	28.0	26.5	1.3	26.7	0.8	0.9
		32.5	8	19.5	25.1	22.3	3.3	22.6	1.7	2.0
		47.5	8	15.9	22.3	21.4	3.1	20.4	2.0	2.3
LD (FS)	[g/cm ³]	17.5	8	1.21	1.32	1.27	0.03	1.27	0.03	0.03
		32.5	8	1.36	1.56	1.46	0.12	1.46	0.06	0.07
		47.5	8	1.46	1.70	1.53	0.11	1.55	0.07	0.08
Gesamtporen	[Vol %]	17.5	8	48.8	53.3	50.8	1.2	50.9	1.1	1.3
		32.5	8	40.5	48.4	44.5	4.6	44.4	2.4	2.9
		47.5	8	36.2	45.4	42.7	3.9	42.0	2.6	3.1
Luftporen pF <1.8	[Vol %]	17.5	8	9.0	15.2	11.7	4.2	12.1	1.9	2.3
		32.5	8	4.9	11.9	9.2	3.5	8.7	2.1	2.5
		47.5	8	5.4	13.7	7.4	2.3	8.2	2.1	2.6
PV gut verfügb. Wasser pF 1.8 – 3.5	[Vol %]	17.5	8	10.2	14.6	13.6	1.5	13.1	1.2	1.4
		32.5	8	11.6	17.6	15.1	4.5	14.8	2.1	2.5
		47.5	8	6.2	11.7	9.5	2.7	9.1	1.6	1.9
PV schwer verfügb. Wasser pF 3.5-4.5	[Vol %]	17.5	8	8.8	13.6	9.6	2.2	10.3	1.4	1.7
		32.5	8	2.1	3.9	3.3	0.9	3.2	0.5	0.6
		47.5	8	2.6	14.4	3.5	0.8	4.7	3.3	3.9
PV nicht verfügb. Wasser pF >4.5	[Vol %]	17.5	8	14.4	16.6	15.4	0.9	15.4	0.6	0.7
		32.5	8	15.5	20.7	17.7	2.2	17.7	1.4	1.7
		47.5	8	9.3	24.1	20.9	2.8	20.0	3.8	4.6
Fests substanz	[Vol %]	17.5	8	46.7	51.2	49.2	1.2	49.1	1.1	1.3
		32.5	8	51.6	59.5	55.5	4.6	55.6	2.4	2.9
		47.5	8	54.6	63.8	57.3	3.9	58.0	2.6	3.1
Feinerde	[Vol %]	17.5	8	45.0	49.2	47.4	1.2	47.2	1.0	1.3
		32.5	8	50.0	57.7	53.8	4.5	53.9	2.3	2.8
		47.5	8	53.1	62.0	55.7	3.8	56.3	2.5	3.0
Skelett	[Vol %]	17.5	8	1.8	2.0	1.9	0.0	1.9	0.0	0.1
		32.5	8	1.6	1.8	1.7	0.1	1.7	0.1	0.1
		47.5	8	1.5	1.8	1.6	0.1	1.6	0.1	0.1
grobe Grobporen pF <1.5	[Vol %]	17.5	8	5.5	11.9	8.6	4.0	8.8	1.9	2.3
		32.5	8	3.8	9.7	7.4	3.3	7.1	1.9	2.2
		47.5	8	3.9	11.9	5.7	1.9	6.7	2.0	2.4
mittlere Grobporen pF 1.5-1.8	[Vol %]	17.5	8	2.9	3.9	3.3	0.4	3.3	0.3	0.3
		32.5	8	1.1	2.2	1.6	0.6	1.6	0.3	0.4
		47.5	8	0.8	1.9	1.6	0.4	1.5	0.3	0.4
feine Grobporen pF 1.8-2.0	[Vol %]	17.5	8	1.5	2.1	2.0	0.3	1.9	0.2	0.2
		32.5	8	0.6	1.3	1.0	0.4	1.0	0.2	0.2
		47.5	8	0.4	0.8	0.7	0.2	0.6	0.1	0.1
grobe Mittelporen pF 2.0-2.5	[Vol %]	17.5	8	3.4	4.7	4.1	0.8	4.1	0.4	0.5
		32.5	8	2.1	3.8	3.0	0.9	3.0	0.5	0.6
		47.5	8	1.3	2.2	1.8	0.5	1.8	0.3	0.3
grobe Mittelporen pF 2.5-3.0	[Vol %]	17.5	8	1.9	6.3	3.8	1.8	3.8	1.2	1.4
		32.5	8	4.5	7.4	6.1	2.1	6.0	1.0	1.2
		47.5	8	2.1	4.3	3.3	0.8	3.3	0.6	0.7
mittlere Mittelporen pF 3.0-3.5	[Vol %]	17.5	8	1.7	4.2	3.4	0.9	3.3	0.7	0.8
		32.5	8	3.9	5.5	4.9	1.1	4.7	0.5	0.6
		47.5	8	0.8	5.1	3.7	1.4	3.4	1.1	1.3
feine Mittelporen pF 3.5-4.2	[Vol %]	17.5	8	8.8	13.6	9.6	2.2	10.3	1.4	1.7
		32.5	8	2.1	3.9	3.3	0.9	3.2	0.5	0.6
		47.5	8	2.6	14.4	3.5	0.8	4.7	3.3	3.9
Feinporen pF >4.2	[Vol %]	17.5	8	14.4	16.6	15.4	0.9	15.4	0.6	0.7
		32.5	8	15.5	20.7	17.7	2.2	17.7	1.4	1.7
		47.5	8	9.3	24.1	20.9	2.8	20.0	3.8	4.6



Die Interpretation der Luft- und Wasserporen über das gesamte Bodenprofil: Der Oberboden weist eine günstige Porosität mit genügendem Wasserspeichervermögen auf. Darunter nimmt der Anteil des nicht verfügbaren Wassers stark zu. Auch in den von Stauwasser leicht geprägten Horizonten unterhalb von 30 cm ist der Anteil an Luftporen genügend. Unterhalb von 60 cm ist der eigentliche Stauwasser-Horizont, der nicht beprobt wurde.

28 Leuggern		PNG cm: 64		Verfügbarkeit Wasser pro Schicht L/m ²			Verfügbarkeit Wasser aufsummiert L/m ²			
Horizont	Tiefe cm von/bis	Boden L/m ²	% Luftporen	gut	schwer	nFk	bis cm Tiefe	gut	schwer	nFk
Ah,p	0 29	290	12.1	38.0	29.8	67.8	29	38.0	29.8	67.8
AB	29 41	120	8.7	17.7	3.9	21.6	41	55.7	33.7	89.4
Bg	41 50	90	8.2	8.2	4.3	12.5	50	63.9	37.9	101.9
Bg(g)	50 64	140	8.2	12.8	6.6	19.4	64	76.7	44.5	121.3

Die Porenvolumina in den Entwässerungsstufen pF 1.5 bis 2.5 sind in den gemessenen Tiefen gut. Dies lässt auf einen guten Wasser- und Gasaustausch in den untersuchten Tiefen schließen. Die gemessenen Werte für Luftpermeabilität und Gasdiffusion sind jedoch ungenügend.

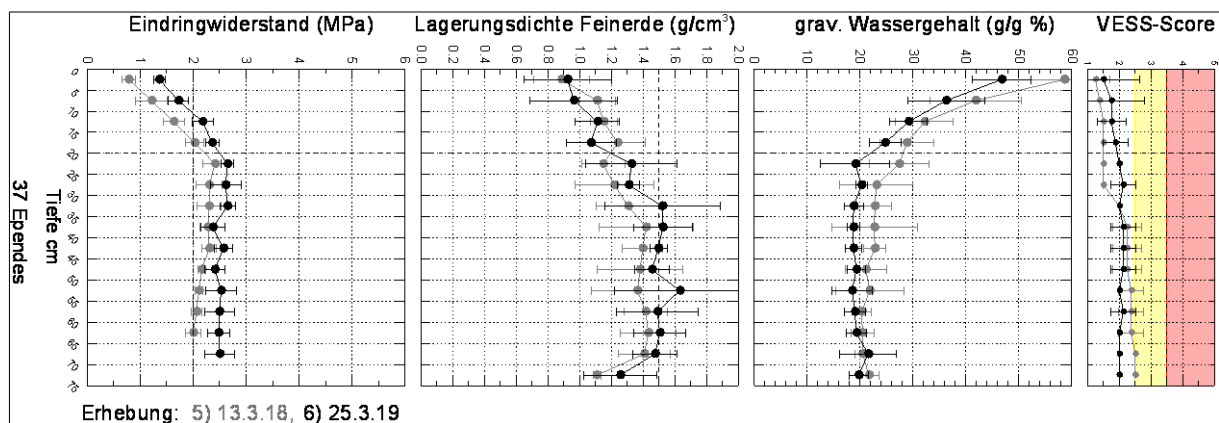
	mittlere Tiefe [cm]	pF	Porenvolumen [Vol%]		Luftpermeabilität [μm ²]			Gasdiffusion []				
			n	Mw	n	Min	Max	Med	n	Min	Max	Med
28 Leuggern	17.5	1.5	8	8.8	5	2.20	9.70	5.32	8	0.0014	0.0325	0.0039
		1.8	8	12.1	8	2.19	15.90	5.63	8	0.0042	0.0113	0.0061
		2.0	8	14.0	8	3.00	18.40	7.65	8	0.0075	0.0172	0.0103
		2.5	8	18.1	8	8.23	55.30	26.88	8	0.0169	0.0369	0.0238
	32.5	1.5	8	7.1	5	1.75	8.25	4.00	8	0.0006	0.0073	0.0025
		1.8	8	8.7	6	1.87	12.68	5.38	8	0.0017	0.0126	0.0042
		2.0	8	9.7	6	2.84	15.30	6.71	7	0.0031	0.0124	0.0056
		2.5	8	12.7	8	2.68	22.12	8.17	8	0.0063	0.0529	0.0131
	47.5	1.5	8	6.7	6	1.77	13.54	6.25	8	0.0010	0.0047	0.0030
		1.8	8	8.2	6	2.34	20.34	12.68	8	0.0010	0.0100	0.0051
		2.0	8	8.8	7	2.56	23.70	10.36	5	0.0024	0.0107	0.0054
		2.5	8	10.6	7	3.06	31.60	11.70	7	0.0022	0.0186	0.0063

6.3 37 Ependes (Graslandstandort)

Sehr homogener, diffus horizontierter, kolluvialer Boden, der als Grasland mittelintensiv genutzt wird.

37 EP1-7 Bodenansprache Mittel aus 4 Bohrprofilen Foto	Normal durchlässige, tiefgründige Braunerde, kolluvial, diffus, grundfeucht							25.03.2019 Eindringwiderstand, Schichtproben							
	25.03.2019		Schichttiefe cm		Gehalte (%) bestimmt Profil Ersterhebung					25.03.2019 Probenahme Zylinderproben					
	Tiefe	Horizont	von / bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	Tiefe	Gehalt (%) bestimmt aus FE Zylinderproben	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand
	16.7	Ah	0 / 5	3.5	6.0	19	36	45							
			5 / 10	2.8	4.8	18	36	46	5	10	2.5	4.3	21.5	33.3	45.1
			10 / 15	1.8	3.1	18	35	47							
	30.6	AB	15 / 20	1.8	3.1	18	35	47							
			20 / 25	1.0	1.7	16	37	47	20	25	1.1	2.0	20.5	33.0	46.5
			25 / 30	1.0	1.7	16	37	47							
	53.3	Bw	30 / 35	1.0	1.7	16	37	47							
			35 / 40	1.0	1.7	16	37	47							
			40 / 45	0.7	1.2	25	33	42	40	45	0.6	1.0	18.1	27.6	54.3
	75.5	B(g)t	45 / 50	0.7	1.2	25	33	42							
			50 / 55	0.7	1.2	25	33	42							
			55 / 60	0.7	1.2	25	33	42							
				60 / 65	0.5	0.9	20	43	37						
				65 / 70	0.5	0.9	20	43	37						
				70 / 75	0.5	0.9	20	43	37						

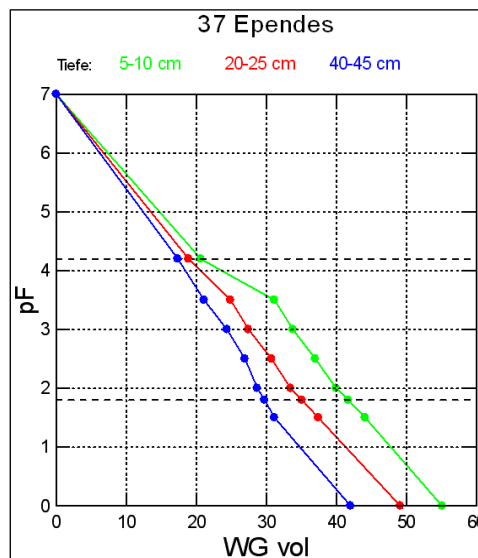
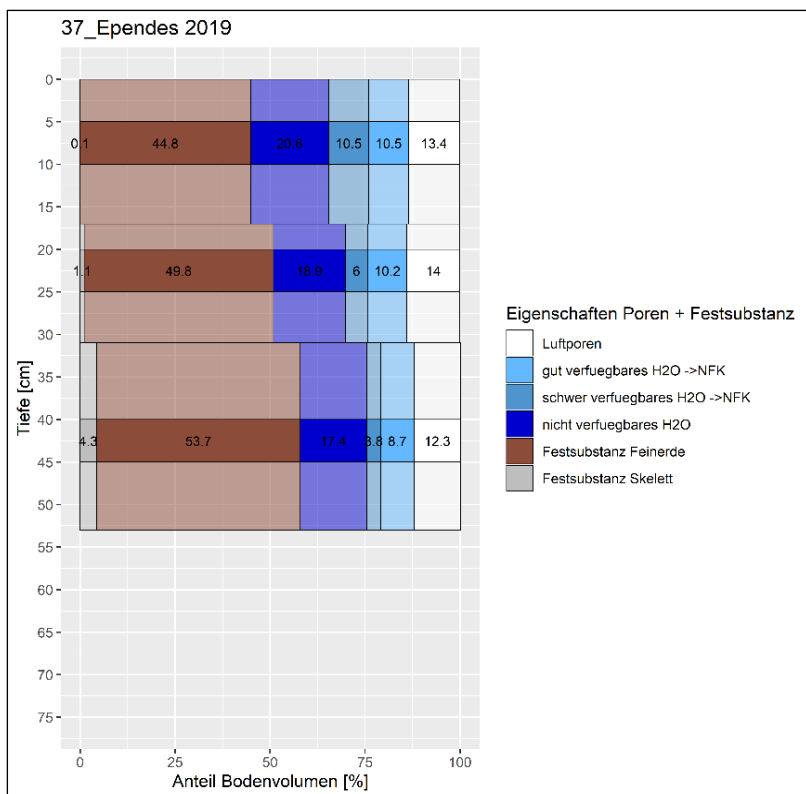
Der Boden weist profilumfassend eine gute Qualität des Gefüges auf. Die erhöhten Werte für den Eindringwiderstand und die Lagerungsdichte im Unterboden sind mit dem geringen Wassergehalt zum Zeitpunkt der Messungen zu erklären.



Die Zylinderproben wurden in drei für den Boden repräsentativen Tiefen im Oberboden «Ah-Horizont» (5-10 cm), im Übergangshorizont «AB-Horizont» (20-25 cm) und im Unterboden «Bw-Horizont» (40-45 cm) entnommen. Es konnten alle 24 Stechzylinderproben bestimmt werden.

Statistische Kenngrößen der gemessenen, physikalischen Parameter:

Standort Nr. 37		25.03.19								
Parameter		mittl. Tiefe cm	n	Min	Max	Med	IQR	Mw	VI	s
vol. WG feldfrisch	[Vol %]	7.5	8	30.9	40.1	38.7	3.5	37.4	2.6	3.1
		22.5	8	23.9	45.0	30.2	7.9	31.5	5.8	6.9
		42.5	8	25.0	30.8	28.5	4.5	28.1	2.0	2.4
grav. WG feldfrisch	[g/g %]	7.5	8	22.9	41.7	32.3	5.2	32.9	4.6	5.5
		22.5	8	17.8	33.1	21.8	8.3	23.7	4.9	5.9
		42.5	8	15.1	20.3	18.8	2.1	18.3	1.4	1.7
LD (FS)	[g/cm ³]	7.5	8	0.85	1.35	1.19	0.14	1.16	0.13	0.15
		22.5	8	1.14	1.39	1.37	0.04	1.34	0.07	0.08
		42.5	8	1.38	1.70	1.55	0.06	1.54	0.08	0.09
Gesamtporen	[Vol %]	7.5	8	47.5	67.0	54.1	5.3	55.1	4.9	5.8
		22.5	8	47.2	56.8	48.2	1.5	49.1	2.6	3.2
		42.5	8	35.8	48.5	41.5	2.5	42.0	3.0	3.6
Luftporen pF <1.8	[Vol %]	7.5	8	8.1	28.3	11.7	4.7	13.4	5.4	6.5
		22.5	8	12.9	16.7	13.8	1.0	14.0	1.0	1.2
		42.5	8	8.0	20.1	11.1	4.3	12.3	3.2	3.8
PV gut verfügb. Wasser pF 1.8 – 3.5	[Vol %]	7.5	8	8.8	12.6	10.3	2.0	10.5	1.1	1.3
		22.5	8	8.4	12.8	9.7	3.0	10.2	1.4	1.7
		42.5	8	6.6	10.2	8.5	2.5	8.6	1.2	1.4
PV schwer verfügb. Wasser pF 3.5-4.5	[Vol %]	7.5	8	6.4	13.0	12.4	5.0	10.5	2.4	2.8
		22.5	8	2.0	12.0	5.8	3.1	6.0	2.5	3.0
		42.5	8	2.3	5.4	3.7	1.5	3.8	0.9	1.0
PV nicht verfügb. Wasser pF >4.5	[Vol %]	7.5	8	16.6	23.5	20.7	2.1	20.6	1.7	2.1
		22.5	8	17.2	22.3	18.5	2.2	18.9	1.5	1.8
		42.5	8	15.2	20.8	16.5	3.4	17.4	1.7	2.0
Fests substanz	[Vol %]	7.5	8	33.0	52.5	45.9	5.3	44.9	4.9	5.8
		22.5	8	43.2	52.8	51.8	1.5	50.9	2.6	3.2
		42.5	8	51.5	64.2	58.5	2.5	58.0	3.0	3.6
Feinerde	[Vol %]	7.5	8	32.9	52.4	45.7	5.3	44.8	4.9	5.8
		22.5	8	42.4	51.7	50.8	1.5	49.8	2.6	3.1
		42.5	8	47.7	59.5	54.2	2.3	53.7	2.8	3.3
Skelett	[Vol %]	7.5	8	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
		22.5	8	0.9	1.1	1.1	0.0	1.1	0.1	0.1
		42.5	8	3.8	4.7	4.3	0.2	4.3	0.2	0.3
grobe Grobporen pF <1.5	[Vol %]	7.5	8	6.7	26.2	8.7	4.1	11.0	5.4	6.5
		22.5	8	10.4	14.8	11.2	1.0	11.7	1.1	1.4
		42.5	8	7.2	18.2	9.5	4.0	10.9	3.0	3.6
mittlere Grobporen pF 1.5-1.8	[Vol %]	7.5	8	1.3	3.1	2.8	1.3	2.4	0.6	0.7
		22.5	8	1.9	3.4	2.1	0.8	2.3	0.5	0.6
		42.5	8	0.8	2.0	1.4	0.7	1.4	0.3	0.4
feine Grobporen pF 1.8-2.0	[Vol %]	7.5	8	1.4	2.3	1.7	0.3	1.7	0.2	0.3
		22.5	8	0.7	2.0	1.7	0.4	1.6	0.4	0.4
		42.5	8	0.7	1.3	1.0	0.2	1.0	0.1	0.2
grobe Mittelporen pF 2.0-2.5	[Vol %]	7.5	8	1.2	4.1	3.0	1.1	3.0	0.8	0.9
		22.5	8	1.0	3.4	3.0	1.0	2.7	0.7	0.8
		42.5	8	0.6	2.5	2.1	1.0	1.8	0.6	0.7
grobe Mittelporen pF 2.5-3.0	[Vol %]	7.5	8	2.1	3.8	3.4	0.8	3.2	0.5	0.6
		22.5	8	1.4	7.6	2.9	1.4	3.3	1.6	1.9
		42.5	8	1.3	4.8	2.5	1.5	2.6	1.0	1.1
mittlere Mittelporen pF 3.0-3.5	[Vol %]	7.5	8	1.0	3.4	2.9	0.9	2.6	0.7	0.8
		22.5	8	1.7	4.1	2.0	1.9	2.6	0.9	1.0
		42.5	8	2.0	4.2	3.5	1.4	3.3	0.7	0.8
feine Mittelporen pF 3.5-4.2	[Vol %]	7.5	8	6.4	13.0	12.4	5.0	10.5	2.4	2.8
		22.5	8	2.0	12.0	5.8	3.1	6.0	2.5	3.0
		42.5	8	2.3	5.4	3.7	1.5	3.8	0.9	1.0
Feinporen pF >4.2	[Vol %]	7.5	8	16.6	23.5	20.7	2.1	20.6	1.7	2.1
		22.5	8	17.2	22.3	18.5	2.2	18.9	1.5	1.8
		42.5	8	15.2	20.8	16.5	3.4	17.4	1.7	2.0



Die Interpretation der Luft- und Wasserporen über das gesamte Bodenprofil: Der gesamte Boden hat einen hohen Anteil an Luftporen. Der Boden weist bis 50 cm eine geringe und bis 76 cm eine mittlere nutzbare Feldkapazität (nFk) auf.

37 Ependes		PNG cm: 76		Verfügbarkeit Wasser pro Schicht L/m ²			Verfügbarkeit Wasser aufsummiert L/m ²			
Horizont	Tiefe cm von/bis	Boden L/m ²	% Luftporen	gut	schwer	nFk	bis cm Tiefe	gut	schwer	nFk
Ah	0 17	170	13.4	17.9	17.9	35.8	17	17.9	17.9	35.8
AB	17 31	140	14.0	14.3	8.4	22.7	31	32.2	26.3	58.5
Bw	31 50	190	12.3	16.4	7.1	23.5	50	48.6	33.4	82.1
B(g),t	50 76	260	12.3	22.4	9.8	32.2	76	71.1	43.2	114.3

Die Porenvolumina in den Entwässerungsstufen pF 1.5 bis 2.5 sind in den gemessenen Tiefen sehr gut. Dies lässt auf einen guten Wasser- und Gasaustausch in den untersuchten Tiefen schließen. Die gemessenen Werte für Luftpermeabilität und Gasdifffusion sind ungenügend (siehe 4.1).

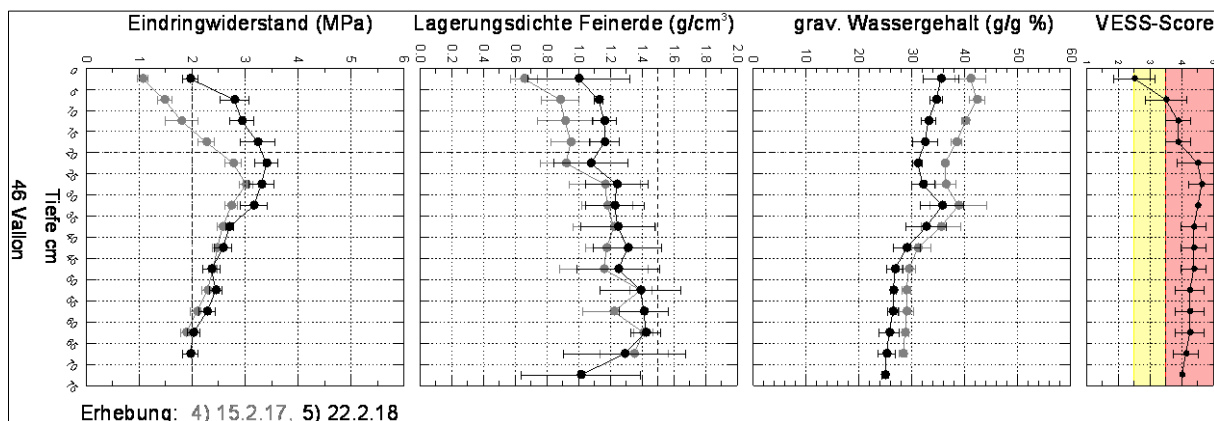
	mittlere Tiefe [cm]	pF	Porenvolumen [Vol%]		Luftpermeabilität [μm ²]			Gasdiffusion []				
			n	Mw	n	Min	Max	Med	n	Min	Max	Med
37 Ependes	7.5	1.5	8	11.0	8	2.17	98.34	7.80	8	0.0035	0.0470	0.0073
		1.8	8	13.4	8	4.64	128.03	13.18	8	0.0072	0.0579	0.0123
		2.0	8	15.1	8	6.77	166.70	20.46	8	0.0139	0.0697	0.0198
		2.5	8	18.1	8	35.45	215.29	63.60	8	0.0284	0.0791	0.0369
	22.5	1.5	8	11.7	8	2.13	6.43	3.66	8	0.0022	0.0117	0.0047
		1.8	8	14.0	8	3.21	15.96	7.72	8	0.0069	0.0166	0.0117
		2.0	8	15.7	8	4.59	28.44	10.83	8	0.0118	0.0239	0.0193
		2.5	8	18.4	8	9.84	61.23	24.85	8	0.0231	0.0414	0.0299
	42.5	1.5	8	10.9	7	2.13	55.15	3.42	8	0.0010	0.0200	0.0046
		1.8	8	12.3	7	3.65	71.10	4.85	8	0.0014	0.0325	0.0084
		2.0	8	13.3	7	4.94	87.70	5.82	8	0.0020	0.0396	0.0114
		2.5	8	15.1	8	5.18	133.55	9.62	8	0.0077	0.0518	0.0144

6.4 46 Vallon (Ackerstandort)

Homogener, von Grundwasser geprägter, alluvial entstandener Boden, der in den Horizonten zwischen 20 und 45 cm verdichtet ist und daher pseudogleyige Merkmale aufweist. Der Standort wird vielseitig ackerbaulich genutzt.

46 VA 1-7 Bodenansprache Mittel aus 4 Bohrprofilen Foto	Grundwassergeprägter, häufig bis zur Oberfläche porengesättigter, ziemlich flachgründiger Braunerde-Gley, stark gleyig, verdichtet, stark pseudogleig, alluvial, pelitisch, karbonathaltig									22.02.2018 Eindringwiderstand, Schichtproben					
	15.02.2017		Schichttiefe cm		Gehalte (%) bestimmt Profil Ersterhebung					22.02.2018		Probenahme Zylinderproben			
	Tiefe	Horizont	von / bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	Tiefe	Gehalt (%) bestimmt aus FE Zylinderproben	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand
	19.1	Ah,p	0 / 5	2.8	4.8	44	44	12							
			5 / 10	2.8	4.8	44	44	12							
			10 / 15	2.8	4.8	44	44	12	10	15	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	31.2	ABg,x	15 / 20	2.8	4.8	44	44	12							
			20 / 25	2.0	3.4	42	44	14							
			25 / 30	2.0	3.4	42	44	14	25	30	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	45.3	Bgg,x	30 / 35	2.0	3.4	42	44	14							
			35 / 40	2.0	3.4	42	44	14							
			40 / 45	1.9	3.3	30	52	18							
	78.3	Bg(g)	45 / 50	1.9	3.3	30	52	18							
			50 / 55	1.9	3.3	30	52	18	50	55	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
			55 / 60	1.9	3.3	30	52	18							
			60 / 65	0.8	1.4	30	48	22							
			65 / 70	0.8	1.4	30	48	22							

Der Boden weist profilumfassend eine schlechte Qualität des Gefüges auf. Im Bereich zwischen 10-45 cm ist der Eindringwiderstand deutlich erhöht. Die Gefügequalität wurde unterhalb von 5 cm Tiefe als schlecht bis sehr schlecht beurteilt. Zwischen 20-35 cm Tiefe wurde das Gefüge am schlechtesten bewertet.

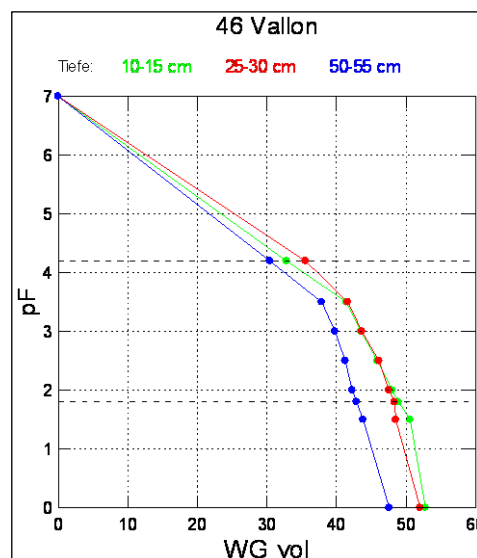
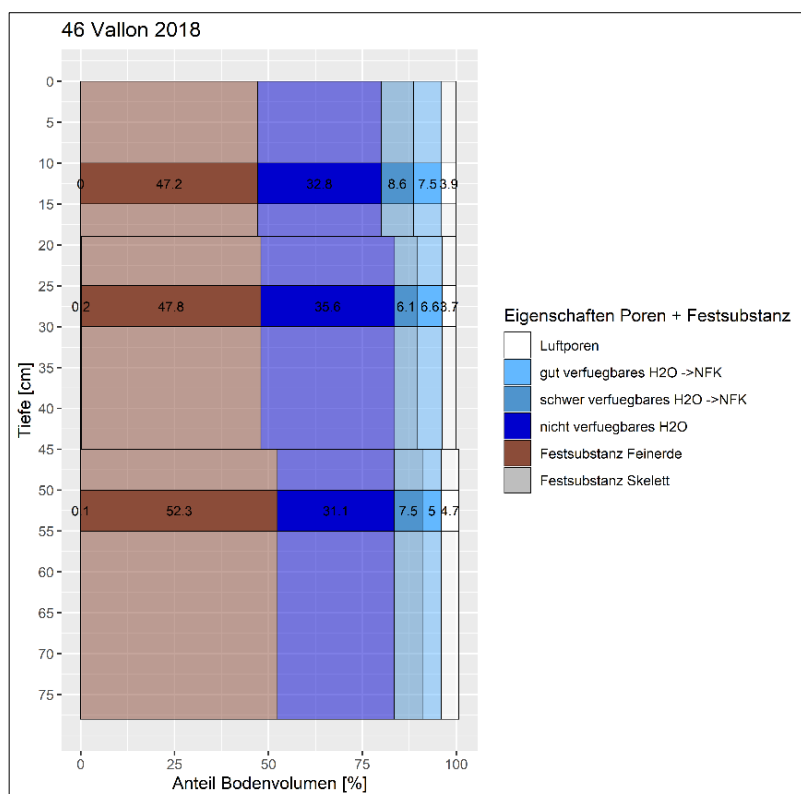


Die Zylinderproben wurden in drei für den Boden repräsentativen Tiefen im Oberboden «Ah,p-Horizont» (10-15 cm), im verdichteten Übergangshorizont «ABg,x-Horizont» (25-30 cm) und im hydromorphen Unterboden «Bg(g)-Horizont» (50-55 cm) entnommen.

Für die Ergebnisse der groben und mittleren Grobporen konnte nur die Werte von 3 bzw. 4 Stechzylinderproben verwendet werden. Die Messungen der Luftpermeabilität in den pF-Bereichen 1.5, 1.8 und 2.0 war fehlerhaft und daher liegen dort keine Ergebnisse vor. Die Gasdiffusion bei pF 1.5 konnte nur bei 2-6 Zylindern gemessen werden.

Statistische Kenngrößen der gemessenen, physikalischen Parameter:

Standort Nr. 46		22.02.18								
Parameter	mittl. Tiefe cm	n	Min	Max	Med	IQR	Mw	VI	s	
vol. WG feldfrisch	[Vol %]	12.5	8	42.5	47.4	45.2	3.1	44.8	1.5	1.8
		27.5	8	43.7	46.2	45.2	1.6	45.0	0.7	0.9
		52.5	8	39.3	43.3	41.6	1.2	41.5	1.0	1.2
grav. WG feldfrisch	[g/g %]	12.5	8	31.5	40.3	36.4	1.3	36.4	2.0	2.4
		27.5	8	33.8	36.6	35.0	2.4	35.2	1.0	1.2
		52.5	8	28.2	31.5	29.4	1.2	29.6	0.8	1.0
LD (FS)	[g/cm ³]	12.5	8	1.16	1.35	1.23	0.11	1.23	0.06	0.07
		27.5	8	1.25	1.32	1.28	0.06	1.28	0.02	0.03
		52.5	8	1.30	1.46	1.42	0.07	1.40	0.05	0.06
Gesamporen	[Vol %]	12.5	8	47.1	56.0	53.0	4.7	52.8	2.6	3.1
		27.5	8	50.6	53.2	52.0	2.1	52.0	0.9	1.1
		52.5	8	44.5	51.3	47.1	2.4	47.6	1.8	2.2
Luftporen pF <1.8	[Vol %]	12.5	8	0.6	7.7	3.7	4.4	3.9	2.2	2.6
		27.5	8	2.2	5.3	3.9	1.1	3.7	0.8	1.0
		52.5	8	0.0	9.2	3.6	2.0	4.1	2.2	2.6
PV gut verfügb. Wasser pF 1.8 – 3.5	[Vol %]	12.5	8	6.6	9.1	7.3	1.2	7.5	0.7	0.9
		27.5	8	5.3	8.0	6.7	1.3	6.7	0.8	0.9
		52.5	8	4.0	5.9	5.1	1.0	5.0	0.5	0.6
PV schwer verfügb. Wasser pF 3.5-4.5	[Vol %]	12.5	8	4.1	13.7	8.6	1.4	8.6	2.2	2.6
		27.5	8	4.4	9.5	5.7	1.3	6.1	1.3	1.6
		52.5	8	5.1	13.3	6.5	1.7	7.5	2.1	2.6
PV nicht verfügb. Wasser pF >4.5	[Vol %]	12.5	8	28.5	34.9	33.5	2.4	32.8	1.7	2.1
		27.5	8	31.7	38.6	36.0	2.6	35.6	1.8	2.2
		52.5	8	25.5	33.7	31.6	1.4	31.1	2.1	2.5
Fests substanz	[Vol %]	12.5	8	44.0	52.9	47.0	4.7	47.2	2.6	3.1
		27.5	8	46.8	49.4	48.0	2.1	48.0	0.9	1.1
		52.5	8	48.7	55.5	52.9	2.4	52.4	1.8	2.2
Feinerde	[Vol %]	12.5	8	44.0	52.9	47.0	4.7	47.2	2.6	3.1
		27.5	8	46.7	49.3	47.9	2.1	47.9	0.9	1.1
		52.5	8	48.6	55.5	52.8	2.4	52.3	1.8	2.2
Skelett	[Vol %]	12.5	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		27.5	8	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
		52.5	8	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
grobe Grobporen pF <1.5	[Vol %]	12.5	4	0.1	5.5	1.6	3.1	2.2	3.7	2.3
		27.5	4	3.1	4.5	3.2	0.7	3.5	1.0	0.7
		52.5	3	2.7	4.9	3.6	1.6	3.7	2.7	1.1
mittlere Grobporen pF 1.5-1.8	[Vol %]	12.5	4	0.7	1.2	0.9	0.3	0.9	0.3	0.2
		27.5	4	0.6	0.9	0.8	0.2	0.8	0.2	0.1
		52.5	4	0.4	0.9	0.7	0.3	0.7	0.3	0.2
feine Grobporen pF 1.8-2.0	[Vol %]	12.5	8	0.6	1.3	0.9	0.3	0.9	0.2	0.2
		27.5	8	0.5	1.1	0.8	0.2	0.8	0.2	0.2
		52.5	8	0.2	1.2	0.7	0.4	0.6	0.3	0.3
grobe Mittelporen pF 2.0-2.5	[Vol %]	12.5	8	1.2	2.6	2.3	0.9	2.1	0.4	0.5
		27.5	8	1.1	1.8	1.4	0.4	1.4	0.2	0.2
		52.5	8	0.7	1.2	1.0	0.2	1.0	0.1	0.2
grobe Mittelporen pF 2.5-3.0	[Vol %]	12.5	8	2.0	3.0	2.2	0.6	2.4	0.3	0.4
		27.5	8	2.2	3.0	2.3	0.3	2.4	0.2	0.3
		52.5	8	1.2	1.7	1.5	0.3	1.5	0.2	0.2
mittlere Mittelporen pF 3.0-3.5	[Vol %]	12.5	8	1.3	2.9	2.0	0.4	2.1	0.4	0.5
		27.5	8	1.0	3.1	2.1	1.3	2.0	0.7	0.8
		52.5	8	1.5	2.4	1.8	0.6	1.9	0.3	0.4
feine Mittelporen pF 3.5-4.2	[Vol %]	12.5	8	4.1	13.7	8.6	1.4	8.6	2.2	2.6
		27.5	8	4.4	9.5	5.7	1.3	6.1	1.3	1.6
		52.5	8	5.1	13.3	6.5	1.7	7.5	2.1	2.6
Feinporen pF >4.2	[Vol %]	12.5	8	28.5	34.9	33.5	2.4	32.8	1.7	2.1
		27.5	8	31.7	38.6	36.0	2.6	35.6	1.8	2.2
		52.5	8	25.5	33.7	31.6	1.4	31.1	2.1	2.5



Die Interpretation der Luft- und Wasserporen über das gesamte Bodenprofil: Der gesamte Boden weist einen ungenügenden Anteil an Luftporen und bis 50 cm Tiefe eine geringe nutzbare Feldkapazität (nFk) auf. Bei Trockenheit kann jedoch das Wasser bis in über 70 cm Tiefe genutzt werden, was eine mittlere nFk bedeuten würde.

46 Vallon		PNG cm: 46		Verfügbarkeit Wasser pro Schicht L/m ²			Verfügbarkeit Wasser aufsummiert L/m ²			
Horizont	Tiefe cm von/bis	Boden L/m ²	% Luftporen	gut	schwer	nFk	bis cm Tiefe	gut	schwer	nFk
Ah,p	0 19	190	3.9	14.2	16.4	30.6	19	14.2	16.4	30.6
ABg,x/ Bgg,x	19 45	260	3.7	17.5	15.8	33.3	45	31.7	32.2	63.9
Bg(g)	45 50	50	4.1	2.5	3.7	6.2	50	34.2	36.0	70.2
Bg(g)	50 78	280	4.1	14.0	20.9	34.9	78	48.2	56.8	105.1

Der gesamte Boden weist einen ungenügenden Anteil an Poren bis pF 2.5 auf. Die Luftporen (pF<1.8) sind in allen untersuchten Schichten unterhalb des Prüfwertes (< 5 Vol.%). Die gemessenen Werte für Luftpermeabilität und Gasdiffusion konnten z.T. nicht gemessen werden und sind ungenügend (siehe 4.1). Dies lässt auf einen sehr schlechten Wasser- und Gasaustausch im gesamten Bodenprofil schliessen.

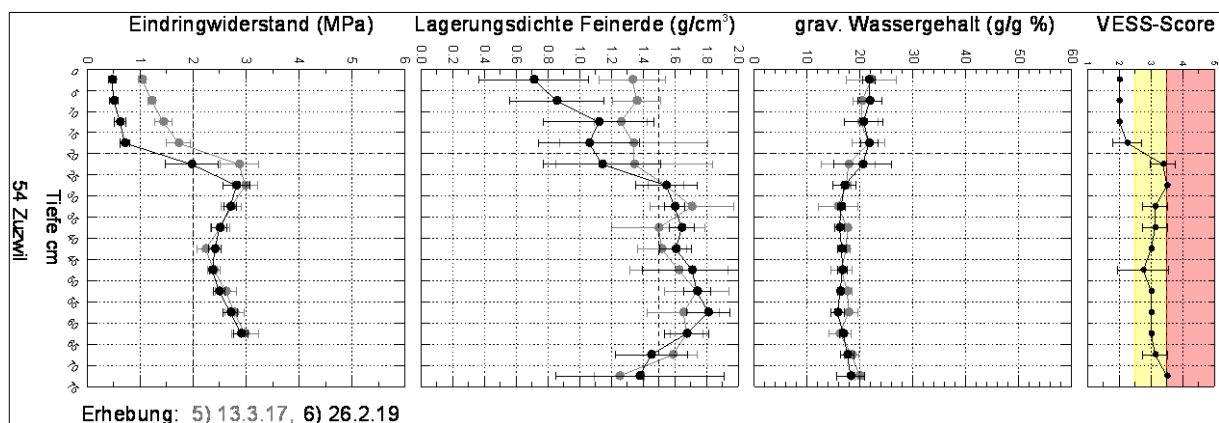
	mittlere Tiefe [cm]	pF	Porenvolumen [Vol%]		Luftpermeabilität [µm ²]			Gasdiffusion []			
			n	Mw	n	Min	Max	Med	n	Min	Max
46 Vallon	12.5	1.5	4	2.2	0			5		0.0047	0.0025
		1.8	8	3.9	0			8	0.0014	0.0094	0.0032
		2.0	8	4.8	0			8	0.0009	0.0175	0.0054
		2.5	8	6.9	8	10.77	93.23	15.22	8	0.0013	0.0241
	27.5	1.5	4	3.5	0			2	0.0013	0.0066	0.0039
		1.8	8	3.7	0			8	0.0008	0.0064	0.0027
		2.0	8	4.5	0			8	0.0009	0.0128	0.0024
		2.5	8	5.9	8	4.19	36.34	9.84	8	0.0013	0.0050
	52.5	1.5	3	3.7	0			6		0.0040	0.0029
		1.8	7	4.7	0			8	0.0018	0.0092	0.0039
		2.0	8	4.7	0			8	0.0029	0.0145	0.0048
		2.5	8	5.7	7	4.93	53.72	14.53	8	0.0014	0.0053

6.5 54 Zuzwil (Ackerstandort)

Homogener, tiefgründiger Boden, der vielseitig ackerbaulich genutzt wird.

54 ZUZ 1-7 Bodenansprache Mittel aus 4 Bohrprofilen Foto		Normal durchlässige, sehr tiefgründige Braunerde, schwach sauer							27.02.2019 Eindringwiderstand, Schichtproben							
		26.03.2018		Gehalte (%) bestimmt Profil Ersterhebung					27.02.2019 Probenahme Zylinderproben							
		Tiefe	Horizont	Schichttiefe cm von / bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	Tiefe		Gehalt (%) bestimmt aus FE Zylinderproben				
									von	bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	
	25	Ah,p	0 / 5	1.1	1.9	11	36	53								
			5 / 10	1.1	1.9	11	36	53								
			10 / 15	1.1	1.9	11	36	53	10	15	0.8	1.4	16.4	36.0	47.6	
			15 / 20	1.1	1.9	11	36	53								
			20 / 25	1.1	1.9	11	36	53								
	35	AB	25 / 30	0.8	1.4	12	36	52	25	30	0.5	0.9	15.8	32.5	51.7	
			30 / 35	0.4	0.7	13	37	50								
			35 / 40	0.4	0.7	13	37	50								
	64.7	Bw	40 / 45	0.4	0.7	13	37	50								
			45 / 50	0.4	0.7	13	37	50	45	50	0.4	0.6	18.4	36.5	45.1	
			50 / 55	0.3	0.5	14	38	48								
			55 / 60	0.3	0.5	14	38	48								
			60 / 65	0.3	0.5	14	38	48								
	75.6	B(t)cn	65 / 70	0.3	0.5	14	38	48								
70 / 75			0.3	0.5	14	38	48									

Unterhalb des Bearbeitungshorizontes «Ah,p» ist der Eindringwiderstand erhöht und die Gefügequalität sprunghaft vermindert. Auch die Lagerungsdichte nimmt ab 25 cm Tiefe stark zu. Ein Teil der Zunahme von Eindringwiderstand und Lagerungsdichte lässt sich auch durch die Abnahme des Wassergehaltes erklären.

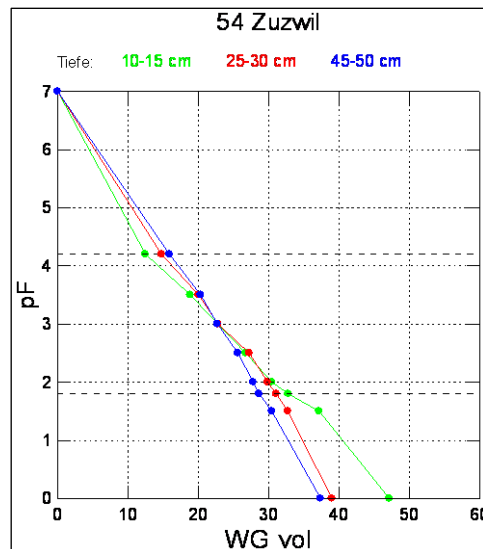
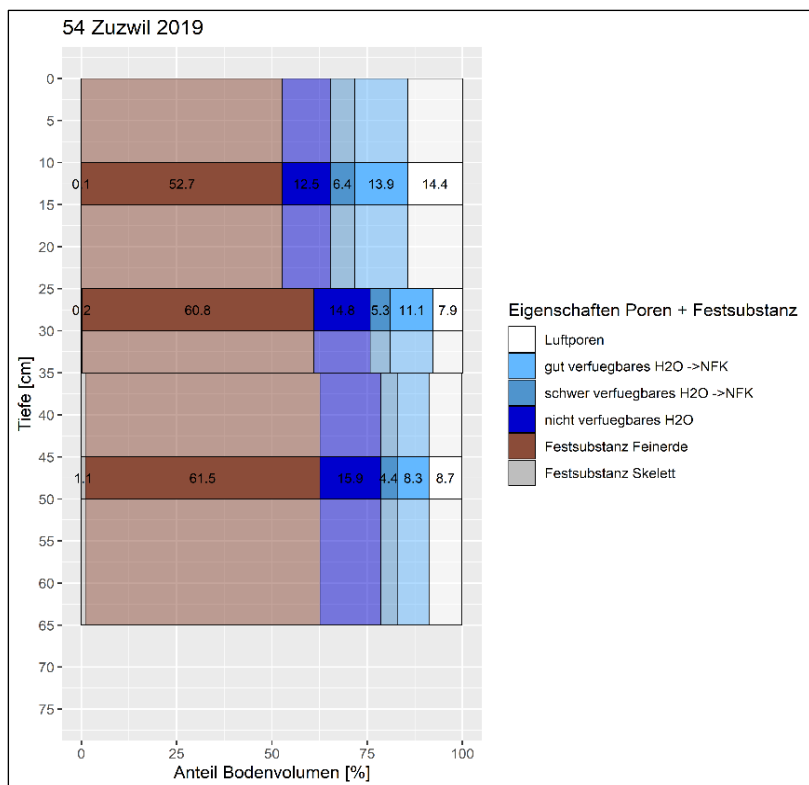


Die Zylinderproben wurden in drei für den Boden repräsentativen Tiefen im Oberboden «Ah,p-Horizont» (10-15 cm), im Übergangshorizont «AB-Horizont» (25-30 cm) und im Unterboden «Bw-Horizont» (45-50 cm) entnommen.

Es liegen für alle 24 Zylinderproben Messergebnisse der Porosität vor. Bei der Messung der Luftpermeabilität waren vor allem in den unteren Entwässerungsstufen (pF 1.5 und 2.0) viele Werte unter der Nachweisgrenze.

Statistische Kenngrößen der gemessenen, physikalischen Parameter:

Standort Nr. 54		27.02.19								
Parameter		mittl.Tiefe cm	n	Min	Max	Med	IQR	Mw	VI	s
vol. WG feldfrisch	[Vol %]	12.5	8	25.0	30.4	28.7	2.6	28.3	1.5	1.8
		27.5	8	26.0	31.7	28.6	1.9	28.6	1.4	1.7
		47.5	8	25.1	28.7	27.4	1.4	27.2	1.0	1.2
grav. WG feldfrisch	[g/g %]	12.5	8	18.6	21.4	21.0	1.4	20.5	0.9	1.0
		27.5	8	15.8	22.0	17.3	1.9	18.0	1.6	1.9
		47.5	8	15.5	16.9	16.3	0.4	16.3	0.4	0.4
LD (FS)	[g/cm ³]	12.5	8	1.34	1.42	1.39	0.05	1.38	0.03	0.03
		27.5	8	1.44	1.69	1.61	0.09	1.60	0.07	0.08
		47.5	8	1.62	1.71	1.66	0.05	1.66	0.03	0.03
Gesamtporen	[Vol %]	12.5	8	45.6	48.7	46.8	2.1	47.2	1.0	1.2
		27.5	8	35.5	45.0	38.5	3.4	39.0	2.5	3.0
		47.5	8	35.6	39.1	37.4	2.1	37.4	1.1	1.3
Luftporen pF <1.8	[Vol %]	12.5	8	11.0	19.4	14.1	3.5	14.4	2.3	2.7
		27.5	8	4.6	11.1	8.1	3.1	7.9	1.8	2.2
		47.5	8	6.2	12.2	8.6	3.1	8.7	1.7	2.1
PV gut verfügb. Wasser pF 1.8 – 3.5	[Vol %]	12.5	8	11.0	17.2	13.7	3.7	13.9	1.9	2.3
		27.5	8	8.0	13.9	11.4	3.3	11.0	1.7	2.1
		47.5	8	6.4	9.9	8.4	1.3	8.3	0.9	1.1
PV schwer verfügb. Wasser pF 3.5-4.5	[Vol %]	12.5	8	4.1	8.4	7.2	2.9	6.4	1.4	1.7
		27.5	8	2.7	7.5	5.8	4.1	5.3	1.7	2.1
		47.5	8	2.9	6.8	4.3	1.7	4.4	1.1	1.3
PV nicht verfügb. Wasser pF >4.5	[Vol %]	12.5	8	11.8	13.1	12.5	0.8	12.5	0.4	0.5
		27.5	8	13.7	15.5	15.0	0.8	14.8	0.5	0.6
		47.5	8	15.0	16.7	16.1	0.9	15.9	0.5	0.6
Fests substanz	[Vol %]	12.5	8	51.3	54.4	53.2	2.1	52.8	1.0	1.2
		27.5	8	55.0	64.5	61.5	3.4	61.0	2.5	3.0
		47.5	8	60.9	64.4	62.6	2.1	62.6	1.1	1.3
Feinerde	[Vol %]	12.5	8	51.2	54.3	53.1	2.1	52.7	1.0	1.2
		27.5	8	54.9	64.3	61.3	3.4	60.8	2.5	3.0
		47.5	8	59.9	63.3	61.5	2.1	61.5	1.0	1.2
Skelett	[Vol %]	12.5	8	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
		27.5	8	0.1	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0
		47.5	8	1.0	1.1	1.1	0.0	1.1	0.0	0.0
grobe Grobporen pF <1.5	[Vol %]	12.5	8	7.1	15.9	9.2	3.6	10.0	2.5	2.9
		27.5	8	3.7	8.8	6.4	2.6	6.3	1.5	1.7
		47.5	8	4.6	10.0	6.8	3.0	6.9	1.6	1.9
mittlere Grobporen pF 1.5-1.8	[Vol %]	12.5	8	2.5	5.9	4.4	1.6	4.4	0.9	1.1
		27.5	8	0.9	2.3	1.7	0.6	1.7	0.4	0.4
		47.5	8	1.5	2.1	1.8	0.3	1.8	0.2	0.2
feine Grobporen pF 1.8-2.0	[Vol %]	12.5	8	1.8	3.3	2.2	0.6	2.3	0.4	0.5
		27.5	8	1.1	1.4	1.2	0.2	1.2	0.1	0.1
		47.5	8	0.7	1.0	0.8	0.2	0.8	0.1	0.1
grobe Mittelporen pF 2.0-2.5	[Vol %]	12.5	8	2.0	5.0	3.7	0.7	3.7	0.7	0.9
		27.5	8	1.6	3.0	2.9	0.8	2.6	0.4	0.5
		47.5	8	1.9	2.5	2.2	0.5	2.2	0.2	0.3
grobe Mittelporen pF 2.5-3.0	[Vol %]	12.5	8	2.4	5.6	4.2	1.2	4.0	0.9	1.0
		27.5	8	2.8	5.6	4.4	1.4	4.5	0.8	0.9
		47.5	8	2.6	3.2	2.9	0.4	2.9	0.2	0.2
mittlere Mittelporen pF 3.0-3.5	[Vol %]	12.5	8	2.7	5.2	3.8	1.6	3.9	0.8	1.0
		27.5	8	0.8	4.2	3.1	2.2	2.8	1.1	1.3
		47.5	8	1.1	3.3	2.3	1.1	2.4	0.6	0.7
feine Mittelporen pF 3.5-4.2	[Vol %]	12.5	8	4.1	8.4	7.2	2.9	6.4	1.4	1.7
		27.5	8	2.7	7.5	5.8	4.1	5.3	1.7	2.1
		47.5	8	2.9	6.8	4.3	1.7	4.4	1.1	1.3
Feinporen pF >4.2	[Vol %]	12.5	8	11.8	13.1	12.5	0.8	12.5	0.4	0.5
		27.5	8	13.7	15.5	15.0	0.8	14.8	0.5	0.6
		47.5	8	15.0	16.7	16.1	0.9	15.9	0.5	0.6



Die Interpretation der Luft- und Wasserporen über das gesamte Bodenprofil: Der Anteil an Luftporen ist vor allem im Überganshorizont «AB» ungenügend und unter dem Richtwert. Der Boden weist bis 50 cm eine geringe, jedoch Dank der anrechenbaren Gründigkeit von 100 cm insgesamt eine hohe nutzbare Feldkapazität (nFk) auf.

54 Zuzwil		PNG cm: 100		Verfügbarkeit Wasser pro Schicht L/m ²			Verfügbarkeit Wasser aufsummiert L/m ²			
Horizont	Tiefe cm von/bis	Boden L/m ²	% Luftporen	gut	schwer	nFk	bis cm Tiefe	gut	schwer	nFk
Ah,p	0 25	210	14.4	34.8	16.0	50.8	25	34.8	16.0	50.8
AB	25 35	140	7.9	11.0	5.3	16.3	35	45.8	21.3	67.1
Bw	35 50	150	8.7	12.5	6.7	19.2	50	58.3	27.9	86.2
Bw / B(t)cn	50 100	500	8.7	41.6	22.2	63.8	100	99.9	50.2	150.1

Der Boden weist unterhalb 25 cm z.T. ein leicht verminderter Anteil an Grobporen auf. Die gemessenen Werte für Luftpermeabilität und Gasdiffusion sind ungenügend.

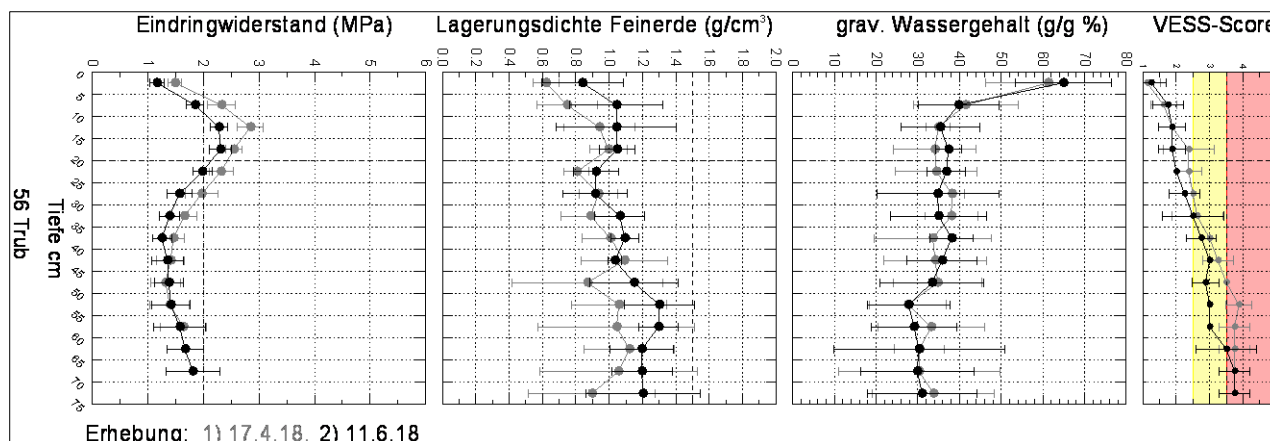
	mittlere Tiefe [cm]	pF	Porenvolumen [Vol%]		Luftpermeabilität [μm^2]				Gasdiffusion []			
			n	Mw	n	Min	Max	Med	n	Min	Max	Med
54 Zuzwil	12.5	1.5	8	10.0	4	3.35	12.71	7.31	8	0.0005	0.0070	0.0035
		1.8	8	14.4	8	2.31	28.92	10.90	8	0.0014	0.0162	0.0060
		2.0	8	16.7	8	3.16	35.16	23.44	8	0.0036	0.0262	0.0139
		2.5	8	20.4	8	30.81	73.87	49.18	8	0.0175	0.0410	0.0247
	27.5	1.5	8	6.3	2	2.23	2.42	2.32	8	0.0003	0.0042	0.0012
		1.8	8	7.9	4	2.15	3.11	2.63	7	0.0018	0.0032	0.0026
		2.0	8	9.2	5	2.87	25.28	3.21	8	0.0021	0.0113	0.0046
		2.5	8	11.8	7	2.87	45.03	7.45	8	0.0042	0.0177	0.0087
	47.5	1.5	8	6.9	4	2.29	4.80	3.70	6	0.0009	0.0030	0.0017
		1.8	8	8.7	8	2.24	8.27	3.95	7	0.0026	0.0071	0.0033
		2.0	8	9.6	8	2.43	9.38	4.67	8	0.0033	0.0086	0.0053
		2.5	8	11.8	8	3.30	15.54	6.42	8	0.0051	0.0113	0.0087

6.6 56 Trub (Graslandstandort)

Heterogener, mässig tiefgründiger, saurer Boden, der mittelintensiv als Grasland genutzt wird.

56 TRU 1-7 Bodenansprache Mittel aus 4 Bohrprofilen Foto	Normal durchlässige, mässig tiefgründige Saure Braunerde, sauer							11.06.2018 Eindringwiderstand, Schichtproben						
	17.04.2018		Schichttiefe cm von / bis	Gehalte (%) bestimmt Profil Ersterhebung					11.06.2018 Probenahme Zylinderproben					
	Tiefe	Horizont		OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	Tiefe von bis	Gehalt (%) bestimt aus FE Zylinderproben				
									OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	
	15.0	Ah	0 5	3.3	5.7	17	48	35						
			5 10	3.3	5.7	17	48	35	5 10	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	28.5	AB	10 15	3.3	5.7	17	48	35						
			15 20	3.3	5.7	17	48	35	15 20	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	47.3	Bw	20 25	2.5	4.2	17	47	36						
			25 30	1.9	3.3	17	46	37						
			30 35	1.9	3.3	17	46	37						
			35 40	1.9	3.3	17	46	37	35 40	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	64.4	B/E	40 45	0.6	1.0	17	52	31						
			45 50	0.6	1.0	17	52	31						
			50 55	0.6	1.0	17	52	31						
			55 60	0.6	1.0	17	52	31						
	70.1	C	60 65	0.6	1.0	17	52	31						
			65 70	0.6	1.0	17	52	31						
			70 75	0.6	1.0	17	52	31						

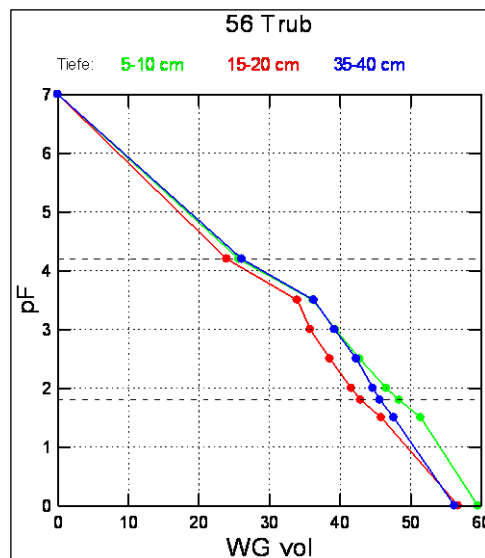
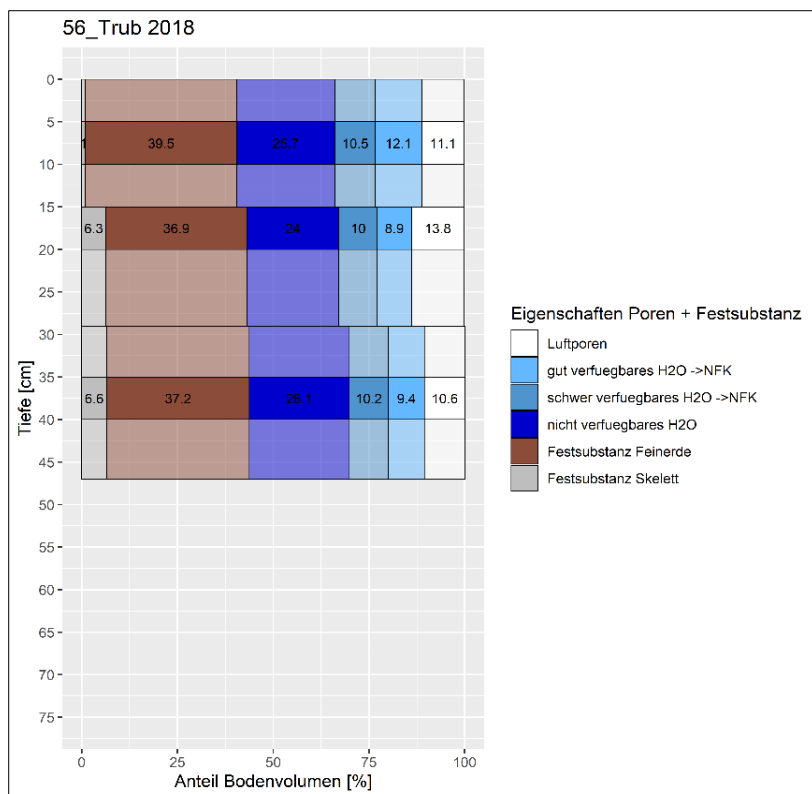
Der Eindringwiderstand und die Lagerungsdichte sind im Oberboden leicht vermindert. Die Gefügequalität ist in den oberen beiden Horizonten gut bis sehr gut und nimmt dann kontinuierlich ab.



Die Zylinderproben wurden in drei für den Boden repräsentativen Tiefen im Oberboden «Ah-Horizont» (5-10 cm), im Übergangshorizont «AB-Horizont» (15-20 cm) und im Unterboden «Bw-Horizont» (35-40 cm) entnommen. In den unteren beiden Schichten war die Entnahme wegen erhöhtem Skelettgehalt erschwert. Im mittleren Horizont musste eine Zylinderprobe verworfen werden.

Statistische Kenngrößen der gemessenen, physikalischen Parameter:

Standort Nr. 56		11.06.18								
Parameter		mittl. Tiefe cm	n	Min	Max	Med	IQR	Mw	VI	s
vol. WG feldfrisch	[Vol %]	7.5	8	35.5	48.5	44.0	8.4	42.8	4.1	4.9
		17.5	7	34.0	41.3	39.8	2.0	39.1	2.3	2.5
		37.5	8	36.9	48.1	43.8	6.0	43.3	3.3	3.9
grav. WG feldfrisch	[g/g %]	7.5	8	31.5	52.8	39.5	12.7	41.9	6.5	7.7
		17.5	7	26.7	40.4	34.8	2.5	34.9	3.9	4.2
		37.5	8	29.4	46.1	38.5	8.1	37.8	4.7	5.6
LD (FS)	[g/cm ³]	7.5	8	0.92	1.13	1.04	0.18	1.03	0.08	0.09
		17.5	7	0.97	1.27	1.13	0.09	1.13	0.09	0.09
		37.5	8	0.95	1.26	1.18	0.13	1.16	0.09	0.10
Gesamporen	[Vol %]	7.5	8	55.3	64.1	59.2	6.6	59.5	3.0	3.6
		17.5	7	51.4	63.0	56.6	3.8	56.7	3.4	3.6
		37.5	8	52.1	64.3	55.2	4.9	56.2	3.3	4.0
Luftporen pF <1.8	[Vol %]	7.5	8	6.4	14.3	12.3	4.5	11.1	2.4	2.9
		17.5	7	8.9	20.9	12.5	3.6	13.8	3.5	3.8
		37.5	8	4.8	18.5	10.5	4.7	10.6	3.5	4.2
PV gut verfügb. Wasser pF 1.8 – 3.5	[Vol %]	7.5	8	10.2	15.8	12.0	2.5	12.2	1.6	1.9
		17.5	7	8.0	9.5	8.9	0.7	9.0	0.5	0.5
		37.5	8	7.8	11.2	9.2	1.6	9.4	0.9	1.1
PV schwer verfügb. Wasser pF 3.5-4.5	[Vol %]	7.5	8	4.2	16.3	10.3	9.4	10.5	4.1	4.9
		17.5	7	4.6	12.5	10.7	1.0	10.0	2.3	2.5
		37.5	8	7.1	13.5	10.5	1.9	10.2	1.6	1.9
PV nicht verfügb. Wasser pF >4.5	[Vol %]	7.5	8	24.1	28.7	25.0	2.7	25.7	1.4	1.7
		17.5	7	22.9	25.5	24.2	1.3	24.0	0.9	0.9
		37.5	8	20.4	30.2	26.7	4.9	26.1	2.8	3.4
Fests substanz	[Vol %]	7.5	8	35.9	44.7	40.8	6.6	40.5	3.0	3.6
		17.5	7	37.0	48.6	43.4	3.8	43.3	3.4	3.6
		37.5	8	35.7	47.9	44.8	4.9	43.8	3.3	4.0
Feinerde	[Vol %]	7.5	8	34.6	43.0	39.3	6.3	39.0	2.9	3.4
		17.5	7	35.5	46.6	41.6	3.7	41.5	3.2	3.5
		37.5	8	32.0	43.0	40.2	4.4	39.3	3.0	3.6
Skelett	[Vol %]	7.5	8	1.3	1.6	1.5	0.3	1.5	0.1	0.1
		17.5	7	1.5	2.0	1.8	0.2	1.7	0.1	0.1
		37.5	8	3.7	4.9	4.6	0.5	4.5	0.3	0.4
grobe Grobporen pF <1.5	[Vol %]	7.5	8	4.8	12.1	8.1	5.4	8.1	2.4	2.9
		17.5	7	6.8	18.5	10.2	2.0	10.9	3.4	3.7
		37.5	8	3.9	16.4	8.2	4.2	8.6	3.2	3.8
mittlere Grobporen pF 1.5-1.8	[Vol %]	7.5	8	1.6	5.1	2.6	1.9	3.0	1.1	1.3
		17.5	7	2.1	4.3	2.4	1.4	2.9	0.8	0.9
		37.5	8	0.9	3.2	1.8	1.3	2.0	0.7	0.9
feine Grobporen pF 1.8-2.0	[Vol %]	7.5	8	1.4	2.3	1.9	0.6	1.9	0.3	0.4
		17.5	7	1.2	1.5	1.3	0.1	1.3	0.1	0.1
		37.5	8	0.9	1.3	0.9	0.1	1.0	0.1	0.1
grobe Mittelporen pF 2.0-2.5	[Vol %]	7.5	8	2.8	4.5	3.8	0.8	3.7	0.5	0.6
		17.5	7	2.8	3.3	3.0	0.1	3.0	0.1	0.1
		37.5	8	2.0	3.3	2.2	0.3	2.4	0.3	0.4
grobe Mittelporen pF 2.5-3.0	[Vol %]	7.5	8	2.1	5.7	3.2	0.7	3.4	0.9	1.0
		17.5	7	1.9	3.3	2.9	0.5	2.8	0.4	0.5
		37.5	8	2.2	4.4	3.1	0.8	3.1	0.6	0.7
mittlere Mittelporen pF 3.0-3.5	[Vol %]	7.5	8	1.7	3.9	3.4	0.8	3.2	0.6	0.7
		17.5	7	1.5	2.3	1.8	0.5	1.8	0.3	0.3
		37.5	8	2.1	4.2	2.9	1.4	2.9	0.7	0.8
feine Mittelporen pF 3.5-4.2	[Vol %]	7.5	8	4.2	16.3	10.3	9.4	10.5	4.1	4.9
		17.5	7	4.6	12.5	10.7	1.0	10.0	2.3	2.5
		37.5	8	7.1	13.5	10.5	1.9	10.2	1.6	1.9
Feinporen pF >4.2	[Vol %]	7.5	8	24.1	28.7	25.0	2.7	25.7	1.4	1.7
		17.5	7	22.9	25.5	24.2	1.3	24.0	0.9	0.9
		37.5	8	20.4	30.2	26.7	4.9	26.1	2.8	3.4



Die Interpretation der Luft- und Wasserporen über das gesamte Bodenprofil: Der gesamte Boden hat einen hohen Anteil an Luftporen. Der Boden weist bis 50 cm Tiefe und bezogen auf die gesamte pflanzennutzbare Gründigkeit von 65 cm eine mittlere nutzbare Feldkapazität (nFk) auf.

56 Trub		PNG cm: 65		Verfügbarkeit Wasser pro Schicht L/m ²			Verfügbarkeit Wasser aufsummiert L/m ²			
Horizont	Tiefe cm von/bis	Boden L/m ²	% Luftporen	gut	schwer	nFk	bis cm Tiefe	gut	schwer	nFk
Ah	0 15	150	11.1	18.3	15.8	34.1	15	18.3	15.8	34.1
AB	15 29	140	13.8	12.6	14.0	26.6	29	30.9	29.8	60.6
Bw	29 50	210	10.6	19.7	21.4	41.1	50	50.6	51.2	101.7
B/E	50 65	150	10.6	14.1	15.3	29.3	65	64.6	66.4	131.1

Die Porenvolumina der Grob- und feinen Mittelporen sind hoch. Die gemessenen Werte der Luftpermeabilität und Gasdiffusion sind dagegen selbst im Oberboden ungenügend, d.h. unterhalb des Richtwertes.

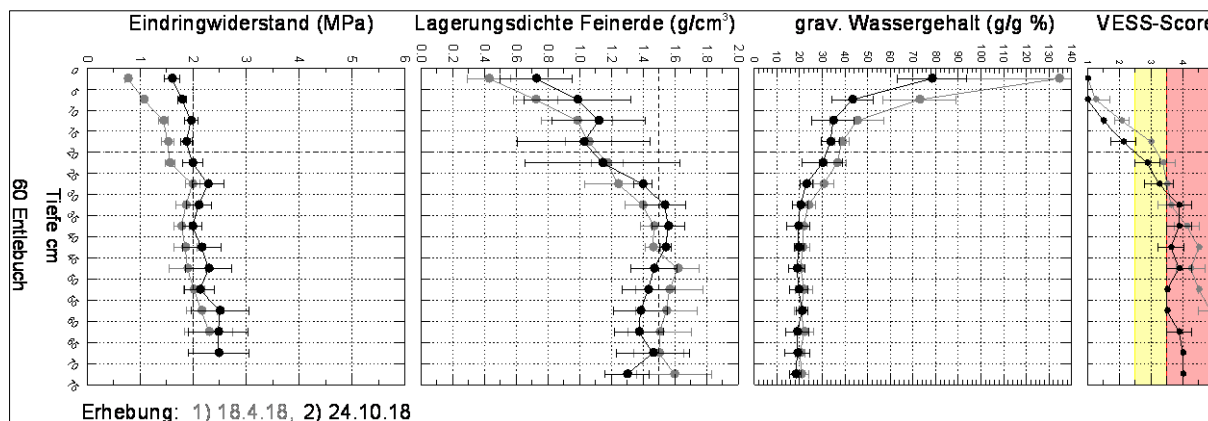
	mittlere Tiefe [cm]	pF	Porenvolumen [Vol%]		Luftpermeabilität [μm^2]				Gasdiffusion []			
			n	Mw	n	Min	Max	Med	n	Min	Max	Med
56 Trub	7.5	1.5	8	8.1	5	2.82	19.48	9.02	7	0.0000	0.0071	0.0006
		1.8	8	11.1	7	2.59	24.10	16.51	7	0.0006	0.0135	0.0123
		2.0	8	13.0	7	3.54	43.10	25.07	8	0.0003	0.0228	0.0187
		2.5	8	16.7	8	9.59	192.75	73.26	8	0.0101	0.0474	0.0373
	17.5	1.5	8	9.5	7	2.64	40.29	3.52	7	0.0024	0.0185	0.0042
		1.8	7	13.8	7	3.67	58.86	14.52	7	0.0056	0.0265	0.0098
		2.0	8	13.3	7	4.78	66.60	18.29	7	0.0089	0.0338	0.0123
		2.5	8	15.9	7	12.47	143.39	30.56	7	0.0172	0.0552	0.0252
	37.5	1.5	8	8.6	3	3.84	38.32	4.95	7	0.0009	0.0176	0.0019
		1.8	8	10.6	7	2.46	44.64	3.58	7	0.0003	0.0172	0.0039
		2.0	8	11.6	7	2.94	54.46	3.99	8	0.0006	0.0331	0.0051
		2.5	8	13.9	7	4.59	88.54	6.85	8	0.0016	0.0494	0.0092

6.7 60 Entlebuch (Graslandstandort)

Hangwassergeprägter, drainierter Boden, der als Graslandstandort intensiv genutzt wird.

60 ENT 1-7 Bodenansprache Mittel aus 4 Bohrprofilen Foto	Hangwassergeprägter, häufig bis zur Oberfläche porengesättigter, ziemlich flachgründiger Buntgley, sehr stark gleyig, schwach sauer, drainiert							04.10.2018 Eindringwiderstand, Schichtproben								
	18.04.2018		Gehalte (%) bestimmt Profil Ersterhebung					04.10.2018 Probenahme Zylinderproben								
	Tiefe	Horizont	Schichttiefe cm		OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	Tiefe		Gehalt (%) bestimmt aus FE Zylinderproben				
		von / bis	von / bis						von	bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	
	7.4	Ah	0	5	3.9	6.7	18	26	56							
			5	10	3.9	6.7	18	26	56							
	19.5	Ah,g	10	15	3.9	6.7	18	26	56	10	15	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
			15	20	3.9	6.7	18	26	56							
	32.9	Ah/Bg(g)	20	25	3.9	6.7	18	26	56							
			25	30	0.5	0.9	12	23	65	25	30	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
			30	35	0.5	0.9	12	23	65							
			35	40	0.5	0.9	12	23	65							
	66.3 73.4	Bgg	40	45	0.3	0.5	16	25	59	40	45	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
			45	50	0.3	0.5	16	25	59							
			50	55	0.3	0.5	16	25	59							
			55	60	0.3	0.5	16	25	59							
			60	65	0.3	0.5	16	25	59							
			65	70	0.3	0.5	19	28	53							
	B(t),gg	70	75	0.3	0.5	19	28	53								

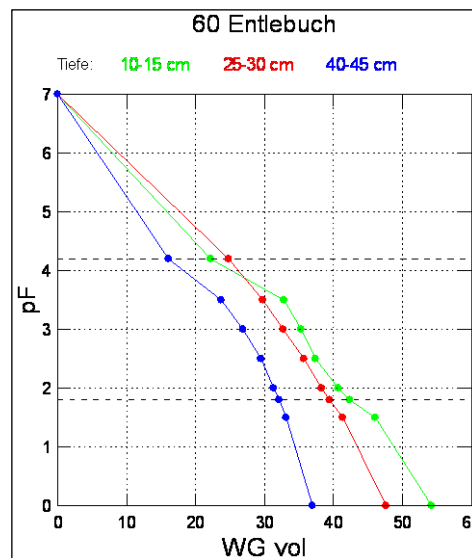
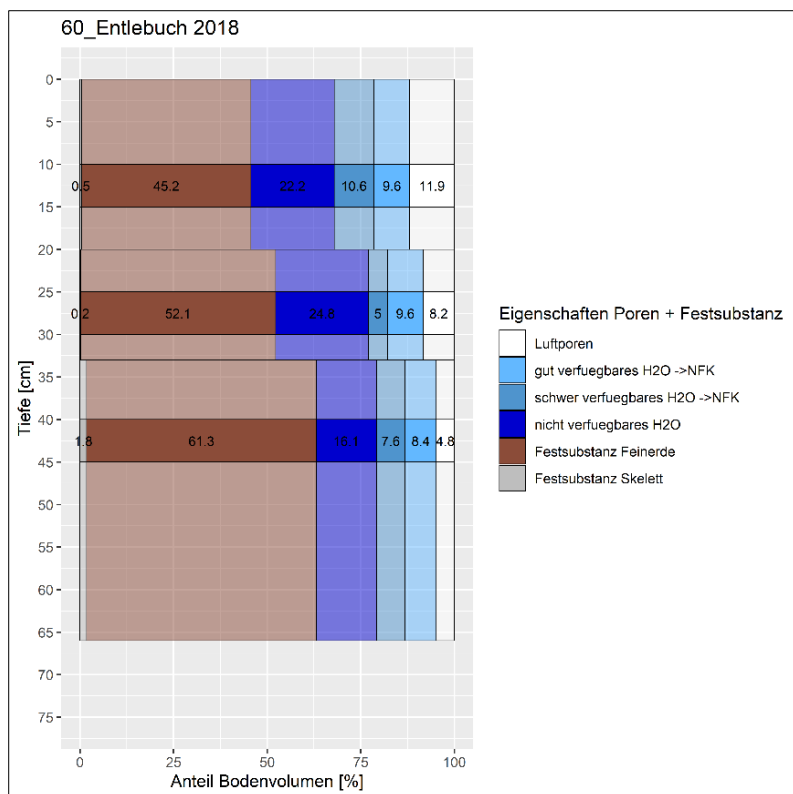
Die Erhöhung der Lagerungsdichte und die schlechtere Beurteilung der Gefügequalität unterhalb von 30 cm stimmen mit dem abrupten Horizontwechsels zum Bgg-Horizont überein und sind daher auf die natürlichen Bodeneigenschaften zurückzuführen.



Die Zylinderproben wurden in drei für den Boden repräsentativen Tiefen im Oberboden «Ah,g-Horizont» (10-15 cm), im Übergangshorizont «Ah/Bg(g)-Horizont» (25-30 cm) und im Unterboden «Bgg-Horizont» (40-45 cm) entnommen. Die Porositätsmessung konnte an allen entnommen 24 Stechzylinderproben ausgeführt werden.

Statistische Kenngrößen der gemessenen, physikalischen Parameter:

Standort Nr. 60		04.10.18								
Parameter		mittl.Tiefe cm	n	Min	Max	Med	IQR	Mw	VI	s
vol. WG feldfrisch	[Vol %]	12.5	8	38.3	40.7	39.0	0.8	39.1	0.6	0.7
		27.5	8	34.0	39.7	36.4	3.4	36.4	1.7	2.1
		42.5	8	26.7	33.8	30.5	2.2	30.5	1.7	2.1
grav. WG feldfrisch	[g/g %]	12.5	8	31.9	36.6	32.7	1.1	33.2	1.2	1.5
		27.5	8	22.7	31.2	25.8	5.3	26.6	2.7	3.2
		42.5	8	14.9	22.2	18.0	1.4	18.2	1.7	2.0
LD (FS)	[g/cm3]	12.5	8	1.11	1.24	1.19	0.03	1.18	0.03	0.04
		27.5	8	1.27	1.50	1.39	0.20	1.38	0.08	0.10
		42.5	8	1.53	1.80	1.71	0.07	1.68	0.07	0.08
Gesamtporen	[Vol %]	12.5	8	51.9	57.0	54.1	1.0	54.2	1.2	1.4
		27.5	8	43.0	52.0	47.4	7.4	47.6	3.1	3.7
		42.5	8	32.7	42.9	36.0	2.5	37.0	2.5	3.0
Luftporen pF <1.8	[Vol %]	12.5	8	9.5	13.0	12.0	1.0	11.9	0.9	1.1
		27.5	8	3.3	13.2	8.1	2.2	8.2	2.3	2.8
		42.5	8	2.7	7.2	4.9	2.2	4.8	1.3	1.5
PV gut verfügb. Wasser pF 1.8 – 3.5	[Vol %]	12.5	8	7.9	11.1	9.6	1.4	9.5	0.9	1.0
		27.5	8	8.6	11.3	9.3	1.5	9.7	0.8	1.0
		42.5	8	7.5	9.9	8.0	1.5	8.4	0.8	1.0
PV schwer verfügb. Wasser pF 3.5-4.5	[Vol %]	12.5	8	9.3	12.0	10.6	1.5	10.6	0.8	1.0
		27.5	8	1.7	7.7	5.2	3.4	5.0	1.8	2.1
		42.5	8	5.0	10.2	7.6	1.5	7.6	1.3	1.6
PV nicht verfügb. Wasser pF >4.5	[Vol %]	12.5	8	20.9	24.1	22.2	1.8	22.2	0.9	1.1
		27.5	8	20.5	27.8	25.5	4.0	24.8	2.2	2.7
		42.5	8	14.5	18.7	15.5	2.2	16.1	1.3	1.5
Fests substanz	[Vol %]	12.5	8	43.0	48.1	45.9	1.0	45.8	1.2	1.4
		27.5	8	48.0	57.0	52.6	7.4	52.4	3.1	3.7
		42.5	8	57.1	67.3	64.0	2.5	63.0	2.5	3.0
Feinerde	[Vol %]	12.5	8	42.8	47.8	45.6	1.0	45.4	1.2	1.4
		27.5	8	47.2	56.1	51.7	7.3	51.5	3.1	3.7
		42.5	8	53.3	62.8	59.8	2.4	58.9	2.3	2.8
Skelett	[Vol %]	12.5	8	0.3	0.3	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0
		27.5	8	0.8	1.0	0.9	0.1	0.9	0.1	0.1
		42.5	8	3.8	4.4	4.2	0.2	4.2	0.2	0.2
grobe Grobporen pF <1.5	[Vol %]	12.5	8	7.0	9.7	7.8	1.9	8.2	0.9	1.1
		27.5	8	2.3	10.7	6.3	1.3	6.3	1.9	2.3
		42.5	8	2.1	5.5	3.9	1.8	3.8	1.0	1.2
mittlere Grobporen pF 1.5-1.8	[Vol %]	12.5	8	2.5	5.1	3.6	2.1	3.7	1.0	1.2
		27.5	8	1.0	2.7	1.7	0.9	1.9	0.5	0.6
		42.5	8	0.6	1.7	0.9	0.4	1.0	0.3	0.3
feine Grobporen pF 1.8-2.0	[Vol %]	12.5	8	1.5	1.9	1.7	0.2	1.7	0.1	0.1
		27.5	8	0.9	1.4	1.2	0.1	1.2	0.1	0.2
		42.5	8	0.6	1.2	0.8	0.3	0.8	0.2	0.2
grobe Mittelporen pF 2.0-2.5	[Vol %]	12.5	8	2.6	3.8	3.4	0.8	3.3	0.4	0.5
		27.5	8	2.2	2.8	2.6	0.4	2.5	0.2	0.2
		42.5	8	1.4	2.3	1.8	0.4	1.8	0.2	0.3
grobe Mittelporen pF 2.5-3.0	[Vol %]	12.5	8	1.5	2.7	2.1	0.7	2.1	0.3	0.4
		27.5	8	2.3	3.8	3.0	0.6	3.0	0.4	0.5
		42.5	8	2.3	3.1	2.5	0.4	2.6	0.2	0.3
mittlere Mittelporen pF 3.0-3.5	[Vol %]	12.5	8	1.0	3.1	2.5	0.5	2.5	0.5	0.7
		27.5	8	2.3	3.9	2.9	0.7	2.9	0.4	0.5
		42.5	8	2.8	3.7	3.1	0.3	3.2	0.2	0.3
feine Mittelporen pF 3.5-4.2	[Vol %]	12.5	8	9.3	12.0	10.6	1.5	10.6	0.8	1.0
		27.5	8	1.7	7.7	5.2	3.4	5.0	1.8	2.1
		42.5	8	5.0	10.2	7.6	1.5	7.6	1.3	1.6
Feinporen pF >4.2	[Vol %]	12.5	8	20.9	24.1	22.2	1.8	22.2	0.9	1.1
		27.5	8	20.5	27.8	25.5	4.0	24.8	2.2	2.7
		42.5	8	14.5	18.7	15.5	2.2	16.1	1.3	1.5



Die Interpretation der Luft- und Wasserporen über das gesamte Bodenprofil: Der Boden hat bis in 33 cm Tiefe einen hohen Anteil an Luftporen. Der Boden weist bis 50 cm Tiefe eine geringe und bis 76 cm Tiefe eine mittlere nutzbare Feldkapazität (nFk) auf.

60 Entlebuch		PNG cm: 40		Verfügbarkeit Wasser pro Schicht L/m ²			Verfügbarkeit Wasser aufsummiert L/m ²			
Horizont	Tiefe cm von/bis	Boden L/m ²	% Luftporen	gut	schwer	nFk	bis cm Tiefe	gut	schwer	nFk
Ah	0 20	200	11.9	19.1	21.3	40.3	20	19.1	21.3	40.3
AB	20 33	130	8.2	12.6	6.5	19.0	33	31.6	27.7	59.4
B(cn)	33 50	170	4.8	14.3	13.0	27.3	50	45.9	40.7	86.6
Bcn,t	50 66	160	4.8	13.4	12.2	25.7	66	59.3	52.9	112.3

Die Porosität bis pF 2.5 ist im Unterboden stark eingeschränkt. Der Anteil an Luftporen (pF<1.8) ist in 25-30 cm Tiefe unterhalb des Prüfwerts (< 5). Die gemessenen Werte für Luftpermeabilität und Gasdiffusion sind ebenfalls ungenügend.

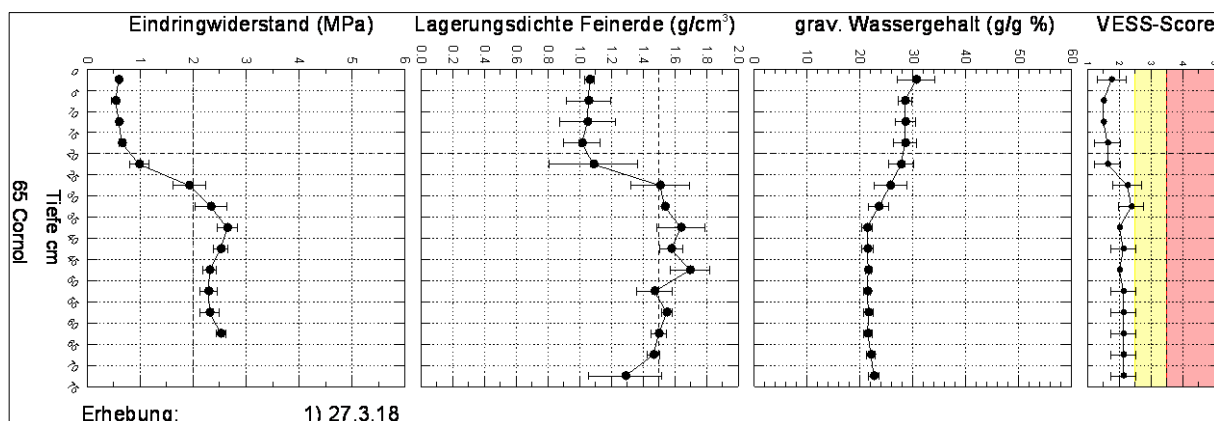
	mittlere Tiefe [cm]	pF	Porenvolumen [Vol%]		Luftpermeabilität [µm ²]			Gasdiffusion []				
			n	Mw	n	Min	Max	Med	n	Min	Max	Med
60 Entlebuch	12.5	1.5	8	8.2	8	4.77	45.43	6.32	8	0.0037	0.0175	0.0058
		1.8	8	11.9	8	11.92	74.26	22.81	8	0.0139	0.0289	0.0182
		2.0	8	13.5	8	17.46	110.48	36.63	8	0.0215	0.0396	0.0279
		2.5	8	16.8	8	56.02	194.71	90.30	8	0.0162	0.0573	0.0450
	27.5	1.5	8	6.3	4	2.30	9.69	2.40	8	0.0002	0.0053	0.0015
		1.8	8	8.2	8	2.31	31.04	4.09	8	0.0016	0.0120	0.0046
		2.0	8	9.4	6	4.43	38.00	7.63	8	0.0023	0.0158	0.0065
		2.5	8	11.9	8	3.86	53.67	15.41	8	0.0065	0.0234	0.0158
	42.5	1.5	8	3.8	0				7	0.0002	0.0100	0.0011
		1.8	8	4.8	1			149.68	6	0.0001	0.0037	0.0010
		2.0	8	5.6	2	2.33	164.55	83.44	6	0.0003	0.0119	0.0024
		2.5	8	7.5	6	2.36	159.84	3.69	7	0.0026	0.0186	0.0070

6.8 65 Cornol (Ackerstandort)

Sehr tiefgründiger Löss-Boden, der intensiv ackerbaulich genutzt wird.

65 COR 1-7 Bodenansprache Mittel aus 4 Bohrprofilen Foto	Normal durchlässige, sehr tiefgründige Braunerde, schwach sauer, schwach pseudogleyig, tonhüllig							27.03.2018 Eindringwiderstand, Schichtproben										
	27.03.2018		Schichttiefe cm		Gehalte (%) bestimmt Profil Ersterhebung			27.03.2018		Probenahme Zylinderproben								
	Tiefe	Horizont	von / bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	Tiefe	von	bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand		
	25.5	Ahp	0	5	1.4	2.4	18	64	18									
			5	10	1.4	2.4	18	64	18									
			10	15	1.4	2.4	18	64	18	10	15	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.		
			15	20	1.4	2.4	18	64	18									
			20	25	1.1	1.9	20	64	16									
	37.6	ABx	25	30	0.7	1.2	24	63	13	25	30	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.		
			30	35	0.7	1.2	24	63	13									
			35	40	0.7	1.2	24	63	13									
	54.7	Bcn	40	45	0.7	1.2	24	63	13									
			45	50	0.7	1.2	24	63	13									
			50	55	0.7	1.2	24	63	13									
	75.5	Bt,cn	55	60	0.7	1.2	24	63	13									
			60	65	0.2	0.3	30	59	11									
			65	70	0.2	0.3	30	59	11	65	70	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.		
			70	75	0.2	0.3	30	59	11									

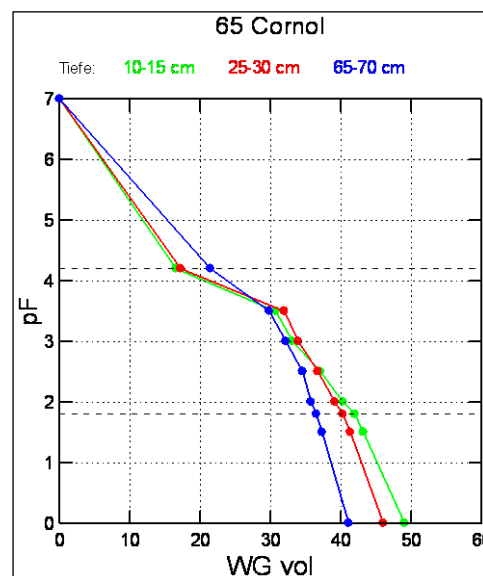
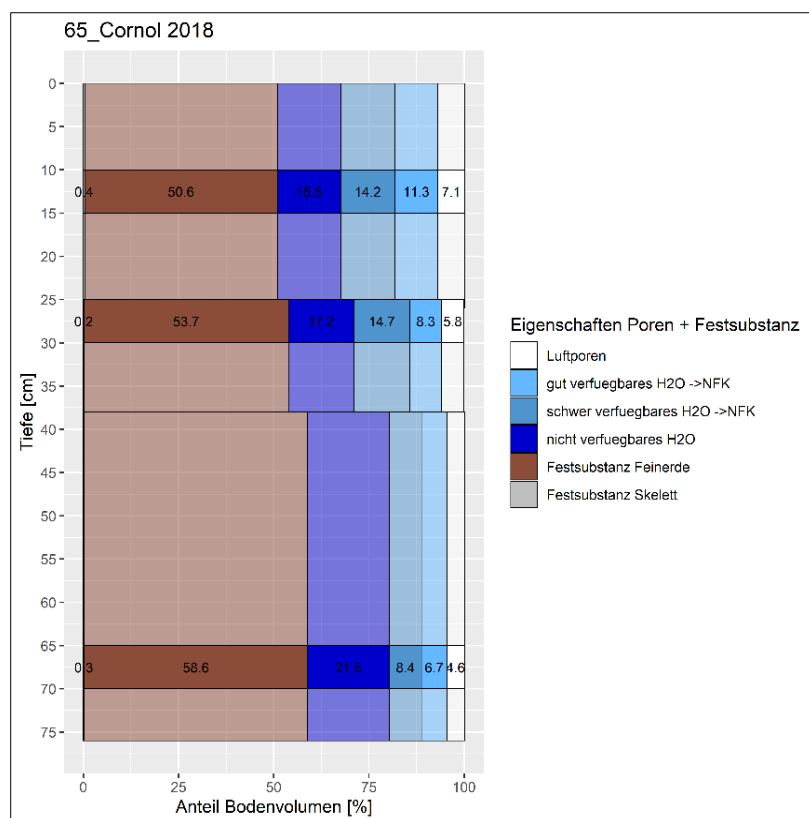
Der Eindringwiderstand und die Lagerungsdichte sind unterhalb von 25 cm Tiefe erhöht. Auch die Beurteilung der Gefügequalität weist darauf hin, dass zwischen 25-38 cm Tiefe, unter der Bearbeitungsschicht, eine durch die Bewirtschaftung verursachte Verdichtung vorliegt.



Die Zylinderproben wurden in drei für den Boden repräsentativen Tiefen im Oberboden «Ah,p-Horizont» (10-15 cm), im Übergangshorizont «ABx-Horizont» (25-30 cm) und im Unterboden «Bt,cn-Horizont» (65-70 cm) entnommen. Im Unterboden war die Entnahme aufgrund des Skeletthaltes leicht erschwert. Es konnten aber alle 24 Stechzylinderproben bestimmt werden.

Statistische Kenngrößen der gemessenen, physikalischen Parameter:

Standort Nr. 65		27.03.18								
Parameter		mittl. Tiefe cm	n	Min	Max	Med	IQR	Mw	VI	s
vol. WG feldfrisch	[Vol %]	12.5	8	37.4	44.5	40.8	1.5	40.9	1.7	2.0
		27.5	8	37.8	41.0	38.7	1.4	39.0	0.9	1.1
		67.5	8	36.0	37.2	36.2	0.7	36.4	0.4	0.4
grav. WG feldfrisch	[g/g %]	12.5	8	28.3	33.3	30.0	1.6	30.4	1.3	1.5
		27.5	8	26.0	28.9	27.3	1.8	27.6	0.9	1.0
		67.5	8	22.8	23.7	23.1	0.7	23.2	0.3	0.4
LD (FS)	[g/cm ³]	12.5	8	1.31	1.39	1.34	0.04	1.35	0.02	0.03
		27.5	8	1.33	1.45	1.43	0.05	1.42	0.03	0.04
		67.5	8	1.54	1.61	1.57	0.03	1.57	0.02	0.02
Gesamtporen	[Vol %]	12.5	8	47.6	50.0	49.4	1.6	49.1	0.8	1.0
		27.5	8	44.8	48.9	45.5	1.8	46.1	1.2	1.4
		67.5	8	39.4	42.4	41.2	1.1	41.1	0.8	0.9
Luftporen pF <1.8	[Vol %]	12.5	8	5.2	11.3	6.5	2.0	7.1	1.6	2.0
		27.5	8	4.0	9.6	5.5	1.9	5.8	1.5	1.8
		67.5	8	2.3	6.4	4.7	1.3	4.6	1.0	1.2
PV gut verfügb. Wasser pF 1.8 – 3.5	[Vol %]	12.5	8	10.0	13.1	10.9	1.2	11.3	0.8	1.0
		27.5	8	7.2	9.9	8.4	0.8	8.4	0.7	0.8
		67.5	8	4.4	9.7	6.2	3.1	6.7	1.7	2.0
PV schwer verfügb. Wasser pF 3.5-4.5	[Vol %]	12.5	8	12.4	16.5	14.0	1.9	14.2	1.2	1.4
		27.5	8	13.6	16.4	14.6	0.9	14.7	0.7	0.8
		67.5	8	5.9	10.2	8.8	2.7	8.4	1.4	1.6
PV nicht verfügb. Wasser pF >4.5	[Vol %]	12.5	8	15.1	18.8	16.4	1.5	16.6	1.0	1.2
		27.5	8	16.0	18.3	17.3	1.4	17.2	0.7	0.9
		67.5	8	18.1	24.9	21.1	3.4	21.5	2.0	2.4
Fests substanz	[Vol %]	12.5	8	50.0	52.4	50.6	1.6	50.9	0.8	1.0
		27.5	8	51.1	55.2	54.5	1.8	53.9	1.2	1.4
		67.5	8	57.6	60.6	58.8	1.1	58.9	0.8	0.9
Feinerde	[Vol %]	12.5	8	49.7	52.1	50.3	1.6	50.7	0.8	1.0
		27.5	8	50.7	54.8	54.1	1.8	53.5	1.2	1.4
		67.5	8	57.3	60.4	58.6	1.1	58.6	0.8	0.9
Skelett	[Vol %]	12.5	8	0.2	0.3	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0
		27.5	8	0.4	0.4	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0
		67.5	8	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0
grobe Grobporen pF <1.5	[Vol %]	12.5	8	4.2	9.5	5.2	1.9	5.9	1.5	1.7
		27.5	8	3.1	8.5	4.4	1.6	4.7	1.4	1.7
		67.5	8	1.6	5.5	4.0	1.2	3.8	1.0	1.2
mittlere Grobporen pF 1.5-1.8	[Vol %]	12.5	8	0.9	1.8	1.2	0.6	1.2	0.3	0.3
		27.5	8	0.9	1.5	1.0	0.3	1.1	0.2	0.2
		67.5	8	0.7	1.0	0.8	0.1	0.8	0.1	0.1
feine Grobporen pF 1.8-2.0	[Vol %]	12.5	8	1.5	1.9	1.7	0.2	1.7	0.1	0.1
		27.5	8	0.8	1.5	1.1	0.3	1.1	0.2	0.2
		67.5	8	0.6	1.1	0.7	0.2	0.8	0.1	0.2
grobe Mittelporen pF 2.0-2.5	[Vol %]	12.5	8	1.9	4.1	3.2	1.0	3.2	0.6	0.7
		27.5	8	1.9	2.8	2.4	0.5	2.4	0.3	0.3
		67.5	8	1.0	1.5	1.2	0.3	1.2	0.1	0.2
grobe Mittelporen pF 2.5-3.0	[Vol %]	12.5	8	3.2	4.8	3.9	1.1	4.0	0.5	0.6
		27.5	8	2.4	3.2	2.8	0.3	2.8	0.2	0.2
		67.5	8	1.5	4.1	2.0	1.6	2.4	0.9	1.0
mittlere Mittelporen pF 3.0-3.5	[Vol %]	12.5	8	1.1	3.3	2.5	0.4	2.4	0.5	0.6
		27.5	8	0.7	2.6	2.3	0.9	2.0	0.5	0.7
		67.5	8	1.0	3.6	2.5	1.7	2.4	0.8	1.0
feine Mittelporen pF 3.5-4.2	[Vol %]	12.5	8	12.4	16.5	14.0	1.9	14.2	1.2	1.4
		27.5	8	13.6	16.4	14.6	0.9	14.7	0.7	0.8
		67.5	8	5.9	10.2	8.8	2.7	8.4	1.4	1.6
Feinporen pF >4.2	[Vol %]	12.5	8	15.1	18.8	16.4	1.5	16.6	1.0	1.2
		27.5	8	16.0	18.3	17.3	1.4	17.2	0.7	0.9
		67.5	8	18.1	24.9	21.1	3.4	21.5	2.0	2.4



Die Interpretation der Luft- und Wasserporen über das gesamte Bodenprofil: Der gesamte Boden hat unterhalb von 25 cm Tiefe einen ungenügenden Anteil Luftporen. Der Boden weist bis 50 cm Tiefe eine mittlere und wegen der sehr grossen pflanzennutzbaren Grundigkeit von 127 cm insgesamt eine sehr hohe nutzbare Feldkapazität (nFk) auf.

65 Cornol		PNG cm: 127		Verfügbarkeit Wasser pro Schicht L/m ²			Verfügbarkeit Wasser aufsummiert L/m ²			
Horizont	Tiefe cm von/bis	Boden L/m ²	% Luftporen	gut	schwer	nFk	bis cm Tiefe	gut	schwer	nFk
Ah,p	0 25	250	7.1	28.1	35.4	63.6	25	28.1	35.4	63.6
ABx	25 38	130	5.8	10.9	19.1	30.0	38	39.0	54.6	93.6
Bcn	38 50	120	4.6	8.0	10.0	18.1	50	47.0	64.6	111.6
Bcn,t	50 127	770	4.6	51.6	64.4	116.0	127	98.6	129.0	227.6

Die Porosität bis pF 2.5 ist unterhalb von 25 cm Tiefe eingeschränkt. Der Anteil Luftporen ist sowohl im Übergangshorizont als auch im Unterboden unterhalb des Richt- (< 7%) resp. des Prüfwertes (<5%). Die gemessenen Werte für die Luftpermeabilität und Gasdiffusion sind ungenügend (siehe 4.1).

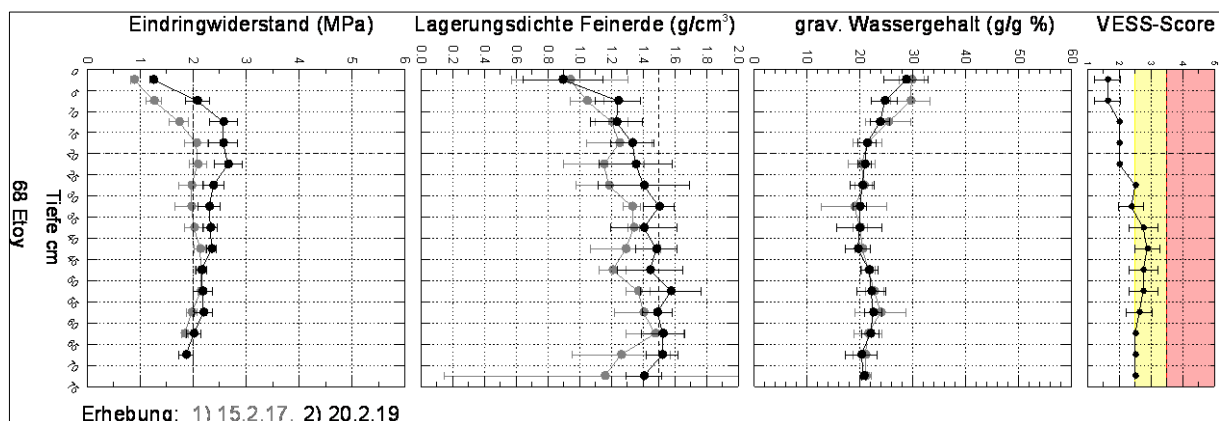
	mittlere Tiefe [cm]	pF	Porenvolumen [Vol%]		Luftpermeabilität [µm ²]			Gasdiffusion []				
			n	Mw	n	Min	Max	Med	n	Min	Max	Med
65 Cornol	12.5	1.5	8	5.8	0				6	0.0002	0.0014	0.0006
		1.8	8	7.1	3	3.27	3.74	3.56	5	0.0007	0.0049	0.0036
		2.0	8	8.8	5	7.76	99.55	28.05	7	0.0005	0.0156	0.0122
		2.5	8	12.0	8	53.87	261.03	125.57	8	0.0149	0.0302	0.0231
	27.5	1.5	8	4.7	2	3.75	18.21	10.98	5	0.0000	0.0032	0.0010
		1.8	8	5.8	2	6.83	24.16	15.50	6	0.0006	0.0038	0.0016
		2.0	8	6.9	3	2.43	32.79	12.30	8	0.0001	0.0062	0.0026
		2.5	8	9.3	8	8.38	101.80	38.42	8	0.0071	0.0166	0.0129
	67.5	1.5	8	3.8	2	4.96	10.85	7.90	7	0.0003	0.0072	0.0013
		1.8	8	4.6	3	2.51	18.35	5.82	7	0.0001	0.0089	0.0022
		2.0	8	5.4	5	2.53	25.68	2.91	7	0.0009	0.0125	0.0030
		2.5	8	6.6	8	2.32	42.78	7.85	8	0.0038	0.0161	0.0059

6.9 68 Etoy (Ackerstandort)

Sehr tiefgründiger Boden, der vielseitig ackerbaulich genutzt wird (**pfluglose Bewirtschaftung**).

68 ETO 1-7 Bodenansprache Mittel aus 4 Bohrprofilen Foto	Normal durchlässige, sehr tiefgründige Braunerde, schwach sauer, diffus, grundfeucht								20.02.2019 Eindringwiderstand, Schichtproben								
	14.02.2017		Gehalte (%) bestimmt Profil Ersterhebung						20.02.2019 Probenahme Zylinderproben								
	Tiefe	Horizont	Schichttiefe cm		OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	Tiefe		Gehalt (%) bestimmt aus FE Zylinderproben					
		von	bis						von	bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand		
	Ah(p)	0	5	1.5	2.6	21.7	44.4	33.9									
		5	10	1.5	2.6	21.7	44.4	33.9									
		10	15	1.5	2.6	21.7	44.4	33.9	10	15	1.0	1.7	21.3	43.9	34.8		
	AB	15	20	1.5	2.6	21.7	44.4	33.9									
		20	25	1.5	2.6	21.7	44.4	33.9									
		25	30	1.5	2.6	21.7	44.4	33.9	25	30	0.8	1.3	21.6	41.9	36.5		
	Bw	30	35	0.9	1.5	23.6	47.1	29.3									
		35	40	0.9	1.5	23.6	47.1	29.3									
		40	45	0.9	1.5	23.6	47.1	29.3									
		45	50	0.9	1.5	23.6	47.1	29.3	45	50	0.5	0.9	25.3	48.7	25.9		
		50	55	1.3	2.2	26.0	48.1	25.9									
	Bcn	55	60	1.3	2.2	26.0	48.1	25.9									
		60	65	1.3	2.2	26.0	48.1	25.9									
		65	70	1.3	2.2	26.0	48.1	25.9									
			70	75	1.3	2.2	26.0	48.1	25.9								

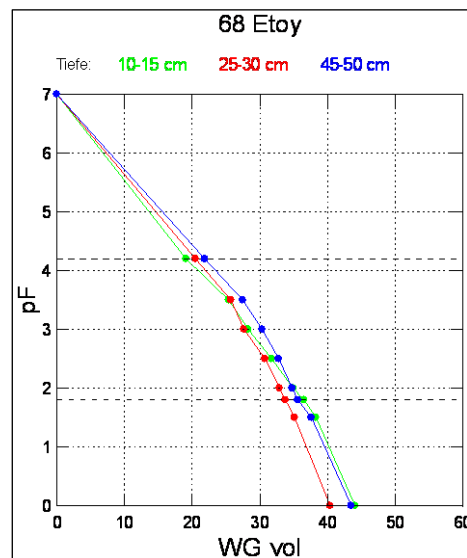
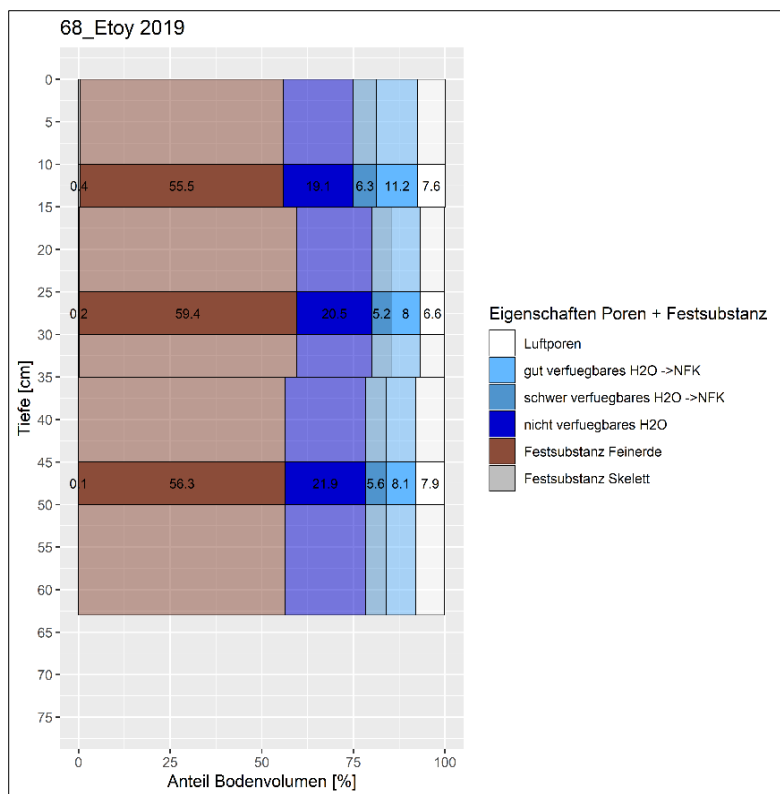
Unterhalb von 25-30 cm ist die Lagerungsdichte erhöht und die Gefügequalität etwas vermindert. Die erhöhten Eindringwiderstandswerte in 10-25 cm Tiefe weisen auf eine leichte Verdichtung hin.



Die Zylinderproben wurden in drei für den Boden repräsentativen Tiefen im Oberboden «Ah,(p)-Horizont» (10-15 cm), im Übergangshorizont «AB-Horizont» (25-30 cm) und im Unterboden «Bw-Horizont» (45-50 cm) entnommen. Es konnten alle 24 Stechzylinderproben bestimmt werden. Bei einigen Proben war die Luftpermeabilitätsmessung unterhalb der Nachweisgrenze.

Statistische Kenngrößen der gemessenen, physikalischen Parameter:

Standort Nr. 68		20.02.19								
Parameter	mittl. Tiefe cm	n	Min	Max	Med	IQR	Mw	VI	s	
vol. WG feldfrisch	[Vol %]	12.5	8	29.2	34.8	31.9	3.6	31.9	1.7	2.1
		27.5	8	27.8	31.2	30.0	2.0	29.8	1.1	1.3
		47.5	8	28.7	47.1	31.5	2.9	32.7	5.0	6.0
grav. WG feldfrisch	[g/g %]	12.5	8	18.7	24.5	21.4	2.6	21.6	1.7	2.0
		27.5	8	17.7	20.5	18.7	0.9	18.9	0.7	0.8
		47.5	8	18.1	33.5	21.0	2.6	21.7	4.1	5.0
LD (FS)	[g/cm ³]	12.5	8	1.42	1.57	1.48	0.05	1.48	0.04	0.05
		27.5	8	1.52	1.65	1.58	0.05	1.58	0.03	0.04
		47.5	8	1.40	1.60	1.52	0.07	1.52	0.05	0.06
Gesamporen	[Vol %]	12.5	8	40.5	46.4	44.0	2.2	44.1	1.5	1.8
		27.5	8	37.9	42.5	40.3	1.9	40.4	1.3	1.5
		47.5	8	40.5	47.7	43.5	2.4	43.5	1.9	2.2
Luftporen pF <1.8	[Vol %]	12.5	8	6.1	10.4	6.7	2.7	7.6	1.5	1.8
		27.5	8	3.4	9.8	6.8	2.3	6.6	1.7	2.0
		47.5	8	1.8	10.1	8.4	1.4	7.9	2.2	2.6
PV gut verfügb. Wasser pF 1.8 – 3.5	[Vol %]	12.5	8	8.8	16.2	10.1	3.9	11.1	2.3	2.7
		27.5	8	6.4	9.7	8.2	1.2	8.1	0.8	1.0
		47.5	8	7.4	8.7	8.2	0.7	8.1	0.4	0.5
PV schwer verfügb. Wasser pF 3.5-4.5	[Vol %]	12.5	8	3.9	8.8	6.0	2.9	6.3	1.5	1.8
		27.5	8	3.4	6.5	5.0	1.9	5.2	0.9	1.1
		47.5	8	3.2	12.1	4.7	2.2	5.6	2.4	2.8
PV nicht verfügb. Wasser pF >4.5	[Vol %]	12.5	8	17.0	20.2	19.2	0.9	19.1	0.8	1.0
		27.5	8	18.6	21.7	20.8	1.8	20.5	0.9	1.1
		47.5	8	18.0	25.8	22.4	3.4	21.9	2.1	2.5
Fests substanz	[Vol %]	12.5	8	53.6	59.5	56.0	2.2	55.9	1.5	1.8
		27.5	8	57.5	62.1	59.7	1.9	59.6	1.3	1.5
		47.5	8	52.3	59.5	56.5	2.4	56.5	1.9	2.2
Feinerde	[Vol %]	12.5	8	53.2	59.1	55.5	2.2	55.5	1.5	1.8
		27.5	8	57.4	61.9	59.5	1.9	59.4	1.3	1.5
		47.5	8	52.1	59.3	56.4	2.4	56.3	1.9	2.2
Skelett	[Vol %]	12.5	8	0.4	0.4	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0
		27.5	8	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0
		47.5	8	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
grobe Grobporen pF <1.5	[Vol %]	12.5	8	4.1	7.9	5.3	1.7	5.8	1.1	1.3
		27.5	8	2.7	8.3	5.4	1.9	5.2	1.5	1.7
		47.5	8	0.9	8.0	6.4	1.3	5.9	1.8	2.1
mittlere Grobporen pF 1.5-1.8	[Vol %]	12.5	8	0.9	2.5	1.8	1.0	1.8	0.5	0.6
		27.5	8	0.7	1.9	1.5	0.4	1.4	0.3	0.4
		47.5	8	0.8	3.2	2.0	0.3	2.0	0.5	0.6
feine Grobporen pF 1.8-2.0	[Vol %]	12.5	8	1.2	2.2	1.5	0.4	1.6	0.3	0.3
		27.5	8	0.6	1.0	0.9	0.2	0.9	0.1	0.1
		47.5	8	0.8	1.0	0.8	0.1	0.8	0.1	0.1
grobe Mittelporen pF 2.0-2.5	[Vol %]	12.5	8	2.4	3.9	3.0	0.9	3.2	0.5	0.6
		27.5	8	1.9	2.3	2.1	0.2	2.1	0.1	0.1
		47.5	8	1.7	2.3	2.0	0.3	2.0	0.2	0.2
grobe Mittelporen pF 2.5-3.0	[Vol %]	12.5	8	2.0	5.4	3.1	2.5	3.5	1.1	1.3
		27.5	8	1.9	5.0	3.0	1.2	3.1	0.8	1.0
		47.5	8	0.6	3.1	2.6	0.6	2.4	0.7	0.8
mittlere Mittelporen pF 3.0-3.5	[Vol %]	12.5	8	2.1	4.9	2.7	0.7	2.9	0.8	0.9
		27.5	8	0.9	3.1	1.9	1.4	1.9	0.7	0.8
		47.5	8	1.4	4.9	2.7	0.9	2.9	0.9	1.1
feine Mittelporen pF 3.5-4.2	[Vol %]	12.5	8	3.9	8.8	6.0	2.9	6.3	1.5	1.8
		27.5	8	3.4	6.5	5.0	1.9	5.2	0.9	1.1
		47.5	8	3.2	12.1	4.7	2.2	5.6	2.4	2.8
Feinporen pF >4.2	[Vol %]	12.5	8	17.0	20.2	19.2	0.9	19.1	0.8	1.0
		27.5	8	18.6	21.7	20.8	1.8	20.5	0.9	1.1
		47.5	8	18.0	25.8	22.4	3.4	21.9	2.1	2.5



Die Interpretation der Luft- und Wasserporen über das gesamte Bodenprofil: Der Anteil der Luftporen ist im ganzen Boden gering und im Übergangshorizont unter dem Richtwert (<7%). Der Boden weist bis 50 cm Tiefe eine geringe, dank der grossen pflanzennutzbaren Gründigkeit von 104 cm für den Gesamtboden jedoch eine hohe nutzbare Feldkapazität (nFk) auf.

68 Etoy		PNG cm: 104		Verfügbarkeit Wasser pro Schicht L/m ²			Verfügbarkeit Wasser aufsummiert L/m ²			
Horizont	Tiefe cm von/bis	Boden L/m ²	% Luftporen	gut	schwer	nFk	bis cm Tiefe	gut	schwer	nFk
Ah(p)	0 15	150	7.6	16.7	9.5	26.1	15	16.7	9.5	26.1
AB	15 35	200	6.6	16.1	10.5	26.6	35	32.8	19.9	52.7
Bw	35 50	150	7.9	12.2	8.4	20.6	50	45.0	28.3	73.3
Bw / Bcn	50 104	540	7.9	44.0	30.3	74.3	104	89.0	58.6	147.6

Die Porenvolumina sind in der Tiefe 25-30 cm in allen Messbereichen pF 1.5-2.5 gegenüber der oberen und unteren Schicht leicht vermindert. Auch die gemessene Lagerungsdichte ist dort erhöht. Dies lässt auf eine leichte Verdichtung und damit leichte Verminderung des Wasser- und Gasaustausches schliessen. Die gemessenen Werte für Luftpermeabilität und Gasdiffusion sind ungenügend (siehe 4.1).

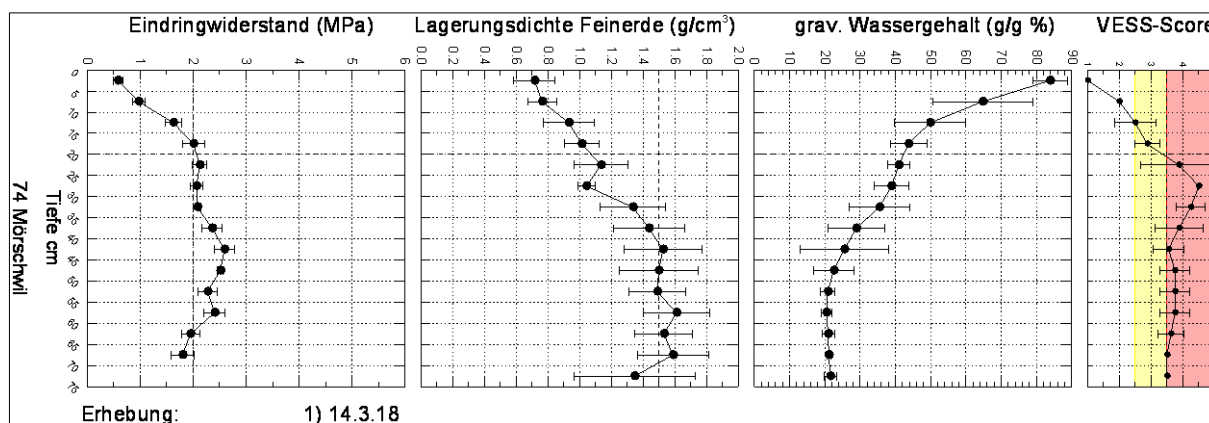
	mittlere Tiefe [cm]	pF	Porenvolumen [Vol%]		Luftpermeabilität [μm ²]				Gasdiffusion []			
			n	Mw	n	Min	Max	Med	n	Min	Max	Med
68 Etoy	12.5	1.5	8	5.8	6	2.10	10.06	5.13	7	0.0005	0.0109	0.0022
		1.8	8	7.6	6	2.26	70.11	8.66	8	0.0010	0.0123	0.0038
		2.0	8	9.1	7	2.39	98.36	10.36	8	0.0028	0.0152	0.0068
		2.5	8	12.3	8	13.01	157.22	23.41	8	0.0092	0.0286	0.0155
	27.5	1.5	8	5.2	6	1.92	32.61	6.19	7	0.0007	0.0070	0.0031
		1.8	8	6.6	5	3.49	45.95	7.37	8	0.0016	0.0091	0.0045
		2.0	8	7.5	6	4.53	59.65	8.12	8	0.0018	0.0116	0.0051
		2.5	8	9.6	8	5.10	91.65	17.07	8	0.0051	0.0200	0.0091
	47.5	1.5	8	5.9	7	2.03	9.85	3.48	7	0.0012	0.0055	0.0036
		1.8	8	7.9	8	2.34	18.16	7.78	7	0.0032	0.0084	0.0064
		2.0	8	8.7	8	2.95	17.82	9.10	8	0.0035	0.0110	0.0082
		2.5	8	10.7	8	4.84	31.60	11.99	8	0.0086	0.0173	0.0126

6.10 74 Mörschwil (Grünlandstandort)

Stauwassergeprägter, ziemlich flachgründiger Boden, der als Graslandstandort mit intensiver Nutzung bewirtschaftet wird.

74 MOE 1-7 Bodenansprache Mittel aus 4 Bohrprofilen Foto	Stauwassergeprägter, selten bis zur Oberfläche porengesättigter ziemlich flachgründiger Pseudogley, sehr stark pseudogleyig, schwach sauer							14.03.2018 Eindringwiderstand, Schichtproben									
	14.03.2018		Schichttiefe cm		Gehalte (%) bestimmt Profil Ersterhebung					14.03.2018		Probenahme Zylinderproben					
	Tiefe	Horizont	von / bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	von	bis	Gehalt (%)	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	
	11.2	Ah	0	5	5.7	9.8	42	38	20								
			5	10	5.7	9.8	42	38	20	5	10	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	21.9	AB	10	15	2.5	4.3	43	39	18								
			15	20	1.1	1.9	42	39	19								
			20	25	1.1	1.9	42	39	19								
	34.3	Bgg,cn,x	25	30	1.1	1.9	42	39	19								
			30	35	1.1	1.9	42	39	19								
			35	40	1.1	1.9	42	39	19	35	40	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
	51.7	Bgg,x	40	45	1.1	1.9	42	39	19								
			45	50	0.2	0.3	19	52	29								
			50	55	0.2	0.3	19	52	29								
			55	60	0.2	0.3	19	52	29								
			60	65	0.2	0.3	19	52	29								
	72.8	Bgg,cn	65	70	0.2	0.3	19	52	29								
			70	75	0.2	0.3	28	46	26								

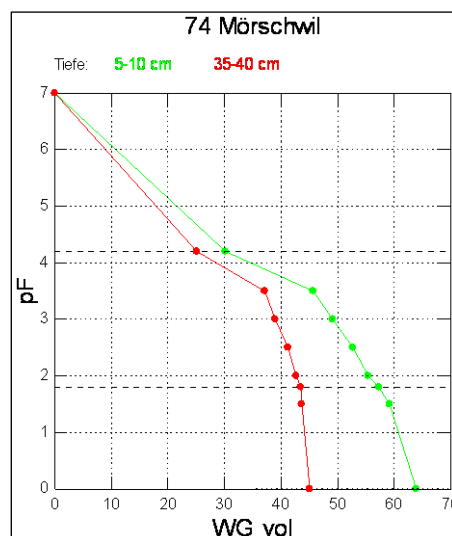
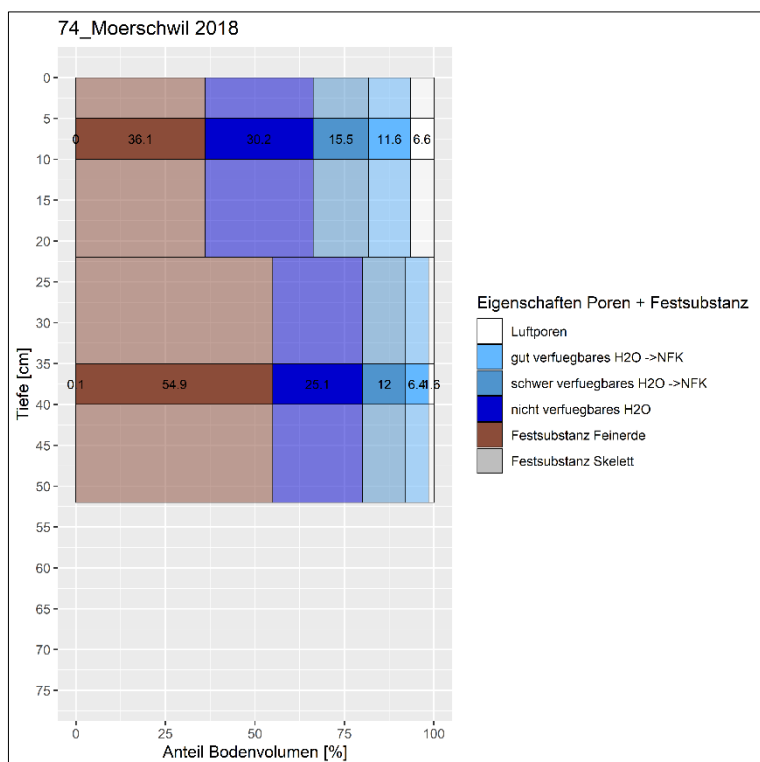
Die Qualität des Gefüges ist unterhalb von 20 cm als schlecht bis sehr schlecht beurteilt. Der Eindringwiderstand und die Lagerungsdichte sind unterhalb von 35 cm Tiefe im dichten, stauwassergeprägten Horizont erhöht. In diesem Bereich ist auch der Wassergehalt am geringsten.



Die Zylinderproben wurden nur in zwei Tiefen entnommen. Einerseits im Oberboden «Ah-Horizont» (5-10 cm) und andererseits im Stauwasserhorizont im Unterboden «Bgg,x-Horizont» (35-40 cm). Es konnten alle 16 Stechzylinderproben für die Bestimmung verwendet werden. In der Tiefe von 35-40 cm waren von vier Zylinderproben die Messwerte für grobe Grobporen ($pF < 1.5$) unplausibel und sind daher nicht berücksichtigt worden. Die Werte der Luftpermeabilität bei $pF 1.5$ waren allesamt unplausibel und bei den übrigen Entwässerungsstufen einige Werte unter der Nachweisgrenze.

Statistische Kenngrößen der gemessenen, physikalischen Parameter:

Standort Nr. 74		14.03.18								
Parameter		mittl. Tiefe cm	n	Min	Max	Med	IQR	Mw	VI	s
vol. WG feldfrisch	[Vol %]	7.5	8	53.4	59.0	56.2	3.1	56.1	1.7	2.0
		37.5	8	34.7	48.7	43.4	8.0	42.3	4.2	5.0
grav. WG feldfrisch	[g/g %]	7.5	8	53.4	73.4	61.4	8.9	63.3	5.8	6.9
		37.5	8	22.3	39.2	31.5	9.1	30.4	5.0	6.0
LD (FS)	[g/cm ³]	7.5	8	0.8	1.0	0.9	0.1	0.9	0.1	0.1
		37.5	8	1.2	1.6	1.4	0.2	1.4	0.1	0.1
Gesamtporen	[Vol %]	7.5	8	60.5	67.8	62.9	4.8	63.9	2.3	2.8
		37.5	8	38.2	51.5	45.7	6.4	45.1	3.7	4.4
Luftporen pF <1.8	[Vol %]	7.5	8	3.9	10.2	6.2	3.9	6.6	1.9	2.3
		37.5	8	0.0	5.5	1.2	1.3	1.6	1.4	1.7
PV gut verfügb. Wasser pF 1.8 – 3.5	[Vol %]	7.5	8	9.2	14.7	11.1	2.5	11.6	1.5	1.8
		37.5	8	4.4	9.0	6.4	2.1	6.4	1.3	1.5
PV schwer verfügb. Wasser pF 3.5-4.5	[Vol %]	7.5	8	11.8	18.6	16.0	3.0	15.5	1.8	2.2
		37.5	8	8.7	14.0	12.6	2.9	12.0	1.6	1.9
PV nicht verfügb. Wasser pF >4.5	[Vol %]	7.5	8	28.8	34.5	29.7	1.1	30.2	1.5	1.8
		37.5	8	16.5	34.4	26.6	8.6	25.1	5.0	6.0
Festsubstanz	[Vol %]	7.5	8	32.2	39.5	37.1	4.8	36.1	2.3	2.8
		37.5	8	48.5	61.8	54.3	6.4	55.0	3.7	4.4
Feinerde	[Vol %]	7.5	8	32.2	39.4	37.0	4.8	36.1	2.3	2.8
		37.5	8	48.4	61.7	54.2	6.4	54.9	3.7	4.4
Skelett	[Vol %]	7.5	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		37.5	8	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
grobe Grobporen pF <1.5	[Vol %]	7.5	8	2.4	8.3	4.0	3.2	4.7	1.7	2.1
		37.5	4	0.5	3.7	0.7	1.7	1.4	2.5	1.6
mittlere Grobporen pF 1.5-1.8	[Vol %]	7.5	8	1.5	2.6	1.8	0.7	1.9	0.3	0.4
		37.5	8	0.7	1.7	1.1	0.2	1.1	0.2	0.3
feine Grobporen pF 1.8-2.0	[Vol %]	7.5	8	1.5	2.6	1.6	0.7	1.9	0.4	0.4
		37.5	8	0.6	1.4	0.7	0.3	0.8	0.2	0.3
grobe Mittelporen pF 2.0-2.5	[Vol %]	7.5	8	1.4	3.4	3.0	0.9	2.7	0.6	0.7
		37.5	8	1.0	2.3	1.3	0.4	1.5	0.4	0.4
grobe Mittelporen pF 2.5-3.0	[Vol %]	7.5	8	2.3	4.8	3.9	1.4	3.6	0.8	0.9
		37.5	8	1.4	3.1	2.2	1.0	2.3	0.5	0.6
mittlere Mittelporen pF 3.0-3.5	[Vol %]	7.5	8	1.1	5.4	3.3	1.9	3.4	1.1	1.4
		37.5	8	1.0	2.8	1.8	0.7	1.9	0.5	0.6
feine Mittelporen pF 3.5-4.2	[Vol %]	7.5	8	11.8	18.6	16.0	3.0	15.5	1.8	2.2
		37.5	8	8.7	14.0	12.6	2.9	12.0	1.6	1.9
Feinporen pF >4.2	[Vol %]	7.5	8	28.8	34.5	29.7	1.1	30.2	1.5	1.8
		37.5	8	16.5	34.4	26.6	8.6	25.1	5.0	6.0



Die Interpretation der Luft- und Wasserporen über das gesamte Bodenprofil: Der Luftporenanteil im Oberboden ist unterhalb des Richtwertes und im Unterboden ist er mit 1.6 Vol-% sehr gering (stark unterhalb des Prüfwertes). Der Boden weist bis 50 cm eine mittlere nutzbare Feldkapazität (nFk) auf. Die Pflanzen können mit der beurteilten, pflanznutzbaren Gründigkeit von 40 cm diese nFk nur beschränkt nutzen.

74 Mörschwil		PNG cm: 40		Verfügbarkeit Wasser pro Schicht L/m ²			Verfügbarkeit Wasser aufsummiert L/m ²			
Horizont	Tiefe cm von/bis	Boden L/m ²	% Luftporen	gut	schwer	nFk	bis cm Tiefe	gut	schwer	nFk
Ah / AB	0 22	220	6.6	25.5	34.1	59.6	22	25.5	34.1	59.6
Bg,x / Bgg,x	22 50	280	1.6	17.8	33.6	51.4	50	43.3	67.7	111.0
Bgg,x	50 52	20	1.6	1.3	2.4	3.7	52	44.6	70.1	114.7

Der Wasser- und Gasaustausch ist unterhalb von 22 cm Tiefe stark eingeschränkt. Die gemessenen Werte der Luftpermeabilität und Gasdiffusion sind abgesehen von der Entwässerungsstufe bei pF 2.5 ungenügend.

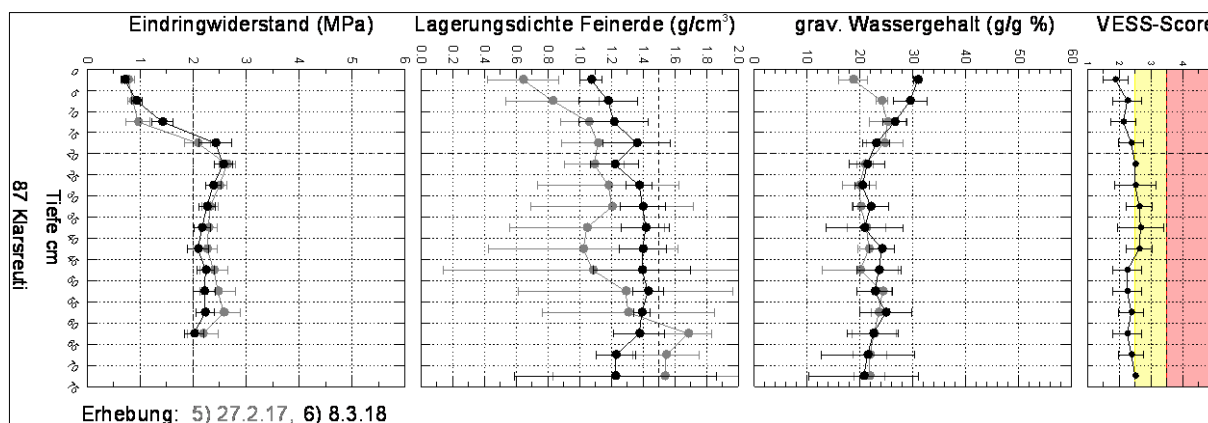
	mittlere Tiefe [cm]	pF	Porenvolumen [Vol%]		Luftpermeabilität [μm^2]			Gasdiffusion []				
			n	Mw	n	Min	Max	Med	n	Min	Max	Med
74 Mörschwil	7.5	1.5	8	4.7	0				4	0.0005	0.0114	0.0029
		1.8	8	6.6	3	3.06	88.49	6.45	7	0.0020	0.0110	0.0032
		2.0	8	8.5	7	3.16	139.44	5.17	7	0.0029	0.0179	0.0065
		2.5	8	11.2	8	2.71	363.42	98.36	8	0.0012	0.0485	0.0237
	37.5	1.5	4	1.4	0				4	0.0019	0.0036	0.0034
		1.8	8	1.6	4	2.44	5.08	3.70	7	0.0011	0.0041	0.0033
		2.0	8	2.4	6	2.37	19.75	5.93	7	0.0004	0.0085	0.0045
		2.5	8	3.8	7	10.35	71.89	39.50	8	0.0026	0.0191	0.0114

6.11 87 Klarsreuti (Ackerstandort)

Typischer, tiefgründiger, stauwasserbeeinflusster Moränenboden, der vielseitig ackerbaulich genutzt wird.

87 KLA 1-7 Bodenansprache		Stauwasserbeeinflusste, tiefgründige Braunerde, tonhüllig, pseudogleyig						08.03.2018 Eindringwiderstand, Schichtproben												
Mittel aus 4 Bohrprofilen		08.03.2018		Gehalte (%) bestimmt Profil Ersterhebung						08.03.2018 Probenahme Zylinderproben										
Foto		Tiefe	Horizont	Schichttiefe cm		OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	Tiefe		Gehalt (%) bestimmt aus FE Zylinderproben							
				von	bis						von	bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand			
		19.8	Ah,p	0	5	1.8	3.1	23	43	34										
				5	10	1.8	3.1	23	43	34										
				10	15	1.8	3.1	23	43	34	10	15	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			
			AB	15	20	1.8	3.1	23	43	34										
				20	25	0.6	1.0	32	42	26										
				25	30	0.6	1.0	32	42	26	25	30	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			
			B(cn)	30	35	0.2	0.3	32	42	26										
				35	40	0.2	0.3	32	42	26										
				40	45	0.2	0.3	32	42	26										
				45	50	0.2	0.3	32	42	26	45	50	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			
				50	55	0.2	0.3	32	42	26										
			Bg,t	55	60	0.2	0.3	32	42	26										
				60	65	0.2	0.3	32	42	26										
				65	70	0.2	0.3	32	42	26										
69.7	70	0.1		0.2	27	41	32													

Unterhalb des bearbeiteten Oberbodenhorizontes nimmt der Einringwiderstand und die Lagerungsdichte leicht zu. Zwischen 20-40 cm Tiefe wurde die Qualität der Bodenstruktur leicht schlechter beurteilt. Insgesamt liegen aber nur geringe Verdichtungsmerkmale vor.

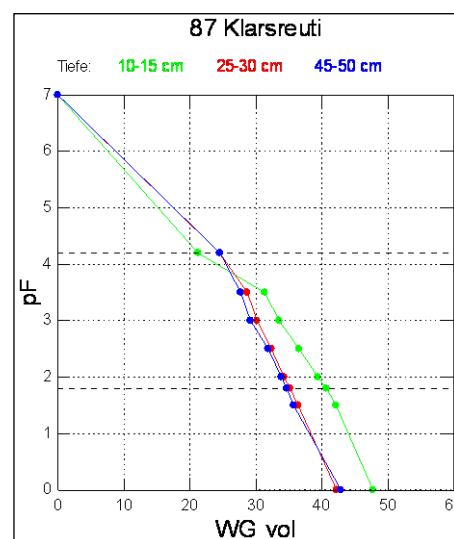
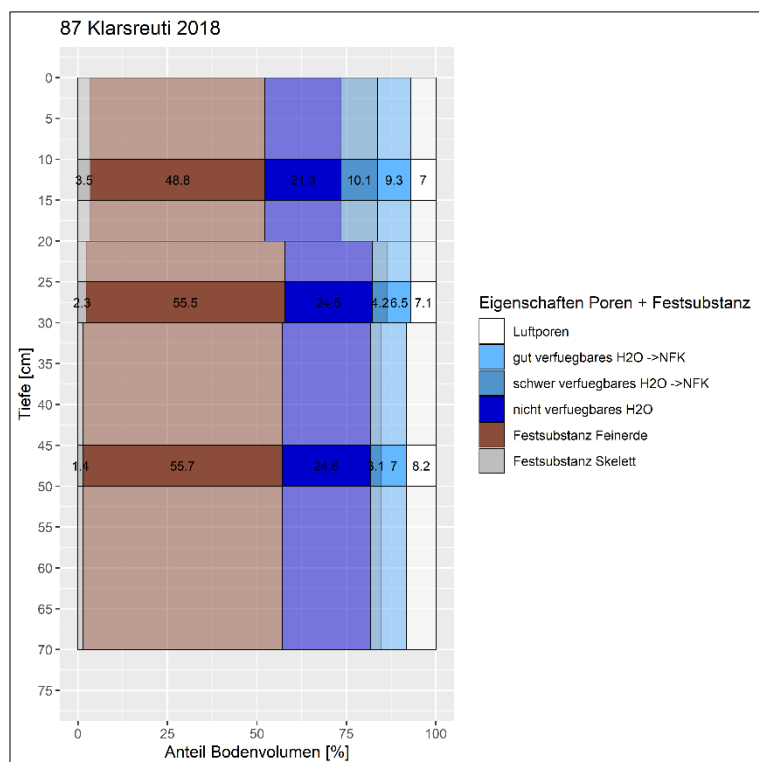


Die Zylinderproben wurden in drei für den Boden repräsentativen Tiefen, im Oberboden «Ah,p-Horizont» (10-15 cm), im Übergang vom «AB- zum B(cn)-Horizont» (25-30 cm) und im Unterboden im Übergang vom «B(cn)- zum Bg,t-Horizont» (45-50 cm) entnommen.

Die Entnahme der Zylinderproben war wegen dem Skelettgehalt leicht erschwert. Im Unterboden musste eine Probe verworfen werden, somit konnten nur sieben Zylinderproben für die Bestimmung verwendet werden.

Statistische Kenngrößen der gemessenen, physikalischen Parameter:

Standort Nr. 87	08.03.18									
Parameter	mittl. Tiefe cm	n	Min	Max	Med	IQR	Mw	VI	s	
vol. WG feldfrisch	[Vol %]	12.5	8	37.8	42.4	40.9	1.3	40.7	1.2	1.4
		27.5	8	31.9	35.7	34.3	1.9	34.0	1.1	1.3
		47.5	7	31.5	37.8	33.8	2.6	34.1	2.0	2.1
grav. WG feldfrisch	[g/g %]	12.5	8	26.1	32.0	30.5	2.2	30.1	1.6	1.9
		27.5	8	21.3	24.7	22.1	1.1	22.3	0.9	1.1
		47.5	7	20.5	24.9	22.8	2.1	22.6	1.4	1.5
LD (FS)	[g/cm ³]	12.5	8	1.30	1.45	1.36	0.06	1.36	0.04	0.05
		27.5	8	1.45	1.59	1.52	0.05	1.53	0.04	0.04
		47.5	7	1.43	1.55	1.52	0.05	1.51	0.04	0.04
Gesamtporen	[Vol %]	12.5	8	44.4	50.0	47.7	2.2	47.8	1.5	1.8
		27.5	8	39.7	45.5	42.3	1.7	42.3	1.4	1.7
		47.5	7	41.2	45.9	42.5	1.8	42.9	1.5	1.6
Luftporen pF <1.8	[Vol %]	12.5	8	4.7	9.0	6.7	3.1	7.1	1.4	1.7
		27.5	8	4.1	9.2	7.5	2.4	7.1	1.4	1.7
		47.5	7	3.8	12.6	8.4	2.2	8.2	2.5	2.7
PV gut verfügb. Wasser pF 1.8 – 3.5	[Vol %]	12.5	8	7.7	10.1	9.7	1.4	9.3	0.8	0.9
		27.5	8	5.3	9.0	6.1	1.6	6.5	1.1	1.3
		47.5	7	6.1	8.3	6.8	1.5	7.0	0.8	0.8
PV schwer verfügb. Wasser pF 3.5-4.5	[Vol %]	12.5	8	8.9	11.6	10.2	1.6	10.1	0.8	1.0
		27.5	8	1.0	5.7	4.2	1.2	4.2	1.2	1.4
		47.5	7	0.2	4.2	3.9	1.8	3.2	1.4	1.5
PV nicht verfügb. Wasser pF >4.5	[Vol %]	12.5	8	19.9	22.9	21.4	2.1	21.3	1.0	1.1
		27.5	8	20.5	27.1	24.9	1.8	24.5	1.7	2.0
		47.5	7	20.5	28.4	25.0	3.7	24.6	2.5	2.7
Festsubstanz	[Vol %]	12.5	8	50.0	55.6	52.3	2.2	52.2	1.5	1.8
		27.5	8	54.5	60.3	57.7	1.7	57.7	1.4	1.7
		47.5	7	54.1	58.8	57.5	1.8	57.1	1.5	1.6
Feinerde	[Vol %]	12.5	8	49.8	55.4	52.1	2.2	52.0	1.5	1.8
		27.5	8	54.1	59.8	57.2	1.7	57.3	1.4	1.7
		47.5	7	50.2	54.5	53.3	1.7	53.0	1.3	1.5
Skelett	[Vol %]	12.5	8	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0
		27.5	8	0.4	0.5	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0
		47.5	7	3.9	4.3	4.1	0.2	4.1	0.1	0.1
grobe Grobporen pF <1.5	[Vol %]	12.5	8	3.1	7.6	5.3	2.8	5.6	1.4	1.7
		27.5	8	3.1	8.1	6.1	2.5	5.8	1.4	1.7
		47.5	7	3.2	11.2	7.1	1.9	7.2	2.2	2.4
mittlere Grobporen pF 1.5-1.8	[Vol %]	12.5	8	1.0	1.6	1.5	0.2	1.4	0.2	0.2
		27.5	8	0.9	1.6	1.2	0.4	1.2	0.2	0.2
		47.5	7	0.6	1.3	1.1	0.5	1.0	0.3	0.3
feine Grobporen pF 1.8-2.0	[Vol %]	12.5	8	1.1	1.6	1.2	0.2	1.3	0.2	0.2
		27.5	8	0.7	1.3	0.8	0.3	0.9	0.2	0.2
		47.5	7	0.6	0.9	0.8	0.1	0.8	0.1	0.1
grobe Mittelporen pF 2.0-2.5	[Vol %]	12.5	8	2.2	3.6	2.8	0.6	2.8	0.4	0.4
		27.5	8	1.5	2.4	1.8	0.5	1.9	0.3	0.3
		47.5	7	1.5	3.3	1.9	0.4	2.0	0.6	0.6
grobe Mittelporen pF 2.5-3.0	[Vol %]	12.5	8	2.3	3.8	2.9	0.5	3.0	0.4	0.4
		27.5	8	1.6	2.8	2.1	0.4	2.2	0.3	0.4
		47.5	7	2.2	3.4	2.6	0.6	2.7	0.4	0.4
mittlere Mittelporen pF 3.0-3.5	[Vol %]	12.5	8	1.5	3.3	2.0	1.0	2.2	0.5	0.7
		27.5	8	0.8	2.4	1.3	0.8	1.5	0.5	0.6
		47.5	7	0.4	2.3	1.6	0.7	1.5	0.6	0.6
feine Mittelporen pF 3.5-4.2	[Vol %]	12.5	8	8.9	11.6	10.2	1.6	10.1	0.8	1.0
		27.5	8	1.0	5.7	4.2	1.2	4.2	1.2	1.4
		47.5	7	0.2	4.2	3.9	1.8	3.2	1.4	1.5
Feinporen pF >4.2	[Vol %]	12.5	8	19.9	22.9	21.4	2.1	21.3	1.0	1.1
		27.5	8	20.5	27.1	24.9	1.8	24.5	1.7	2.0
		47.5	7	20.5	28.4	25.0	3.7	24.6	2.5	2.7



Die Interpretation der Luft- und Wasserporen über das gesamte Bodenprofil: Der gesamte Boden hat einen knapp genügenden Anteil an Luftporen. Der Boden weist unterhalb von 20cm Tiefe einen geringen Anteil an pflanzennutzbarem Bodenwasser auf. Bis 50 cm ist an diesem Standort die nutzbare Feldkapazität aller untersuchten Böden am geringsten. Bis zur Tiefe von 76 cm ist sie mit 90 mm als mittel einzustufen.

87 Klarsreuti		PNG cm: 70		Verfügbarkeit Wasser pro Schicht L/m ²			Verfügbarkeit Wasser aufsummiert L/m ²			
Horizont	Tiefe cm von/bis	Boden L/m ²	% Luftporen	gut	schwer	nFk	bis cm Tiefe	gut	schwer	nFk
Ah,p	0 20	200	7.1	18.7	20.2	38.9	20	18.7	20.2	38.9
AB	20 30	100	7.1	6.5	4.2	10.7	30	25.2	24.4	49.6
B(cn)	30 50	200	8.2	14.0	6.3	20.4	50	39.2	30.7	69.9
Bg,t	50 70	200	8.2	14.0	6.3	20.4	70	53.2	37.1	90.3

Die Porenvolumina bei den Entwässerungsstufen 1.5-2.5 zeigen, dass der Wasser- und Luftaustausch knapp genügend ist. Der Anteil der Luftporen pF<1.8 ist leicht über dem Richtwert. Die gemessenen Werte für die Luftpermeabilität und Gasdiffusion sind ungenügend (siehe 4.1).

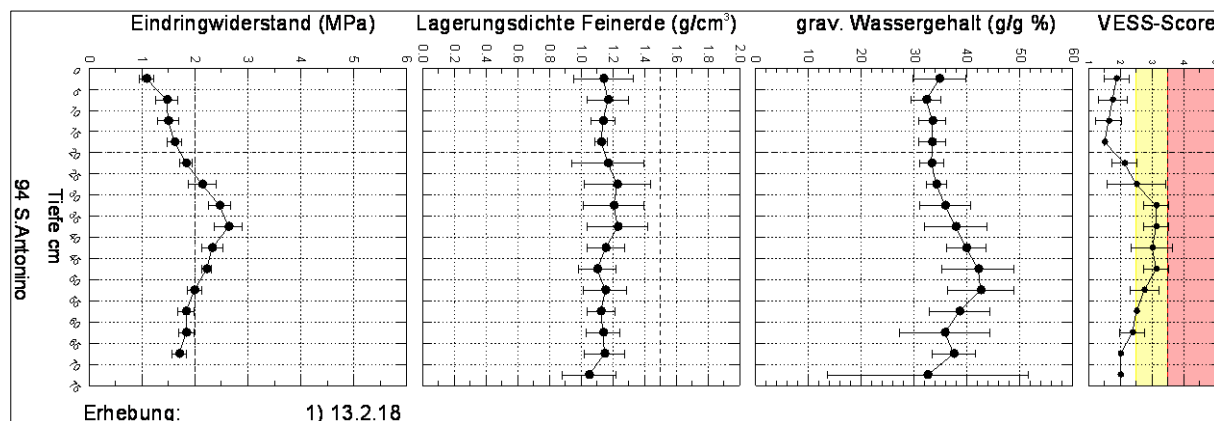
	mittlere Tiefe [cm]	pF	Porenvolumen [Vol%]		Luftpermeabilität [μm^2]			Gasdiffusion []				
			n	Mw	n	Min	Max	Med	n	Min	Max	Med
87 Klarsreuti	12.5	1.5	8	5.6	0				5	0.0011	0.0093	0.0022
		1.8	8	7.1	4	2.69	7.21	5.43	7	0.0001	0.0106	0.0038
		2.0	8	8.4	8	15.83	60.04	30.61	8	0.0070	0.0148	0.0098
		2.5	8	11.2	8	145.37	310.55	261.90	8	0.0244	0.0352	0.0317
	27.5	1.5	8	5.8	0				4	0.0010	0.0053	0.0027
		1.8	8	7.1	5	2.41	16.29	4.58	8	0.0005	0.0070	0.0024
		2.0	8	8.0	5	3.16	19.75	4.80	8	0.0010	0.0070	0.0028
		2.5	8	9.9	7	2.57	31.29	6.76	8	0.0032	0.0117	0.0079
	47.5	1.5	7	7.2	0				4	0.0010	0.0067	0.0022
		1.8	7	8.2	5	3.19	9.86	5.64	5	0.0018	0.0084	0.0045
		2.0	7	9.0	5	4.27	12.67	6.26	6	0.0022	0.0092	0.0036
		2.5	7	11.0	6	5.91	26.14	9.50	7	0.0031	0.0155	0.0078

6.12 94 S. Antonino (Gemüsebaustandort)

Grundwasserbeeinflusster, alluvialer Boden, auf dem Gemüse angebaut wird. Zur Zeit der Beprobung waren Erdbeeren in einem Plastiktunnel als mehrjährige Kultur angebaut.

94 ANT 1-7 Bodenansprache Mittel aus 4 Bohrprofilen Foto	Grundwasserbeeinflusste, mässig tiefgründige Braunerde, alluvial, gleyig, schwach sauer								13.02.2018 Eindringwiderstand, Schichtproben									
	13.02.2018		Schichttiefe cm		Gehalte (%) bestimmt Profil Ersterhebung					13.02.2018		Probenahme Zylinderproben						
	Tiefe	Horizont	von	bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	Tiefe	Gehalt (%) bestimmt aus FE Zylinderproben	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand		
	19.6	Ah,p	0	5	2.1	3.6	8	46	46									
			5	10	2.1	3.6	8	46	46									
			10	15	2.1	3.6	8	46	46	10	15	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.		
	31.5	AB	15	20	2.1	3.6	8	46	46									
			20	25	2.1	3.6	8	46	46									
			25	30	0.7	1.2	7	60	33	25	30	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.		
	60.2	Bg	30	35	0.7	1.2	7	60	33									
			35	40	0.7	1.2	7	60	33									
			40	45	0.7	1.2	7	60	33									
			45	50	0.7	1.2	7	60	33									
			50	55	0.5	0.9	5	56	39	50	55	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.		
	73.2	BCg(g)	55	60	0.5	0.9	5	56	39									
			60	65	0.5	0.9	5	56	39									
	75.3	C	65	70	0.5	0.9	5	56	39									
			70	75	0.5	0.9	5	56	39									

Die Qualität der Bodenstruktur war im Oberboden gut bis sehr gut und zwischen 30-60 cm Tiefe mässig. Der gemessene Eindringwiderstand entspricht ziemlich gut diesem Verlauf. Auch die Lagerungsdichte ist zwischen 20-40 cm Tiefe etwas erhöht.

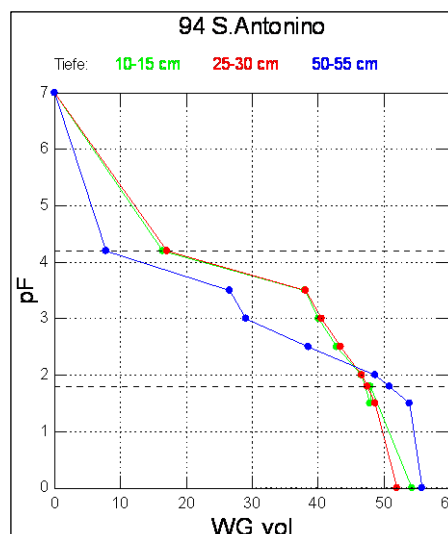
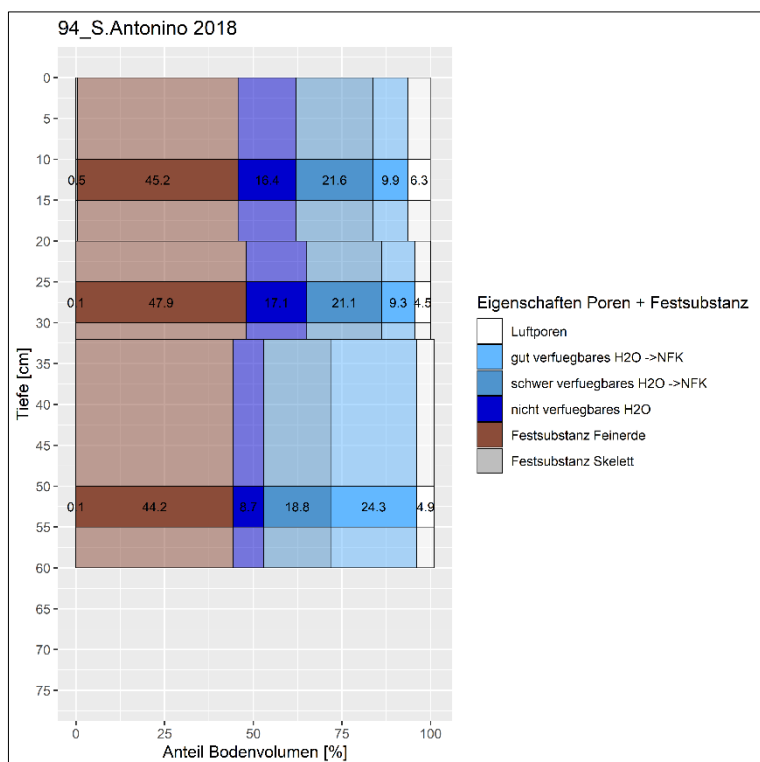


Die Zylinderproben wurden in drei für den Boden repräsentativen Tiefen im Oberboden «Ah,p-Horizont» (10-15 cm), im Übergangshorizont «AB-Horizont» (25-30 cm) und im Unterboden «Bg-Horizont» (50-55 cm) entnommen.

Es konnten alle 24 Stechzylinderproben bestimmt werden. Der Wassergehalt bei pF 1.5 wurde jedoch in allen drei Tiefen nur in je vier Proben bestimmt. Die Messwerte der Luftpermeabilität waren in den Entwässerungsstufen pF 1.5-2.0 unplausibel. Viele Messwerte der Gasdiffusion waren unplausibel und sind daher nicht berücksichtigt worden.

Statistische Kenngrößen der gemessenen, physikalischen Parameter:

Standort Nr. 94		13.02.18								
Parameter	mittl. Tiefe cm	n	Min	Max	Med	IQR	Mw	VI	s	
vol. WG feldfrisch	[Vol %]	12.5	8	40.9	48.1	43.5	2.7	44.1	1.9	2.3
		27.5	8	39.9	47.1	45.6	4.3	44.7	2.4	2.9
		52.5	8	40.1	51.4	49.6	2.8	48.6	3.1	3.7
grav. WG feldfrisch	[g/g %]	12.5	8	32.4	41.7	36.8	6.1	36.4	2.9	3.5
		27.5	8	31.4	37.5	34.7	4.0	34.5	1.9	2.2
		52.5	8	31.3	43.4	40.7	2.0	39.9	3.1	3.7
LD (FS)	[g/cm ³]	12.5	8	1.12	1.30	1.21	0.12	1.22	0.06	0.07
		27.5	8	1.23	1.38	1.30	0.08	1.30	0.04	0.05
		52.5	8	1.19	1.28	1.22	0.03	1.22	0.02	0.03
Gesamtporen	[Vol %]	12.5	8	50.9	58.0	54.6	4.5	54.2	2.2	2.6
		27.5	8	49.4	54.5	51.7	3.1	52.0	1.5	1.8
		52.5	8	53.6	57.0	55.8	1.1	55.8	0.9	1.1
Luftporen pF <1.8	[Vol %]	12.5	8	3.5	10.0	5.6	4.4	6.3	2.1	2.5
		27.5	8	0.9	10.2	3.4	3.7	4.5	2.5	3.0
		52.5	8	2.4	11.1	3.9	2.4	4.9	2.4	2.9
PV gut verfügb. Wasser pF 1.8 – 3.5	[Vol %]	12.5	8	7.4	13.9	9.6	2.0	9.9	1.7	2.0
		27.5	8	6.3	12.6	9.4	3.1	9.4	1.8	2.1
		52.5	8	12.2	31.0	23.9	10.2	23.7	5.5	6.5
PV schwer verfügb. Wasser pF 3.5-4.5	[Vol %]	12.5	8	18.0	26.7	20.5	5.4	21.6	2.7	3.2
		27.5	8	16.0	25.7	21.3	6.5	21.1	3.1	3.7
		52.5	8	3.6	29.0	20.2	10.9	18.8	6.8	8.2
PV nicht verfügb. Wasser pF >4.5	[Vol %]	12.5	8	12.5	20.0	16.4	5.0	16.4	2.4	2.8
		27.5	8	12.2	22.9	16.7	2.8	17.1	2.6	3.1
		52.5	8	6.8	11.2	8.8	1.2	8.7	1.1	1.3
Festsubstanz	[Vol %]	12.5	8	42.0	49.1	45.4	4.5	45.8	2.2	2.6
		27.5	8	45.5	50.6	48.3	3.1	48.0	1.5	1.8
		52.5	8	43.0	46.4	44.2	1.1	44.2	0.9	1.1
Feinerde	[Vol %]	12.5	8	41.5	48.5	44.9	4.5	45.2	2.2	2.6
		27.5	8	45.5	50.6	48.3	3.1	48.0	1.5	1.8
		52.5	8	43.0	46.4	44.2	1.1	44.2	0.9	1.1
Skelett	[Vol %]	12.5	8	0.5	0.6	0.5	0.1	0.5	0.0	0.0
		27.5	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		52.5	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
grobe Grobporen pF <1.5	[Vol %]	12.5	4	3.5	8.3	6.8	2.7	6.3	3.2	2.0
		27.5	4	0.2	8.6	2.3	4.8	3.3	5.8	3.7
		52.5	4	1.2	2.6	1.9	1.2	1.9	1.1	0.7
mittlere Grobporen pF 1.5-1.8	[Vol %]	12.5	4	1.1	1.9	1.8	0.4	1.6	0.6	0.4
		27.5	4	0.8	1.6	1.0	0.5	1.1	0.6	0.4
		52.5	4	1.0	1.8	1.6	0.6	1.5	0.6	0.4
feine Grobporen pF 1.8-2.0	[Vol %]	12.5	8	0.7	1.8	1.6	0.7	1.3	0.4	0.4
		27.5	8	0.4	1.5	0.8	0.3	0.8	0.3	0.3
		52.5	8	1.0	4.3	1.5	1.8	2.2	1.1	1.4
grobe Mittelporen pF 2.0-2.5	[Vol %]	12.5	8	2.8	5.0	3.6	0.6	3.7	0.5	0.6
		27.5	8	2.2	4.4	3.1	0.8	3.2	0.6	0.7
		52.5	8	4.2	18.5	8.7	8.4	10.1	4.3	5.1
grobe Mittelporen pF 2.5-3.0	[Vol %]	12.5	8	2.0	3.8	2.8	1.0	2.8	0.5	0.6
		27.5	8	1.8	4.3	2.7	1.2	2.9	0.7	0.9
		52.5	8	4.5	13.3	10.4	2.9	9.5	2.4	2.9
mittlere Mittelporen pF 3.0-3.5	[Vol %]	12.5	8	1.0	5.0	1.7	1.0	2.1	1.1	1.3
		27.5	8	1.1	4.1	2.1	2.0	2.4	1.0	1.2
		52.5	6	-0.5	5.0	2.9	3.3	2.5	2.2	2.1
feine Mittelporen pF 3.5-4.2	[Vol %]	12.5	8	18.0	26.7	20.5	5.4	21.6	2.7	3.2
		27.5	8	16.0	25.7	21.3	6.5	21.1	3.1	3.7
		52.5	8	3.6	29.0	20.2	10.9	18.8	6.8	8.2
Feinporen pF >4.2	[Vol %]	12.5	8	12.5	20.0	16.4	5.0	16.4	2.4	2.8
		27.5	8	12.2	22.9	16.7	2.8	17.1	2.6	3.1
		52.5	8	6.8	11.2	8.8	1.2	8.7	1.1	1.3



Die Interpretation der Luft- und Wasserporen über das gesamte Bodenprofil: Der Anteil Luftporen $pF < 1.8$ ist im gesamten Boden ungenügend. Im Oberboden ist er kleiner als der Richtwert und unterhalb von 20 cm Tiefe kleiner als der Prüfwert. Dagegen ist die Wasserspeicherefähigkeit sehr hoch. Bis 50 cm Tiefe ist die nutzbare Feldkapazität (nFk) als hoch einzustufen. Berücksichtigt man diese bis 60 cm Tiefe, was in etwa der pflanzennutzbaren Gründigkeit entspricht, so ist die nFk als sehr hoch einzustufen.

94 S.Antonino		PNG cm: 58		Verfügbarkeit Wasser pro Schicht L/m ²			Verfügbarkeit Wasser aufsummiert L/m ²			
Horizont	Tiefe cm von/bis	Boden L/m ²	% Luftporen	gut	schwer	nFk	bis cm Tiefe	gut	schwer	nFk
Ah ₁ p	0 20	200	6.3	19.9	43.2	63.1	20	19.9	43.2	63.1
AB	20 32	120	4.5	11.2	25.3	36.5	32	31.1	68.5	99.6
Bg	32 50	180	4.9	42.6	33.8	76.4	50	73.7	102.3	175.9
Bg	50 60	100	4.9	23.7	18.8	42.4	60	97.3	121.0	218.4

Die Porenvolumina bei den Entwässerungsstufen $pF 1.5-2.5$ zeigen, dass der Wasser- und Luftaustausch ungenügend ist. Mit der vorliegenden Textur im Unterboden und Untergrund, kann eine Wassernachlieferung durch den kapillaren Aufstieg von Wasser angenommen werden. Die gemessenen Werte für die Luftpermeabilität und Gasdiffusion können nicht beurteilt werden (siehe 4.1).

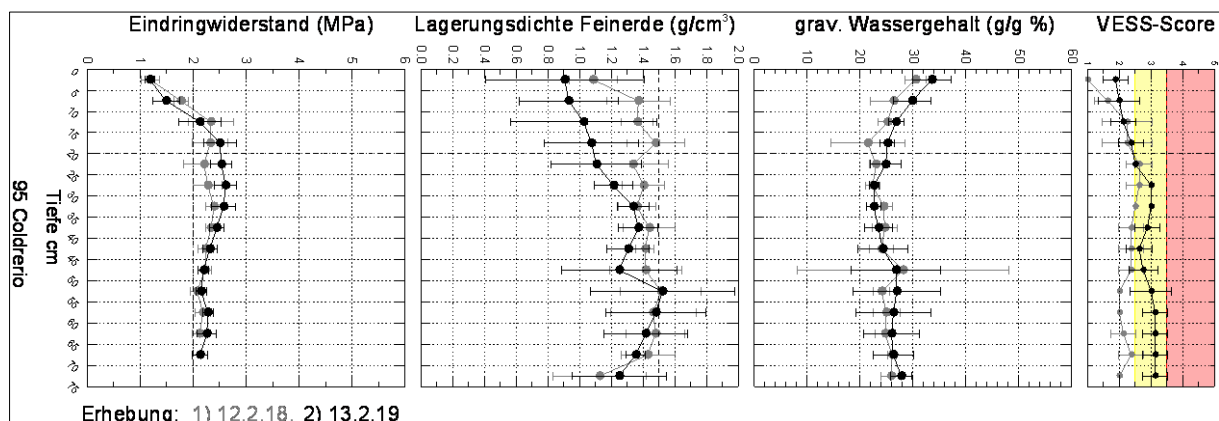
	mittlere Tiefe [cm]	pF	Porenvolumen [Vol%]		Luftpermeabilität [μm^2]			Gasdiffusion []			
			n	Mw	n	Min	Max	Med	n	Min	Max
94 S.Antonino	12.5	1.5	4	6.3	0			3	0.0001	0.0052	0.0021
		1.8	8	6.3	0			7	0.0014	0.0078	0.0032
		2.0	8	7.7	0			6	0.0039	0.0196	0.0064
		2.5	8	11.4	8	22.12	169.46	97.77	8	0.0088	0.0280
	27.5	1.5	4	3.3	0			3	0.0028	0.0072	0.0030
		1.8	8	4.5	0			6	0.0007	0.0072	0.0025
		2.0	8	5.4	0			6	0.0009	0.0153	0.0053
		2.5	8	8.6	8	6.87	163.93	31.40	8	0.0083	0.0377
	52.5	1.5	4	1.9	0			4	0.0000	0.0017	0.0011
		1.8	8	4.9	0			6	0.0006	0.0028	0.0013
		2.0	8	7.1	0			8	0.0006	0.0039	0.0017
		2.5	8	17.2	8	4.66	124.43	14.62	8	0.0022	0.0355

6.13 95 Coldrerio (Ackerstandort)

Tiefgründiger Boden, der ackerbaulich genutzt wird.

95 COL 1-7 Bodenansprache Mittel aus 4 Bohrprofilen Foto	Normal durchlässige, tiefgründige Braunerde, schwach sauer, schwach gleyig								13.02.2019 Eindringwiderstand, Schichtproben									
	12.02.2018		Schichttiefe cm		Gehalte (%) bestimmt Profil Ersterhebung					13.02.2019		Probenahme Zylinderproben						
	Tiefe	Horizont	von	bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	Tiefe	von	bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	
	19.6	Ah,p	0	5	1.4	2.4	20	38	42	5	10		1.5	2.5	19.7	37.5	42.8	
			5	10	1.4	2.4	20	38	42									
			10	15	1.4	2.4	20	38	42									
	28.3	AB	15	20	1.4	2.4	20	38	42	25	30		0.9	1.5	20.9	36.3	42.7	
			20	25	1.4	2.4	20	38	42									
			25	30	1.0	1.7	20	39	41									
	47.0	Bw	30	35	0.7	1.2	20	40	40	40	45		0.6	1.0	21.8	38.0	40.2	
			35	40	0.7	1.2	20	40	40									
			40	45	0.7	1.2	20	40	40									
	69.8	B(g)	45	50	0.7	1.2	20	40	40									
			50	55	0.7	1.2	20	40	40									
			55	60	0.7	1.2	21	8	71									
			60	65	0.7	1.2	21	8	71									
	77.5	Ab(g)	65	70	0.7	1.2	21	8	71									
70			75	0.7	1.2	21	8	71										

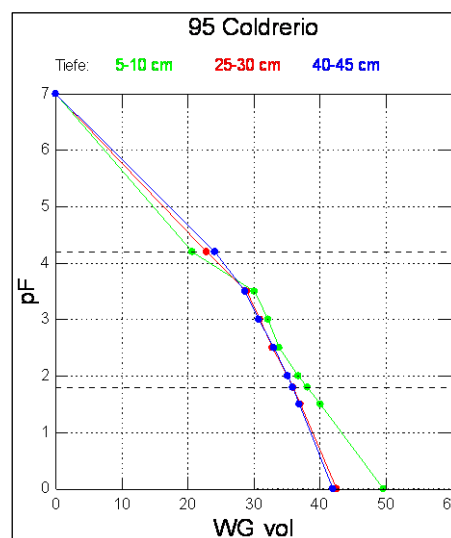
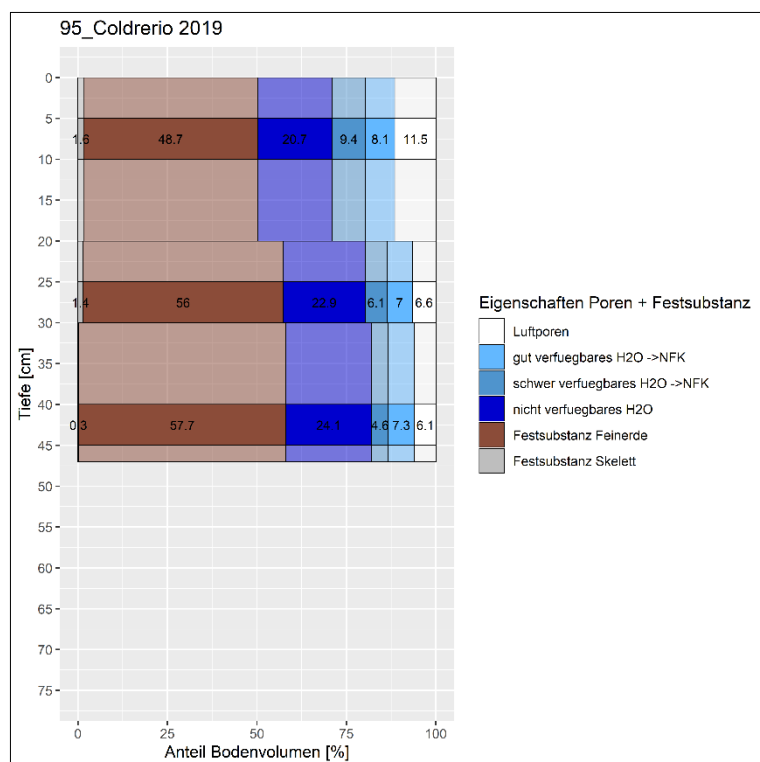
Der Eindringwiderstand nimmt bis 30 cm Tiefe stetig zu. Dies kann jedoch teilweise mit dem abnehmenden Wassergehalt erklärt werden. Die Lagerungsdichte nimmt bis in die Tiefe von 35 cm stetig zu. Die Qualität der Bodenstruktur wurde unterhalb des Oberbodens nur noch als mässig beurteilt.



Die Zylinderproben wurden in drei für den Boden repräsentativen Tiefen, im Oberboden «Ah,p-Horizont» (5-10 cm), im Übergangshorizont «AB-Horizont» (25-30 cm) und im Unterboden «Bw-Horizont» (40-45 cm) entnommen. Es konnten alle 24 Stechzylinderproben bestimmt werden.

Statistische Kenngrößen der gemessenen, physikalischen Parameter:

Standort Nr. 95		13.02.19								
Parameter	mittl. Tiefe cm	n	Min	Max	Med	IQR	Mw	VI	s	
vol. WG feldfrisch	[Vol %]	7.5	8	33.9	40.0	35.6	4.5	36.2	2.0	2.4
		27.5	8	32.6	35.9	34.7	1.3	34.7	0.9	1.0
		42.5	8	33.1	37.7	34.8	3.1	35.1	1.5	1.8
grav. WG feldfrisch	[g/g %]	7.5	8	24.4	31.9	26.8	5.5	27.6	2.6	3.1
		27.5	8	21.4	24.9	23.0	0.7	22.9	0.8	1.0
		42.5	8	21.2	25.4	22.9	1.7	22.8	1.1	1.4
LD (FS)	[g/cm3]	7.5	8	1.18	1.42	1.36	0.16	1.32	0.08	0.09
		27.5	8	1.43	1.59	1.51	0.06	1.51	0.04	0.05
		42.5	8	1.49	1.58	1.55	0.05	1.54	0.03	0.04
Gesamtporen	[Vol %]	7.5	8	45.9	54.5	48.2	5.9	49.7	2.8	3.3
		27.5	8	39.7	45.9	42.4	2.3	42.6	1.6	1.9
		42.5	8	40.5	44.0	41.8	1.8	42.0	1.1	1.3
Luftporen pF <1.8	[Vol %]	7.5	8	6.4	17.3	11.6	5.6	11.5	3.1	3.7
		27.5	8	2.8	9.3	7.3	3.7	6.6	2.0	2.4
		42.5	8	2.1	9.7	5.6	3.1	6.1	2.0	2.4
PV gut verfügb. Wasser pF 1.8 – 3.5	[Vol %]	7.5	8	6.0	9.4	8.4	2.1	8.0	1.0	1.3
		27.5	8	5.6	7.9	6.9	0.8	7.0	0.6	0.7
		42.5	8	5.7	8.6	7.2	1.1	7.2	0.7	0.9
PV schwer verfügb. Wasser pF 3.5-4.5	[Vol %]	7.5	8	8.7	11.5	8.9	1.1	9.4	0.8	1.0
		27.5	8	3.5	8.5	5.9	1.7	6.1	1.3	1.5
		42.5	8	1.1	8.0	4.8	2.1	4.6	1.7	2.0
PV nicht verfügb. Wasser pF >4.5	[Vol %]	7.5	8	18.8	23.5	20.5	1.1	20.7	1.1	1.3
		27.5	8	21.2	24.0	23.1	1.5	22.9	0.9	1.0
		42.5	8	18.2	28.3	24.6	3.6	24.1	2.6	3.1
Festsubstanz	[Vol %]	7.5	8	45.5	54.1	51.8	5.9	50.3	2.8	3.3
		27.5	8	54.1	60.3	57.6	2.3	57.4	1.6	1.9
		42.5	8	56.0	59.5	58.2	1.8	58.0	1.1	1.3
Feinerde	[Vol %]	7.5	8	44.1	52.4	50.1	5.8	48.7	2.7	3.2
		27.5	8	52.8	58.8	56.1	2.3	56.0	1.6	1.9
		42.5	8	55.7	59.2	58.0	1.8	57.7	1.1	1.3
Skelett	[Vol %]	7.5	8	1.4	1.7	1.6	0.2	1.6	0.1	0.1
		27.5	8	1.3	1.5	1.4	0.1	1.4	0.0	0.0
		42.5	8	0.3	0.3	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0
grobe Grobporen pF <1.5	[Vol %]	7.5	8	5.4	14.6	9.4	5.2	9.5	2.7	3.2
		27.5	8	2.3	7.7	6.1	3.2	5.5	1.7	2.0
		42.5	8	1.8	8.2	4.6	2.9	5.1	1.8	2.1
mittlere Grobporen pF 1.5-1.8	[Vol %]	7.5	8	1.0	2.7	2.0	0.6	2.0	0.4	0.5
		27.5	8	0.6	1.6	1.2	0.7	1.1	0.3	0.4
		42.5	8	0.4	1.5	1.1	0.3	1.0	0.3	0.3
feine Grobporen pF 1.8-2.0	[Vol %]	7.5	8	1.1	1.6	1.4	0.2	1.4	0.1	0.2
		27.5	8	0.6	1.0	0.9	0.3	0.8	0.2	0.2
		42.5	8	0.4	1.1	0.8	0.1	0.8	0.1	0.2
grobe Mittelporen pF 2.0-2.5	[Vol %]	7.5	8	1.6	3.7	2.9	0.6	2.9	0.5	0.6
		27.5	8	1.9	2.8	2.2	0.5	2.3	0.3	0.3
		42.5	8	1.4	3.0	2.1	0.3	2.1	0.4	0.4
grobe Mittelporen pF 2.5-3.0	[Vol %]	7.5	8	0.5	2.7	1.8	0.8	1.7	0.6	0.7
		27.5	8	1.6	2.4	1.8	0.4	1.9	0.2	0.3
		42.5	8	1.9	3.1	2.2	0.4	2.3	0.3	0.4
mittlere Mittelporen pF 3.0-3.5	[Vol %]	7.5	8	1.6	2.4	2.0	0.4	2.1	0.2	0.3
		27.5	8	1.1	2.4	2.1	0.3	2.0	0.3	0.4
		42.5	8	1.6	2.6	2.2	0.8	2.1	0.3	0.4
feine Mittelporen pF 3.5-4.2	[Vol %]	7.5	8	8.7	11.5	8.9	1.1	9.4	0.8	1.0
		27.5	8	3.5	8.5	5.9	1.7	6.1	1.3	1.5
		42.5	8	1.1	8.0	4.8	2.1	4.6	1.7	2.0
Feinporen pF >4.2	[Vol %]	7.5	8	18.8	23.5	20.5	1.1	20.7	1.1	1.3
		27.5	8	21.2	24.0	23.1	1.5	22.9	0.9	1.0
		42.5	8	18.2	28.3	24.6	3.6	24.1	2.6	3.1



Die Interpretation der Luft- und Wasserporen über das gesamte Bodenprofil: Der Anteil an Luftporen ist unterhalb des Bearbeitungshorizontes gering und kleiner als der Richtwert. Die nutzbare Feldkapazität (nFk) ist bis 50 cm Tiefe als gering und aufsummiert bis in eine Tiefe von 78 cm als mittel zu bewerten.

95 Coldrerio		PNG cm: 78		Verfügbarkeit Wasser pro Schicht L/m ²			Verfügbarkeit Wasser aufsummiert L/m ²			
Horizont	Tiefe cm von/bis	Boden L/m ²	% Luftporen	gut	schwer	nFk	bis cm Tiefe	gut	schwer	nFk
Ah,p	0 20	200	11.5	16.0	18.8	34.9	20	16.0	18.8	34.9
AB	20 30	100	6.6	7.0	6.1	13.1	30	23.0	24.9	47.9
Bw	30 50	200	6.1	14.4	9.1	23.6	50	37.5	34.0	71.5
B(g)/Ab(g)	50 78	280	6.1	20.2	12.8	33.0	78	57.7	46.8	104.5

Die Porenvolumina bei pF 1.5-2.5 zeigen, dass in den beiden unteren Schichten der Wasser- und Luftaustausch eingeschränkt ist. Dies kann bedeuten, dass z.B. bei Starkregen das Niederschlagswasser nicht genug schnell eindringen kann. Die gemessenen Werte für Luftpermeabilität und Gasdiffusion können nicht beurteilt werden (siehe 4.1).

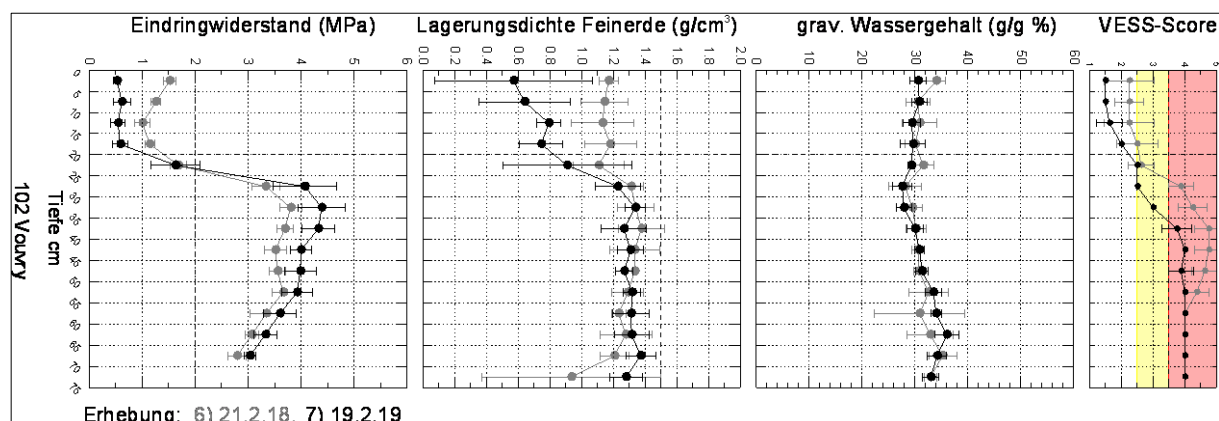
	mittlere Tiefe [cm]	pF	Porenvolumen [Vol%]		Luftpermeabilität [µm ²]			Gasdiffusion []				
			n	Mw	n	Min	Max	Med	n	Min	Max	Med
95 Coldrerio	7.5	1.5	8	9.5	7	1.97	12.97	3.94	7		0.0058	0.0038
		1.8	8	11.5	6	2.04	18.46	10.58	8	0.0031	0.0135	0.0061
		2.0	8	12.9	7	2.25	27.26	11.64	8	0.0030	0.0208	0.0078
		2.5	8	15.8	8	2.70	50.56	16.75	8	0.0117	0.0369	0.0212
	27.5	1.5	8	5.5	2	2.08	2.20	2.14	8		0.0039	0.0004
		1.8	8	6.6	2	3.08	3.36	3.22	8		0.0046	0.0018
		2.0	8	7.4	5	2.17	4.76	3.00	8		0.0066	0.0041
		2.5	8	9.7	8	2.01	10.13	4.94	8	0.0038	0.0161	0.0118
	42.5	1.5	8	5.1	4	2.05	10.17	3.19	8		0.0037	0.0009
		1.8	8	6.1	4	2.32	12.73	3.34	4	0.0010	0.0027	0.0021
		2.0	8	6.9	6	2.04	14.78	2.61	8		0.0073	0.0036
		2.5	8	8.9	7	2.33	20.33	3.18	8	0.0021	0.0095	0.0058

6.14 102 Vouvy (Ackerstandort)

Grundwassergeprägter Fluvisol, der intensiv ackerbaulich genutzt wird.

102 VOU 1-7		Grundwassergeprägter, selten bis zur Oberfläche porengesättigter, ziemlich flachgründiger Fluvisol, sehr stark gleyig, verdichtet, karbonathaltig							19.02.2019 Eindringwiderstand, Schichtproben										
Bodenansprache		19.02.2019		Schichttiefe cm		Gehalte (%) bestimmt Profil Ersterhebung					19.02.2019		Probenahme Zylinderproben						
Mittel aus 4 Bohrprofilen		Tiefe	Horizont	von	bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand	Tiefe	Gehalt (%)	bestimmt aus FE Zylinderproben						
Foto											von	bis	OrgC	Humus	Ton	Schluff	Sand		
				0	5	1.4	2.4	7	64	29									
	Ah,p			5	10	1.4	2.4	7	64	29									
					10	15	1.4	2.4	7	64	29	10	15	1.1	1.9	9.3	63.4	27.3	
					15	20	1.4	2.4	7	64	29								
					20	25	1.4	2.4	7	64	29								
					25	30	1.4	2.4	7	64	29								
	AB				30	35	0.3	0.5	5	80	15								
		Bgg,x			35	40	0.3	0.5	5	80	15	35	40	0.4	0.7	7.6	82.1	10.4	
						40	45	0.3	0.5	5	80	15							
	BCgg				45	50	0.3	0.5	5	80	15								
					50	55	0.4	0.7	3	64	33								
					55	60	0.4	0.7	3	64	33	55	60	0.3	0.5	5.3	74.1	20.6	
					60	65	0.4	0.7	3	64	33								
	Cgg				65	70	0.4	0.7	3	64	33								
					70	75	0.3	0.6	5	79	16								

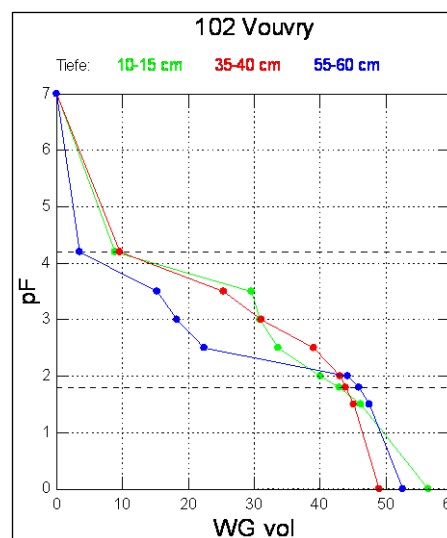
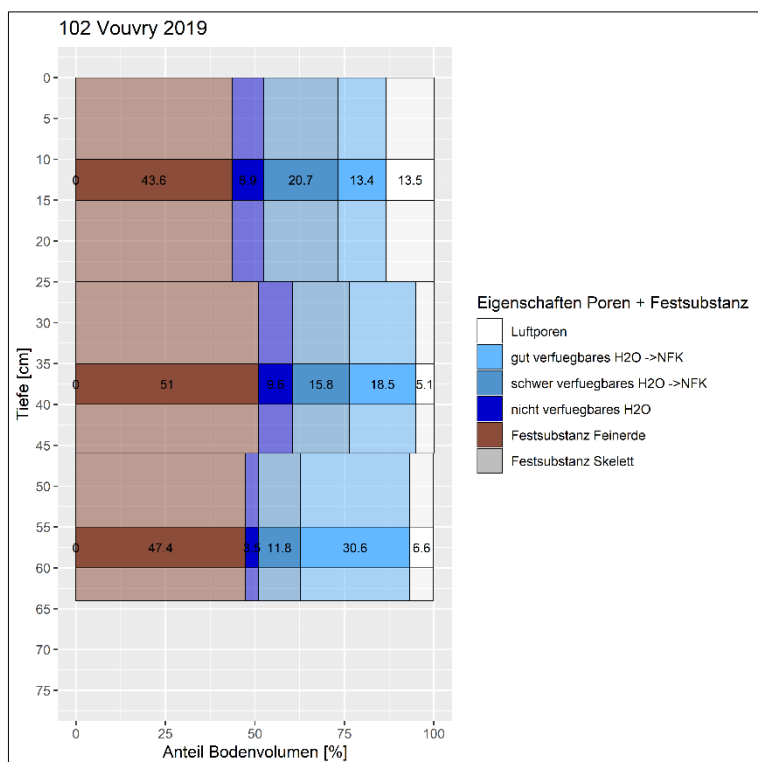
Der Eindringwiderstand ist zwischen 25-45 cm Tiefe stark erhöht. Die Lagerungsdichte ist im bearbeiteten Oberboden (0-25 cm) sehr gering und darunter konstant zwischen 1.2-1.4 g/cm³. Die Bodenstruktur wurde im Ah,p-Horizont als gut bis sehr gut, im Überganshorizont als mässig und unterhalb von 35 cm Tiefe als schlecht beurteilt. Bei der Bodenansprache wurde der Horizont zwischen 32-46 cm Tiefe als verdichtet bezeichnet.



Die Zylinderproben wurden in drei für den Boden repräsentativen Tiefen im Oberboden «Ah,p-Horizont» (10-15 cm), im verdichteten Horizont «Bgg,x-Horizont» (35-40 cm) und im Unterboden «BCgg-Horizont» (55-60 cm) entnommen. Es konnten alle 24 Stechzylinderproben bestimmt werden. Die Werte für Luftpermeabilität und Gasdiffusion waren vielfach unterhalb der Nachweisgrenze.

Statistische Kenngrößen der gemessenen, physikalischen Parameter:

Standort Nr. 102	19.02.19									
Parameter	mittl. Tiefe cm	n	Min	Max	Med	IQR	Mw	VI	s	
vol. WG feldfrisch	[Vol %]	12.5	8	31.9	37.0	34.1	3.7	34.4	1.7	2.0
		37.5	8	38.7	42.0	40.9	1.6	40.7	0.9	1.1
		57.5	8	42.6	45.8	44.8	1.7	44.6	0.9	1.1
grav. WG feldfrisch	[g/g %]	12.5	8	27.7	30.3	29.2	1.5	29.1	0.7	0.9
		37.5	8	26.9	30.3	28.5	1.8	28.7	1.0	1.2
		57.5	8	31.7	35.7	34.2	1.4	33.9	1.0	1.2
LD (FS)	[g/cm ³]	12.5	8	1.12	1.25	1.17	0.10	1.19	0.04	0.05
		37.5	8	1.37	1.44	1.43	0.03	1.42	0.02	0.03
		57.5	8	1.27	1.35	1.32	0.04	1.32	0.02	0.03
Gesamtporen	[Vol %]	12.5	8	54.0	58.8	57.1	3.6	56.4	1.6	1.9
		37.5	8	48.2	50.8	48.7	1.3	49.0	0.8	0.9
		57.5	8	51.4	54.1	52.4	1.3	52.6	0.8	1.0
Luftporen pF <1.8	[Vol %]	12.5	8	8.2	17.5	13.8	6.0	13.5	2.9	3.5
		37.5	8	3.7	6.5	5.0	1.8	5.1	0.9	1.0
		57.5	8	5.2	8.6	6.5	2.3	6.6	1.1	1.3
PV gut verfügb. Wasser pF 1.8 – 3.5	[Vol %]	12.5	8	10.8	16.2	12.4	4.1	13.3	1.8	2.2
		37.5	8	14.8	25.7	17.2	5.9	18.5	3.3	4.0
		57.5	8	21.0	39.1	29.7	7.8	30.6	4.9	5.9
PV schwer verfügb. Wasser pF 3.5-4.5	[Vol %]	12.5	8	17.5	25.7	19.8	3.3	20.7	2.3	2.7
		37.5	8	7.1	20.0	17.0	3.1	15.8	3.3	3.9
		57.5	8	3.5	17.3	13.9	9.1	11.8	4.5	5.3
PV nicht verfügb. Wasser pF >4.5	[Vol %]	12.5	8	8.1	9.8	8.9	0.6	8.9	0.4	0.5
		37.5	8	6.0	12.4	9.4	3.9	9.6	1.9	2.3
		57.5	8	2.4	5.6	3.1	1.1	3.5	0.8	1.0
Festsubstanz	[Vol %]	12.5	8	41.2	46.0	42.9	3.6	43.6	1.6	1.9
		37.5	8	49.2	51.8	51.3	1.3	51.0	0.8	0.9
		57.5	8	45.9	48.6	47.6	1.3	47.4	0.8	1.0
Feinerde	[Vol %]	12.5	8	41.2	46.0	42.9	3.6	43.6	1.6	1.9
		37.5	8	49.2	51.8	51.3	1.3	51.0	0.8	0.9
		57.5	8	45.9	48.6	47.6	1.3	47.4	0.8	1.0
Skelett	[Vol %]	12.5	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		37.5	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		57.5	8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
grobe Grobporen pF <1.5	[Vol %]	12.5	8	6.7	14.2	9.3	5.6	10.2	2.5	3.0
		37.5	8	2.6	5.4	3.7	1.7	3.9	0.9	1.0
		57.5	8	3.8	6.8	4.9	1.9	5.1	0.9	1.1
mittlere Grobporen pF 1.5-1.8	[Vol %]	12.5	8	1.4	5.8	3.5	1.6	3.3	1.1	1.4
		37.5	8	1.1	1.4	1.2	0.2	1.2	0.1	0.1
		57.5	8	1.3	1.9	1.6	0.4	1.6	0.2	0.2
feine Grobporen pF 1.8-2.0	[Vol %]	12.5	8	1.7	4.1	3.0	1.3	2.9	0.7	0.8
		37.5	8	0.7	0.9	0.8	0.1	0.8	0.1	0.1
		57.5	8	0.9	2.3	1.7	0.8	1.7	0.4	0.5
grobe Mittelporen pF 2.0-2.5	[Vol %]	12.5	8	4.4	8.3	6.3	2.2	6.4	1.1	1.3
		37.5	8	3.2	5.2	3.9	0.9	4.0	0.6	0.7
		57.5	8	8.4	25.6	24.9	5.0	21.8	5.2	6.3
grobe Mittelporen pF 2.5-3.0	[Vol %]	12.5	8	0.3	7.0	2.5	2.2	2.8	1.8	2.1
		37.5	8	5.6	11.7	7.6	3.4	8.0	1.9	2.2
		57.5	8	0.3	11.9	3.3	4.6	4.1	3.2	3.8
mittlere Mittelporen pF 3.0-3.5	[Vol %]	12.5	8	0.1	3.3	0.8	2.0	1.3	1.0	1.2
		37.5	8	0.4	10.3	5.8	5.7	5.7	3.1	3.7
		57.5	8	0.1	8.5	1.9	5.3	3.0	2.7	3.3
feine Mittelporen pF 3.5-4.2	[Vol %]	12.5	8	17.5	25.7	19.8	3.3	20.7	2.3	2.7
		37.5	8	7.1	20.0	17.0	3.1	15.8	3.3	3.9
		57.5	8	3.5	17.3	13.9	9.1	11.8	4.5	5.3
Feinporen pF >4.2	[Vol %]	12.5	8	8.1	9.8	8.9	0.6	8.9	0.4	0.5
		37.5	8	6.0	12.4	9.4	3.9	9.6	1.9	2.3
		57.5	8	2.4	5.6	3.1	1.1	3.5	0.8	1.0



Die Interpretation der Luft- und Wasserporen über das gesamte Bodenprofil: Im Oberboden ist der Anteil der Luftporen ($pF < 1.8$) sehr hoch. Unterhalb 25 cm Tiefe ist deren Anteil dagegen ungenügend (unterhalb des Richtwertes). Der Boden weist bis in die Tiefe von 50 cm eine hohe nutzbare Feldkapazität (nFk) auf. Bewertet man die nFk bis 65 cm Tiefe so ist diese als sehr hoch einzustufen. Dank kapillarem Aufstieg weist der Boden zudem bei starker

102 Vouvry		PNG cm: 40		Verfügbarkeit Wasser pro Schicht L/m ²			Verfügbarkeit Wasser aufsummiert L/m ²			
Horizont	Tiefe cm von/bis	Boden L/m ²	% Luftporen	gut	schwer	nFk	bis cm Tiefe	gut	schwer	nFk
Ah,p	0 25	250	13.5	33.3	51.8	85.1	25	33.3	51.8	85.1
AB / Bgg,x	25 45	200	5.1	37.1	31.5	68.6	45	70.4	83.3	153.7
BCgg	45 50	50	6.6	15.3	5.9	21.2	50	85.7	89.2	174.9
BCgg	50 65	150	6.6	46.0	17.7	63.6	65	131.7	106.9	238.6

Trockenheit ein sehr hohes Potential an Wassernachlieferung aus dem Grundwasser auf.

Die Porenvolumina bei pF 1.5-2.5 zeigen, dass in den beiden unteren Schichten der Wasser- und Luftaustausch eingeschränkt ist. Da hier der Boden oft wenig entwässert ist, wird der Gasaustausch unterhalb 25-30 cm Tiefe stark eingeschränkt. Die gemessenen Werte für Luftpermeabilität und Gasdiffusion sind ungenügend.

	mittlere Tiefe [cm]	pF	Porenvolumen [Vol%]		Luftpermeabilität [μm^2]			Gasdiffusion []				
			n	Mw	n	Min	Max	Med	n	Min	Max	Med
102 Vouvry	12.5	1.5	8	10.2	4	2.08	18.52	2.79	8		0.0060	0.0012
		1.8	8	13.5	6	1.98	31.60	9.36	8		0.0118	0.0058
		2.0	8	16.4	8	2.15	40.29	12.18	8	0.0000	0.0187	0.0124
		2.5	8	22.8	8	3.35	57.28	20.38	8	0.0105	0.0484	0.0289
	37.5	1.5	8	3.9	2	1.96	2.93	2.44	7		0.0045	0.0011
		1.8	8	5.1	2	2.02	5.95	3.98	7	0.0001	0.0083	0.0006
		2.0	8	5.9	5	2.10	22.44	2.56	8		0.0117	0.0021
		2.5	8	9.9	8	2.36	30.81	3.31	8	0.0005	0.0131	0.0033
	57.5	1.5	8	5.1	1			2.00	7		0.0036	0.0003
		1.8	8	6.6	1			2.20	6	0.0007	0.0049	0.0018
		2.0	8	8.4	3	2.12	2.20	2.15	8	0.0013	0.0049	0.0020
		2.5	8	30.2	8	2.39	4.05	3.34	8	0.0066	0.0443	0.0206

7 Abbildung

Abbildung 1: Karte der NABO-Standorte, markiert sind abgeschlossene (rote Kreise) und noch nicht ausgewertete (gelbe Kreise) Erhebungen von physikalischen Parametern aus Zylinderproben.....	8
Abbildung 2: Probenahme-Design: Einteilung der NABOphys-Fläche in 10 x 10 Teilflächen à 1 m ² mit Markierungen jener Teilflächen, welche bei der ersten Erhebung beprobt werden.	9
Abbildung 3: Entnahme von Zylinderproben in den Tiefen h1 bis h2. Rote Box = Zylinder.....	10
Abbildung 4: Plausibilisierung des Verlaufes der pF-Kurven für die einzelnen Zylinderproben, Beispiel Standorte 54 und 102 in je zwei Tiefen.	13
Abbildung 5: Für diesen Bericht berücksichtigte NABO-Standorte (mit Kreisen markiert), wovon neun Ackerbaustandorte (braun) und fünf Graslandstandorte (grün)	15
Abbildung 6: Beispiel der Desorptionskurven von sechs Standorten im Unterboden mit unterschiedlicher Textur. In Klammern sind Ton-, Schluff- und Sandgehalte in Prozent angegeben.	17
Abbildung 7: Porenvolumen für pF<1.5, pF<1.8, pF<2.0 und pF<2.5 in den Schichten 1 = Oberboden, 2 = Übergangshorizont, 3 = Unterboden in fünf Graslandstandorten. Mittelwerte aus je 8 Zylinderproben. Richtwert für Grobporen- / Grobe Mittelporenvolumen pF<1.8 = 7 Vol.% (horizontale Linie; BGS 2004).	19
Abbildung 8: Porenvolumen für pF<1.5, pF<1.8 (Luftporen), pF<2.0 und pF<2.5 in den Schichten 1 = Oberboden, 2 = Übergangshorizont, 3 = Unterboden in neun Ackerstandorten. Mittelwerte aus je 8 Zylinderproben. Richtwert für Volumen der Luftporen pF<1.8 = 7 Vol.% (BGS, 2004).....	19
Abbildung 9: Volumenanteil der Luftporen (pF<1.8) versus Luftpermeabilität der einzelnen Bodenschichten bei pF 1.8 für Ackerstandorte (links; AK) und Graslandstandorte (rechts; GL). Punkte = Mediane mehrerer Messwerte pro Horizont und Standort. Gestrichelte Linien entsprechen den Richtwerten: Luftporen 7 Vol.-% (Buchter et al., 2004), Luftpermeabilität 18.7 µm ² (Horn & Fleige, 2009).	20
Abbildung 10: Volumenanteil der Luftporen (pF<1.8) versus Gasdiffusion bei pF 1.8 der einzelnen Bodenschichten für Ackerstandorte (links; AK) und Graslandstandorte (rechts; GL). Gestrichelte Linien entsprechen den Richtwerten: Luftporen 7 Vol.-% (Buchter et al. 2004), Gasdiffusion 0.02 (Horn & Fleige, 2009).....	21
Abbildung 11: Zentralwerte für das Luftporenvolumen pF <1.8, die effektive Lagerungsdichte (LD eff), den relativen Eindringwiderstandswert (EDW rel) und die Gefügebeurteilung (CoreVESS) mit jeweiligen Richtwertangaben in drei Bodenschichten (1 = Oberboden, 2 = Übergangshorizont, 3 = Unterboden) eines Graslandstandort (oben, Standort 1) und eines Ackerstandortes (unten, Standort 54).....	21
Abbildung 12: Vergleich der Zentralwerte für das Luftporenvolumen pF<1.8, die effektive Lagerungsdichte (LD eff), den relativen Eindringwiderstandswert (EDW rel) und die Gefügebeurteilung (CoreVESS) in drei Bodenschichten (1 = Oberboden, 2 = Übergangshorizont, 3 = Unterboden) der fünf Graslandstandorte.....	22
Abbildung 13: Vergleich der Zentralwerte für das Luftporenvolumen pF<1.8, die effektive Lagerungsdichte (LD eff), den relativen Eindringwiderstandswert (EDW rel) und die Gefügebeurteilung (CoreVESS) in drei Bodenschichten (1 = Oberboden, 2 = Übergangshorizont, 3 = Unterboden) der neun Ackerstandorte.	23

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Beprobungen bzw. Methoden für die einmalige Beprobung für bodenphysikalische Parameter.	9
Tabelle 2: Bestimmung physikalischer Parameter bei neun Entwässerungsstufen (x = wird gemessen).....	11
Tabelle 3: Definition der Porenklassen gemäss Forschungsanstalt Agroscope (1996).....	11

Tabelle 4: Funktionalität der Porenklassen (Blume et al. 2010).....	11
Tabelle 5: Richtwerte (RW), Prüfwert (PW) und Beurteilungsgrößen für physikalische Bodeneigenschaften; PV = Porenvolumen.....	14
Tabelle 6: Bodentyp und Bodenart der untersuchten NABO-Standorte (OB = Oberboden, UB = Unterboden).....	16
Tabelle 7: Nutzbare Feldkapazität (nFK in mm) und Pflanzenverfügbarkeit der nFK (gut/schwer) der Standorte von 0-50 cm Tiefe. Bewertung der nFK nach KA5-Klassen (2005). PNG: pflanzennutzbare Gründigkeit.	18
Tabelle 8: Nutzbare Feldkapazität (nFK in mm) und Pflanzenverfügbarkeit der nFK (gut/schwer) der Böden von der Oberfläche bis zu einer geschätzten Durchwurzelungstiefe (in cm). Bewertung der nFK nach KA5-Klassen (2005). PNG: pflanzennutzbare Gründigkeit.	18