

Zeitschrift: Landtechnik Schweiz

Herausgeber: Landtechnik Schweiz

Band: 48 (1986)

Heft: 1

Artikel: Aufbau und Eigenschaften der Böden

Autor: Jäggli, F. / Nievergelt, J.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1081716>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 04.02.2026

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

Aufbau und Eigenschaften der Böden

Dr. F. Jäggli / J. Nievergelt, Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau, Zürich-Reckenholz (FAP)

Der landwirtschaftlich genutzte Boden wird in den letzten Jahrzehnten immer grösseren Beanspruchungen ausgesetzt durch:

- steigende Flächenproduktivität
- schwerere Traktoren und Maschinen
- zapfwellengetriebene Bodenbearbeitungsgeräte
- kürzere Ruhezeit infolge intensiver Nutzung
- Ausdehnung des Ackerbaus (Mais!) in Hanglagen
- Zunahme an rekultivierten Flächen, z.B. nach Kiesabbau
- usw.

Die Ansprüche der Kulturpflanzen an die Bodenstruktur sind die gleichen geblieben, deshalb mehren sich die bodenbürtigen Probleme im Ackerbau, wenn der Landwirt den Boden nicht schont und pflegt.

Der Aufbau des Bodens

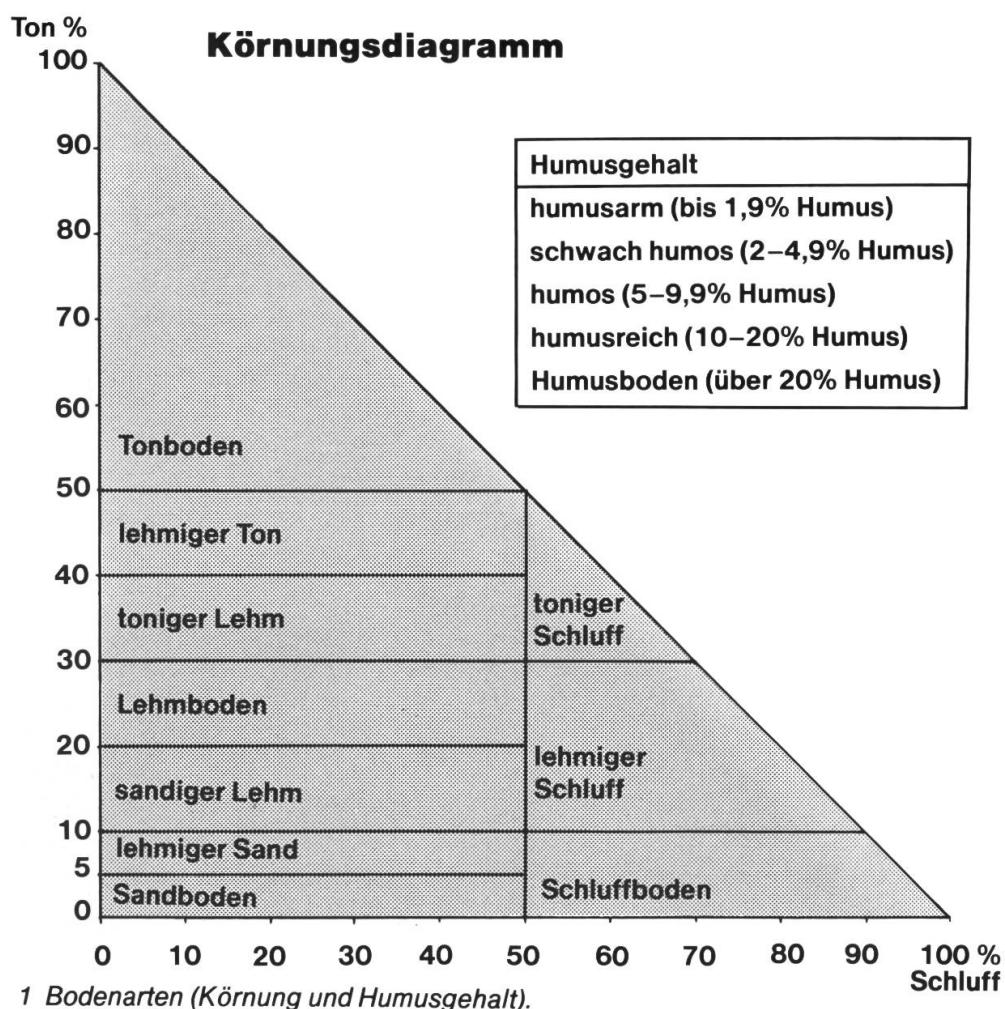
Ein normaler Boden besteht zu ca. 50% aus Hohlräumen, die mit Luft und Wasser gefüllt sind, den sogenannten Bodenporen.

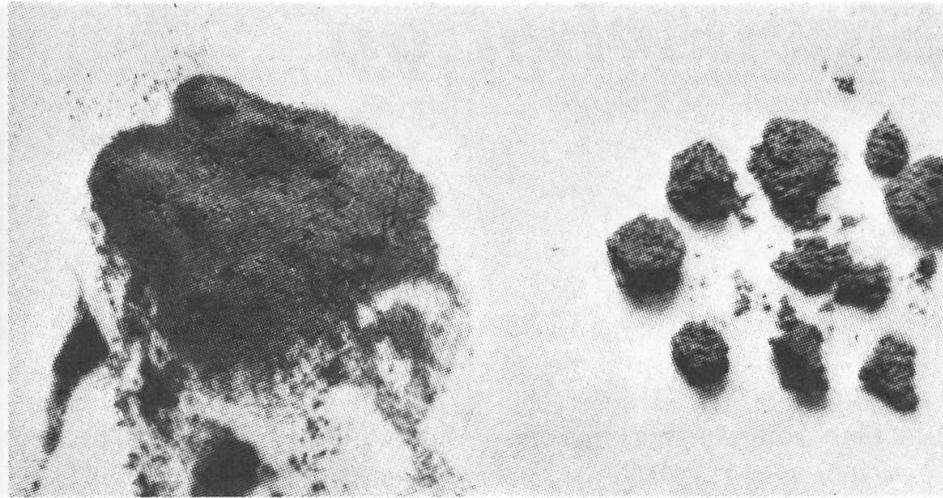
Die Zusammensetzung des Bodens ist von Acker zu Acker verschieden: seine Bodenart, z.B. humoser sandiger Lehm, gibt Auskunft über die Anteile Sand, Schluff, Ton und organische Substanz (s. Abb. 1).

Das feste Bodenmaterial macht die restlichen 50% des Bodens aus. Man unterscheidet hier mineralisches und organisches Material (s. Kasten).

Hohlräume und feste Bodenteile sind in ungestörten Böden vielfältig vermischt und zusammengefügt durch die Bodenlebewesen. Ein gutes Bodengefüge hat eine ähnliche Struktur wie ein Brotkrümel. Bodenlebewesen, Wurzeln, Wassereinwirkung und

Frost verändern das Gefüge stetig. Auch der Landwirt beeinflusst mit der Bodenbearbeitung und der Humuswirtschaft die Bodenstruktur. Der Boden ist eine lebendige Welt, die kurzfristig zwar erstaunlich viele Schläge einstecken kann; langfristig aber reagiert der Boden mit verminderter Ertragsfähigkeit auf andauernd unsorgfältige Behandlung.





Regen vermag unverbaute Bodenteile (links) zu zerstören; verbaute Krümel (rechts) halten ihm stand. (Foto: A. Stöckli).

Die Bodendichte hängt eng mit der Gefügeform (s. Kasten) zu-

sammen. Klumpen kommen vor allem in dicht gelagerten, verdichteten oder nassen Böden vor. Dichte Böden bieten den Wurzeln viel Widerstand, zu Wasser und Nährstoff vorzudringen.

Gefügeformen

Krümel

weichkantig, rundlich, porös, sehr gut durchwurzelbar.

Bröckel

stumpfkantig bis kantig, vielfachig, mehr oder weniger porös, gut durchwurzelbar.

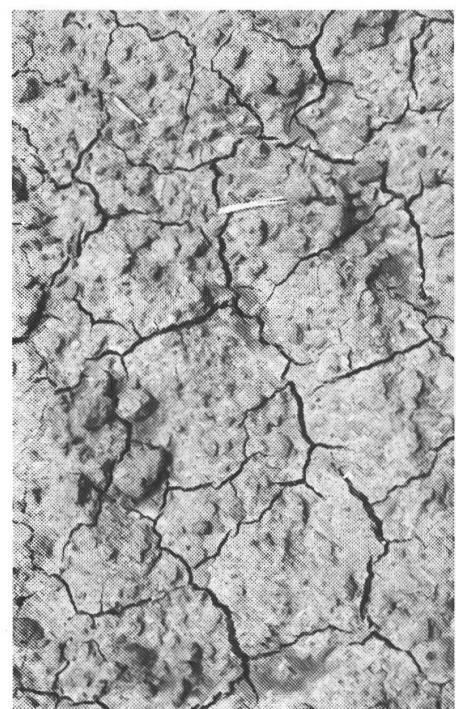
Klumpen

kantig, senkrecht im Boden stehend, wenig porös, mäßig bis schlecht durchwurzelbar.

Porenverhältnisse

Bodenart und Gefüge bestimmen die Hohlräumzusammensetzung, die Porenverhältnisse eines Bodens.

Bedeutung der Porengrößen für Wasser- und Lufthaushalt:



Unbedeckter Boden ist anfällig auf Verschlammung, Verkrustung und Erosion. «Deckel» über einer Maissaat, Frühjahr 1985. (Foto: U. Zihlmann).

Gefügequalität	Gefügeform	Größe des kleinsten Gefügeteilchens	Farbe	Absonderungen
sehr gut	gerundet	1 - 2 mm	braun	keine
schlecht	eckig	> 20 mm	grau	Absonderungen von Eidenhydroxid

2 Qualitätsmerkmale der Bodenstruktur für die Feldbeurteilung (Spaten).

- In den **Grobporen** wird das Niederschlagswasser so schwach gebunden (Saugspannung 0–0,1 bar, Erfahrungswert), dass es spätestens nach 3–4 Tagen versickert ist. Die Grobporen sind für die **Wassersickerung** und die **Durchlüftung des Bodens** verantwortlich und werden deshalb auch Sickerporen oder Luftporen genannt.

- Die **Mittelporen** werden auch als **Speicherporen** bezeichnet. Das **Wasser** wird genügend stark zurückgehalten, dass es nicht versickert. Es kann aber **von den Pflanzenwurzeln aufgenommen** werden. Es wird unterschieden zwischen Mittelporen mit leicht verwertbarem (Saug-

spannung 0,1–0,7 bar) und schwer verwertbarem Wasser (Saugspannung 0,7–15 bar).

Bei zunehmender Trockenheit brauchen die Pflanzen immer mehr Energie, um Wasser aus dem Boden aufzunehmen.

- In den **Feinporen** ist das **Wasser** so fest gebunden, dass es für die Vegetation **nicht verwertbar** ist (Restwasser: Saugspannung > 15 bar).

Der Landwirt kann eine optimale Nährstoffversorgung der Pflan-

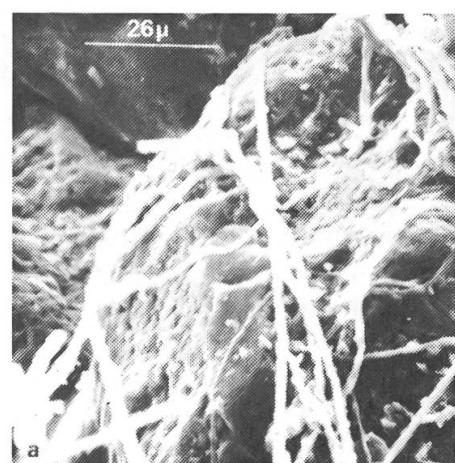
Festes Bodenmaterial

	Bodenmaterial	Durchmesser
mineralisch	Steine	grösser als 2 mm
	Sand	0,05–2 mm
	Schluff	0,002–0,05 mm
	Ton	kleiner als 0,002 mm
organisch	Humusstoffe	
	Bodenlebewesen	

zen heute über die Düngung auf den meisten Böden gut gewährleisten. Günstiger Wasser- und Lufthaushalt sind für gute Erträ-

ge jedoch ebenso eine Voraussetzung. Für optimales Pflanzenwachstum sind mindestens 10% Grobporen nötig, weil nur durch diese Poren genügend Sauerstoff für schnell wachsende Pflanzenwurzeln in den Boden eindringen kann. Für eine gute Wasserversorgung ist ein grosser Anteil an feinen Mittelporen wichtig.

- Böden mit **sandigem Lehm** erfüllen diese beiden Anforderungen häufig.
- **Sandböden** zeigen einen hohen Grobporenanteil und kleine Mittel- und Feinporenanteile und trocknen deshalb schnell aus.



Lebendverbauung des Bodens: Pilzhyphen umfangen ein Sandkorn (aus T.R.G. Gray and S.T. Williams, *Soil Microorganisms*).

Merkpunkte für die Bodenbearbeitung

- **Lockerung** (Pflug, Grubber): Vermehrung des Porenvolumens v.a. der Grobporen, besseres Eindringen und Versickern von Wasser, bessere Durchlüftung, verminderde Tragfähigkeit; zeitliche begrenzte Wirkung wegen Eigengewicht, Wassereinwirkung und weiterer Bearbeitung.
- **Zerkleinerung** der Gefügeteile (Egge, Fräse): z.B. für Saatbettbereitung auf schweren Böden; bedeutet keine Stabilisierung der Gefügeteile (durch Zerteilen eines Klumpens erhält man keine Krümel!)
- **Druckverdichtung** (Raddruck v. Traktor, Maschinen, Wagen)
Folgen: Verkleinerung der Grobporen zwischen Gefügeteilen, Überschusswasser länger im Wurzelraum, ev. Sauerstoffmangel und verminderte Nährstoffaufnahme, Wachstumsrückgang.
Erhöhtes Risiko: hoher Tongehalt, staunasse Böden, labiles Gefüge, frisch gelockerter Boden.
- **Verfestigung** (Walzen), Sackungsverdichtung (Eigengewicht des Bodens): auf stark gelockertem Boden meistens positive Wirkung auf Wurzelwachstum resp. Tragfähigkeit.
- **Verdichten durch Schlag und Aufprall** (zapfwellengetriebene Bodenbearbeitungsgeräte): mit zu hoher Geschwindigkeit geschlagene Gefügeteile werden verformt und verdichtet; der Anteil Mittelporen mit leicht verfügbarer Wasser nimmt ab; durch häufiges derartiges Bearbeiten werden Krümel und Bröckel zu unporösen Kleinklumpen verdichtet.
- **Verschmieren** (Schlupf von Rädern oder Bodenbearbeitungsgeräte): Unterbruch von sickerfähigen Grobporenängen führt zu stauender Nässe. Erhöhtes Risiko: feinkörnige Böden.
- **Verschlämung** (Niederschlag): Aufprall von Regentropfen löst Einzelteile aus dem Gefügeverband, Krustenbildung beim Trocknen behindert Eindringen weiterer Niederschläge; oft Ursache der Erosionswirkung von Oberflächenwasser. Erhöhtes Risiko: unbedeckter, intensiv bearbeiteter Boden, feinkörnige Böden mit viel Schluff und Feinsand, allgemein Böden mit labilem Gefüge.
- In jedem Fall ist Bearbeiten und Befahren bei **hohem Wassergehalt** im Oberboden mit einem **erhöhten Risiko für Schädigung** des Bodengefüges verbunden.

– In **schweren, tonigen Böden** sind der Grob- und der Mittelporenanteil klein und der Feinporenanteil hoch. Diese Böden sind ungenügend durchlüftet und nach Niederschlagsperioden lange vernässt. In Trockenperioden leiden die Pflanzen dagegen unter Wassermangel.

– Ein Krümelgefüge weist, unabhängig von der Bodenart, günstige Porenverhältnisse auf.

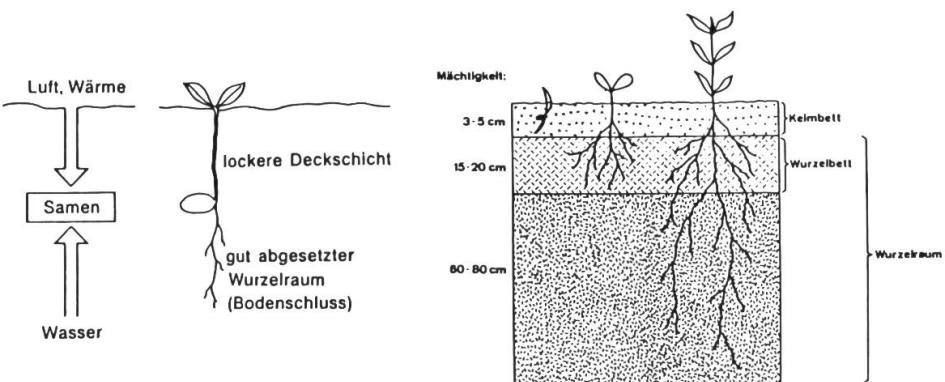
Eine standortgerechte Bewirtschaftung berücksichtigt u.a. die lokalen Gegebenheiten von Wasser- und Lufthaushalt.

Bodenbearbeitung – Erhaltung der Ertragsfähigkeit

Der unbearbeitete Boden, z.B. nach mehrjähriger Kunstmiete, hat meistens eine gute Bodenstruktur (Krümelgefüge). Die stetige Nachlieferung absterbender Pflanzenteile unter Grünland hält nämlich die Bodenlebewesen zur Lebendverbauung der Bodenteile an. Ziel der Bodenbearbeitung – und der Bewirtschaftung allgemein – muss es demnach sein, die gute **Bodenstruktur möglichst zu schonen** resp. zu fördern. Gleichzeitig müssen selbstverständlich die unmittelbaren **Aufgaben der Bearbeitung**, wie Unkrautbekämpfung, Saatbettherrichtung etc., genau erfüllt werden. Der Ackerbauer steht in einem Zielkonflikt.

Wurzelentwicklung und Saatbett

Pro Kilo Brotgetreide entnehmen die Pflanzenwurzeln dem Boden 800 bis 1000 Liter Wasser. Dies zeigt, wie enorm wich-



3 Saatbett und Wurzelraum (schematisch).

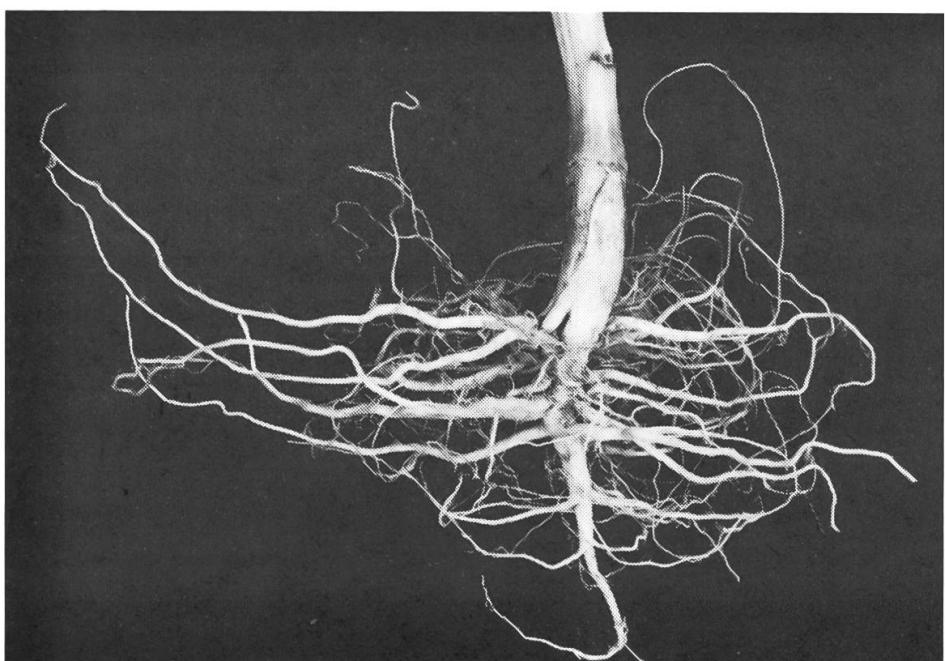
tig eine gute Durchwurzelung und damit die Bodenstruktur ist. Eine Grundlage dafür wird beim Herrichten des Saatbettes gelegt.

Das Keimbett ermöglicht den Saaten durch eine feine Krümelung ein schnelles und lückenloses Auflaufen. Es muss aber seine Struktur behalten, damit das Regenwasser rasch eindringen kann und eine gute Bodendurchlüftung auch für die grösste Pflanze erhalten bleibt. **Wurzelbett und Wurzelraum** sollten abgesetzt sein und einen guten Bodenschluss aufweisen.

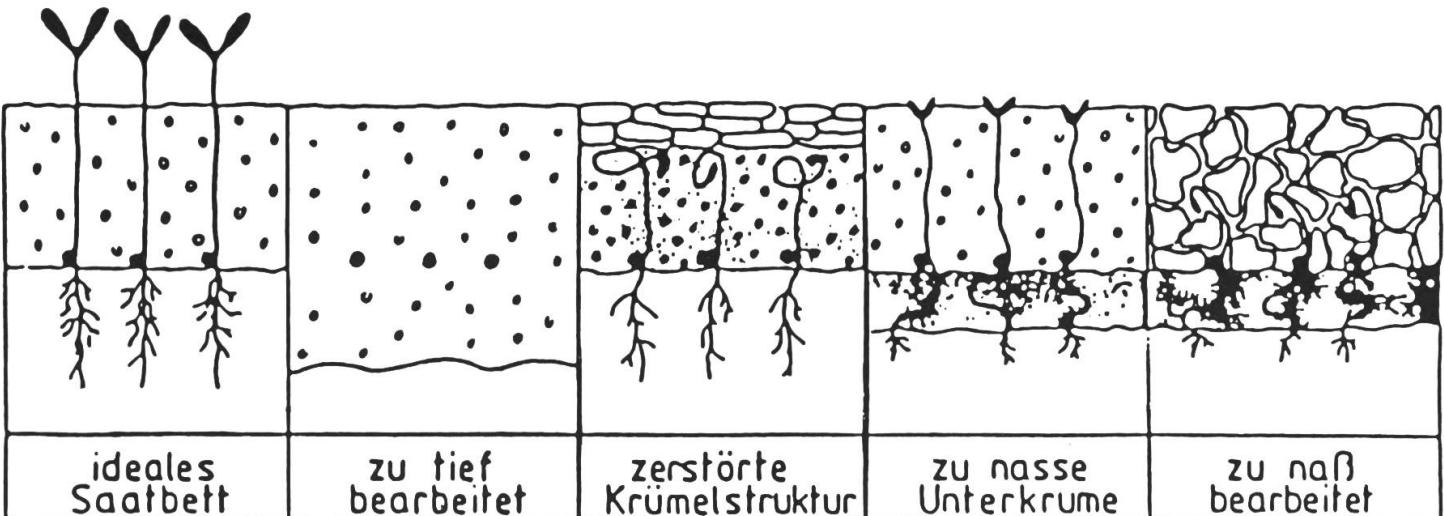
So wird im Winter ein zu starkes Eindringen des Frostes verhindert, und die Gefahr des Auswinterns ist klein. Die Durchwurzelung darf jedoch nicht gehemmt werden. Überschüssiges Regenwasser muss rasch versickern können.

Andererseits sollen Wurzelbett und Wurzelraum in ihren Mittelporen eine genügend grosse **Wasserreserve** speichern.

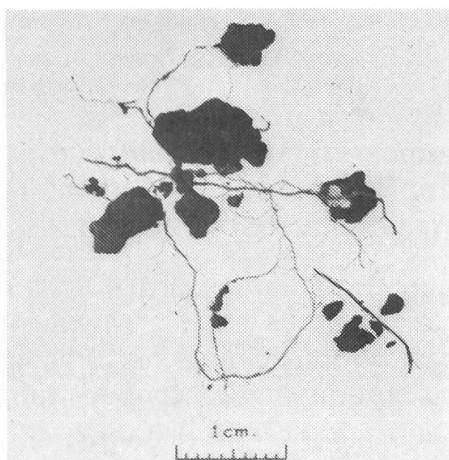
Um die Fruchtbarkeit eines Bodens zu erhalten, muss die Struktur von Keimbett, Wurzelbett und Wurzelraum so gepflegt werden, dass ein möglichst un-



4 Wurzelbild in einem verdichteten Boden.



5 Einfluss der Saatbettbereitung auf Keimung und Aufgang.



Lebendverbauung des Bodens: Wurzeln halten Krümel zusammen (aus E.W. Pussell ed., *Soil conditions and Plant Growth*).

gestörter Übergang von der Ackerkrume zum Unterboden bestehen bleibt.

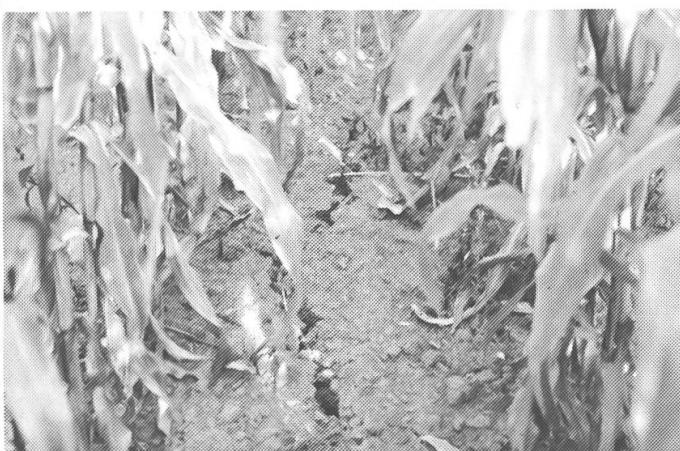
Deutliche Hinweise über eine ungenügende Bodenstruktur geben auch die Pflanzenwurzeln. Abbildung 4 zeigt als Beispiel eine Rapswurzel, bei der die umgebogene Hauptwurzel auf den verdichteten Untergrund und die abnorme Wurzelanreicherung in Bodenoberflächen-nähe auf die ungenügende Durchlüftung hinweisen. Solche Pflanzen sind selbstverständlich sehr trockenheitsanfällig.

Auswirkung der Bodenbearbeitung auf die Bodenstruktur

Unter günstigen Bedingungen wird der Boden durch Bearbeitungsgänge gelockert und grosse Gefügeteile werden zerkleinert. Wenn der Wasserhaus-

Je nach Durchlässigkeit des Bodens dauert es nach einem stärkeren Regenfall einige Tage bis der Wassergehalt im Oberboden unter die Ausrollgrenze fällt. Faustregel: leichte Böden (Sand) 2 Tage, schwere Böden (Ton) 5 Tage und länger.

halt des Bodens über der Ausrollgrenze liegt, wird das Bodengefüge verformt, verdichtet und verschmiert. In jedem Fall sollte deshalb ein Bearbeiten oder Befahren des Bodens in zu feuchtem Zustand unterbleiben. Dabei ist zu beachten, dass sich Drücke (Raddruck) auch unter die Bearbeitungstiefe fortpflan-



Erdklee – Untersaat schützt einen Maisacker vor Austrocknung, Verschlammung und Erosion. Sie verbessert auch die Tragfähigkeit bei der Ernte (Fotos: F. Jäggli).

zen. Der Boden sollte deshalb bei der Bearbeitung bis ca. 30 cm Tiefe – je nach Bereifung, Gewicht und Arbeitstiefe – abgetrocknet sein. Im Frühjahr trifft dies häufig nicht zu.

Humuswirtschaft – Gefügestabilisierung

Prinzip: durch **möglichst ununterbrochenes Nahrungsangebot** werden die Bodenorganismen aktiv gehalten: «tätiger» Boden. Es findet die **Lebendverbauung** statt, die Stabilisierung der Gefügeteile: der Boden wird «gar».

Im Oberboden herrschen dann Krümel vor. Die Nahrung besteht aus Ernterückständen, Wurzausscheidungen, Mist, Gülle, etc. Um einen zumindest **ausgeglichenen Humushaushalt** zu erreichen, müssen sich in einer Fruchfolge Humuszehrer (Kartoffeln, Zuckerrüben) und Humusmehrer (mehrjährige Futterpflanzenmischung mit Leguminosen) die Waage halten. Andernfalls muss mit Mist, Gülle und evtl. Klärschlamm oder Kompost der Ausgleich hergestellt werden. **Gründung und**



Zuckerrübe in einem Boden mit ungünstigem Strukturaufbau (Foto: F. Jäggli).

Zwischenfutteranbau überbrücken die Zeit, während der die Hauptkulturen keine für die Bodenmikroorganismen wichtigen Wurzausscheidungen liefern. Zugleich schützen sie das Bodengefüge vor dem direkten Aufprall der Regentropfen. Durch die Nährstoffaufnahme bewirken sie eine bedeutende Verminderung des Nährstoffverlustes, v.a. von Nitratstickstoff, infolge Auswaschung ins Grundwasser.

Eine einmalige Verdichtung infolge einer nicht aufschiebbaren Bearbeitungsmassnahme wirkt sich in einem biologisch aktiven Boden weniger stark aus (höhere Stabilität). Die nachteiligen Erscheinungen lassen sich mit Hilfe der Bodenlebewesen schneller wieder beheben.

Beim Einarbeiten von nicht abgebautem organischem Material ist zu beachten, dass biologischer Abbau viel Sauerstoff verbraucht. Dies kann in verdichte-

ten Zonen den Sauerstoffmangel der Pflanzenwurzeln vergrößern. Der Pflug mit seinem geringen Mischeffekt birgt deshalb ein erhöhtes Risiko einer «Matrazen»-Bildung mit nachfolgendem **Sauerstoffmangel** in sich, wenn Ernterückstände oder wenig verrotteter Mist untergepflügt wird.

Eine Mulchschicht gleicht Temperaturschwankungen in der Ackerkrume aus und verhindert die Austrocknung der Krume; in einem feuchten Frühjahr kann sie jedoch auch die Erwärmung des Bodens hinauszögern.

Anpassung von Nutzung und Bearbeitung an Bodenart und Wasserhaushalt des Bodens

Auch wenn sich nicht alle Böden gleich gut für die pflanzenbauliche Produktion eignen, kann durch eine entsprechende Nutzungsanpassung ein gewisser Ausgleich erreicht werden. Dabei sollte folgendes beachtet werden:

Bei der ackerbaulichen Nutzung eher **trockener Böden** mit einer Gründigkeit von weniger als 60 cm sollte

- bei sandigen, leichten Böden eher eine hackfruchtintensive Fruchfolge eingehalten werden,
- bei lehmigen, schweren Böden ist eine getreideintensive Fruchfolge am Platz.

Ackerbau auf feuchten Böden (gehemmte Sickerung, Grundwassereinfluss) bringt oft auch wegen der verzögerten Erwärmung ein gehemmtes Auflaufen der Frühjahrssamen. Deshalb müssen

- die Saatmengen im allgemeinen etwas erhöht und

Ernterückstände verschiedener Kulturpflanzen

Kultur	Ernterückstände q TS/ha und Jahr
Kartoffeln, Zuckerrüben	6–10
Herbstzwischenfutterbau	9–18
Getreide, Drescherbsen, Mais, Raps, Ackerbohnen	10–20
Winterzwischenfutterbau	15–30
Einsaaten zur Herbstnutzung	20–40
Klee- und Luzerne-grasmischungen	30–65

TS = Trockensubstanz

Ernterückstände = Stoppeln, Wurzeln usw.

Bodenbearbeitung auf Schlufflehm und tonigen Böden

Bodenart:	Schluffreiche Böden, gefügelabil	Tonige Böden (Tongehalt 25–30%) Böden schrumpfen und quellen
Frostgefüge:	Laminar	Polyedrisch
Gefriereffekt:	Wasserhebung	Wasserentzug an Ort (Schrumpfungsrisse)
Auftaueffekt:	Oberflächenschlammung evtl. Erosion	Wasserstabilier Krümel saum, Krümel druckempfindlich
Bearbeitungs- massnahmen:	1. Raume Oberfläche, Wasserableitung, Erosionsschutz 2. Stabilisierung der Furche; Wurzelgeflecht 3. Porenkontinuität brechen; Wassererhebung verringern	1. Winterfurche locker einebnen 2. Nur flache, notwendigste Frühjahrsbearbeitung
Zeitpunkt der Bearbeitung:	Herbst: Rauh pflügen Frühjahr: Alle notwendigen Bearbeitungen	Herbst: Pflügen und lockere Einebnung Frühjahr: Wenn Bearbeitung nötig, nur flach

– der Saatzeitpunkt bis zur genügenden Erwärmung des Bodens hinausgeschoben werden.

Vernässte Böden sind als Mähwiesen zu nutzen. Bei staunassen und schweren Böden ist zu berücksichtigen, dass nach Niederschlägen die Tragfähigkeit lange ungenügend bleibt.

Anbautechnische Massnahmen

Zur Verbesserung des Bodengefuges kann auch beitragen, wenn insbesondere auf Standorten mit **schwierigen Verhältnissen** (tonige Böden) die tiefgehende Grundbodenbearbeitung möglichst in die Zeit verlegt wird, wo der Boden noch relativ trocken ist. Bei Pflugeinsatz wird also die sogenannte **Sommerfurche** gezogen und zur Saatbettbereitung nur noch eine flache Schälfurche.

Beispiel:

- Frühzeitige Hauptpflugfurche «Sommerfurche» → Gründung → Schälfurche → Saatbett.
- Auch die Lockerungswirkung des Grubbers ist in trockenem Boden besser, darum sollte die tiefgehende Arbeit mit diesem Gerät immer frühzeitig durchgeführt werden.

Bodenerosion: Verlust an wertvoller Erde

Das Wegschwemmen des wertvollsten Teiles des Bodens – der Ackerkrume – durch Oberflächenwasser in Hanglagen ist seit jeher bekannt. Ebenfalls wird seit langem der Erosion entgegen gewirkt: Bearbeitung und Saat quer zur Falllinie, Aufwärtpflügen, früher auch Hinauftragen und –karren abgeschwemmter Erde. Den wirk-

samsten **Schutz** vor Erosion bietet jedoch ein den Boden ganz überdeckender **Pflanzenbestand**, daneben eine gute Bodenstruktur und evtl. eine Mulchsicht. Besondere Risiken, neben Hangneigung, Geländeform, unbedecktem Boden, bergen gefügelbare, zur Verschlammung neigende Bodenarten: schluff- und feinsandreiche, humusarme, kalkfreie Böden; Böden gehemmter Durchlässigkeit (auch Fahrspuren).

Beispiele für erosionshemmende Techniken im **Maisanbau**:

- Anbau quer zum Hang.
- Mulchsaat in abgefrorene oder abgespritzte Gründung resp. Zwischenfrüchte.
- Untersaaten.
- Einsaat von Wintergersten – Doppelreihen nach jeder vierten Maisreihe (später Weghauen).
- Grünstreifeneinsaat von Wintergerste quer zum Hang in Abständen von 20–40 m, unmittelbar nach Maissaat, evtl. nur Teil der Säschare offen. (Etragseinbusse bis 5%).

Zollrückerstattung auf Treibstoffen

Gesuche um teilweise Zollrückerstattung auf den im Jahre 1985 zu landwirtschaftlichen Zwecken verwendeten Treibstoffen sind

vor dem 15. Februar 1986

bei der Gemeinde-Ackerbaustelle einzureichen. Später eingehende Gesuche dürfen nicht mehr berücksichtigt werden.

SVLT