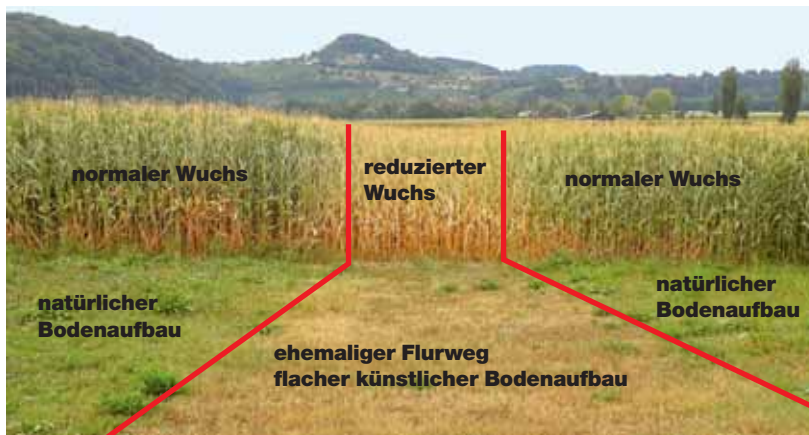


Staubtrocken! Wo Pflanzen am schnellsten durstig sind

Auf dem einen Boden macht Pflanzen das trockene Wetter weniger zu schaffen als auf einem anderen. Sie gedeihen oft auch noch in einem Trockensommer wie 2018. Woran liegt dies, und wie findet man dank der Bodenkarte das Potenzial eines Bodens heraus?

Cécile Wanner, Leiterin Fachstelle Bodenschutz
Dr. Ubaldo Gasser, Leiter Überwachung und Gefährdungsabschätzung
Claudia Loretz, Praktikantin
Fachstelle Bodenschutz
Amt für Landschaft und Natur ALN
Baudirektion Kanton Zürich
Telefon 043 259 31 93
ubald.gasser@bd.zh.ch
www.boden.zh.ch
www.gis.zh.ch → Boden



Die sichtbare Wachstumsbeeinträchtigung im Maisfeld geht zurück auf einen rekultivierten Flurweg, bei welchem die ortsübliche pflanzennutzbare Gründigkeit nicht wiederhergestellt wurde. Im verdichteten Boden ist wenig Platz für das Wachstum der Pflanzenwurzeln sowie für eine gute Wasserspeicherung.
Quelle: FaBo

Die Pflanzen waren im Sommer 2018 nicht überall im Kanton gleich stark von der Trockenheit betroffen. In manchen Gebieten gediehen die Kulturen gut, in anderen gab es Ernteausfälle (Artikel «2018 – Sonne und Schatten für die Landwirtschaft», Seite 7). Sogar innerhalb eines Feldes gab es teilweise grosse Unterschiede (Foto oben). Im Wald führte die starke Trockenheit vereinzelt sogar zum Abbrechen ganzer Äste (Artikel «Borkenkäfer, Zwangsnutzung und Waldbrandgefahr», Seite 17). Da stellt sich die Frage: «Wo sind die Pflanzen zuerst durstig, und was sind die Gründe dafür?» Zur Beantwortung dieser Frage muss das Augenmerk vor allem nach unten gerichtet werden, in den Boden! Dieser umfasst die oberste etwa 20 Zentimeter bis zwei Meter umfassende Schicht der Erdkruste und entwickelt sich im Verlauf der Jahrhunderte nach unten. Der Boden ist meist mit Pflanzen bewachsen, die ihre Wurzeln in ihm ausbreiten. Er enthält ausserdem Myriaden von Bakterien und Pilzen sowie viele Bodentiere.



Der Aufbau des Bodens gleicht einem Badeschwamm.

Quelle: Naturschwämme.ch, 2019

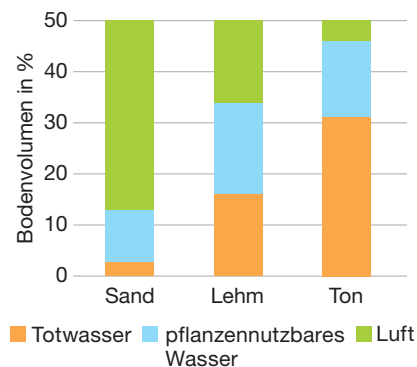
Boden ist wie ein Schwamm

Der Boden wirkt wie ein Badeschwamm und besteht aus festem Material und Hohlräumen (Poren). In diesen befinden sich auch die Wurzeln der Pflanzen und die Bodenlebewesen. Während das Festmaterial aus mineralischem Material und Humus besteht, enthalten die Hohlräume Wasser oder Bodenluft (Grafik unten). Je nachdem wie gut der Boden entwickelt ist, reicht er mehr oder weniger tief ins Erdreich hinein. Böden können also je nach Volumen viel oder wenig Wasser und Nährstoffe speichern.

Wieviel Boden verfügbar ist

Die durchwurzelbare Bodentiefe ist derjenige Raum im Boden, wo sich die Wurzeln der Pflanzen ungehindert ausbreiten und mit Wasser und Nährstoffen versorgen können. Dieser Raum wird auch als «pflanzennutzbare Gründigkeit» (PNG)

Wasser und Luft in den Poren



Je nach Bodenart können die Wurzeln mehr oder weniger Sauerstoff bzw. Wasser und Nährstoffe aufnehmen.

Quelle: FaBo und Wessolek, G. und Mitarbeiter (2009). Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Bodenökologie und Bodengenese. Berlin.

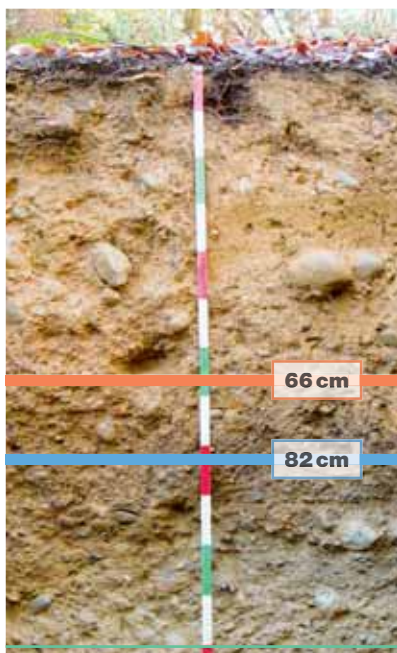
Schwerpunkt Trockensommer 2018

Der extrem trockene Sommer 2018 war ein ausserordentliches Ereignis. In dieser ZUP erläutern mehrere Artikel die Auswirkungen auf Landwirtschaft, Gewässer, Fische, sensible Lebensräume und Arten, Wald, Boden sowie Betriebe und zeigen Massnahmen für die Bewältigung künftiger derartiger Sommer (Seiten 5-28).

Pflanzennutzbare Gründigkeit



Umfasst ein Blumentopf bei einer Grundfläche von 10x10cm einen Liter Erde, ein anderer dagegen drei Liter, so beträgt die «pflanzennutzbare Gründigkeit» PNG im weniger hohen Blumentopf nur zehn, im tieferen 30 Zentimeter.
Quelle: FaBo



Dieser Waldboden ist bis in eine Tiefe von 82 Zentimetern entwickelt, wo man erstmals auf Kalk stösst. Die pflanzennutzbare Gründigkeit wurde aufgrund der Bodeneigenschaften auf 66 Zentimeter geschätzt.
Quelle: FaBo

Die Bodenkarte im GIS

Für die Verarbeitung raumbezogener Daten betreibt der Kanton Zürich ein umfassendes Geografisches Informationssystem (GIS-ZH). Das zentrale Instrument zur Visualisierung der Geodaten des GIS-ZH ist der GIS-Browser. Damit lassen sich über 100 Karten zu spezifischen Themen des Kantons Zürich darstellen. Im Kapitel «Boden» sind die Bodenkarte (Karte Seite 25) sowie daraus abgeleitete Karten wie beispielsweise Fruchtfolgeflächen zu finden. Ausserdem werden Schadstoffbelastungen aufgeführt.

Pflanzennutzbare Gründigkeit (PNG)

Wie ein kleiner Schwamm trocknet ein Boden mit geringer PNG rasch aus, was dazu führt, dass Pflanzen, die in diesem Boden gedeihen, schnell durstig werden. Ein Boden mit grosser PNG kann dagegen wie ein grosser Schwamm viel Wasser aufnehmen. In einem solchen Boden werden die Pflanzen nicht so schnell durstig.

bezeichnet. Die PNG wird neben der Entwicklungstiefe des Bodens durch die im Boden vorhandenen Steine sowie «stehendes» Wasser eingeschränkt. Man kann sich die «pflanzennutzbare Gründigkeit» auch anhand zweier Blumentöpfe vorstellen: Haben zwei Töpfe die gleiche Grundfläche, aber verschiedene Höhen (einmal zehn, einmal dreissig Zentimeter), dann haben diese Töpfe ein unterschiedliches Volumen (Höhe x Breite x Tiefe). Die «pflanzen-

nutzbare Gründigkeit» ist also im grösseren Blumentopf rund dreimal grösser (Abbildung oben links).

Böden unterscheiden sich nach Korngrösse

Böden unterscheiden sich in der mineralogischen, physikalischen sowie chemischen Zusammensetzung ihres Festmaterials. Manche Böden, beispielsweise im Gebirge, bestehen vor allem aus Steinen, also aus sehr grobem Material.

In Bezug auf die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen durch die Pflanzen spielt der feine Anteil des Bodens (Feinerde) von weniger als zwei Millimetern Durchmesser der einzelnen Bodenteilchen eine entscheidende Rolle. Boden besteht seinerseits aus unterschiedlich grossen Partikeln: gröberen (Sand), etwas feineren (Schluff) und sehr feinen Partikeln (Ton). Ein Boden besteht aus Mischungen dieser drei Korngrössen, das Mischungsverhältnis bestimmt die Bodenart (Tabelle unten).

Welcher Boden eignet sich für was?

	Sandboden	Lehmboden	Tonboden
Korngrössenanteil (Beispiel)	90 % Sand, 4 % Ton, 6 % Schluff	40 % Sand, 25 % Ton, 35 % Schluff	5 % Sand, 80 % Ton, 5 % Sand
Poren	vorwiegend Grobporen, wenig Feinporen, wenig Mittelporen	ausgewogenes Gemisch aus Grob-, Mittel- und Feinporen	vorwiegend Feinporen, wenig Grobporen, wenig Mittelporen
Durchlüftung	sehr gut	gut	schlecht
Wasserdurchlässigkeit	sehr gut	gut	schlecht
Speicherung von pflanzenverfügbarem Wasser	gering	hoch	gering
Nährstoffgehalt	gering	hoch	hoch
Pflanzenwachstum	gut durchwurzelbar, aber nur Standort für anspruchslose Arten	gut durchwurzelbar, guter Standort für Kulturpflanzen (Weizen, Hackfrüchte)	schlecht durchwurzelbar, meist Wiesen und Weiden (Flachwurzler)

Jede Bodenart hat – abhängig von ihren unterschiedlichen Anteilen an Porengrössen – Vor- und Nachteile hinsichtlich der Sauerstoff-, Wasser- und Nährstoffversorgung und folglich auch im Hinblick auf das Pflanzenwachstum.
Quelle: Scheffer/Schachtschabel (2002): Lehrbuch der Bodenkunde

Ausschnitt aus der Bodenkarte von Oberwil



Die Bodenkarte besteht aus unregelmässig geformten rotbraun abgegrenzten Flächen. Diese weisen jeweils gleiche Bodeneigenschaften aus. **Gelbe** und **braune** Farbtöne zeigen eine ungehinderte Wassersickerung. Je heller die Farbe, umso geringer ist die «pflanzennutzbare Gründigkeit», und umso weniger Wasser kann der Boden speichern. In trockenen Sommern verdursten dort empfindliche Kulturen. **Grüne** Farben weisen auf gehemmte Wassersickerung hin, **blaue** Töne auf die Anwesenheit von Grundwasser im Boden. Beides kann durch stehendes Wasser Sauerstoffmangel für die Pflanzenwurzeln verursachen. Die Kulturpflanzen stellen dann das Wachstum ein.

Quelle: www.gis.zh.ch

Bodenkundliche Standortbeurteilung

Komplexglied	-
Lokalform	dK7c1
Bodentyp	Kalkbraunerde
Wasserhaushalt	senkrecht durchwaschen, normal durchlässig
Pflanzennutzbare Gründigkeit	ziemlich flachgründig (30 - 50 cm)
Untertyp	erodiert, karbonatreich
Bodenskelettgehalt Oberboden	kieshaltig (10 - 20 %)
Bodenskelettgehalt Unterboden	kieshaltig (10 - 20 %)
Feinerdekörung Oberboden	sandiger Lehm bis Lehm
Feinerdekörung Unterboden	sandiger Lehm bis Lehm
Ausgangsmaterial	k.A.
Kationenaustauschkapazität Oberboden	mässig (10 - 20 mval)
Kationenaustauschkapazität Gesamtboden	sehr gering (5 - 10 mval)
Biologische Aktivität	normal
Geländeform und Hangneigung	konvex, -10 %

Zusatzinformationen zeigt die bodenkundliche Standortbeurteilung, z.B. PNG sowie Bodenart (auch Körnung genannt). Im dargestellten Beispiel ist der ausgewählte Boden mit einer PNG von 30–50 Zentimeter ziemlich flachgründig (blassgelb in der Bodenkarte dargestellt).

Quelle: www.gis.zh.ch

Entscheidend für die Verfügbarkeit von Wasser und Nährstoffen sind die Hohlräume

Pflanzen brauchen für ihr Wachstum Wasser und Sauerstoff aus der Luft. Beides beziehen sie aus den Hohlräumen des Bodens, den sogenannten Poren. Böden der Bodenart Sand enthalten hauptsächlich Grobporen, Schluffe vor allem Mittelporen und Tone besitzen insbesondere Feinporen. Lehme bestehen aus einem Gemisch aller drei Porengrößen (Tabelle Seite 24). Grobporen entleeren sich nach einem Niederschlagsereignis unter dem Einfluss der Schwerkraft rasch und sind anschliessend mit Luft gefüllt. Die Mittelporen stellen den Pflanzen Wasser für das Wachstum zur Verfügung. Die Feinporen sind stets mit Wasser gefüllt, welches aufgrund der inneren Kräfte in diesen Poren extrem stark gebunden ist und deshalb den Wurzeln nicht zur Verfügung steht. Dieses Wasser heisst auch Totwasser. Das Mischungsverhältnis der Porengrößen beeinflusst massgebend die Eigenschaften von Böden. Für die Versorgung der Pflanzen mit Sauerstoff, Wasser und anderen Nährstoffen sind Lehmböden mit einer ausgeglichenen Verteilung der Klassen von Poren und Korngrößen optimal.

Mit der Bodenkarte standortgerecht bewirtschaften

Die Bodenkarte gibt unter anderem Auskunft über die «pflanzennutzbare Gründigkeit» und die Bodenart eines Standorts. Sie kann somit als wichtiges Instrument für eine standortgerechte Bewirtschaftung dienen (Artikel «2018 – Sonne und Schatten für die Landwirtschaft», Seite 7). Die Bodenkarte existiert vor allem für das Landwirtschaftsgebiet. Sie kann im GIS-Browser geöffnet und auf der linken Seite bei «Karten» unter «Bodenkarte der Landwirtschaftsflächen» eingblendet werden. Anschliessend wird per Maus hineingezoomt.

Die Bodenkarte beschreibt mit den Farben zunächst den sogenannten Wasserhaushalt der Böden (Karte oben). Einerseits ist die Entwässerungsfähigkeit des Bodens dargestellt. Andererseits das Vorhandensein von Grundwasser. Wählt man auf der Bodenkarte per Mausklick auf dem Bildschirm ein Polygon aus, erscheinen rechts Zusatzinformationen zum ausgewählten Boden (oben rechts).

Auch von gewissen Waldgebieten ist die Bodenkarte in Bearbeitung oder seit kurzem fertiggestellt und nutzbar (Artikel «Borkenkäfer, Zwangsnutzung und Waldbrandgefahr», Seite 17). Diese Karten werden in einigen Monaten auch auf dem GIS-Browser verfügbar sein.

Bodenverdichtung

Die Grob- und Mittelporen sind für die Pflanzen gleichermaßen wichtig, denn die Wurzeln nehmen daraus einerseits Sauerstoff und andererseits Wasser und Nährstoffe auf.

Mit dem Befahren der Böden, z.B. im Rahmen der Bewirtschaftung, können durch den Druck der Maschinen vor allem Form und Menge der Grobporen im Boden verändert werden. Durch Abnahme der Grobporen verliert der Boden an Speichervermögen für Bodenluft. Dies kann das Wachstum der Pflanzen vermindern.

Das Grobporenvolumen sollte in einem landwirtschaftlichen Boden hinsichtlich der Luftversorgung der Pflanzenwurzeln mehr als zehn Prozent betragen, sieben Prozent gelten in jedem Fall als kritisch.



Folgeschäden unter einer mehrfach beanspruchten Fahrspur mit deutlichen Merkmalen einer Verdichtung (--- graue sauerstoffarme Zone, — Fahrspur).

Quelle: Peter Schwab, NABO

Was geschieht im trockenen, was im feuchten Jahr?

In einem trockenen Jahr fliesst deutlich weniger Wasser durch den Boden als in einem nassen Jahr. Dies wirkt sich zunächst in den landwirtschaftlichen Kulturen aus, dann auch im Wald. In einem nassen Boden sind die meisten Poren mit Wasser gefüllt, in einem trockenen Boden sind die meisten Poren mit Luft gefüllt. Sandige Böden trocknen wesentlich schneller aus als tonige Böden (Abbildung Seite 23 unten).

In einem feuchten Jahr ist die Menge des Niederschlagswassers viel grösser als die Verdunstung. Ein grosser Anteil des Regenwassers fliesst deshalb durch den Boden hindurch in Richtung Grundwasser ab (Abbildung und Infotext rechts). Hingegen überwiegt in einem sehr trockenen Jahr zeitweise die Verdunstung, wodurch Wassermangel im Boden entsteht. Darunter leiden vor allem landwirtschaftliche Kulturen wie Gemüse, Salat und Mais, die empfindlich auf Trockenheit sind.

Bewässerung kann Abhilfe schaffen, ist aber nicht in allen Teilen des Kantons gleichermassen möglich und sinnvoll. Unter Einbezug der Bodenkarte kann im Landwirtschaftsgebiet eine standortangepasste Kulturwahl erfolgen.

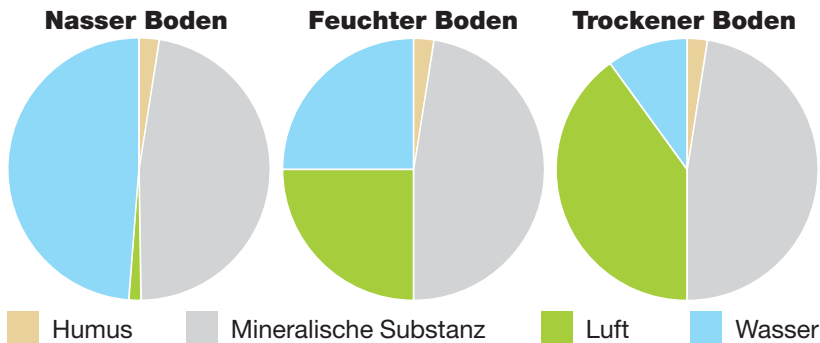
Was bedeutet dies für künftige Jahre?

- Die «pflanzennutzbare Gründigkeit», der Wasserhaushalt sowie die Bodenart sind entscheidend für die Verfügbarkeit von Sauerstoff, Wasser und Nährstoffen im Boden. Sie können der Bodenkarte entnommen werden. Diese ist somit ein wichtiges Instrument für eine standortgerechte Bewirtschaftung.
- Besonders bei trockenheitsanfälligen Standorten ist eine angepasste Pflanzenwahl entscheidend, auch um in der Landwirtschaft unabhängiger von Bewässerung zu werden.
- Auch die Wahl der Bewirtschaftungsintensität kann so auf das Ertragspotenzial des Standortes angepasst werden.



Die Bodenkarte gibt Auskunft über Bodentyp, PNG etc. und erleichtert so die Wahl der geeigneten Bepflanzung. Kartoffeln beispielsweise gedeihen gut auf sandigeren Böden – wenn sie bewässert werden.

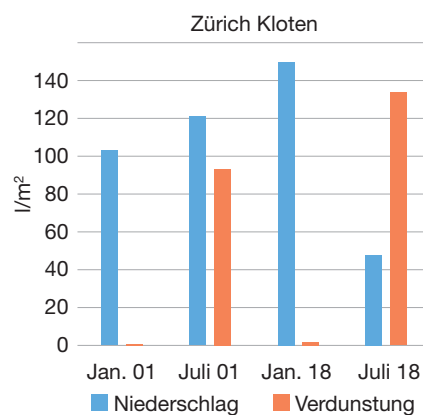
Quelle: Andreas Rüschi, Strickhof



Festes Bodenmaterial, Hohlräume des Bodens, pflanzenverfügbares Wasser und Bodenluft bei unterschiedlicher Bodenfeuchte.

Quelle: FaBo

Wenn mehr Wasser verdunstet, als es geregnet hat ...



2001 betrug der Jahresniederschlag bei der Station Kloten 1436 Millimeter, im Jahr 2018 nur 854 Millimeter. Im Januar war die Verdunstung sehr gering, und fast alles Wasser floss durch den Boden in Richtung Grundwasser ab. Im Sommer dagegen war die Verdunstung höher. Während diese 2001 geringer als der Monatsniederschlag war, betrug die Verdunstung 2018 ein Mehrfaches des Regens. Dass 2018 bereits ab Ende März sehr trocken war, verschärfte den Wassermangel im Hochsommer noch.

Die starke Verdunstung im Sommerhalbjahr 2018 führte im Boden dazu, dass neben den Grobporen auch die Mittelporen mit dem pflanzennutzbaren Wasser «geleert» und mit Luft gefüllt waren. Den Pflanzen stand in diesem Fall kein oder oft zu wenig Wasser für das Wachstum zur Verfügung. Regnet es in einem solchen Fall nicht innerhalb nützlicher Frist, können die Pflanzen absterben, falls sie nicht bewässert werden.

Grafik: FaBo; Daten: MeteoSchweiz