

Das Bodenmessnetz “Nordwestschweiz” – ein Instrument des physikalischen Bodenschutzes

Dominik Mösch und Matthias Hunziker


Zusammenfassung

Die fruchtbaren Kulturland- und Waldböden werden täglich anthropogen genutzt. Dabei werden sie für landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Zwecke überfahren und während baulicher Erdarbeiten sogar verschoben. Je nach Witterungsverhältnissen und dem Zustand der Böden schädigen diese Arbeiten die Böden nachhaltig. In diesem Beitrag wird das Bodenmessnetz “Nordwestschweiz” vorgestellt, das als ein Instrument des physikalischen Bodenschutzes gilt. An 27 Standorten werden der Niederschlag, die Luftfeuchte, die Bodentemperatur und die Saugspannung (im Oberboden und Unterboden) viertelstündlich aufgezeichnet und der Öffentlichkeit auf der Internetseite www.bodenmessnetz.ch zugänglich gemacht. Auf Basis des aktuellen Bodenzustandes werden zusätzlich auch Entscheidungshilfen für den bodenschonenden Arbeitseinsatz präsentiert.


1 Einleitung

In der Ökosphäre übernimmt der Boden zahlreiche Funktionen und ist deshalb für das Leben von grundlegender Bedeutung. So regelt er als entscheidendes Glied den Stofffluss im Ökosystem – beispielsweise als Filter- und Reinigungsstufe von Niederschlags- und Oberflächenwasser vor dem Eintritt in den Grundwasserkörper, bietet die Lebensgrundlage und den Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Menschen. Hinsichtlich der anthropogenen Nutzung ist er Produktionsstandort für die Forst- sowie Landwirtschaft und dient als Rohstofflieferant (Materialabbau). Aber auch Zeugnisse vergangener Kulturen werden in ihm archiviert (*Scheffer & Schachtschabel* 2002).

Adresse der Autoren: Dominik Mösch, M.Sc., Abteilung für Umwelt, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Kanton Aargau, Entfelderstrasse 22, CH-5001 Aarau; E-Mail: dominik.moesch@ag.ch; Matthias Hunziker, M.Sc., Abteilung für Umwelt, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Kanton Aargau, Entfelderstrasse 22, CH-5001 Aarau; E-Mail: matthew_hunziker@gmx.ch

Verschiedene Prozesse führen jedoch seit Jahrzehnten zu einer Verknappung dieser nicht erneuerbaren Ressource. So hat die Siedlungsfläche zwischen 1985 und 2009 um 584 km² zugenommen (*Bundesamt für Statistik* 2015; als Vergleich: Der Genfersee hat eine Fläche von 580 km²). Weiter wird der fruchtbare Kulturlandboden täglich meist intensiv und maschinell land-, forst- und bauwirtschaftlich genutzt und dabei in chemischer und physikalischer Weise beeinflusst (siehe dazu 1).

Aus diesem Grund wird die Schutzwürdigkeit des Bodens seit Mitte der 1980er Jahre gesetzlich geregelt. Während der ersten Phase wurde primär die stoffliche Belastung des Bodens beachtet und überwacht. Mit der Revision der Verordnung wird seit den 1990er Jahren auch dem physikalischen und biologischen Bodenschutz mehr Rechnung getragen (VBBö; SR 814.12: *Schweizerischer Bundesrat* 1998/2012). Diese Verordnung über Belastungen des Bodens vom 1. Juli 1998 verlangt die “langfristige Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit” durch “die Beobachtung, Überwachung und Beurteilung der chemischen, biologischen und physikalischen Belastung von Böden” und nötigenfalls durch “Massnahmen zur Vermeidung nachhaltiger Bodenverdichtung und -erosion”. Weiter steht in Artikel 6 derselben Verordnung zum Thema Bodenverdichtung, dass bei der Erstellung von Anlagen oder der Bewirtschaftung des Bodens die Maschinen und Geräte entsprechend den physikalischen Eigenschaften sowie der Feuchtigkeit des Bodens auszuwählen sind, um die Verdichtung und andere Strukturveränderungen zu vermeiden.

Die Beobachtung und Überwachung des Bodenzustandes ist Sache des Bundes und der Kantone (*Schweizerischer Bundesrat* 1998/2012; beispielsweise EG UWR 781.200 Art. 16 des Kantons Aargau: *Staatskanzlei Kanton Aargau* 2007/2013). In den vergangenen Jahren wurden in verschiedenen Kantonen manuelle und automatische Messnetze errichtet, welche die Bodenfeuchte als Indikator für den physikalischen Bodenschutz beobachten. Bodenfeuchtemessungen werden in den Kantonen Appenzell Ausserrhoden, Bern, Glarus, Graubünden, Luzern, Schaffhausen, St. Gallen, Thurgau, Uri und Zürich durchgeführt (2.5). In diesem Artikel wird nun das automatische Bodenmessnetz “Nordwestschweiz”, das durch die Kantone Aargau, Basel-Landschaft, Solothurn und Zug betrieben wird, vorgestellt.

2 Die Saugspannung als Indikator für die Verdichtungsanfälligkeit eines Bodens

Die Verdichtungsempfindlichkeit eines Bodens ist unter anderem von der Bodenart, dem daraus resultierenden Gefüge sowie der Qualität des Porenraumes und der Bodenfeuchtigkeit abhängig. Da der Wassergehalt im Boden über die Zeit betrachtet variabler ist als die sich kaum verändernde Körnung, wird die Bodenfeuchtigkeit in Zusammenhang mit den standörtlichen Niederschlägen als Mass für die Tragfähigkeit des Bodens interpretiert. In den kantonalen Bodenfeuchtemessnetzen wird sie mit Hilfe der indirekten Messmethode der Tensiometrie gemessen.

Der im Boden installierte Tensiometer besteht aus einer porösen Keramikkerze, einem Wassergefäss, einem Manometer und der Elektronik, die für die Datenerfassung und -übermittlung zuständig ist. Mit dem Messgerät wird das Matrixpotential des Bodens bestimmt. Dieses gibt die Bindungsintensität wieder, mit der das Wasser in den Poren zurückgehalten wird. Die Wasserspannung, auch Saugspannung genannt, gibt die Kraft wieder, die zum Beispiel von den Pflanzenwurzeln aufgebracht werden muss, um das Wasser entgegen den in den Mittel- und Feinporen wirkenden Kapillarkräfte aus dem Boden zu ziehen (*Scheffer & Schachtschabel* 2002).

Aus Sicht des physikalischen Bodenschutzes besteht folgender Zusammenhang: Je weniger Wasser ein Boden enthält, desto grösser ist die Saugspannung und damit verbunden die Tragfähigkeit des Bodens. Umgekehrt betrachtet sind somit feuchte Böden verdichtungsempfindlicher als trockene Böden, da sie eine geringere Saugspannung aufweisen und damit einhergehend die stabilisierenden Kräfte zwischen den Bodenkompartimenten ebenfalls geringer sind (*Amt für Umwelt und Energie* 2014).

3 Die Entwicklung des Bodenmessnetzes “Nordwestschweiz”

3.1 Standortauswahl

Das Messnetz soll die räumliche, klimatische und bodenkundliche Vielfalt der Nordwestschweiz bestmöglich abdecken. Aus diesem Grund ist jeder Standort repräsentativ für die Region, in der er sich befindet. Bei der Standortwahl sind die Kriterien Klima, Landschaftstyp, geologisches Ausgangsmaterial, Nutzung (potenzielle Ackerbaustandorte, die momentan als Dauergrünland genutzt werden), Wasserhaushalt und Bodentyp ausschlaggebend. Die Festlegung der effektiven Standorte folgt in jedem der vier beteiligten Kantone diesem Grundschemata. Im Kanton Aargau erfolgten die definitive Standortwahl und die Kontaktaufnahme mit Landwirten in enger Zusammenarbeit mit dem Landwirtschaftlichen Zentrum Liebegg. Um aussagekräftige Ergebnisse erhalten zu können, wird bei der Wahl des Standortes zudem darauf geachtet, dass die Böden natürlich gewachsen und ungestört sind. Weiter sollten sie weder zu starker Nässe noch Trockenheit neigen. Im Rahmen bodenkundlicher Erhebungen wurden diese Bedingungen vor dem Bau und der Installation der Messstationen mit Hilfe der Schweizer Bodenklassifikation an Bodenprofilen überprüft und gemessen.

3.2 Der Aufbau einer Bodenmessstation

Alle Messstationen im Bodenmessnetz “Nordwestschweiz” sind identisch aufgebaut und bedecken jeweils eine Fläche von 4 mal 5 Metern (Abb. 1), die mit einem stabilen Holzzaun zum Schutz der ober- und unterirdischen Messinstrumente umgeben ist. Am 2.5 m hohen Metallmasten sind die Wetter-Messgeräte befestigt. Es werden mit Lamprecht-Regenmessern oder Adcon RG1-Regenmessern Niederschlag auf 1.5 m Höhe sowie Lufttemperatur und relative Feuchtigkeit (Adcon RG 1) auf 2 m Höhe gemessen. Weiter am Mast beherbergt sind zwei Solarpanels, welche die autarke Stromversorgung für die Station liefern. Im Boden werden an drei verschiedenen Stellen im Geviert im Oberboden in 20 cm Tiefe und im Unterboden in 35 cm Bodentiefe die Saugspannungen mit Hilfe von T8 Tensiometern von UMS und die Bodentemperatur mittels den in den T8 Tensiometern integrierten Temperaturfühlern gemessen. Alle Messungen erfolgen im 15-Minutenintervall. Die Daten werden vor Ort gespeichert und via Datenübermittlungssender (Mobiltelefon GPRS) übermittelt. Die Öffentlichkeit hat über die Homepage des Bodenmessnetzes Zugriff auf die Daten, die im 15-Minutentakt aktualisiert werden (siehe Abschnitt 3.4). Die Messstationen sind so aufgebaut, dass sie jederzeit mit zusätzlichen Geräten wie Windmesser etc. erweitert werden könnten.

Die Anlagen können ganzjährig betrieben werden, da alle Geräte frostsicher sind, was ein Vorteil der T8 Tensiometer ist. Dadurch können gerade im Winter und während der ganzen Zeit, in der Frost zu erwarten ist, die Messungen aufrechterhalten werden. Die automatischen Messstationen haben sich bislang sehr bewährt.




Abb. 1 Das Inventar einer Bodenmessstation am Beispiel der Station “Gränichen-Liebegg” im Kanton Aargau. In der eingezäunten Anlage befindet sich der Messmast mit dem Regensmesser (rechts) und dem Lufttemperatur- und Luftfeuchtigkeitsmessinstrument (links). Weiter sind zwei Solarpanels und die technische Apparatur zur Speicherung und Übermittlung der Daten am Mast befestigt. Vom Mast weg führen drei Arme zu den Standorten der T8 Tensiometer, deren Standorte durch die schwarzen Kabelabdeckungen an der Erdoberfläche angedeutet sind. Die graue Leitung links wäre für eine externe Stromzufuhr gedacht.

Foto: METEOTEST, 24.04.2013

3.3 Die räumliche Verteilung der Standorte in der Nordwestschweiz

Das Amt für Umwelt des Kantons Solothurn nahm im Jahr 2008 die ersten zwei Stationen des Bodenmessnetzes im Rahmen eines Pilotprojektes in Betrieb. Diese Pilotphase diente vor allem der Evaluierung der technischen Ausrüstung und des Datenmanagements. Gegenwärtig besteht das Messnetz im Kanton Solothurn aus insgesamt zwölf Standorten. Davon wurden acht Standorte auf Dauerwiesen installiert. Vier Messstationen liegen in Waldgebieten. Das Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft führt seit 2005 Bodenfeuchtemessungen durch. Die Messwerte wurden im Sommerhalbjahr dreimal wöchentlich manuell abgelesen. Seit dem Jahr 2012 wird dieses Netz mit vollautomatisierten Messstationen betrieben. Im Moment befinden sich vier Tensiometerstationen des Kantons Basel-Landschaft im Verbund. Mittelfristig ist geplant, bis sechs Messstationen in den verschiedenen Regionen des Kantons zu betreiben. Die Abteilung für Umwelt des Kantons Aargau nahm Ende 2012 die erste Station in Betrieb. Mittlerweile messen zehn vollautomatisierte Stationen die zu untersuchenden Bodenbedingungen auf landwirtschaftlich genutzten Dauerwiesen und Weiden. Ende 2014 schloss sich der Kanton Zug dem Bodenmessnetz “Nordwestschweiz” an und nahm in Cham die erste Station in Betrieb. Eine zweite Messstation ist in der Gemeinde Menzingen geplant.


3.4 Das Bodenmessnetz "Nordwestschweiz" im Internet

Die räumliche Verteilung der 27 sich im Moment in Betrieb befindenden Stationen, ihre Standort-eigenschaften inklusive den Informationen über die kartierten Bodenparameter sowie die aktuel-len wie auch vergangenen Messwerte können im Internet unter dem Bodenmessnetz der Kantone Solothurn, Aargau, Basel-Landschaft und Zug () abgerufen beziehungsweise heruntergeladen werden.

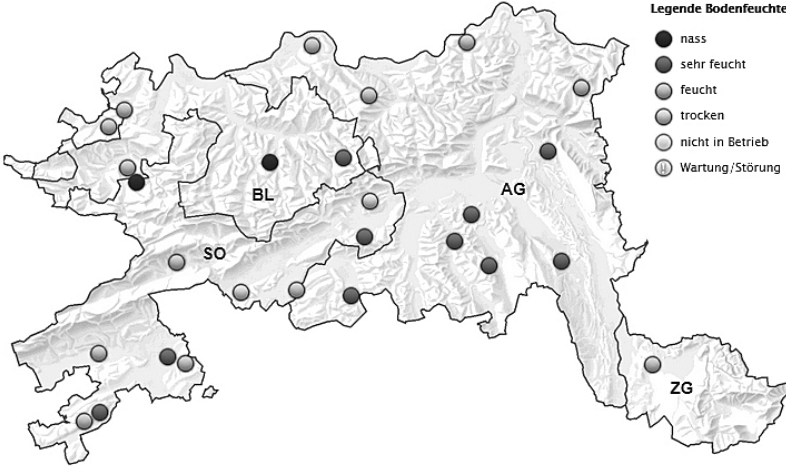
BODENMESSNETZ NORDWESTSCHWEIZ

[Sitemap](#) [Impressum](#)

[Home](#) [Messwerte](#) [Beurteilung](#) [Standorte](#) [Hintergrund](#) [Publikationen](#) [Links](#)



Übersicht Standorte



Legende Bodenfeuchte

- nass
- sehr feucht
- feucht
- trocken
- nicht in Betrieb
- Wartung/Störung

Wozu dient das Bodenmessnetz?

Die Bodenfeuchtigkeit ist von entscheidender Bedeutung für eine schonende und nachhaltige land- und forstwirtschaftliche Nutzung unserer Böden und bei baubedingten Erdarbeiten. Das Bodenmessnetz der Kantone Solothurn, Aargau, Baselland und Zug bietet Informationen zum aktuellen Bodenzustand und Entscheidungshilfen für einen bodenschonenden Arbeitseinsatz.

[» Aussagekraft der Messungen](#)

Messwerte SO

- Aetigkofen
- Bellach
- Breitenbach
- Dulliken
- Etziken
- Fulenbach
- Hofstetten-Flüh
- Kestenholz
- Matzendorf
- Mühledorf
- Stüsslingen
- Subingen

Messwerte BL

- Brislach
- Therwil
- Wenslingen
- Zunzgen

Messwerte AG

- Boswil
- Fislibach
- Gränichen-Liebegg
- Leutwil
- Mettauertal
- Möhlin
- Schafisheim
- Schneisingen
- Schupfart
- Strengelbach

Messwerte ZG

- Cham

Kanton Solothurn
[Fachstelle Bodenschutz](#)

Kanton Aargau
[Fachstelle Bodenschutz](#)

Kanton Baselland
[Fachstelle Bodenschutz](#)

Kanton Zug
[Fachstelle Bodenschutz](#)

Andere Messnetze
[Links](#)

© 2011 Kantone Solothurn, Aargau und Basel-Landschaft - realisiert durch Meteotest

Abb. 2 Die Startseite des Internetauftritts des Bodenmessnetzes "Nordwestschweiz". Die Plattform liefert Informationen über den aktuellen Bodenzustand an den Messstandorten und Entscheidungshilfen über den bodenschonenden Arbeitseinsatz in der Bau-, Land- und Forstwirtschaft. Weiter besteht die Möglichkeit, die Messreihen herunterzuladen. Die Abbildung zeigt den Zustand am 02.06.2015.

Dabei können auch verschiedene Stationen miteinander verglichen werden. Mit Hilfe der Messwerte kann die Zulässigkeit des Maschineneinsatzes, sei es für das Baugewerbe, die Land- oder Forstwirtschaft, abgeleitet werden. Dazu dient das Ampelsystem, welches die Saugspannung in der für den Bodenschutz relevanten Tiefe von 35 cm Tiefe kategorisiert und Empfehlungen hinsichtlich des Befahrens aufgrund der Saugspannung und des Tongehaltes des Bodens abgibt. Die Messwerte können für die Beurteilung der Einsatzgrenze für Raupenfahrzeuge im Nomogramm verwendet werden. Anhand des Einsatzgewichts und des Kontaktflächendrucks kann die Einsatzgrenze bestimmt werden (Vögt 1997). Mit dem Simulationsmodell “Terranimo ®” kann das Bodenverdichtungsrisiko beim Einsatz von landwirtschaftlichen Fahrzeugen und Geräten abgeschätzt werden. Neben der Bodenfeuchte und dem Tongehalt werden die beiden Parameter Radlast und Reifendruck für die Berechnungen verwendet (☉₇). In der Forstwirtschaft gilt es, basierend auf den aktuellen Bodenfeuchtwerten und den Niederschlägen durch lastverteilende und lastreduzierende Massnahmen, den Spurtyp 3 zu vermeiden (Lüscher et al. 2010).

4 Ein Beispiel aus dem Aargauer Tafeljura

Der Standort Schupfart, welcher Ende 2012 in Betrieb genommen wurde, repräsentiert nebst den Messstationen Wenslingen und Zunzgen im Kanton Basel-Landschaft den Landschaftstyp des Tafeljuras. Die Messstation liegt an einem nordwestlich ausgerichteten Rücken auf 471 m über Meer. Die Hangneigung beträgt 12 %. Über dem Mergel hat sich eine mässig tiefgründige, schwere Braunerde mit pseudogleyigen, gleyigen Merkmalen und mit zunehmender Bodentiefe steigendem Skelettgehalt entwickelt (Abb. 3). Die Bodenmerkmale der für die Messungen der Bodenmessstation relevanten Tiefen (< 35 cm Bodentiefe) sind in der Tabelle 1 aufgeführt (☉₈). Aufgrund des schweren, tonreichen Bodens sind die Bearbeitungsmöglichkeiten erschwert und der Hackfruchtanbau ist beispielweise stark eingeschränkt.

Tab. 1 Ausgewählte Bodenhorizonte und Bodenmerkmale des Standortes “Schupfart” aufgenommen nach der Schweizer Bodenklassifikation (☉₈).

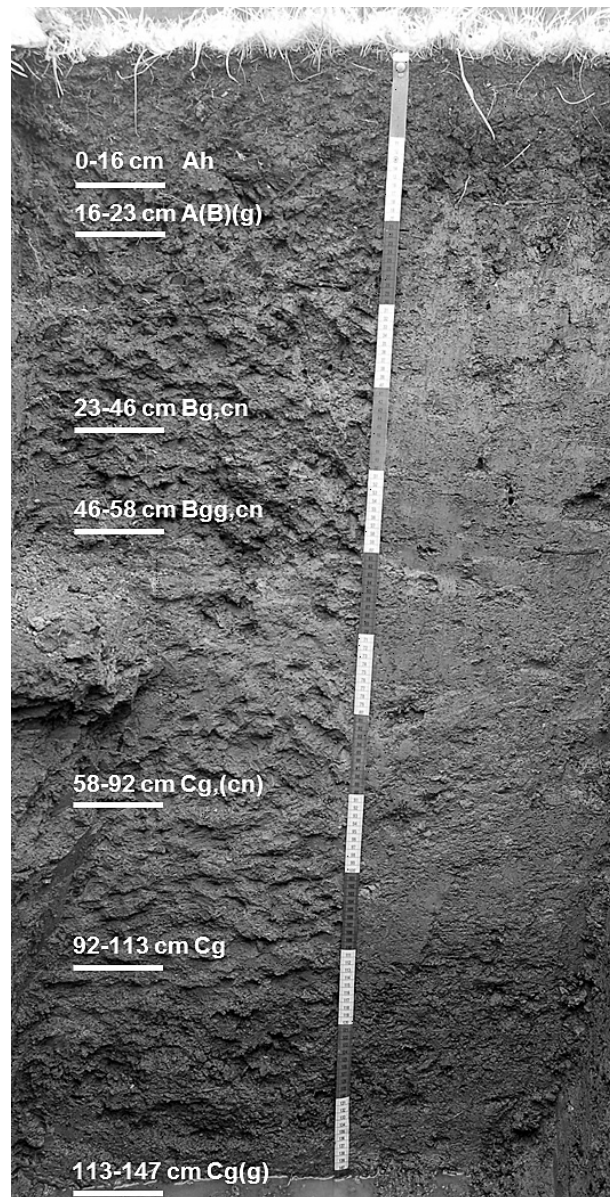
| Tiefe [cm] | Horizont-Bezeichnung | Gefüge | Org. Substanz [%] | Ton [%] | Schluff [%] | Sand [%] | pH (CaCl ₂) |
|------------|----------------------|---------|-------------------|---------|-------------|----------|-------------------------|
| 0–16 | Ah | Sp2/Sp3 | 8.1 | 56.0 | 34.4 | 9.6 | 5.7 |
| 16–23 | A(B)(g) | Po3/Po4 | 6.1 | 56.0 | 33.7 | 10.3 | 5.8 |
| 23–46 | Bg,cn | Po4 | 1.3 | 47.9 | 26.6 | 25.5 | 6.4 |

Die Messreihe in Abb. 4 zeigt die Resultate der Messparameter Niederschlag, Saugspannung und Bodentemperatur für das Kalenderjahr 2013 auf. Eine wichtige Erkenntnis ist, dass während der Wintermonate die Bodentemperaturen in 20 und 35 cm Tiefe nie unter 0 °C fielen. Dies ist auch bei allen anderen Messstationen feststellbar. Somit gefriert der Boden höchstens oberflächlich. Jedoch ist der Oberboden und Unterboden nie durchgefroren, was die weitverbreitete Meinung von gefrorenen Böden im Winter nicht bestätigt. Und das Befahren oder Bearbeiten eines angefrorenen Bodens kann zu dessen Schädigung führen.

Die Saugspannung in beiden gemessenen Tiefen korreliert mit den Niederschlagsereignissen, wobei die Kurve der Saugspannung in 35 cm etwas verzögert reagiert. Im Frühjahr und Sommer ist zudem der Effekt der Vegetation, der Verdunstung und der Bodentemperatur erkennbar. Das

Abb. 3 Bodenprofil bei der Messstation "Schupfart". Der humose Oberboden (< 23 cm Bodentiefe) unterscheidet sich visuell vom Unterboden aufgrund der unterschiedlichen Rauigkeit und Farbe (jeweils rechte Seite des Bildes). Die Horizontbezeichnungen sind nach der Schweizer Bodenklassifikation angegeben. Das farbige Profilbild ist zusammen mit den Profildaten der Standortbeschreibung und weiteren Standortinformationen auf der Homepage hinterlegt ([↗](#)).

Foto: M. Carizzoni, BABU GmbH, 9.3.2012



Gras und die wenigen Obstbäume ziehen während der Vegetationszeit das Wasser aus dem Wurzelraum, zuerst aus dem Oberboden und verzögert aus dem Unterboden. Die Zunahme der Bodentemperatur führt zu einer stärkeren Verdunstung als während der Wintermonate. Folglich steigt die Saugspannung in 20 cm früher und steiler an als jene in 35 cm Bodentiefe. Der Oberboden trocknet daher schneller ab als der Unterboden.

Die Zeitreihe zeigt exemplarisch auf, dass der Boden nur während einer kurzen Phase des Jahres (Mitte Juli bis Mitte September) mehrheitlich "trocken" (> 25 cbar in 35 cm Tiefe) ist und die Befahrbarkeit des Bodens aus Sicht des Bodenschutzes mit geeigneten Fahrzeugen unbedenklich ist. Die Verdichtungsempfindlichkeit ist somit gering. Kurze und/oder heftige Niederschlagsereignisse wie Ende Juli 2013 lassen die Saugspannung jedoch für einige Tage in den "feuchten" bis

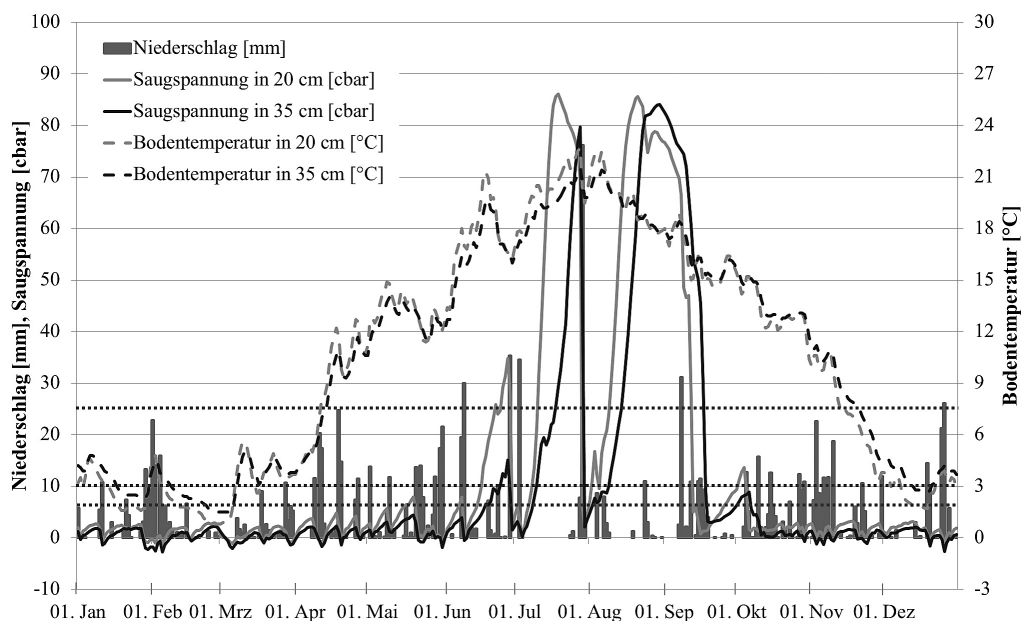


Abb. 4 Messreihe auf Tagesbasis während des Kalenderjahres 2013 für den Standort “Schupfart”. Die Grenzen der Bodenfeuchte Kategorien “trocken” (> 25 cbar), “feucht” (10–25 cbar), “sehr feucht” (6–10 cbar) und “nass” (< 6 cbar) sind mit gepunkteten Horizontallinien dargestellt. Während der Sommermonate steigen die Saugspannungswerte in 20 und 35 cm Bodentiefe deutlich über 25 cbar an. Die Saugspannungswerte liegen aber grösstenteils unter 6 cbar. In diesen Fällen wird vom Befahren des Bodens abgeraten.

“nassen” Bereich fallen und vom Befahren wird abgeraten, resp. es sollten Anpassungen hinsichtlich Maschinengewicht und Reifendruck gemacht werden. Während der restlichen Zeit (ca. sieben Monaten des Jahres), in denen u. a. die Erntezeit im Herbst inbegriffen ist, liegen die Saugspannungswerte in Schupfart grösstenteils unter 6 cbar. Aus Sicht des physikalischen Bodenschutzes gefährdet das Befahren bei diesen Bedingungen ohne geeignete Massnahmen die Bodenfruchtbarkeit langfristig.

5 Fazit und Ausblick

Die gemeinsame Einrichtung des Bodenmessnetzes “Nordwestschweiz” ist eine Erfolgsgeschichte. Es konnte ein zuverlässiges, vollautomatisches Messnetz gemeinsam aufgebaut werden. Synergien der Zusammenarbeit können beispielsweise im Betrieb und bei der Wartung genutzt werden. Die Messstationen haben sich bislang sehr bewährt und ermöglichen einen kontinuierlichen, ganzjährigen Messbetrieb.

Mit dem Betrieb des Bodenmessnetzes “Nordwestschweiz” verfolgen die Bodenschutzfachstellen der beteiligten Kantone verschiedene Ziele. Einerseits soll das Verständnis für das Abtrochnungsverhalten der Böden gefördert werden. So brauchen die Böden nach Starkniederschlagsereignissen im Hochsommer selbst bei anschliessend schönem Wetter einige Tage, bis sie abgetrocknet sind. Die Akteure der Land-, Forst- und Bauwirtschaft sollen für eine schonende, nachhaltige Bearbeitung der Böden sensibilisiert werden, indem aufgrund der Saugspannungs-

werte und Niederschläge unter Beizug technischer Hilfsmittel wie Reifeninnendruckregelungsanlagen so bodenschonend wie möglich gearbeitet wird. Die Saugspannungsdaten sind zusammen mit allen anderen Messdaten für alle Interessierten zugänglich und sind ein Hilfsmittel für die Planung von Erdarbeiten bei Baustellen und Bodenrekultivierungen. Ein weiteres Ziel ist, dass die Saugspannung als handliches Kriterium in die Planung und Durchführung von Erdarbeiten noch mehr einbezogen werden sollte, indem aufgrund der langjährigen Messreihen bodenrelevante Arbeiten auf möglichst trockene Perioden gelegt werden. Die Messergebnisse können jedoch auch für die Wahl des idealen Saatzeitpunktes, für Bewässerungsfragen oder die Abschätzung von Abfluss- und Hochwassersituationen verwendet werden.

Literatur

- Amt für Umwelt und Energie 2014. *Messnetz Bodenfeuchte – Im Kanton Basel-Landschaft, Jahresbericht 2013*. Liestal, 1–21.
- Bundesamt für Statistik 2015. *Die Bodennutzung in der Schweiz – Auswertungen und Analysen*. Neuchâtel, 1–64.
- Lüscher P., Frutig F., Sciacca S., Spjevak S. & Thees O. 2010. *Physikalischer Bodenschutz im Wald. WSL Birmensdorf*. ISSN 1422-2876. Online verfügbar: www.wsl.ch/dienstleistungen/publikationen/pdf/10481.pdf [eingesehen am 21.05.2015]
- Scheffer F. & Schachtschabel P. 2002. *Lehrbuch der Bodenkunde*. 15. Auflage. Bearbeitung durch Blume H.-P., Brümmer G.W., Schwertmann U., Horn R., Kögel-Knabner I., Stahr K., Auerswald K., Beyer L., Hartmann A., Litz N., Scheinost A., Stanjek H., Welp G. & Wilke B.-M. Heidelberg, 1–593.
- Schweizerischer Bundesrat 1998/2012. *Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo; SR 814.12) vom 1. Juli 1998 (Stand am 1. Juni 2012)*. Online verfügbar: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19981783/index.html> [eingesehen am 25.05.2015]
- Staatskanzlei Kanton Aargau 2007/2013. *Einführungsgesetz zur Bundesgesetzgebung über den Schutz von Umwelt und Gewässer (EG UWR; 781.200), vom 04.09.2007 (Stand 01.03.2013)*. Online verfügbar: <https://gesetzsammlungen.ag.ch/frontend/versions/1773?locale=de> [eingesehen am 25.05.2015]
- Vögt U. 1997. *Richtlinien zum Schutze des Bodens beim Bau unterirdisch verlegter Rohrleitungen*. Bundesamt für Energiewirtschaft, 1–27. Online verfügbar: www.bfe.admin.ch/energie/00567/00568/00602/index.html?lang=de&dossier_id=00874 [eingesehen am 19.05.2015]

Internetquellen

- 1 Bundesamt für Umwelt BAFU. <http://www.bafu.admin.ch/umwelt/status/03970/index.html?lang=de> [eingesehen am 25.05.2015]
- 2 Bodenfeuchte-Messnetz der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein. <http://www.bodenfeuchte-ostschweiz.ch> [eingesehen am 25.05.2015]
- 3 Messstation Boden Uri. <http://www.boden-uri.ch/> [eingesehen am 25.05.2015]
- 4 Bodenfeuchte Messwerte, Kanton Bern. http://www.vol.be.ch/vol/de/index/landwirtschaft/landwirtschaft/bodenschutz/bodenzustand/messwerte_bodenfeuchte/aktuelle_messwerte.html [eingesehen am 25.05.2015]
- 5 Bodenfeuchte: Messnetz Kanton Luzern. <https://uwe.lu.ch/themen/bodenschutz/bodenfeuchte> [eingesehen am 25.05.2015]
- 6 Bodenmessnetz Nordwestschweiz. <http://bodenmessnetz.ch/home> [eingesehen am 25.05.2015]
- 7 Modell Bodenverdichtungsrisiko, Bundesamt für Landwirtschaft BLW. <http://www.bodenverdichtung.ch/> [eingesehen am 25.05.2015]
- 8 Bodenmessnetz Nordwestschweiz, Station Schupfart. <http://bodenmessnetz.ch/standorte/beschreibung/schupfart> [eingesehen am 25.05.2015]
- 9 Bodenmessnetz Nordwestschweiz, Station Schupfart, Gesamtansicht der Station. http://bodenmessnetz.ch/pdf/station/Schupfart_Fotos.pdf [eingesehen am 25.05.2015]

