

Vision vom

lückenlosen
Bodenmessnetz



2015 ist das internationale Jahr des Bodens, für die Schweizer Landtechnik Anlass, die bestehenden kantonalen Bodenmessnetze vorzustellen. Die Firma Meteotest in Bern ist für den Betrieb, die Wartung und die Datenverwaltung des Bodenmessnetzes Nordwestschweiz im Auftrag der Kantone zuständig; zahlreiche andere Kantone verfügen ebenfalls über Bodenmessstationen.

Im verschneiten Stüsslingen SO diskutieren die Involvierten über die weiteren Möglichkeiten einer Bodenmessstation.

(Bilder: Dominik Senn)

Dominik Senn

Boden ist im wahrsten Sinn des Wortes von grundlegender Bedeutung. Er ist die knappste nicht erneuerbare Ressource der Schweiz. Er erfüllt zahlreiche ökonomische und ökologische Funktionen: Er speichert und filtert unser Trinkwasser, liefert Nahrung, Biomasse, Erdwärme sowie mineralische Rohstoffe und ist die Grundlage der Biodiversität. Deshalb muss er sorgfältig genutzt und nachhaltig geschützt werden. Feuchter Boden ist verletzlich. Schwere Maschinen und Fahrzeuge verdichten in ihm die Bodenstruktur und verringern dadurch die Bodenfruchtbarkeit. Wer die Bodenfeuchte kennt, kann Schäden vermeiden und die Arbeiten sowie die Maschinenwahl dem Bodenzustand anpassen. Verschiedene von Kantonen betriebene Bodenmessnetze in der Schweiz bieten Informationen zum aktuellen Bodenzustand und Entscheidungshilfen für einen bodenschonenden Arbeitseinsatz. Die Schweizer Landtechnik war mit Verantwortlichen, Betreibern und Nutznießern auf der Messstation Stüsslingen SO zu Besuch; diese gehört zum Bodenmessnetz Nordwestschweiz.

Zuerst auf Grossbaustellen

Der Kanton Solothurn betreibt das Bodenmessnetz Nordwestschweiz zusammen mit den Kantonen Aargau und Basel-Landschaft; nun stösst neu der Kanton Zug dazu. Wie die zuständige Christine Hauert von der Abteilung Boden des kantonalen Amtes für Umwelt in Solothurn ausführte, sei bereits Anfang der Neunzigerjahre mit Feuchtemessungen an Grossbaustellen begonnen worden. In den Jahren nach der Jahrtausendwende haben verschiedene Kantone damit begonnen, kantonale Messnetze zur Messung der Bodenfeuchte aufzubauen. Dabei wurden noch mehrheitlich manuelle Feuchtemessgeräte (Tensiometer) eingesetzt, welche jedoch bei winterlicher Kälte nur bedingt einsetzbar sind. In den Jahren 2008/09 haben verschiedene Kantone damit begonnen, einzelne Stationen mit automatischen Tensiometern auszurüsten, welche kältetauglich sind. Im Jahre 2009 wurden durch das Amt für Umwelt in einem Pilotprojekt die ersten zwei Stationen des Bodenmessnetzes in Betrieb genommen. «Diese Pilotphase diente vor allem der Evaluation der technischen Ausrüstung und des Datenmanagements», sagte Christine Hauert. Das Projekt wurde etabliert und vorangetrieben, und im Sommer 2011 konnten zehn Stationen in Betrieb genommen und im Frühling 2014 mit zwei weiteren Stand-



Eine Bodenmonitoringstation wie hier auf Liebegg in Gränichen AG erfasst Niederschlag auf 1,5 m Höhe, Lufttemperatur in 2 m Höhe, Luftfeuchte in 2 m Höhe, Saugspannung in 20 und 35 cm Tiefe sowie Bodentemperatur in 20 und 35 cm Tiefe.

orten ergänzt werden (siehe separate Übersicht über die bestehenden Bodenmessnetze am Ende dieses Beitrages).

Zentral: Saugspannung

Fruchtbare, nicht verdichtete Böden sind Voraussetzung für hohe Erträge landwirtschaftlicher Produkte. Bodenverdichtungen müssen daher vermieden werden. Die Verdichtungsempfindlichkeit eines Bodens nimmt mit zunehmendem Feuchtigkeits- bzw. Nässegrad zu. Nasse Böden sind bezüglich Bodenverschiebungen und Befahren besonders verdichtungsempfindlich.



Christine Hauert von der Abteilung Boden des Amtes für Umwelt Solothurn: «Nutzer für die schonende Bodenbearbeitung sensibilisieren.»

Ein Boden besteht aus festen Bestandteilen und aus dazwischen liegenden Hohlräumen. Bei ertragsfähigen Böden bilden diese rund 50 % des Bodenvolumens. Sie setzen sich aus Poren unterschiedlicher Grössen zusammen, die miteinander verbunden sind. Bei Wassersättigung nach einem starken Niederschlag sind alle Poren mit Wasser gefüllt. Beim Abtrocknen entleeren sich zuerst die grossen Poren. In den mittelgrossen Poren wird das Boden-

wasser aufgrund von Kapillarkräften zurückgehalten. Die Saugspannung entspricht der Kraft, die Pflanzenwurzeln aufbringen müssen, um dem Boden Wasser zu entziehen. Je weniger Wasser im Boden, desto grösser sind diese Kräfte und folglich umso grösser die Saugspannung. Die Saugspannung ist also ein Mass für die aktuelle Bodenfeuchte und ermöglicht eine Bewertung der Verdichtungsempfindlichkeit und Tragfähigkeit des Bodens. Die Saugspannungsdaten dienen – unter Einbezug der Kenndaten von Fahrzeugen und Maschinen – als Entscheidungsgrundlage für die bodenschonende Durchführung von Erarbeiten im Hoch- und Tiefbau sowie für einen bodenverträglichen Maschineneinsatz in der Land- und Forstwirtschaft. Bei Einhaltung der Belastungsgrenzen kann eine bodenschonende Bewirtschaftung sichergestellt werden. Bei Nichtbeachten dieser Belastungsgrenzen ist der Boden verdichtungsgefährdet.

Zweck der Messnetze

Die Bodenmessnetze sollen als Hilfsmittel für den bodenschonenden Einsatz von Land- und Forstarbeiten und für Erarbeiten auf der Baustelle dienen. In der Landwirtschaft kann das Messnetz den betroffenen Bewirtschaftern ein einfach zu handhabendes Instrument zur Verfügung stellen, um die aktuelle Befahrbarkeit des Bodens schnell und kostengünstig einschätzen und entsprechend reagieren zu können. Es gibt einen Überblick über wichtige Bodenparameter: Bodenfeuchte respektive Saugspannung, Boden- und Lufttemperatur, Niederschlag. Die Bodenschutzfachstellen verfolgen gemäss Christine Hauert mit der Betreibung des Messnetzes folgende Ziele:

- Förderung des Verständnisses für das Abtrocknungsverhalten von Böden
- Sensibilisierung für die schonende Bearbeitung von Böden
- Bereitstellen von Saugspannungsdaten als Dienstleistung für alle Interessierten
- Bereitstellen eines Hilfsmittels zur Planung von Erdarbeiten auf der Baustelle und bei Bodenrekultivierungen
- Motivation aller Akteure (Bauleute, Kiesabbauer, Landwirte, Planer, Berater usw.), die Saugspannung als handliches Kriterium in die Planung und Durchführung von Erdarbeiten einzubeziehen,

Wie Christine Hauer betonte, stellt das Bodenmessnetz nicht nur allen Interessierten kontinuierliche Informationen zur Bodenwasserdynamik in Abtrocknungs- und Niederschlagsphasen zur Verfügung, sondern es kann auch als Entscheidungshilfe bei einem allfällig notwendigen Bewässerungseinsatz in Trockenphasen oder als zusätzliches Hilfsmittel für die Risikoabschätzungen bei Hochwassersituationen herbeigezogen werden. Die Daten der Messnetze dienen aber nicht nur zur Sensibilisierung der Forst- und Landwirte, sondern bieten auch Grundlagenwissen und langfristig Messreihen, welche im Zusammenhang mit dem Klimawandel interessant sein können. Die Aussagekraft der Messdaten muss dahin gehend relativiert werden, als die Bodenfeuchte nicht nur

vom Niederschlag, sondern massgeblich von den Bodeneigenschaften am Messstandort beeinflusst wird. Messungen an einem einzelnen Standort sind streng genommen nur für diesen einzelnen Standort aussagekräftig. Die direkte Übertragung der Messwerte auf andere Standorte bzw. Regionen ist nur bedingt möglich.

Beurteilung Bodenbefahrbarkeit

Durch den Einsatz von immer schwereren und leistungsfähigeren Maschinen und Fahrzeugen sind unsere Landwirtschaftsböden zunehmend durch Bodenverdichtung gefährdet. Um Verdichtungen zu vermeiden, ist es auch in der Landwirtschaft wichtig, dass die Witterungsverhältnisse und die aktuelle Bodenfeuchte bei der zeitlichen Planung von Feldarbeiten berücksichtigt werden. Zudem können geeignete technische Massnahmen wie Absenken des Reifendrucks (siehe Ausgabe 1/2015, S. 23–25) oder Anpassen der Anbautechnik das Verdichtungsrisiko senken. Nasse und sehr feuchte Böden sind sehr verdichtungsempfindlich und sollten daher nicht verschoben oder befahren werden. Mittelschwere und schwere Böden sind besonders verdichtungsempfindlich und trocknen schlechter ab. Bodenarten können Hinweise zur Beschaffenheit und den Eigenschaften der Böden bieten. Massgebend für die Beurteilung der Befahrbarkeit und Verdichtungsempfindlichkeit sind die Saugspannungswerte



Philipp Meier, Lohnunternehmer: «Das Gespür für die Böden gehört immer dazu.»

im Unterboden (35 cm), da Schäden im Unterboden praktisch nicht mehr regenerierbar sind. Für die Beurteilung kann auch der aktuelle Niederschlag relevant sein: Ab einem Niederschlag von mehr als 10 mm während der letzten 24 Stunden sind alle Erdarbeiten kritisch, auch wenn die Saugspannungswerte dies noch nicht zeigen. Die gemessene Bodenfeuchte wird in die Kategorien trocken, feucht, sehr feucht und nass eingeteilt. Diese Einteilung kommt ursprünglich aus der Bauwirtschaft. Basierend auf den aktuellen Messwerten der Bodenfeuchte und des Niederschlags kann die Zulässigkeit des Maschineneinsatzes abgeleitet werden. Ein hohes Maschinengewicht und eine geringe Auflagefläche erfordern höhere Saugspannungswerte bzw. einen trockeneren Boden als leichtere Maschinen mit grosser Auflagefläche. Die Einsatzgrenze

Mehrschichtiges Netzwerk Boden

Bundesverwaltung, Forschung, Verbände und Schutzorganisationen sowie internationale Gremien beteiligen sich mit Aktivitäten am «Internationalen Jahr des Bodens 2015», namentlich: Bundesamt für Umwelt (BAFU), www.bafu.admin.ch, Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), www.blw.admin.ch, Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), www.aren.admin.ch, Bundesamt für wirtschaftliche Landesvorsorge (BWL), Geschäftsstelle Bereich Ernährung, www.bwl.admin.ch, Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA), www.deza.admin.ch. Nationales Forschungsprogramm «Ressource Boden» (NFP 68), www.nfp68.ch, AGROSCOPE, Kompetenzzentrum des Bundes für landwirtschaftliche Forschung, www.agroscope.ch, Verbund NABODAT, Nationales Bodeninformationssystem, www.nabodat.ch, Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz (BGS), www.soil.ch, AGRIDEA, landwirtschaftliche Beratungsstelle, www.agridea.ch, Science Lab, Universität Zürich – Lern- und Forschungslabor für Schulklassen, www.sciencelab.uzh.ch.

Schweizerischer Bauernverband (SBV), www.sbv-usp.ch, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Berufsgruppe Umwelt (BGU), www.sia.ch, geosuisse – Schweizerischer Verband für Geomatik und Landmanagement, www.geosuisse.ch.

Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO), www.fao.org/soils-2015/en, Global soil partnership, www.fao.org/globalsoilpartnership/iys-2015/en.

Rechtliche Grundlagen in der Schweiz

Die Rechtsgrundlagen für den Bodenschutz in der Schweiz sind auf mehrere Rechtsetzungen verteilt. Das bedeutet, Bodenschutz ist eine Querschnittsaufgabe verschiedener Amtsstellen. Die Fachstelle Bodenschutz soll für einen umfassenden Schutz des Bodens sorgen; sie hat dabei neben Vollzugskompetenzen und Koordinationsaufgaben vor allem auch die Funktion eines Kompetenzzentrums für den Boden.

Übergreifendes Ziel des Bodenschutzes ist die Erhaltung der Fruchtbarkeit des Bodens gemäss dem verfassungsrechtlichen Grundsatz der Nachhaltigkeit und der häuslichen Nutzung des Bodens. Für das Handeln gilt das Vorsorgeprinzip. Normen setzen hierfür den Rahmen. Stichworte hierzu:

Nutzung von Böden und Bauen: sparsam, sachgerecht, Sicherung und Verwertung von Bodenaushub, Wiederherstellung von Böden, Kompensation von Fruchtfolgeflächen, Schutz und Erhaltung des natürlichen Lebensraums, standortgerechte Vegetation und Bewirtschaftung, Vermeidung von Bodenverdichtung und Erosion.

Planungen: sparsame Beanspruchung von Böden; Prüfung von Alternativen; Berichterstattung.

Bodenbelastungen und Gefährdungen durch Bodenbelastungen: Überwachung; Beurteilung anhand von Richt-, Prüf- und Sanierungswerten; Gefährdungsabwehr; Ursachenermittlung; Verschärfung von Vorschriften; Emissionsbegrenzung; Verbot von Produktionsmethoden.

der jeweiligen Maschine kann in der Bauwirtschaft mit der Berechnungshilfe Einsatzgrenzen von Baumaschinen und in der Landwirtschaft mit dem Simulationsmodell Terranimo (siehe Ausgabe 10/2014, S. 42/43) ermittelt werden (siehe auch Tabelle «Handlungsanweisungen für einen bodenschonenden Maschineneinsatz, basierend auf den aktuellen Messwerten der Bodenfeuchte und des Niederschlags»).

Sicht des Lohnunternehmers

Lohnunternehmer und Meisterlandwirt Philipp Meier in Niedergösgen ist mit Gebr. Meier Landwirtschaft Mitglied von Lohnunternehmer Schweiz und ein Dienstleistungspartner für landwirtschaftliche und kommunale Arbeiten von Pressen/Wickeln von Rundballen über Bodenbearbeitung, Saaten, Mähen, Hofdünger, Pflanzen-



Landwirt und Stationsbetreuer André Meier: «Ich wäre nicht unglücklich, hätte die Station ein Frostwarnsystem.»

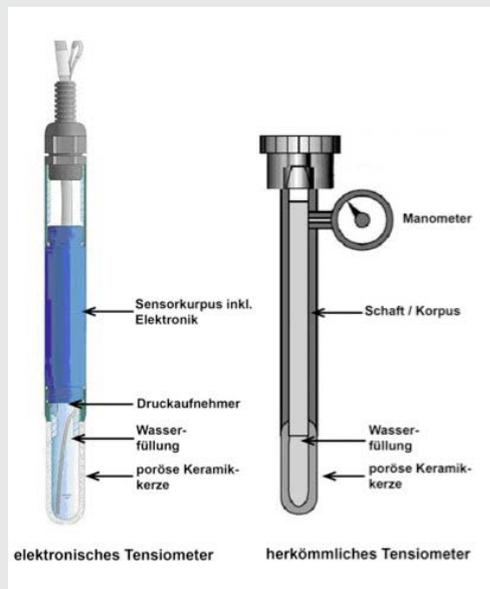
schutz, Mulchen, Transporte bis zu Winterdienst und Baustellenansaat; weiter dazu gehören ein Landwirtschaftsbetrieb mit Mutterschweinen und Pouletmast sowie pflanzliche Produktionen auf über 30 ha. Er notiert regelmässig die Regenmengen, und zwar an verschiedenen Standorten und vergleicht entsprechende Niederschlagskarten. «Ich schulde das meinen Kunden, den Landwirten, die mit der Auftragserteilung vermehrt auch die Verantwortlichkeit über die Bodenverdichtung abgeben.» Er sei es ja auch, der die einzusetzenden Maschinen und ihre Gewichte kennt, nicht der Auftraggeber. Er setzt aus diesem Grund auch Niederdruckreifen ein. Für ihn ist Bodenschonung Bestandteil der Kundenbindung. Sein sekundäres Interesse gilt den Bodentemperaturen, besonders im Frühjahr, um den idealen Zeitpunkt der Maissaat zu erwischen. Weniger behilflich sind ihm Bodenkarten: «Wir haben im Solothurnischen von Sandböden bis zu schweren Lehmböden fast alle Bodentypen. Weil ich bewusst nur in einem

Wie wird die Saugspannung gemessen?

Die Saugspannung wird mit sogenannten Tensiometern gemessen. Ein poröser Hohlkörper aus Keramik (Keramikkerze) am unteren Ende eines geschlossenen, wassergefüllten Rohrs wird in die gewünschte Bodentiefe eingebaut (Standardtiefe 35 cm für Unterboden, 20 cm für eine Messung im Oberboden). In trockenem Boden transportiert die Keramikkerze infolge ihrer Kapillarität Wasser von innen nach aussen, sodass im geschlossenen Rohr ein Unterdruck entsteht. Wenn der Boden um die Keramikkerze herum austrocknet, wird Wasser vom Inneren dieser Kerze in den Boden geleitet. Es

wird so viel Wasser «gezogen», bis sich zwischen der Keramikkerze und dem umliegenden Bodenwasser ein Gleichgewicht eingestellt hat. Der entstehende Unterdruck wird mit einem Manometer gemessen. Bei hoher Saugspannung herrschen stabilisierende Kräfte zwischen den Bodenteilchen, und der Boden weist eine hohe Tragfähigkeit auf. Umgekehrt ist bei geringer Saugspannung ein Boden wenig belastbar und die Verdichtungsgefährdung entsprechend gross.

Bei den dafür eingesetzten elektronischen Tensiometern wird dieser Unterdruck mit einem nahe der Tensiometerkerze eingebauten Druckabnehmer bzw. Drucksensor gemessen. Die gebräuchlichsten Masseinheiten für die Saugspannung sind cmWS (cm Wassersäule), hPa (Hektopascal) und die am häufigsten verwendete Druckeinheit cbar (Centibar).



beschränkten Umkreis Dienstleistungen verrichte, kenne ich die Untergründe. Das Gespür gehört immer auch dazu.»

Sicht des Landwirts

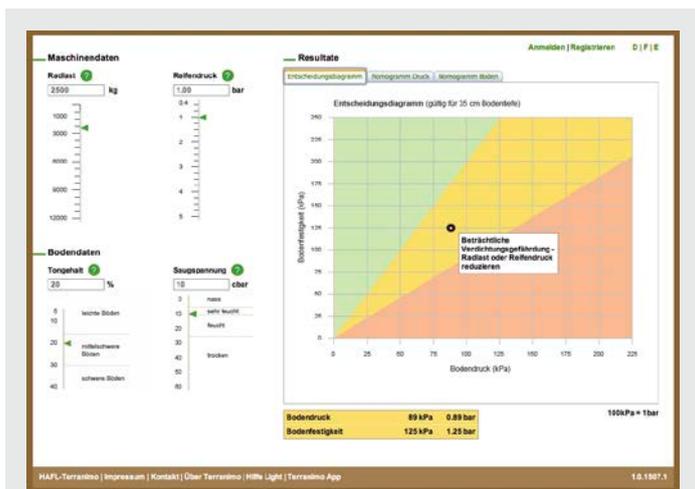
André und Monika Erni betreiben im Unterdorf in Stüsslingen einen Acker- und Obstbaubetrieb mit Geflügelhaltung und einem Hofladen. Sie haben der massiv eingezäunten kantonalen Messstation ein Zuhause gegeben und sind jahraus, jahrein für deren Pflege besorgt. Dazu gehören das regelmässige Mähen, die Umgebungspflege und die Kontrolle: «Ich habe die Station in Sichtnähe und kann so praktisch täglich nach dem Rechten sehen», sagte er. Als «Gegenleistung» nutzt er die Daten, liest die Regenmenge, die Luft- und Bodentemperaturen ab und vergleicht sie mit anderen Daten der Schweiz. Sein Hauptinteresse als Obstbauer gilt nicht der Bodenfeuchte, sondern der Bodentemperatur und den bodennahen Temperaturen. «Ich wäre nicht unglücklich, hätte die Station ein zusätzliches Frostwarnsystem eingebaut, auch ein Gerät zur Messung der Blattfeuchte wäre dienlich.» André Erni weiss, wie ungeeignete Bodenverschiebungen für Jahrzehnte Böden schädigen können. Er hat es in nächster Nähe bei der Rekultivierung beim ersten Erdgasleitungsbau erlebt: «Die Narben über dem

Leitungsverlauf sind heute noch erkennbar, während beim zweiten späteren Bau korrekt gearbeitet wurde und nicht mehr sichtbar ist, wo die Gasleitung durchführt.»

Repräsentative Standorte

Die meisten automatischen Bodenmessstationen der Schweiz werden von der auf Agrarmeteorologie spezialisierten Firma Meteotest in Bern (siehe Ausgaben 4/2014 und 11/2013) gestellt, betreut und die gewonnenen Daten je nach Kundenwunsch aufbereitet. Für diesen Monitoringbereich des meteorologischen Dienstleisters zuständig ist Christoph Schilter, dipl. Kulturingenieur ETH. Die Wahl repräsentativer Standorte ist Kantonssache. Eine Bodenmessstation besteht in der Regel aus den Komponenten Niederschlagsmesser, Lufttemperatur- und Luftfeuchtigkeitsmesser, Tensiometer, ausfächernden Zuleitungen zu besagten Messgeräten im Ober- und Unterboden, der Loggerstation mit Datenfernübertragung und Solarpanels für deren Betrieb. Meteotest ist zuständig für die Datenerfassung, -übermittlung und -auswertung.

Wie Christoph Schilter bei der Besichtigung ausführte, sind für die Beurteilung der Verdichtungsempfindlichkeit die Saugspannungswerte in 20 bis 35 cm Bodentie-



Zur Bestimmung der Bodenfestigkeit sind mindestens Daten zur Saugspannung (ab einer Tiefe von 30 cm) und zum Tongehalt des Bodens notwendig. Zur Ermittlung des Bodendrucks (in kPa) sind Angaben über die Radlast und den Reifendruck der landwirtschaftlichen Maschine erforderlich. Als Grundlage zur Bestimmung der aktuellen Verdichtungsgefährdung steht das Entscheidungsdiagramm des Simulationsmodells Terranimo zur Verfügung (Bild). Als Ergebnis dieser Berechnungen kann die aktuelle Verdichtungsgefährdung einer von drei Gefährdungsstufen (grün=keine Gefährdung; gelb=beträchtliche Gefährdung; rot=Schadverdichtung im Unterboden zu erwarten) zugeordnet werden. Die Grenze Grün/Gelb bedeutet Bodendruck = 50 % der Bodenfestigkeit. Diese Grenze repräsentiert den Übergang vom elastischen Verhalten zu ersten plastischen Deformationen der Bodenstruktur bei einer Belastung.

fe relevant. Die Daten der verschiedenen Messstationen werden automatisch übermittelt, auf dem Internet aktualisiert und für jedermann zur Verfügung gestellt. Die aktuellen Bodenfeuchte-Messwerte sind auf Karten und als Grafiken oder Tabellen dargestellt. Im Archiv befinden sich alle Messwerte. Damit kann der Jahresverlauf angesehen werden, oder die Werte verschiedener Messstationen können miteinander verglichen werden. «Die Stärke von Meteotest liegt darin, die ganze Kette vom Sensor im Unterboden bis zur zentralen Datenhaltung und -webvisualisierung aus einer Hand anbieten zu können», sagte Christoph Schilter, «wir sind auch eine schweizweite Schnittstelle für Datenlieferung.» Meteotest sei zugleich Ansprechpartner für alle meteorologischen Belange. Dadurch ergäben sich unzählige Synergien. Beispielsweise sollten Livedaten von Regensensoren aus Stationen mit jenen von Regenradarstationen im gleichen Niederschlagsgebiet übereinstimmen. Bodenschutz ist eine geografisch eingeschränkte Angelegenheit. Ein Messnetz ist vorab von lokaler Bedeutung für Landwirte, Lohnunternehmer, Tiefbaufachleute und andere interessierte Kreise. Für die Betreiber, die Kantone, ergibt sich ein Zusatznutzen durch das Wissen über den

Istzustand seiner Böden. Ein Austausch dieser Livedaten unter den verschiedenen Bodenfachstellen ermöglicht übergreifende Erkenntnisse, was jederzeit über dem Boden und im Unterboden läuft, aber auch einen laufenden Wissens- und Erfahrungsaustausch, falls die Daten mit Wetter- und Klimadaten gekoppelt werden.

Mehrfachnutzung wäre möglich

Da zahlreiche Kantone über Bodenmessstationen verfügen, stellt sich die Frage: Welchen Nutzen hätte ein schweizweites Messnetz? Ein solches hätte den Vorteil, dass Quervergleiche zu geografischen und klimatischen Bedingungen im Hinblick auf Bodentemperaturen und Keimzeitpunkt gezogen werden könnten, man denke beispielsweise an die Kantone Jura, Neuenburg, Wallis, Tessin, St. Gallen oder Graubünden. Ein multifunktionales Messnetz ermöglicht nach den Worten Christoph Schilters eine Mehrfachnutzung durch zusätzliche Messeinrichtungen. Würde eine bestehende Station mit einem Blattfeuchtemesser ergänzt, so könnte eine Vielzahl von Krankheitsmodellen gerechnet werden. In Abhängigkeit von der Wetterlage sind oft viel längere Behandlungspausen möglich als im Spritzplan vorgesehen. Oder umgekehrt kann ein Modell warnen,

wenn die Wirksamkeit eines Mittels z.B. durch starken Niederschlag vorzeitig beendet wurde. Ein weiterer Lufttemperatursensor über dem Boden ergibt zusätzlichen Nutzen für die Frostwarnung. Eine automatische Warnmeldung ermöglicht es, die Frostschutzanlage rechtzeitig zu aktivieren. Mit der Zustimmung der kantonalen Besitzer einer Station kann diese jederzeit für weitere Zwecke von Nutznießern, wie Obstbauern, Lohnunternehmern usw. verwendet werden.

Ein weiterer Vorteil eines Gesamtnetzes wäre auch der, dass in Kantonsgrenzbereichen durch einzelne Kantone weniger Stationen erstellt werden müssten, wie dies im Nordwestschweizer Messnetz bereits gehandhabt wird. Der Betrieb wird im Verbund günstiger. Das gilt auch für landwirtschaftliche Betriebe, welche eine Messstation in Kooperation betreiben und deren Daten für die Bewässerung, für den Pflanzenschutz oder als Entscheidungshilfe für die Bodenbearbeitung verwenden. Mit der Funktechnologie können die Betriebe in ihren Kulturen spezifische Sensoren installieren und mit einer zentralen Wetterstation verbinden. Diese übermittelt die Daten auf einen Server. Die Daten sind dann live auf dem Mobiltelefon oder Computer verfügbar. ■

Saugspannungsbereiche und zugehörige Bodenzustände	
Saugspannung in 35 cm Tiefe	Handlungsempfehlung
> 25 cbar «trocken»	Arbeiten unter Berücksichtigung der Einsatzgrenzen gemäss Terranimo.
10–25 cbar «feucht»	Arbeiten mit erhöhter Sorgfalt und unter Berücksichtigung der Einsatzgrenzen gemäss Terranimo.
6–10 cbar «sehr feucht»	Boden aktuell sehr verdichtungsempfindlich. Arbeiten nur mit erhöhter Sorgfalt, mit lastreduzierenden und -verteilenden Massnahmen und unter Berücksichtigung der Einsatzgrenzen gemäss Terranimo.
< 6 cbar «nass»	Boden extrem verdichtungsempfindlich. Auf ackerbauliche und futterbauliche Arbeiten verzichten. Falls Arbeiten notwendig, NUR mit Berücksichtigung der lokalen Bodeneigenschaften und lastreduzierenden und -verteilenden Massnahmen bei Einhaltung der Einsatzgrenzen gemäss Terranimo.

Handlungsempfehlungen für einen bodenschonenden Maschineneinsatz, basierend auf den aktuellen Messwerten der Bodenfeuchte und des Niederschlags.



Kulturingenieur Christoph Schilter von Meteotest Bern: «Ein multifunktionales Messnetz ermöglicht eine Mehrfachnutzung durch zusätzliche Messeinrichtungen.»

Bestehende Bodenmessnetze der Schweiz

Neben dem Bodenmessnetz Nordwestschweiz gibt es in der Schweiz das Bodenfeuchte Messnetz «OST-Boden» sowie Messnetze in den Kantonen Zürich, Bern, Luzern und Uri.

Dominik Senn

Die Bodenmessnetz-Kantone der Schweiz treffen sich jährlich zu einem Erfahrungsaustausch, so dass von den Erkenntnissen der anderen Kantone profitiert werden kann. Die Westschweizer Kantone haben Erfahrungsaustausch mit dem Kanton Solothurn gehabt und zeigen Interesse an eigenen Messnetzen. Im Tessin sind seit 2014 zwei oder drei Stationen in Betrieb.

Bodenmessnetz Nordwestschweiz

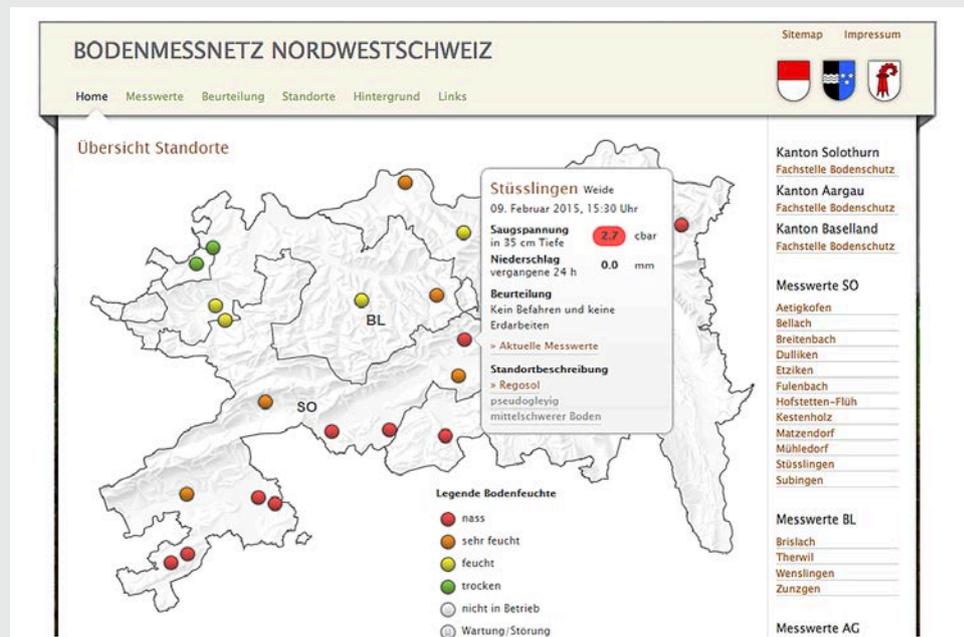
Das Messnetz auf solothurnischem Kantonsgebiet besteht heute aus insgesamt zwölf Standorten, acht auf Dauerwiesen und vier im Wald. Die Standorte decken nicht bloss die verschiedenen Regionen des Kantons ab, sondern bei der Standortauswahl wurden vor allem «mittlere» Böden ausgesucht, d. h. leicht stauwasserbeeinflusste. Standorte wie Fülenbach, Kestenholz und Mühledorf repräsentieren aber auch gut durchlässige und relativ gut abtrocknende Böden.

Das Amt für Umweltschutz und Energie, Fachstelle Bodenschutz des Kantons Basellandschaft, hat sein manuelles Netz seit dem Jahr 2012 durch vier vollautomatische Messstationen abgelöst.

Die Abteilung für Umwelt des Kantons Aargau nahm Ende 2012 die erste Station in Betrieb. Weitere Stationen folgten im Frühjahr und Spätsommer 2013, sodass das Bodenmessnetz inzwischen aus zehn Stationen in der Landwirtschaftszone besteht. Das Zuger Amt für Umweltschutz, Abteilung Boden, hat seit dem Dezember 2014 eine Station in Betrieb und wird in diesem Jahr eine zweite bauen. Die Stationen werden dem bestehenden Webauftritt der Nordwestschweizer Kantone diesen Winter hinzugefügt (<http://bodenmessnetz.ch>).

Bodenmessnetz «OST-Boden»

Ins Bodenfeuchte-Messnetz «OST-Boden» der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein sind die Fachstellen beider Kantone Appenzell, des Fürstentums Liechtenstein und der weiteren Kantone Glarus, Graubünden, Schaffhausen, St. Gallen und Thurgau involviert. Im Winter ist der Betrieb der meist manuellen



Stationen aus technischen Gründen eingestellt. Nur der Kanton Thurgau hat seit 2013 drei automatische Stationen, welche das ganze Jahr betrieben werden.

Bodenmessnetz Kanton Zürich

Das Messnetz im Kanton Zürich ist auch ein Teil des «Ost-Bodens». Seit Juni 2004 betreibt die Fachstelle Bodenschutz Zürich ein Netz mit unterdessen elf Tensiometerstationen zur Messung der Bodenfeuchte oder Saugspannung und Niederschläge im Boden. In erster Linie repräsentieren die Stationen die verschiedenen Klimazonen des Kantons Zürich. An zwei Standorten (Reckenholz und Wädenswil) wird die Saugspannung in drei Tiefen (20, 40 und 70 cm) automatisch gemessen. Weiter umfasst das Messnetz eine mobile automatische Station, die zurzeit in Flaach steht.

Bodenmessnetz Kanton Bern

Seit 1996 betreibt der Kanton Bern ein Netz, um die Bodenfeuchte in den verschiedenen Regionen abzuschätzen. An sechs Standorten werden wöchentlich die Saugspannungsmesswerte auf einer langjährigen Naturwiese erhoben. Die Saugspannungswerte werden stark durch den Niederschlag beeinflusst. Aus diesem Grund werden an sechs Standorten wöchentlich die Niederschlagswerte erfasst. Sie dienen als Entscheidungshilfe für Landwirte. Am Standort Zollikofen ist es zusätzlich möglich, die Saugspannungswerte einer langjährigen Direktsaat mit einem Pflugsystem zu vergleichen.

Bodenmessnetz Kanton Luzern

Seit Herbst 2010 hat der Fachbereich Boden des Kantons Luzern damit begonnen, ein automatisches Bodenfeuchtemessnetz aufzubauen und zu betreiben. Daneben steht das Niederschlagsmessnetz der Abteilung Gewässer der Abteilung Umwelt und Energie zur Verfügung. Dieses umfasst insgesamt zehn Niederschlagsmessstationen innerhalb des Kantons Luzern.

Im Herbst 2010 wurde der «Doppelstandort» mit den Stationen Urswil 1 und Urswil 2 realisiert, welche zusätzlich noch in 60 cm Tiefe die Saugspannung automatisch aufzeichnen. Geplant sind drei weitere Stationen.

Bodenmessnetz Kanton Uri

Der Kanton Uri betreibt seit März 2008 in Erstfeld eine vollautomatische Bodenmessstation. Der Messstandort weist einen skelettfreien, sandig-schluffigen Schwemmlandboden auf, wie er im unteren Reusstal des Kantons Uri häufig auftritt.

Die restlichen Böden der Reussebene liegen mehrheitlich auf Bachschuttfächern oder sie weisen Reusschotter auf, der nahe an die Oberfläche reicht. Diese Böden sind weniger verdichtungsempfindlich als der Boden bei der Messstation.

Die nassen, grundwassergeprägten Böden schliesslich machen nur einen geringen Teil der Böden der Urner Reussebene aus und sind bezüglich Verdichtung stärker gefährdet als der Boden bei der Messstation. ■