

Eindringwiderstandsmessung mit dem Penetrometer

Referenzierung von Zeitreihen für die Boden-Dauerbeobachtung

Peter Schwab

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8046 Zürich, www.art.admin.ch,
www.nabo.admin.ch

Zusammenfassung

Mit Penetrometermessungen kann der physikalische Parameter Eindringwiderstand im Boden rasch und einfach bestimmt werden. Die Messungen erlauben Unterschiede kontinuierlich über die Tiefenschichten aufzuzeigen. In einer Untersuchung bei zwei unterschiedlichen Ackerstandorten über sechs Jahre zur Eignungsprüfung der Methode für die Langzeitbeobachtung zeigten die jährlichen Messungen eine auffällige parallele Verschiebung der Verlaufskurven bis in eine Tiefe von 60 cm. Der bekannte Zusammenhang zwischen Messabweichungen und Bodenwassergehalt konnte nachgewiesen werden.

Für die Boden-Dauerbeobachtung ist es wichtig, dass methodische Artefakte weitestgehend eliminiert werden. Es wird hier aufgezeigt, dass durch eine Korrektur der Messwerte mit den Messdaten einer tiefliegenden Referenzschicht Zeitreihen gebildet werden können, die geringere systematische Abweichungen aufweisen. Dies erlaubt effektive zeitliche Veränderung des Eindringwiderstandes besser zu erkennen und korrekter zu interpretieren.

Abstract: Measurement of penetration resistance – referencing time series for long-term soil-monitoring.

Penetration resistance can be measured easily with the dynamic penetrometer "Panda-probe". The measurements allow a continuous registration over different soil depths. Two different arable land locations were chosen to test the feasibility of method. The results of the six year field test reveal prominent parallel structures down to 60 cm depth. The well known correlation between measurement deviation and soil water content could be proven.

For long-term soil-monitoring the lack of methodological artefacts is of vital importance. As shown in this work, referencing the measured penetration resistance values by values of an unaffected deep soil layer lead to almost bias free time series. This approach improves the detection of effective temporal trends and provides a sound interpretation of the measured penetration resistance values.

Keywords: long-term soil-monitoring, penetration resistance and soil water content, time series

1. Einleitung

Im Pilotprojekt LAZBO „Langzeitbeobachtung von physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften“ (Schwab et al., 2006a) wurden von der ART während sechs Jahren verschiedene Bodenparameter bestimmt, u.a. auch der Eindringwiderstand mit dem Penetrometer. In erster Linie ging es um die Erarbeitung von methodischen Grundlagen und um die Eignungsprüfung von ausgewählten Parametern und ihren Messverfahren mit dem Ziel, geeignete Parameter ins Beobachtungsprogramm der Nationalen Bodenbeobachtung NABO (Desaules & Studer, 1993) aufzunehmen.

In der Bodendauerbeobachtung ist die hinreichende Quantifizierung der Messqualität eine zwingende Voraussetzung für die korrekte Beurteilung und Interpretation von Messwerten (Desaules et al., 2004). Um allfällige effektive Veränderungen als solche zu erkennen, müssen methodische Artefakte weitestgehend eliminiert

werden können. So sind z.B. bei der Penetrometermessung Abweichungen durch unterschiedliche Wassergehalte bekannt und müssen korrigiert werden (Sun et al., 2004).

2. Material und Methode

Bei zwei Ackerstandorten (Kleinandelfingen, Reckenholz) wurden 2001-2006 jeweils im Frühjahr (zwischen Mitte März und Mitte Mai) bei abgetrocknetem Boden der Eindringwiderstand mittels Penetrometer „Panda-Sonde“ (4 cm²-Sondenspitze) mit 40 Messungen bis in 60 cm Tiefe gemessen und daraus für alle 5 cm mächtigen Schichten der mittlere Eindringwiderstand berechnet (Schwab et al., 2006b). Zusätzlich wurden in den Tiefenschichten 10-15 cm und 35-40 cm der Wassergehalt und weitere Begleitgrößen (Bodenkennwerte) bestimmt.

Da die Verlaufskurven der 6 Erhebungen über die 12 Tiefenschichten von 0-60 cm auffällige parallele Verschiebungen aufzeigten (Figur 1)

wurde eine Methode zur Korrektur von systematischen Messabweichungen entwickelt.

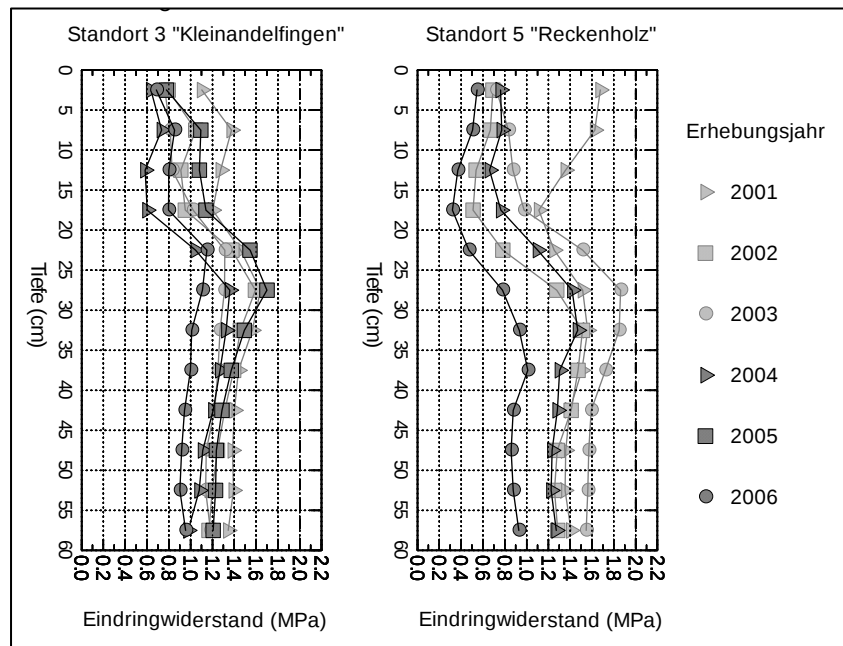
Die berechneten referenzierten Verlaufskurven in den 12 Tiefenschichten von 0 bis 60 cm an den beiden Standorten sind in Figur 2 dargestellt. In der Referenztiefe treffen sich alle Verlaufskurven durch den Zeitreihen-Mittelwert in dieser Messtiefe.

Referenzierungsmethode:

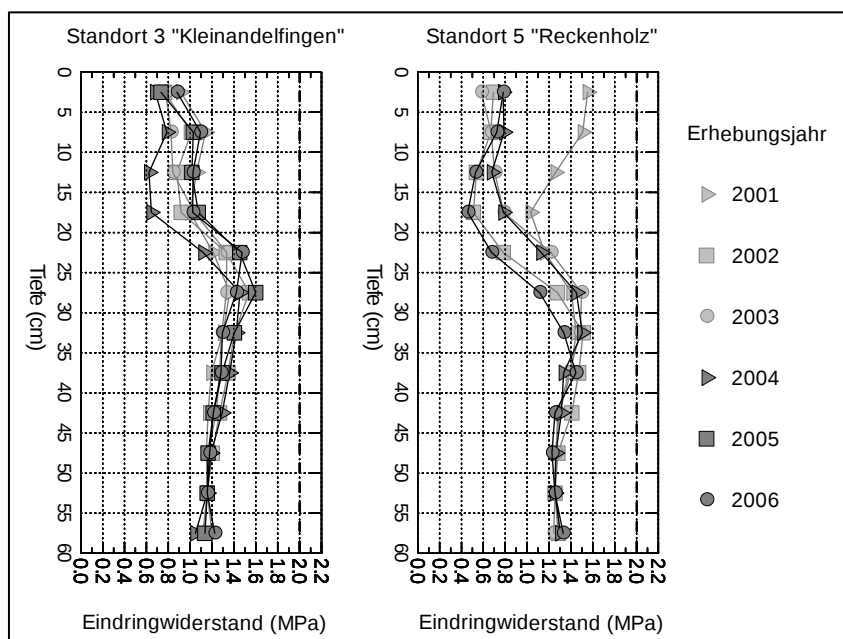
1. Bestimmung einer Referenztiefe. Es wird angenommen, dass sich in einer tief liegenden

den Bodenschicht (z.B. unterhalb 50 cm Tiefe) der Eindringwiderstand nicht durch die Nutzung, Belastung oder Regeneration verändert.

2. Die Relativwerte der einzelnen Tiefenschichten zum jeweiligen Messwert in der Referenztiefe (Referenzwert) werden berechnet.
3. Die Relativwerte jeder Tiefenstufe multipliziert mit dem Mittelwert aller Messungen (2001-2006) der Referenztiefe pro Standort, ergeben die referenzierten Werte (Figur 2).



Figur 1: Gemessene mittlere Eindringwiderstände (n=40) in 12 Tiefenstufen (0-60 cm) in den sechs Erhebungsjahren.



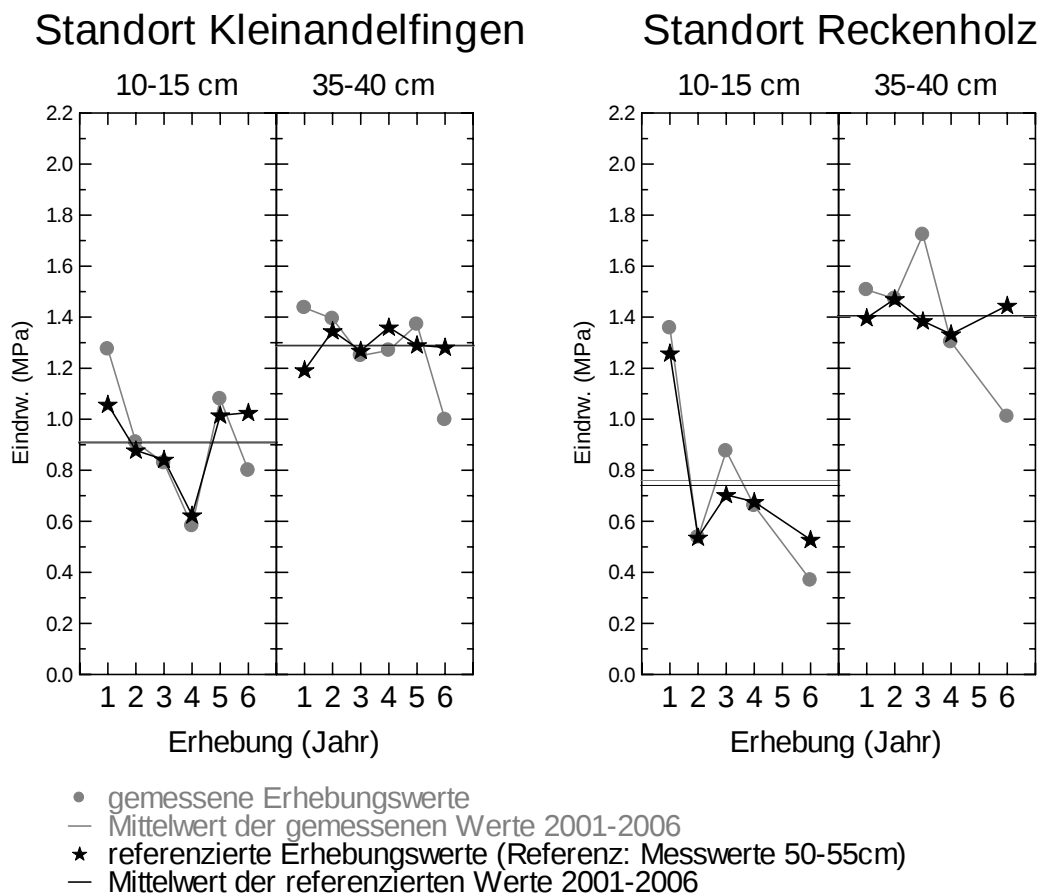
Figur 2: Berechnete mittlere Werte in den 12 Tiefenstufen, korrigiert mit Werten der Referenztiefe 50-55 cm.

3. Ergebnisse

Wird der gemessene und der referenzierte Datensatz horizontweise in einer Zeitreihe dargestellt (Figur 3), so wird ersichtlich, dass die im Unterboden (35-40 cm) gemessenen, grossen jährlichen Veränderungen (graue Kurve) nach der Referenzierung (schwarze Kurve) deutlich

kleiner sind. Sie streuen nur noch gering um das langjährige Mittel.

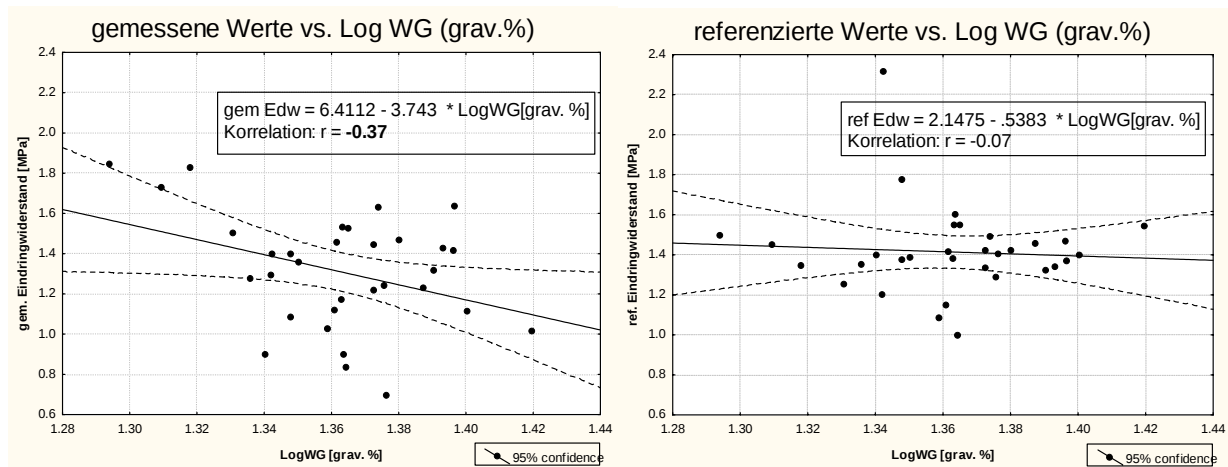
Im Oberboden (10-15 cm) werden durch die Datenreferenzierung die Veränderung nur geringfügig verkleinert. Erklären lässt sich dies, dass hier effektive Unterschiede des Gefüges als Folge der Bodenbearbeitung den Eindringwiderstand beeinflussen.



Figur 3: Vergleich der gemessenen mit den referenzierten Zeitreihen über 6 Jahre im Oberboden (10-15 cm) und im Unterboden (35-40 cm) bei den beiden Ackerstandorten.

Mit den gemessenen Wassergehalten in den Tiefenschichten 10-15 cm und 35-40 cm kann der Einfluss auf die Messabweichungen untersucht werden. Wie das Beispiel in Figur 4 zeigt, weist am Standort Reckenholz in 35-40 cm Tiefe der gemessene Eindringwiderstand einen signifikant linearen Zusammenhang mit dem logarithmierten gravimetrischen Wassergehalt auf (Kor-

relationskoeffizient: $r = -0.39$). Nach der Referenzierung besteht kein Zusammenhang mehr ($r = -0.07$). Diese Ergebnisse zeigen, dass durch die Methode der Referenzierung systematische Messabweichungen, verursacht durch unterschiedliche Bodenfeuchte, vermindert werden können.



Figur 4: Linearer Zusammenhang zwischen dem Eindringwiderstand und dem logarithmierten gravimetrischen Wassergehalt (Log WG) beim Standort Reckenholz in 35-40 cm Tiefe; links Zusammenhang der gemessenen, rechts der referenzierten Werte.

4. Folgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass die gemessenen zeitlichen Veränderungen des Eindringwiderstandes im Unterboden weitgehend durch das Artefakt Bodenfeuchte verursacht werden. Durch die Methode der Referenzierung mit Messwerten aus einer tiefen Bodenschicht entsteht ein homogener Datensatz, der geringere methodische Messabweichungen aufweist. Dadurch können in einer Zeitreihe effektive Veränderung des Eindringwiderstandes besser erkannt und korrekter interpretiert werden.

Literatur

- Desaules, A. & Studer, K., 1993. NABO - Nationales Bodenbeobachtungsnetz Messresultate 1985-1991. Schriftenreihe Umwelt Nr. 200. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 3003 Bern. 134 pp., Anhänge 175 pp.
- Desaules, A., Keller, A., Schwab, P. & Dahinden, R., 2004. Analysen von Zeitreihen und Ursachen gemessener Konzentrationsveränderungen von Schwermetallen und Phosphor in Böden auf Dauerbeobachtungsflächen. Agroscope FAL Reckenholz, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, 8046 Zürich. 107 pp.
- Schwab, P., Weisskopf, P., Oberholzer, H., Scheid, S. & Berli, M., 2006a. Langzeitbeobachtung von physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften - Pilotprojekt LAZBO - Teil 1 Einleitung und Grundlagen. Agroscope FAL Reckenholz, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich. 29 pp.
- Schwab, P., Weisskopf, P., Berli, M., Rehbein, K., Brunner, H., Scheid, S., Sommer, M. & Ropka, B., 2006b. Langzeitbeobachtung von physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften - Pilotprojekt LAZBO - Teil 2 Bodenphysikalische Untersuchungen. Agroscope FAL Reckenholz, Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich. 107 pp.
- Sun, Y., Schulze Lammers, P. & Ma, D., 2004. Evaluation of a combined penetrometer for simultaneous measurement of penetration resistance and soil water content. J. Plant Nutr. Soil Sci., 2004 (167): pp. 745-751.