

Weiterentwicklung der Spatenproben-Methoden BodenDok, VESS₂₀₂₀ und SpadeSubVESS in der Schweiz

Alice Johannes¹, Liv A. Kellermann², Peter Weisskopf¹

¹Agroscope Reckenholz, 8046 Zürich, Schweiz

²Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften BFH-HAFL, Länggasse 85, 3052 Zollikofen, Schweiz

Auskünfte: Alice Johannes, E-mail: alice.johannes@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs14-179g> Publikationsdatum: 5. Oktober 2023



Drei kürzlich überarbeitete Spatenproben-Methoden sollen zu einer verstärkten Anwendung dieser vielversprechenden Methode in der Schweiz führen. (Foto: Liv Kellermann, BFH-HAFL)

Zusammenfassung

Es wird zunehmend wichtiger, die Bodenstruktur zu schützen! Die Beobachtung der Böden durch Landwirte und Landwirtinnen ist dabei ein wichtiges Mittel, um die Bewirtschaftung anzupassen und Schäden zu verhindern. Hierfür sind «Spatenproben» interessant,

da sie einfach durchzuführen sind und nur wenig Vorwissen und Vorbereitung benötigen. Das Ziel dieses Artikels ist es, drei solche Spatenproben-Methoden vorzustellen (BodenDok, VESS₂₀₂₀ und SpadeSubVESS) die kürzlich überarbeitet und neu herausgegeben wurden. Die VESS-Methoden werden schon längere Zeit mit internationalem Erfolg eingesetzt. Ihre Vorzüge sind die schnelle und einfache Anwendung. Beide Methoden sind jeweils auf einer A4-Seite dokumentiert, mit deren Hilfe eine Note zwischen 1 und 5 für die Bodenstruktur vergeben wird. VESS₂₀₂₀ ist eine Weiterentwicklung von VESS und bezieht sich auf die Bewertung des Oberbodens. SpadeSubVESS ist eine Weiterentwicklung von SubVESS, die auf die Arbeit mit dem Spaten angepasst wurde und zur Beurteilung des Unterbodens dient. BodenDok entstand aus der Harmonisierung verschiedener Methoden mit dem Ziel, eine einheitliche Methode anzubieten, die insbesondere in der Ausbildung in der ganzen Schweiz verwendet werden kann. Bei der BodenDok werden, im Gegensatz zur VESS-Methode, verschiedene Parameter separat angesprochen und notiert, was die Methode präziser macht. Die Unterlagen werden ergänzt durch Interpretations- und Bewertungshilfen, in denen auch Massnahmen zur Verbesserung des Bodens vorgeschlagen werden. Die Modernisierung dieser Methoden, die von Videos und Apps für Mobilgeräte ergänzt wird, soll helfen, den Schutz des Bodens durch seine Beobachtung zu fördern.

Key words: soil structure, soil quality, spade test, VESS, SubVESS, SoilDoc.

Einleitung

Die Wichtigkeit der Beobachtung des Bodens

Die Qualität der Struktur von landwirtschaftlichen Böden ist weltweit zunehmend gefährdet (Lal 2015). Intensive Produktion, der Verlust von organischer Substanz und immer schwerere Maschinen erhöhen die Gefahr von Strukturschäden und der Verdichtung. Wenn die Bodenstruktur beeinträchtigt wird, werden aber auch die Bodenfunktionen stark in Mitleidenschaft gezogen (FAO 2015). Die Wasserspeicherfähigkeit, der Gasaustausch, der biologische Abbau und die Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen, ebenso wie der Raum für Bodenleben und Wurzeln werden eingeschränkt, was sich direkt auf die Bodenfruchtbarkeit auswirkt. Dasselbe gilt für die Filterung von Schadstoffen und die Infiltration und Aufnahme von Wasser, womit das Risiko von Hochwassern und Überschwemmungen steigt.

Schutz und Erhalt des Bodens erfordern die Beobachtung und Beurteilung seines Zustands. Landwirte und Landwirtinnen zählen zu den Personen, die von der Bodenqualität zuerst betroffen sind, da der Boden ihre Produktionsgrundlage darstellt. Eine profunde Kenntnis des strukturellen Zustands des Bodens ist für sie eine wichtige Entscheidungshilfe. Dieser strukturelle Zustand ist aber dynamisch und kann sich je nach landwirtschaftlichen Praktiken und manchmal gar im Laufe einer Jahreszeit ändern. Deshalb empfiehlt es sich, den Boden regelmässig zu beobachten und zu beurteilen, um eine fundierte Überwachung der Kulturen und angepasste Eingriffe in den Boden sicherzustellen.

Bodenprofil versus Spatenprobe

Es gibt zwei grosse Gruppen von Methoden zur Beobachtung der Bodenstruktur: (i) die Beobachtung des Bodenprofils und (ii) die Beobachtung eines Bodenziegels, der mit einem Spaten ausgehoben wurde, einer sogenannten Spatenprobe (Emmet-Booth *et al.*, 2019; Boizard *et al.*, 2019, Abb. 1). In der Praxis wird ein Bodenprofil meist mit einem Bagger vorbereitet, was einen grossen Eingriff bedeutet und Schaden an den Kulturen verursachen kann. Ein Profil liefert jedoch umfassende Informationen über den Boden. Dabei kann man zwischen einem pedologischen und einem Ackerkrumenprofil (Französisch: profil cultural) unterscheiden. Ein pedologisches Profil dient einer gründlichen Analyse der Bodeneigenschaften, mit der z. B. ein Bodentyp definiert und seine Entstehung in der Landschaft nachvollzogen werden kann. Einfache Analysen (Fühlprobe, Kalktest, Schätzung des Humusgehalts) werden vor Ort durchgeführt und für die verschiedenen Laboranalysen werden

Proben entnommen. Ein solches Profil wird meist zur Bodenkartierung verwendet. Im Vergleich dazu ist das Ackerkrumenprofil (Gautronneau & Manichon, 1987; Boizard *et al.*, 2017) in der Regel breiter, aber weniger tief, und es konzentriert sich auf die Beobachtung des landwirtschaftlich besonders beeinflussten Bodenbereichs in den obersten 60 Zentimetern. Diese Beobachtung unterstützt die Kulturführung und die Anpassung des Anbausystems. Sowohl mit einem pedologischen als auch mit einem Ackerkrumenprofil können bestimmte Bodenfunktionen wie die Wasserversorgung und das Ertragspotenzial genau beschrieben werden, was mit einer Spatenprobe nicht möglich ist.

Eine Spatenprobe ist, wie das Ackerkrumenprofil, ein interessantes agronomisches Diagnoseinstrument. Sie ermöglicht es, die Kenntnis über natürliche Bodenbedingungen in die Planung der Bodenbearbeitung und Bewirtschaftung einfließen zu lassen und die eigene Arbeit zu überprüfen. Mit dieser Information können Schäden verhindert, erkannt und behoben werden.

Eine Beobachtung mittels Spatenprobe stellt weniger Anforderungen an Ausbildung, Vorbereitung und spezielle Ausrüstung als die eines Bodenprofils. Zudem lässt sie sich schneller durchführen und hinterlässt fast keine sichtbaren Spuren. Die beurteilte Bodentiefe ist geringer und beschränkt sich in der Regel auf die Spatentiefe, auch wenn empfohlen wird, über die Pflugsohle hinauszugehen (z. B. mit einem Drainagespaten oder indem zwei Bodenziegel ausgehoben werden). Die Spatenprobe ermöglicht nicht nur eine Beobachtung des Bodenzustands, z. B. der aktuellen Feuchte, um zu entscheiden, ob der Boden in den nächsten Tagen bearbeitet werden kann. Ebenso lassen sich dadurch Strukturprobleme im Boden und die Auswirkungen der Bewirtschaftung auf diese Struktur erkennen. Diese Erkenntnisse helfen bei der Beantwortung der Frage, wie der Boden in Zukunft bearbeitet werden soll oder ob eine Änderung der Fruchtfolge notwendig wäre.

Bezüglich Möglichkeiten der Diagnose, Zeit- und Materialaufwand sowie Beobachtungstiefe gibt es eine Methode, die sich genau zwischen einem Bodenprofil und einer Spatenprobe befindet: das Mini-3D-Profil (Tomis *et al.*, 2019, Abb.1). Es wird mithilfe einer Palettengabel (am Traktor oder einem Hoflader) gestochen, wobei die beobachtbare Bodentiefe grösser ist als bei einer Spatenprobe.

Die Korrelation zwischen Beobachtungen und quantitativen Messergebnissen zur Bodenstruktur ist nachgewiesen (Emmet-Both *et al.*, 2016; Johannes *et al.*, 2017).

Wie alle Methoden der visuellen Bodenbeobachtung sind aber auch Spatenproben subjektiv behaftet und können je nach Bodenart oder Textur variieren. Es empfiehlt sich deshalb, sich auf Beurteilungsunterlagen zu stützen, die die Beobachtung eingrenzen und sie so objektiv wie möglich machen.

Da die Beobachtung eines Profils aufwendiger ist, wird generell nur ein Profil pro Parzelle oder Landschaftseinheit geöffnet, das dann als Referenz dient. Spatenproben werden in der Regel auf einer Parzelle wiederholt durchgeführt, um einen Gesamtüberblick zu erhalten. Für Ausbildungszwecke mag eine einzelne Spatenprobe genügen, aber für einen repräsentativen Eindruck oder um Mittelwerte zu berechnen, benötigt man mindestens fünf Beobachtungen pro Parzelle (Leopizzi *et al.*, 2018).

Sowohl im bodenkundlich-wissenschaftlichen als auch im agronomischen Bereich ist eine Beschreibung der Bodenstruktur wichtig. In beiden Bereichen wird oder wurde diese Beschreibung überarbeitet (wissenschaftlicher Bereich: Revision der Klassifikation der Böden der Schweiz (KLABS) und der Kartieranleitung (KA)). Die hier vorgestellten Spatenproben richten sich aber nicht vornehmlich an das bodenkundlich-wissenschaftliche Publikum, sondern gezielt an Personen aus der Praxis. Darum können sie schnell und mit alltäglichen Materialien durchgeführt werden, setzen wenig Fachvokabular voraus und beziehen sich auf Situationen aus der Bodenbewirtschaftung. Es werden die drei Spaten-

probe-Methoden BodenDok, VESS₂₀₂₀ und SpadeSubVESS vorgestellt. Ihre Ursprünge und jüngsten Weiterentwicklungen werden beschrieben und Ähnlichkeiten, Unterschiede, Vor- und Nachteile aufgezeigt.

Neuaufgabe der Spatenprobe BodenDok

Die Spatenprobe hat eine lange Tradition und wurde in mehreren Ländern weiterentwickelt – v.a. in Deutschland (Görbing 1947; Werner & Thämert, 1988; Diez 1991; Beste 2002). In der Schweiz ist wohl die Broschüre «Bodenbeurteilung im Feld» (Hasinger *et al.*, 1993) am bekanntesten. Sie wurde von einem grossen Konsortium aus Fachleuten verschiedener landwirtschaftsnaher Organisationen entwickelt. Im bodenkundlich-wissenschaftlichen Kontext werden sowohl für die Gefügeansprache an Bodenprofilen als auch bei Spatenproben die sogenannten «Gefügeordner» (Nievergelt *et al.*, 2002; Hasinger *et al.*, 2004) häufig verwendet. Von Agroscope wurde hierzu ein elektronisches Erfassungsformular entwickelt, um die Qualität von Bodengefügeformen semi-quantitativ und standardisiert beurteilen zu können. Dieses Formular ist allerdings für spezielle Fragestellungen der bodenkundlichen Gefügebeurteilung gedacht und geriet etwas in Vergessenheit. Trotz seines bodenkundlich-wissenschaftlichen Zielpublikums wurde der «Gefügeordner» z.T. auch in der Praxis, vor allem für Ausbildungszwecke, verwendet.

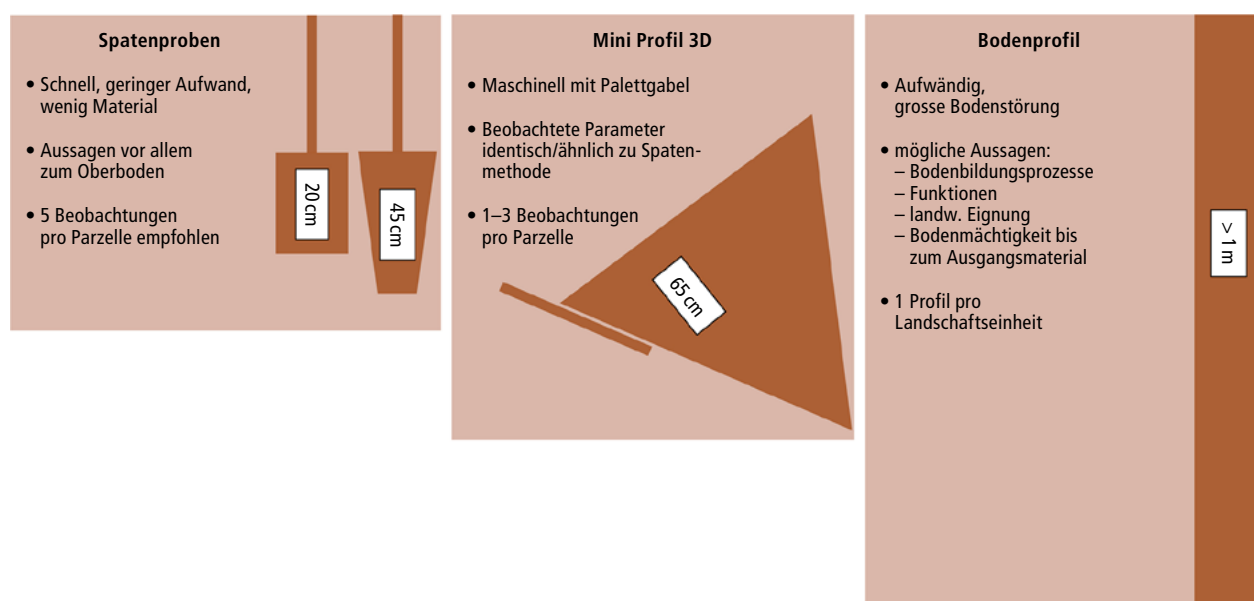


Abb. 1 | Die Bodenstruktur lässt sich mit verschiedenen Methoden beobachten, die sich in Aufwand und Beurteilungsmöglichkeiten unterscheiden. Die Spanne reicht von einfachen und schnellen Spatenproben bis hin zu grossen Bodenprofilen, an denen sich detaillierte Beobachtungen machen lassen.

Basierend auf der Broschüre «Bodenbeurteilung im Feld» und mit der Absicht, die Erfassung im Feld zu erleichtern, wurde 2019 vom Forschungsinstitut für Biologische Landwirtschaft FiBL eine App zur Spatenprobe herausgegeben (Schweizer Bauer 2019). Sie wurde in drei Landessprachen und in Englisch zur Verfügung gestellt und leitete die Benutzer und Benutzerinnen durch die Beobachtung des Standorts und des Bodenziegels. Die App enthielt ausserdem Vergleichsfotos und die Möglichkeit, eigene Fotos einzufügen.

Auch viele weitere Personen und Institutionen (v. a. landwirtschaftliche Schulen) haben methodische Varianten der Spatenprobe entwickelt und auf ihre Weise unterrichtet, so dass heute viele Grundlagen mit stark variierendem Detaillierungsgrad im Umlauf sind. Dies liess in der Praxis den verwirrenden Eindruck eines Methodenüberflusses entstehen. Gleichzeitig konnte beobachtet werden, dass die Spatenprobe nur noch von Einzelpersonen angewendet wurde und in der breiten Praxis eher in Vergessenheit geriet. Dafür gibt es wohl mehrere Gründe: (i) Einige Methoden erfordern zu viel pedologisches Wissen und spezifisches Vokabular und wurden daher als zu komplex bzw. verunsichernd empfunden, um von Laien routinemässig angewendet zu werden; (ii) die Durchführung einer Spatenprobe erfordert (auch aufgrund ihrer bodenkundlich-fokussierten Komplexität) viel Zeit und eine nicht unbeträchtliche körperliche Anstrengung; (iii) das Ergebnis traditioneller Spatenprobe-Methoden ist meist eine ausschliesslich bodenkundlich orientierte Gefügestands-Beschreibung, die keine konkreten und gezielten Hinweise für die Verbesserung der praktischen landwirtschaftlichen Bewirtschaftung liefert. Die Diskrepanz von wissenschaftlicher und praktischer Wahrnehmung wurde gerade in Bezug auf die Spatenprobe auch schon von Fry (2001) beschrieben.

Im Bewusstsein der Problematiken der aktuell verfügbaren Spatenprobe-Methoden und vor dem Hintergrund der grossen Menge an verschiedenen Methoden haben sich Agridea, Agroscope, das FiBL und die Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften BFH-HAFL im Jahr 2021 zusammengeschlossen und ein Projekt zur schweizweiten Harmonisierung der Spatenprobe lanciert.

Für die Harmonisierung im Projekt BodenDok wurden alle oben beschriebenen Methoden einbezogen, sowie folgende weitere konsultiert:

- VESS (Ball *et al.*, 2007; Guimaraes 2011) und VESS₂₀₂₀ (Johannes *et al.*, 2020)
- «Einfache Feldgefügeansprache für den Praktiker» (Senger *et al.*, 2013)

- «Eine Spatenprobe durchführen» aus dem landwirtschaftlichen Lehrmittel der Imz (Imz, 2020)
- «Bodenstruktur erkennen und beurteilen» (Diez & Weigelt, ohne Datum)
- Visual Soil Assessment Volume 1–4 (Shepherd 2000; Shephert *et al.*, 2000 a–c)
- «Bodenbeurteilung mit der Spatendiagnose (nach Görbing)» (Schmid 1982)
- Mini-profil 3 D (Agrotransfer 2017)
- Qualitative Bodenanalyse, Anleitung für Praktiker (Beste 2018)

In Anlehnung an die bestehende App «BodenDok» des FiBL wird die harmonisierte Methode ebenfalls diesen Namen tragen und in Form von Dokumenten oder als App verfügbar sein. Die Neuauflage hat zum Ziel, die Anwendung dieser vielversprechenden Feldmethode wieder attraktiver zu machen, indem z. B. das Vorgehen bei grösstmöglicher Aussagekraft und Präzision vereinfacht und vereinfacht wird. Ein weiteres Ziel der BodenDok ist es, Landwirten und Landwirtinnen eine Methode zur Verfügung zu stellen, die keine grossen Kosten (z. B. Labor, Maschinen, Beratung) verursacht und keine vertiefte bodenkundliche Ausbildung voraussetzt.

Ausserdem sollen die agronomische Bewertung verstärkt und mögliche Handlungsansätze und Bewirtschaftungsentscheide zur Verbesserung des Bodenzustands aufgezeigt werden. Beispielsweise sollen Probleme wie Verdichtung und Pflugsohle, schlechte Oberflächenstruktur, Humusverlust usw. klar erkannt und Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden können. Entstanden ist ein Datenblatt, mit dem der Zustand verschiedener Bodeneigenschaften einzeln durch rasches Ankreuzen erfasst werden kann. Neben einer Beschreibung des Standortes, des Bewuchses, der Bewirtschaftung und beobachteter Problemzonen wird ein Augenmerk auf die Bodenoberfläche gelegt. Viele Schäden und Probleme in Bezug auf den Boden haben mit einer zu fein bearbeiteten, instabilen oder undurchlässigen Oberfläche zu tun. Diese Probleme sollen erkannt werden, bevor in der Bodentiefe gesucht und eventuell nichts gefunden wird. Es folgen Beobachtungen während des Grabens, da z. B. bereits der Schwierigkeitsgrad beim Graben Informationen zum Bodenzustand geben kann. Dann wird auf einzelne Beobachtungen am extrahierten Bodenziegel separat eingegangen, um gerade während des Erlernens der Methode eine Anleitung der Beobachtung zu geben. Dabei sollen die Anwender und Anwenderinnen nur für sie interessante oder zum jeweiligen Zeitpunkt sichtbare Parameter beobachten

und Überflüssiges frei lassen. Nach einigen Durchführungen wissen die Anwender, auf welche Parameter sie ein Augenmerk richten müssen, und benötigen u. U. das Datenblatt nicht mehr oder lediglich zur Speicherung der Beobachtung, um sie zu einem späteren Zeitpunkt als Vergleich heranzuziehen. Beobachtet werden Grösse, Form, Porosität und Festigkeit der Bodenaggregate, Durchwurzelung und Feuchte des Bodens für jeden Horizont einzeln. Ausserdem kann auf dem Datenblatt auch die VESS-Note notiert und somit eine Kombinierbarkeit der Vorteile beider Methoden sichergestellt werden. Das Datenblatt wird durch eine Anleitung zur Probenahme (sowohl durch eine Spatenprobe von Hand als auch mechanisiert in Form eines Mini-3D-Profiles) sowie durch Erläuterungen und Beispielbilder zur sicheren und standardisierten Beurteilung von Bodeneigenschaften ergänzt (Abb. 2). Diese Zusatzdokumente haben zum Ziel, eine möglichst gute und objektive Beschreibung der Bodenstruktur zu unterstützen, ohne dass das eigentliche Datenblatt durch viele Erklärungen und Varianten zu komplex wird. Auch Spezialfälle, wie sehr sandige oder sehr tonige Böden, werden in den Zusatzdokumenten berücksichtigt, da sich ihre Struktureigenschaften sehr von «klassischen Lehmböden» unterscheiden können.

Die einfache Aneignung der Methode und ihre Ausführung im Feld wird durch folgende weitere Hilfsmittel ergänzt:

- Anleitungsvideos zu den Schritten Probenahme, Beschreibung und Bewertung;
- eine App zur elektronischen Erfassung der Feldbeobachtungen und zum direkten Vergleich mit den Beispielbildern (Folgeversion der App «BodenDok» des FiBL von 2019);
- ein Dokument zur Bewertung der Beobachtungen sowie zum Erkennen von Problemen und zum Ableiten von konkreten Massnahmen für Bewirtschaftungsverbesserungen;
- Kurse und Wiederverankerung in den landwirtschaftlichen Schulen und in bodenrelevanten Kursen und Weiterbildungen.

Die Methode BodenDok wurde am 2. Juni 2023 mit einem bestmöglichen Konsens zwischen möglichst vielen Institutionen aus dem landwirtschaftlich-bodenkundlichen Kontext veröffentlicht. Sie steht gratis unter www.spatenprobe.ch zur Verfügung.



Abb. 2 | Die neue Spatenprobe BodenDok setzt sich zusammen aus einem Aufnahmeblatt, Anleitungen zur Entnahme mit dem Spaten oder der Palettengabel einer Landmaschine, Beispielbildern mit Erläuterungen und Bewertungshilfen mit Massnahmenvorschlägen. Die Dokumente werden zum kostenlosen Download angeboten oder in Form der erneuerten App zur Verfügung stehen. Foto: Liv Kellermann, BFH-HAFL.

VESS

Geschichte und Beschreibung von VESS und SubVESS

VESS – kurz für «visual evaluation of soil structure» – wurde in Schottland 2011 von Guimaraes *et al.* entwickelt. Sie ist eine Weiterentwicklung der Methode VSSQA (*Visual Soil Structure Quality Assessment*), die 2007 von Ball *et al.* veröffentlicht wurde und sich wiederum auf der Methode von Peerkamp (1959) abstützt. Grundsatz all dieser Methoden ist es, mit einem Spaten einen Bodenziegel bis auf ca. 25 cm Tiefe aus dem Oberboden zu entnehmen und mithilfe eines Bewertungsformulars zu beurteilen. Alle Beurteilungskriterien finden auf einer A4-Seite Platz. Sie werden von Fotos begleitet, die bei der Erkennung und Beschreibung der Strukturmerkmale des Bodens helfen. Die Tabelle beschreibt Benotungen von Sq1 bis Sq5, wobei Sq1 einer sehr guten Struktur entspricht, Sq3 die Grenze zwischen einer guten und schlechten Struktur bezeichnet und Sq5 für eine sehr schlechte Struktur steht. Die Verwendung von Bildern zu Vergleichszwecken ist für die VESS-Methode von entscheidender Bedeutung, dies vor allem, weil sie dadurch für alle zugänglich ist, auch für Personen ohne besondere bodenkundliche Kenntnisse.

Weil VESS einfach und schnell durchgeführt werden kann, ist sie international sehr beliebt (Franco *et al.*, 2019) und wird unter anderem in Dänemark, Belgien, Schottland, Brasilien, den USA, Venezuela oder auch der Schweiz angewendet. Hierzulande wurde sie im Rahmen des STRUDEL¹-Projektes eingeführt und im Schweizer Mittelland grossflächig zu Forschungszwecken eingesetzt. Im Kanton Jura wird sie zudem von rund 100 Landwirten und Landwirtinnen verwendet, die am Projekt Terres Vivantes² beteiligt sind, und im Kanton Waadt von mehreren Dutzend beteiligten Landwirten im Projekt Progrès-Sol³. Der Grund, weshalb VESS für solche Grossprojekte ausgewählt wurde, hängt mit der schnellen Diagnose zusammen, die keine umfassenden bodenkundlichen Kenntnisse erfordert. Die Methode, die ursprünglich für den agronomischen Bereich entwickelt wurde, wird in der Schweiz auch von der bodenkundlichen Baubegleitung genutzt, um Bodenverdichtungen im Feld zu diagnostizieren.

Zur Beurteilung der Qualität der Unterbodenstruktur wurde die SubVESS-Methode (Ball 2015) mit einem Benotungssystem entwickelt, das demjenigen von VESS für

Oberböden ähnelt. Statt in Tabellenform wird SubVESS als Flussdiagramm dargestellt, ähnlich einem Bestimmungsschlüssel, aber auch auf einer A4-Seite. Ursprünglich sollte SubVESS eingesetzt werden, um den Unterboden bei der Beobachtung eines mechanisch gegrabenen Profils und nicht bei der Entnahme eines Bodenriegels mit dem Spaten zu beurteilen. Nachfolgend wird eine Weiterentwicklung der SubVESS-Methode für Spatenproben, die sogenannte SpadeSubVESS, vorgestellt.

VESS₂₀₂₀: neue Version von VESS

Für die Einführung von VESS in der Schweiz wurde die Tabelle ins Deutsche und Französische übersetzt und ist unter www.strudel.agroscope.ch und www.spatenprobe.ch auffindbar.

Die vorgeschlagenen Anpassungen im Rahmen der Überarbeitung sollten die Beurteilung erleichtern, ändern aber nichts an der Gesamtnote, die mit der bisherigen Version der Tabelle erzielt wurde (Guimaraes *et al.*, 2011).

In der Schweiz wird die Form von Bodenaggregaten seit Jahren beobachtet. Die verfügbaren Dokumente, z. B. Gefügeordner der FAL (Nievergelt *et al.*, 2002; Häsinger *et al.*, 2004) liefern eher eine beschreibende Beobachtung als eine Diagnose der Bodenqualität. Diese Tradition hat die Überarbeitung beeinflusst und dazu geführt, dass in der neuen Version, der VESS₂₀₂₀ (Abb. 3), mehr Gewicht auf Bilder von Aggregaten gelegt wurde als in der Version von 2011.

Die Beschreibung der Beobachtungskriterien wurde ebenfalls neu geordnet. Einige Redundanzen wurden in einer einzigen Spalte zusammengefasst (z. B. Porosität oder Form der Aggregate). Die Beobachtungskriterien wurden in einer logischen Reihenfolge angeordnet: (i) Beobachtung der ganzen Schicht (Grösse und Form der Klumpen/Aggregate) und dann (ii) des inneren Aufbaus der Klumpen/Aggregate (Aussehen der Bruchflächen) nach dem Aufbrechen.

Die neue Version enthält einige Hinweise zu den Beobachtungsbedingungen, insbesondere zur Festigkeit der Aggregate. Dies ist ein sehr instinktives Kriterium, das stark von der Feuchtigkeit des Bodens abhängt. Wenn der Boden zu trocken ist, fällt die Beurteilung tendenziell zu streng aus, wenn er zu feucht ist, tendenziell zu milde. Unerfahrene Anwender und Anwenderinnen sind oft von der Einfachheit dieses Kriteriums begeistert und verzichten dann darauf, andere «robustere» Kriterien zu beachten. Zum Beispiel haben verdichtete Böden, die eigentlich schwer aufzubrechen sein sollten, oft grosse Klumpen mit Rissen, entlang derer sie einfach brechen. Kurz gesagt sind die «robustesten» Kriterien die Form

¹ STRUDEL: Soil sTRuctural Degradation Evaluation for Environmental Legislation (2013–2020), www.strudel.agroscope.ch

² Ressourcenprojekt BLW (LwG Art. 77a & b) 2019–2024. Terres vivantes – Fondation Rurale Interjurassienne Courtemelon Loveresse (frij.ch)

³ www.progres-sol.ch

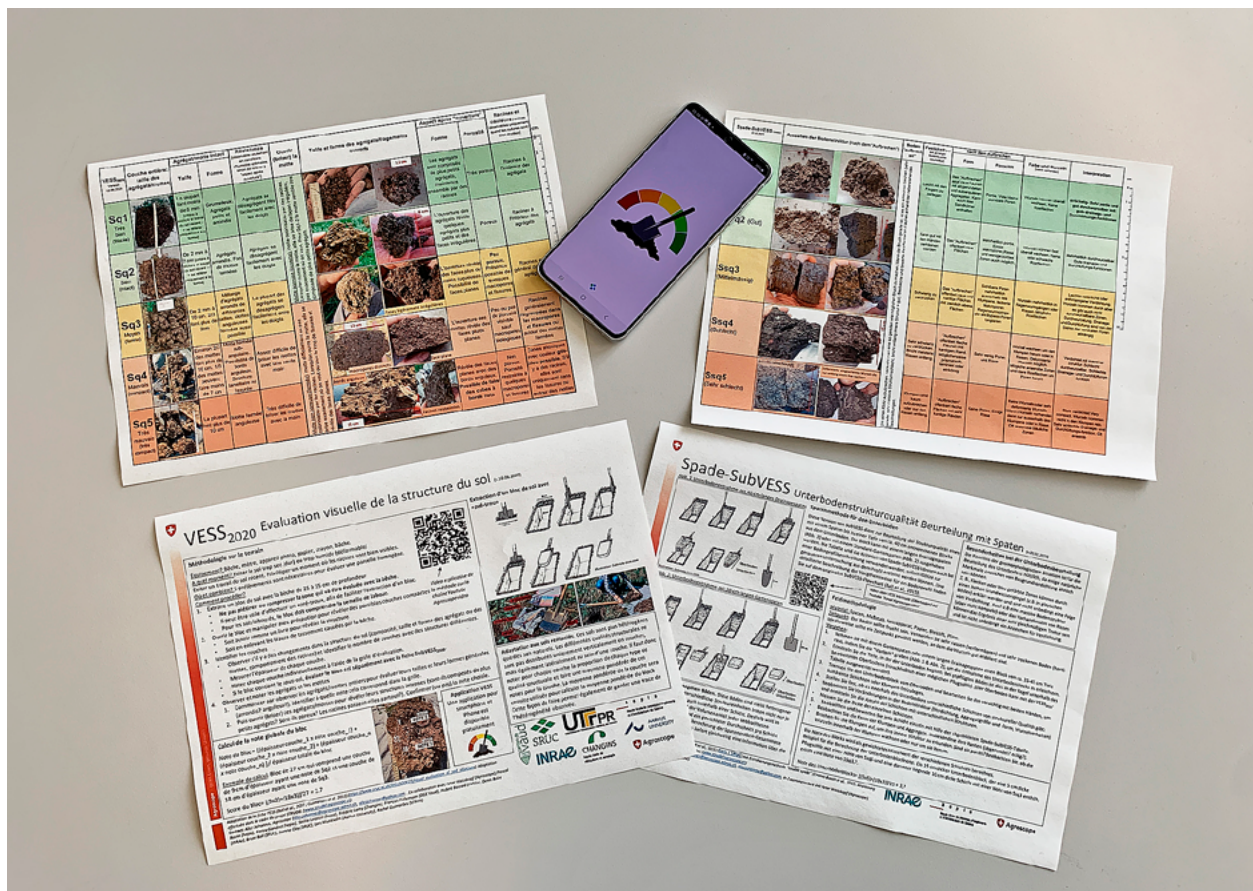


Abb. 3 | Die neuen Beurteilungsblätter für VESS₂₀₂₀ und SpadeSubVESS werden auf einer A4-Seite dargestellt, mit einer Anleitung zur Entnahme der Probe auf der Vorderseite und Bildern und Erklärungen zur Beschreibung des Bodenziegels auf der Rückseite. Für die Nutzung mit Mobilgeräten steht die App VESS zur Verfügung. Foto: Alice Johannes, Agroscope.

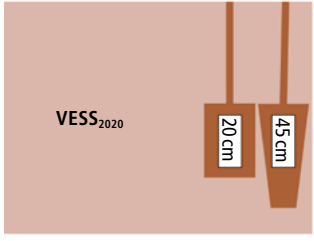
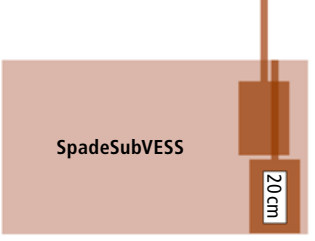
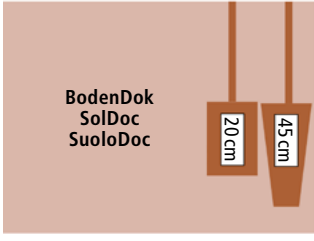
der Aggregate/Klumpen, die sichtbare Porosität und, sofern der Boden nicht vor Kurzem bearbeitet worden ist, die Grösse der Aggregate und Klumpen. Was die Beurteilung von kleinen Aggregaten anbelangt, weist die Methode auf Vorsichtsmassnahmen hin. Dieses Kriterium sollte kurz nach der Bodenbearbeitung nicht beurteilt werden, da die Aggregate in diesem Fall mechanisch aufgebrochen wurden und ihre Grösse nicht mehr ihrem natürlichen Zustand entspricht. Es ist aber dennoch möglich, einen kürzlich bearbeiteten Boden zu beurteilen, indem man das Kriterium der Grösse ausser Acht lässt und sich auf das Aussehen der Aggregate und die Art und Weise, wie sie aufbrechen, konzentriert. Im Vergleich zur Version von 2011 gibt es zudem eine zusätzliche Spalte, in der das Aufbrechen der Klumpen bzw. Aggregate und die Beobachtung der dadurch sichtbar gewordenen Bruchflächen beschrieben wird. Wie ein Klumpen oder ein Aggregat aufbricht, lässt erkennen, ob es sich um eine offene (Sq1–3) oder eine geschlossene Struktur (Sq4–5) handelt. Der Begriff «offene Struktur» weist auf ein Aggregat hin, das eine gute innere Porosi-

tät besitzt, während «geschlossene Struktur» anzeigt, dass das Aggregat nicht porös ist. Diese Begriffe sind in Frankreich dank der Methode des Ackerkrumenprofils (Gautronneau & Manichon, 1987), die diese Strukturen als (offene) Gamma-, (rissige) Phi- oder (geschlossene) Delta-Klumpen bezeichnet, weit verbreitet. Visuelle Methoden eignen sich gut für Videoprotokolle. Deshalb umfasst das VESS₂₀₂₀-Arbeitsblatt neben den Erläuterungen zur Durchführung der visuellen Beurteilung im Feld auch einen QR-Code mit einem Link zu einem Anleitungsvideo (Abb. 4), dank dem VESS autodidaktisch genutzt werden kann.



Abb. 4 | QR-Code-Links zu den Anleitungsvideos der VESS-Methode auf Englisch, Französisch und Deutsch.

Tab. 1 | Vergleich der Voraussetzungen, Ausgestaltung, Vor- und Nachteile der drei neu überarbeiteten Spatenprobe-Methoden «BodenDok», «VESS₂₀₂₀» und «SpadeSubVESS».

			
Erforderliches Material	Spaten, Meter, VESS-Tabelle, Blatt für Notizen oder Smartphone	Spaten, Meter, Anweisungen, Aufnahmeblatt oder Smartphone	
Tiefe der Beobachtung	0–30 cm	25–45 cm	0–45 cm
Zeitaufwand für die Probenahme	5 Min.	10 Min.	10 Min.
Zeitaufwand für die Beobachtung	5 Min.		10–20 Min.
Mögliche Diagnosen	Zustandsdiagnose		Zustandsdiagnose, Ursache und Lösung
Beobachtete Kriterien	Die beobachteten Kriterien führen zu einer Gesamtnote: <ul style="list-style-type: none"> • Grösse der Aggregate • Form der Aggregate • Festigkeit • Sichtbare Porosität 	Die beobachteten Kriterien führen zu einer Gesamtnote: <ul style="list-style-type: none"> • Form der Aggregate • Festigkeit • Sichtbare Porosität 	Parameter werden einzeln erfasst und schriftlich festgehalten: <ul style="list-style-type: none"> • Standort, Voraussetzungen und Bewirtschaftungsinformationen • Bedeckung und Beschaffenheit der Bodenoberfläche • Grösse, Form, Porosität und Festigkeit der Boden-Aggregate • Durchwurzelung des Bodens • Bodenfeuchte • Pflugsohle, Ernterückstände • Farbe und Geruch des Bodens • Regenwürmer • VESS-Note
Erforderliche Kenntnisse	Keine Autodidaktische Methode, mit 5-minütigem Anleitungsvideo		Autodidaktisches Vorgehen möglich, Konsultation eines Kurses oder Anleitungsvideos ist jedoch empfohlen.
Vorteil	<ul style="list-style-type: none"> • Einfache Beurteilung. Der beobachtete Boden kann einfach mit den Bildern verglichen werden, die auf einem einzigen A4-Blatt aufgeführt sind. • Alle Beobachtungen werden zu einer Gesamtnote zusammengefasst. • Die Entwicklung einer Gesamtnote ist einfacher zu interpretieren und ermöglicht es, Durchschnittswerte zu berechnen. • Den Unterschieden in der Bodenstruktur von Ober- und Unterboden wird Rechnung getragen. 		<ul style="list-style-type: none"> • Verschiedene Kriterien werden systematisch erhoben. • Die Entwicklung jedes Kriteriums kann separat analysiert und über Jahre verfolgt werden. • Die wahrscheinlichen Ursachen der strukturellen Degradation werden erforscht und Lösungen vorgeschlagen. • Beispiele für sehr sandige und tonige Böden werden gegeben. • Kompatibel mit der VESS-Methode. Aus den Aufzeichnungen zur Struktur der Aggregate lässt sich eine VESS-Note ableiten.
Nachteil	<ul style="list-style-type: none"> • Verlust von Informationen, die zur Note geführt haben. 		<ul style="list-style-type: none"> • Die Anzahl der zu beurteilenden Kriterien bedeutet, dass man sich für jedes Kriterium Zeit nehmen und einlesen muss.

SpadeSubVESS: neue Version von SubVESS

Es gibt zwei hauptsächliche Anpassungen zwischen SubVESS und SpadeSubVESS. Die erste ist, dass SpadeSubVESS nun an das Entnehmen eines Bodenziegels mit einem Spaten angepasst ist und nicht länger an die Beschreibung eines Bodenprofils. Die SpadeSubVESS-Tabelle ist also in Anlehnung an Emmet-Booth *et al.* (2019) so konzipiert, dass der Unterboden mit dem sogenannten

«Doppelspaten» entnommen wird. Dabei wird der Spatenstich zweimal in Folge durchgeführt, sodass eine Tiefe von ungefähr 40 cm erreicht wird. Mit SpadeSubVESS wird nur der untere der beiden Bodenziegel (Unterboden, Horizont B) evaluiert. Für den Oberboden wird VESS₂₀₂₀ verwendet. In der zweiten Anpassung wurde das Vorgehen nach einem Flussdiagramm/Bestimmungsschlüssel ersetzt. Die Bodenstruktur wird nun ebenfalls

mithilfe einer Tabelle (wie für VESS und VESS₂₀₂₀) beurteilt (Abb. 3). Die Beurteilung mit einem Flussdiagramm brachte einige Probleme mit sich. Heikel war etwa die Tatsache, dass als erstes Kriterium die Farbe des Bodens beobachtet wird. So weisen insbesondere Rostflecken oder blau-graue Farben im Boden auf anoxische Bedingungen und somit auf eine Verdichtung hin. Dies trifft in der Regel auch zu, aber dieses Farbkriterium eignet sich leider nicht gut für hydromorphe Böden, die diese Färbungen von Natur aus aufweisen. Deshalb wurde das Flussdiagramm aufgegeben und eine Version der Sub-VESS entwickelt, die ihrem Gegenstück für Oberböden ähnelt: konkret eine Tabelle mit dem Farbkriterium in der letzten Spalte. Im Vergleich zum ursprünglichen Datenblatt aus dem Jahr 2015 gibt es auch mehr Bilder.

Vergleich zwischen den VESS-Methoden und BodenDok

Tabelle 1 zeigt Eigenschaften jeder der oben vorgestellten, erneuerten Spatenprobe-Methoden und listet ihre Vor- und Nachteile auf. Die Vorteile der neuen VESS-Methoden liegen in der Schnelligkeit, mit der sie durchgeführt werden können, und der einfachen Dokumentation. Die Zusammenfassung der erhobenen Beobachtungen in einer einzigen Note ermöglicht es, den Zustand des Bodens allgemein festzuhalten. Dieser Vorteil hängt aber auch direkt mit dem Nachteil zusammen, dass die Information darüber, welche Kriterien zu einer Benotung geführt haben, verloren geht. In diesem Punkt finden sich die Vorteile der Methode BodenDok. Sie erlaubt es, die Beobachtungen zu den einzelnen Kriterien festzuhalten und z. B. ihre Entwicklung über die Zeit zu verfolgen. BodenDok hat ausserdem den Anspruch, eine umfassendere Beobachtung des Bodens zu ermöglichen. Sie bietet nicht nur die Möglichkeit einer Zustandserhebung wie mit der VESS, sondern auch eine Diagnose von möglichen Ursachen und Lösungen. Beide Methoden profitieren von der Beobachtung in der grösstmöglichen Tiefe, d. h. mit einem Drainagespaten oder gar einer Palettengabel, um beispielsweise Pflugsohlen und Unterbodenverdichtungen feststellen zu können. Es ist aber weiterhin möglich, jede Art von Spatenprobe mit einem normalen Gartenspaten durchzuführen.

Schlussfolgerungen

Methoden der Bodenbeurteilung sind wichtig für den Schutz und die Bewirtschaftung des Bodens. Bereits bestehende Methoden wurden an die aktuellen Anforderungen angepasst, um ihre Anwendung zu erleichtern, und in die Landessprachen übersetzt, um sie attraktiver zu machen. Diese neuen Versionen sind (und werden) mit zusätzlichen Tools ausgestattet, damit ihre Anwendung autodidaktisch erlernt werden kann (z. B. Videos und Apps). Angesichts der Herausforderungen, die die Landwirtschaft in der Schweiz bewältigen muss, um die Qualität der Böden auch in Zukunft zu gewährleisten, müssen Bodenbeobachtung und Bodenwissen in der Ausbildung zukünftiger Landwirte und Landwirtinnen an prominenter Stelle stehen. VESS und BodenDok bieten eine hervorragende Möglichkeit, Landwirte und Landwirtinnen mit ihren Böden vertraut zu machen. Je nach Fragestellung, Detaillierungsgrad und Ziel der Bodenbeobachtung bietet sich die Arbeit mit der einen oder der anderen Methode an. Die Spatenprobe BodenDok folgt dabei etwas näher der schweizerischen Tradition, ermöglicht eine detailliertere Erfassung der Beobachtung und leitet Laien stärker entlang von Beobachtungsschritten. Die VESS-Spatenproben bestechen durch ihre Schnelligkeit und Intuitivität, die Noten erlauben eine rechnerische Auswertung und somit Hierarchisierung der Beobachtung, die wegen der internationalen Anwendung der Methode möglicherweise mit anderen Studien verglichen werden können. Beide Methoden lassen sich aber auch gut kombinieren, um je nach Bedürfnissen und Möglichkeiten von allen Vorteilen zu profitieren. ■

Dank

Stéphane Burgos, Markus Spuhler, Else Bünemann-König, Nathalie Dakhel-Robert

Literatur

- Agrottransfer (2017). Guide méthodique du mini-profil 3D, projet Sol-D'Phy, Agro-Transfert-RT.
- Ball, B. C., Batey, T., & Munkholm, L. J. (2007). Field assessment of soil structural quality - a development of the Peerkamp test. *Soil Use and Management*, **23**(4), 329–337.
- Ball, B. C., Batey, T., Munkholm, L. J., Guimarães, R. M. L., Boizard, H., McKenzie, D. C., Peigné, J., Tormena, C. A., Hargreaves, P. (2015). The numeric visual evaluation of subsoil structure (SubVESS) under agricultural production. *Soil & Tillage Research*, **148**, 85–96.
- Beste, A. (2002). Weiterentwicklung und Erprobung der Spatendiagnose als Feldmethode zur Bestimmung ökologisch wichtiger Gefügeeigenschaften landwirtschaftlich genutzter Böden. Dissertation, Justus Liebig Universität Gießen.
- Beste, A. (2018). Qualitative Bodenanalyse, Anleitung für Praktiker. Büro für Bodenschutz und Ökologische Agrarkultur, Mainz.
- Boizard, H., Peigné, J., Sasal, M. C., de Fátima Guimarães, M., Piron, D., Tomis, V., Vian, J.-F., Cadoux, S., Ralisch, R., Tavares Filho, J., Heddadj, D., De Battista, J., Duparque, A., Franchini, J. C., Roger-Estrade, J. (2017). Developments in the «profil cultural» method for an improved assessment of soil structure under no-till. *Soil & Tillage Research*, **173**, 92–103.
- Boizard, H., Peigné, J., Vian, J.-F., Duparque, A., Tomis, V., Johannes, A., Métais, P., Sasal, M. C., Boivin, P., Roger-Estrade, J. (2019). Les méthodes visuelles d'évaluation de la structure du sol au service d'une démarche clinique en agronomie. *La Revue de l'Association Française d'Agronomie*, **8**(2), 55–67.
- Diez, T. (1991). Beurteilung des Bodengefüges im Feld. Möglichkeiten, Grenzen und ackerbauliche Folgerungen. In BMELF (ed.), *Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit 2*, (pp. 96–103). Hamburg und Berlin.
- Diez, T., & Weigelt, H. (n. d.). Bodenstruktur erkennen und beurteilen. Anleitung zur Bodenuntersuchung mit dem Spaten. *Die landwirtschaftliche Zeitschrift für Produktion – Technik – Management*.
- Emmet-Both, J. P., Forristal, P. D., Fenton, O., Ball, B. C., Holden, N. M. (2016). A review of visual soil evaluation techniques for soil structure. *Soil Use and Management*, **32**(4), 623–634.
- FAO (2015, November 25). Soil functions. Poster for the international Year of Soils. <https://www.fao.org/3/AX374E/ax374e.pdf>
- Franco, H. H. S., Guimarães, R. M. L., Tormena, C. A., Cherubini M. R., Favilla, H. S. (2019). Global applications of the Visual Evaluation of Soil Structure method: A systematic review and metaanalysis. *Soil & Tillage Research*, **190**, 61–69.
- Fry, P. (2001). Bodenfruchtbarkeit, Bauernsicht und Forscherblick. Dissertation. *Margraf Verlag*. ISBN 3-8236-1346-4.
- Gautronneau, Y., Manichon, H. (1987). Guide méthodique du profil cultural. CEREF-ISARA/GEARA-INAPG. <http://profilcultural.isara.fr/>.
- Görbing, J. (1947). Die Grundlagen der Gare im praktischen Ackerbau. Band II. *Landbuch-Verlag G.M.B.H., Hannover*.
- Guimaraes, R. M. L., Ball, B. C., Tormena C. A. 2011. Improvements in the visual evaluation of soil structure. *Soil Use and Management*, **27**(3), 395–403.
- Hasinger, G., Keller, T., Marendaz, E., Neyroud, J.-A., Vökt, U., Weisskopf, P. (1993). Bodenbeurteilung im Feld. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.); 1–16.
- Hasinger, G., Nievergelt, J., Petrasek, M. & Weisskopf, P. (2004). Observer et évaluer la structure du sol. Les cahiers de la FAL 50, 1–84.
- Johannes, A., Weisskopf, P., Schulin, R., Boivin, P. (2017). To what extent do physical measurements match with visual evaluation of soil structure? *Soil & Tillage Research*, **173**, 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.06.001>.
- Johannes, A., Weisskopf, P., Boivin, P., Gondret, K., Leopizzi, P., Lamy, F., Füllemann, F., Boizard, H., Baize, D., Ball, B., Cloy, J., Munkholm, L., Guimarães, R. (2020). VESS₂₀₂₀ Visuelle Beurteilung der Bodenstruktur im Feld. *Agroscope, Reckenholz* (Hrsg.).
- Johannes, A., Gondret, K., Boivin, P. (2019). Apprentissage et pratique du test bêche VESS par application mobile, Agronomie. *Environnement & Sociétés*, **9**(2), 77–79.
- Lal, R. (2015). Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. *Sustainability* **7**(5): 5875–5895. <https://doi.org/10.3390/su7055875>.
- Leopizzi, S., Gondret, K., Boivin, P. (2018). Spatial variability and sampling requirements of the visual evaluation of soil structure in cropped fields. *Geoderma*, **314**, 58–62.
- Nievergelt, J., Petrasek, M., Weisskopf, P. (2002). Bodengefüge – Ansprechen und Beurteilen mit visuellen Mitteln. *Schriftenreihe der FAL* **41**, 1–93.
- Lmz (2020) A1.2 Bodenbearbeitungsmassnahmen bestimmen und planen. Lehrmittel für die Landwirtschaftliche Grundbildung. Edition-Imz.
- Peerkamp, P.K. (1959). A visual method of soil structure evaluation. *Meded. v.d.Landbouwhogeschool en Opzoekingsstations van de Staat te Gent* **24**, 216–221.
- Schmid, O. (1982). Bodenbeurteilung mit der Spatendiagnose (nach Görbing). Forschungsinstitut für biologischen Landbau.
- Schweizer Bauer (2019, 21. Februar). App hilft: BodenDok ergänzt Spaten. <https://www.schweizerbauer.ch/pflanzen/ackerbau/app-hilft-bodendok-ergaenzt-spaten/>
- Senger, M., v. Haaren, M., Heyn, J., Brandhuber, R., Voshenrich, H., Epperlein, J., Vorderbrügge, T., Ortmeier, B., Lorenz, M., Harrach, T. (2013). Einfache Feldgefügeansprache für den Praktiker (3. Auflage). Johann Heinrich von Thünen-Institut & Gesellschaft für konservierende Bodenbearbeitung e.V. (Hrsg.).
- Shepherd, T. G. (2000). Visual Soil Assessment. Volume 1. Field guide for cropping and pastoral grazing on flat to rolling country. 1–84, ISBN 1-877221-92-9.
- Shepherd, T.G., Ross, C.W., Basher, L.R., Saggar S. (2000a). Visual soil assessment, Volume 2. *Soil management guidelines for cropping and pastoral grazing on flat to rolling country*. 1–44. ISBN 1-877221-93-7.
- Shepherd, T.G., Janssen, H.J. (2000b). Visual soils assessment. Volume 3. *Field guide for hill country land uses*. 1–48. ISBN 1-877221-94-5.
- Shepherd, T.G., Janssen, H.J., Bird, L.J. (2000c). Visual soil assessment. Volume 4. *Soil management guidelines for hill country land uses*. 1–24. ISBN 1-877221-95-3.
- Tomis, V., Duparque, A., Boizard, H. (2019). Development of the «Mini 3D soil profile» – a visual method derived from the «profil cultural». *Soil & Tillage Research*, **194**, 104285.
- Werner, J., Thämert, W. (1988). Zur Diagnose des physikalischen Bodenzustandes auf Produktionsflächen. *Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkunde* **12**, 729–739.