

Die amtliche Bodenschätzung – Chancen und Risiken der Harmonisierung auf europäischem Maßstab

O. Nestroy und H.-J. Ulonska

Soil assessment for land taxation – chances and risks of harmonisation in a European context

1 Einleitung

Die Bodenwissenschaften sind im Zusammenhang mit Diskussionen zum Entwurf einer Bodenschutzrichtlinie (2009) und Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2008) erneut in das Blickfeld der erweiterten EU gelangt. Dabei zeigte sich, dass national kompatible Grundlagen für Ausgangsdaten bei der Umsetzung fachrechtlicher

Belange zunehmend an Bedeutung gewinnen. Dieser Anspruch trifft derzeit nicht für sämtliche der erforderlichen Grundlagen gleichermaßen zu. In der Praxis bestehen erhebliche Schwierigkeiten, Ausmaß und Bedeutung des Boden- und Stoffeintrags in Fließgewässer abzuschätzen und wirksame sowie kosteneffiziente Minderungsmaßnahmen zu identifizieren. Nach GERZABEK et al. (2002) befindet sich die nachhaltige Nutzung der vielleicht wichtigsten

Summary

In Europe a harmonisation in the measurement of particle size distribution of the fine earth soils and fine sediments is needed. Both parameters, texture and texture classes, are the base for statistically resilient and justiciable criteria related to heavy metal, nutrient and water contents. Spatially dominating primary data of the Austrian and German Soil Assessment is taken for an approach to discuss about regulations concerning particle-size fractions and particle-size classes overlapping the band of soil functions, soil law and land use. An inventory of verified and validated primary particle size parameters has to be done to make conclusions based on referenced materials of fine earth and sediments within national programs for example as irrigation control (STEINITZER, 1999) or ecotoxicological impacts of chemicals on soils (BLUM, 1999).

Key words: Soil assessment, particle-size category, particle-size classification, mineral fine earth, soil protection.

Zusammenfassung

In Europa besteht Prüfungsbedarf für Korngrößenfraktionierungen und damit einhergehenden Korngrößenklassifizierungen mineralischer Feinböden und -sedimente. Diese beiden wesentlichen Körnungsmerkmale bilden die Grundlage statistisch belastbarer und justitierbarer Kriterien für bestimmte Schwermetall-, Nährstoff- und Wassergehalte. Auf Basis der flächenhaft vorhandenen Primärdaten nach der amtlichen Bodenschätzung in Österreich und Deutschland werden Lösungsvorschläge zu Festlegungen bodenfunktions-, fachrechts- und nutzungsartenübergreifender Korngrößenfraktionierungen und -klassifizierungen unterbreitet und diskutiert. Die mineralischen Bodenarten nach der amtlichen Bodenschätzung in Österreich und Deutschland stellen die wesentlichen Basisdaten. Der Bedarf einer Bestandsaufnahme ausgewählter verifizierter und validierter Primärparameter leitet sich daraus ab, um innerhalb der Europäischen Union (EU) mit zertifiziertem Referenzmaterial fraktionierter und klassifizierter Feinböden und -sedimente über die Einbindung in nationalen Qualitätsprogrammen Aussagen zu ökotoxikologischen Risiken einer Chemikalie treffen zu können (BLUM, 1999) und z. B. Bodenschätzungskarten für Beregnungssteuerungen zu benutzen (STEINITZER, 1999).

Schlagnworte: Bodenschätzung, Korngrößenfraktion, Korngrößenklassifikation, mineralischer Feinboden, Bodenschutz.

Ressource Boden im Spannungsfeld unterschiedlichster Interessen. Es hat sich gezeigt, dass auch 75 Jahre nach ihrer gesetzlichen Einführung die Bodenschätzung in ganz Deutschland und mit modernen Fortschreibungen in Österreich eine einheitliche Methode zur Bodenansprache und Dokumentierung primärer Bodenparameter ist (MOHR und RATZKE, 2009). Für Deutschland, Österreich, Polen und Tschechien betrifft dies beim Vollzug die Harmonisierung körnungsbedingter Risikoelemente landwirtschaftlich genutzter leichter Böden bzw. aquatischer Regionen und Fraktionierungen (BAUMGARTEN et al., 2006; HRAŠKO et al., 1991; ÖNR 14688, 2005; ULONSKA, 2010 und 2011b; Verordnung, 1994).

Auf regionaler und nationaler Ebene (AVV-IMIS, 2006; DIN 4220, 2008; Richtlinie, 2002; RIEPERT et al., 2010; WENDLAND et al., 2007 und ZORN et al., 2007) haben sich Korngrößenklassifizierungen auseinanderentwickelt. Zudem haben gerundete Korngrößenanteile forstwirtschaftlich genutzter Böden der Region Thüringen nicht immer zu eindeutigen Resultaten geführt (GUCKLAND et al., 2009). Im Ergebnis werden Texturen begrifflich festgelegt und kompatibel umgrenzt. Basierend auf KERTH et al. (2008), KÖNIG et al. (2008), KRETSCHMER et al. (2003) in Verbindung mit NESTROY (2002) und HARTWICH et al. (1995) wird ein weiterer lösungsorientierter Beitrag zum Vollzug

des Boden- und Gewässerschutzes geleistet. Dazu sind nach KERTH et al. (2008) praxisorientierte Ansätze diskutiert worden. Bodenarten haben gemäß BREITSCHUH et al. (2004) dafür schnell und zeitsparend erheb- und aggregierbar sowie justitiabel zu sein.

2 Material und Methoden

Bestimmungen der abschlämbaren Teilchen (< 0,01 mm) nach dem BodSchätzG (2007) gründen sich auf Vorgaben nach STOKES (1845 und 1851; HARTGE und HORN, 2009), um ergänzend (BBodSchV, 2009; CAPELLE et al., 2006; MÜLLER et al., 2009; REUTER, 2001; ULONSKA, 2009a) in Tabelle 1 zu münden. Die praktikablen Texturklassen (Tabelle 2) basieren auf ableitbaren Klassifizierungen nach dem fortgeschriebenen Bodenschätzungsrecht (KNOBLAUCH et al., 2006; ROTHKEGEL, 1947; ULONSKA, 2009a und WAGNER, 2001). Diese gelten für Lockersedimente aus Abschwemmungen, Ablagerungen von Fließgewässern, Lockersedimenten aus Windablagerungen und verwitterten Festgesteinen nichtsynthetischer Bodenmaterialien terrestrischer und semiterrestrischer Böden sowie aquatischer Ökosysteme. Gauß-Krüger-Koordinaten bilden das dazugehörige Kartenwerk.

Tabelle 1: Vorschlag zur Kennzeichnung der Korngrößengruppen Sand, Schluff und Ton in mineralischen Feinböden und mineralischen Feinsedimenten

Table 1: A proposal to characterise the particle-size fractions sand, silt and clay of mineral fine earth and sediments

Korngrößenunterfraktionen mit nichtsynthetischen mineralischen Anteilen nach dem Äquivalentkorndurchmesser (mm)		Bezeichnung der Körnung (Symbol)		Laborverfahren	Korngrößengruppen mit nichtsynthetischen mineralischen Anteilen nach dem Äquivalentkorndurchmesser (mm)	
		Korngrößengemisch	Korngruppe			
Grobsand (gS)	< 2,00–0,63	Grobsand (gS)	Grobsand	nasse Siebung	Sand (S)	< 2,000–≥ 0,063
Mittelsand (mS)	< 0,63–0,20					
Feinsand 1 (fS1)	< 0,20–0,10					
Feinsand 2 (fS2)	< 0,10–0,063	Feinsand (fS)	Feinsand	Sedimentation	Schluff (U)	< 0,063–≥ 0,002
Grobschluff 1 (gU1)	< 0,063–0,05					
Grobschluff 2 (gU2)	< 0,05–0,02	Staubsand (sS)	Schluff	Sedimentation	Schluff (U)	< 0,063–≥ 0,002
Mittelschluff 1 (mU1)	< 0,02–0,01					
Mittelschluff 2 (mU2)	< 0,01–0,0063	abschlämbare Teilchen (A)	Rohton	Sedimentation	Ton (T)	< 0,002
Feinschluff (fU)	< 0,0063–0,002					
Grobton (gT)	< 0,002–0,00063					
Mittelton (mT)	< 0,00063–0,0002					
Feinton (fT)	< 0,0002					

Tabelle 2: Vorschlag zur Kennzeichnung der Korngrößenklassifizierung mineralischer Feinböden und mineralischer Feinsedimente nach Texturklassen für den Vollzug des Boden- und Gewässerschutzes

Table 2: A proposal to classify mineral fine earth and sediments according to soil texture classes to enforce soil and water protection standards

Korngrößenklassifizierung nach mineralischen Texturklassen/Bodenarten			nichtsynthetische Masseanteile (M.-%) der abschlämmbaren Teilchen (< 0,01 mm Äquivalentkorn Durchmesser) und Korngrößenfraktionen mineralischer Feinböden und mineralischer Feinsedimente (< 2,00 mm Äquivalentkorn Durchmesser)			
dominierende (bodenfunktions-, fachrechts-, flussgebiets- und nutzungsartenübergreifende Texturklassen)	des Grünlandes	des Ackerlandes	abschlämmbare Teilchen (A)	Ton (T)	Schluff (U)	Sand (S)
			Sand (Sa)	Sand (S)	Sand (S)	< 10
		anlehmiger Sand (SI)	≥ 10–< 14	≤ 8	≤ 30	≥ 70–≤ 95
	lehmiger Sand (IS)	lehmiger Sand (IS)	≥ 14–< 19	≤ 13	< 50	≥ 45–≤ 92
		stark lehmiger Sand (SL)	≥ 19–< 24	≤ 18	≥ 50	≤ 50
Lehm (Le)	Lehm (L)	sandiger Lehm (sL)	≥ 24–< 30	≥ 5–< 18	< 50	≥ 32–≤ 87
		Lehm (L)	≥ 30–< 45	≥ 18–< 30	< 82	< 82
	Ton (T)	stark toniger Lehm (LT)	≥ 45–< 60	≥ 30–< 45	≤ 70	≤ 70
Ton (To)		Ton (T)	≥ 60	≥ 45	< 55	≤ 55

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Fraktionierung und Klassifizierung von Korngrößen

Der Datenfonds nach amtlicher Bodenschätzung gilt in Thüringen für Acker- und Grünland bei einer Gesamtfläche von ca. 16.172 km² (Pressemitteilung, 2011) als beispielgebend. Als ein EU-weit zu berücksichtigender Faktor wird für die 4.131 Bundesmusterstücke inkl. der 173 Bundesmusterstücke in Thüringen (RUST, 2006) gemäß TOTSCHKE et al. (2010) vorgeschlagen, Fraktionierungen und Klassifizierungen zu verwenden. Weiterhin ist z. B. die Aufnahme der scheinbaren mineralischen Korndichte (ρ_s) zu prüfen.

In Österreich beträgt (FRIEDEL et al., 2009) die landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) 3.267.833 ha. Davon betreffen 43 % Ackerland, 28 % Intensivgrünland, 27 % Extensivgrünland und 2 % sonstige Flächen. Die Schätzungsergebnisse sind nach WAGNER (2008) für 2,6 Mio. ha LN in Karten und Büchern vorhanden. Im Land Salzburg entfallen in 2005 für die Gesamtfläche rund 50 % auf Wald, 45 % auf Grünland und etwa 1 % (6.638 ha) auf Ackerland (Bericht s. a.). Für die österreichischen Bundes- und Landesmusterstücke wird der o. g. Vorschlag mit der gleichen Vorgehensweise als prüfenswert vorgeschlagen. Im Verhältnis der Fraktionierungen mineralischer Feinböden/-sedimente

nach dem Bodenschätzungsrecht zu denen mineralischer Feinsedimente nach dem Wasserrecht ist nach ad hoc AG Boden (1996, 2005 und 2009) zu konstatieren, dass die international akzeptierten Fraktionsgrenzen des Grobtons (gT) nicht mit den Anwendungen von feststoffbezogenen UQN für bestimmte Schwermetalle (Richtlinie, 2008) harmonisieren. Um für diese Schwermetalle die Korngrößenfraktion Ton vollständig zu bestimmen, sind die sedimentativen Anteile (Richtlinie, 2008) der Fraktionsgrenze des gT in Übereinstimmung zu bringen und Extraktionsmethoden zur Bestimmung der Schwermetallgehalte anzugleichen. Unterschiedliche Texturen (ad hoc AG Boden, 1996 und Richtlinie, 2002) sind (HERBST, 2004, s. a. ULONSKA, 2002 und 2009b) nicht transponibel zu den acht mineralischen Bodenarten des Ackerlandes nach Tabelle 2. Aus diesem Grund sind Vergleichbarkeiten der von WESSOLEK et al. (1992) abgeleiteten bodenphysikalischen Kennwerte zu den nach ULONSKA (2011a)¹ ermittelten Totwassergehalten nicht gegeben. Gleiches trifft für diese Kennwerte nach ad hoc AG Boden (1996), Arbeitskreis Standortkartierung (2003) und DIN 4220 (2008) zu.

BAUMGARTEN et al. (2006) räumen im Rahmen der Beurteilung von Ergebnissen einer Bodenanalyse für die sachgerechte Düngung ein, dass das von der österreichischen Finanzbodenschätzung verwendete Schema für die Zuordnung geringfügig abweicht und in den Grenzbereichen unterschiedliche Zuordnungen auftreten. Ebenso verhält es

sich in Deutschland (ad hoc AG Boden, 1996, 2005, 2009 und Anlage, 2000). Insbesondere für die justitiabel belastbare Umsetzung der WRRL mit UQN nach OGewV (2011) und für eine vorgeschlagene Abgrenzung von aus naturbedingten Gründen benachteiligten Gebieten mit unvorteilhafter Bodentextur nach ELER (2011) kann dies zu Problemen führen (ULONSKA, 2011b). Hier ergab sich gleichfalls Harmonisierungsbedarf. Dabei diente die gleiche Bestimmung nach dem Stokes'schen Gesetz als gemeinsame methodische Grundlage (ULONSKA 2011a²). Die angedeuteten Korngrößenzusammensetzungen der Bodenschätzung in Österreich ab 1997 (WAGNER, 2001) und die mineralischen Körnungsarten (TGL 24300, 1985) sind kongruent zu abgegrenzten Korngrößenverteilungen nach Tabelle 2. Diese sind nach ihren prozentualen nichtsynthetischen Masseanteilen zu den acht mineralischen Bodenarten des Ackerlandes zusammengeführt worden. Über die jeweiligen mineralischen Korngrößenfraktionsanteile (Sand, Schluff und Ton) und das nach dem BodSchätzG sanktionierte mineralische Korngrößengemisch (abschlammbare Teilchen) nach Tabelle 1, ist in Tabelle 2 das binäre zu einem ternären Klassifikationssystem erfolgreich verschmolzen worden.

3.2 Korngrößenbedingte geogene Schwermetallgehalte

Um statistisch belastbare und fachrechtlich vergleichbare Prüfwerte ermitteln zu können, sind vorab eindeutig zu umgrenzende Begriffe (Texturklassen) zu definieren (Tabelle 2). Dem sollte sich eine ebenfalls vergleichbare Methodik für die Bestimmung der Korngrößenfraktionen (ULONSKA, 2009a) anschließen (vgl. DIN ISO 11277, 2002; DIN 19683, 1973; HARTGE und HORN, 2009 und ÖNORM L 1061, 2002). Wiederholt wird angeregt, harmonisierungsbedürftige Schwermetallwerte nach nationalem Fachrecht zu validieren und verifizieren. Auf nationaler Ebene beginnend, sind Humusgehalte (Tabelle 4) nach ad hoc AG Boden (1996, 2005, 2009), Arbeitskreis Standortskartierung (2003), AVV-IMIS (2006), BBodSchV (2009), BLUM et al. (1996) und DirektzahlVerpflV (2010) zu harmonisieren. Gleiches gilt für pH-Werte (Tabelle 3) nach AbfKlärV (2009), ad hoc AG Boden (1996, 2005), BAUMGARTEN et al. (2006) und BBodSchV (2009). Aus praktischen Erwägungen (z. B. Schätzung von Humusgehalten in Podsolen) und fachrechtlichen Vorgaben beim Ausbringen von Klärschlamm in Deutschland und Österreich (AbfKlärV und Verordnung, 2006) werden entsprechende schematische

Beurteilungen in den Tabellen 3 und 4 auf wenige Klassen beschränkt.

Während in der EU noch die stoffliche Verwertung (ca. 56 % Düngung, Kompostierung, Rekultivierung) von Klärschlamm überwiegt, ist in Deutschland der Anteil der in Verbrennungsanlagen energetisch verwerteten Klärschlamms auf etwa 52,5 % gestiegen (Pressemitteilung, 2010b). Da sich in der Praxis beim gegenwärtigen Stand der Technik die stoffliche und energetische Nutzung des Klärschlamms gegenseitig ausschließen, ist aufgrund strengerer Grenzwerte zu erwarten, dass in Deutschland etwa die Hälfte der heute landwirtschaftlich genutzten Klärschlämme diesen Anforderungen nicht mehr entsprechen und somit anderweitig mit höheren Kosten entsorgt werden muss. Zudem streben in Deutschland zahlreiche Bundesländer (Regionen) den Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm an. Dagegen sind für die landwirtschaftliche Düngung mit Klärschlämmen pflanzenverfügbare Phosphate von Interesse, die durch maximal zulässige Auftragsmengen den Eintrag von Schwermetallen und organischen Schadstoffen in landwirtschaftlich genutzte Böden begrenzen sollen (SCHEIDIG, 2009). An diesem Schnittpunkt gewinnen Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung mineralischer Feinböden/-sedimente (ULONSKA, 2009a) für Belange der Finanzen, Umwelt und der Wirtschaft zunehmend an Bedeutung.

3.3 Korngrößenbedingte Erosionsschutzberatung

Für die DirektzahlVerpflV (2010) wird angeregt, in Frage kommende humusfreie bis schwach humos klassifizierte mineralische Bodenarten des Ackerlandes (Tabelle 4) für bundesweit einheitliche Ermittlungen und vergleichbare Bewertungen über den K-Faktor der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung nach Gefährungsklassen vorzuschlagen. Danach sind mit der gemäß WRRL (Modellbewirtschaftung Thüringen, 2007) fachübergreifend einheitliche Ermittlungen, Ausweisungen und Bewertungen von Erosionsgefährdungen nach dem Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem (InVeKoS) und „cross-compliance“ möglich. Zugleich wird in Verbindung mit dem europäischen Geo-Informationen-Management Monitoring Agricultural ResourceS (MARS, 2009) den Forderungen nach wissenschaftlich begründbarer Festlegung umweltpolitischer Normen entsprochen. Deren Einhaltung ist durch ordnungspolitische Maßnahmen (SCHRADER, 2005) zu gewährleisten.

Tabelle 3: Vorschlag zur schematisierten Beurteilung der Klassifizierung von pH-Werten
 Table 3: A proposal to assess schematically the classification of pH values

pH-Bereich	Vorschlag für Beurteilungen in Deutschland	pH-Wert	Beurteilung nach der landwirtschaftlichen Bodenkartierung in Österreich
> 8,0	stark alkalisch	über 8	stark alkalisch
7,1–8,0	alkalisch	7,3–8,0	alkalisch
7,0	neutral	6,6–7,2	neutral
5,0–6,9	sauer	5,6–6,5	schwach sauer
< 5,0	stark sauer	4,6–5,5	sauer
		unter 4,6	stark sauer

Tabelle 4: Vorschlag zur schematisierten Beurteilung der Klassifizierung von Humusgehalten
 Table 4: A proposal to assess schematically the classification of organic matter contents

Humusgehalt (M.-%)	Vorschlag für Beurteilung in Deutschland		Bodenzustandsinventur in Österreich
	Bodenarten des Ackerlandes nach der Fingerprobe	Klassifizierung nach Geländebefund	
≤ 1,0	S, SI und IS (leicht)	humusfrei bis	niedrig
≤ 1,5	SL, sL und L (mittel), LT und T (schwer)	sehr schwach humos	
> 1,0– ≤ 4,0	S, SI und IS (leicht)	schwach humos	mittel
> 1,5– ≤ 4,0	SL, sL und L (mittel), LT und T (schwer)	mittel humos	
> 4,0– ≤ 8,0	S, SI, und IS (leicht), SL, sL und L (mittel), LT und T (schwer)	stark humos	hoch
> 8,0– ≤ 15,0		anmoorig (nur bei hydromorphen Böden)	
> 15,0– ≤ 30,0			

4 Schlussfolgerungen

Basierend auf den Grundsätzen der Subsidiarität und der Verhältnismäßigkeit sind die EU-weit anzustrebenden nationalen Harmonisierungen von Korngrößenzusammensetzungen als die wesentliche zu überwindende Hürde zur Installierung einer europäischen Bodenschutzrahmenrichtlinie zu sehen. In diesem Kontext bewegt sich die 2010 als Teil des Agrarzensus in allen Mitgliedstaaten der EU kombinierte Erhebung erosionsmindernder Verfahren (Pressemitteilung, 2010a). Damit werden für die Abschätzung der Auswirkung von Fördermaßnahmen aktuelle Ergebnisse als vergleichbare Daten für alle Mitgliedstaaten bereitgestellt. In Österreich und Deutschland sind diese Daten mit den mineralischen Bodenarten nach Tabelle 2 für weiterführende Arbeiten geeigneter. Damit verbessern sich vor allem Aussagefähigkeiten der abzuleitenden Wertegrößen betroffener weinbaulich, land- und forstwirtschaftlich genutzter Böden. Aufgrund der flächenhaft umfassenden Präsenz von dominierenden Primärdaten der Bodenschätzung können nach FRIEDRICH et al. (2008), in Anlehnung an BECHLER et

al. (2010) und GÄTH und LUCKNER (2008), die mineralischen Texturen (Tabelle 1 und 2) für benachteiligte Gebiete als wesentliche methodische Grundlage herangezogen werden. Dazu zählen in Deutschland und Österreich die dokumentierte Nutzung des zu klassifizierenden (Ackerland nach BodSchätzG 2007 und Bodenschätzungsgesetz 2006), das Fachrecht des betroffenen (AbfKlärV, 2009 und Verordnung, 2006; DüV, 2009 und BAUMGARTEN et al., 2006) sowie die schützenswerte Funktion des zu untersuchenden Bodens (Wasser- und Nährstoffkreisläufe nach BBodSchG 2004 und Bodenschutzgesetz 2001).

Die zusammengeführten Wertegrößen (Tabelle 2) sind untereinander passfähig und belastbar, wobei die nach ULONSKA (2009a) zur Bestimmung der mineralischen Korngrößenfraktionsanteile verbesserten Verfahren (KÖHN, 1928) und die entwickelte Vorrichtung (ULONSKA, 2009a) als Basis dienen. Ermittelte Wertegrößen der abschlämmbaren Teilchen und der scheinbaren mineralischen Korndichte (ULONSKA, 2011a) ermöglichen methodische Verknüpfungen zu entsprechenden Korngrößenanteilen. Dadurch wird die grundsätzliche Qualifizierung von Ge-

naugigkeiten körnungsbedingter Aussagen von Bodenwerten (BioAbfV), justitiablen UQN für Sedimente (OGewV), Höchstgehalten (AbfKlärV), ermittelten Daten (AVV-IMIS), Bewertungen von Ackerschlägen mit hydrologischer Datenerfassung (JANTSCHKE et al., 2006), Orientierungswerten (BBodSchV 2009), Ermittlungen standortgebundener Stickstoffsaldi bestimmter Umweltmaßnahmen (DüV), Reaktivierungsschichten (DepV, 2009), Abschätzungen erosionsgefährdeter Flächen (DirektzahlVerpflV) und pflanzenrelevanter Bodenwassergehalte (ad hoc AG Boden, 1996 und Arbeitskreis Standortkartierung, 2003) eröffnet. Die Bodenarten (Tabelle 2) ermöglichen flächen- und tiefenbezogene großmaßstäbig vergleichende Betrachtungen nutzungsartbezogener Flächen der Wirtschaft zu fachrechts-, bodenfunktions-, flussgebiets- und nutzungsartübergreifenden dominierenden Texturklassen kleinmaßstäbiger Umweltbereiche. Auf Basis modellhaft aufgestellter Bewirtschaftungspläne sind in Thüringen fachübergreifend einheitliche Ermittlungen, Ausweisungen und Bewertungen von Erosionsgefährdungen ebenfalls nach dem InVeKoS und „cross-compliance“ in Verbindung mit dem Monitoring Agricultural ResourceS (MARS) möglich. Zugleich werden Schätzungen von mineralischen Bodenarten in situ und dazugehöriger Messungen im Labor erleichtert und vereinfacht.

Ergänzend werden zukünftig in den deutschen Bundes- und Vergleichsstücken sowie den österreichischen Bundes- und Landesstücken die Angaben von Trockenrohdichten (ρ_d) als ein Bestandteil zur Kennzeichnung der Lagerungsdichte und der scheinbaren mineralischen Korndichten (ρ_s) als ein präzisierter Faktor im Stokes'schen Gesetz wiederholt vorgeschlagen (ULONSKA, 2011a). Vor neuen aufwändigen Messungen sind vorhandene Datenbanken und Informationssysteme auf belast- und verwendbare Parameter zu prüfen. Im interdisziplinären Zusammenwirken gemäß der von LINK et al. (2010) aufgezeigten Vorgehensweise wird mit Blick auf eine EU-Bodenschutzrichtlinie zur Harmonisierung bodenkundlicher Methoden auf europäischer Ebene beigetragen.

Literatur

- ABFKLÄRV (2009): Klärschlammverordnung. In: BGBl. I/52, 2542-2579.
- AD HOC AG BODEN (1996): Bodenkundl. Kartieranl. 4, Schweizerbart'sche, Stuttgart, 1–392.
- AD HOC AG BODEN (2005): Bodenkundl. Kartieranl. 5, Schweizerbart'sche, Stuttgart, 1–438.
- AD HOC AG BODEN (2009): Arbeitshilfe für die Bodensprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz 1. Schweizerbart'sche, Stuttgart, 1–94.
- ANLAGE (2000): zu §1 der Fünften Verordnung zur Durchführung des Bodenschätzungsgesetzes. In: BGBl. I/20, 642.
- ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG (2003): Forstliche Standortaufnahme – Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. 6. Auflage, Enching b. München, 1–352.
- AVV-IMIS (2006): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Integrierten Meß- und Informationssystem nach dem Strahlenvorsorgegesetz. In: BAnz. 244a, 1–212.
- BAUMGARTEN, A. et al. (2006): Richtlinien für die sachgerechte Düngung. Anleitung zur Interpretation von Bodenuntersuchungsergebnissen in der Landwirtschaft. In: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. 6. Auflage, Wien, 1–80.
- BBODSCHG (2004): Bundes-Bodenschutzgesetz. In: BGBl. I/66, 3214.
- BBODSCHV (2009): Bundes-Bodenschutz- u. Altlastenverordnung. In: BGBl. I/51, 2585–2621.
- BIOABFV (2006): Bioabfallverordnung. In: BGBl. I/48, 2298–2333.
- BODENSCHÄTZUNGSGESETZ (2006): Gesetz über die Schätzung des landwirtschaftlichen Kulturbodens. In: BGBl. I/143, 1–5.
- BODENSCHUTZGESETZ (2001): Gesetz zum Schutz der Böden vor schädlichen Einflüssen. In: Landesgesetzblatt Land Salzburg 80/27, 252–257.
- BODENSCHUTZRICHTLINIE (2009): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the protection of soil. In: 7643/1/09 REV 1, 1–40.
- BODSCHÄTZG (2007): Bodenschätzungsgesetz. In: BGBl. I/69, 3176–3183.
- BECHLER, K. et al. (2010): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. In: Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren, 1–32.
- BERICHT (s. a.): über die wirtschaftliche und soziale Lage der Salzburger Land- und Forstwirtschaft in den Jahren 2004 bis 2006, 1–174, www.salzburg.gv.at/themen/lf.htm.
- BLUM, W.E.H. (1999): Österreichischer Beitrag zum Eurosoil-Programm (1997–1998). Projekt Nr. 1071. In: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Forschungsbericht 1998 Abt. II A 1, Wien, s. p., <http://gpool.lfrz.at/gpoollexport/media/file/FB1998.DOC>.

- BLUM, W.E.H., H. SPIEGEL und W.W. WENZEL (1996): Bodenzustandsinventur – Konzeption, Durchführung und Bewertung. Im Auftrag des BM für Land- und Forstwirtschaft, BM f. Wissenschaft, Forschung u. Kunst. Inst. f. Bodenforschung, Univ. f. Bodenkultur, 2, Wien.
- BREITSCHUH, G. et al. (2004): Entwicklung eines Umweltcontrolling-/Umweltoptimierungssystems in der Landwirtschaft. UBA-Texte 17/04, 1–163, 5 Anlagen.
- CAPELLE, A., H.-J. ULONSKA und T. RÖTSCHER (2006): Administrative und wissenschaftliche Nachnutzungen von Primärdaten der Bodenschätzung. Wasserwirtschaft 96/7+8, 64–68.
- DENSCH, A. (1930): Der mechanische Aufbau des Bodens. In: BLANCK, E.: Handbuch der Bodenlehre, Springer, Berlin, 1–66.
- DEPV (2009): Deponieverordnung. In: BGBl. I/22; 900–950.
- DIN 4220 (2008): Bodenkundliche Standortbeurteilung – Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten 11. 1–50, Anlagen A bis C.
- DIN ISO 11277 (2002): Bodenbeschaffenheit – Bestimmung der Partikelgrößenverteilung in Mineralböden – Verfahren mittels Siebung und Sedimentation. Berlin, 1–37.
- DIN 19683 (1973): Physikalische Laboruntersuchungen, Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung nach Vorbehandlung mit Natriumpyrophosphat, Beuth 2. Berlin und Köln, 1–3.
- DIREKTZAHLVERPFLV (2010): Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung. In: eBAnz vom 21. April, 1, <http://www.ebundesanzeiger.de>.
- DÜV (2009): Düngeverordnung. In: BGBl. I/51, 2585–2621.
- ELER (2011): Vorschlag für eine Verordnung ... für die Entwicklung des ländlichen Raums. In: KOM 627 endg./2, 1–156.
- FRIEDEL, J.K. et al. (2009): Böden als Steuergröße im Klimawandel. In: Jahrestagung der Deutschen Bodenkundl. Ges. Böden – eine endliche Ressource, 37.
- FRIEDRICH, K. et al. (2008): Großmaßstäbige Bodeninformationen für Hessen und Rheinland-Pfalz – Auswertung von Bodenschätzungsdaten zur Ableitung von Bodenfunktionen und -eigenschaften. In: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Wiesbaden und Mainz, 1–64.
- GÄTH, S. und L. LUCKNER (2008): Die Ersatzbaustoff-Verordnung und ihr wissenschaftliches Ableitungskonzept auf dem Prüfstand. Wasser und Abfall 10/11, 10–14.
- GERZABEK, M.H. et al. (2002): Boden – die unterschätzte Ressource? Wege zur Nutzung österreichischer Bodendaten(ch)ätze. In: Ländliche Räume 1–13, www.laendlicher-raum.at/filemanager/download/33359/.
- GUCKLAND, A. et al. (2009): Acidity, nutrient stocks, and organic-matter content in soils of a temperate deciduous forest with different abundance of European beech (*Fagus sylvatica* L.). J. Plant Nutr. Soil Sci., 172/4, 500–511.
- HARTGE, K.H. und R. HORN (2009): Die physikalische Untersuchung von Böden. 4. Auflage, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart, I–XII, 1–178.
- HARTWICH, R. et al. (1995): Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland im Maßstab 1: 1000000. Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe, Hannover.
- HERBST, F. (2004): Standpunkt z. Gruppierung v. Bodenarten nach VDLUFA (2000). Halle.
- HRAŠKO, J. et al. (1991): Morfogenetický klasifika ní systém pôd SFR. Bratislava, 106.
- JANTSCHKE, C., R. BECKER und K. KÖLLER (2006): Bewertung von Ackerschlägen mit Hilfe der hydrologischen Datenerfassung – Fortschritt der dynamischen Bodenfeuchte. Landtechnik 60/3, 140–141.
- KERTH, M. et al. (2008): Stellungnahme des BVB zum Arbeitsentwurf vom 13. 11. 2007 der „Verordnung zur Regelung des Einbaus von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken und zur Änderung der Bundes-Bodenschutz-Verordnung“. Bodensch. 13/1, 4–10.
- KNOBLAUCH, S., S. BRUNE und H.-J. ULONSKA (2006): Erste Monitoringergebnisse standortgebundener Belastungen ackerbaulich genutzter Böden Thüringens – ein Beitrag zur Modellbewirtschaftung nach EG-WRRRL. In: Wasser- und Bodentage, Feuchtwangen, 1–26.
- KÖHN, M. (1928): Bemerkungen zur mineralischen Bodenanalyse. Ein neuer Pipetteapparat. Zeitschr. f. Pflanzenern. Düng. u. Bodenk. Wissenschaftlicher Teil XI, 50–54.
- KÖNIG, W., W.D. BERTGES und C. RAPP (2008): EU-Bodenrahmenrichtlinie – mehr Bodenschutz oder Bürokratie? Bodenschutz 13/1, 11–16.
- KRETSCHMER, H., P. KAHLE und H.-J. ULONSKA (2003): Die Kornverteilungskurve eines Bodens als Grundkriterium für die Ableitung von Bodenarten nach verschiedenen Klassifikationssystemen. Landnutzung und Landentwicklung 44/1, 26–28.
- LINK, M. et al. (2010): Interpretation deutscher und polnischer Bodenschätzungsdaten zur Ableitung und Bewertung von Bodenkennwerten und -funktionen. Die Bodenkultur 61/4, 11–23.

- MARS (2009): Monitoring Agricultural Resources. <http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/About-us/GeoCAP>.
- MODELLBEWIRTSCHAFTUNG THÜRINGEN (2007): Modellhafte Aufstellung eines Bewirtschaftungsplans und Maßnahmenprogramms zur Umsetzung der EG- Wasserrahmenrichtlinie Bewirtschaftungsplan. Thüringer Ministerium f. Landwirtschaft, Naturschutz u. Umwelt, I–V, 1–74.
- MOHR, H.J. und U. RATZKE (2009): 75 Jahre einheitliche Bodenschätzung in Deutschland 1934–2009. 1, Thüringengesellschaft e. V., Tellow, 1–97, 3 Anhänge.
- MÜLLER, H.W. et al. (2009): Comparison of two procedures for particle-size analysis: Köhn pipette and X-ray granulometry. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 172/2, 172–179.
- NESTROY, O. (2002): Vergleichende Darstellung österreichischer und internationaler Systematiken, basierend auf der bereinigten Fassung der Europa-Bodenkarte 1: 1 Mio. vom Jahre 1998. *Mitt. d. Österr. Bdkdl. Ges.* 65, 1–10, Wien.
- OGewV (2011): Oberflächengewässerverordnung. In: *BGBl. I/37*, 1429–469.
- ÖNORM ISO 14688 (2005): Bezeichnung von Bodenarten aufgrund der Korngrößen 1, 1–5.
- ÖNORM L 1061 (2002): Physikalische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Korngrößenverteilung des Mineralbodens 2: Feinboden 2. 1–10.
- PRESSEMITTEILUNG (2011): Deutschlands landwirtschaftlich genutzte Fläche ... In: *Thüringer Landesamt für Statistik* 324, 1–2.
- PRESSEMITTEILUNG (2010a): Statistisches Landesamt Thüringen startet mit der Landwirtschaftszählung 2010. In: *Thüringer Landesamt für Statistik* 046, 1.
- PRESSEMITTEILUNG (2010b): Klärschlamm überwiegend bei landschaftsbaulichen Maßnahmen eingesetzt. In: *Thüringer Landesamt für Statistik* 054, 1.
- REUTER, G. (2001): Clay-substrate application to sandy open-cast mine soils. *South African Journal of Plant and Soil* 18/2, 80–84.
- RICHTLINIE (2008): 2008/105/EG über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik In: *Abl. L* 348, 84–97.
- RICHTLINIE (2002): über den Ausgleich bei erhöhten Auflagen in Wasser- und Heil-Quellenschutzgebieten. In: *ThürStAnz* 45, 2703–2710.
- RIEPERT, F. et al. (2010): Monitoring of total contents of copper in organically and conventionally managed soils. Part 1: Study plan and preliminary sampling of copper and other anthropogenic induced heavy metal contents in vineyard soils. *J. f. Kulturpflanzen* 62/2, 42–50.
- ROTHKEGEL, W. (1947): Landwirtschaftliche Schätzungslehre, Ulmer, Stuttgart.
- RUST, I. (2006): Aktualisierung der Bodenschätzung unter Berücksichtigung klimatischer Bedingungen, Diss., Univ., Göttingen, I–XI, 1–281.
- SCHEIDIG, K. (2009): Wirtschaftliche und energetische Aspekte des Phosphor-Recyclings aus Klärschlamm. *Korrespondenz Abwasser Abfall* 56/11, 1138–1146.
- SCHRADER, J.V. (2005): Zur Reform der EU-Agrarpolitik: Umbau statt Abbau von Subventionen. *Zeitschrift für Wirtschaftspolitik* 54/1, 115–132.
- STEINITZER, E. (1999): Umsetzung von Bodenschätzungskarten für die Anwendung von „SIMWASER“. In: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft: Forschungsbericht 1998 Abt. II A 1, Wien, <http://gpool.lfrz.at/gpoolexport/media/file/FB1998.DOC>.
- STOKES (1845 und 1851): zit. in: DENSCH (1930, 14)
- TGL 24300 (1985): Aufnahme landwirtschaftlich genutzter Standorte – Körnungsarten und Skelettgehalt. 05, Berlin, 1–6.
- TOTSCHKE, K.U. et al. (2010): Biogeochemical interface in soil: The interdisciplining challenge for soil science. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 173/1, 88–99.
- ULONSKA, H.-J. (2011a): Der Einfluß mineralischer Korngrößenverteilungen nach dem amtlichen Bodenschätzungsgesetz auf bodenhydrologische Kennwerte im ungesättigten Bereich land- und forstwirtschaftlich genutzter Böden. In: MERBACH, W., S. RUPPEL und J. AUGUSTIN: *Agrarwissenschaften* 18, Köster, Berlin, 26–41.
- ULONSKA, H.-J. (2011b): Einflüsse standortbezogener Bodenschätzungsdaten auf effiziente Teilflächenbewirtschaftungen Thüringens. In: *Ber. d. Dt. Bodkdl. Ges.*, 1–4, <http://www.dbges.de>
- ULONSKA, H.-J. (2010): Ausgewählte Umweltqualitätsnormen für Schwermetallgehalte im Spiegel der europäischen Wasserrahmenrichtlinie. In: SCHÜTTRUMPF, H.: *Talsperren im Wandel. Mitteilungen* 158, Shaker, Aachen, 440–447.
- ULONSKA, H.-J. (2009a): Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Korngrößenverteilung in mineralischen Feinböden und mineralischen Feinsedimenten. *Offenlegungsschrift DE 10 2008 027 971 A 1* 2009. 12. 24, München, 1–13.
- ULONSKA, H.-J. (2009b): Mineralische Bodenarten nach amtlicher Bodenschätzung für den Vollzug des fach-

- rechtsübergreifenden Boden- und Gewässerschutz. Ber. d. Dt. Bodkdl. Ges., 1-5, <http://www.dbges.de>
- ULONSKA H.-J. (2002): Abgleich von Körnungsarten in aktuelle Nomenklatur. *Wasser & Boden*, 54/1+2, 61–64.
- VERORDNUNG (2006): der Oberösterreichischen Landesregierung über die Ausbringung von Klärschlamm auf Böden. In: *LGBL* 62, 213.
- VERORDNUNG (1994): Rizikové prvky v p dách náležejících do zem d lského p dního fondu, Sbírka zákon č. 13, částka 4, 88 (tschechisch).
- WAGNER, J. (2001): Bodenschätzung in Österreich. *Mitt. d. Österr. Bdkdl. Ges.* 62, 69–104.
- WAGNER, J. (2008): Aktuelles zur Bodenschätzung in Österreich. Tagungsbeitrag zur Vortrags- und Exkursionstagung zur Bodenschätzung, Weimar, 1–2, <http://www.dbges.de>.
- WASSERRAHMENRICHTLINIE (2008): Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. In: *Abl. L* 348, 84–97.
- WENDLAND, M., M. DIEPOLDER und P. CARPIEL (2007): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft, Kastner, Woznach, 1–97.
- WESSOLEK, G., M. RIEK und M. RENGER (1992): Ableitung bodenphysikalischer Kennwerte aus Basisdaten auf der Grundlage von bodenkundl. Labordatenbanken, Berlin, 1–29.
- ZORN, W. et al. (2007): Probenahme für Bodenuntersuchung und Pflanzenanalyse. In: *Landwirtschaft und Landschaftspflege* 7, Hohenleuben, 22–23.

Anmerkungen

- ¹ Aus praktischen Gründen (z. B. Berechnungsberatung) wurde für die schichtweise Angabe von Wassergehalten (z. B. Totwassergehalte) bewusst mm/dm gewählt.
- ² Im Gegensatz zu variablen Vorgaben der Fallhöhen in Deutschland wird in Österreich nach ÖNORM L 1061 (2002) eine Fallhöhe (Eintauchtiefe der Pipette) von 100 mm empfohlen.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich insbesondere bei Dr. August Capelle (Hannover), Dr. Pavel Čermak (Brno), Dipl.-Ing. Georg Juritsch (Salzburg) und Dr. Michael Link (Wroclaw) für wertvolle Hinweise und Ratschläge.

Anschrift der Autoren

Ao. Univ.-Prof. a.D. Dipl.-Ing. Dr. Othmar Nestroy, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Technische Universität, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz, Österreich.
o.nestroy@tugraz.at

Dipl. Mel. Ing. Dr. Hans-Jürgen Ulonska, Teichgasse 28, D-99099 Erfurt, Deutschland.
E-Mail: hans-juergen.ulonska@tmlfun.thueringen.de

Eingelangt am 15. Juni 2010
Angenommen am 18. Juni 2012