

Düngung und Boden im Lichte von Nitratrichtlinie und streitbefangener Düngeverordnung

Fertilization and soil management in the light of the Nitrate Directives and disputed Fertilizer Regulation

Hans-Jürgen Ulonska

Zusammenfassung: In Anlehnung an EU-weite Vorgaben werden für landwirtschaftlich nutzbare Flächen und Böden/Sedimente an Feintexturen (<2,00 mm Äquivalentkorndurchmesser) gebundene und zu harmonisierende Werte vorgeschlagen. Betroffen sind Humus-, Nährstoff- und anorganische Schadstoffgehalte, Hangneigungen und pH-Werte. Für texturbezogene Gehalte als Umweltqualitätsnormen sind zunehmend methodisch gleichwertige Vergleichbarkeiten maßgebend zu gewichten. Um Vorhersagen am Ausgangspunkt weiter optimieren zu können, ist die Verwendung von Modellen und Dauerversuchen mit umfassend belastbaren Gehalten als Eingangsdaten anzustreben. Bei Übertragungen vom Punkt auf Fläche und Raum sind diese im Bedarfsfalle zu verfeinern.

Schlüsselwörter/Keywords: Bodenschutz, Düngung, Korngrößenverteilung, Nitratrichtlinie; soil conservation, particle-size distribution, fertilization, nitrate directive.

1. Einleitung

Spätestens mit der Stellungnahme des Ausschusses der Regionen zur Umsetzung der thematischen Strategie für den Bodenschutz (Europäische Union 2013c) hat sich der Handlungsdruck auf betroffene europäische Politikbereiche zwar verstetigt, ist bis dato in der Endkonsequenz allerdings wirkungslos geblieben. Als Leitmotiv wird demzufolge vorangestellt: *“Erfolgreiche Klima- und Artenschutzpolitik kommt ohne Einbeziehung des Bodens nicht aus. Ihn nicht ... schützen zu wollen ... ist eine politische Entscheidung und angesichts des fortschreitenden Verlusts an Boden(qualität)... auf Dauer nicht haltbar.“* (Straßburger 2011: 61).

Methoden nach privatrechtlichen Regeln (DIN Bodenbeschaffenheit 2007 und 2014) haben gezeigt, dass zu erwartende Ansprüche für belastbaren Vollzug mit rechtssicheren Bodendaten nicht genügen (Ulonska 2016a; 2014a). Zur Beurteilung vor allem der Bodenfunktion „Standort für die landwirtschaftliche Nutzung“ nach BBodSchG (Bundesministerium der Justiz 1998: 503) bedarf es wiederholt methodischer Überprüfungen und alternativer Lösungen nicht rechtssicherer privatrechtlicher Regeln der Technik. Dazu gehören labortechnische Untersuchungen zur Abgrenzung von Korngrößenklassifizierungen mit zu verknüpfenden justiziablen Kriterien wie bodentypologische Einheiten, Texturen, Verdichtungen, Nährstoffüberschüsse, Wasser- und Trockenverhältnisse auf die lösungsorientiert hingewiesen wurde (Ulonska 2016b).

Nach Fleck (2015) mussten bei den Staatlichen Geologischen Diensten von ursprünglich über 17.600 verfügbaren Datensätzen etwa die Hälfte bereinigt (eliminiert) werden. Nach entsprechenden Prüfungen ist auszuschließen, dass in betroffenen Bundesländern gleichfalls etwa die Hälfte verwendeter Daten im Nachgang mit der Fragestellung: falsch/richtig gleichfalls zu eliminieren wären. Zusätzlich sollte geklärt werden, was aus Deutschland an ungeprüften Daten für Nitrat- (Europäische Gemeinschaften 1991) und Klärschlammrichtlinie (Europäische Gemeinschaften 1986) zur Verfügung gestellt worden ist. In diesem Kontext ist die bodenbezogene Verwertung von Klärschlamm mit der einmaligen Bestimmung der Bodenart verbunden.

Nach Otte-Witte et al. (2018) besteht folgende Auswirkung auf die bodenbezogene Verwertung: der Geltungsbereich nach AbfKlärV (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2017) wurde auf Flächen des Landschaftsbaus erweitert, auf denen eine durchwurzelbare Bodenschicht hergestellt wird und „Zu den Böden des Landschaftsbaus zählen insbesondere Sportanlagen sowie innerhalb der im Zusammenhang bebauten Ortsteile gelegene öffentliche Parkanlagen [sic!; d. Verf.]“ (AbfKlärV 2017: 3467).

Um die Verfügbarkeit oder die Akzeptanz von Klärschlämmen oder biologisch abbaubaren Produkten zu erhöhen, sind zusätzlich entsprechende Forschungsarbeiten voranzutreiben, die Modelle zu Frachtbetrachtungen der Bodenverhältnisse entwickeln sollen (Bundesregierung 2013). Zielführend ist, dafür primär betroffenes Bodeninventar landwirtschaftlich nutzbarer Flächen über die Textur/Korngrößenverteilung in einem verbindlichen Rahmen zu definieren. Seinerzeit schlagbezogene Gülleverwertungsflächen sind bei Interessenüberschneidungen von Nutzung und Schutz der Grundwässer rückwirkend klassifizier- und bewertbar (Ministerium für Geologie 1986). Weiterführung und Einbeziehung bewährter Dauerversuche zur Erhöhung der Treffsicherheit nachhaltiger politischer Entscheidungsfindungen – insbesondere unter Beachtung des Klimawandels – sind dazu unerlässlich (Merbach et al. 2015). Anhaltender Handlungs- und Forschungsbedarf beim Vollzug von betroffenem Fachrecht besteht für Umsetzung und Anwendung standardisierter und belastbarer methodischer Ansätze, insbesondere bei

der Abgrenzung von Korngrößenklassifizierungen und texturbezogener Wassergehalte genutzter Böden (Gözl et al. 2015; van Hoorn 1979).

Wesentliche Bestandteile von Korngrößenverteilungen betroffener mineralischer Feinböden und -sedimente sind die labortechnisch vernachlässigten „*abschlämbbaren Teilchen* (<0,01 mm)“ nach BodSchätzG (Bundesministerium der Justiz 2007: 3180) in Verbindung mit BewG (Bundesminister der Justiz 1991) und die Tonfraktion (<2µm) in dazugehörigen Musterstückbögen der BodSchätzDV (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2014: 963-1034). Insbesondere diese beiden Partikelgrößenanteile ermöglichen belastbarere Kornverteilungskurven (Kretschmer et al. 2003). Tonmineralfraktionen verbessern Aussagen zu gleichbleibend vergleichbaren Oberflächenanteilen feiner Mineralkörner als Bindestelle für Nährstoffe, die für die Kationenaustauschkapazität (KAK) gleichwertiger Humus- und Nährstoffbilanzen entscheidend sind (Horn 2002; Kögel-Knabner 2002; Schwertmann & Scheinost 2002). Dazu müssen die nach DIN Bodenbeschaffenheit (1997) ursprünglich in situ ermittelten und die zur Ausgangsprobe nicht reproduzierbare ausgemahlene Sekundärfraktion Schluff zugeordneten Gesamtgehalte im Kontext bestimmter Umweltqualitätsnormen für Sedimente nach OGewV (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2016) uneindeutig zu messenden Korngrößenanteilen zuzuordnen sein (s. dazu Ulonska 2004, 2014b).

Zielstellung dieses Beitrags ist, auf Grund ausbleibender Normalverteilungen, alternativ über robusten Median und 90. Perzentil überregionaler naturräumlicher Gegebenheiten wie Wassereinzugsgebieten und Bodendlandschaften, gleichwertige Vergleichbarkeiten von methodischen Ansätzen für statistische Auswertungen des Vollzugs von Boden- und Gewässerschutz lösungsorientiert vorzuschlagen. Derzeit liegen zu wenig belastbare texturbezogene und bodengeologisch-hydrogeologisch geprägte Wertepaare im oberflächennahen Bodenwasserregime zur Ausweisung von Pharmaka, Nährstoff-/Schwermetallgehalten und sonstigen Nanopartikeln (Essel et al. 2015; Liebmann et al. 2015) betroffener Feinböden/-sedimente vor, um mit entsprechender Sicherheit berechnet und bewertet zu werden.

2. Material und Methoden

Um vorab in situ geschätzte Korngrößenverteilungen mit im Labor bestimmten gleichwertig vergleichen zu können, sind die Tabellen 1 bis 3 wiederholt aktualisiert worden. Zusätzlich sind in den Tabellen 1 bis 5 gesetzlich normierte Begriffe sowie dazugehörige Zahlenwerte fett/kursiv und darauf aufbauende zu belastende Wertegrößen kursiv untersetzt. Bezeichnungen der (mineralischen) Körnung [Symbol] im Labor nach dem Äquivalentkorndurchmesser (mm) erfolgen punktuell für rechts- und vollzugssichere Korngrößenklassifizierungen der (mineralischen) Bodenarten im Gepräge des Ackerlandes nach Nestroy et al. (2012), Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Korngrößenverteilung in mineralischen Feinböden und mineralischen Feinböden (Deutsches Patent- und Markenamt 2013) sowie flächig für dazugehörige Ausweisungen nach Gemeinde/Gemarkung, Flur, Flurstück/Nr. und Teilfläche.

Die Verordnung über die Förderung der ländlichen Entwicklung (Europäische Union 2013a) wird 2021 aufgehoben. Bis dahin gelten dazugehörige biophysikalische Kriterien für die Abgrenzung von aus naturbedingten Gründen benachteiligten Gebiete für das Kriterium Boden mit der Bodentextur und zugeordnetem Schwellenwert %-Anteile organische Substanz und Ton auf Basis belastbarer punktueller Bodendaten. Das setzt verfü- und belastbare Bodeninformationssysteme national (BBodSchätzG 2007) und regional (ThürBodSchG 2003) voraus.

Tabelle 1: Dreidimensionale nutzungsartenübergreifende Abgrenzung zu bestimmender beispielhafter Partikelgrößenanteile mineralischer Feinböden und mineralischer Feinsedimente landwirtschaftlich, gärtnerisch und weinbaulich nutzbarer Flächen und Böden/Sedimente im Labor (BBodSchV 1999, Verfahren und Vorrichtung 2013; Ulonska 2017 in Verbindung mit OGewV 2016, Tabelle 2 und 3)

Table 1: Comprehensive three-dimensional classification of particle size distribution of mineral soils and sediments of agricultural, horticultural used areas, including vineyards

Korngrößen-		Nichtsynthetische mineralische Anteile nach dem Äquivalentkorndurchmesser [mm]	
		Korngrößenfraktion	Korngrößengemisch
-fraktion	gemisch		
	Sand [S]	<2,000 ≥ 0,063	
	Grobsand [gS]		<2,00 - 0,10
	Feinsand [fS]		<0,10 - 0,05
Schluff [U]		<0,063 ≥ 0,002	
	Staubsand [sS]		<0,05 - 0,01
	abschlämbbare Teilchen [A]		<0,01
Ton [T]		<0,002	

Tabelle 2: Dreidimensionale nutzungsartenübergreifende Schätzung von Korngrößenverteilungen der (mineralischen) Bodenarten des Ackerlandes in situ (BodSchätzDV 2014; BodSchätzG 2007; BewG 1991; DüV 2017; Nestroy et al. 2012; ThürDüV 2019b; Verordnung über die Förderung der ländlichen Entwicklung 2013a in Verbindung mit BewG 1991; Endbericht zum Forschungsprojekt 2015, Tabelle 1 und 3)

Table 2: Comprehensive three-dimensional soil taxation in situ estimation of particle-size distribution in different soil types of arable soils

Bodentextur	örtlich/ regionale (mineralische) Bodenart des Ackerlandes im Einzelgepräge	Visuell-taktile Feldschätzung (Fingerprobe)
Sand (Sa)	Sand (S) anlehmiger Sand (SI)	sandig nicht ausrollbar, nicht bindig, haftet nicht, nicht formbar, Einzelkörner dominieren, fällt beim Trocknen auseinander
	lehmiger Sand (IS) stark lehmiger Sand (SL)	sandig-lehmig nicht bis kaum ausrollbar, nicht biegsam, Einzelkörner noch gut sichtbar auf etwa Bleistiftstärke ausrollbar bis nicht ausrollbar, nicht biegsam, wenig bis keine Körner sichtbar
	sandiger Lehm (sL) Lehm (L)	lehmig auf etwa 5 mm Stärke ausrollbar, schwach biegsam, rau, körnig, Knirschen am Ohr deutlich hörbar auf etwa 3 mm Stärke ausrollbar, kaum biegsam, schwach körnig, schwaches oder kein Knirschen am Ohr
Ton (To)	schwerer Lehm (LT) Ton (T)	tonig auf weniger als 3 mm Stärke ausrollbar, gut biegsam, Körner leicht bis deutlich fühlbar, mehlig auf <1 mm Stärke ausrollbar, sehr biegsam, glänzende Abscherfläche, seifig

Schätzungen der Korngrößenverteilungen (mineralischer) Bodenarten in situ mit dazugehörigen Bestimmungen der Partikelgrößenanteile im Labor zur Abgrenzung der Komponenten Sand, Schluff und Ton: "... lassen sich in Dreieckschemata gegeneinander abgrenzen..." (Fiedler & Reissig 1964: 303). Dieses gleichseitige Bodenartendreieck ist bereits 1934 von der Kommission I der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft verhandelt und seitens der Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015) wiederholt vorgeschlagen worden. Während es nach der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (2017) widersprüchlich mitbenannt ist, kommt es in Österreich bundeseinheitlich gleichwertig zur Anwendung (Pehamberger 2001). Dieses Dreieck mit den abschlämmbaren Teilchen als methodisches Kontrollelement ordnungsgemäßer Laborbestimmungen, wird nach Tabelle 1 in Verbindung mit den Tabellen 2 und 3 wiederholt vorgeschlagen (dazu Ulonska 2002, 2011). Damit können gemäß Zielstellung methodisch gleichwertig vergleichbare und kompatible Ergebnisse für abzuleitende bodenhydrologische Kennwerte, Nährstoff- und Schwermetallgehalte für rechtsfesten Vollzug auf nationaler Ebene erreicht werden. Gleichfalls ist die Feldkapazität (FK) als ein Kennwert der Porengrößenverteilung/Wasserspeicherkapazität mit texturbezogenen Parametern als belastbare Eingangsgröße nach robustem Median und 90. Perzentil ableitbar.

Tabelle 3: Dreidimensionale nutzungsartenübergreifende Abgrenzung der Korngrößenklassifizierungen von Feinböden und -sedimenten der (mineralischen) Bodenarten des Ackerlandes im Labor (BodSchätzDV 2014; BodSchätzG 2007; DüV 2017; Nestroy et al. 2012; ThürDüV 2019b; Verfahren und Vorrichtung 2013; Stellungnahme 2013c; Verordnung über die Förderung der ländlichen Entwicklung 2013a in Verbindung mit Endbericht zum Forschungsprojekt 2015, Tabelle 1, 2).

Table 3: Comprehensive three-dimensional classification (lab methods) of particle-size distribution in soil types of arable soils.

Bodentextur	örtlich/ regionale mineralische Bodenarten [Einzelgepräge]	abschlämmbare Teilchen [A] < 0,01 mm	Ton [T]
Sand [Sa]	Sand [S]	<10,0	≤ 5,0
	anlehmiger Sand [SI]	≥10,0 <14,0	≤ 8,0
	lehmiger Sand [IS]	≥14,0 <19,0	≤13,0
	stark lehmiger Sand [SL]	≥19,0 <24,0	≤18,0
Lehmsand [Ls]	sandiger Lehm [sL]	≥24,0 <30,0	> 5,0 < 18,1
	Lehm [L]	≥30,0 <45,0	≥18,1 < 30,0
	schwerer Lehm [LT]	≥45,0 <60,0	≥30,0 < 45,0
Ton [To]	Ton [T]	≥60,0	≥45,0 <100,0

Erfolgreiche Evaluierungen mit geprüften prozentualen Masseanteilen ordnungsgemäß gemessener abschlämmbarer Teilchen, sind danach im Einzelfall als Bindeglieder von nicht kongruenten Bodenarten (BBodSchV 1999) hin zu den (mineralischen) Bodenarten (BodSchätzG 2007; BodSchätzDV 2014 in Verbindung mit Tabellen 1 bis 3) im Einzelgepräge des Ackerlandes geeignet. Insbesondere Zuordnungen der Vorsorgewerte mit mehreren nicht eindeutig nachvollziehbaren und belastbaren Bodenarten (BBodSchV 1999) stehen mit abweichenden Korngrößenklassifizierungen im Widerspruch zu den (mineralischen) Bodenarten nach Tabelle 3. Die nach BBodSchV (1999) ermittelten Korngrößenklassifizierungen sind einzeln nach erfolgten Prüfungen für Vollzug von Fachrecht vorab zu einer der acht gesetzlichen (mineralischen) Bodenarten umzurechnen.

3. Ergebnisse

3.1 Abgrenzung von aus naturbedingten Gründen benachteiligten Gebieten

Um flächenbezogene Zahlungen in Anspruch nehmen zu können, sind für Abgrenzungen von aus naturbedingten Gründen benachteiligten Gebieten die Kriterien Klima, Klima und Boden, Boden sowie Relief mit bestimmten Schwellenwerten untersetzt worden. Dabei ist offen, ob zwingende europarechtlichen Vorgaben für Vegetationsperioden, Wirtschafts-, Kalender-, Dünge- und/oder Hydrologisches Jahr zu gelten haben. Vor allem Textur und organische Substanz üben als Schwellenwerte bei EU-konformen Abgrenzungen erosionsgefährdeter Areale einen wesentlichen Einfluss aus (Panagos et al. 2015a, b). Zur Ausweisung transponibler K-Faktoren erosionsgefährdeter Gebiete, gelten die methodisch belastbaren und untersetzbaren Texturklassen Sand, Lehm und Ton. Die Hangneigung als Schwellenwert ist gleichermaßen betroffen.

3.2 Humus, pH-Wert und Kalkgehalt

Sorption, chemische Bindung und Fällung von Schadstoffen können durch verschiedene Maßnahmen wie Zufuhr von Humus oder Änderung des pH-Wertes gefördert werden, so dass Schadstoffe vorübergehend immobilisiert sind. Durch Extraktion gewonnene tolerierbare Maximalwerte von Spurenelementen sind für Gehalte benannt (BBodSchV 1999). Grenzwerte von Belastbarkeiten sind verwendbar, wenn Randbedingungen, unter denen sie ermittelt wurden, bekannt sind und sie denen des zu beurteilenden Bodens gleichen. Derzeit wird sich bei der Ermittlung des Kalkbedarfs von Acker- und Grünlandböden mit pH-Werten auf mehrere abweichende Bodenartengruppen bezogen (Ulonska 2011). Diese sind zu den gesetzlichen (mineralischen) Bodenarten (BodSchätzG 2007 und BodSchätzDV 2014) nicht kompatibel, nicht subsidiär und für umfassend belastbaren Vollzug nicht geeignet.

Bei Berücksichtigung von Methoden zur Bestimmung wesentlicher Parameter wie (mineralische) Bodenart (Tabelle 1 bis 3) oder standorttypischer Humusgehalt für bodenkundliche Aufnahmen als standortbezogene Obergrenze von Acker- und Grünland (Tabelle 4), haben bis dato Grundsätze und Handlungsempfehlungen zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung nach §17 BBodSchG (1999) Bestand für den Vollzug. Bei umfassend belastbaren Bestimmungen überregionaler Nährstoff- bzw. Schwermetallgehalte von Mineralböden (Tabelle 5) gilt es, zukünftig vollzugsrelevante und nutzungsartenübergreifende Humusgehalte indikativ zu berücksichtigen und in einem einheitlichen gleichwertig miteinander zu verknüpfen. Humusgehalt ist das Produkt aus den Faktoren organischer Kohlenstoff $\times 1,72$ (Zimmer et al. 2015). Dem steht die Erfordernis multidisziplinärer Prozessaufklärung zur Prognostizierung der Langzeiteffekte von Bewirtschaftungs- und Umweltveränderungen auf die Stoffdynamik im System Boden-Pflanze für die Bodenarten lehmiger Sand (IS) bis sandiger Lehm (sL) zur Seite (Merbach et al. 2015; Herbst et al. 2016).

Tabelle 4: Vorschlag zu Bewertungen von Humusgehalten bei Ermittlungen des Düngebedarfs aus dem Bodenvorrat für Vollzug (BBodSchV 1999; BodSchätzG 2007; DüV 2017 und ThürDüV 2019b in Verbindung mit Tabelle 1 bis 3, Verfahren und Vorrichtung 2013 und Verordnung über die Förderung der ländlichen Entwicklung 2013a).

Table 4: Short overview on humus contents and rooting depths of soil composition and regulation.

Standortbezogene Obergrenze Humusgehalt: Ackerland	
in situ	im Labor (Masse-%)
humos	> 4,0
stark humos	< 8
Standortbezogene Obergrenze Humusgehalt: Grünland	
sehr schwach bis stark humos	< 8
stark bis sehr stark humos	≥ 8 <15
anmoorig	≥15 <30
Moor	≥ 30

Tabelle 5: Ausgewählte Nährstoff- und Schwermetallgehalte (mg/kg Trockenmasse).**Table 5:** Selected nutrient and heavy metal concentrations (mg/kg dw).

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Klärschlammrichtlinie [1986]	1-3	k. A.	50-140	1-1,5	30-75	50-300	150-300
BBodSchV [1999]	0,4-1,5	30-100	20-60	0,1-1	15-70	40-100	60-200
AbfKlärV [2017]							
Kärnten Bergs [2015]	0,5-1,5	50-100	40-100	0,2-1	30-70	50-100	100-200
T	1,5	100	60	1	70	100	200
L	1	60	40	0,5	50	70	150
S	0,4	30	20	0,1	15	40	60
Vorschlag							
To	k. A.	k. A.	entfällt	k. A.	entfällt	k. A.	entfällt
Bodentextur							
Le	entfällt	entfällt	20-30	entfällt	entfällt	entfällt	60-141
Sa¹	entfällt	12-27	6-14	entfällt	6-19	entfällt	55- 85
DepV [2011]	≤1,0	≤120	≤80	≤1,0	≤100	≤140	≤300
OGewV [2016]	k. A.	640	160	k. A.	k. A.	k. A.	800
Bayern/Kärnten/ Baden-Württemberg²	entfällt	26-42	15-23	entfällt	22-37	27-35	39- 80

Zwar nennt die DüV (2017) bei der Ermittlung des Stickstoffbedarfs als ein Ergebnis der Standortbedingungen Klima, Bodenart und Bodentyp, unterlässt es jedoch, den Humusgehalt in Bezug zur Bodenart zu setzen. Zur Klarstellung des Gewollten und zur Vermeidung von Missverständnissen für belastbaren Vollzug muss es im Gegensatz zu „Humusgehalt in %“ (DüV 2017: 1330) für Flächen mit förderfähigen Mindestgrößen eindeutig „Humusgehalt in Masse-%“ heißen. Betroffene Betriebsinhaber werden dadurch in die Lage versetzt: „... auf der Grundlage wissenschaftlicher anerkannter Messmethoden“ (ThürDVO 2019b: 289), ihren Pflichten nachzukommen. Für die mit Nitrat belasteten Grundwasserkörper im schlechten chemischen Zustand wird in diesem Kontext folgende zusätzliche Maßnahme vorgeschlagen:

- „Die bisher nur im Betriebsdurchschnitt geltende Obergrenze von 170 kg Stickstoff pro Hektar für Gülle und andere Wirtschaftsdünger muss mit Beginn der Förderperiode 2021 in Anlehnung an Nitratrichtlinie (Europäische Gemeinschaften 1991) und Nitratbericht (2017) für betroffene nitrat- und phosphorbelastete landwirtschaftlich nutzbare Flächen und Böden/Sedimenten mindestens schlagbezogen berechnet werden. Für jede zu bewirtschaftende Flächeneinheit gilt grundsätzlich die Höchstmenge von 170 kg Stickstoff pro Hektar.“

Derzeit verwendete bodenkundliche Datengrundlagen stellen in Deutschland die verfügbare Basis für die nationale Flussgebietseinheit Weser dar (Johann Heinrich von Thünen-Institut 2015). Bodenschätzungsdaten dienen für Vollzug als Arbeitsgrundlage zur Erstellung bestimmter themenbezogener Übersichtskarten. Diese Feststellung aus dem Endbericht zum Forschungsprojekt ist in den Nitratbericht 2016 vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2017) übernommen worden. In diesem Zusammenhang wird unter Berücksichtigung bindender Regelungen bei Direktzahlungen für Kartierungen empfohlen, die bundesweit bewährte, einheitliche und belastbare nationale Kartenbasis Messtischblatt (MTB) mit der kompatiblen „Bodenkarte 1: 5000 auf Grundlage der Bodenschätzung“ (Gerigk & Hettwer 1993: 225, 238) in Verbindung mit der gleichzusetzenden Bodenkarte 1:25000 (Bundesanstalt für Bodenforschung und geologische Bundesämter 1965) beizubehalten. Damit verbundene Gauß-Krüger-Koordinaten sind in Verbindung mit der Feintextur wesentlicher Bestandteil zur Kennzeichnung und Nachvollziehbarkeit von Messstellen hydrologischer Fragestellungen nach Vergleich der Analyseergebnisse von Schadstoffen (Landesanstalt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz 2014). Einbeziehungen von pH-Werten in statistische Untersuchungen liefern für großmaßstäbige Karten im Rahmen von Hofbodenkartierungen belastbarere Aussagen

¹ Mit Ausnahme von Cr [30], Cu [30], Ni [29], Zn [32] lagen Stichprobenumfänge $n \geq 2 \leq 7$ vor; geprüfte Korngrößenanalysen überwiegend mit abschlämmbaren Teilchen dienen als Kontrollelement.

² Geprüfte Wertepaare nach Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1997), Nestroy (2015) und Stahr et al. (2015), sind mit Stichprobenumfängen $n \geq 2 \leq 16$ für Cr, Cu, Ni, Pb und Zn derzeit statistisch noch nicht ausreichend belastbar.

(Domsch et al. 2006). Für Bodenkunde, Gewässer- und Bodenschutz verwendete MTB sind maßgebend für zu generalisierende Übersichtszwecke (Thüringer Landesanstalt für Geologie 2000), auf Belange beim Vollzug der ThürDüV (2019b) und des Thüringer Naturschutzgesetzes (Thüringer Landtag 2019a) problemfrei übertragbar und für jedermann zugänglich. Auf landwirtschaftlich, gärtnerisch und Weinbaulich bewirtschafteten Böden bzw. Sedimenten ist anzustreben, regelmäßig Bestimmungen von pH-Werten durchzuführen. Dies ist unerlässlich, wenn bei Eingliederung neuer Pachtflächen vom bisherigen Nutzer entsprechende Analysenwerte aus Bodenuntersuchungen nicht übernommen werden oder Praktiker Zweifel an der Aussagekraft von Bodenproben äußern und das Dünagesystem in Frage stellen.

Im Vergleich zu Nährstoff-/Schwermetallgehalten, sind bei Bedingungen zur vereinfachten Bestimmung des Kalkbedarfs von Mineralböden die sechs Bodenarten nach VDLUFA (1991) nicht kongruent zu den seit mehr als 80 Jahren (BodSchätzDV 2014, Bundesrat 2007 und Nestroy et al. 2012) bewährten acht (mineralischen) Bodenarten im dreidimensionalen Einzel- und Gesamtgepräge des Ackerlandes (Rothkegel 1947; Kubiěna 1950).

Mit Blick auf das Urteil des Gerichtshofs (2018) bestehen für übergreifend belastbaren Vollzug von Fachrecht anhaltende Defizite, die auf den Vollzug von EU-Recht bis auf regionale Ebenen durchschlagen. Bergs (2015) hatte aus Sicht der Politik ursprünglich bodenbezogene Grenzwerte für die Klärschlammverwertung nach den Bodenarten: S, L und T vorgeschlagen. Im Gegensatz dazu enthält die novellierte AbfKlärV (2017) diesbezüglich keine kongruenten Vorgaben mehr, deren nutzungsartenübergreifende und umfassend belastbare Vollzugstauglichkeit mit rechtssicheren Bodendaten demzufolge in Frage gestellt ist. Umfassend belastbar gekennzeichnete Vorgaben sind hier wiederholt nach Tabelle 1 bis 3 überarbeitet worden und werden in Verbindung mit Tabelle 4 und 5 wiederholt vorgeschlagen (dazu Capelle et al. 2006; Nestroy et al. 2012; Ulonska 2014, 2016a, 2016b, 2017).

3.3 Nährstoff-, Wasser-, Schwermetall- und Pharmagehalte

Nährstoffe und Schwermetalle können über Bodenlösungen in Grund- und Oberflächengewässern mit Feinsedimenten ausgewaschen und eingetragen werden. Die genaue Bestimmung der Korngrößenverteilung in Feinböden und -sedimenten mit dazugehörigen Fraktionierungen und anschließenden Klassifizierungen ist demzufolge eine Grunderfordernis für weitergehende indirekte Ableitungen für Kriterien mit dazugehörigen Schwellenwerten. Löslichkeitsverhalten von Nährstoffen/Schwermetallen werden von pH-Werten des Bodens beeinflusst. Bei neutraler Bodenreaktion sind Löslichkeiten meist gering. Cd wird nach Wilke (2002) bereits bei pH-Werten <6,5 zunehmend löslich, während Pb erst unterhalb von pH 4 mobil wird. EU-weit gilt für von aus naturbedingten Gründen benachteiligten Gebieten im Oberboden der Schwellenwert von $\text{pH} \leq 5$.

Bei detaillierteren großmaßstäbigen Darstellungen texturbezogener Nährstoff- und Schwermetallgehalte sind für statistische Untersuchungen neben pH-Werten zusätzlich organische Kohlenstoffgehalte (C_{org}) oder bei kalkfreien Böden Gehalte an Gesamtkohlenstoff (C_{t}) zu berücksichtigen. Bei tonarmen Böden <5 Masse-% Ton sind dies: Carbonatgehalte, KAK nebst Einbeziehung von Entstehungsarten (Bodengeologie), Leitbodenformen, Horizontierungen und Tiefenlagen. Dies impliziert zukünftig für die Verbesserung des fachrechtsübergreifenden Vollzugs aus den Bereichen Umwelt für den Bodenschutz (Umweltbundesamt 2015) und Wirtschaft für die Nutzung (Bundesanstalt Geowissenschaften und Rohstoffe 2007) vor allem für Punktinformationen gleichermaßen methodisch belastbare Wertereihen über den Zugang zu Ergebnissen von Bodenuntersuchungen. Derzeit stehen diese für Bodeninformationssysteme (BodSchätzG 2007) in noch nicht ausreichender Anzahl mit belastbaren Bodendaten zur Verfügung. Demzufolge besteht Forschungsbedarf bei der Suche nach kurz- und mittelfristigen Lösungen für reproduzierbare Methoden.

Zahlreiche Wirkstoffe und Arzneimittel lassen Erwartungen zu, dass vorab nicht abgebaute Arzneimittelrückstände an ungünstigen Standorten, die auf Grund ihrer Bodenverhältnisse und Nutzung umgewandelt wurden, über den Matrixzufluss in das Grundwasser eingetragen werden können. Dabei erscheint die Bestimmung geogener Korngrößenanteile im Feinboden/Feinsediment im Zusammenhang mit Sorptionskoeffizienten von grundsätzlicher Bedeutung zu sein. Hannappel et al. (2014) hatten primär sandige Schichten der Versickerungszone mit geringen summarischen FK der gesamten ungesättigten Zone des Untergrundes oberhalb des Grundwassers ausgewählt, um den wahrscheinlichen Eintrag von Tierarzneimitteln in das Grundwasser als besonders wahrscheinlich anzunehmen. Um eine Gesamtschau von Feststoffkennwerten und Umweltqualitätsnormen zu erhalten, sind texturbezogene Einträge mit Tierarzneimitteln mit Ergebnissen aus Untersuchungen von Arzneimitteln/Wirkstoffen im Rahmen ordnungsgemäßer Abwasser- und Klärschlamm Entsorgung zusammenzuführen (s. dazu Hoffmann & Renger 1998).

Dennemann & Robberse (1993) beziehen sich auf einen Standardboden, der mit einem Anteil von 25% Ton und 10% organischen Stoffen definiert wird. Dieser Standardboden tangiert zugleich mehrere – zu den (mineralischen) Bodenarten (BodSchätzG 2015 in Verbindung mit BodSchätzDV 2014) nicht kompatiblen – Bodenartengruppen, diesen unterschiedlich zugeordneten zehn Bodenartenuntergruppen nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Geologische Landesämter 1996). Für Vollzug auf landwirtschaftlich nutzbaren Flächen und Böden/Sedimenten sind Bodenartengruppen sowie Bodenartenuntergruppen nicht zutreffend und nicht geeignet (Ulonska 2002). Die nach Tabelle 5 für Zn untereinander

erheblich abweichenden Werte weisen neben dem Problem von Skalierungen (Christen 2012) auf methodische Abweichungen hin.

Clara et. al. (2015) zitieren europäische Richtlinien, die Stoffe nennen, denen im Rahmen der langfristigen Trendermittlung besondere Beachtung zukommt. Auf EU-Ebene gelten im Bereich der Umweltpolitik in zu untersuchenden Feinsedimenten Pb, Cd, Ni und Hg mit dessen Verbindungen als prioritäre Stoffe. Nähere Details in welchem Kompartiment (Wasser, Feinsediment/-boden, Biota) diese Stoffe gemessen werden, sind in der betroffenen europäischen Richtlinie zu prioritären Stoffen nicht enthalten (Europäische Union 2013b). Für bestimmte Feststoffwerte gehen diese für Cr und Zn auf nationaler Ebene (Tabelle 5) über europäische Vorgaben hinaus (OGewV 2016). Feinsedimente/-böden und Biota sind in Kombination die geeigneten Matrizes für langfristige Trendermittlungen. Nestroy (2015) und Stahr et al. (2015) haben texturbezogen belastbare Messwerte von Tonmineralkomplexen und Humus- bzw. Kohlenstoffgehalten vorgelegt.

4. Resümee

Derzeit liegen zu wenig belastbare texturbezogene und bodengeologisch-hydrogeologisch geprägte Messwerte im oberflächennahen Bodenwasserregime für postulierten Forschungsbedarf des Boden- und Gewässerschutzes vor. Dazu gehören Rahmenbedingungen zu etablierender K-Faktoren für aus naturbedingten Gründen benachteiligte Gebiete auf europäischer, nationaler, regionaler und örtlicher Ebene. Schwerpunkte sind auf Wasser-, Nährstoff- und Schwermetallgehalte mit reproduzierbaren Korngrößenanteilen zu legen. Anlass sind erheblich abweichende Umweltqualitätsnormen von Schwermetallgehalten (Tabelle 5). Ziel überregionaler Forschungen sollte es sein, verwertbare Beiträge zur Politikberatung geben zu können. Ausweisungen von Nährstoff-/Schwermetallgehalten, Pharmaka und sonstiger Nanopartikel in Feinböden/-sedimenten, sind über belastbare Standardmethoden mit ausreichend reproduzierbaren Wertereihen zu berechnen und zu bewerten. Der postulierte Forschungsbedarf in den Fachbereichen Bodenkunde in Kombination mit Boden- und Gewässerschutz ist derzeit weiterhin offen und nicht abschließend. Ableitungen der Vorsorgewerte und deren Zuordnung nach (mineralischen) Bodenarten (BBodSchV 2017) für landwirtschaftlich nutzbare Flächen und Böden/Sedimente sowie die texturneutralen Werte nach OGewV (2016), sind auf nationaler Ebene bundesweit gleichwertig vergleichbar zu prüfen. Tabelle 3 in Verbindung mit Tabelle 4 werden im Kontext zum Nitratbericht 2016 mit rechtssicheren (mineralischen) Bodenarten für belastbaren Vollzug von landwirtschaftlichem Fachrecht zur Prüfung mit vorgeschlagen.

5. Summary

Threshold values, which are combined with EU-specifications for soil and sediment texture, are proposed. These are related to soil moisture, humus contents, nutrient and contaminant contents, slope angle and pH-level. Texture related contents have to be set as environmental standards. For optimizing of prediction models, qualified values have to be used as input data. In case of combining data from spot to plot, data has to be improved.

Danksagung

Der Verfasser bedankt sich bei Herrn Prof. Dr. W. Merbach (Halle) und bei Herrn Dr. O. Wiche (Freiberg) für gegebene Hinweise und Ratschläge.

6. Literatur

- Bergs, C.-G., 2015: Phosphor – wo geht die Reise hin? Ziele und Vorstellungen der Politik (www.dwa-st.de/rueckblick.html) (Zitat: 04. August 2015).
- Capelle, A., Ulonska, H.-J. & Rötcher, T. (2006): Administrative und wissenschaftliche Nachnutzungen von Primärdaten der Bodenschätzung. *Wasserwirtschaft* 96: 64-68.
- Clara, M., Draxler, A. & Deutsch, M. (2015): Fischuntersuchungsprogramm 2013: 1-96.
- Christen, O. (2012): zit. in: Müller-Jung (2012, N1).
- Dennemann, C. A. & Robberse, J. G. (1993): Bodenstandards im Rahmen des Niederländischen Bodenschutzes. Rosenkranz, D., Einsele, G. & Harreß, H.-M. (Hg.), *Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Boden, Landschaft und Grundwasser*, Berlin 13: 1-27.
- DIN Bodenbeschaffenheit (2014): Felduntersuchungen Bestimmung der Bodenart. 19682/2, 1-12.
- DIN Bodenbeschaffenheit (2007): Felduntersuchungen Bestimmung der Bodenart. 19682/2, 1-12.
- DIN Bodenbeschaffenheit (1997): Extraktion in Königswasser löslicher Spurenelemente (ISO 11466: 1995) 11466:06.97 (zit. in: BBodSchV 2017: 1564).
- Domsch, H., Hartmann, H.-J. & Boess, J. (2006): Welche Bodeninformationen nutzen? Genauere Bewirtschaftung durch Kombination alter und neuer Daten. *Neue Landwirtschaft* 10: 26-28.
- Essel, R., Engel, L., Carus, M. & Ahrens, R. H. (2015): Quellen für Mikroplastik mit Relevanz für den Meeresschutz in Deutschland. *uba texte* 63: 1-41.
- Fiedler, H. J. & Reissig, H., 1964: *Lehrbuch der Bodenkunde*, Gustav Fischer Jena.
- Fleck, W. (2015): Bodenwasserhaushaltstabellen der KA 5. *Bodenschutz* 20: 124.
- Gerigk, H.-U. & Hettwer, K. (1993): Bodenschätzungsdaten bei der Vermessungs- und Katasterverwaltung.

- Nachrichten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 43: 219-241.
- Götzl, M., Schwaiger, E., Schwärzl, B. & Sonderegger, G. (2015): Ökosystemleistungen des Waldes. Report. 0544: 1-55.
- Hannappel, S., Balzer, F., Groeneweg, J., Zühlke, S. & Schulz, D. (2014): Vorkommen von Tierarzneimitteln in oberflächennahem Grundwasser unter Standorten mit hoher Viehbesatzdichte in Deutschland. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 58: 218-220.
- Herbst, F., Schmidt, L. & Merbach, W. (2016): Wirkung der Mineraldüngung auf die C- und N-Gehalte im Boden der Hallenser Dauerdüngungsversuche. *Journal für Kulturpflanzen* 68: 328-337.
- Hoffmann, C. & Renger, M. (1998): Schwermetallmobilität in Rieselfeldern. *Bodenökologie & Bodengenese* 26: 30-39.
- Horn, R. (2002): Bodenphysik. In: Blume, H. P.; Brümmer, G. W.; Schwertmann, U., Horn, R., Kögel-Knabler, I., Stahr, K., Auerswald, K., Beyer, U., Hartmann, A., Litz, N., Scheinost, A., Stanjek, H., Welp, G. & Wilke, B.-M. (Bearb.) (2002): Lehrbuch der Bodenkunde, Spektrum Heidelberg, Berlin: 155-271.
- Kögel-Knabner, I. (2002): Organische Substanz und Bodenbiologie. In: Blume, H. P., Brümmer, G. W., Schwertmann, U., Horn, R., Kögel-Knabler, I., Stahr, K., Auerswald, K., Beyer, U., Hartmann, A., Litz, N., Scheinost, A., Stanjek, H., Welp, G. & Wilke, B.-M. (Bearb.) (2002): Lehrbuch der Bodenkunde, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin, 51-82.
- Kretschmer, H., Kahle, P. & Ulonska, H.-J. (2003): Die Kornverteilungskurve eines Bodens als Grundkriterium für die Ableitung von Bodenarten nach verschiedenen Klassifikationssystemen. *Bodennutzung und Landentwicklung* 44: 26-28.
- Kubiëna, W. (1950): Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Enke, Stuttgart.
- Liebmann, B., Briechmann, H., Heinfeldner, H., Hohenblum, P., Köppel, S., Schaden, S. & Uhl, M. (2015): Mikroplastik in der Umwelt Vorkommen, Nachweis und Handlungsbedarf. (Hrsg.), Umweltbundesamt Wien. Report 0550: 1-48.
- Merbach, W., Herbst, F. & Schmidt, L. (2015): Dauerversuche – museales Relikt oder wissenschaftliche Herausforderung? *VDLUFA-Schriftenreihe* 71: 112-121.
- Müller-Jung, J. (2012): Kränkelnde Krume – Dürre, Mangel, Missernte: Versagen wir am Boden? *D'inka*, W.; Kohler, G.; Nonnenmacher, G.; Schirrmacher, F. & Stelzner, H. (Hrsg.), Frankfurter Allgemeine Zeitung. 195: N1.
- Nestroy, O. (2015): Böden und Landschaften im Bereich des Großglockners. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 117: 57-69.
- Nestroy, O., Kretschmer, H. & Ulonska, H.-J. (2012): Bodenkundliche Basisdaten als Grundlage für justitiable Kriterien bestimmter Schwermetall-, Nährstoff- und Wassergehalte. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 115: 31-43.
- Otte-Witte, R., Boudewins, T., Brandt, C., Fehr, G., Fink, M., Flohr, J., Hilmer, R., Knoll, T., Kopp, J. B., Krieger, S., Langenohl, T., Lehrmann, F., Rehfus, S., Roediger, M., Schneichel, H.-W. & Siekmann, T. (2018): Auswirkungen der neuen Klärschlammverordnung auf die Klärschlammbehandlung. *Korrespondenz Abwasser, Abfall* 65: 703-709.
- Panagos, P., Borrelli, P. & Meusburger, K. (2015a): A New European Slope length and Steepness Factor (LS-faktor) for Modelling Soil Erosion by Water. *Geoscience* 5: 117-126.
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., van der Zanden, E. H., Poesen, J. & Alewell, C. (2015b): Modelling the effect of support practices (P-factor) on the reduction of soil erosion by water at European Scale. *Environmental Science & Policy* 51: 23-34.
- Pehamberger, A. (2001): Bodenschätzung in Österreich. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 94: 55-58.
- Rothkegel, W. (1947): Landwirtschaftliche Schätzungslehre, Ulmer, Ludwigsburg.
- Schwertmann, U. & Scheinost, A. (2002): Bodenchemie. In: Blume, H. P.; Brümmer, G. W.; Schwertmann, U. Horn, R., Kögel-Knabler, I., Stahr, K., Auerswald, K., Beyer, U., Hartmann, A., Litz, N., Scheinost, A., Stanjek, H., Welp, G. & Wilke, B.-M. (Bearb.) (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin: 103-122.
- Stahr, K., Böcker, R. & Jochum, R. (2015): Meteoric crater of „Nördlinger Ries“. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 117: 84-99.
- Straßburger, T. (2011): Zeit des Stillstands? *Bodenschutz in Europa*. *Bodenschutz* 16: 61.
- Ulonska, H.-J. (2002): Abgleich von Körnungsarten in aktuelle Nomenklatur. *Wasser & Boden* 54: 61-64.
- Ulonska, H.-J. (2004): Kennzeichnung von Mineralböden für den landwirtschaftlichen Bodenschutz Vorschlag zur Neugliederung der Korngrößenfraktionen. *Bodenschutz* 9: 16-20.
- Ulonska, H.-J. (2011): Die Schätzung mineralischer Bodenarten in situ vs. Bestimmung im Labor? Konflikte, Lösungsansätze Alternativen. *Mitteilungen Agrarwissenschaften* 19: 87-100.
- Ulonska, H.-J. (2014a): Anspruch und Wirklichkeit Bodenkundliche Primärdaten im skalierten Spannungsfeld von Fachrecht und Wissenschaft. *altlastenspektrum* 23: 70-75.
- Ulonska, H.-J. (2014b): Mehrere Methoden ein Ergebnis? Vollzugstauglichkeit normierter Korngrößenbestimmungen. *Marktreidwitzer Bodenschutztag* 8: 197-201.
- Ulonska, H.-J. (2016a): Nachhaltiger Gewässer- und Bodenschutz – Stoffkreisläufe am administrativen Scheideweg? Tag der Hydrologie Wasserressourcen Wissen in Flussgebieten vernetzen. 17./ 18. März. Koblenz, 9. https://www.hs-koblenz.de/fileadmin/media/fb.../Bilder/.../TdH2016_Programm.pdf [Zitat: 24. Juli 2018]
- Ulonska, H.-J. (2016b): Persönliche Stellungnahme zum Bericht „Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie Neuauflage 2016“ (Entwurf) (<https://www.bundesregierung.de/resource/blob/.../2016-07-31-ulonska-data.pdf?...1>) (Zitat: 03. März 2019).
- Ulonska, H.-J. (2017): Normierte Korngrößenverteilungen als Prüfstein belastbarer Kennwerte des oberflächennahen Bodenwasserregimes benachteiligter Gebiete. *Mitteilungen Agrarwissenschaften* 31: 87-99.
- Van Hoorn, J. W. (1979): Effect of capillary flow on salination and the concept of critical depth for determining drain depth Paper No. 4.06 International drainage Workshop (1978) ILRI Publication 25: 686-700.
- VDLUFA (1991): Bestimmung des Kalkbedarfs von Mineralböden nach Schachtschabel (mit nur einer Einwaage). In: *Die Untersuchung von Böden I*: 1-11.

- Wilke, B.-M. (2002): Schadstoffe. In: Lehrbuch der Bodenkunde. Blume, H. P., Brümmer, G. W., Schwertmann, U. Horn, R., Kögel-Knabler, I., Stahr, K., Auerswald, K., Beyer, U., Hartmann, A., Litz, N., Scheinost, A., Stanjek, H., Welp, G. & Wilke, B.-M. (Bearb.) 15, Spektrum Heidelberg – Berlin: 359-407.
- Zimmer, J., Bauriegel, A. & Kroschewski, B. (2015): Kohlenstoff * 1,72 = Humus? VDLUFA-Schriftenreihe 71: 266-273.

7. Gesetze und untergesetzliche amtliche Normen

- Bundesanstalt für Bodenforschung und Geologische Landesämter (1965): Die Bodenkarte 1:25000 Anleitung und Richtlinien zu ihrer Erstellung. Hannover: 1-124.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2007): Gehalte an organischer Substanz in Oberböden Deutschlands – Bericht über länderübergreifende Auswertungen von Punktinformationen im FISBo BGR: ii-iv, 1-33, 24 Anlagen.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter (1996): Bodenkundliche Kartieranleitung 4. Stuttgart: 1-392.
- Bundesminister der Justiz (1991): Bewertungsgesetz (BewG). BGBl. I: 230-275.
- Bundesministerium der Justiz (2011): Deponieverordnung (DepV). BGBl. I: 2066-2078.
- Bundesministerium der Justiz (2007): Bodenschätzungsgesetz (BodSchätzG). BGBl. I: 3176-3183.
- Bundesministerium der Justiz (1999): Grundsätze und Handlungsempfehlungen zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung nach §17 Bundes- Bodenschutzgesetz (BBodSchG) vom 17. März 1998. Bundesanzeiger 73: 6586-5687.
- Bundesministerium der Justiz (1998): Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG). BGBl. I: 502-510.
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2017): Klärschlammverordnung (AbfKlärV). BGBl. I: 3465-3512.
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2017): Düngeverordnung (DüV). BGBl. I: 1305-1348.
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2016): Oberflächengewässerverordnung (OGewV). BGBl. I: 1373-1443.
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2014): Bodenschätzungs-Durchführungsverordnung (BodSchätzDV). BGBl. I: 962-1034.
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). BGBl. I: 154-1582.
- Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2017): Nitratbericht 2016: 1-140.
- Bundesrat (2007): Entwurf eines Jahressteuergesetzes 2008 (JStG 2008). Drucksache 544: 1-135.
- Bundesregierung (2013): Antwort auf die Mitteilung der EU-Kommission „Konsultative Mitteilung zur nachhaltigen Verwendung von Phosphor (COM (2013) 517 final)“: 1-17.
- Deutscher Bundestag (2017): Vierter Bodenschutzbericht der Bundesregierung. Drucksache 18/13666: 2-71.
- Deutsches Patent- und Markenamt (2013): Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Korngrößenverteilung in mineralischen Feinböden und mineralischen Feinsedimenten DE 10 2008 027 971. B4. Patentblatt 133: 1-9.
- Die Bundesregierung (2015): Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel: 1-98, 3 Anhänge.
- Europäische Gemeinschaften (1991): Richtlinie 91/676/ EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen. Amtsblatt L 375: 1-8.
- Europäische Gemeinschaften (1986): Richtlinie 86/278/EWG des Rates vom 12. Juni 1986 über den Schutz der Umwelt und insbesondere der Böden bei Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft. Amtsblatt L 181: 6-12.
- Europäische Union (2013a): Verordnung (EU) Nr. 1305/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Förderung der ländlichen Entwicklung durch den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1698/2005. Amtsblatt L 347: 487-548.
- Europäische Union (2013b): Richtlinie vom 12. August zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt L 226: 1-17.
- Europäische Union (2013c): Stellungnahme des Ausschusses der Regionen „Umsetzung der thematischen Strategie für den Bodenschutz“. Amtsblatt. C 17: 37-44.
- Food and Agriculture Organization of the United nations (2015): World reference base for soil resources 2014. world soil resources reports 106: i-viii, 1-143, 4 Annexe.
- Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1997): Bodenkarte von Baden-Württemberg 1: 25 000. Musterprofile Blatt 6820 Schwaigern. Freiburg i. Br.: 1-48.
- Gerichtshof (2018): Vertragsverletzungsverfahren eines Mitgliedstaats – Richtlinie 91/676/EWG – Art. 5 Abs. 5 und 7 - Anhang II Teil A Nrn. 1 bis 3 und 5 Urteil. (zit. in: http://www.thueringen.de/mam/th1/tskxbl/newsletter_9-2018.pdf (Zitat: 21. August 2018).
- Johann Heinrich von Thünen-Institut (2015): Endbericht zum Forschungsprojekt "Entwicklung eines Instrumentes für ein flussgebietsweites Nährstoffmanagement in der Flussgebietseinheit Weser" AGRUM+-Weser. Thünen Report 21: I-XXVII, 1-346.
- Landesanstalt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (2014): Vergleich der Analyseergebnisse von Schadstoffen (qualitative Messstellen) aus dem Jahre 2004 bis 2012. Mainz: 1-119 (Entwurf) (www.luwg.rlp.de/icc/luwg/ads/) (Zitat: 10. August 2015).
- Ministerium für Geologie (1986): Fachbereichstandard Nutzung und Schutz der Gewässer Grundwasser Klassifizierung 34334: 1-9.
- Thüringer Landesanstalt für Geologie (2000): Die Leitbodenformen Thüringens Legendenkartei zu den „Bodengeologischen Übersichtskarten“ Thüringens i. M. 1: 100.000. Geowissenschaftliche Mitteilungen von Thüringen 3: 3-100, Anhang.

- Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (s. a. [2017]): Neuabgrenzung der aus naturbedingten oder anderen spezifischen Gründen benachteiligten Gebiete im Freistaat Thüringen: 2-27.
- Thüringer Landtag (2019a): Thüringer Naturschutzgesetz. Gesetz- und Verordnungsblatt 9: 323-347.
- Thüringer Landtag (2019b): Thüringer Verordnung über ergänzende Vorschriften zur Düngeverordnung (ThürDVO). Gesetz- und Verordnungsblatt 8: 289-291.
- Thüringer Landtag (2003): Thüringer Bodenschutzgesetz (ThürBodSchG). Gesetz- und Verordnungsblatt 15: 511-515.
- Umweltbundesamt (2015): Quellen für Mikroplastik mit Relevanz für den Meeresschutz in Deutschland. texte 63: 1-41.
- Umweltbundesamt (2015): Schonung von Phosphor-Ressourcen aus Sicht einer nachhaltigen Bodennutzung und des Bodenschutzes: 3-5.

Anschrift des Autors:

Ulonska, Hans-Jürgen: Teichgasse 28, 99099 Erfurt-Windischholzhausen, E-Mail: hans-juergen-ulonska@t-online.de