

SOILAssist-Teilprojekt ,Akzeptanz und Implementierung'

Analyse behördlicher Handlungsempfehlungen
zur Vermeidung von Bodenverdichtung auf
Ackerböden

Kirstin Marx, Anna Jacobs

Thünen Working Paper 160

Das diesem Bericht zugrunde liegende Verbundprojekt SOILAssist wurde mit Mitteln des BMBF im Rahmen der Förderaktivität BonaRes – Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie gefördert (FKZ 031A563A). Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.



Kirstin Marx
vormals Stabsstelle Boden des Thünen-Instituts
vormals Bundesallee 64
38116 Braunschweig

Dr. Anna Jacobs
Stabsstelle Boden des Thünen-Instituts
Bundesallee 49
38116 Braunschweig

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei
Bundesallee 50
38116 Braunschweig

Tel.: 0531 596-1112
Fax: 0531 596-1099
E-Mail: anna.jacobs@thuenen.de

Unter redaktioneller Mitarbeit von Sandra Ledermüller und Karen Prilop (wiss. Mitarbeiterinnen der Stabsstelle Boden) und unter Mediengestaltung durch Mareike Zech (Präsidialbüro). Der Dank der Autorinnen gilt den Kolleginnen und Kollegen des Johann Heinrich von Thünen-Instituts für Agrartechnologie (Prof. Engel Hessel, PD Dr. Joachim Brunotte, Dr. Marco Lorenz) für den Fachaustausch zur Umwelttechnologie Boden/Pflanze, vor allem zu agrartechnologischen Lösungen für die nachhaltige Bodennutzung sowie die Bereitstellung eines Teilprojekt-Teamraums.

Auch möchten wir unseren Dank aussprechen an Dr. Peter Weisskopf (Agroscope, CH), Dr. Gudrun Schwilch und Corsin Lang (Bundesamt für Umwelt, BAFU, CH) sowie Prof. Lijbert Brussaard (Wageningen University & Research, WUR, NL) und Dr. Jean-François Soussana (INRA, FR) für fruchtbare Diskussionen während Tagungen bzw. für den gegenseitigen Fachaustausch per E-Mail.

Thünen Working Paper 160

Braunschweig/Germany, November 2020

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------------|
| Abbildungs- und Tabellenverzeichnis | V |
| Abkürzungsverzeichnis | VI |
| Zusammenfassung | i |
| Summary | iii |
| 1 Einleitung | 1 |
| 2 Bodenschutz im deutschen Ordnungsrecht – unter Berücksichtigung von förderrechtlichen Anforderungen auf EU-Ebene | 3 |
| 2.1 Bodenverdichtung im Bundes-Bodenschutzgesetz | 4 |
| 2.2 Bodenverdichtung in der Bundes-Bodenschutzverordnung | 5 |
| 2.2.1 Exkurs Schweiz: Verordnung über Belastungen des Bodens | 6 |
| 2.3 Bodenverdichtung in Länderbodenschutzgesetzen und weiteren Regelungen | 8 |
| 2.3.1 Erstellung der Länderbodenschutzgesetze | 8 |
| 2.3.2 Bodenverdichtung in Länderbodenschutzgesetzen | 8 |
| 2.3.3 Bodenschutzprogramme | 10 |
| 2.3.4 Vereinbarungen und Leitfäden zur Vermeidung von Bodenverdichtung | 12 |
| 2.4 Zwischenergebnis: Vorgaben zur Bodenverdichtung im Ordnungsrecht | 13 |
| 3 Koordination der Bundesländer zum Vollzug des Bodenschutzrechts | 17 |
| 3.1 Empfehlungen des Arbeitsgremiums der Umweltministerkonferenz (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz, LABO) | 17 |
| 3.1.1 Position der LABO zur Guten fachlichen Praxis (2014) | 17 |
| 3.1.2 Empfehlungen der LABO zur Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie (2015) – Verpflichtung zur Geodatenbereitstellung/Berichterstattung | 19 |
| 3.2 Zwischenergebnis: Lösungsvorschläge und Empfehlungen der LABO | 20 |
| 4 Vorgaben und Aktivitäten auf EU-Ebene bzw. im EU-Recht zur Bodenverdichtung | 23 |
| 4.1 Bodenschutzpolitik in der Europäischen Union | 23 |
| 4.1.1 Europäische Bodencharta (1972) | 23 |
| 4.1.2 Thematische Strategie für den Bodenschutz (2002, 2006, 2012) | 23 |
| 4.1.3 Zurückgezogene EU-Bodenrahmenrichtlinie (2006) | 24 |
| 4.1.4 Siebtes Umweltaktionsprogramm 2014-2020 (2013) | 25 |
| 4.1.4.1 Empfehlung des Siebten Umweltaktionsprogramms an die Mitgliedstaaten für einen verbindlichen Rechtsrahmen | 25 |
| 4.1.4.2 Pilotprojekt MAES (seit 2011/2012, fortl.) | 26 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1.4.3 European Soil Expert Group | 27 |
| 4.1.5 Inventar der Gesetzgebungen der Mitgliedstaaten (2016) | 29 |
| 4.1.6 Exkurs globale Ebene: Sustainable Development Goals, Status of the World's Soil Resources, Revised World Soil Charter (2015) | 30 |
| 4.2 (Weitere) KOM-geförderte Projekte zur Verbesserung des Bodenmanagements | 32 |
| 4.2.1 RECAR (2013-2018) | 32 |
| 4.2.2 LANDMARK (2015-2019) | 33 |
| 4.2.3 iSQAPER (2015-2019) | 34 |
| 4.2.4 INSPIRATION (2015-2018) | 34 |
| 4.2.5 SoilCare (2016-2021) | 34 |
| 4.2.6 DiverFarming (2017-2022) | 35 |
| 4.3 Weitere Entwicklungen in Europa | 36 |
| 4.3.1 Fact Sheets des Projekts SoCo (2007-2009) | 36 |
| 4.3.2 Synthesebericht State of the Environment Report (2015) | 37 |
| 4.3.3 Französische Initiative 4 für 1000 (seit 2015, fortl.) | 37 |
| 4.3.4 Implementationsplan und Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management der FAO (2017) | 38 |
| 4.4 Zwischenergebnis: Vorgaben und Aktivitäten zum Europäischen Bodenschutz | 39 |
| 5 Handlungsempfehlungen auf Länderebene | 43 |
| 5.1 Bodenverdichtung als Thema auf Länderebene | 43 |
| 5.1.1 Mehrländerprojekte und Kooperationen | 44 |
| 5.1.2 Excel-Anwendungen | 46 |
| 5.1.3 Exkurs Schweiz: Simulationsmodelle TASC und Terranimo® | 47 |
| 5.1.4 Dialog Landwirtschaft und Umwelt sowie Initiative boden:ständig | 47 |
| 5.1.5 Web Map Services | 48 |
| 5.2 Einfluss auf die Kommunikation durch das UN-Jahr des Bodens 2015 | 49 |
| 5.3 Zwischenergebnis: Bodenverdichtung in Handlungsempfehlungen der Bundesländer | 49 |
| 6 Handlungsempfehlungen auf Bundesebene | 53 |
| 6.1 Bodenverdichtung als Thema auf Bundesebene – übergeordnete Strategie(n) | 53 |
| 6.1.1 Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie und neuer Bodenindikator | 53 |
| 6.1.2 Strategien der Initiative Economics of Land Degradation | 54 |
| 6.1.3 Förderschwerpunkt Nachhaltiges Landmanagement und dessen Erweiterung Innovationsgruppen (FONA) | 55 |
| 6.1.4 Fördermaßnahme Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie | 57 |
| 6.2 Bodenverdichtung als Thema auf Bundesebene – Ressorts und Regelsetzer | 58 |
| 6.2.1 Ressort Landwirtschaft | 59 |
| 6.2.2 Ressort Umwelt | 63 |
| 6.2.3 Ressort Wirtschaft | 68 |
| 6.2.4 Ressort Zusammenarbeit | 70 |

| | | |
|-----------------------------|---|------------|
| 6.2.5 | Regelsetzer | 72 |
| 6.2.6 | Kommissionen und Fachbeiräte | 73 |
| 6.3 | Innovative Ansätze nutzerorientierter Kommunikation | 81 |
| 6.3.1 | Bürgerdialog Dialog-Forum Wasser/Boden | 81 |
| 6.3.2 | Praktikernetzwerk | 81 |
| 6.3.3 | Praktiker-Dialog mit der Landwirtschaft | 82 |
| 6.3.4 | YouTube-Videobeiträge Wir geben Antworten | 83 |
| 6.3.5 | Empfehlungen und Thesen für eine verbesserte Kommunikation | 87 |
| 6.3.6 | Bürgerdialog Fragen Sie einen Landwirt! | 89 |
| 6.4 | Zwischenergebnis: Bodenverdichtung in Handlungsempfehlungen des Bundes | 89 |
| 7 | Zusammenfassende Bewertung | 113 |
| 7.1 | Ebenen der Handlungsempfehlung (national, europäisch) | 113 |
| 7.2 | Gestaltung und Kommunikation der Handlungsempfehlung | 119 |
| 7.3 | Methoden der Handlungsempfehlung | 122 |
| 8 | Resümee | 125 |
| Literaturverzeichnis | | 133 |
| Anhang | | 151 |
| Anhang 1: | Erstellung der Bodenschutzgesetze der Bundesländer: Zeitliche und inhaltliche Übersicht zu Inhalten der Länderbodenschutzgesetze zur Verdichtung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen | 151 |
| Anhang 2: | Dokumente zum Thema Bodenverdichtung auf Länderebene, vgl. Kurzübersicht in Kapitel 5.1 (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) | 156 |

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|--------------|---|----|
| Abbildung 1: | In Länderbodenschutzgesetzen gewählte Wortlaute zu Bodenverdichtung bzw. zu physikalischem Bodenzustand und Guter fachlicher Praxis (GfP) | 10 |
|--------------|---|----|

Tabellenverzeichnis

| | | |
|------------|--|----|
| Tabelle 1: | Bodenverdichtung: Anzahl der Fundstellen von Handlungsempfehlungen auf Länderebene – Kurzübersicht (ausgenommen Ländergesetze, ohne Anspruch auf Vollständigkeit) (s. Detailübersicht in Anhang 2) | 43 |
| Tabelle 2: | Forschungsarbeiten in der Fördermaßnahme Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie (BonaRes) mit Bezug zu Bodenverdichtung – Übersicht | 57 |
| Tabelle 3: | Anzahl der Fundstellen aus dem Bereich der Ressorts und Regelsetzer (Bundesebene) – Übersicht (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) | 59 |
| Tabelle 4: | Nutzerverhalten zu neuen YouTube-Videobeiträgen des Bundesinformationszentrums Landwirtschaft (BZL): Aufrufe Mitte Oktober 2017 und Mitte Januar 2018 – Übersicht | 83 |
| Tabelle 5: | 10 Empfehlungen und 10 Thesen für eine verbesserte Kommunikation von Bodenthemen des Umweltbundesamtes (UBA) von Januar 2018 – Übersicht | 88 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|-----------------------|--|
| 4 für 1000 | Französische Initiative 4 für 1000 – Böden für Ernährungssicherheit und Klima |
| 7 th EAP | Seventh Environment Action Programme/Siebtes Umweltaktionsprogramm |
| Ad-hoc-AG Boden | Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden des BLA-GEO |
| AG Boden | Arbeitsgruppe Boden des BLA-GEO |
| AG Boden-spezialisten | Arbeitsgruppe Bodenspezialisten der Bundesländer des VDLUFA |
| aid | Aid infodienst e. V. |
| ALA | Ständiger Ausschuss Altlasten der LABO |
| App | Application software/Anwendungssoftware |
| ATV-DVWK | Zusammenschluss Abwassertechnische Vereinigung (ATV) und Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK) |
| AUKM | Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen |
| BAFU | Bundesamt für Umwelt (CH) |
| BBB | Bodenkundliche Baubegleitung |
| BBodSchG | Bundes-Bodenschutzgesetz |
| BBodSchV | Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung |
| BDF | Boden-Dauerbeobachtungsflächen bzw. -programme der Länder |
| BfN | Bundesamt für Naturschutz |
| BGR | Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe |
| BIS | Bodeninformationssystem |
| BLA-GEO | Bund/Länder-Ausschuss Bodenforschung |
| BLE | Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung |
| BLW | Bundesamt für Landwirtschaft (CH) |
| BM | Bundesministerin, Bundesminister |
| BMBF | Bundesministerium für Bildung und Forschung |
| BMEL | Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft |
| BMELF | Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten |
| BMI | Bundesministerium des Innern |
| BMU | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit |
| BMUB | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit |
| BMVEL | Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft |
| BMWi | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie |
| BMZ | Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung |
| BNatSchG | Bundesnaturschutzgesetz |
| BOKS | Bodenschutzkonzept Stuttgart/Indikator zur Bodenqualität |
| BonaRes | Fördermaßnahme Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie des BMBF |
| BORA | Ständiger Ausschuss Recht der LABO |
| BOVA | Ständiger Ausschuss Vorsorgender Bodenschutz der LABO |

| | |
|--------------|--|
| BRRL | EU-Bodenrahmenrichtlinie |
| BUWAL | Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (CH) |
| BÜK | Bodenübersichtskarte |
| BZL | Bundesinformationszentrum Landwirtschaft bei der BLE |
| CC | Cross-Compliance |
| CLC | CORINE Land Cover/Programm zur Bereitstellung von europaweit einheitlichen Daten zur Landbedeckung und Landnutzung |
| CTF | Controlled Traffic Farming |
| DG ENV | Directorate-General for Environment/Generaldirektion Umwelt |
| DIN | Deutsches Institut für Normung e. V. |
| DiverFarming | H2020-Projekt zur Anbaudiversifizierung mit möglichst wenig Input |
| DLG | Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e. V. |
| DLU | Dialog Landwirtschaft und Umwelt |
| DNS | Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie |
| DSS | Decision Support System/Entscheidungsunterstützungssystem |
| DWA | Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. |
| DWD | Deutscher Wetterdienst |
| EEA | European Environment Agency/Europäische Umweltagentur der EU |
| EJP | European Joint Programme in H2020/Förderinstrument in H2020 |
| ELD | Economics of Land Degradation/Initiative zur Entwicklung praxisorientierter Strategien für Nachhaltiges Landmanagement |
| ELER | Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums |
| ES | Ecosystem Services/Ökosystemleistungen |
| ESP | European Soil Partnership/Europäische Bodenpartnerschaft |
| FAO | Food and Agriculture Organization/Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der UN |
| FuE | Forschung und Entwicklung |
| FGA | Einfache Feldgefügeansprache für den Praktiker |
| FiBL | Forschungsinstitut für biologischen Landbau |
| FIS | Fachinformationssystem |
| FISBo BGR | Fachinformationssystem Bodenkunde der BGR |
| FONA | Forschung für Nachhaltige Entwicklung |
| FP7 | Seventh Framework Programme/Siebtes Forschungsrahmenprogramm |
| GAP | Gemeinsame Agrarpolitik |
| GDI | Geodateninfrastruktur |
| GDI-DE | Geodateninfrastruktur Deutschland |
| GD-NRW | Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen – Landesbetrieb – |
| GfP | Gute fachliche Praxis, hier: Gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft |
| GIZ | Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH |
| GloSIS | Global Soil Information System/Globales Bodeninformationssystem der GSP |
| GLÖZ | Guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand |
| GSP | Global Soil Partnership/Globale Bodenpartnerschaft |
| H2020 | Horizon 2020 |

| | |
|-------------|--|
| HGÜ | Hochspannungs/Gleichstrom-Übertragung |
| HLUG | Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie |
| HMUCLV | Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz |
| INL | Privates Institut für Nachhaltige Landbewirtschaftung GmbH |
| INRA | Institut national de la recherche agronomique/Nationales Institut für Agronomieforschung (FR) |
| INSPIRATION | H2020-Projekt zu Forschungsstrategien zu umweltfreundlichem, akzeptiertem und wirtschaftlichem Bodenmanagement |
| INSPIRE | Infrastructure for Spatial Information in Europe/Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft |
| IoT | Internet of Things/Internet der Dinge |
| IP | Internetprotokoll |
| IS | Informationssystem(e) |
| ISO | International Organization for Standardization/Internationale Organisation für Normung |
| ISPRA | Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale/Institut für Umweltschutz und Forschung (IT) |
| ISQAPER | H2020-Projekt zur Bodenqualität in Europa und China hinsichtlich Produktivität und ökologischer Resilienz |
| ITPS | Intergovernmental Technical Panel on Soils/Zwischenstaatlicher technischer Ausschuss für Böden der FAO |
| IUSS | International Union of Soil Sciences/Internationale Bodenkundliche Union |
| JKI | Julius Kühn-Institut |
| JRC | Joint Research Centre/Wissenschaftsservice Gemeinsame Forschungsstelle der KOM |
| KBU | Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt |
| KLU | Kommission Landwirtschaft am Umweltbundesamt |
| KOM | EU-Kommission |
| LABO | Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz der UMK |
| LANDMARK | H2020-Projekt zur Bewertung des Bodenmanagements und zur Entwicklung einer Wissensbasis |
| LANUV | Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (NW) |
| LAPfl | Landesanstalt für Pflanzenbau (BW) |
| LAU | Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (ST) |
| LDN | Land Degradation Neutrality |
| LDN Fund | Impact Investment Fund for Land Degradation Neutrality |
| LFA | Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (MV) |
| LfL | Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (BY) |
| LfULG | Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (SN) (im Text auch: SLfULG) |
| LLUR | Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (SH) |
| LUBW | Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (BW) |
| LUNG | Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (MV) |
| LWK-NRW | Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (NW) |
| MAES | Pilotprojekt zur wirtschaftlichen Bedeutung von Ökosystemleistungen (als Teil der EU-Biodiversitätsstrategie) |
| MantelV | Hier: Mantelverordnung Ersatzbaustoffe/Bodenschutz |
| MELF | Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Brandenburg (BB) |

| | |
|---------------------|---|
| MELUF | Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg (BW) |
| MLU | Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt (MV) |
| MLUR | Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (BB) |
| MLUV | Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz (BB) |
| MOOC | Massive Open Online Course(s) |
| MRLU | Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt (ST) |
| MS | Mitgliedstaat(en) der EU |
| MUKE | Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (BW) |
| MUNF | Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten Schleswig-Holstein (SH) |
| MUNLV | Ministerium für Umwelt, Natur, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (NW) |
| MUNR | Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (BB) |
| NGO | Non-Governmental Organization/Nichtregierungsorganisation |
| NIBIS | Niedersächsisches Bodeninformationssystem |
| NLFB | Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NI) |
| NRCS | Natural Resources Conservation Service/Ressourcenschutzdienst des USDA (US) |
| PDF- Dateiformat | Portable Document Format |
| PES | Payments for Ecosystem Services/Vergütungsregelung für Ecosystem Services |
| RECARE | FP7-Projekt zur Vermeidung der BodenDegradation und zur Sanierung von Böden |
| REPRO | Umwelt- und Betriebsmanagementsystem REPRO |
| RNE | Rat für Nachhaltige Entwicklung |
| RSS-Feed | Rich Site Summary |
| SCS | Soil Conservation Service/Bodenschutzdienst des USDA (US) |
| SDG | Sustainable Development Goals/UN-Ziele für Nachhaltige Entwicklung |
| SGD | Staatliche Geologische Dienste Deutschlands |
| SICS | Soil Improving Cropping Systems |
| SIS | Soil Information System |
| SLfL | Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (SN) |
| SLfULG | Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (SN) (Original-Abkürzung: LfULG) |
| SMUL | Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SN) |
| SoCo | JRC/ESDAC-Projekt zur Nachhaltigen Landwirtschaft |
| SOER | State of the Environment Report(ing)/Berichterstattung zur Umwelt in Europa |
| SoilCare | H2020-Projekt zum Test von Anbausystemen und Techniken auf Profitabilität und Bodenfruchtbarkeit |
| Soil EG | Soil Expert Group/Expertengruppe für einen EU-weiten Bodenschutz bei der KOM |
| SQUID | Soil Quality Index/Indikator zur Bodenqualität |
| SRU | Sachverständigenrat für Umweltfragen beim BMU |
| SSM | Sustainable Soil Management/Nachhaltiges Bodenmanagement |
| StMUGV | Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (BY) |
| STS | Soil Thematic Strategy/Thematische Strategie für den Bodenschutz |
| SWSR | Status of the World's Soil Resources |

| | |
|-----------------|--|
| TASC | Tyres/Tracks And Soil Compaction/Simulationsmodell zur Berechnung der Druckausbreitung von Rädern und zur Entscheidungsfindung |
| Terranimo® | Simulationsmodell zur Abschätzung des Bodenverdichtungsrisikos |
| Thünen-Institut | Johann Heinrich von Thünen-Institut |
| TLL | Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TH) |
| UBA | Umweltbundesamt |
| UFOPLAN | Umweltforschungsplan des BMU |
| UFZ | Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH |
| UMK | Umweltministerkonferenz |
| UN | United Nations/Organisation der Vereinten Nationen |
| UNCCD | United Nations Convention to Combat Desertification/Wüstenkonvention der UN |
| UNCCD COP13 | 13. Sitzung der Konferenz der Vertragsparteien der Wüstenkonvention der UN |
| UNU | United Nations University/Universität der Vereinten Nationen |
| UNU-INWEH | Institute for Water, Environment and Health/Institut für Wasser, Umwelt und Gesundheit der United Nations University |
| USDA | United States Department of Agriculture/Landwirtschaftsministerium der Vereinigten Staaten |
| VBBO | Verordnung über Belastungen des Bodens (CH) |
| VDI | Verein Deutscher Ingenieure e. V. |
| VDLUFA | Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten e. V. |
| VDLUFA-USL | System zur Zertifizierung der Umweltverträglichkeit Umweltsicherungssystem Landwirtschaft |
| VGSSM | Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management/Freiwillige Richtlinien für ein Nachhaltiges Bodenmanagement |
| VLI | Verbindungsstelle Landwirtschaft-Industrie e. V. |
| WBAE | Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim BMEL |
| WBB | Wissenschaftlicher Beirat Bodenschutz beim BMU |
| WBGU | Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen |
| WMK | Wirtschaftsministerkonferenz |
| WMS | Web Map Service(s) |
| WSC | Revised World Soil Charter/revidierte Weltbodencharta |
| WUR | Wageningen University & Research/Universität und Forschungsstelle Wageningen |
| ZALF | Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e. V. |

Zusammenfassung

Das interdisziplinäre BonaRes-Verbundprojekt SOILAssist dient der *,Nachhaltige[n] Sicherung und Verbesserung von Bodenfunktionen durch intelligente Landbewirtschaftung'* und entwickelt ein Echtzeit-Assistenzsystem für die Praxis (FKZ 031A563A). Im SOILAssist-Teilprojekt *,Akzeptanz und Implementierung'* wurde in der ersten Förderphase neben einer Medien- und Literaturanalyse (Projekt-Deliverable D11), einer Umfrage und einer Zusammenstellung (*'Gelbe Seiten' Bodenverdichtung*) ebenso die hier berichtete *Analyse behördlicher Handlungsempfehlungen zur Vermeidung von Bodenverdichtung auf Ackerböden* (Deliverable D12) durchgeführt. Ziel war die Analyse rechtlicher Vorgaben auf Bundes- und Länderebene inklusive deren Vollzug, die Einordnung in die EU-Ebene sowie eine Detailanalyse von Broschüren, Flyern und weiteren (Beratungs-)Tools. Die Analyse (Stand: 22. Februar 2018) basiert auf einer Internet-Recherche, daher besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit.

Das Thema Bodenverdichtung ist in den meisten behördlichen Informationsmaterialien auf Bundes- und Länderebene enthalten. Dennoch variieren die Qualität der Inhalte und die praktische Verwertbarkeit. Die Analyse zeigt, dass die Vermeidung von Bodenverdichtung nur in vier Länderbodenschutzgesetzen explizit enthalten ist. Als Schlussfolgerung wird deutlich, dass die Anwendung der Gesetze trotz der übergreifenden Bodenschutzgesetze in Deutschland (Bundes-Boden- schutzgesetz (BBodSchG), Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)) bedingt durch die komplexe föderale Struktur heterogen geregelt wird. Insgesamt wird die Implementation des BBodSchG und der BBodSchV als sehr schwierig angesehen, und – mit einigen Ausnahmen – besteht ein Mangel an Genauigkeit, Verständlichkeit, Verfügbarkeit und Aktualität der Materialien. Ein Bundesland hat eine Stakeholderorientierte Diskussionsreihe initiiert und eine Vereinbarung zur Vermeidung von Bodenverdichtung per Konsensprinzip erreicht. Die hier erzielten Ergebnisse werden in den Kontext der Sustainable Development Goals (SDGs), der Agenda 2030, EU-Bodenstrategien und des Siebten Umweltaktionsprogramms bis 2020 (7. UAP) gesetzt. Eine Stakeholder-Vereinbarung zur Vermeidung von Bodenverdichtung erscheint – in Anbetracht des bestehenden Verbesserungspotenzials des Ordnungsrechts sowie dessen Vollzug – als *bottom-up solution* bzw. als ein geeignetes *'Vehikel der Veränderung'* für ein standortangepasstes Bodenmanagement.

Die im Jahr 2015 gestartete Fördermaßnahme BonaRes des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) mit Sitz am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) und am Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) dient der Lieferung wissenschaftlicher Grundlagen für eine nachhaltige Bodennutzung innerhalb der Bioökonomie (*Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie – BonaRes*). Die Fördermaßnahme ist Teil der Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030, welche den systemischen Ansatz in den Vordergrund stellt. Das SOILAssist-Teilprojekt *,Akzeptanz und Implementierung'* brachte Auszüge aus seinen Recherchen (im Zeitraum seit 08/2015) bereits in die öffentliche Diskussion.

Schlüsselwörter: Ackerböden, Gute fachliche Praxis, Bodenschutzgesetz, Wissenstransfer, Kommunikationsstrategien, Bodenschutz, Bodennutzung, Bodenmanagement, Governance, kooperative Modelle

Summary

The interdisciplinary BonaRes collaborative project SOILAssist serves the '*Sustainable protection and improvement of soil functions with intelligent land management strategies*' by developing a practical on-the-fly assistance system for farmers (grant number 031A563A). In its first phase, the SOILAssist sub-project '*Acceptance and Implementation*' consisted of a literature and media analysis (Project Deliverable D11), a survey and a compilation ('*Yellow Pages' Soil Compaction*) and this analysis with *Official recommendations for the prevention of soil compaction on arable land* (Deliverable D12). The aim was an analysis of legal regulations on the state and federal levels, including performance assessments as well as interconnections to the EU level. Also completed were a detailed analysis of brochures, flyers and other recommendation tools. This analysis (closing date: February 22, 2018) is based on an internet search and therefore does not claim completeness.

The topic 'soil compaction' is addressed in most governmental information material on the state and federal levels. Nevertheless, the quality of the content and the practicability vary in value. This analysis shows that prevention of soil compaction is only referred to explicitly in four federal states. Thus, it becomes clear that the application of the laws (German Federal Soil Protection Act (BBodSchG), German Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance (BBodSchV)) is regulated heterogeneously due to the complex federal structure in Germany. Overall, the implementation of the BBodSchG and the BBodSchV is seen as very difficult and – with some exceptions – lacking in exactness, comprehensibility, availability and timeliness of the materials. One federal state initiated a stakeholder-oriented discussion series and has used the consensus principle to successfully reach agreement on prevention of soil compaction. Results derived here are to be set in the context of the Sustainable Development Goals (SDGs), the Agenda 2030, EU-soil policies and the 7th Environmental Action Programme until 2020 (7th EAP). A stakeholder agreement on prevention of soil compaction seems to be – given the potential for improvement of the regulatory law and its performance – an adequate bottom-up solution or a suitable 'vehicle of change' for reaching a location-specific soil management.

Launched in 2015, the funding initiative BonaRes of the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) is headquartered at the Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ) and the Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF). It will serve to deliver a scientific basis to strengthen sustainable soil use within the bioeconomy (*Soil as a sustainable resource for the bioeconomy – BonaRes*). The funding initiative is part of the German National Research Strategy BioEconomy 2030 which focuses on a systemic approach. The SOILAssist sub-project '*Acceptance and Implementation*' has already brought some results into public debate (in the period since 08/2015).

Keywords: arable land, good agricultural practice, Soil Protection law, knowledge transfer, communication strategies, soil protection, soil use, soil management, governance, bottom-up solutions

1 Einleitung

Böden in Europa und Deutschland sind eine wichtige Ressource. Sie erbringen neben Produktionsfunktionen auch wichtige Ökosystemleistungen, sind jedoch durch direkt sichtbare sowie schlechende Prozesse gefährdet. Die Gefahren für den Boden können in stoffliche sowie physikalische Schädigungen eingeteilt werden. Unter stofflichen Schädigungen werden Stoffeinträge durch organische und anorganische Düngemittel und Pflanzenschutzmittel verstanden. Unter physikalische Schädigungen fallen die Bodenerosion durch Wasser oder Wind sowie die Versiegelung und die Bodenschadverdichtung (im Folgenden: Bodenverdichtung bzw. Verdichtung). Insbesondere die ackerbauliche Nutzung fördert die Bodenerosion, und die Befahrung von Böden mit schweren Maschinen die Bodenverdichtung (Scheffer/Schachtschabel 2016, S. 5f.). Das in Deutschland herrschende Ausmaß der Beeinträchtigung von Ackerflächen durch Bodenverdichtung ist derzeit nicht bekannt, und wird unterschiedlich eingeschätzt. Die Notwendigkeit der Arbeit gründete auf einem Defizit im Wissenstransfer: Es gibt zwar eine Vielzahl unterschiedlicher, behördlicher Empfehlungen zur Vermeidung von Bodenverdichtung, diese sind jedoch für Landwirtinnen und Landwirte und andere den Boden bearbeitende Stakeholder nicht in Gänze bzw. nicht leicht zu finden. Ferner gibt es teils große Unterschiede in der gewählten Kommunikationsstrategie bzw. der Verständlichkeit. Nachhaltige Managementpraktiken sind somit nur mit Mühe online zu recherchieren. Suchen Landwirtinnen und Landwirte durch eigene Online-Recherchen Rat, und treffen auf diese Hindernisse, wird das betriebliche Fortkommen in Bezug auf Umwelt- und Ressourcenschutz unnötig verzögert und die Umsetzung behördlicher Handlungsempfehlungen in die Praxis auf dem Feld beeinträchtigt.

Die folgende Analyse behandelte behördliche Handlungsempfehlungen zum Thema Verdichtung von Böden unter Ackernutzung (Ackerböden). Die Analyse umfasste

- eine Übersicht von Handlungsempfehlungen und Beratungs-Tools zum physikalischen Bodenschutz (auf nationaler und europäischer Ebene) sowie
- eine Bewertung hinsichtlich methodischer und inhaltlicher Gestaltung und gewählter Kommunikationsstrategie einschließlich
- des Aufzeigens von Unterschieden und Gemeinsamkeiten der auf nationaler und europäischer Ebene verfolgten Methoden.

Als Untersuchungsmethode wurde eine **Internet-Recherche** von Handlungsempfehlungen zur Vermeidung von Verdichtung von Böden unter Ackernutzung (Ackerböden) auf den Portalen der EU-, Bundes- und Länderbehörden, der behördlichen Gemeinschaftsgremien¹ sowie über die Seiten der

¹ Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), Bund/Länder-Ausschuss Bodenforschung (BLA-GEO)

bodenwissenschaftlichen Vereinigungen in Deutschland² durchgeführt. **Nicht einbezogen wurden** die kommunale Ebene und **eine gesonderte Sichtung der Fachliteratur** aus wissenschaftlichen Zeitschriften, Monographien und Sammelbänden sowie weiteren Fachbeiträgen, um den Umfang der Zusammenstellung im Rahmen zu halten. Auch die große Zahl vorliegender Quellen der Raum- und Umweltplanung und des baulichen Bereichs wurden hier ausgeklammert – ebenso Klimathemen und Ökolandbau. Entsprechend wurden Kommentare, Leitfäden und Handreichungen zum Umwelt- und Bodenschutzrecht in Deutschland und auch Merkblätter sowie Normen, Richtlinien und Standards von Regelsetzern (untergesetzliches Regelwerk) nur teilweise einbezogen.

Als Suchworte genutzt wurden die Schlüsselwörter **Verdichtung, Bodenverdichtung, Bodenschadverdichtung** und **Bodengefügeschutz** sowie **compaction, soil compaction, soil structure** und **soil structure protection**. Die Analyse umfasste eine Bewertung der empfohlenen Methoden zur Vermeidung der Bodenverdichtung auf Ackerböden einschließlich einer Bewertung der Kommunikationsstrategien, wobei die Empfehlungen auf Qualität und Konkretheit bzw. Praxisnähe sowie Verfügbarkeit, Verständlichkeit und Kommunikationsstil überprüft wurden.

Die Internet-Recherche fokussierte sich auf die **Auffindbarkeit behördlicher Handlungsempfehlungen** zum Thema Bodenverdichtung mithilfe einer Suchmaschine (**Googleability**) und verzichtet deshalb auf die Nutzung computergestützter Suchen³. Bedingt durch die gewählte Methode⁴ (Redaktionsschluss: 22. Februar 2018) erhebt die vorliegende Zusammenstellung **keinen Anspruch auf Vollständigkeit**.

Unter behördlichen Handlungsempfehlungen werden hier unterschiedliche Dokumente und Informationsquellen von europäischen Bundes- und Länderbehörden zusammengefasst, die zum Thema Verdichtung von Böden unter Ackernutzung online zur Verfügung stehen. Dies umfasst sowohl Gesetze und Verordnungen, Broschüren, Faltblätter/Flyer, Meldungen und andere auf Internetseiten veröffentlichte Texte sowie Datentabellen und Web Map Services (WMS). Datentabellen werden im folgenden Text auch als Beratungs-Tools bezeichnet.

² Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft (DBG) und Bundesverband Boden (BVB)

³ Computergestützte Suchen wie Webmining oder Information Retrieval kamen in der Untersuchung nicht zum Einsatz.

⁴ Die Schlüsselwörter wurden einzeln sowie in Kombination mit den Namen der Behörden, Organen und Gremien in die Suche eingefügt.

2 Bodenschutz im deutschen Ordnungsrecht – unter Berücksichtigung von förderrechtlichen Anforderungen auf EU-Ebene

Deutschland ist (neben Italien⁵) einer der wenigen Staaten in Europa, die einen übergeordneten gesetzlichen Rahmen speziell für den Bodenschutz haben. Gefahren für den Boden und ihre Vermeidung werden in Deutschland im Ordnungsrecht adressiert. Neben dem Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) und der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung⁶ (BBodSchV) ist der Bodenschutz im Bundes-Naturschutzgesetz (BNatSchG) und weiteren bundesweit gültigen Umweltgesetzen enthalten (s. u., Literatur/Bundesrecht). Es gibt verschiedene Regelungen zu Bodenschutzz Zielen:

- Qualitativer Bodenschutz: Bodenfruchtbarkeit und Bodenfunktionen stehen hier im Vordergrund. Für den Bodenschutz sind Bodenorganismen und Humusgehalt, pH-Wert und der sonstige Stoffgehalt wichtig. Es geht darum, schädliche Bodenveränderungen zu verhindern (Vorsorge), früh zu erkennen und Maßnahmen einzuleiten (Gefahrenabwehr) sowie zu ermitteln und möglichst zu beheben (Sanierung, z. B. bei stofflichen Belastungen).
- Quantitativer Bodenschutz: Flächensparen, Entsiegeln und das Umnutzen alter, nicht mehr genutzter Flächen, steht im Fokus. Auch ein generationengerechtes Bodennutzungsrecht und Nutzungskonkurrenzen sind wichtige Themen.

Im Baugesetzbuch (BauGB), Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und Dünggesetz (DüngG/DÜV) sowie im Pflanzenschutz- (PflSchG/PflSchAnwV) und Wasserhaushaltsgesetz (WHG) sind weitere Vorschriften zum Bodenschutz und zur Bodennutzung enthalten. Konkrete Anforderungen zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit stellt das Waldgesetz (BWaldG).

Auch die **Gemeinsame Agrarpolitik** (GAP) der EU enthält Bodenschutzzvorgaben und wirkt sich durch die Direktzahlungen, das Kernelement der EU-Agrarförderung, auf die Bodennutzung in Deutschland aus. Durch die Agrarförderung werden Betriebsinhaberinnen und Betriebsinhaber unterstützt und ökologische und gesellschaftliche Leistungen der Landwirtschaft belohnt. Seit dem Jahr 2015 ist die **Greening**-Prämie eingeführt, um als Ökologisierungskomponente jene Bewirtschaftungsmethoden zu honorieren, die den Klima- und Umweltschutz fördern. Das Greening verpflichtet zur Einhaltung bestimmter Anteile der angebauten Feldfrüchte (**Anbaudiversifizierung**), zum **Erhalt von Dauergrünland und** zur Reservierung eines Ackerflächen-Anteils von 5 % als **ökologische Vorrangflächen** (ÖVF). Insbesondere die Verpflichtung zur Anbaudiversifizierung, ggf. als künftig mögliche Vorgabe zur Fruchfolge in der GAP nach 2020, kann sich positiv auf die Vermeidung der Bodenverdichtung auswirken. **Bodenverdichtung wird im Greening jedoch nicht direkt**

⁵ Gesetz über Normen für die organisatorische und funktionale Neuordnung des Schutzes des Bodens vom 18. Mai 1989 (Gazz. Uff. Nr. 120)

⁶ im Folgenden: Bundes-Bodenschutzverordnung

adressiert. Das Greening wurde bereits vor dessen Implementierung kritisch betrachtet (Thünen-Institut/Weingarten et al. 2014, S. 1) im Hinblick auf die erwünschten, förderlichen Bewirtschaftungsmethoden für den Klima- und Umweltschutz.

Die europäischen Regeln zur GAP geben vor, wie landwirtschaftliche Bodennutzung erfolgen sollte. So erhält eine Stützungsleistung nur, wer die Auflagen und Regelungen für die Bodennutzung einhält. Zur Durchführung der **Cross-Compliance** (CC) dienen das Gesetz und die Verordnung über Direktzahlungen (DirektZahlDurchfG und DirektZahlDurchfV), die zum Beispiel die Pufferstreifen für Düngung und Pflanzenschutz an Gewässern, den Zwischenfruchtanbau oder die Gründcke mit speziellen Kulturpflanzenmischungen regeln, sowie das Gesetz und die Verordnung über Agrarzahlungen (AgrarZahlVerpfG und AgrarZahlVerpfV), die die Erhaltung von Flächen in Gutem landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (**GLÖZ**) mit den Ausgleichszahlungen verknüpfen. Die Verordnung bündelt auch die durch die Landesregierungen zu formulierenden Mindestanforderungen zur Begrenzung der Erosion (CCWasser sowie CCWind), welche Landwirtinnen und Landwirte in der Praxis auf dem Feld zu erfüllen haben, um GAP-Beihilfen zu erhalten und die durch die Länderbehörden zu kontrollieren sind.

2.1 Bodenverdichtung im Bundes-Bodenschutzgesetz

Der Zweck des BBodSchG ist der Schutz aller Bodenfunktionen. Schädliche Bodenveränderungen werden im BBodSchG zentral angesprochen (§ 2 Abs. 3 BBodSchG). Damit sind alle Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen gemeint, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen herbeizuführen.

Vorsorgemaßnahmen gegen **Bodenverdichtungen** nach den Konkretisierungen der **Guten fachlichen Praxis** in der Landwirtschaft (GfP) (**§ 17 BBodSchG**) sind: ... „dass **Bodenverdichtungen**, insbesondere durch Berücksichtigung der Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und des von den zur landwirtschaftlichen Bodennutzung eingesetzten Geräten verursachten Bodendrucks, **so weit wie möglich vermieden werden**“ (§ 17 Abs. 2 Nr. 3 BBodSchG, Hervorhebungen durch Verfasserinnen). Nach **§ 21 BBodSchG** können die Länder **Maßnahmen und Regelungen** treffen – insbes. im Hinblick auf Altlastenflächen, aber auch für Gebiete, „in denen flächenhaft schädliche Bodenveränderungen auftreten oder zu erwarten sind“ (§ 21 Abs. 3 BBodSchG).

Schutzniveaus, wie die **GfP** in der Landwirtschaft, gibt es in vielen anderen Zusammenhängen, z. B. im Düng- und Pflanzenschutzmittelrecht, in der Forstwirtschaft, bei fischereilichen Besatzmaßnahmen und im Weinbau. Erklärend dazu hat der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (s. Kapitel 6.2.6) in einem Sondergutachten im Jahr 2002 formuliert: „Als Gute fachliche Praxis wird [...] das von den Landwirten bei ihrer Landnutzung zwingend – und **auf eigene Kosten** – einzuhaltende ökologische und sicherheitstechnische Schutzniveau bezeichnet“ (Deutscher Bundestag 2002, S. 132).

2.2 Bodenverdichtung in der Bundes-Bodenschutzverordnung

Die BBodSchV ist ein Regelwerk zum BBodSchG und dient dessen weiterer Konkretisierung. Bei **Baumaßnahmen** gilt § 12 BBodSchV für das Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden, wobei in Abs. 9 die Handlungsempfehlung enthalten ist, dabei ‚**Verdichtungen**, Vernässungen und sonstige nachteilige Bodenveränderungen‘ zu **vermeiden**.

Am 03. Mai 2017 hat das Bundeskabinett den sog. Referentenentwurf⁷ zur geplanten Novellierung der BBodSchV (**Mantelverordnung Ersatzbaustoffe/Bodenschutz, MantelV**) beschlossen (Deutscher Bundestag 2017). Dieser Kabinettsfassung⁸ müssen noch der Bundestag⁹ und der Bundesrat¹⁰ zustimmen, womit zeitlich verzögert durch die Bundestagswahl im September 2017 erst in der neuen Legislatur, frühestens Anfang 2018 gerechnet wird. Neu aufgenommen wurden in § 3 BBodSchV eine **Definition zur Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung aufgrund physikalischer Einwirkungen**. In § 4 Abs. 4 BBodSchV wird jetzt eine **Bodenkundliche Baubegleitung** (BBB) bei Vorhaben mit komplexeren Bodeneingriffen verankert. In § 4 Abs. 2 BBodSchV ist nun der folgende Zusatz hinsichtlich der Verhältnismäßigkeit der bodenschützenden Vorkehrungen und der Erheblichkeit von Beeinträchtigungen der landwirtschaftlichen Nutzungsfunktion enthalten: **Auf Verlangen** der zuständigen Behörde **sind Untersuchungen der physikalischen Bodeneigenschaften** und eine Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen **am Standort durchzuführen**.

Die Kabinettsfassung enthält neben diesen neu aufgenommenen Passagen auch geringfügige Änderungen zur landwirtschaftlichen Bodennutzung. Im Vergleich zum **3. Arbeitsentwurf** aus dem Jahr 2015¹¹ scheint der **durch das Bundeskabinett beschlossene Referentenentwurf hinsichtlich bodenphysikalischen Veränderungen etwas verschärft** (Deutscher Bundestag 2017, S. 141): Zur Besorgnis schädlicher Bodenveränderungen durch physikalische Einwirkungen auf (forst- und) landwirtschaftliche Nutzflächen findet sich nun in § 3 Abs. 1, Unterpunkt 3 des Entwurfs der MantelV die Formulierung *beeinträchtigt werden können* statt zuvor *werden* – hier wird die Möglichkeit betont, anstelle eines Nachweises. Zur Gefahrenabwehr bei Bodenerosion durch Wasser und Wind (Deutscher Bundestag 2017, S. 153ff.) ist nun die Winderosion in § 9 des Entwurfs der MantelV

⁷ Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) hatte nach einem langjährigen Entwurfsprozess am 14.12.2016 bzw. am 06.02.2017 eine neue, überarbeitete Entwurfsfassung vorgelegt.

⁸ Drucksache 18/12213

⁹ Da sich der Bundestag nicht im üblichen Zeitrahmen (drei Sitzungswochen) mit der Rechtsverordnung befasst hat, wurde diese gem. § 67 KrWG am 17.07.2017 unverändert dem Bundesrat zugeleitet (Zustimmung gilt als erteilt).

¹⁰ Nach umfassender Kritik an der Ersatzbaustoffverordnung seitens der Bundesländer wurde die für Mitte September 2017 im Bundesrat vorgesehene Befassung mit der MantelV verschoben auf die Zeit nach der Regierungsbildung.

¹¹ Das BMUB hatte als Arbeitsgrundlage eines Ressortforschungsplan-Vorhabens (Umweltforschungsplan, UFOPLAN) Planpiel Mantelverordnung den 3. Arbeitsentwurf am 23.07.2015 veröffentlicht und ab August 2015 mit betroffenen Akteuren diskutiert.

deutlicher adressiert, und ebd. Abs. 5 ersetzt die Formulierung *soll [...] empfehlen* die alte Formulierung *ist Gelegenheit zu geben* – was als eine leichte Änderung im Sinne eines erwünschten Vorgehens erscheint.

2.2.1 Exkurs Schweiz: Verordnung über Belastungen des Bodens

In der schweizerischen Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo)¹² wird in Artikel 6 eine scharfe Formulierung gewählt: „Wer Anlagen erstellt, den Boden bewirtschaftet oder anders beansprucht, **muss** unter Berücksichtigung der physikalischen Eigenschaften und der Feuchtigkeit des Bodens **Fahrzeuge, Maschinen und Geräte so auswählen und einsetzen, dass Verdichtungen** und andere Strukturveränderungen des Bodens **vermieden werden**, welche die Bodenfruchtbarkeit **langfristig** gefährden“ (Art. 6 VBBo, Hervorhebungen durch Verfasserinnen).

Für die Vollzugsbehörden hat das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) im Jahr 2001 eine **Vollzugshilfe zur VBBo**¹³ veröffentlicht, um eine einheitliche Vollzugspraxis zu fördern (BUWAL/Desaules et al. 2001/2005). „Im Vordergrund werden in nächster Zeit solche zur Ermittlung organischer Schadstoffe und Schadverdichtungen stehen“ (BUWAL/Desaules et al. 2001/2005, S. 12). Die Vollzugshilfe enthält eine Konkretisierung: Es liegt eine nachhaltige Schadverdichtung vor, wenn sie selbst mit technischer Starthilfe noch „**länger als 5-7 Jahre feststellbar**“ (BUWAL/Desaules et al. 2001/2005, S. 14) ist, sowie einen Hinweis auf **noch fehlende Normen/Methoden und Indikatoren/Messungen** (BUWAL/Desaules et al. 2001/2005, S. 14).

Zeitgleich zur Vollzugshilfe datiert ein **Merkblatt Bodenverdichtung – der Unterboden macht dicht** der Kantone Aargau, Bern, Basel-Land, Luzern und Solothurn, in dem gezeigt wird, dass sich **Strukturschädigungen** zwar nicht absolut ausschließen ließen, „jedoch **nicht regelmäßig in Kauf genommen** werden“ (Arbeitsgruppe Landwirtschaftlicher Bodenschutz Nordwestschweiz und Luzern/Emch et al. 2005, S. 3) dürften. **Ertragsausfälle** daraus könnten **bis zu 20 %** ausmachen (Arbeitsgruppe Landwirtschaftlicher Bodenschutz Nordwestschweiz und Luzern/Emch et al. 2005, S. 1). Als technische Maßnahme enthält das Merkblatt u. a. eine Graphik zu den positiven Auswirkungen der Absenkung des Reifendrucks auf den Boden, welche beispielhaft den **Unterschied zwischen Straßendruck (1,6 bar) und Ackerdruck (0,8 bar)** in Bezug auf die Druckverteilung im Ackerboden zeigt. Als weitere Maßnahme gibt es die Empfehlung, dass bei selbstfahrenden Zuckerrüben- und Kartoffelvollerntern, Mähdreschern und selbstfahrenden Häcklern sowie bei großen Güllefässern, Mist- und Kompoststreuern und Silieranhängern **Reifendruckregelanlagen** zum

¹² Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo), vom 01.07.1998, zuletzt geändert am 12.04.2016 (SR 814.12)

¹³ Erläuterungen zur Verordnung vom [0]1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens (VBBo)

Standard gehören sollten (Arbeitsgruppe Landwirtschaftlicher Bodenschutz Nordwestschweiz und Luzern/Emch et al. 2005, S. 3).

Im Jahr 2013 haben die Schweizer Bundesämter für Umwelt (BAFU) und Landwirtschaft (BLW) eine weitere **Vollzugshilfe Bodenschutz in der Landwirtschaft**¹⁴ für die kantonalen Vollzugsbehörden publiziert (BAFU/BLW 2013), dessen Hauptaugenmerk auf der Vermeidung von Bodenverdichtung liegt. Empfohlen wird die Nutzung der **Simulationsmodelle Tyres/Tracks And Soil Compaction (TASC) und Terranimo®** (BAFU/BLW 2013, S. 36) (s. Exkurs in Kapitel 5.1.3). In der Vollzugshilfe enthalten ist eine **Überwachung von** durch Karten zur Verdichtungsgefährdung ausgewiesenen **Vorrangregionen** und Hackfrucht-Gebieten sowie eine **Beurteilung vermuteter Bodenverdichtungen** (BAFU/BLW 2013, S. 35, S. 39). Hierbei führt die zuständige Behörde eine periodische **Kontrolle** der durch Landwirtinnen und Landwirte getroffenen Maßnahmen gegen Bodenverdichtung durch (BAFU/BLW 2013, S. 39) und **dokumentiert** entsprechend die erwiesenen Schadverdichtungen (BAFU/BLW 2013, S. 40). Die Beurteilung des Feldzustands fußt auf einer **visuellen Beurteilung** von z. B. **Wachstumsbeeinträchtigungen** oder **stehendem Wasser**, sofern diese Beeinträchtigungen **über 0,1 Hektar** groß sind, sowie auf einer anschließenden **Spatenprobe** (BAFU/BLW 2013, S. 39). Von einem Schadenfall werde ausgegangen, wenn sich der Verdacht durch die Beurteilung des Feldzustands erhärtet (BAFU/BLW 2013, S. 39). In der Vollzugshilfe enthalten ist der Hinweis, dass „die zuständige Behörde eine etwaige Schadverdichtung **lediglich dokumentieren**“ (BAFU/BLW 2013, S. 39) könne. Sie könne die Bewirtschafterin oder den Bewirtschafter **auffordern**, den Pflichten nachzukommen. Es sei „**unter Umständen** [...] auch eine **Strafanzeige** zu erwägen“ (BAFU/BLW 2013, S. 40). Außerdem werden **Anreizsysteme** benannt: Für einen Zeitraum von sechs Jahren gebe es eine **Förderung von Maßnahmen** gegen Verdichtung (BAFU/BLW 2013, S. 41), um „neuen **Techniken und Organisationsformen sowie strukturellen Anpassungen** zum **Durchbruch** [zu] verhelfen“ (BAFU/BLW 2013, S. 41).

¹⁴ Bodenschutz in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft

2.3 Bodenverdichtung in Länderbodenschutzgesetzen und weiteren Regelungen

2.3.1 Erstellung der Länderbodenschutzgesetze

Einzelne Bundesländer hatten Länderbodenschutzgesetze bereits vor Inkrafttreten des BBodSchG, z. B. **Baden-Württemberg und Sachsen (jeweils seit 1991)** sowie **Berlin (seit 1995)**. Diese wurden durch das BBodSchG vom März 1999¹⁵ zum Großteil außer Kraft gesetzt, fanden jedoch Eingang in nachfolgende landesspezifische Vorschriften, u. a. in Baden-Württemberg: Im Jahr 2004 wurde im Landes-Bodenschutz- und Altlastengesetz das zuvor geltende Landesbodenschutzgesetz aus dem Jahr 1991 (Bodenbelastungen) und der zuvor geltende Dritte Teil des Landesabfallgesetzes (Altlasten) aus dem Jahr 1996 zusammengefasst.

Zum Inkrafttreten des BBodSchG im Jahr 1999 hatten **zuerst**¹⁶ die Länder **Brandenburg**¹⁷, **Niedersachsen, Bayern und Sachsen** Ausführungsgesetze erstellt, danach folgten **Nordrhein-Westfalen** (2000), Hamburg (2001), Schleswig-Holstein, das Saarland und Sachsen-Anhalt (alle 2002) und schließlich weitere Länder (Bremen (2002), Thüringen (2003), Berlin, Baden-Württemberg (beide 2004), Rheinland-Pfalz (2005), Hessen (2007) und Mecklenburg-Vorpommern (2011)) (Detailübersicht s. Anhang 1).

2.3.2 Bodenverdichtung in Länderbodenschutzgesetzen

Das Thema Bodenverdichtung wird in den 16 Länderbodenschutzgesetzen unterschiedlich adressiert. In der hier berichteten Analyse wurde der **Wortlaut** der Gesetzestexte untersucht, jeweils auf drei Prüfkriterien: **1)** Formulierungsvarianten zum Schutz der **physikalischen Bodenbeschaffenheit**, **2)** landesrechtliche Regelung zur Durchführung der **GfP in der Landwirtschaft** sowie **3)** explizite Aufführung des **Begriffs ‚Bodenverdichtung‘**. Die Wortlaute der Länderbodenschutzgesetze zeigen Unterschiede bezüglich der angewendeten Prüfkriterien (s. Abbildung 1):

¹⁵ Beschluss des Bundestags und Bundesrates zum BBodSchG am 05. und 06.02.1998, Erlass vom 17.03.1998. Der Erstentwurf geht zurück auf das Jahr 1992.

¹⁶ Teilweise hat es hierzu jedoch anders benannte und zugeordnete Vorgängergesetze gegeben, z. B. bereits im Jahr 1991 Baden-Württemberg und Sachsen, im Jahr 1995 Berlin sowie im Jahr 2000/2005 Hessen (Gesetz über Zuständigkeiten nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz).

¹⁷ Das Landesgesetz für Brandenburg datiert auf das Jahr 1997 und damit vor den Erlass des BBodSchG im Jahr 1998.

- (1) **Formulierungen zum Schutz der physikalischen Bodenbeschaffenheit¹⁸** werden **in zehn¹⁹ Länderbodenschutzgesetzen** genutzt (Niedersachsen, Bayern, Nordrhein-Westfalen, Saarland, Sachsen-Anhalt, Bremen, Thüringen, Berlin, Baden-Württemberg und Mecklenburg-Vorpommern).
- (2) **Darüber hinaus gehend setzen Niedersachsen und Bayern als erste Bundesländer die GfP in der Landwirtschaft in ihrem Landesrecht** bereits im Jahr 1999 um. Mecklenburg-Vorpommern als letztes Bundesland im Jahr 2011. **Insgesamt enthalten neun Länderbodenschutzgesetze** (Niedersachsen, Bayern, Saarland, Sachsen-Anhalt, Bremen, Thüringen, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Mecklenburg-Vorpommern) einen **Hinweis auf** die GfP in der Landwirtschaft (**§ 17 BBodSchG**). Die Vermittlung der GfP obliegt durch Übernahme der Beratung in Landeszuständigkeit gemäß § 17 Abs. 1 BBodSchG den unteren Bodenschutzbehörden bzw. landwirtschaftlichen Fachbehörden²⁰ (**§ 17 BBodSchG, § 10 BBodSchG**).
- (3) Mit besonderem Blick auf die hier erfolgte Analyse ist der Begriff **,Bodenverdichtung' in vier Länderbodenschutzgesetzen explizit aufgeführt**, je im 1. Teil zu Vorsorgegrundsätzen bzw. Zielen des Bodenschutzes:
 - **Nordrhein-Westfalen** (**§ 1 LBodSchG**) (2000),
 - **Sachsen-Anhalt** (**§ 1 BodSchAG LSA**) (2002),
 - **Rheinland-Pfalz** (**§ 2 LBodSchG**) (2005) und
 - **Hessen** (**§ 1 HAltBodSchG**) (2007).

Keinen Wortlaut zum Themenkomplex ‚physikalische Bodenbeschaffenheit‘, ‚GfP‘ und ‚Bodenverdichtung‘ enthalten vier Gesetzestexte – die der **Länderbodenschutzgesetze von Brandenburg, Sachsen, Hamburg und Schleswig-Holstein**. **Schleswig-Holstein** thematisiert Bodenverdichtung jedoch in seinem **Bodenschutzprogramm** (MUNF 1996) (s. Kapitel 2.3.3). Während das Bodenschutzgesetz von Berlin ausschließlich auf die physikalische Bodenbeschaffenheit zielt (Prüfkriterium 1), enthält dasjenige von Hessen zwar weder die physikalische Bodenbeschaffenheit (Prüfkriterium 1) noch einen gesonderten Hinweis auf die in § 17 BBodSchG formulierte GfP (Prüfkriterium 2), führt jedoch den Begriff ‚Bodenverdichtung‘ explizit auf (Prüfkriterium 3). Einen generellen Fachbezug zur Disziplin Bodenkunde (bodenkundliche Kennwerte/Daten/Erkenntnisse) weisen vier Ländergesetze auf²¹ (Nordrhein-Westfalen, Saarland, Thüringen und Baden-Württemberg).

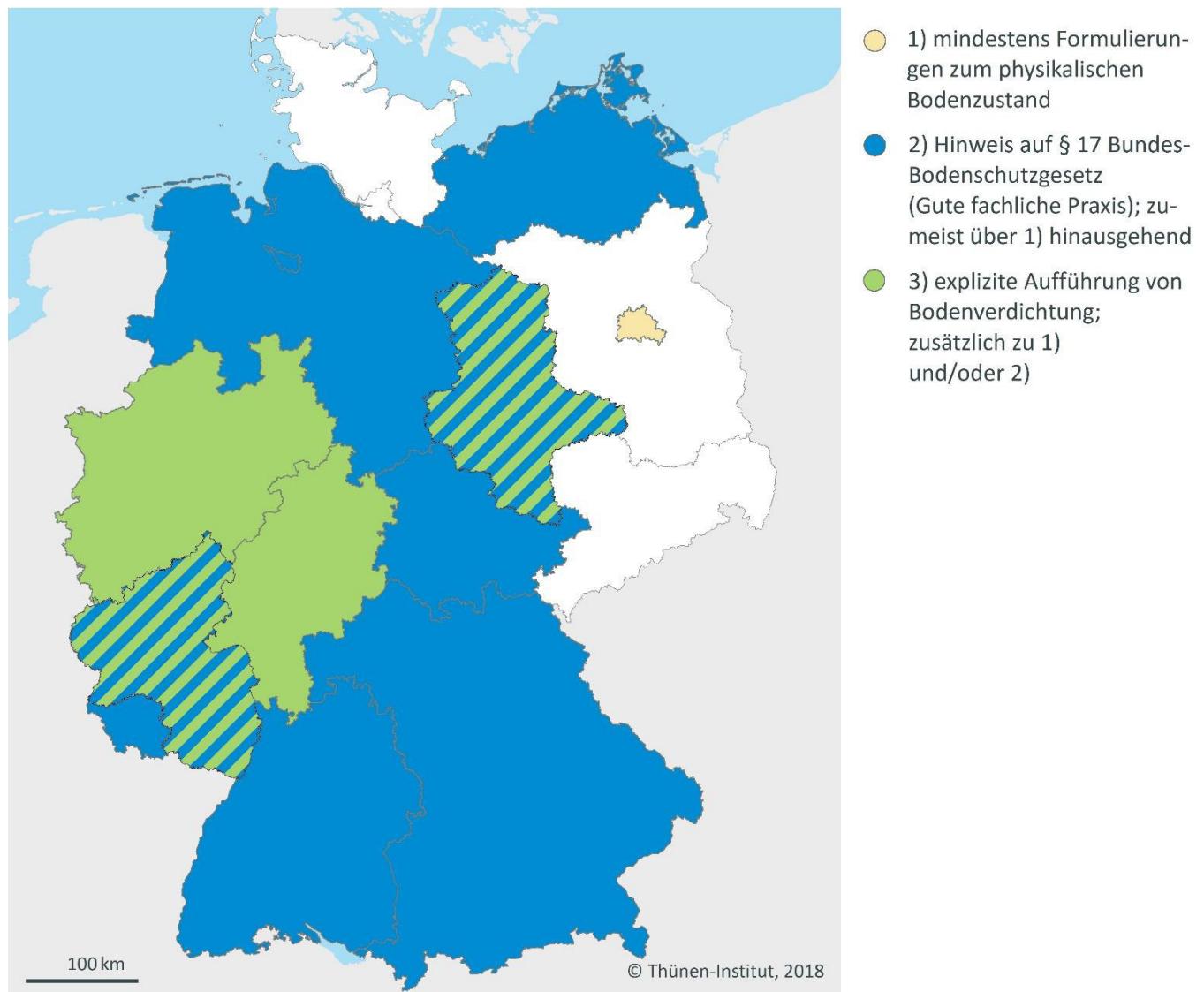
¹⁸ physikalische Beschaffenheit des Bodens/von Böden, physikalische Bodenbeschaffenheit

¹⁹ Unter Einbeziehung der allgemeineren Formulierung Beschaffenheit/Zustand der Böden sind dies 14 Länderbodenschutzgesetze (zusätzlich: Hamburg, Schleswig-Holstein, Rheinland-Pfalz und Hessen).

²⁰ Landwirtschaftskammern

²¹ im Zusammenhang mit Fachinformationssystemen (FIS Bodenkunde, Boden-IS, IS Bodenschutz)

Abbildung 1: In Länderbodenschutzgesetzen gewählte Wortlauten zu Bodenverdichtung bzw. zu physikalischem Bodenzustand und Gute fachlicher Praxis (GfP)



Quelle: Eigene Darstellung

2.3.3 Bodenschutzprogramme

Einige **Bundesländer haben Bodenschutzprogramme erstellt**. Diese Bodenschutzprogramme sind von der Landesregierung (Kabinett) beschlossene, **umweltpolitische Instrumente** (LUNG/ZALF/LFA/Frielinghaus et al. 2002). Sie stellen die aktuelle Situation dar, **enthalten Bodenschutzziele bzw. ordnungspolitische Bodenschutzstrategien** und zeigen spezifische und weitergehende **Maßnahmen** zum Schutz des Bodens auf (StMUGV 2006, MUNF 1996):

- **Baden-Württemberg** im Jahr 1985, mit Konkretisierung im Folgejahr 1986²² (MELUF 1986),
- **Berlin** im Jahr 1988,
- **Saarland und Niedersachsen** im Jahr 1990²³,
- **Bayern** im Jahr 1991, mit Fortschreibung im Jahr 2006 (StMUGV 2006),
- **Schleswig-Holstein** im Jahr 1995²⁴ (MUNF 1996), und
- **Mecklenburg-Vorpommern** hat im Jahr 2002 die Erarbeitung eines 3-teiligen Bodenschutzprogramms bis 2017 vereinbart. Nach Erstellung von Teil 1 – Bodenbericht²⁵ (LUNG 2002) war die Weiterführung lange gebremst, sodass der Zeitplan zur Fertigstellung nun weit überschritten worden ist²⁶.

Als Handlungsempfehlung enthält das Bodenschutzprogramm von **Baden-Württemberg** den Einsatz nichtwendender Kombinationsgeräte (MELUF 1986, S. 31), die Kalk- und Humusversorgung, Zwischenfrüchte, eine schonende Bearbeitung bei geeignetem Bodenzustand, ein – **soweit mögliches – Unterlassen von Befahren auf zu feuchtem Boden**, breite Reifen, Niederdruckreifen sowie die Schaffung technischer Voraussetzung zur Vermeidung von Bodenverdichtung durch das Pflügen, die Beseitigung von Verdichtungen vor allem im Unterboden durch Zwischenfrüchte mit tiefreichenden Wurzeln, durch Tieflockerung und -düngung und die „**Vermeidung von Ackerbau auf grund- und stauwasserbeeinflussten Böden** mit oberflächennaher Vernässungsgefahr“ (MELUF 1986, S. 68).

Das Bodenschutzprogramm von **Bayern** empfiehlt den „Einsatz großvolumiger moderner Reifen mit möglichst niedrigem Reifeninnendruck, von Reifendruckregelanlagen und speziellen Fahrwerken“ (StMUGV 2006, S. 34). Übergeordnet erarbeite die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) **wirtschaftlich tragfähige, auf die Anforderungen der Betriebe zugeschnittene Handlungsstrategien bzw. „Konzepte**, um die Risiken von schädlicher Bodenverdichtung [...] zu minimieren“ (StMUGV 2006, S. 18) – Informationen zur Verdichtungsempfindlichkeit könnten helfen, den besonderen Handlungsbedarf regional aufzuzeigen (StMUGV 2006, S. 18).

²² beschlossen im Dezember 1986 vom Ministerrat

²³ Die Bodenschutzprogramme Berlin, Saarland und Niedersachsen sind nicht ohne weiteres bzw. nur schwer online zugänglich.

²⁴ verabschiedet im September 1997 vom schleswig-holsteinischen Landtag

²⁵ LUNG 2002 ist nicht als PDF-Dokument, sondern direkt abrufbar per <https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/ImUmwelt/Boden/Bodenschutz/Bodenschutzprogramm/> (Stand: 05.10.2017).

²⁶ Die Erstellung von Teil 2, einer Bewertung und Zielformulierung, sollte im Jahr 2015 abgeschlossen sein, doch befand dieser Teil sich bis November 2017 noch in Abstimmung und wurde erst Ende Januar 2018 veröffentlicht. Teil 3, die Formulierung entsprechender Maßnahmen und Handlungsempfehlungen, sollte im Jahr 2017 erstellt sein und ist noch immer nicht verfügbar.

Das **schleswig-holsteinische** Bodenschutzprogramm nennt als Schutzmaßnahmen eine standortgerechte Bodennutzung mit Gestaltung einer vielseitigen Fruchtfolge unter Einbeziehung von Tiefwurzern, **keine Bearbeitung bei starker Vernässung** sowie technische Möglichkeiten zur Verminderung der Auflast, bzw. Untergrundlockerung (MUNF 1996, S. 67). Übergeordnet benennt es **Bodenverdichtung als „Folge intensiver Bewirtschaftung** und des Einsatzes **schweren Bearbeitungsgerätes**“ (MUNF 1996, S. 24) sowie indirekt durch Entwässerungsmaßnahmen in der Landwirtschaft und für Siedlungs-, Gewerbe- und Straßenbau (MUNF 1996, S. 24).

Als Empfehlung enthält das Bodenschutzprogramm von **Mecklenburg-Vorpommern** in seinem Teil 1 – *Bodenbericht* (LUNG 2002²⁷) einen Verweis auf Empfehlungen in LUNG/ZALF/Frielinghaus et al. (2002). Der Teil 2 – *Bewertung und Ziele* (MLU 2017b) des Bodenschutzprogramms empfiehlt unter anderem die Beachtung der Bodenfeuchte (MLU 2017b, S. 255). Er nennt ebenso Spurenlockerung, Flächenlockerung sowie den Anbau von Tiefwurzern (MLU 2017b, S. 121, S. 301), gefügestabilisierende Maßnahmen wie z. B. Humusaufbau (MLU 2017b, S. 260, S. 310), wie auch die Verbesserung der Datenlage (MLU 2017b, S. 120f., S. 301) und die Vervollständigung und Validierung vorhandener Indikatormodelle (MLU 2017b, S. 121, S. 302). Der Bewertungsteil benennt außerdem das Ziel, dass im Interesse eines bundeseinheitlichen Vollzugs die BBodSchV um **Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte für Bodenverdichtung** ergänzt werden sollte²⁸ (MLU 2017b, S. 120), und dass **bei bestehenden Bodenverdichtungen der Verdichtungsgrad und -umfang der Böden sukzessive identifiziert werden sollte** (MLU 2017b, S. 301). Übergeordnet ist im Bewertungsteil die Annahme enthalten, dass „trotz druckmindernder Technologien [...] allein aufgrund der **gestiegenen Radlasten** die Bodenschadverdichtungen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen zunehmen können“ (MLU 2017b, S. 254).

2.3.4 Vereinbarungen und Leitfäden zur Vermeidung von Bodenverdichtung

Das Bundesland **Nordrhein-Westfalen** hat im Juni 2016 eine **gesonderte Vereinbarung zur Vermeidung von Bodenschadverdichtungen** (MUNLV 2016a, MUNLV 2016b) auf Ackerflächen erstellt (s. Kapitel 5.1.4): Als ergebnisoffene Diskussion hat der im Jahr 2011 eingerichtete, transferorientierte Ansatz **Dialog Landwirtschaft und Umwelt**²⁹ (DLU) ab dem Jahr 2015 **unterschiedliche Akteure zum Thema Bodenverdichtung an einen Tisch gebracht** (MUNLV 2016b, MUNLV 2016c). Ziel

²⁷ LUNG 2002 ist nicht als PDF-Dokument, sondern nur als Web-Text einsehbar (s. o.).

²⁸ über Schwellenwerte bodenphysikalischer Parameter, z. B. Lagerungsdichtegrenzwerte als Vorgaben für die vier Bewertungskriterien Bodengefüge, Luftkapazität, gesättigte Wasserleitfähigkeit und Lagerungsdichte

²⁹ Partner des am 09.02.2011 gegründeten DLU sind Landwirtschafts- und Waldverbände, Landjugend, Landwirtschaftskammer, Landeseinrichtungen, Hochschule (Umweltökonomie), Umwelt- und Naturschutzverbände, Biogasverband, Stiftungen und NGOs, Verbraucherverband sowie Landtechnik-Industrie und Lohnunternehmerverband.

der Vereinbarung ist die Begrenzung des Drucks auf Ackerböden und die **Vermeidung der Befahrung in zu feuchtem Zustand**. Dabei soll das Bodenbewusstsein gleichermaßen gefördert werden wie die **Erfassung des aktuellen Bodenzustands mittels digitaler Bodeninformationen und Sensorsorten** (MUNLV 2016a). Konkrete Empfehlungen beziehen sich auf die Begrenzung des Reifeninnendrucks sowie der Rad-/Achslast sowie in Tabellenform eine an DIN-Vornorm 19685 Bodenbeschaffenheit – Felduntersuchungen – Teil 5 (DIN 1996) angelehnte Beschreibung von Bodenmerkmalen zur Bodenfeuchte und Befahrbarkeit. Im Zuge der Vereinbarung des DLU hat das Bundesland eine im Jahr 2009 von MUNLV/Weyer & Boeddinghaus erstellte **Broschüre zum Thema Bodenverdichtungen vermeiden** einschließlich des angehängten **Bestimmungsschlüssels zur Beurteilung des Verdichtungszustandes von Böden**³⁰ überarbeitet und in deutscher und englischer Sprache veröffentlicht (MUNLV/Weyer & Boeddinghaus 2009/2016a, MUNLV/Weyer & Boeddinghaus 2009/2016b).

Einige Bundesländer haben **Leitfäden zur Bodenkundlichen Baubegleitung**³¹ (BBB) erstellt (Hessen (HMUKLV 2001, HLUG/Feldwisch 2012), Nordrhein-Westfalen (LANUV 2009), Niedersachsen (LBEG/Hammerschmidt 2014), Schleswig-Holstein (LLUR/Bädjer 2014) und Sachsen (SLfULG/Feldwisch & Friedrich 2016)). Auch wenn Inhalte einiger Leitfäden teils auf die landwirtschaftliche Praxis übertragbar sind, werden sie hier ausgeklammert, da sonst ebenso andere, in großer Zahl im Internet vorliegende Quellen der Raum- und Umweltplanung und des baulichen Bereichs mitberücksichtigt werden müssten (vgl. Kapitel 1).

2.4 Zwischenergebnis: Vorgaben zur Bodenverdichtung im Ordnungsrecht

Deutschland hat einen übergeordneten gesetzlichen Rahmen speziell für den Bodenschutz: Gefahren für den Boden und ihre Vermeidung werden im Ordnungsrecht adressiert (BBodSchG, BBodSchV, BNatSchG und weitere bundesweit gültige Umweltgesetze). Auf die Bodennutzung in Deutschland wirken auch die Bodenschutzvorgaben der GAP ein (Direktzahlungen). Das **Greening**, im Jahr 2015 eingeführt, ist mit dem Wunsch nach förderlichen Bewirtschaftungsmethoden für den Klima- und Umweltschutz verbunden. Die **CC-Verpflichtungen**, welche Zahlungen der GAP an die Einhaltung des GLÖZ-Standards knüpfen, sind **nicht gleichzusetzen mit der GfP** (s. Kapitel 3.1.1) und adressieren das Thema Bodenverdichtung nicht direkt. Der die GfP in der Landwirtschaft im BBodSchG umschreibende **§ 17 BBodSchG** enthält eine **individualisierte Vorsorgeregelung**. Die Vermittlung des Schutzniveaus der GfP, das auf eigene Kosten der Landwirtinnen und Landwirten einzuhalten ist, wird **durch Beratung** besorgt, die **nicht zwingend** durchgeführt wird. Der **§ 21**

³⁰ Bestimmungsschlüssel zur Erkennung und Bewertung von Bodenschadverdichtungen im Feld

³¹ Vgl. dazu auch Zertifikatslehrgang Bodenkundliche Baubegleitung (BBB) des BVB in Kooperation mit der Universität Osnabrück, dessen 1. Jahrgang im Jahr 2017 stattgefunden hat und deren 2. Jahrgang im März 2018 stattfinden wird (6-tägige Fortbildungsveranstaltung, beginnend am 02.03.2018).

Abs. 3 BBodSchG, wonach die Länder Maßnahmen und Regelungen für Gebiete mit auftretenden oder zu erwartenden, flächenhaft schädlichen Bodenveränderungen treffen können, **wird jedoch zurzeit** auf Erosion und Bodenverdichtung **nicht angewendet** (vgl. Kapitel 2.1).

In der vom Bundeskabinett im Mai 2017 beschlossenen MantelV ist der physikalische Bodenschutz stärker als zuvor verankert: Die **Änderungen zur geplanten Novellierung** der BBodSchV **bleiben** jedoch **vage** (schädliche Bodenveränderung, Baubegleitung, Untersuchungen physikalischer Bodeneigenschaften), auch wenn nun eine **Definition zur Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung aufgrund physikalischer Einwirkungen** in § 3 BBodSchV enthalten ist. Ebenso ist in § 4 BBodSchV nun eine Bodenkundliche Baubegleitung (BBB) bei Vorhaben mit komplexeren Boden-eingriffen verankert, welche zur Vermeidung bzw. Minimierung von Bodenverdichtung auf Ackerböden durch Linienbaustellen (z. B. Erdkabeltechnik bei der Hochspannungs-/Gleichstrom-Übertragung, HGÜ) beitragen kann. Allerdings sind sowohl im BBodSchG als auch in der BBodSchV **keine Begriffsbestimmungen zu physikalischen Bodeneigenschaften** konkretisiert. Zu Veränderungen von Bodenfunktionen gibt es weder Bewertungsmaßstäbe (Prüf-, Vorsorge- bzw. Maßnahmenwerte) noch eine Konkretisierung, ab wann Veränderungen erheblich sind (HLUG/Feldwisch 2015, S. 86f., Landtag Mecklenburg-Vorpommern 2015, S. 3, Vorderbrügge & Brunotte 2011b, S. 27f.). Es bleibt unklar, ob Eigentümerinnen und Eigentümer oder die Behörden die Untersuchungen durchführen müssen [Mitt. M. Lorenz]. Darüber hinaus ist keine Methode zur Untersuchung (Probenahme- und Analyseverfahren) definiert. Hier bleibt demnach Auslegungsspielraum für Vollzugsbehörden hinsichtlich Definitionen und Maßnahmen [Mitt. M. Lorenz]. **Bisher** spielen **Verstöße** meist **keine bedeutsame Rolle** bei Überwachungen oder in Verfahren (HLUG/Feldwisch 2015, S. 86). Zur Durchsetzung der Vorsorgepflicht sind Anordnungen nur zulässig, wenn Anforderungen durch **Rechtsverordnung** näher konkretisiert sind (Haber & Bückmann 2014, S. 118).

Im europäischen Vergleich haben die Bundesämter in der **Schweiz Vollzugshilfen** publiziert (BUWAL/Desaules et al. 2001/2005, BAFU/BLW 2013). Diese enthalten eine **Definition** einer nachhaltigen Schadverdichtung – als **länger als 5 bis 7 Jahre feststellbar** (BUWAL/Desaules et al. 2001/2005, S. 14) – sowie die **Simulationsmodelle TASC und Terranimo®**, die **Überwachung von Vorrangregionen** und Hackfrucht-Gebieten, die **periodische Kontrolle** betrieblicher Maßnahmen und die **Dokumentation** erwiesener Beeinträchtigungen durch Bodenverdichtung von **über 0,1 Hektar** sowie **Anreizsysteme** (BAFU/BLW 2013, S. 35, S. 39ff.): Es gäbe eine **6-jährige Zahlung von Fördermitteln**, um „neuen Techniken und Organisationsformen sowie strukturellen Anpassungen zum Durchbruch [zu] verhelfen“ (BAFU/BLW 2013, S. 41). Im Jahr 2005 gaben die Kantone konkrete Hinweise u. a. zur **Absenkung des Reifendrucks von 1,6 bar (Straße) auf 0,8 bar (Acker)** sowie zum Einsatz von **Reifendruckregelanlagen**. Als Kommunikationsstrategie nutzten sie den möglichen Anteil an **Ertragsausfällen** und einen Appell zum „**Nicht-regelmäßig-in-Kauf-Nehmen**“ von Strukturschädigungen (Arbeitsgruppe Landwirtschaftlicher Bodenschutz Nordwestschweiz und Luzern/Emch et al. 2005).

Die deutschen Ländergesetze zum Bodenschutz in der Landwirtschaft fokussieren auf die Themen **Informationssysteme (IS)**, **Datenhaltung und Boden-Dauerbeobachtung**. Den **physikalischen**

Bodenzustand beziehen zehn Bundesländer explizit **ein** (Niedersachsen, Bayern, Nordrhein-Westfalen, Saarland, Sachsen-Anhalt, Bremen, Thüringen, Berlin, Baden-Württemberg und Mecklenburg-Vorpommern), den **§ 17 BBodSchG enthalten neun Länderbodenschutzgesetze** (Niedersachsen, Bayern, Saarland, Sachsen-Anhalt, Bremen, Thüringen, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Mecklenburg-Vorpommern). **Keinen Wortlaut** zum Themenkomplex ‚physikalische Bodenbeschaffenheit‘, ‚GfP‘ und ‚Bodenverdichtung‘ enthalten **vier Gesetzestexte** – die der **Länderbodenschutzgesetze von Brandenburg, Sachsen, Hamburg und Schleswig-Holstein**. **Schleswig-Holstein** thematisiert Bodenverdichtung jedoch in seinem **Bodenschutzprogramm** (MUNF 1996). Während sich besonders wenige Bezüge zur landwirtschaftlichen Bodennutzung im Brandenburgischen und Sächsischen Ländergesetz finden, zeichnet sich eine **Fokussierung in den Ländergesetzen der Bundesländer Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen** sowie auch **Schleswig-Holstein, Thüringen, Hessen und Mecklenburg-Vorpommern** (Weitergabe auch durch automatisiertes Verfahren/Datenportal) ab. **Nur in vier Bundesländern** – Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt, Rheinland-Pfalz und Hessen – **ist der Begriff ‚Bodenverdichtung‘** dezidiert in die gesetzlichen Vorgaben **mit aufgenommen** worden.

Darüber hinaus wurden in einigen Bundesländern³² Bodenschutzprogramme erstellt (Baden-Württemberg, (Berlin, Saarland, Niedersachsen) Bayern und Schleswig-Holstein sowie – in Erstellung – Mecklenburg-Vorpommern). Die relativ früh erstellten **Bodenschutzprogramme von Baden-Württemberg (1985) und Bayern (1991) decken das Thema Bodenverdichtung umfassend und vorbildlich ab** (MELUF 1986, StMUGV 2006), im Bodenschutzprogramm von **Mecklenburg-Vorpommern** klingt ein **Monitoring** zum Verdichtungsgrad und -umfang an (MLU 2017b). Die Bodenschutzprogramme Berlin, Saarland und Niedersachsen waren Vorarbeiten für spätere Länderbodenschutzgesetze und sind nicht online veröffentlicht.

Das Bundesland **Nordrhein-Westfalen hat im Jahr 2016 eine Vereinbarung zur Vermeidung von Bodenverdichtungen auf Ackerflächen erstellt** im Rahmen eines **Akteure-orientierten Diskussionsformats** (MUNLV 2016a, MUNLV 2016b), was als **zeitgemäßer, konkreter und vorbildlicher Schritt zu werten ist**. Der weitere Verlauf wird zeigen, **ob und wie sich die Handlungsempfehlungen der Vereinbarung in der Praxis auf dem Feld auswirken werden** – im Hinblick auf eine nachhaltige Bewirtschaftung der Ackerböden – **und wie die erwarteten positiven Änderungen erfahrbar bzw. erfasst werden können**. Das Akteure-orientierte Diskussionsformat könnte **in andere Bundesländer übertragen** und weiterentwickelt werden. Es würde sich ferner anbieten, bundesweit eine Vernetzung u. a. dieser nordrhein-westfälischen Akteursgruppe mit Förderinitiativen bzw. Forschungsverbünden zu ermöglichen, die in ähnlicher Weise an **digitalen Bodeninformationen und Sensortechniken** arbeiten, um bodenkundliches Wissen in die Umsetzung der Vereinbarung in der Praxis einfließen zu lassen und Synergien nutzen zu können.

³² Die Unterscheidung zwischen den die Länderbodenschutzgesetze vorbereitenden Bodenschutzprogrammen und Bodenschutzprogrammen als eigenständigen Instrumenten wird nicht klar kommuniziert.

Im Einklang mit früheren Einschätzungen und Wertungen in Kommentaren zum BBodSchG (Erbguth & Stollmann 2001, Frenz 2000, Holzwarth et al. 2000, Bickel 2004, Versteyl et al. 2005) und in der umweltwissenschaftlich-bodenkundlichen Fachdiskussion (Haber & Bückmann 2014) folgt auch hier, dass es trotz der gesetzlich begründeten Pflicht, schädliche Bodenveränderungen zu vermeiden, u. a. aufgrund der föderalen Strukturen der Bundesländer **erhebliche Unterschiede in den Vorgaben der Bundesländer** (s. auch Kapitel 5) gibt. Ferner scheint der prinzipiell **durch das BBodSchG gesteckte Rahmen – aus der Perspektive ‚Bund‘ – von den Bundesländern nicht voll ausgeschöpft** zu werden, und eine **der öffentlichen Hand als Aufgabe zufallende Vorsorgepflicht im BBodSchG** scheint – aus der Perspektive ‚Bundesländer‘ – nicht vorgesehen zu sein. Dies gründet auf der Tatsache **fehlender Regelungen zum Vollzug der GfP nach § 17 BBodSchG** durch z. B. fehlende Anordnungen und Kontrollen und fehlende Prüf-, Vorsorge- bzw. Maßnahmenwerte³³ (Defizite/Schwächen des Ordnungsrechts bzw. legislative Unsicherheit) (vgl. Kapitel 2.3.1 und Kapitel 2.3.2). Im Zuge der **kürzlich beschlossenen Novelle der BBodSchV ist fraglich, wie die Länder ihre Verwaltungseinrichtungen briefen werden**, und ob bzw. wie diese Änderungen Eingang in den Vollzug finden werden. **Dialog-Konzepte mit gesonderter Vereinbarung zwischen Akteuren** wie in Nordrhein-Westfalen mithilfe eines transferorientierten Ansatzes entwickelt, **erscheinen als *bottom-up solution* bzw. als ein geeignetes kooperatives Modell** (‘Vehikel der Veränderung’) für ein standortangepasstes Bodenmanagement.

³³ Dieses politische Dilemma ist nicht neu: In der Entwurfsphase war das BBodSchG als umfassend gedachtes Konzept für den Bodenschutz formuliert. Bereits bei der Formulierung des BBodSchG wurden ökonomische und ökologische Funktionen kontrovers diskutiert. Der Umweltausschuss des Bundesrats hatte einen Vorrang der natürlichen, ökologischen Bodenfunktionen sowie der Archivfunktion gegenüber ökonomischen Funktionen eingefordert. Wirtschaftsverbände hatten dies zurückgewiesen, da auch diese Nutzungsformen den Boden nachhaltig erhalten und wiederherstellen könnten. Die Bundesländer hatten bemängelt, dass im BBodSchG die Vorsorgepflicht nicht vorgesehen sei. Als Konsens wurde der Begriff der GfP eher offengehalten und durch Subsidiaritätsklauseln in Kauf genommen, dass Schwierigkeiten bei der Umsetzung eintreten bzw. Behörden keine konkreten Eingriffsbefugnisse erhalten (s. u. a. Holzwarth et al. 2000, Erbguth & Stollmann 2001, S. 55, Bickel 2004, Versteyl et al. 2005, Haber & Bückmann 2014).

3 Koordination der Bundesländer zum Vollzug des Bodenschutzrechts

3.1 Empfehlungen des Arbeitsgremiums der Umweltministerkonferenz (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz, LABO)

Um den Erfahrungsaustausch zwischen den für den Bodenschutz zuständigen Behörden zu unterstützen und die Weiterentwicklung des Bodenschutzes zu begleiten, hat die Umweltministerkonferenz (UMK)³⁴ im Jahr 1991/1992³⁵ ein Arbeitsgremium geschaffen, um Fragen zu erörtern, Lösungen auszuarbeiten und Empfehlungen auszusprechen – die **Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO)**. Dezidiertes Ziel des **Behördengremiums LABO** ist es, einen einheitlichen Vollzug des Bodenschutzrechts zu erreichen.

3.1.1 Position der LABO zur Guten fachlichen Praxis (2014)

Im Jahr 2014 hat die LABO ein *Positionspapier der LABO zur „Guten fachlichen Praxis“ der landwirtschaftlichen Bodennutzung* (GfP) erstellt (LABO 2014). Dieses Positionspapier (Stand: 29. Juli 2014) enthält eine Klarstellung des Verhältnisses der GfP zu CC-Anforderungen und zur Gefahrenabwehr, Regelungsvorschläge³⁶ für den Boden (mögliche rechtliche Verankerung des Klimaschutzes im Bodenschutzrecht sowie Anordnungsbefugnis der Bodenschutzbehörden zur Durchsetzung von Maßnahmen der GfP) und eine **Kritik an einer Broschüre des aid infodienstes (aid)**³⁷ **Gute fachliche Praxis – Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz** aus dem Jahr 2013 (BMEL/aid 2013/2015³⁸) (s. Kapitel 6.2.1). Diese enthalte geeignete Maßnahmen zur Durchführung der GfP, u. a. zum Gefügeschutz. Sie empfehle bzw. gebe jedoch keine Bewertungsverfahren vor, beschreibe die Rechtsystematik und die Direktzahlungsregelungen unpräzise und lasse so Landwirtinnen und Landwirte, Beratungsstellen und Vollzugsbehörden im Unklaren hinsichtlich Anforderungen und Verbindlichkeit (LABO 2014, S. 2).

³⁴ Die Umweltministerkonferenz (UMK) besteht aus Umweltministerinnen und Senatoren des Bundes und der Länder und dient der Koordination der Bundesländer (Länderabsprachen, Positionspapiere, Lösungsstrategien) hinsichtlich eines gemeinsamen politischen Willens zur Nachhaltigen Entwicklung (keine unmittelbare Rechtswirkung).

³⁵ Beschluss der UMK am 21./22.11.1991

³⁶ Unter Regelungsvorschläge werden hier rechtliche Regelungsvorschläge subsumiert, z. B. Vorschläge für den Gesetzgeber, Gesetzesentwürfe und Änderungsvorschläge zu bisherigen rechtlichen Vorgaben.

³⁷ seit April 2017 durch Änderung der Organisationsstruktur übergegangen in das neue Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL) unter dem Dach der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)

³⁸ vgl. 2. Auflage: aid/Brunotte et al. (2015)

Nach Einschätzung der LABO entfalte auch die Kombination der bodenschutzrechtlichen Instrumente **§ 17 Abs. 2 BBodSchG und § 5 Abs. 2 BNatSchG „kaum steuernde Wirkung**, da die GfP [sic!] weder durch Rechtsverordnung noch durch Anordnungen im Einzelfall konkretisiert werden kann“ (LABO 2014, S. 3). Ergriffen werden können allerdings **Gefahrenabwehrmaßnahmen** nach § 10 BBodSchG, jedoch unabhängig davon, ob die Grundsätze der GfP beachtet worden sind. Hingegen sind die landwirtschaftlichen Beratungsstellen angehalten, die **Grundsätze der GfP „auf dem Wege der Beratung [zu] vermitteln** (§ 17 Abs. 1 Satz 2 BBodSchG)“ (LABO 2014, S. 3).

Das LABO-Positionspapier geht gesondert auf das Thema Bodenverdichtung ein und führt Kritik an heutigen Radlasten von bis zu 10 Tonnen sowie Fahrzeug-Gesamtgewichten von bis zu 60 Tonnen an (LABO 2014, S. 7) (s. Kapitel 6.2.6). Als **Ansatzpunkte** zur weitgehenden Vermeidung der Bodenverdichtung genannt werden a) der **Verzicht auf Bearbeitung bei hoher Bodenfeuchte** und bzw. oder b) die Ausschöpfung der technischen Möglichkeiten der Fahrzeuge zur **Anpassung des Lasteintrages an die Tragfähigkeit des Bodens** (LABO 2014, S. 7).

Die LABO führt als **Defizite bezüglich der Einhaltung der GfP zur Bodenverdichtung** auf:

- Ungeeigneter Begriff *Schadverdichtung*: Dieser bezieht sich auf Gefahrenabwehr und sei somit für die Operationalisierung der Vorsorge nicht geeignet,
- Fehlende Angaben zur tagesaktuellen Bodenfeuchte und damit zur Tragfähigkeit des Bodens in Verbindung mit strukturellen Bodeneigenschaften,
- Fehlendes Verfahren zur Bewertung des Lasteintrages aus dem Fahrzeuggewicht, der resultierenden Radlast und in Verbindung mit Reifenbreiten und -innendrücken sowie der standörtlichen Tragfähigkeit des Bodens,
- Kenntnisdefizite des Kontaktflächendrucks unter Praxisbedingungen,
- Forschungsdefizit zu Größenordnungen typischer Lasteinträge und Kontaktflächendrücke für **gängige Bearbeitungsverfahren** für die Krume und den Bereich unterhalb der Krume.

Als **Lösungsvorschlag für diese Defizite** enthält das Positionspapier die Empfehlungen:

- Entwicklung eines **praxistauglichen geeigneten Bewertungsverfahrens**, das die Tragfähigkeit des Bodens unter Berücksichtigung der tagesaktuellen Bodenfeuchte und des Lasteintrags standortangepasst zueinander in Beziehung setzt,
- Vermittlung dieses Bewertungsverfahrens im Rahmen der Beratung an die Landwirtinnen und Landwirte, damit diese die Anforderungen der GfP umsetzen und einhalten können,
- Weitere wissenschaftliche Qualifizierung der Informationen zur tagesaktuellen Bodenfeuchte und zur schematischen Verteilung im Jahresverlauf, ggf. durch Bereitstellung dieser Informationen durch den Deutschen Wetterdienst (DWD).

Das Positionspapier weist außerdem auf ein Defizit **im Wissenstransfer** hin: Selbst wenn standortspezifische Anforderungen in den Unterlagen der Bundesländer konkret unterstellt seien, **stehe**

„dieses Wissen häufig für den einzelnen Landwirt nicht zur Verfügung“ (LABO 2014, S. 10). Als Gründe hierfür nennt das Positionspapier:

- Mangelnde Verfügbarkeit praxisnaher Anleitungen,
- Fehlende landwirtschaftliche Beratung im Einzelfall,
- Fälschliche Gleichsetzung der CC-Anforderungen mit der GfP.

Wesentliche **Potenziale** sieht die LABO entsprechend dieser Gründe **beim Transfer** der aktuellen umfassenden wissenschaftlichen Erkenntnisse **in die Beratung** zu den Grundsätzen der GfP (LABO 2014, S. 10).

3.1.2 Empfehlungen der LABO zur Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie (2015) – Verpflichtung zur Geodatenbereitstellung/Berichterstattung

Die **LABO** beschäftigt sich auch mit der Umsetzung der **Richtlinie zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft**³⁹ (**INSPIRE**) (EU 2007). Ziel der INSPIRE-Richtlinie ist der Vollzug der Umweltpolitiken und eine leichtere Nutzbarkeit raumbezogener Daten mithilfe **webbasierter Dienste** (LABO 2015) (s. Kapitel 5.1.5, Kapitel 6.2.3 und Kapitel 6.2.6). Die auf den **Geodateninfrastrukturen der Mitgliedstaaten (MS)** basierende Richtlinie **legt allgemeine Bestimmungen** fest für die EU-Umweltpolitik wie auch für politische Maßnahmen und Tätigkeiten mit **potenziellen Umweltauswirkungen**. Der INSPIRE-Prozess ist verknüpft mit dem Vorhaben Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE) zur Vernetzung von Geodaten, und die Richtlinie wirkt sich auf digitale Bodenkarten bzw. Geodatensätze aus, welche die Bundesländer erarbeiten – z. B. auf Daten des **Fachinformationssystems Bodenkunde der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (FISBo BGR)** bzw. der **Boden-Dauerbeobachtungsprogramme der Länder (BDF)**. Die INSPIRE-Richtlinie formuliert, dass der Aufwand der Datenbereitstellung **angemessen** sein sollte (EU 2007, S. 3, S. 6) und die kostenlose Nutzung einer Mindestanzahl von Diensten⁴⁰ wichtig sei (EU 2007, S. 3). In der INSPIRE-Richtlinie werden in einem Geodaten-Thema zur Bodenbeschreibung u. a. **Textur, Struktur**, Gehalt an organischem Bodenmaterial und erwartete **Wasserspeicherkapazität** herangezogen (EU 2007, S. 13). Indirekt ist der Bodenschutz enthalten in einem weiteren Geodaten-Thema zur Umweltüberwachung, u. a. der Beobachtung und Messung z. B. des Zustands von

³⁹ Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14.03.2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE)

⁴⁰ Gemeint dürften hier die in Artikel 11 Absatz 1 Buchstaben a und b enthaltenen Suchdienste zum Auffinden von Geodatensätzen und Geodatendiensten, zur Anzeige des Inhalts der Metadaten sowie der Darstellungsdienste zur Anzeige bzw. Navigation (WMS) sein.

Umweltmedien (EU 2007, S. 13). Die bisherige Durchführung der INSPIRE-Richtlinie haben die Kommissionsdienststellen⁴¹ im Jahr 2016 bewertet: **Wesentliche Durchführungslücken sollten geschlossen werden, und konkreten Problemen**, welche die **Datenpolitik**bestimmungen und einige technische Spezifikationen in Durchführungsregeln inkl. der **Berichterstattung** betreffen, **müsste Aufmerksamkeit gewidmet werden** (KOM 2016, S. 4).

Im *Jahresbericht 2014* hatte die LABO Empfehlungen zur Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie zu **Geodatenbereitstellung** und **Berichterstattung** aufgeführt: Eine **enge Verzahnung der Strukturen** der INSPIRE-Richtlinie und der GDI-DE sei unverzichtbar, und bei der **Fortschreibung des rechtlichen Rahmens** und beim **weiteren Auf- und Ausbau** der europäischen und nationalen **Geodateninfrastruktur** müssten **fachliche Interessen der Fachverwaltungen** angemessen berücksichtigt werden (LABO/Wieland 2015, S. 11f.). Eine weitere, koordinierte Bearbeitung des Themas Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie und Betroffenheit des **Bodenschutzes** wertete die LABO als sinnvoll (LABO/Wieland 2015, S. 12).

3.2 Zwischenergebnis: Lösungsvorschläge und Empfehlungen der LABO

Zu den **Grundsätzen der GfP** sieht die **LABO** – angesichts der **Vollzugsprobleme** bzw. **der fehlenden Regelung zum Vollzug der Guten fachlichen Praxis** – wesentliche **Potenziale beim Transfer** der aktuellen umfassenden wissenschaftlichen Erkenntnisse **in die Beratung**.

Die im Jahr 2014 durch den **Ständigen Ausschuss Vorsorgender Bodenschutz** (BOVA) der LABO zum Schutz des Bodens vor Bodenverdichtung **formulierten Ansatzpunkte**⁴², **Defizite**⁴³ und **Lösungsvorschläge**⁴⁴ und **der dabei eingeforderte konkrete Standortbezug** (LABO 2014), sind **entscheidend für die Weiterentwicklung des Transfers Praxis-Wissenschaft-Wirtschaft-Praxis**.

Gemäß INSPIRE-Richtlinie sollen Daten(-dienste) **öffentliche oder in den Verwaltungen verfügbar** sein (Verpflichtung zur Geodatenbereitstellung, keine direkten Berichtspflichten an EU-Kommission (KOM)). Die **webbasierten Dienste** haben eine **Doppelfunktion** inne: Sie dienen der **INSPIRE-konformen Umsetzung** und sind zugleich Medium der **Berichterstattung**, um der

⁴¹ Begleitunterlage zum Bericht der EU-Kommission an das Europäische Parlament (EP) und den Rat vom 14.03.2007 (COM(2016) 478 final) (Bericht gemäß Artikel 23 der Richtlinie), SWD(2016) 243 final

⁴² Verzicht auf Bearbeitung bei hoher Bodenfeuchte, Ausschöpfung technischer Möglichkeiten der Fahrzeuge zur Anpassung des Lasteintrages

⁴³ mangelnde Eignung des Begriffs Schadverdichtung, Fehlen tagesaktueller Daten und Verfahren zur Bewertung des Lasteintrags, der Radlast und des Kontaktflächendrucks unter Praxisbedingungen, Forschungslücken hinsichtlich typischer Belastungen gängiger Bearbeitungsverfahren

⁴⁴ praxistaugliches Bewertungsverfahren, Wissenstransfer, Daten zur tagesaktuellen Bodenfeuchte

Verpflichtung zur Datenhaltung und -bereitstellung nachzukommen. Die im Jahr 2014 erfolgte Rücknahme der vorgeschlagenen EU-Bodenrahmenrichtlinie (BRRL) (KOM 2006) (s. Kapitel 4.1.3) scheint sich in der Berichterstattung zur INSPIRE-Richtlinie auf das Thema Boden bremsend ausgewirkt zu haben. Unabhängig davon ergeben sich jedoch durch die INSPIRE-Richtlinie **positive Nebeneffekte für den Datenaustausch in Deutschland bzw. zur Dokumentation deutschlandweiter Bodenschutzprobleme**. In einem Zwischenstand aus dem Jahr 2016 äußern die Kommissionsdienststellen die Empfehlung, wesentliche Durchführungslücken zu schließen und **Probleme der Datenpolitikbestimmungen und einiger technischer Spezifikationen** inkl. der **Berichterstattung** zu lösen (KOM 2016, S. 4).

4 Vorgaben und Aktivitäten auf EU-Ebene bzw. im EU-Recht zur Bodenverdichtung

4.1 Bodenschutzpolitik in der Europäischen Union

Für Bodenschutz existiert kein einheitliches und ausführliches Recht in Europa (vgl. Kapitel 2), und nur wenige MS haben eine umfassende Bodenschutzpolitik. Die EU-Bodenenschutzziele sind in anderen Instrumenten untergebracht (Klärschlamm, Umweltverschmutzung, Alpen-Konvention, Lebensmittel-Kontaminanten).

4.1.1 Europäische Bodencharta (1972)

Als **erstes politisches Instrument** zum Bodenschutz verabschiedete der Europarat im Jahr 1972 die **Europäische Bodencharta** (Europarat 1972). Bodenverdichtung wird in Forderung 4 und 12 indirekt adressiert über die Begriffe Qualität bzw. Eigenschaften und Erhaltung bzw. Produktionskapazität.

4.1.2 Thematische Strategie für den Bodenschutz (2002, 2006, 2012)

In den Jahren ab 2002 (über 2006 und 2012) wurde die **Thematische Strategie für den Bodenschutz** (STS) der KOM erarbeitet (KOM 2006), um eine EU-Bodenenschutzpolitik zu stärken und ein entsprechendes Rechtsinstrument zu schaffen. Die **STS kommt keinem Gesetzgebungsvorschlag gleich** und löst daher keinen Abstimmungsprozess auf EU-Ebene aus, trägt aber zur Kommunikation bei. Sie spricht **Bodenverdichtung als eine von acht Schlüsselgefahren** an (KOM 2006). Ihr Umsetzungs- und Maßnahmenteil (KOM 2012) zeigt auf, dass die KOM seit Einführung der CC-Regelungen im Jahr 2003 **über GLÖZ die Vermeidung der Verdichtung** als Schwerpunkt (neben der Erosionsbegrenzung und der Erhaltung und Vermehrung des organischen Bodenmaterials) **in die GAP integriert** (KOM 2012). Die Strategie bestand im Jahr 2006 aus einem Kommunikationsteil (KOM 2006, S. 2ff.), einem Vorschlag für eine **EU-Bodenrahmenrichtlinie** (BRRL) (KOM 2006, S. 7ff.) (s. Kapitel 4.1.3) und einer Folgenabschätzung (KOM 2006, S. 10ff.).⁴⁵

Im Jahr 2004 hatte die technische Arbeitsgruppe der **STS** außerdem einen **Bericht** erstellt, der hauptsächlich das Thema Erosion betrachtet. Der Bericht hebt **Bodenverdichtung** als ein „**particular problem on soils with low organic matter**“ (JRC/EEA/Van-Camp et al. 2004, S. 16) hervor. Die

⁴⁵ Communication COM(2006) 231, Proposal for a Directive COM(2006) 232 sowie Summary of the impact assessment SEC(2006) 1165 und Impact assessment of the thematic strategy on soil protection SEC(2006) 620

Arbeitsgruppe folgert, dass die **Reduzierung der Kontaktflächendrücke nicht immer der Steigerung der Achslasten** durch immer größere Maschinen **entsprochen habe** (Renius 1994, Tijink et al. 1995, Chamen et al. 2002, zit. in JRC/EEA/Van-Camp et al. 2004, S. 60).

4.1.3 Zurückgezogene EU-Bodenrahmenrichtlinie (2006)

Die **vorgeschlagene⁴⁶ BRRL** (KOM 2006) **wurde im Jahr 2014 zurückgezogen**, u. a. aufgrund von **Kritik durch Deutschland⁴⁷, Frankreich, Großbritannien, Niederlande und Österreich** in Bezug auf das Subsidiaritätsprinzip, den Verwaltungsaufwand und auf hohe Folgekosten.

Das Thema Bodenverdichtung war, in Anlehnung an die STS (KOM 2002), **in der zurückgezogenen BRRL** enthalten als eine von acht Schlüsselgefahren für die Böden (KOM 2006, S. 2, S. 11) (vgl. Kapitel 4.1.2). Bodenverdichtung wurde indirekt über die **Verpflichtung zu Vorsorgemaßnahmen** gegen zu erwartende deutliche Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen (KOM 2006, S. 6) und auch explizit aufgeführt über die **Bestimmung gefährdeter Gebiete**, u. a. **durch Parameter/Faktoren**, die als Determinanten (für Verschlechterungsprozesse) bekannt sind (KOM 2006, S. 6, S. 13). Dazu benannte die zurückgezogene BRRL die Bestimmung der „**Verdichtung durch erhöhte Bodendichte und verminderte Bodenporosität**“ (KOM 2006, S. 18) bzw. als gemeinsame Kriterien der MS: Bodentyp, Textur, **Bodendichte**, organisches Bodenmaterial, Klima, **Bodenbedeckung**, **Bodenutzung** einschließlich u. a. Bewirtschaftung und Anbauformen sowie Topografie (KOM 2006, S. 29). Da eine gezielte und effiziente Bodenschutzpolitik wissen müsse, wo es zu einer Verschlechterung der Bodenqualität kommt, seien **Risikogebiete** – durch Beweise oder begründeten Verdacht⁴⁸ – innerhalb von fünf Jahren nach Umsetzung der BRRL auf Grundlage **empirischer Daten oder validierter Modelle** zu bestimmen und mindestens alle zehn Jahre zu überprüfen (KOM 2006, S. 12, S. 18). Entsprechend müssten **Risikominderungsziele und** passende **Maßnahmenprogramme** festgelegt werden, wobei letztere innerhalb von sieben Jahren nach Umsetzung der BRRL aufgestellt werden und auch einen Zeitplan sowie eine Schätzung der aufzuwendenden **privaten oder öffentlichen Mittel** umfassen (KOM 2006, S. 6, S. 19). Diese Maßnahmenprogramme zur Minderung der Gefahr und zur Wiederherstellung geschädigter Böden sollten **sozio-ökonomische Auswirkungen berücksichtigen** und könnten **auf bestehenden**, einzelstaatlichen **Standards und Maßnahmen** bzw. auf bereits begründeten internationalen oder EU-**Verpflichtungen, Plänen und**

⁴⁶ Erarbeitet wurde die EU-Bodenrahmenrichtlinie (BRRL) ab dem Jahr 1998, u. a. auf Initiative von Deutschland (BMUB 2018).

⁴⁷ Die auf allen Hierarchieebenen entfallenden jährlichen Kosten würden auf über 300 Mio. Euro geschätzt, davon 273 Mio. Euro für die kommunale Ebene, sowie einmalige Kosten über 288 Mio. Euro (davon über 222 Mio. Euro für die kommunale Ebene), so das Nationale Zentrum für Bürokratiekostenabbau (BMELV/FHM/Kluge et al. 2010).

⁴⁸ Verdacht über eine eingetretene Verschlechterung der Bodenqualität oder über die Möglichkeit des Eintritts in naher Zukunft (KOM 2006, S. 18)

Programmen aufbauen (KOM 2006, S. 6, S. 13, S. 19). Sie seien mindestens alle fünf Jahre zu überprüfen (KOM 2006, S. 19).

4.1.4 Siebtes Umweltaktionsprogramm 2014-2020 (2013)

Im Jahr der **Rücknahme des Vorschlags für eine BRRL** (2014) hat das am 31. März 2014 veröffentlichte **Siebte Umweltaktionsprogramm 2014-2020 (7. UAP, gültig ab Januar 2014)** (KOM 2013) unter dem Motto *Living well, within the limits of our planet/Gut leben innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen unseres Planeten* das Thema Bodendegradation als ernsthafte Herausforderung bzw. Bodengefährdung⁴⁹ benannt (KOM 2013, KOM 2014). **Bodenverdichtung** wird hierin **indirekt über die Begriffe Bodendegradation und Bodenqualität** angesprochen. Im Amtsblatt (KOM 2013) wird konstatiert: „Eine **nicht nachhaltige Landnutzung** verbraucht fruchtbare Böden, und die anhaltende Bodendegradation gefährdet weltweit die Ernährungssicherheit und stellt das Erreichen der **Biodiversitätsziele** in Frage“ (KOM 2013, Anhang S. 1). Um die Vision des 7. UAP zu erreichen, macht sich auch nach dem sperrminoritätsbedingten Scheitern der BRRL (vgl. Kapitel 4.1.3) **die KOM für die Ausarbeitung von Alternativen zur BRRL** stark⁵⁰, u. a. durch

- eine Empfehlung des 7. UAP an die MS für einen verbindlichen Rechtsrahmen,
- Kommunikation zum Projektstatus des Ökosystemleistung-orientierten Pilotprojekts *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services* (MAES) und
- eine neu einberufene Expertengruppe für einen EU-weiten Bodenschutz (Soil EG).

4.1.4.1 Empfehlung des Siebten Umweltaktionsprogramms an die Mitgliedstaaten für einen verbindlichen Rechtsrahmen

Den MS wird im 7. UAP für den Zeitraum bis ins Jahr 2020 **empfohlen**, „so bald wie möglich darüber nach[zu]denken, wie sich Bodenqualitätsfragen mithilfe eines **zielorientierten und verhältnismäßigen risikobasierten Ansatzes** innerhalb eines **verbindlichen Rechtsrahmens** regeln lassen“ (KOM 2014, S. 28). Ebenso „sollten auch **Ziele für eine nachhaltige Land- und Bodennutzung** festgelegt

⁴⁹ Risikogebietsansatz zur Vorsorge gegenüber Bodengefährdungen, Dokumentation von Ergebnissen einer Internet-Umfrage der DG ENV im Jahr 2005 im Anhang 2 des Impact assessment of the thematic strategy on soil protection SEC(2006) 620 (KOM 2006, S. 117)

⁵⁰ Das entsprechende Amtsblatt der EU enthält den Verweis darauf, dass die KOM weiterhin dem Bodenschutz verpflichtet bliebe und Maßnahmen zur Zielerreichung prüfen würde. Eine neue Bemühung für den Bodenschutz auf EU-Ebene müsse jedoch in die nächste Mandatsperiode der KOM fallen: „The Commission remains committed to the objective of the protection of soil and will examine options on how to best achieve this. Any further initiative in this respect will however have to be considered by the next college“ (Korrigendum OJ C 163 vom 28.05.2014, KOM 2014, S. 15).

werden“ (KOM 2014, S. 28). Dazu wurde **Ende Oktober 2017 ein Fragebogen zur Relevanz von Bodenproblemen in der EU** (Questionnaire to the Soil Expert Group⁵¹) (KOM 2017) von der KOM an Bodenexpertinnen und Bodenexperten⁵² mit der Bitte um Beantwortung bis Anfang Dezember 2017 ausgehändigt (24. Oktober 2017) (s. Kapitel 4.1.4.3).

4.1.4.2 Pilotprojekt MAES (seit 2011/2012, fortl.)

Um die wirtschaftliche Bedeutung von Ökosystemleistungen (Ecosystem Services, ES) darstellen und bewerten zu können, wurde nach Verabschiedung der EU-Biodiversitätsstrategie (KOM 2011) das **Pilotprojekt Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES)** ins Leben gerufen⁵³. MAES ist ein Teil der EU-Biodiversitätsstrategie (Verbesserung der Kenntnisse über Ökosysteme und ES⁵⁴). Es sollen **Einblicke in Parallelentwicklungen bei Boden- und Landnutzungsthemen** herausgearbeitet werden. Bodenverdichtung wird im 3. Projektbericht im Kapitel zur Bewertung von **Agrarökosystemen** angesprochen (KOM/Erhard et al. 2016, S. 62) sowie im 5. Projektbericht⁵⁵ in den Kapiteln zu urbanen Ökosystemen und zu Waldökosystemen kurz erwähnt (KOM/Maes et al. 2018, S. 25, S. 35). Im 3. Projektbericht wird das Thema Bodenverdichtung im Kapitel zur Triebkraft Habitatwandel angesprochen im Zusammenhang mit dem **Strukturwandel in der Landwirtschaft** und dem damit eingehenden Verlust an Landschaftselementen, einer verringerten Größe von Ackerrandstreifen, einer gesteigerten Verschmutzung des Grund- und Oberflächenwassers, der Bodenverdichtung und dem Rückgang der Bodenfruchtbarkeit sowie einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber dem Klimawandel (KOM/Erhard et al. 2016, S. 62).

Die Kommunikation des Projektstatus wird neben Projektberichten in eine neue Expertengruppe für einen EU-weiten Bodenschutz, die European Soil Expert Group (Soil EG) (s. Kapitel 4.1.4.3), weitergetragen. Erste Ergebnisse der 2. Projektphase (2015 bis 2020) wurden bei dem Meeting der Expertengruppe am 25. April 2017 und ein Zwischenstand am 24. Oktober 2017 durch die KOM-Generaldirektion Umwelt (DG ENV) (Josiane Masson und Bavo Peeters) präsentiert.

⁵¹ Questionnaire to the Soil Expert Group in view of technical preparatory work on EU Soil policy development (<https://circabc.europa.eu>) (Stand: 24.10.2017)

⁵² Für Deutschland hat das BMUB die Beantwortung der Fragen unter Federführung des Umweltbundesamtes (UBA) koordiniert, wobei auch Fachleute der Bundesanstalt für Geowissenschaften (BGR) und des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (Thünen-Institut) eingebunden worden sind (Eingang des Fragebogens in der BGR und am Thünen-Institut am 01.11.2017).

⁵³ Der Projektstart konnte durch Internet-Recherche nicht ermittelt werden und datiert vermutlich auf das Jahr 2011 oder 2012.

⁵⁴ Action 5: Knowledge base on Ecosystems and Ecosystem Services

⁵⁵ Der für Ende 2017 erwartete, 5. Projektbericht liegt seit Ende Januar 2018 vor (KOM/Maes et al. 2018).

4.1.4.3 European Soil Expert Group

Die KOM hat am 19. Oktober 2015 ein 1. Treffen einer **neuen Expertengruppe für einen EU-weiten Bodenschutz** einberufen (**Soil EG**), die sich seither jeweils zweimal jährlich zusammenfindet⁵⁶.

Auftrag der Soil EG ist, **gemäß 7. UAP zu reflektieren, wie Probleme der Bodenqualität durch einen zielorientierten und verhältnismäßigen risikobasierten Ansatz innerhalb eines verbindlichen Rechtsrahmens adressiert werden können** (KOM 2013, KOM 2014) (vgl. Kapitel 4.1.4.1). Die Expertengruppe soll – nach der 8-jährigen Phase des politischen Schachmatts (DG ENV 2015, S. 2) und des Rückzugs der vorgeschlagenen BRRL im Jahr 2014 (vgl. Kapitel 4.1.3) – den **Dialog auf einer technischen Ebene wiederaufnehmen**, um Kenntnisse zu sammeln und eine **neue Bemühung für den Bodenschutz auf EU-Ebene** zu gestalten⁵⁷ (DG ENV 2016c). In diesem Zusammenhang wurden neun **Fragen zur Relevanz von Bodenproblemen in der EU** (Questionnaire to the Soil Expert Group) an die MS übermittelt (KOM 2017). Die für Deutschland durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) koordinierte Beantwortung der Fragen hat das Umweltbundesamt (UBA) federführend bearbeitet, unter Einbeziehung von Entwürfen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (Thünen-Institut) (vgl. Kapitel 4.1.4.1).

Das Thema Bodenverdichtung wird bereits in einem im Internet auffindbaren Entwurf des Diskussionsergebnisses zum 1. Treffen der Soil EG ausformuliert. Hier finden sich die Aspekte Begriffsunschärfe von Bodenverdichtung und Versiegelung (Beitrag Spanien), Bodenverdichtung als Gefahr (Beitrag Italien), Schwierigkeiten der Entwicklung einer Policy bei Bodenverdichtung und Verlust organischen Bodenmaterials (Beitrag Niederlande) (DG ENV 2016a, S. 22, S. 28, S. 35). In der Dokumentation des 2. Treffens wird das Thema Bodenverdichtung im Zusammenhang mit dem Inventar der Gesetzgebungen der MS (s. Kapitel 4.1.5) als eine mit Policy-Instrumenten schwierig zu adressierende Gefahr angeführt (DG ENV 2016b, S. 3). Während des 3. Treffens ist Bodenverdichtung nicht im Diskussionsergebnis enthalten, nur den Hinweis darauf, dass aufgrund anwachsender Krisen die Aufmerksamkeit scheinbar nicht prioritär auf Boden-Policy liege (DG ENV 2016c). Bodenverdichtung ist im Sitzungsbericht des 4. Treffens der Soil EG nicht enthalten (DG ENV 2017a), jedoch in dessen Hintergrunddokument (DG ENV 2017c) in Annex 1 zum Zustand der Böden in Europa in Form einer Zusammenfassung des Europäischen Umweltberichts (EEA 2015) als eines von acht Hauptanliegen (DG ENV 2017c, S. 10f.). In diesem Hintergrunddokument finden sich

⁵⁶ Die Treffen der Soil EG haben beginnend in 10/2015 jeweils im Oktober und im April stattgefunden. In der Soil EG ist Deutschland durch drei Behörden vertreten (BMEL/Dr. Joachim Bollmann, BMUB/Andreas Bieber sowie (seit dem 2. Treffen) zusätzlich der Beauftragte des Bundesrates in Beratungsgremien der EU (NI-MUEK/Dr. Olaf Düwel)).

⁵⁷ im Original: „The objective [...] was to reestablish a dialogue with MS at technical level on an open and constructive way to gather knowledge and to shape a new initiative for soil at EU level and to update knowledge“ (DG ENV 1016c, S. 2).

außerdem zwei Wertungen: „Der Schutz landwirtschaftlich genutzten Bodens wird durch die **GAP** adressiert, die den Mitgliedstaaten viel Flexibilität bei der Implementation einräumt, und deren Ansätze **unzureichend für die Förderung Nachhaltigen Bodenmanagements in einem umfassenden Sinn**“ (DG ENV 2017c, S. 7, Übersetzung durch Verfasserinnen⁵⁸) seien. Entgegenlaufend dazu seien „**nicht-nachhaltige Managementpraktiken im konventionellen Landbau üblich, mit grenzüberschreitenden Auswirkungen**“ (DG ENV 2017c, S. 7, Übersetzung durch Verfasserinnen⁵⁹) (vgl. Kapitel 4.1.4.2).

Bei dem 5. Treffen der Soil EG im Oktober 2017 wurde darauf hingewiesen, dass das Arbeitsprogramm der KOM auch im Jahr 2018 keine Initiative zum Bodenschutz enthalte, und für das Folgejahr 2019 ein Vorschlag zum Boden unwahrscheinlich sei (DG ENV 2017b, S. 2). Dennoch könnten **neue Entwicklungen auf internationaler Ebene** eintreten, z. B. durch die UN-Ziele für Nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) (UN 2015) (s. Exkurs in Kapitel 4.1.6), die Ziele des Übereinkommens United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD)⁶⁰, der Food and Agriculture Organization (FAO) und der Global Soil Partnership (GSP) (s. Kapitel 4.3.4), des Weltbiodiversitätsrats Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES)⁶¹ sowie des Weltklimarats Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)⁶² (DG ENV 2017, S. 2). Prinzipiell lagen die Themen im allgemeinen Bereich der **Weiterentwicklungen der Policy sowie** im Bereich der **Problemdefinition zu Umweltfragen und zu Policy gaps**. Dabei wurden die **Ergebnisse der 13. Sitzung** der Konferenz der Vertragsparteien des Übereinkommens der Vereinten Nationen zur Bekämpfung der Desertifikation⁶³ (**UNCCD COP13**) in der Mongolei diskutiert. Auch von dem dortigen Launch des **Impact Investment Fund for Land Degradation Neutrality (LDN Fund)** wurde berichtet, dessen Fund Manager Mirova⁶⁴ anvisierte Kapitalzuweisungen von 300 Millionen US-Dollar vorsieht, wovon **80 % in Entwicklungsländern** aufgewendet werden soll. Außerdem wurden die Inhalte des (an die Expertinnen und Experten der MS zu übermittelnden) oben erwähnten **Fragebogens zur Relevanz von Bodenproblemen in der EU (Questionnaire)**

⁵⁸ im Original: „The protection of agricultural soil is addressed in the Common Agricultural Policy (CAP) with a lot of flexibility is left to the MS in the implementation and the measures are insufficient to promote soil sustainable management in a comprehensive way“ (DG ENV 2017c, S. 7).

⁵⁹ im Original: „On the contrary unsustainable soil management practices are still commonly used in conventional agriculture, with transboundary impacts“ (DG ENV 2017c, S. 7).

⁶⁰ UNCCD, eingerichtet im Jahr 1994

⁶¹ Weltbiodiversitätsrat IPBES, eingerichtet im Jahr 2012

⁶² Weltklimarat IPCC, eingerichtet im Jahr 1988

⁶³ Thirteenth session of the Conference of the Parties (UNCCD COP13), stattgefunden vom 06. bis 16.09.2017 in Ordos, Innere Mongolei, China

⁶⁴ Investments mit Bedeutung für die Gesellschaft und Umwelt: Als Tochtergesellschaft von Natixis Asset Management (französische, global tätige Vermögensverwaltungsgesellschaft) ist Mirova darauf ausgerichtet, Vermögensbildung mit Nachhaltiger Entwicklung zu kombinieren (Responsible Investing/Ethische Investments).

to the Soil Expert Group) (KOM 2017) und der Bericht des Joint Research Centre (JRC) *Status of local soil contamination in Europe* (JRC/Payá Pérez et al. 2017) vorgestellt⁶⁵.

4.1.5 Inventar der Gesetzgebungen der Mitgliedstaaten (2016)

Im Zusammenhang mit der in Kapitel 4.1.4.3 beschriebenen neuen Expertengruppe Soil EG wurde das Ecologic Institute mit einem **Inventar der Gesetzgebungen der Mitgliedstaaten** zum Bodenschutz⁶⁶ beauftragt (Ecologic Institute/Frelih-Larsen et al. 2016), dessen Ziele und Vorergebnisse die DG ENV (Josiane Masson) und das Ecologic Institute (Dr. Ana Frelih-Larsen) im April 2016 präsentiert und ein erstes Feedback der Expertengruppe erhalten haben⁶⁷. Als Grundlage des von Mai bis Juli 2016 erarbeiteten Teils der Analyse von EU-Richtlinien und Politikmaßnahmen zum Bodenschutz hat das Ecologic Institute 23 MS⁶⁸ eingeladen, als Teilnehmer einer Überprüfung nationaler Instrumente zu fungieren und Ergebnisse in ein **Boden-Wiki** (kollaborative Webanwendung) zu überführen. Bei dem Treffen der Soil EG im Oktober 2016 wurden die Ergebnisse der Analyse des Bodenschutzes sowie Vorergebnisse zu Lücken und Widersprüchen auf nationaler und EU-Ebene präsentiert.

Die vom Ecologic Institute durchgeführte Analyse der europäischen MS hinsichtlich der **Anzahl der jeweiligen Instrumente zu Bodengefahren**⁶⁹ zeigt, dass im Vergleich zu den Themen Bodenbiodiversität, Abbau des organischen Bodenmaterials, Wassererosion und diffuse Kontamination das Thema **Bodenverdichtung seltener** vorkommt (31 % im Vergleich zu jeweils über 50 %) (Ecologic Institute/Frelih-Larsen et al. 2016, S. 25). Auch bei der Analyse der GAP kommt das Ecologic Institute zu dem Schluss, dass das Policy-Cluster am stärksten fokussiert auf die Bodengefahren Erosion und Abbau des organischen Bodenmaterials, und damit indirekt verbunden auch mit der Abnahme der Biodiversität, wobei letztere ebenso mit Bodenverdichtung und diffuser Kontamination in Verbindung gebracht werden könnte – besonders auf intensiv bewirtschaftetem Ackerland (Ecologic Institute/Frelih-Larsen et al. 2016, S. 64). Insgesamt weist die Analyse aus, dass **GLÖZ-Standards**,

⁶⁵ <https://circabc.europa.eu> (Stand: 05.02.2018, ausgewählte Detailinformationen wurden im Anschluss überarbeitet bzw. entfernt und waren am 13.02.2018 nicht mehr verfügbar).

⁶⁶ im Original: *Aktualisierte Bestandsaufnahme und Bewertung von Politikinstrumenten zum Bodenschutz in EU-Mitgliedstaaten* (Updated Inventory and Assessment of Soil Protection Policy Instruments in EU Member States)

⁶⁷ Im ersten Feedback wurde die noch fehlende Detailschärfe kritisiert, und auch die Eingrenzung des Vorhabens hinsichtlich einer Festlegung, inwiefern die regionale/lokale Ebene einbezogen werde. Auch kritisiert wurde von einigen MS, dass durch die überwiegende Dokumentation national wirksamer Instrumente der Fokus der Arbeiten nicht wie vereinbart auf die EU-Ebene gelegt werde (DG ENV 2016b, S. 2).

⁶⁸ Aufgrund fehlender Ressourcen konnten fünf MS kein Feedback geben.

⁶⁹ *Updated Inventory and Assessment of Soil Protection Policy Instruments in EU Member States*, Endbericht des Ecologic Institute an DG ENV vom 08.02.2017 (Ecologic Institute/Frelih-Larsen et al. 2016)

das in der ersten Säule verankerte **Greening und Maßnahmen zur Ländlichen Entwicklung** ein **Potenzial zur Reduzierung der Gefahr der Bodenverdichtung haben**, durch Erhalt oder Steigerung des organischen Materials im Boden, Bodenbedeckung und Nachhaltiges Waldmanagement (Ecologic Institute/Frelih-Larsen et al. 2016, S. 65). Im Kontext Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel gebe es neben der Hauptgefahr (Abbau des organischen Bodenmaterials) eine Verbindung dieser Hauptgefahr zu anderen Bodengefahren einschließlich Bodenverdichtung, Erosion und Überflutung (Ecologic Institute/Frelih-Larsen et al. 2016, S. 162, S. 168).

In dem vom Ecologic Institute im Zuge des Inventars angestoßenen **Boden-Wiki als kollaborative Plattform** wurde Bodenverdichtung explizit und implizit gelabelt⁷⁰ (Ecologic Institute/Frelih-Larsen et al. 2016, Annex 1, S. 188). Neben Gesetzen, Beschlüssen und anderen bindenden Instrumenten nennen die MS dort auch nicht-regulative Instrumente wie „monitoring, funding and awareness-raising schemes“ (Ecologic Institute/Frelih-Larsen et al. 2016, S. 11). Das Boden-Wiki soll sich weiterentwickeln: **Regionale Aktivitäten** könnten so als **zusätzliche innovative Beispiele** für Lösungen im Bodenschutz einbezogen werden (Ecologic Institute/Frelih-Larsen et al. 2016, S. 11).

4.1.6 Exkurs globale Ebene: Sustainable Development Goals, Status of the World's Soil Resources, Revised World Soil Charter (2015)

Die UN-Ziele für Nachhaltige Entwicklung, die **SDGs** vom September 2015 (UN 2015) sind rechtlich nicht verbindliche, weiche Vorschriften – ein „soft-law process“ (Keesstra et al. 2016, S. 112), der nicht nur die Entwicklungsländer, sondern alle Länder einbezieht, auf ihrem Weg zur Zielerreichung bis ins Jahr 2030 (Keesstra et al. 2016). Nichtregierungsorganisationen (NGOs) erhoffen nach Unterzeichnung der SDG-Agenda durch die EU die **Entwicklung einer Roadmap zur Land Degradation Neutrality (LDN)** und eine **neue Bemühung für eine EU-Bodenrahmenrichtlinie**⁷¹. Derzeit (Stand: 05. Oktober 2017) sind 14 **Länderberichte zu LDN** veröffentlicht, darunter aus Weißrussland, Italien und der Türkei. Übertragen auf die nationale Ebene wurde im Jahr 2016 die **Neuaufage der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie** (DNS) fertiggestellt (Bundesregierung 2017). Hierin wird die **Schaffung eines Indikators zur Beobachtung möglicher Veränderungen der Bodenqualität bis ins Jahr 2018** angestrebt (Bundesregierung 2017, S. 197), wozu (Stand: 05. Oktober 2017) Ressortberatungen angelaufen sind (s. Kapitel 6.1.1).

⁷⁰ Mithilfe von innerhalb des Boden-Wikis genutzten Labels wird unterschieden, ob die jeweilige Bodengefahr in den Aufzählungen der MS über Instrumente, welche einzelne Bodengefahren adressieren, explizit oder implizit angesprochen wurde (Makro: Content by Label) (vgl. Ecologic Institute/Frelih-Larsen et al. 2016, S. 5, S. 185).

⁷¹ Viele MS und die meisten NGOs werten eine BRRRL als wichtig. Beispielsweise zu Kontaminationen gibt es zahlreiche Standards, Prozeduren und Referenzwerte. Dies sei nicht angemessen, da die Gemeinschaft durch einheitliche Regeln, gleiche Chancen für Bürgerinnen und Bürger und Unternehmen sowie eine gemeinsame Ebene im Gesundheits- und Umweltschutz gekennzeichnet sein sollte (People4Soil 2017, Offener Brief der NGO-Initiative People4Soil an Jean-Claude Juncker bzw. die Kommissare Phil Hogan, Karmenu Vella und Miguel Arias Cañete, vom 20.04.2017).

Der ***Status of the World's Soil Resources (SWSR)*** (FAO & ITPS 2015) enthält eine Schätzung der Bodenverdichtung in der EU aus dem Jahr 2001: **In der EU sei die Bodenverdichtung im Ober- und Unterboden verantwortlich für Bodendegradation auf einer Fläche von bis zu 33 Mio. Hektar** (Van den Akker & Canarache 2001, zit. in FAO & ITPS 2015, S. 139). In einem auf Europa bezogenen Kapitel zu allgemeinen Bodengefahren werden Schätzungen in Prozent aufgeführt (FAO & ITPS 2015, S. 337): **36 % der Flächen Europas seien hinsichtlich Bodenverdichtung im Unterboden stark oder sehr stark gefährdet** (Jones et al. 2011, zit. in FAO & ITPS 2015, S. 337). Eine zusammenfassende Tabelle weist zur Bodenverdichtung aus, dass sich die Nutzung schwerer Landmaschinen und die Überweidung in fast allen landwirtschaftlich genutzten Unterregionen Europas unverändert als Gefahr auswirken – auf einem qualitativ mittleren Zustandsniveau mit wechselnden Tendenzen (beide Wertungen mit mittlerem Evidenz- und Konsenslevel) (FAO & ITPS 2015, S. 358). Als Lösungen für die Probleme der Bodenverdichtung stellt der SWSR ein **routinemäßiges Monitoring** vor, und die Management-Empfehlungen Vermehrung und Erhalt einer adäquaten **Menge organischen Bodenmaterials, Befahrungsreduzierung, an Bodenfeuchte angepasste Befahrung, Tiefenlockerung und Fruchtfolgen mit Tiefwurzeln sowie Förderung des Bodenlebens** (FAO & ITPS 2015, S. 139). Ebenso empfohlen wird die Vermeidung oder Beschränkung von Verkehr auf Ackerflächen: „**Traffic should be avoided or restricted** when conditions are otherwise [gemeint: zu naß]“ (FAO & ITPS 2015, S. 139). Im Kapitel zu nationalen und regionalen Boden-Policies wird als Nachhaltigkeitskriterium das Vermeiden von Bodenverdichtung durch **gezielten Einsatz von Maschinen und kontrollierte Ackerverkehre** genannt (FAO & ITPS 2015, S. 229).

Ebenso auf die globale Ebene bezogen ist die ***Revised World Soil Charter (WSC)*** (FAO 2015), als Neuauflage zur 1. WSC aus dem Jahr 1982 (FAO 1982). Die WSC enthält das Thema Bodenverdichtung indirekt über Bodendegradation. Die WSC benennt folgende **Empfehlungen für Maßnahmen der Regierungen: Beseitigung institutioneller und sozio-ökonomischer Hindernisse** (FAO 2015, S. 6), Schaffung von Kapazitäten (Capacity Building), Forschungsprogramme, deren Ergebnisse relevant für die Praxis sind, politische Leitlinien, die idealerweise zur Entwicklung einer nationalen Bodenschutzpolitik führen (FAO 2015, S. 6), Entwicklung und Betreiben eines **nationalen Bodeninformationssystems** (FAO 2015, S. 7) inkl. Zuarbeiten für die Entwicklung eines globalen Bodeninformationssystems sowie Entwicklung eines **nationalen institutionellen Rahmens für das Monitoring der Implementation Nachhaltigen Bodenmanagements und des Gesamtzustands der Bodenressourcen**⁷² (FAO 2015, S. 7).

⁷² als eines der neun Handlungsziele für Regierungen: „Develop a national institutional framework for monitoring implementation of sustainable soil management and overall state of soil resources“ (FAO 2015, S. 7).

4.2 (Weitere) KOM-geförderte Projekte zur Verbesserung des Bodenmanagements

Zur Verbesserung des Bodenmanagements fördert die KOM weitere Projekte, u. a. um

- Bodendegradation zu vermeiden und Böden zu sanieren (RECARE),
- Bodenmanagement zu bewerten und eine Wissensbasis zu entwickeln (LANDMARK),
- Bodenqualität in Europa und China hinsichtlich Produktivität und ökologischer Resilienz bewerten zu können (iSQAPER),
- Forschungsstrategien zu umweltfreundlichem, akzeptiertem und wirtschaftlichem Bodenmanagement zu entwickeln (INSPIRATION),
- Anbausysteme und Techniken auf Profitabilität und Bodenfruchtbarkeit zu testen (SoilCare) und um eine
- Anbaudiversifizierung mit möglichst wenig Input zu erreichen (DiverFarming).

4.2.1 RECARE (2013-2018)

Expertinnen und Experten des JRC haben im Jahr 2016 den Bericht ***Soil threats in Europe*** als Ergebnis des Siebten Forschungsrahmenprogramm (FP7)-Projekts RECARE (*Preventing and Remediating degradation of soils in Europe through Land Care*) geliefert (JRC/Stolte et al. 2016) (Laufzeit 2013 bis 2018). **Im Rahmen des Klimawandels⁷³ werde sich die Zahl der Befahrbarkeitstage vermindern** (Gut et al. 2015), besonders gravierend für die Zuckerrübenernte in Nordeuropa (Arvidsson et al. 2003). Allgemein werden **zum Problem der Bodenverdichtung** auf landwirtschaftlich genutzten Flächen **ökonomische Zwänge als treibende Kraft** genannt⁷⁴ (JRC/Stolte et al. 2016, S. 69).

Im Jahr 2016 hat das FP7-Projekt RECARE ein Fact Sheet zum Thema Soil Compaction⁷⁵ erstellt (Schjønning et al. 2016), dass eine steigende Bodenverdichtung im Zuge einer intensivierten

⁷³ Ein – scheinbar mit dem FP7-Projekt RECARE verbundenes – FuE-Projekt hat im Zusammenhang mit dem Aktionsplan Anpassung der Bundesregierung (Bundesregierung 2011) Untersuchungen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Befahrbarkeit und das Verdichtungsrisiko von Ackerböden durchgeführt (BMU 2013, S. 15). Klimathemen werden im Rahmen der hier vorliegenden Untersuchung ausgeklammert (vgl. Kapitel 1), weshalb hier die – nicht leicht online recherchierbaren – Ergebnisse aus dem FuE-Projekt nicht berücksichtigt werden können. Auffind- bzw. googlebar sind Teile zur Erosion (UBA/Wurbs & Steininger 2011) und zur Anwendung von Bodendaten in der Klimaforschung (BOKLIM) (Kaufmann-Boll et al. 2011).

⁷⁴ „The driving force behind the compaction problem is the efforts of farming to remain economically viable in a society where salaries are generally high“ (JRC/Stolte et al. 2016, S. 69).

⁷⁵ <https://www.recare-hub.eu/soil-threats/compaction> (Stand: 10.01.2018)

Landwirtschaft mit häufigen Feldverkehren und immer schwereren Maschinen benennt. Die Nutzung breiterer und voluminöserer Reifen habe nicht geschafft, gesteigerten Radlasten entgegenzuwirken. Als Handlungsempfehlung enthält das Fact Sheet die Nutzung breiter Reifen mit niedrigem Reifendruck, die Verringerung der Überfahrungen sowie Regelfahrspurverfahren (Controlled Traffic Farming, CTF) (bzw. bei CTF die Limitierung der Radlasten zur Schonung des Unterbodens auf unter 3 Tonnen) und einen hohen Anteil organischen Bodenmaterials. Als Ausblick wird die mögliche **Nutzung von Simulationsmodellen**, wie des **Decision Support Systems** (DSS) **Terranimo⁷⁶** für nationale Verordnungen, zum Schutz des Unterbodens formuliert (Schjønning et al. 2016, S. 3) (s. Exkurs in Kapitel 5.1.3). Der Leiter einer RECARE-Fallstudie in Dänemark, Per Schjønning, plädiert für ein **anwendungsbezogenes System unter Zuhilfenahme des DSS Terranimo⁷⁷** zur Berechnung des Verdichtungsrisikos und gegen strikte Regeln wie z. B. Radlasten von maximal 4 Tonnen⁷⁷.

4.2.2 LANDMARK (2015-2019)

Das Horizon 2020 (H2020)/KOM-Forschungsprojekt **LANDMARK** (*Land Management: Assessment, research, knowledge base*) zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Land und Boden in Europa ist im Jahr 2015 gestartet (Laufzeit 2015 bis 2019). Im Forschungsprojekt soll für Landwirtinnen und Landwirte sowie für Beraterinnen und Berater ein **DSS Soil Navigator** zur nachhaltigen Bewirtschaftung der Böden auf dem einzelnen Betrieb entwickelt werden. Ebenso entwickelt werden soll – für die Gesetzgebung der MS – ein auf mehrere Ebenen anwendbares Monitoring-Schema als Rahmen für ein **europaweites Monitoring der Bodenqualität und der Bodenfunktionen**. Für politische Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger erstellt LANDMARK einen **politischen Rahmen zur nachhaltigen Nutzung der Ressourcen** Grünland, Ackerböden und Wald – gemäß des im Projekt entwickelten, auf der STS (KOM 2006) basierenden Konzepts **Functional Land Management** zur Multifunktionalität der Böden (Schulte et al. 2014). Bodenverdichtung wird als eine von neun Bodengefahren im Zusammenhang mit der gescheiterten BRRL erwähnt (Schulte 2015, S. 2).

⁷⁶ Terranimo[®] ist ein Modell zur Bodenverdichtung (DSS), welches die Berechnung des Verdichtungsrisikos für jede Art von Befahrung über die Belastbarkeit des Bodens ermöglicht (<https://www.terranimo.dk/> und <https://www.terranimo.ch>) (s. Exkurs in Kapitel 5.1.3).

⁷⁷ vgl. hierzu ebenfalls eine weitere kritische Einschätzung zu möglichen gesetzlichen Begrenzungen von Achslast und Gesamtgewicht in Kapitel 6.2.1 (Brunotte et al. 2008, S. 279) und die Position der LABO in Kapitel 3.1.1 und Kapitel 6.2.5

4.2.3 iSQAPER (2015-2019)

Das H2020/KOM-Forschungsprojekt **iSQAPER** (*Interactive Soil Quality Assessment in Europe and China for Agricultural Productivity and Environmental Resilience*) startete im Jahr 2015 (Laufzeit 2015 bis 2019). Es wird ein interaktives **Bodenqualitäts-Tool SQAPP** für die Anwendung auf dem Feld entwickelt, angewendet und validiert – und für weitere Forschungsprojekte nutzbar gemacht (s. Kapitel 4.2.5). Darüber hinaus soll eine Policy-Analyse mit Handlungsempfehlungen hinsichtlich der GAP-Umweltziele durchgeführt werden. Ob das Thema Bodenverdichtung im Forschungsprojekt iSQAPER enthalten ist, kann hier, bedingt durch Mangel an online verfügbaren Informationen⁷⁸, nicht beurteilt werden, das Thema könnte unter Bodendegradierung subsumiert sein⁷⁹.

4.2.4 INSPIRATION (2015-2018)

Die KOM fördert im Rahmen des Arbeitsprogramms H2020 ebenso das Projekt **INSPIRATION** (*Integrated spatial planning, land use and soil management research action*) (Laufzeit 2015 bis 2018). Das Ziel ist die **Entwicklung einer Strategischen Forschungsagenda (SRA)**, um zu umweltfreundlichem, gesellschaftlich akzeptierten und wirtschaftlich machbaren **Landnutzungs- und Bodenmanagement** zu informieren, die aktuellen Herausforderungen gewachsen ist. Das Thema Bodenverdichtung ist im Programmziel subsumiert unter ES und Bodenfunktionen. Es wird dagegen direkt im Projektbericht (Brils et al. 2016) durch Belgien, Frankreich, Niederlande, Rumänien, Schweden, Schweiz, Spanien und Tschechien behandelt. **Ab dem Jahr 2017 ist die Fertigstellung der SRA** in mehreren Teilschritten vorgesehen, woraufhin **Wege zur Umsetzung** aufgezeigt werden sollen, u. a. durch Finanzierung und Partnerschaften. Der Entwurf der SRA wird derzeit diskutiert (Stand: 22. Februar 2018) und voraussichtlich in Kürze (Ende Februar 2018) online verfügbar sein. Auch hier handelt es sich um keinerlei Vorgaben, sondern um eine **gezielte Unterstützung der MS zur Verbesserung des Bodenmanagements**.

4.2.5 SoilCare (2016-2021)

Das H2020-Projekt **SoilCare** (*Soilcare for profitable and sustainable Crop Production in Europe*) startete im Jahr 2016 (Laufzeit 2016 bis 2021). Es wird in Feldversuchen getestet, welche Anbausysteme und Techniken (**Soil Improving Cropping Systems, SICS**⁸⁰) die Profitabilität von Betrieben und

⁷⁸ Derzeit sind Inhalte nur für Projektpartner zugänglich über <http://www.isqaper-is.eu/> (Stand: 22.02.2018).

⁷⁹ <http://www.isqaper-project.eu/downloads/leaflets> (Stand: 22.02.2018)

⁸⁰ Obwohl der relativ neue, hypothesenartige Begriff Soil Improving Cropping Systems (SICS) intuitiv wohlverstanden sei und wahrgenommen werde, fehle die wissenschaftliche Grundlage dafür noch immer (Übersetzung durch Verfasserinnen) (Oenema et al. 2017, S. 2, S. 6).

zugleich die Bodenfruchtbarkeit nachhaltig verbessern. Ein **interaktives Werkzeug** soll entwickelt werden, um die Auswahl von Anbausystemen zu erleichtern – unter Verwendung des **Bodenqualitäts-Tools SQAPP** des Projekts iSQAPER (vgl. Kapitel 4.2.3). Außerdem soll untersucht werden, **inwieweit auf Glyphosat im konservierenden Ackerbau verzichtet werden kann**. Bodenverdichtung wird direkt thematisiert über die Priorisierung von Anbausystemen und Techniken in einer Auflistung von Bodengefahren-spezifischen SICS als dritte von zehn Prioritäten nach Bodenversauerung und Erosion. In Bodengefahren-spezifischen SICS wird zur Reduzierung der Verdichtungsgefahr der Anbau von Tiefwurzern, Getreide, mehrjährigem Roggen und Luzerne empfohlen. Als Technikempfehlung wird in diesen Anbausystemen die Nutzung von Regelfahrspurverfahren, niedriger Radlast und niedrigem Reifendruck sowie die Wahl des richtigen Befahrungszeitpunkts genannt. Für allgemeine SICS wird Bodenverdichtung als 1. Priorität indirekt durch die Verbesserung der Bodenstruktur thematisiert. Allgemein werden zur Vermeidung der Bodenverdichtung eine permanente Bodenbedeckung, Tiefwurzler, der Anbau von Getreide mit Zwischenfrüchten sowie von Luzerne und Kleegras empfohlen. Als Technikempfehlung wird in allgemeinen Anbausystemen die reduzierte Bodenbearbeitung, die Wahl des richtigen Befahrungszeitpunkts, die Düngung und Kalkung genannt⁸¹. Darüber hinaus werden als positive Wirkungen dieser am meisten Erfolg versprechenden Verdichtung-spezifischen SICS die Abnahme von Überschwemmungsergebnissen, und des Oberflächenabflusses erwähnt (Oenema et al. 2017, S. 14). Auf kurze Sicht bestehe oft ein **Zielkonflikt**⁸² zwischen einer Verbesserung der **Bodenqualität und der Wirtschaftlichkeit, auf lange Sicht** erschienen Wirtschaftlichkeitseffekte durch die **Minimierung der von Bodengefahren ausgehenden Schadefekte auf die Landwirtschaft jedoch positiv** (Oenema et al. 2017, S. 24).

4.2.6 DiverFarming (2017-2022)

Das H2020-Projekt **DiverFarming** (*Crop diversification and low-input farming across Europe: from practitioners` engagement and ecosystem services to increased revenues and value chain organization*) ist im Jahr 2017 gestartet (Laufzeit 2017 bis 2022). Es soll dazu dienen, innerhalb der Bioökonomie eine effiziente Ressourcennutzung und eine Anbaudiversifizierung zu erreichen, u. a. mittels **Leitlinien zur effizientesten Ressourcennutzung** für alle Sektoren der Bioökonomie.

⁸¹ <https://www.soilcare-project.eu> (Stand: 22.02.2018)

⁸² Für Ende Februar 2018 respektive Ende Februar 2019 ist ein Inventar der Chancen und Engpässe von Bodenpolitiken zur Förderung der Nutzung bodenverbessernder Techniken (Inventory of opportunities and bottlenecks in policy to facilitate the adoption of soil-improving techniques) respektive ein Bericht zur Rolle von Vertrauen und anderer Faktoren bei der Nutzung und der Förderung der gesellschaftlichen Akzeptanz bodenverbessernder Innovationen (Report on the role of trust and other factors in the adoption and social acceptability of soil improving innovations) geplant. Eine Auflistung aller für die Öffentlichkeit zugänglicher SoilCare-Deliverables ist abrufbar unter <https://www.soilcare-project.eu/outputs/deliverables> (Stand: 22.02.2018).

Bodenverdichtung wird indirekt angesprochen über reduzierten Maschineneinsatz (Mulchsaat) sowie den Einfluss von Bodenorganismen und Anbaudiversifizierung auf die Bodenstruktur⁸³.

4.3 Weitere Entwicklungen in Europa

Auf der Ebene der EU wurden Dokumente in Bericht- bzw. Strategieform, als Fact Sheet bzw. Poster sowie in Richtlinienform zum Thema Bodenverdichtung u. a. online veröffentlicht, z. B.

- die Fact Sheets des Projekts SoCo (2009),
- der Synthesebericht SOER (2015),
- die französische Initiative *4 für 1000* (2015) und
- der Implementationsplan sowie die (globalen) Freiwilligen Richtlinien für Nachhaltiges Bodenmanagement (2017).

Diese Dokumente auf EU-Ebene verfolgen querschnittsartig die Verbesserung der Governance zum Boden. Hierbei setzen sie an unterschiedlichen ‚Hebeln‘ an, u. a. an Kommunikationsstrategien über eine EU-Bodenschutzpolitik, an der Datenhaltung sowie an dem Ziel einer besseren Ernährung und der klimafreundlichen Landwirtschaft – insgesamt also an der Vision eines ressourcenschonenden Europas.

4.3.1 Fact Sheets des Projekts SoCo (2007-2009)

Bereits im Jahr 2009 hatte die KOM zehn **Fact Sheets** zum Thema **Nachhaltige Landwirtschaft und Bodenschutz** (Projekt SoCo – *Sustainable Agriculture and Soil Conservation through simplified Cultivation Techniques*, Laufzeit 2007 bis 2009) veröffentlicht (KOM 2009). Das Projekt SoCo war angesiedelt unter dem Dach des European Soil Data Centre (ESDAC)⁸⁴ des JRC, dem Europäischen Bodendaten-Zentrum der KOM. Eines der Fact Sheets integriert Umweltaspekte und Kosten sowie die Förderung durch GLÖZ-Anforderung und Agrarumweltzahlungen. Zur Bodenverdichtung führt es – über eine **Rubrik Verschlechterung der Bodenqualität** – positive Auswirkungen landwirtschaftlicher Praktiken aus, darunter als festgestellte positive Auswirkungen **keine oder reduzierte Bodenbearbeitung, Fruchtfolge und Mischkulturanbau** sowie als wahrscheinlich positiv bewertet **Deckfrüchte**, und als begrenzt oder indirekt positiv bewertet **Unterbodenlockerung** (KOM 2009). Ein weiteres Fact Sheet behandelt Bodenerosion durch Wasser und Bodenverdichtung gemeinsam

⁸³ <http://www.diverfarming.eu> (Stand: 22.02.2018)

⁸⁴ Im Europäischen Bodendaten-Zentrum der KOM (ESDAC) vertreten sind (mit Stand: 22.02.2018) Luca Montanarella (Vorsitzender), Arwyn Jones, Marc Van Liedekerke, Panos Panagos, Alberto Orgiazzi, Emanuele Lugato, Cristiano Ballabio, Ana Payá Pérez und Oihane Fernández Ugalde.

und weist auf deren Zusammenhang hin. Es stellt dar, warum es wichtig ist, gegen Erosion und Bodenverdichtung vorzugehen und beschreibt die entsprechenden Ursachen. Dabei werden Bodenneubildung, Bodenfruchtbarkeit und Erträge sowie Gewässerqualität, Wasserspeicherfähigkeit, Starkniederschläge, Menge organischen Bodenmaterials, Viehbesatz, **Einsatz schwerer Maschinen** und **Pflügen auf zu nassen Feldern** thematisiert (KOM 2009). Ferner werden Bodenarten nach Verdichtungsempfindlichkeit geordnet (KOM 2009) und illustriert.

4.3.2 Synthesebericht State of the Environment Report (2015)

Die Europäische Umweltagentur (EEA)⁸⁵ hat Anfang des Jahres 2015 den Synthesebericht *Die Umwelt in Europa: Zustand und Ausblick 2015* (engl. **State of the Environment Report (SOER)**) veröffentlicht und auch online zugänglich gemacht (EEA 2015). Bodenverdichtung wird hier indirekt angesprochen über **Bodenfunktionen und Bodenqualität**. Im Jahr 2016 hat die EEA die direkten und indirekten **Auswirkungen von EU-Policies** (engl. the direct and indirect impacts of EU policies on land) analysiert (EEA 2016). Ausgehend von dem Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa (COM(2011) 571) liefert der Bericht eine Bewertungsmethode zu den EU-Policies auf der Basis von Schlüsselindikatoren und Expertenwissen. Insgesamt wertet der Synthesebericht die **Rechtslücken** insbes. bei Bodenthemen als gefährdend für die **Bereitstellung von ES** (EEA 2016, S. 79) und **plädiert für eine kohärente Bodenpolitik auf EU-Ebene**.

4.3.3 Französische Initiative 4 für 1000 (seit 2015, fortl.)

Die französische Initiative *4 für 1000* (4 pour 1000) – Böden für Ernährungssicherung und Klima – ist offiziell bei der COP21 UN-Klimakonferenz in Paris am 01. Dezember 2015 gestartet. Ziel der Initiative ist die Erhöhung der globalen Bodenkohlenstoffvorräte um jährlich 4 Promille, um die weltweiten anthropogenen Treibhausgasemissionen zu einem Anteil von 75 % kompensieren zu können. Das Thema Bodenverdichtung wird indirekt angesprochen über die Unterziele Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit und Bekämpfung der Bodendegradation sowie über die Maßnahmen zur Verringerung der Bearbeitungsintensität (z. B. no-till Verfahren), Zwischenfrucht- und Leguminosenanbau, die Anlage von Grünstreifen und eine **Vergütungsregelung für Ecosystem Services** (Payments for Ecosystem Services, **PES**)⁸⁶.

⁸⁵ Die Europäische Umweltagentur (EEA) ist eine Einrichtung der Europäischen Union.

⁸⁶ <https://www.4p1000.org/> (Stand: 18.10.2017)

4.3.4 Implementationsplan und Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management der FAO (2017)

Als Teil der bei der FAO ansässigen **GSP** hat die **Europäische Bodenpartnerschaft (ESP)**⁸⁷ bisher einen **Implementationsplan 2017-2020** (FAO 2017a) wie auch nationale Beiträge zu den Freiwilligen Richtlinien für Nachhaltiges Bodenmanagement (**Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management, VGSSM**) der GSP geliefert (FAO 2017b). Im ESP-Implementationsplan wird das Thema Bodenverdichtung – in Anlehnung an den STS-Bericht 2012 (KOM 2012) (vgl. Kapitel 4.1.2) und den SWSR-Bericht 2015 (FAO & ITPS 2015) (vgl. Exkurs in Kapitel 4.1.6) – als eine von zehn Bodengefahren nach den **drei europäischen Hauptproblemen Flächenverbrauch, Versalzung und Kontamination** sowie Bodenkohlenstoffveränderungen und Nährstoff-Ungleichverteilung genannt (FAO 2017a, S. 5). In den VGSSM (FAO 2017b) wird Bodenverdichtung in der Definition des Sustainable Soil Management (SSM) (FAO 2017b, S. 3) als eine der Herausforderungen bei der Erreichung eines Nachhaltigen Bodenmanagements (FAO 2017b, S. 5) sowie in einem gesonderten Einzelkapitel zur Vorsorge und Abmilderung der Bodenverdichtung behandelt, mit folgenden Handlungsempfehlungen (FAO 2017b, S. 12f.): Vermeidung der Verschlechterung der Bodenstruktur durch unangemessenes oder exzessives Pflügen, Minimierung des Verkehrs auf Ackerflächen auf ein Mindestmaß insbes. auf vegetationslosem Boden (durch Reduzierung der Überfahrten, CTF und Durchführung von Arbeitseinsätzen ausschließlich bei geeigneter Bodenfeuchte bis in den Unterboden hinein), Anpassung der Maschinen und Fahrzeuge an die Bodeneigenschaften und Ausstattung mit Reifendruckregelanlagen oder anderen Mitteln zur Reduzierung des Flächendrucks (z. B. Kontaktfläche) und die Vermeidung der Nutzung schwerer Maschinen⁸⁸. Wo es möglich ist, soll CTF eingerichtet werden. Ebenso wichtig ist die Auswahl von Anbausystemen, welche Feldfrüchte, Futterpflanzen und, wenn möglich, Agroforst-Systeme (mit Pfahlwurzeln) einschließen sowie der Erhalt einer angemessenen Menge organischen Bodenmaterials, die Förderung der Makrofauna bzw. der mikrobiellen Aktivität (besonders der pilzlichen Mikroben) sowie eine ausreichende Bodenbedeckung in Weidesystemen. Für den Zeitraum 2017 bis 2020 formuliert die ESP folgende Output-Ziele: ein Bericht zu **best practice-Beispielen** zum SSM, die **Förderung von Synergien** auf der **Ebene Politik-Wissenschaft** sowie die Lieferung eines **Europäischen Teilberichts** für die Neuauflage des SWSR 2020 (FAO 2017a, S. 6). Das Hauptziel des **Mandats der GSP** ist, weltweit die **Governance zum Boden zu verbessern** – unter Berücksichtigung des souveränen Rechts jedes einzelnen MS über seine natürlichen Ressourcen. Deshalb adressiert die GSP fünf

⁸⁷ Die European Soil Partnership wurde am 31.10.2013 während der Global Soil Week in Berlin gegründet.

⁸⁸ im Original: „Machines and vehicles used in the field should be adjusted to soil strength and should be equipped with tyre pressure control systems or other means to reduce surface pressure (e. g. contact area), and use of heavy machinery should be avoided“ (FAO 2017b, S. 12).

Aktionsschwerpunkte (Pillars of Action)⁸⁹, die in Zusammenarbeit mit den Regionalen Bodenpartnerschaften (u. a. ESP) implementiert werden: Bodenmanagement, Bodenbewusstsein, Forschung, Bodeninformation & Datenhaltung sowie Harmonisierung von Methoden, Daten und Indikatoren für das Nachhaltige Management und den Schutz des Bodens als nachhaltige Ressource.

4.4 Zwischenergebnis: Vorgaben und Aktivitäten zum Europäischen Bodenschutz

Im Zeitraum **nach der Rücknahme der BRRL** hat die KOM Förderprogramme für die **gezielte Unterstützung der MS zur Verbesserung des Bodenmanagements** angeschoben und über das JRC den Bericht *Soil threats in Europe* als Ergebnis des FP7-Projekts RECARÉ veröffentlicht (JRC/Stolte et al. 2016), in welchem **ökonomische Zwänge als treibende Kraft der Bodenverdichtung** benannt werden (JRC/Stolte et al. 2016, S. 69). Insgesamt ist das **Thema Bodenverdichtung meist nur indirekt angesprochen** (z. B. unter dem Stichwort Degradation); z. B. im **7. UAP** der Union für die Zeit bis 2020 *Living well, within the limits of our planet/Gut leben innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen unseres Planeten* (KOM 2013). Die meisten online verfügbaren Empfehlungen, Berichte, Projekte u. a. **fokussieren seither auf eine Einbeziehung der Interessen und Bedarfe der Landwirtinnen und Landwirte**, wie es z. B. die französische **Initiative 4 für 1000**⁹⁰ und die **Agenda 2030**-Prozesse vorsehen.

Synergien zwischen übrigen Bodenschutzzielen und dem Schutz vor Bodenverdichtung entstehen z. B. im Zusammenhang mit der französischen Initiative **4 für 1000: Wenn** aus Klimaschutzgründen **die Bodenbearbeitung reduziert und das Anbauspektrum verändert wird** – wie in den H2020-Projekten **SoilCare** über **SICS** sowie **DiverFarming** über **Leitlinien zur effizientesten Ressourcenutzung** gezeigt – könnten sich auch die Risiken der Bodenverdichtung minimieren (vgl. ähnliche Bewertung zu GLÖZ, zum Greening und zur Ländlichen Entwicklung in dem Inventar der Gesetzgebungen der MS durch Ecologic Institute/Frelih-Larsen et al. 2016, S. 64f., S. 162, S. 168). Es ist ein leichter Trend spürbar, dass der Einsatz privater und/oder öffentlicher Mittel für den Wandel in Richtung einer grünen Wirtschaft (französische Initiative **4 für 1000**, LDN Fund) – für die Erreichung von Zielen des Bodenschutzes – ermöglicht wird (Menge organischen Bodenmaterials, Desertifikationsbekämpfung/Nachhaltige Entwicklung).

⁸⁹ Pillar 1: Soil management (Promote sustainable management of soil resources for soil protection, conservation and sustainable productivity); Pillar 2: Awareness rising (Encourage investment, technical cooperation, policy, education awareness and extension in soil); Pillar 3: Research (Promote targeted soil research and development focusing on identified gaps and priorities and synergies with related productive, environmental and social development actions); Pillar 4: Information & data (Enhance the quantity and quality of soil data and information: data collection (generation), analysis, validation, reporting, monitoring and integration with other disciplines); Pillar 5: Harmonization (Harmonization of methods, measurements and indicators for the sustainable management and protection of soil resources)

⁹⁰ Die französische Initiative **4 für 1000** sieht z. B. eine Vergütungsregelung für Ecosystem Services (PES) vor.

Diese Politikmaßnahmen, der hier attestierte Perspektivwechsel auf die Einbeziehung von Interessen und Bedarfen von Landwirtinnen und Landwirten und der Einsatz privater Mittel sollten auf bestehenden Regelungen und politischen Vorgaben aufbauen. Auch sollten die Berichte des Pilotprojekts *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services* (MAES) bei der Weiterentwicklung von Politikmaßnahmen einbezogen werden, da sie **Parallelentwicklungen bei Boden- und Landnutzungsthemen** herausarbeiten und die **wirtschaftliche Bedeutung von ES** zu Bewerten versuchen (Übertragung von ES-Indikatoren auf die Policy-Ebene, vgl. ähnliche Bewertung zum Verbesserungsbedarf bei der Auswahl von ES-Indikatoren bzw. deren Validität durch Heink et al. 2016, S. 21, S. 23f.). Es scheint sinnvoll, Forschungsrichtungen und Verbünde/Projekte in einer **koordinierten Art und Weise** ggf. über die Europäische Umweltagentur (EEA) oder andere Institutionen auf EU-Ebene zu vernetzen und im nächsten **Forschungsprogramm 9** (‘post-Horizon’) Forschungs-koordinationen zu generieren (**Horizon Europe**).

In der Europäischen Bodenschutzpolitik werden derzeit die bestehenden Lücken bzw. die Relevanz von Bodenproblemen in der EU diskutiert, gemeinsam mit der Entwicklung von **Indikatoren für ES** (Pilotprojekt MAES), auch vor dem Hintergrund der **Implementation der Agenda 2030-Ziele** (Implementation der SDGs) und dem damit verknüpften Prinzip der Landdegradationsneutralität (LDN), vgl. dazu auch die Wüstenkonvention (UNCCD) (vgl. Kapitel 4.1.4.3, s. Kapitel 6.1.2) und die DNS mit dem darin beschriebenen Bodenindikator (s. Kapitel 6.1.1)). Insbesondere die **WSC** (FAO 2015) **enthält wichtige Ziele** (Beseitigung institutioneller und sozio-ökonomischer Hindernisse, Capacity Building, praxisrelevante Forschungsergebnisse, Entwicklung und Betreiben eines nationalen Bodeninformationssystems, Entwicklung eines institutionellen Rahmens für das Monitoring der Implementation Nachhaltigen Bodenmanagements und des Gesamtzustands der Bodenressourcen). Für die Ebene der **Weiterentwicklung des Bodenschutzes in Deutschland** (Umsetzung der UN-Ziele für Nachhaltige Entwicklung) **sind** die Ziele, Schätzungen und **Empfehlungen der SDGs, des SWSR und der WSC beachtenswert**.

Das durch die **Soil EG** veröffentlichte Hintergrunddokument zum Zustand der Böden in Europa enthält zwei Empfehlungen: **Überarbeitung** der Ansätze **der GAP** für die **Förderung Nachhaltigen Bodenmanagements** in einem umfassenden Sinn sowie **Abschaffung nicht-nachhaltiger Managementpraktiken** mit grenzüberschreitenden Auswirkungen **im konventionellen Landbau** (DG ENV 2017c, S. 7). Leider ist das im Zuge des Inventars der Gesetzgebungen der MS (Ecologic Institute/Frelih-Larsen et al. 2016) für die Soil EG entwickelte **Boden-Wiki mit nationalen Instrumenten der MS** bislang nicht einsehbar – es bleibt bei DG ENV.

Es erscheint sinnvoll, dass sich deutsche Förderinitiativen zur nachhaltigen Nutzung der Ressource Boden aktiv in die Prozesse der GSP und ESP (beide angesiedelt bei der FAO) einbringen⁹¹. Sinnvoll erscheint auch, wenn deutsche Förderinitiativen sich ggf. mit Horizon 2020-Projektkoordinatorinnen und -Projektkoordinatoren und weiteren Beteiligten hinsichtlich Synergien austauschten (LANDMARK, iSQAPER, INSPIRATION⁹², SoilCare⁹³, DiverFarming⁹⁴ sowie auch mit Beteiligten nachfolgender EU-Vorhaben wie z. B. des Ende Oktober 2017 angekündigten European Joint Programme (EJP) Cofund Agricultural Soil Management (EJP SOIL)⁹⁵ und des European Research Agenda Networks (ERA-NET) Cofund Action(s) for Climate Action, Environment, Resource Efficiency and Raw Materials⁹⁶) sowie Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu den in H2020-Projekten entwickelten mobilen Applikationen herausarbeiten würden (LANDMARK, iSQAPER, SoilCare), u. a. auch, um die Möglichkeiten von Kompatibilitäten und einer längerfristigen Weiterverwertung der zu entwickelnden mobilen Applikationen zu sondieren – möglicherweise umgesetzt in einem zu entwerfenden Unterprojekt des nächsten Rahmenprogramms für Forschung und Innovation ab dem Jahr 2021 (Horizon Europe).

⁹¹ Im Rahmen der Vorbereitungen auf die GSP-Plenarversammlung im Jahr 2017, während der Ziele für die GSP beschlossen worden sind, hat die Stabsstelle Boden des Thünen-Instituts auf die deutsche Fördermaßnahme BonaRes hingewiesen und eine gegenseitige Kontaktaufnahme ermöglicht (Prof. Hans-Jörg Vogel, Dr. Ute Wollschläger (beide BonaRes), Dr. Rainer Baritz (FAO), Dr. Joachim Bollmann (BMEL)).

⁹² Das Horizon 2020-Projekt INSPIRATION weist Ähnlichkeiten mit einem der BonaRes-Verbundprojekte auf (SOILAssist).

⁹³ Das Horizon 2020-Projekt SoilCare verfolgt durch seine Ziele – Benennung der Hindernisse für die Anwendung passender bodenverbessernder Anbausysteme, Erarbeitung von Chancen und Engpässen zur Nutzung bzw. zur gesellschaftlichen Akzeptanz sowie zur Rolle von Vertrauen und weiteren Faktoren – einen Ansatz zur Akzeptanz und Implementierung, z. T. ähnlich wie das Teilprojekt „Akzeptanz und Implementierung“ (Leitung: Stabsstelle Boden des Thünen-Instituts) eines der BonaRes-Verbundprojekte (SOILAssist).

⁹⁴ Das Horizon 2020-Projekt DiverFarming weist in seinen Zielen Ähnlichkeiten zur Fördermaßnahme BonaRes auf: Bioökonomie, innovative Landwirtschaft, Strategien für die Agrarwirtschaft, Minimierung von Hürden, Hemmnissen und Mißerfolgen bei der Anbaudiversifizierung sowie Förderung deren Anwendung in der Praxis, nachhaltige Anbaupraktiken und eine effiziente Ressourcennutzung

⁹⁵ Antragszeitraum: 16.10.2018 bis 23.01.2019: <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/lc-sfs-20-2019.html> (Stand: 22.02.2018)

⁹⁶ Antragszeitraum: 14.11.2018 bis 19.02.2019: <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/sc5-21-2019-2020.html> (Stand: 22.02.2018)

5 Handlungsempfehlungen auf Länderebene

5.1 Bodenverdichtung als Thema auf Länderebene

Die Behörden auf Länderebene kommunizieren das Thema Bodenverdichtung und entsprechende Handlungsempfehlungen auch über online veröffentlichte Broschüren, Faltblätter, Excel-Anwendungen sowie WMS und Internet-Themenseiten der Behörden. Eine entsprechende Recherche im Internet⁹⁷ ergab die im Anhang aufgeführten Fundstellen von Handlungsempfehlungen zum Thema Bodenverdichtung⁹⁸, die hier in Tabelle 1 zusammengefasst werden.

Tabelle 1: Bodenverdichtung: Anzahl der Fundstellen von Handlungsempfehlungen auf Länderebene – Kurzübersicht (ausgenommen Ländergesetze, ohne Anspruch auf Vollständigkeit) (s. Detailübersicht in Anhang 2)

| Bundesland | Anzahl der Fundstellen von Handlungsempfehlungen |
|------------------------|--|
| Mehrländerprojekte | 4 |
| Baden-Württemberg | 7 |
| Bayern | 12 |
| Berlin | 0 |
| Brandenburg | 9 |
| Bremen | 0 |
| Hamburg | 0 |
| Hessen | 4 |
| Mecklenburg-Vorpommern | 10 |
| Niedersachsen | 9 |
| Nordrhein-Westfalen | 10 |
| Rheinland-Pfalz | 0 |
| Saarland | 0 |
| Sachsen | 10 |
| Sachsen-Anhalt | 2 |

⁹⁷ Es wurden Broschüren, Faltblätter, Excel-Anwendungen sowie Kartendienste (WMS) und Themenseiten der Behörden im Internet untersucht, nicht jedoch online verfügbare Jahresberichte, Foliensätze und Tagungsbände. Eine Kontaktaufnahme zu den Ländern bzw. Landwirtschaftskammern war nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

⁹⁸ Nicht erfasst wurden Fundstellen im baulichen Bereich, der Raum- und Umweltplanung sowie im Bereich Klimaschutz (mit Ausnahme eines FP7-Projekts zu Bodengefahren, einer französischen Initiative zum weltweiten Bodenklimaschutz, eines Förderschwerpunkts zum Nachhaltigen Landmanagement sowie eines BonaRes-Projektverbunds mit Klimabezug) und Ökolandbau (vgl. Kapitel 1).

| Bundesland | Anzahl der Fundstellen von Handlungsempfehlungen |
|--------------------|--|
| Schleswig-Holstein | 3 |
| Thüringen | 10 |

Quelle: Eigene Darstellung

Für die Bundesländer Berlin, Bremen, Hamburg, **Rheinland-Pfalz und Saarland**⁹⁹ waren **keine eigenen Handlungsempfehlungen** im Internet auffindbar. **Unter vier Handlungsempfehlungen** wurden für die Bundesländer **Sachsen-Anhalt** (2) und **Schleswig-Holstein** (3) gefunden, wogegen **über neun Handlungsempfehlungen** für die Bundesländer **Mecklenburg-Vorpommern, Nordrhein-Westfalen, Sachsen und Thüringen** (je 10) und **Bayern** (12) gefunden werden konnten. Bedingt durch die gewählte Methode einer Internet-Recherche erhebt auch diese Zusammenfassung **keinen Anspruch auf Vollständigkeit** (vgl. Kapitel 1).

5.1.1 Mehrländerprojekte und Kooperationen

In einem unter dem Motto *Bodenfruchtbarkeit erhalten* erschienenen ***Bodenfruchtbarkeit erhalten. Merkblatt Ackerböden vor Schadverdichtung schützen*** (LfL/SLfL/TLL/Werner et al. 2002) der Bundesländer Bayern, Sachsen und Thüringen sind neben einer Definition und Merkmalen der Bodenverdichtung eine Reihe von Handlungsempfehlungen enthalten: Vermeidung von Bodenverdichtungen, Breit- und Terrareifen, Zwillings- und Gitterräder, niedriger Reifeninnendruck bzw. Regeleinrichtungen zur Anpassung des Reifeninnendrucks, Fahrwerke mit versetzten Achsen oder Dreiradfahrwerke, allradgetriebene Traktoren, automatische Lenkhilfen zum Fahren neben der Furche beim Pflügen, Pflugverzicht, schonende, möglichst nichtwendende Bodenlockerung, nach Unterbodenlockerung mithilfe Anbau durchwurzelungsintensiver Früchte, Ausschöpfung aller Möglichkeiten zur Reduzierung von Radlast und Kontaktflächendruck bzw. Reifeninnendruck wie auch die Einbeziehung von Maschinendaten beim Kauf von Maschinen. Außerdem empfohlen wird das Abwarten einer ausreichenden Abtrocknung, eine Kombination von Werkzeugen, Geräten und Arbeitsgängen sowie organische Düngung, Kalkversorgung und der Anbau tiefwurzelnder Zwischenfrüchte. Das Merkblatt haben die Bayerische LfL und die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (SLfL) jeweils **einzel mit geändertem Logo publiziert**.

Ziel des Ergebnisberichts ***Mehrländerprojekt Agrarbezogener Bodenschutz*** der Bundesländer Bayern, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen war, Aktivitäten zusammenzufassen und gemeinsame Ergebnisse aus **Dauerfeldversuchen** zu publizieren (SLfULG/Paul et al. 2010, S. 4). Im Ergebnisbericht wurde das Thema Bodenverdichtung im

⁹⁹ mit Ausnahme der LWK-SL als Kooperationspartner der Anleitung Bodenstruktur erkennen und beurteilen. Anleitung zur Untersuchung mit dem Spaten (LfL/Diez et al. 2017, gemeinsam mit LfULG, TLfL, LWK-NI, LWK-SL)

Zusammenhang mit dem Bodenschutzplaner des Landes Thüringen (s. Kapitel 5.1.2) und den Empfehlungen nach Richtlinie VDI 6101 (s. Kapitel 6.2.5), mit Pflugverzicht und Direktsaat und der Empfehlung Fruchtfolgeanpassung und Leguminosenanbau erwähnt. Weiterhin war das Thema enthalten im Zusammenhang mit optimierter Fahrwerkstechnik bei der Zuckerrübenernte und der Empfehlung, die Möglichkeiten des bodenschonenden Einsatzes von Landmaschinen nach VDI-Richtlinie 6101 und DLG-Merkblatt 344 (s. übernächster Absatz) zu nutzen.

Seit dem Jahr 2005/2006 kooperieren die Bundesländer Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Rheinland-Pfalz bei der Entwicklung einer **Komponente zur Präsentation von Agrar- und Umweltdaten** mit Raumbezug, dem digitalen **Landwirtschafts- und Umweltatlas Schleswig-Holstein** (LLUR 2015). Dieser enthält u. a. Informationen zur Verdichtungsempfindlichkeit von Böden unter ackerbaulicher Nutzung (s. Kapitel 5.1.5).

Unter dem Dach der Bayerischen LfL finden sich mehrere als Kooperationen erkennbare Handlungsempfehlungen, darunter die Neuauflage der **Anleitung Bodenstruktur erkennen und beurteilen. Anleitung zur Bodenuntersuchung mit dem Spaten** (LfL/Diez et al. 2017). Diese Handlungsempfehlung wurde als Kooperation von Bayern mit den Bundesländern Sachsen, Thüringen, Niedersachsen und Saarland publiziert (LfULG, TLfL, LWK-NI, LWK-SL), in mehreren Auflagen (2017, 2012, 2005 bzw. Vorgängerversionen Ende der 1980er Jahre). Darin werden Erfahrung und Gefühl für den Boden als wichtig benannt: Das Gefüge lasse sich „mit dem Spaten, durch ein Beobachten von Form, Farben, Wurzeln, Hohlräumen und Übergängen viel besser erfassen“ (LfL/Diez et al. 2017, S. 3). Eine Kooperation der Bayerischen LfL mit der (nicht-staatlichen) Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) führte zu dem **DLG-Merkblatt 344** mit Empfehlungen für die Praxis zum Thema **Bodenschonender Einsatz von Landmaschinen**¹⁰⁰ (LfL/DLG/Brandhuber et al. 2016), das in mehreren Auflagen erschien. Neben bodenmechanischen Grundlagen werden Handlungsempfehlungen – von der Bodenbearbeitung bis zur Ernte – aufgeführt, mit dem Ziel „Gewichts- und Zugkräfte von Landmaschinen auf tragfähigen Böden mit möglichst geringer Spurbildung abzustützen“ (LfL/DLG/Brandhuber et al. 2016, S. 7). Als begleitende Maßnahmen sind Forderungen enthalten: Für die Kaufentscheidung müssten **Maschinenhersteller** Fahrzeug- und Reifendaten offenlegen. Es sei notwendig, die Maschinen- und Gerätekombinationen jeweils vor dem praktischen Einsatz zu wiegen. Zukünftige Sensortechniken könnten beim Fahren auf dem Acker die Radlast ermitteln, beispielsweise über die Einfederung des Reifens. Gezielte Schulungen müssten den Kenntnisstand des Betriebspersonals sichern (LfL/DLG/Brandhuber et al. 2016, S. 18).

¹⁰⁰ Laut Internetauftritt der DLG (<https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/pflanzenbau/ackerbau/dlg-merkblatt-344>, Stand: 22.02.2018) haben bei dieser Kooperation neben der Bayerischen LfL (Robert Brandhuber, Dr. Markus Demmel) und den DLG-Ausschüssen für Ackerbau, für Technik in der Pflanzenproduktion und für Zuckerrüben auch das Institut für Zuckerrübenforschung (Dr. Heinz-Josef Koch) sowie das Johann Heinrich von Thünen-Institut (PD Dr. Joachim Brunotte) mitgewirkt.

5.1.2 Excel-Anwendungen

Zwei Bundesländer haben Excel-Anwendungen zum Thema Bodenverdichtung als Beratungs-Tools **entwickelt**¹⁰¹: Sachsen und Thüringen. Zur Einschätzung der mechanischen Bodenbelastung hat das Land Sachsen eine *Entscheidungshilfe Bodendruck* konzipiert (SLfL 2008), und das Land Thüringen hat einen *Bodenschutzplaner* als *Planungshilfe zur Vorsorge gegen Bodenerosion und -verdichtung zur feldblockbezogenen Abschätzung des Gefährdungspotenzials im Landwirtschaftsbetrieb* vorgesehen (TLL 2008/2013). Diese Beratungs-Tools sind Entscheidungsunterstützungssysteme (DSS).

Die **Excel-Anwendung *Entscheidungshilfe Bodendruck (Sachsen)*** ist zu finden über den Internetauftritt des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL)¹⁰² (SMUL 2017a), und beruht auf dem **Vorbelastungsansatz** in Kombination mit Messwerten aus Sachsen (SLfL/Stahl et al. 2005) (SLfL 2008, SLfL/Marschall et al. o. J.). Sie wurde u. a. im Rahmen eines Projekts *Risikomanagement Bodengefüge* entwickelt (SLfL/Stahl et al. 2005, S. 112) und liefert für bestimmte Maschinenparameter und Maschinenkombinationen einen vergleichenden Überblick zur mechanischen Beanspruchung des Bodens (SLfL/Marschall et al. o. J., S. 2 = Beschreibung). So könnten Betriebe **überprüfen, welche druckmindernden Maßnahmen potenziell wirksam sind**: breite Reifen, Zwillingsreifen oder Gleisbänder, Onland-Pflügen oder die Begrenzung der Radlast (SLfL/Marschall et al. o. J., S. 3). Auch die **bodenfeuchteabhängige Entscheidung** zu Geräten und zur Fahrwerksausstattung könne so einbezogen (SLfL/Marschall et al. o. J., S. 3) sowie bei der **Beschaffung von Maschinen und Reifen** bereits der Beitrag zur Bodenschonung überprüft werden.

Der auf die Bodenverdichtung bezogene Teil der **Excel-Anwendung *Bodenschutzplaner (Thüringen)*** beruht augenscheinlich auf dem **Vorbelastungsansatz** (TLL/Gullich et al. 2008a) und ist als Screenshot in TLL/Gullich et al. (2008b, S. 14) zu sehen, jedoch – aufgrund gebrochener Links nach Migration der Internetsite von tll.de/ainfo nach thueringen.de¹⁰³ – **nicht mehr zu finden** (Stand: 22. Februar 2018).

¹⁰¹ Excel-Anwendungen auf europäischer Ebene sind TASC und Terranimo® aus der Schweiz (bzw. Dänemark), s. nachfolgenden Exkurs Schweiz (s. Exkurs in Kapitel 5.1.3).

¹⁰² <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/12415.htm> (Stand: 30.10.2017)

¹⁰³ https://www.thueringen.de/th9/tll/publikationen/software/sw_bodenschutz/index.aspx sowie <https://www.thueringen.de/th9/tll/agrarökologie/boden/index.aspx> (Stand: 30.10.2017)

5.1.3 Exkurs Schweiz: Simulationsmodelle TASC und Terranimo®

In der Schweiz wurden die Excel-Anwendungen TASC und Terranimo® zur Bewertung von Bodenverdichtung entwickelt, ebenso Systeme zur Entscheidungsunterstützung (DSS). Das Simulationsmodell **TASC** (von Étienne Diserens) wurde von dem Schweizer Kompetenzzentrum Agrosope entwickelt: Es erlaubt die Druckausbreitung von Rädern zu berechnen, und daraus Entscheidungen zu organisatorischen Maßnahmen und zu technischen Möglichkeiten der Fahrzeuge und Reifen fällen zu können. Die Anwendung TASC beruht auf dem **Vorbelastungsansatz** und ist in drei Sprachen als (CD-ROM bzw.) Download¹⁰⁴ erhältlich.

Das dänisch-schweizerische Simulationsmodell **Terranimo®** (von Thomas Keller und Matthias Stettler sowie von Per Schønning, Mathieu Lamandé und Poul Lassen) wurde in Kooperation zwischen dem Schweizer Kompetenzzentrum Agrosope, der Berner Fachhochschule und der Aarhus University in zwei Modell-Versionen entwickelt: als einfache Light-Version und als umfassende Expert-Version. Die Anwendung Terranimo® beruht auf dem **Vorbelastungsansatz** und ist seit dem Jahr 2013 **offiziell genehmigt durch** die beiden **Bundesämter für Landwirtschaft (BLW) und Umwelt (BAFU)** sowie **frei zugänglich**. Über den internationalen Internetauftritt¹⁰⁵ von Terranimo® sind ein globales Modell wie auch Versionen für Belgien (Flandern), Dänemark, Finnland, Frankreich, Großbritannien und Norwegen abrufbar.

5.1.4 Dialog Landwirtschaft und Umwelt sowie Initiative boden:ständig

Der **DLU** ist ein im Jahr 2011 gestartetes **Dialog-Format** zwischen Partnern aus Landwirtschaft, Wirtschaft, Gesellschaft, Wissenschaft, Politik und Verwaltung in Nordrhein-Westfalen. Nach den Themen Flächenverbrauch und Flächenkonkurrenz hat der DLU in den Jahren 2015 und 2016 das Thema Bodenverdichtung bearbeitet, und eine **gesonderte Vereinbarung zur Vermeidung von Bodenverdichtungen** auf Ackerflächen erstellt (vgl. Kapitel 2.3.4) (MUNLV 2016a, MUNLV 2016b). Die Vereinbarung beruht auf einem Konsens unterschiedlicher Akteure des DLU (MUNLV 2016b, MUNLV 2016c). Ziel dieses transferorientierten Ansatzes ist die Begrenzung des Drucks auf Ackerböden, die **Vermeidung der Befahrung in zu feuchtem Zustand**, die Förderung des Bodenbewusstseins und die **Erfassung des aktuellen Bodenzustands mittels digitaler Bodeninformationen und Sensortechniken** (MUNLV 2016a). Im Zuge der Vereinbarung hat das Bundesland eine im Jahr 2009 publizierte Landes-Broschüre zum Thema **Bodenverdichtungen vermeiden** einschließlich des

¹⁰⁴ erhältlich über Agrosope, 64 Euro (Download) bzw. 36 Euro (Updates)

¹⁰⁵ <https://www.terranimo.dk/> (Stand: 22.02.2018)

angehängten **Bestimmungsschlüssels zur Beurteilung des Verdichtungszustandes von Böden**¹⁰⁶ überarbeitet (MUNLV/Weyer & Boeddinghaus 2009/2016a, MUNLV/Weyer & Boeddinghaus 2009/2016b).

Ein weiteres kooperatives Format ist die bayernweite **Initiative boden:ständig**¹⁰⁷, die Gemeinden sowie **Landwirtinnen und Landwirte bei der Suche nach langfristig wirksamen Lösungen** zum Erosions-, Hochwasser- und Gewässerschutz **unterstützt**. Die im Jahr 2014 gestartete Initiative versucht Stakeholder zu aktivieren, Maßnahmen gemeinsam umzusetzen und *best practice*-Beispiele zur Vermeidung von Erosion und zur Senkung des Stoffeintrags in die Gewässer der Region aufzuzeigen. Der Zuschnitt der Praxisplattform fokussiert hauptsächlich auf Erosion, wobei bis Mai 2017 Fördermittel von rund 20.000 Euro vergeben worden sind (Bayerischer Landtag 2017, S. 2). Bodenverdichtung findet im Internetauftritt ansatzweise Erwähnung über die Bodenstruktur (Zwischenfruchtanbau, Eintrag vom 17. November 2016)¹⁰⁸ und die Bodenansprache (Bild, Eintrag vom 26. April 2016)¹⁰⁹.

5.1.5 Web Map Services

Ein für **Schleswig-Holstein** erstellter digitaler **Landwirtschafts- und Umweltatlas Schleswig-Holstein** (LLUR 2015) beinhaltet Karten in Form eines Kartendienstes (WMS) zur Verdichtungsempfindlichkeit von Böden unter ackerbaulicher Nutzung¹¹⁰ (vgl. Kapitel 5.1.1). Der WMS erlaubt eine Auswahl der Verdichtungsempfindlichkeit für Sommer (Mai bis September) und Winter (Oktober bis April). Der in dem Schleswig-Holsteinischen Landwirtschafts- und Umweltatlas enthaltene WMS nutzt anstelle der Bodenübersichtskarte die **Topographische Karte** und erlaubt in der **Ansicht zur Verdichtungsempfindlichkeit** ein **Zoomen bis auf Hofebene**.

Auf Bundesebene bietet die BGR über ihren **Bodenatlas Deutschland** (BGR/Kruse 2016) einen WMS basierend auf der Bodenübersichtskarte **BÜK1000N** an¹¹¹ (s. Kapitel 6.2.3). Dieser ermöglicht die Anzeige der Gefährdung der Böden durch Verdichtung unter der Rubrik **Böden in Gefahr** und zeigt die Abfrageergebnisse zur **Bodenverdichtung für Teilgebiete von Regionen** an (s. Kapitel 6.2.3).

¹⁰⁶ Bestimmungsschlüssel zur Erkennung und Bewertung von Bodenschadverdichtungen im Feld

¹⁰⁷ <http://www.boden-staendig.eu/> (Stand: 22.02.2018)

¹⁰⁸ <http://www.boden-staendig.eu/nachrichten/flurbegehung-zum-zwischenfruchtanbau> (Stand: 22.02.2018)

¹⁰⁹ <http://www.boden-staendig.eu/nachrichten/felderbegehungen-in-schierling-und-pfakofen-am-10.-und-11.-mai> (Stand: 22.02.2018)

¹¹⁰ <http://www.umweltdaten.landsh.de/atlas/script/index.php> (Stand: 22.02.2018)

¹¹¹ <https://geoviewer.bgr.de/mapapps/resources/apps/bodenatlas/index.html?lang=de&tab=boedenDeutschlands> (Stand: 22.02.2018)

5.2 Einfluss auf die Kommunikation durch das UN-Jahr des Bodens 2015

Seit dem Jahr 2014 sind insbes. in den Bundesländern **Bayern, Baden-Württemberg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen** (s. Anhang 2) und **Schleswig-Holstein** (WMS, vgl. Kapitel 5.1.5) Online-Materialien hinzugekommen. Prinzipiell sind praxisnahe Anleitungen teils vorhanden, jedoch häufig nur **schwierig zu recherchieren** bzw. nicht einfach – oder gar smart und integrativ – verfügbar und direkt nutzbar. Dennoch ist ein durch das Internationale Jahr des Bodens 2015 generiertes **Momentum** auf Länderebene durch eine inzwischen **inhaltlich und z. T. auch hinsichtlich der Zugänglichkeit etwas¹¹² verbesserte Verfügbarkeit praxisnaher Anleitungen** ablesbar¹¹³. Gelegentlich finden sich Verweise auf MUNLV/Weyer & Boeddinghaus (2016a).

5.3 Zwischenergebnis: Bodenverdichtung in Handlungsempfehlungen der Bundesländer

Die online veröffentlichten Informationsangebote der Behörden auf Länderebene zum Thema Bodenverdichtung sind **oft schwer zugänglich** und von **unterschiedlicher, oft veralteter, inhaltlicher Qualität**.

Für **fünf** Bundesländer wurden **keine eigenen Handlungsempfehlungen** gefunden, und für **zwei** Bundesländer wurden nur **wenige Handlungsempfehlungen** gefunden. Es gibt sehr wenige behördliche Handlungsempfehlungen, die dezidiert als Mehrländer-Vorhaben verwirklicht worden sind, und **nur zwei Online-Fundstellen sind als tatsächliche Kooperation erkennbar**: das **Bodenfruchtbarkeit erhalten: Merkblatt Ackerböden vor Schadverdichtung schützen** (LfL/SLfL/TLL/Werner et al. 2002) und die Anleitung **Bodenstruktur erkennen und beurteilen. Anleitung zur Bodenuntersuchung mit dem Spaten** (LfL/Diez et al. 2017, gemeinsam mit LfULG, TLfL, LWK-NI, LWK-SL). Die Anleitung wurde in mehreren Auflagen publiziert, und in zwei Bundesländern (Sachsen und Niedersachsen) führt eine einfache Recherche zu einer – fast identischen, nur in Schriftart und Satz geringfügig unterschiedlichen – Vorversion aus dem Jahr 2012. Der **WMS** im *Landwirtschafts- und Umweltatlas Schleswig-Holstein* (LLUR 2015) und das **Mehrländerprojekt Agrarbezogener Bodenschutz** (SLfULG/Paul et al. 2010) dürfte für Leserinnen und Leser ohne Hintergrundwissen **nicht als tatsächlich gemeinsame Ergebnisse der beteiligten Bundesländer**, sondern als WMS des Bundeslands Schleswig-Holstein bzw. lediglich als **Aneinanderreihung von Einzelergebnissen** aus Dauerfeldversuchen erkennbar sein. Als besonders interessant zu werten ist, dass

¹¹² Durch das Internationale Jahr des Bodens 2015 erscheint die Verfügbarkeit praxisnaher Anleitungen etwas verbessert worden zu sein, hinsichtlich der Inhalte von Anleitungen sowie z. T. auch hinsichtlich der Zugänglichkeit (Auffindbarkeit/Googleability).

¹¹³ Ein kausaler Zusammenhang muss hier nicht zwingend vorliegen. Der beschriebene Trend wurde abgelesen aus der Anzahl der Fundstellen im Internet.

die Länder **Brandenburg und Sachsen**, deren Ländergesetze (vgl. Kapitel 2.3.2) den Themenkomplex Bodenverdichtung nicht enthalten, mit mehr als neun Fundstellen im Internet **vergleichsweise viele und auch gute Handlungsempfehlungen** geben. Auch interessant ist das Land Schleswig-Holstein: Der Themenkomplex Bodenverdichtung ist zwar nicht im Ländergesetz, jedoch im Bodenschutzprogramm durch wenige Handlungsempfehlungen verfügbar, doch bietet das Land ein recht genaues WMS im *Landwirtschafts- und Umweltatlas Schleswig-Holstein* (LLUR 2015) an, und entwickelt dieses kooperativ gemeinsam mit den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern und Rheinland-Pfalz.

Zwei Bundesländer haben eigens Excel-Anwendungen erstellt: Die **Excel-Anwendung Entscheidungshilfe Bodendruck (Sachsen)** enthält konkrete Angaben, ist **leicht zu finden** über den Internetauftritt des SMUL, beruht auf dem **Vorbelastungsansatz und dürfte Nutzern als solide und in der Praxis verwendbar erscheinen**, die **Gestaltung ist jedoch veraltet**. Auch die **Excel-Anwendung Bodenschutzplaner (Thüringen)** beruht augenscheinlich auf dem **Vorbelastungsansatz**. In der Schweiz wurden die Beratungs-Tools **TASC** und **Terranimo®** (vgl. Exkurs in Kapitel 5.1.3) als **offizielles Empfehlungsinstrument** genehmigt. Anders als für andere europäische Länder (Belgien (Flandern), Dänemark, Finnland, Frankreich, Großbritannien und Norwegen) gibt es derzeit keine Version von Terranimo® speziell für Deutschland. Die Excel-Anwendung aus Sachsen (**Entscheidungshilfe Bodendruck**) ist **frei verfügbar, ebenso** das Simulationsmodell **Terranimo®**. Dagegen ist das Simulationsmodell **TASC kostenpflichtig**, und die Excel-Anwendung aus Thüringen (**Bodenschutzplaner**) ist derzeit **nicht** verfügbar. Im Rahmen dieser Untersuchung können keine Angaben gemacht werden zur (Weiter-)Verbreitung bzw. Nutzung dieser Anwendungen bzw. Simulationsmodelle in den Bundesländern.

Wünschenswert wäre ein **Vergleich** des dänisch-schweizerischen Simulationsmodells **Terranimo®** zur Abschätzung des Verdichtungsrisikos mit der **Entscheidungshilfe Bodendruck**. Es wäre sinnvoll, auch **für Deutschland bzw. für Einzelregionen eine Version von Terranimo®** zu entwickeln und in der Praxis zu **testen**. So könnten – vorausgesetzt die Bereitschaft zur Offenlegung modellierter Werte – Aufzeichnungen einzelner Landwirtinnen und Landwirte zeigen, **wie mit** den zugrundeliegenden **Annahmen** bei der Interpretation und anschließenden Entwicklung von Empfehlungen **umzugehen ist** (s. Kapitel 6.2.1). Damit könnte ein **Monitoring** entstehen, ähnlich der Forderungen u. a. in dem Inventar der Gesetzgebungen der MS zum Bodenschutz, in dem SWSR, in der WSC und im Projekt LANDMARK. **Bei Bewährung könnte Terranimo®** später nach Schweizer Vorbild **auch in Deutschland bzw. für Einzelregionen zu einem offiziellen Empfehlungsinstrument** werden, ggf. validiert durch oder gekoppelt mit einem noch zu entwickelnden Echtzeit-Assistenzsystem für die Praxis (DSS).

Auch wünschenswert sind eine **modernere Aufstellung, Präsentation und Gestaltung der behördlichen Handlungsempfehlungen der Bundesländer**. Diese sollte deutlich **zielgruppenorientierter** formuliert und vor allem **leicht zugreifbar und immer aktuell** sein, sowohl inhaltlich als auch sprachlich und graphisch bzw. aktuell verlinkt. Auch eine Koordination, z. B. in einem **freiwilligen Verbund** (z. B. der staatlichen Bildungs- und Beratungseinrichtungen der Länder), die Merkblätter

u. a. zusammenfasst und in zeitgemäßer Form mit regionalen Unterinformationen vorhält, durch eine technische Zentralisierung – im besten Fall unter Nutzung von **Smart Design**¹¹⁴, wäre sinnvoll. Hierin könnten (bis auf Schleswig-Holstein noch in den Bundesländern zu entwickelnde) **WMS** als Komponenten zur Präsentation von Agrar- und Umweltdaten mit Raumbezug einfließen. Auch die Praxisplattform der bayernweiten Initiative boden:ständig mit ihrer im Aufbau befindlichen Rubrik ‚Maßnahmen‘ sowie in Teilen auch die nordrhein-westfälische Vereinbarung zur Vermeidung von Bodenverdichtungen auf Ackerflächen des DLU könnten als Vorlage für eine **nutzerorientierte Kommunikation** auf leicht aktuell zu haltenden Internetportalen dienen. Die Behörden verzeichneten in der Vergangenheit einen Personalabbau im Themenfeld Boden. Demgegenüber wären mehr Personalmittel (ggf. Umweltinspektorinnen und Umweltinspektoren) gut für den Bodenschutz. **Mithilfe von unterschiedlichen Digitalen Formaten könnte der bereits vollzogene Personalabbau etwas abgepuffert werden:** Digitale Formate verbessern das Niveau und die Aktualität von verfügbaren Informationen helfen dabei, mit überschaubarem Aufwand mittelfristig sogar Doppelarbeiten zu vermeiden, sodass kein unnötiger Verwaltungsaufwand entsteht.

Insgesamt besteht die 2014 durch LABO monierte mangelnde Verfügbarkeit praxisnaher Anleitungen (LABO 2014) zurzeit nur noch zum Teil. Seither sind insbes. **in sechs Bundesländern** (Bayern, Baden-Württemberg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen, Schleswig-Holstein) **nützliche Online-Materialien dazugekommen oder wurden neu aufgelegt**. Besonders hervorzuheben sind die **Dialog-Formate** in Nordrhein-Westfalen (DLU) und Bayern (Initiative boden:ständig) (vgl. auch Kapitel 2.3.4 und Kapitel 5.1.4). Parallel ist ein durch das Internationale Jahr des Bodens 2015 generiertes Momentum auf Länderebene (s. dazu auch Kapitel 6.4) durch eine etwas verbesserte Verfügbarkeit praxisnaher Anleitungen ablesbar. Jedoch besteht nach wie vor der Eindruck, dass ein **erheblicher Verbesserungsbedarf** hinsichtlich der **Zugänglichkeit** besteht, wie es beispielsweise Plattformen, Smart Design, Machine Learning/Data Mining ermöglichen könnten. In Teilen gilt die Aussage der LABO noch immer: Prinzipiell sind **praxisnahe Anleitungen teils vorhanden, doch nach wie vor häufig nur schwierig zu recherchieren** (eingeschränkte Auffindbarkeit/Googleability) bzw. **nicht einfach** – oder gar smart und integrativ – **verfügbar und direkt nutzbar**¹¹⁵.

¹¹⁴ Gemeint ist ein Informationsmanagement, das graphisch ansprechend und einfach zu nutzen ist sowie verständliche und detaillierte Handlungsempfehlungen für die Praxis überall und jederzeit zugänglich bietet, gemäß dem Grundsatz ‚Efficient, clear and simple‘ (vgl. Machine Learning).

¹¹⁵ vgl. hierzu das im Rahmen des SOILAssist-Teilprojekts ‚Akzeptanz und Implementierung‘ (Leitung: Stabsstelle Boden des Thünen-Instituts) ebenfalls erstellte Übersichtsdokument ‚Gelbe Seiten‘ Bodenverdichtung (Gnutzmann & Fick 2018)

6 Handlungsempfehlungen auf Bundesebene

6.1 Bodenverdichtung als Thema auf Bundesebene – übergeordnete Strategie(n)

Die hier aufgeführten Strategien verfolgen Bundesregierung bzw. Ressorts auf einer übergeordneten Ebene. Daher ist der Übergang zum nachfolgenden Kapitel 6.2 fließend.

6.1.1 Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie und neuer Bodenindikator

Im Zusammenhang mit den SDGs (Agenda 2030¹¹⁶) hat **Deutschland das Oberziel der Landdegradationsneutralität (Land Degradation Neutrality, LDN) formuliert**. Die im Jahr 2016 erschienene Neuauflage der DNS¹¹⁷ (Bundesregierung 2017) enthält das Thema Bodenverdichtung indirekt im SDG-Ziel 15.3 Land Degradation Neutrality/Bodendegradation beenden und umkehren¹¹⁸. Ein geeigneter Ansatz zur Umsetzung des Unterziels 15.3 wird derzeit erarbeitet, um Veränderungen der Bodenqualität erfassen und bewerten zu können. Der in diesem Zusammenhang (vgl. Exkurs in Kapitel 4.1.6) **zu entwickelnde, neue Bodenindikator** (Indikator zur Beobachtung möglicher Veränderungen der Bodenqualität) (Bundesregierung 2017, S. 197ff., S. 228) wird Bodenverdichtung voraussichtlich nicht beinhalten, sondern sich vorwiegend auf **Landnutzungswandel von Agrarflächen** konzentrieren (Bundesregierung 2017, S. 198).

Zur Entwicklung des **neuen Bodenindikators** könnte auf das **Bodenschutzkonzept Stuttgart (BOKS)**¹¹⁹ (Landeshauptstadt Stuttgart 2005, Landeshauptstadt Stuttgart 2006, Landeshauptstadt Stuttgart/Wolff 2006) und den Schweizer **Soil Quality Index (SQUID)**¹²⁰ zurückgegriffen werden. Beide Konzepte basieren auf **Fernerkundungsdaten**. Sie versuchen, über die Inanspruchnahme von Böden mit gebietsspezifischen Wertigkeiten und die bestehende Bodennutzung, einen praktisch anwendbaren Indikator zu liefern. Die Ergebnisse eines entsprechenden **Forschungsprojekts Entwicklung von Bodenindikatoren für eine nachhaltige Raumentwicklung** (Laufzeit 2017 bis 2018) als

¹¹⁶ Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für Nachhaltige Entwicklung (im Original: Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development)

¹¹⁷ verabschiedet im Januar 2017 (Kabinettsbeschluss 11.01.2017)

¹¹⁸ SDG-Ziel 15: Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der Biodiversität ein Ende setzen

¹¹⁹ <https://www.stuttgart.de/bodenschutzkonzept> (Stand: 22.02.2018)

¹²⁰ <https://www.ethz.ch/content/specialinterest/baug/institute-irl/plus/en/research/research-and-thesis-projects/soil-indicators-for-sustainable-planning.html> (Stand: 22.02.2018)

Fokusstudie des Nationalen Forschungsprogramms (NFP 68) sollen am 19. April 2018 der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz (BGS) präsentiert werden. Der **Bodenindikator SQUID** verwendet eine Liste wichtiger **ES** des Bundesamts für Umwelt (BAFU) (BAFU/Staub et al. 2011). Er soll als **quasi-Verbrauchskontingent** auch für bodenkundliche Laien verständlich sein und so **schwierigen raumplanerischen Entscheidungen eine objektivere Basis bieten**.

6.1.2 Strategien der Initiative *Economics of Land Degradation*

Die vom Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) (s. Kapitel 6.2.4) gemeinsam mit der KOM und den Vereinten Nationen (UNCCD) sowie der Koreanischen Forstverwaltung (Korea Forest Service, KFS) im Jahr 2012 gegründete Initiative *Economics of Land Degradation* (ELD) widmet sich den **Kosten der Landdegradation**. Ziel der ELD-Initiative ist die Entwicklung praxisorientierter Strategien für Nachhaltiges Landmanagement auf Basis wissenschaftlicher Bewertungen von **ES** (bzw. deren Monetarisierung). Durch neue Instrumente, Methoden und Zahlen soll es für Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger leichter werden, **in ein nachhaltiges Land- und Ressourcenmanagement zu investieren**.

Das Thema Bodenverdichtung wird auf dem Internetauftritt der ELD-Initiative über Degradation subsumiert¹²¹. Im Bericht zu ELD in Afrika wird Bodenverdichtung als ein Prozess genannt, der die Degradation hauptsächlich beeinflusst und im Zusammenhang mit schweren Maschinen und Überweidung besonders bei feuchten Bodenverhältnissen stattfindet (ELD Initiative & UNEP 2015a, S. 14f., S. 34ff., S. 43). Der Hauptbericht *The value of Land* führt Bodenverdichtung als direkten Wirkungsfaktor auf die Degradation und als ein für Zentralasien übliches Degradationsproblem auf (ELD Initiative 2015b, S. 10, S. 142). Der Abschnitt *Key facts and figures* des Berichts für Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger, der gemeinsam mit dem Hauptbericht als Ergebnis gilt, spricht Bodenverdichtung indirekt an: über Degradation sowie unter dem Thema Ernährungsunsicherheit und einer damit verbundenen **künftigen Intensivierung bereits genutzter Flächen** bzw. **Umnutzung** von Wäldern, Feuchtgebieten, Grünland und anderen Ökosystemen in **Ackerböden** (ELD Initiative 2015b, S. 8, ELD Initiative 2015c, S. 8ff., GIZ/Schauer 2015, S. 2). Im Bericht für den Privatsektor tritt Bodenverdichtung im Kontext Überschwemmungen auf (Cornell et al. 2016, S. 17). Im Bericht zu ELD in Asien wird Bodenverdichtung als ein Faktor physikalischer Degradation sowie als eine Folge der Überweidung (Tilahun et al. 2018, S. 13, S. 24ff.) aufgezählt.

Auf das Thema ELD weist auch die Soil EG (vgl. Kapitel 4.1.4.3) in ihrem Annex des Questionnaire to the Soil Expert Group, hin (Annexe 3 Costs of Land Degradation). Hier werden die **jährlichen Kosten der Landdegradation** bewertet, die z. B. Nkonya et al. (2016) basierend auf das Jahr 2007

¹²¹ <http://www.eld-initiative.org> (Stand: 22.02.2018)

für Europa auf 35,1 Milliarden US-Dollar benannt haben (ca. 20 Milliarden Euro), bzw. die **Kosten des Handelns gegenüber Kosten des Nicht-Handelns** über einen Zeitraum von 30 Jahren (945 gegenüber 5.652 Milliarden US-Dollar, ca. 788 gegenüber 4.596 Milliarden Euro).

Im Zusammenhang mit der ELD-Initiative wurden **Massive Open Online Courses (MOOCs)** in den Jahren 2014 und 2015 angeboten: Das Institut für Wasser, Umwelt und Gesundheit der United Nations University (UNU-INWEH) hat gemeinsam mit der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) (s. Kapitel 6.2.4) im Januar 2014 einen frei zugänglichen **Online-Kurs Economics of Land Degradation** eingerichtet und vom 02. März bis zum 17. Mai 2014 durchgeführt¹²². Dieser Kurs, den 1.500 Teilnehmende belegt haben, hat traditionelle Unterrichtsmaterialien wie Videos, Vorlesungen und Fallstudien genutzt, aber auch einen **E-Learning Bereich mit interaktiven Tools**. Ziel war, eine lebendige Lern-Community aufzubauen und Lösungen zu erarbeiten. Im Jahr 2015 wurde ein Folgekurs angeboten¹²³ und ein **Practitioner's Guide 2015** (ELD Initiative 2015d) veröffentlicht, der den Fokus auf Stakeholder-Engagement legte und das Thema Erosion, nicht aber das Thema Bodenverdichtung berücksichtigte. Alle Informationen und Kursmaterialien sind noch immer frei und kostenlos online zugänglich.

6.1.3 Förderschwerpunkt Nachhaltiges Landmanagement und dessen Erweiterung Innovationsgruppen (FONA)

Der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gesetzte Förderschwerpunkt *Nachhaltiges Landmanagement* (2010-2015/2016)¹²⁴ und dessen Erweiterung *Innovationsgruppen für ein Nachhaltiges Landmanagement* (2014/2015-2019) sind unter dem Dach des Rahmenprogramms **Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA)** angesiedelt. Der Förderschwerpunkt *Nachhaltiges Landmanagement* besteht aus zwei Modulen und einer Erweiterung: (Globale) Wechselwirkungen zwischen Landmanagement, Klimawandel und Ökosystemleistungen (Modul A) und Innovative Systemlösungen für ein Nachhaltiges Landmanagement (Modul B) sowie *Innovationsgruppen für ein Nachhaltiges Landmanagement* (Erweiterung).

Im Modul A haben zwölf Projekte vorwiegend im außereuropäischen Ausland an den Themen Klimawandel, Anpassung an den Klimawandel, Flussmanagement und Partizipation gearbeitet¹²⁵. Im

¹²² <https://unu.edu/news/announcements/mooc-economics-of-land-degradation.html> (Stand:22.02.2018)

¹²³ <https://gc21.giz.de/ibt/var/app/wp342P/1844/> (Stand:22.02.2018)

¹²⁴ Der Beginn des Förderschwerpunkts konnte durch Internet-Recherche nicht exakt ermittelt werden und datiert vermutlich auf das Jahr 2010.

¹²⁵ Carbiocial (Kohlenstoffsequestrierung/Brasilien), CC-LandStraD (Landnutzung und Klimawandel/Deutschland), COMTESS (Küstenmanagement/Deutschland, Niederlande, Dänemark), INNOVATE (Stauseen/Brasilien), KULUNDA

Modul B waren 13 Projekte zum regionalen Nachhaltigen Landmanagement tätig, u. a. zum Themenfeld Energie, Sekundärressourcen und Raumplanung¹²⁶. Im Rahmen der Erweiterung werden bis in das Jahr 2019 neun Innovationsgruppen an zukunftsweisenden, praktikablen Lösungen arbeiten zu den Themen Energiewende, Regionalmarketing und regionale Daseinsvorsorge bzw. regionale forst- und landwirtschaftliche Erzeugung¹²⁷. **Wissenschafts-Praxis-Teams** – mit Landwirtinnen und Landwirten – die gleichberechtigt zusammenarbeiten und von Beginn an die **Umsetzbarkeit der Forschungsergebnisse** mit bedenken¹²⁸, werden gebildet. Den Prozess begleitet ein Anbieter für Innovationsmanagement. Bei der **Evaluierung** fließen die inhaltliche Exzellenz und die **Bewährung in der Praxis** in die Qualitätsbewertung ein.

Aus den Projekttiteln lässt sich kein Bezug zum Thema Bodenverdichtung ablesen. In den Kurzbeschreibungen¹²⁹ des Steppenökosystem-Projekts KULUNDA und des Flussmanagement-Projekts TFO/The Future Okavango (Modul A) sowie des Paludikultur-Projekts VIP (Modul B) wird Bodenverdichtung indirekt durch Degradation und verarmte Böden umschrieben. In den Kurzbeschreibungen der Innovationsgruppen enthalten das Agroforst-Projekt AUFWERTEN und das Regionalmarketing-Projekt Stadt PARTHE land das Thema Bodenverdichtung indirekt über das Degradationspotenzial und über erschwere Bewirtschaftung durch zunehmende Vernässung.

(Steppenökosysteme/Russland), LEGATO (Reisanbau/Vietnam, Philippinen), LUCCi (Landnutzung und Klimawandel, Vietnam), SASCHA (Getreideanbau und Klimawandel/Russland), SuLaMa (Partizipation/Madagaskar), SuMaRio (Flussmanagement/China), SURUMER (Kautschukanbau/China) und TFO/The Future Okavango (Flussmanagement/Botswana, Namibia, Angola)

¹²⁶ AgroForNet (Agroforst), BEST (Bioenergie), €LAN (Energiepreise), ELAN (Abwassernutzung), EUDYSÉ (emissionsarme Siedlungsentwicklung), KuLaRuh (Flächenrecycling), LaTerra (Terra Preta), LÖBESTEIN (NaWaRo), NaLaMa-nT (Landnutzung), Null-Emissions-Gemeinden (Emissionsvermeidung), RegioProjektCheck (Planung), RePro (Nutzung von Sekundärressourcen, u. a. Abwasser) und VIP (Paludikultur)

¹²⁷ APV-RESOLA (Agrophotovoltaik, APV), AUFWERTEN (Agroforst), EnAHRgie (kommunale Energieversorgung), Ginkoo (Koordinierungsformen Niedermoor-Nutzung und Zweinutzungshuhn), INOLA (regionales Energiemanagement), REGIOBRANDING (Regionalmarketing), Render (Regionaldialog Energiewende), Stadt PARTHE land (Regionalmarketing), UrbanRural Solutions (regionales Daseinsvorsorgemanagement)

¹²⁸ <https://innovationsgruppen-landmanagement.de/de/foerderschwerpunkt/> (Stand: 22.02.2018)

¹²⁹ Bedingt durch die gewählte Untersuchungsmethode wurden die auf dem Internetauftritt Nachhaltiges Landmanagement eingestellten Projekt-Kurzbeschreibungen auf das Thema Bodenverdichtung hin durchsucht. Nicht einbezogen wurden die davon unabhängigen Internetauftritte und Berichte der Einzelprojekte unter dem Dach des Leibniz-Instituts für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR). Entsprechend konnte beispielsweise der Schlussbericht des NaWaRo-Projekts LÖBESTEIN (IÖR/Syrbe & Steinhäußer 2014), welcher Bodenverdichtung (IÖR/Syrbe & Steinhäußer 2014, S. 111) und GfP im BNatSchG und BBodSchG (IÖR/Syrbe & Steinhäußer 2014, S. 145) im Zusammenhang mit nachwachsenden Rohstoffen aufgreift, nicht berücksichtigt werden.

6.1.4 Fördermaßnahme Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie

Die vom BMBF initiierte Fördermaßnahme *Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie* (BonaRes) untersucht, wie Böden als Grundlage der Bioökonomie erhalten werden können. Zehn Projektverbünde¹³⁰ und ein BonaRes-Zentrum forschen zur Bedeutung von Boden als nachhaltige Ressource (s. Tabelle 2). Das Ziel ist, ein Web-Portal mit Entscheidungshilfen für Landwirtinnen und Landwirte zur Verfügung zu stellen.

Tabelle 2: Forschungsarbeiten in der Fördermaßnahme Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie (BonaRes) mit Bezug zu Bodenverdichtung – Übersicht

| BonaRes-Projekt-verbund | Titel | Projekt-Kurzbeschreibung mit Bodenverdichtungsbezug |
|-------------------------|--|---|
| CATCHY | Zwischenfrüchte als agronomische Maßnahme zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und Ertragssicherung (Prof. Barbara Reinhold-Hurek, Universität Bremen) | ja |
| DiControl | Auswirkungen des pflanzenbaulichen Managements sowie der Anwendung mikrobieller Biokontrollstämme auf Bodengesundheit und Suppressivität gegenüber Pathogenen im Rahmen einer nachhaltigen Pflanzenproduktion (Dr. Rita Grosch, Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, IGZ) | nein |
| I4S | Intelligence for Soil – Integriertes System zum ortsspezifischen Management der Bodenfruchtbarkeit (Dr. Robin Gebbers, Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie, ATB) | ja |
| InnoSoilPhos | Innovative Lösungen für ein nachhaltiges Boden-P-Management (Prof. Peter Leinweber, Universität Rostock) | nein ¹³¹ |
| Inplamint | Erhöhung der landwirtschaftlichen Nährstoffeffizienz durch Optimierung von Pflanze-Boden-Mikroorganismen-Wechselwirkungen (Prof. Nicolas Brüggemann, Forschungszentrum Jülich) | nein |
| ORDIAMur | Überwindung der Nachbaukrankheit mithilfe eines integrierten Ansatzes (Prof. Traud Winkelmann, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover) | nein |
| SIGNAL | Nachhaltige Landwirtschaftsintensivierung durch Agroforstsysteme (Prof. Edzo Veldkamp, Georg-August-Universität Göttingen) | ja |

¹³⁰ <https://www.bonares.de/public-projects> (Stand: 22.02.2018)

¹³¹ Pedotransferfunktionen sind in der Kurzbeschreibung erwähnt.

| BonaRes-Projekt-verbund | Titel | Projekt-Kurzbeschreibung mit Bodenverdichtungsbezug |
|-------------------------|--|---|
| Soil ³ | Nachhaltiges Unterbodenmanagement (Prof. Wulf Amelung, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn) | ja |
| SOILAssist | Nachhaltige Sicherung und Verbesserung von Bodenfunktionen durch intelligente Landbewirtschaftung – Ein Echtzeit-Assistenzsystem für die Praxis (PD Dr. Joachim Brunotte, Johann Heinrich von Thünen-Institut) | ja |
| SUSALPS | Nachhaltige Nutzung alpiner und voralpiner Grünlandböden unter sich änderndem Klima (PD Dr. Ralf Kiese, Karlsruher Institut für Technologie, KIT) | ja |

Quelle: Eigene Darstellung

Die veröffentlichten Kurzbeschreibungen der Projektverbünde umfassen das jeweilige Projektziel/die Motivation¹³², den Hintergrund und einen Ergebnisausblick. Sechs der zehn Kurzbeschreibungen weisen Bezug¹³³ zum Thema Bodenverdichtung auf (s. Tabelle 2), und drei Kurzbeschreibungen integrieren die Aspekte Akzeptanz, Handlungsempfehlungen für die Praxis bzw. ein DSS.

6.2 Bodenverdichtung als Thema auf Bundesebene – Ressorts und Regelsetzer

Die Behörden auf Bundesebene kommunizieren das Thema Bodenverdichtung sowie damit verbundene Maßnahmen und liefern Lösungsvorschläge zu deren Umsetzung in den verschiedenen Ressorts. Die Ressorts der Bundesregierung sind sachlich zuständig für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL/BLE), Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB/WBB, UBA, BfN), Wirtschaft und Energie (BMWi/BGR), wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ/GIZ). Als Regelsetzer bezeichnet werden hier Verbände, Vereine und Organisationen, die Normenwerke abstimmen und publizieren, u. a. die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA, zuvor ATV-DVWK), das Deutsche Institut für Normung (DIN), der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) und die Internationale Organisation für Normung (ISO). Es wurden etwas mehr Online-Fundstellen aus den Ressorts Umwelt, Zusammenarbeit und Landwirtschaft recherchiert als aus dem Ressort Wirtschaft (BMUB/WBB, UBA, BfN: 12 Fundstellen, BMZ/GIZ: 10 Fundstellen, BMEL/BLE: 9 Fundstellen, BMWi/BGR: 7 Fundstellen) (s. Tabelle 3). Die Fundstellen der Regelsetzer

¹³² Der Projektverbund SOILAssist verwendet die Überschrift Motivation anstatt Projektziel (Stand: 22.02.2018).

¹³³ Die auf dem BonaRes-Internetauftritt eingestellten Kurzbeschreibungen wurden grob auf einen möglichen Bezug zum Thema Bodenverdichtung (GfP, Bodenphysik und (Boden-)Verdichtung) hin ausgewertet. Nicht einbezogen wurden die davon unabhängigen Internetauftritte der BonaRes-Projektverbünde.

wurden insgesamt erfasst und nach Status der Regelsetzer unterschiedlich bewertet (insgesamt 6 Fundstellen, 2 davon von Regelsetzern mit behördlichem Status). Fundstellen aus dem Ressort Forschung sind im Vorigen als übergeordnete Strategien enthalten (vgl. Kapitel 6.1.3 und Kapitel 6.1.4) und wurden hier nicht erneut aufgeführt.

Tabelle 3: Anzahl der Fundstellen aus dem Bereich der Ressorts und Regelsetzer (Bundesebene) – Übersicht (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

| Ressortbereich/Institution | Anzahl der Fundstellen |
|---------------------------------------|------------------------|
| BMUB/WBB, UBA, BfN | 12 |
| BMZ/GIZ | 10 |
| BMEL/BLE | 9 |
| BMW/BGR | 7 |
| Regelsetzer (ATV-DVWK, DIN, VDI, ISO) | 6 ¹³⁴ |

Quelle: Eigene Darstellung

6.2.1 Ressort Landwirtschaft

Ein Kurzdokument *Gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung* (BMELF¹³⁵ 1999) führt Kriterien für **Handlungsempfehlungen** auf: Diese müssten standortangepasst, **wissenschaftlich abgesichert**, in der Praxis geeignet, **durchführbar**, als notwendig anerkannt und **wirtschaftlich tragbar** sein (BMELF 1999, S. 5). Das Kurzdokument gibt zahlreiche Empfehlungen zur standortangepassten Bodenbearbeitung wie auch zur Bodenstruktur bzw. zur Vermeidung von Bodenverdichtungen (BMELF 1999, S. 5ff.). Im Kontext leistungsstärker werdender Maschinen, Geräte und Transportfahrzeuge wird hingewiesen auf die mechanische Belastung der Böden und damit die „Gefahr, dass beim Befahren mit hohen Radlasten unter zu feuchten Bedingungen Schadverdichtungen im Unterboden hervorgerufen werden können“ (BMELF 1999, S. 9). Konkrete Empfehlungen sind u. a. die schonende Grundbodenbearbeitung bei nicht zu hoher Bodenfeuchte, Erstellung eines grob-krümeligen Saatbetts mit Mulch- oder Direktsaat, konservierende Bodenbearbeitung, Zwischenfrüchte und Tiefwurzler, biologische Verbauung bei Verminderung des Lasteintrags durch Gitterräder, Zwillingsreifen, Breit- und Terrareifen, Bandlaufwerke, Absenken des Reifendrucks, Anpassung der Radlast, Einsatz geeigneter Maschinen und Geräte, bodenschonende Kraftübertragung, Vermeidung von Bodenschlupf durch Allradantrieb, zapfwellengetriebene Geräte, Aufsattelgeräte, Zusammenlegen von Arbeitsgängen, Onland-Pflügen, Fahrgassensysteme, Verringerung der Bunker-

¹³⁴ davon zwei Fundstellen von Regelsetzern mit behördlichem Status (DIN, ISO)

¹³⁵ Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BMELF)

und Tankvolumina sowie eine auf das unbedingt notwendige Maß beschränkte Tieflockerung – abhängig von einer vorangegangenen Beurteilung durch Bodensonde oder Spatenprobe.

Eine Handreichung für Beratung und Praxis, die Broschüre *Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion* (BMVEL 2002) dokumentiert als **Bund/Länder-Papier** die Ergebnisse einer Expertengruppe (Arbeitsgruppe Bodenspezialisten der Bundesländer, AG Bodenspezialisten). „Den eigentlichen Schlüssel für das Problem unter feuchten Bedingungen stellt [...] die **vernünftige Begrenzung von Radlast, Kontaktflächendruck und Überrollhäufigkeit** dar“ (BMVEL 2002, S. 18). Die Broschüre benennt (BMVEL 2002, S. 24ff.) das Absenken des Reifeninnendrucks, den Verzicht auf Ausschöpfen der Bunkerkapazität, Spurteufenmessung, Gitter- und Zwillingsräder und Breit- und Terrareifen, Gummibandlaufwerke, Dreispurfahrzeuge, Fahrzeuge mit Knickgelenk, Anpassung des Reifendrucks, Einsatz von Aufsattelgeräten, Anhängergeräte, Allradantrieb, Schlupfanzeige, CTF, Umladen von Erntegut und Hundegang. Die Broschüre beinhaltet eine Kurzfassung zum Thema Bodenverdichtung mit schematischen Abbildungen (BMVEL 2002, S. 94ff.), in welcher moniert wird, die **Fruchtfolge** werde **zu selten beachtet** (vermutlich gemeint: zu wenig divers gestaltete Fruchtfolge) – vor allem **aufgrund ökonomischer Zwänge** (BMVEL 2002, S. 97).

Ein im Jahr 2004 veröffentlichtes Standpunktspapier *Grundsätze und Handlungsempfehlungen zur Guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung* (BMVEL 2004) zielt auf einen **Konsens aller den Boden bewirtschaftenden Akteure** sowie auf die Motivation Bodenschutz. Es gebe einen Bedarf an realisierbaren Grundsätzen. Genutzt werden soll eine Schätzung der spezifischen Situation auf dem Feld, die konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat. Eine Krumenbasislockerung soll nur nach Erkennung von Schadverdichtungen und unter optimalen Bedingungen durchgeführt werden, mit anschließender biologischer Verbauung und tiefwurzelnden Zwischen- oder Hauptfrüchten. Empfohlen wird die Minderung des Kontaktflächendrucks durch Gitterräder, Zwillingsreifen, Breit- und Terrareifen, Bandlaufwerke, das Absenken des Reifeninnendrucks und die Anpassung der Radlast, eine Radlastreduzierung, der Einsatz von Maschinen und Geräten mit geringen Radlasten, bodenschonende Kraftübertragung, Vermeidung von Bodenschlupf durch Allradantrieb, zapfwellengetriebene Geräte auf schweren Böden, Aufsattelgeräte, das Zusammenlegen von Arbeitsgängen, das Fahren außerhalb der Furche, Fahrgassensysteme, Vermeidung des Befahrens nicht tragfähiger Böden, keine Ausschöpfung von Bunker- bzw. Tankvolumina, Ausnutzung der Arbeitsbreite, nach dem Pflügen: Zwischenfruchtanbau und Flächenstilllegung.

Die Broschüre *Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit – Strategien für einen erfolgreichen Anbau* (BLE/Böhm et al. 2014) hat zum Ziel, eng an die **Anforderungen der Landwirtinnen und Landwirte** ausgerichtet zu sein und einer schnelleren Umsetzung von Empfehlungen in die Praxis zu dienen. Die Broschüre setzt die Erträge unterschiedlicher Körnerleguminosen in Relation mit messbaren Bodenverdichtungen (**Mehrerträge** beim Erbsenanbau von 8 bis 10 %) (BLE/Böhm et al. 2014, S. 20). Empfohlen wird das Beachten der Radlast und gute Kalkversorgung (BLE/Böhm et al. 2014, S. 18), die Nutzung möglichst leichter Fahrzeuge mit modernen Radialreifen und möglichst niedrigem Reifeninnendruck (BLE/Böhm et al. 2014, S. 20). Bei der Saat sei bei modernen

Radialreifen deutlich unter 1 bar anzustreben, und ein minimal einstellbarer Reifeninnendruck sei der Reifendrucktabelle des Herstellers zu entnehmen (BLE/Böhm et al. 2014, S. 20). Eine **Reifendruckregelanlage** könne eine sinnvolle Investition sein, um den Luftdruck von Straßenfahrt **schnell** auf Feldfahrt **abzusenken** (4.500 Euro), wobei als etwas günstigere Variante ein **Schnellentlüfter-Set** in Frage käme (BLE/Böhm et al. 2014, S. 20).

In einem Sonderdruck *Den Boden im Blick* (aid 2015) ist ein Artikel zum Thema *Maschinenbelastung anpassen* enthalten (Brunotte & Lorenz 2015a). Der Artikel dokumentiert **reale Messungen** hinsichtlich des Bodendrucks, der Bodensetzung und bodenphysikalischer Parameter. Er enthält ein **Verknüpfungsschema von standortabhängiger Verdichtungsempfindlichkeit mit der mechanischen Belastung** durch landwirtschaftliche Maschinen am Beispiel der Silomaisernte (Brunotte & Lorenz 2015a, S. 19). Erwähnung finden Sensoren zur Ermittlung der Befahrbarkeit, die Trennung von Feld- und Straßentransport, das Überladen auf LKW-Sattelzüge, Reifeninnendrücke von unter 1,5 bar (Brunotte & Lorenz 2015a, S. 19) und eine **Übersicht zum Einfluss von Nachhaltigem Bodenmanagement auf die Anzahl der Befahrbarkeitstage bei der Silomaisernte** (Brunotte & Lorenz 2015a, S. 20).

Der Tagungsband¹³⁶ Jahr des Bodens: *Schwere Maschinen, enge Fruchtfolgen, Gärreste – eine Gefahr für die Bodenfruchtbarkeit?* (BMEL/LfL 2015) enthält einen Artikel von Brunotte & Lorenz (2015b) zum Thema *Anpassung der Lasteinträge landwirtschaftlicher Maschinen an die Verdichtungsempfindlichkeit von Böden – Wunschtraum oder bereits Realität?* sowie einen Artikel von Severin (2015) zum Thema *Notwendige Maßnahmen zur Sicherung der Bodenfruchtbarkeit in Deutschland*. Empfohlen seien Radialreifen, reduzierter Reifeninnendruck, Schlupfregelung, Ultraschallsensor zur Messung der Reifeneinfederung, Trennung von Feld- und Straßentransport, Bunkerhäcksler und Überladen auf LKW-Sattelzüge, Reduzierung der Überrollung bei Reifeninnendrücken von unter 1,5 bar, **Befahrbarkeitstage**, Einsatzkoordinierung zur Ernte ggf. auch Nachts, hydrostatische Setzungsmessung und Einfache Feldgefügeansprache für den Praktiker (FGA) (Brunotte & Lorenz 2015b) sowie ausreichend weite Fruchtfolgen, optimale Feuchte bei Bearbeitung und Ernte, Zwischenfruchtanbau, konservierende Bodenbearbeitung, Humus- und Kalkversorgung, leistungsfähige Technik, Abstimmen von Schlaglänge und Bunkerkapazität, Streifenbearbeitung, maximale Kontaktfläche durch breite Radialreifen, Bandfahrwerke, Reifeninnendruckverstellung, Überladen auf festen Fahrwegen stehenden Transportfahrzeugen, **Ernte nicht nach Kalender sondern nach Bodenzustand** (Severin 2015). **Kritik** wird geübt an theoretischen Modellen, die **starre Grenzen für mechanische Belastungen** (z. B. Radlast oder Kontaktflächendruck) ableiten

¹³⁶ vgl. Kapitel 1: Die Dokumentationen zu Tagungen in Hessen und Bayern wurden als Ausnahmen hier aufgenommen, da sie Inhalte der Nutzung der Ressource Boden prominent aufnehmen und durch BMEL/LfL (2015) veröffentlicht worden sind.

(Brunotte & Lorenz 2015b, S. 17) **und** daran, dass Simulationsmodelle wie **Terranimo[®]¹³⁷** und **TASC¹³⁸** aufgrund ihrer Annahme von **homogenen und ungeschichteten Böden für die Übertragung in reale Verhältnisse kritisch** zu sehen seien (Brunotte & Lorenz 2015b, S. 13). Enthalten ist auch hier ein Schema der Verknüpfung von standortabhängiger Verdichtungsempfindlichkeit mit der mechanischen Belastung durch landwirtschaftliche Maschinen am Beispiel der Silomaisernte (Brunotte & Lorenz 2015b, S. 13). Im Tagungsband wird durch Severin (2015) die Zuständigkeit der Ressorts Umwelt und Landwirtschaft reflektiert: „Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (**BMUB**) vertritt zuständigkeitsgemäß die **Umweltaspekte im Bereich Boden**. Das Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung (**BMEL**) besetzt vor allem die Themen „**Produktionsgrundlage** für die Landwirtschaft“ und „Standort für die **Erzeugung gesunder Lebensmittel**““. Für das BMEL schließe „das Thema Bodenfruchtbarkeit die Umweltaspekte ein“ (Severin 2015, S. 59), und die Landwirtschaft habe heute „das **Ziel** die geschaffene hohe Bodenfruchtbarkeit zu erhalten, **ohne dass negative Einflüsse** auf die Umwelt eintreten“ (Severin 2015, S. 59). Das übergeordnete Ziel der Bodenfruchtbarkeit sei „eine **ausgewogene Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer und sozialer Ziele** (Bodenkultur)“ (Severin 2015, S. 61). Als Anforderungen an Handlungsempfehlungen zur GfP formuliert Severin (2015), diese „müssen standortangepasst sein, wissenschaftlich abgesichert sein, landesweit verfügbare **Daten** müssen dem **sachkundigen Anwender zugänglich** sein, aufgrund praktischer Erfahrungen **geeignet, durchführbar, als notwendig anerkannt und wirtschaftlich tragbar sein, mit Schätzmodellen überprüfbar** sein“ (Severin 2015, S. 62).

Die 2. Auflage der Broschüre *Gute fachliche Praxis – Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz* (aid/Brunotte et al. 2015, vgl. auch aid/Brunotte et al. 2013 bzw. BMEL/aid 2013/2015) räumt dem Thema Bodenverdichtung ausführlich Platz ein, und enthält praktische Handreichungen in einem kurzen Kapitel *Bodenverdichtungen erkennen und beurteilen* sowie in einem 22-seitigen Kapitel *Acker- und pflanzenbauliche Vorsorgemöglichkeiten*. Darin wird ein **Maßnahmenkatalog mit 15 Fallbeispielen zum bodenschonenden Befahren** beschrieben. Darüber hinaus wird die allgemeine Empfehlung benannt, dass die Bodenbearbeitung nur dann erfolgen soll, wenn die Böden gut befahrbar sind. Die Broschüre hat als Zielsetzung, aktualisierte Handlungsempfehlungen und Reaktionsoptionen zum Bodenschutz und zum Umgang mit vorgesägten Böden für Praxisakteure, den landwirtschaftlichen Nachwuchs, die landwirtschaftliche Fachberatung und die interessierte Öffentlichkeit auszusprechen. Die Broschüre ist eine Fortschreibung des Bund/Länder-Papiers *Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion* (BMVEL 2002).

¹³⁷ Terranimo® ist ein internationales Projekt von Wissenschaftlern aus der Schweiz (Agroscope ART Reckenholz, Thomas Keller und BFH-HAFL, Matthias Stettler) und Dänemark (Aarhus University, Per Schjønning, Mathieu Lamandé und Poul Lassen), das auf einen Vergleich der Bodenbelastung mit der Widerstandsfähigkeit des Bodens abzielt (vgl. Exkurs in Kapitel 5.1.3).

¹³⁸ TASC ist eine Excel-Anwendung aus der Schweiz (Agroscope FAT Tänikon, Étienne Diserens) zur Verdichtungsgefahr und hilft dabei, die Druckausbreitung durch Rad- und Raupenlasten zu berechnen (vgl. Exkurs in Kapitel 5.1.3).

Die Broschüre *Gute fachliche Praxis – Bodenfruchtbarkeit* (aid/Brunotte et al. 2016) stellt die Verbindung zu Bodenfunktionen heraus und enthält ein **Schema der Verknüpfung von standortabhängiger Verdichtungsempfindlichkeit mit der mechanischen Belastung** am Beispiel der Silomaisernte. Empfohlen werden bodenschonende Technik, nichtwendende Bodenlockerung, moderate Maschinenauslastung, Vermeidung des Fahrens bei hoher Wassersättigung, Zwischenfruchtanbau, Fruchtfolgen und Reifenverstellanlagen.

6.2.2 Ressort Umwelt

In den *Regelungen zur Gefahrenabwehr* (UBA/Lebert et al. 2004) wird der **Kontaktflächendruck als entscheidende Kenngröße** von Fahrzeugbelastungen für den Boden (UBA/Lebert et al. 2004, S. 48) und die Faktoren **Kontaktfläche, Radlast** und die **Reifenverformung** bzw. der **Reifeninnendruck** benannt (UBA/Lebert et al. 2004, S. 49).

Im *Bodenreiseführer* (UBA/Azizi et al. 2010) wird das Verdichtungsrisiko auf nahezu zwei Drittel der Ackerfläche bei nassen bis feuchten Bodenverhältnissen, auf ein Drittel der Ackerflächen bei normalen Bodenverhältnissen benannt (UBA/Azizi et al. 2010, S. 22). Landwirtschaftsbetriebe könnten dem durch eine **Fülle an technischen Möglichkeiten** (Gewicht und Reifen) begegnen (UBA/Azizi et al. 2010, S. 22).

Bei der *Entwicklung eines Prüfkonzeptes zur Erfassung der tatsächlichen Verdichtungsgefährdung landwirtschaftlich genutzter Böden* (UBA/Lebert 2010) wird basierend auf einer Schätzung der **Vorbelastung** eine hohe bis sehr hohe Verdichtungsgefährdung für 68 % der Ackerflächen bei einer Bodenfeuchte von pF 1,8 (UBA/Lebert 2010, S. 1) und bei einer Bodenfeuchte von 80 % Feldkapazität für 32 % der Ackerflächen festgehalten (UBA/Lebert 2010, S. 2). Empfehlungen wie die Einstellung des Reifeninnendrucks seien zu technisch ausgerichtet (UBA/Lebert, 2010, S. 12) und fehlten für Vermeidung von Verdichtung im Unterboden zumeist (UBA/Lebert 2010, S. 12). In Bezug auf die Bewertung der Gefährdung von Bodenfunktionen durch Bodenverdichtung werden Verdichtungsempfindlichkeitsklassen entlang der Gefügeeigenschaften benannt (UBA/Lebert 2010, S. 70).

In der Publikation *Rechtliche und anderen Instrumente für vermehrten Umweltschutz in der Landwirtschaft* (UBA/UFZ/Möckel et al. 2014) werden allgemeine **Obergrenzen für z. B. Radlasten** (UBA/UFZ/Möckel et al. 2014, S. 129) eingefordert. Ebenso skizziert wird die **Einführung einer Betriebsgenehmigung mit Prüfungs- und Entscheidungsinhalten**, u. a. mit schlagbezogenen Angaben hinsichtlich Grad der Bodenerosion, Humusgehalt und **zum Grad der Bodenverdichtung** (UBA/UFZ/Möckel et al. 2014, S. 454). Bisher fehlten Untersuchungen zur Einhaltung der GfP, und bestehende Leitlinien seien nur Auslegungshinweise und damit nicht außenverbindlich (UBA/UFZ/Möckel et al. 2014, S. 118). Die Autoren und die Autorin zitieren darüber hinaus eine Dissertation (Brand-Saßen 2004), in der eine Weiterentwicklung der Datengrundlage zur Bodenverdichtung, ein besserer Datenaustausch und eine **engere Zusammenarbeit der Länderbehörden**

sowie die **Einbeziehung ökonomischer Daten und Kennzahlen** als Empfehlung und ein Ausblick auf eine mögliche Erhöhung der **Bereitschaft der Landwirtinnen und Landwirte** zur Teilnahme oder Fortführung von Maßnahmen enthalten ist (Brand-Saßen 2004, S. 302, zit. in UBA/UFZ/Möckel et al. 2014, S. 497).

Das Praxishandbuch *Leguminosen nutzen: Naturverträgliche Anbaumethoden aus der Praxis* (BfN/FiBL/FÖL/Arncken et al. 2014) thematisiert Bodenverdichtung zunächst im Zusammenhang mit einem **positiven Effekt vieler Leguminosen** (Saat-Luzerne bzw. Luzerne, Wicken, Lupinen, aber auch Kleegräser) **auf die Bodenstruktur**, z. B. der biogenen Aufhebung von Schadverdichtungen durch tief reichenden Pfahlwurzeln bzw. durch eine gute Durchwurzelung (BfN/FiBL/FÖL/Arncken et al. 2014, S. 12, S. 24, S. 54, S. 62). Folgend führt das Praxishandbuch die Bodenverdichtung im Kontext Effekte auf die Biodiversität und weitere **ES** auf, z. B. im Zusammenhang mit **reduzierten Bodenbearbeitungsverfahren** und einer damit verbundenen höheren Tragfähigkeit des Bodens (BfN/FiBL/FÖL/Arncken et al. 2014, S. 45, S. 46). In einem von 14 Betriebsbeispielen wird ein **Getreidebestand mit legumer Untersaat** gezeigt, in dem während der Entwicklung des Getreidebestands Weißklee und Luzerne den Boden durchwurzeln und so spätere Bodenverdichtungen beim Befahren mit dem Mähdrescher verhindern (BfN/FiBL/FÖL/Arncken et al. 2014, S. 72). Zwei weitere Betriebsbeispiele thematisieren den richtigen Zeitpunkt für die Saat von Linsen (Linsenanbau im Gemenge mit Braugerste) bzw. Kleegras (Verwertung in der Biogasanlage) und enthalten den Hinweis, dass Linsen bei feuchten Bedingungen später gesät werden sollten und bei einer späteren Saat von Kleegras auf eine unnötige Überfahrung im Winter verzichtet werden könnte (BfN/FiBL/FÖL/Arncken et al. 2014, S. 84, S. 98). Im Allgemeinen soll beim Leguminosenanbau die Bodenbearbeitung auf ein Mindestmaß reduziert und die Böden nur bei ausreichender Befahrbarkeit bearbeitet werden (BfN/FiBL/FÖL/Arncken et al. 2014, S. 101).

Die Broschüre *Bodenzustand in Deutschland* (UBA/BGR/Thünen-Institut/DWD/Marahrens et al. 2015) bezieht sich auf UBA/Lebert (2010) und schätzt für **etwa 10 bis 20 % der Ackerflächen** eine tatsächliche **Beeinträchtigung durch Verdichtung** (UBA/BGR/Thünen-Institut/DWD/Marahrens et al. 2015, S. 54). Sie weist als Empfehlung auf die **Pflicht zur Vorsorge** hin, die durch **vielfältige technische und organisatorische Maßnahmen** zu besorgen sei (UBA/BGR/Thünen-Institut/DWD/Marahrens et al. 2015, S. 58), z. B. dem „**Beachten der Tragfähigkeit der Böden und der Bodenfeuchte**“ (UBA/BGR/Thünen-Institut/DWD/Marahrens et al. 2015, S. 58) und der Nutzung von Zwillingsbereifung (UBA/BGR/Thünen-Institut/DWD/Marahrens et al. 2015, S. 54).

Die 2. Auflage der Broschüre *Umweltschutz in der Landwirtschaft* (UBA/Adler et al. 2017) stellt die Umweltwirkungen der Landwirtschaft heraus. Die konventionelle Landwirtschaft behandle den Boden weitgehend wie ein Substrat und nicht wie einen lebendigen Organismus (UBA/Adler et al. 2017, S. 2). **Anforderungen** u. a. der GfP **müssten klarer normiert werden** (UBA/Adler et al. 2017, S. 80, S. 84) und ungerechtfertigte **Privilegierungen** der Landwirtschaft **müssten abgebaut werden** (UBA/Adler et al. 2017, S. 80). Naturschutz- und **Bodenschutzrecht** sollten **Ermächtigungen (für die Bundesländer) enthalten** (Steuerungswirkung) (UBA/Adler et al. 2017, S. 81), und Landwirtinnen und Landwirten sollte eine **Dokumentationspflicht** zur GfP auferlegt werden (UBA/Adler et al.

2017, S. 84). Ergänzend müsse die landwirtschaftliche Beratung – besonders die **individualisierte gesamtbetriebliche Beratung** – ausgebaut werden, um die **Einsicht** in die Notwendigkeit von Umweltschutzmaßnahmen und damit verbunden die **Motivation von Landwirtinnen und Landwirten** zu fördern (UBA/Adler et al. 2017, S. 85). Es sei staatliche Aufgabe, „**Angebote** der Umweltschutzberatung für die Landwirtinnen und Landwirte **bekannt zu machen** und die **Qualität** der Angebote **sicherzustellen**“ (UBA/Adler et al. 2017, S. 85). Darüber hinaus könnten **Weiterbildungspflichten**¹³⁹ die freiwilligen Beratungsangebote ergänzen, z. B. in Form von **Sachkundenachweisen** oder als **Zuwendungsvoraussetzung** (UBA/UFZ/Möckel et al. 2014, S. 504, S. 507, zit. in UBA/Adler et al. 2017, S. 85).

Die Veröffentlichung *Vierter Bodenschutzbericht der Bundesregierung* (BMUB 2017) verweist auf das Thema Bodenverdichtung auf Ackerflächen im Zusammenhang mit der Agenda 2030 bzw. dem Ziel einer land- und bodendegradationsneutralen Welt (LDN) (BMUB 2017, S. 9), dem nordrhein-westfälischen Dialog-Format DLU (BMUB 2017, S. 49) (vgl. Kapitel 5.1.4), mit Veröffentlichungen des Landes Sachsen (BMUB 2017, S. 50) und des BMEL (BMUB 2017, S. 57) sowie mit saarländischen (Fach-)veranstaltungen zum Bodenschutz (BMUB 2017, S. 62).

Die Mitte Dezember 2017 und Anfang Januar 2018 fertiggestellten und im Januar 2018 veröffentlichten Broschüren *Boden eine Sprache geben – 10 Empfehlungen für die Kommunikation von Bodenthemen* (UBA/Beblek et al. 2018a) und *Boden eine Sprache geben – 10 Thesen für die Kommunikation von Bodenthemen* (UBA/Beblek et al. 2018b) enthalten das Thema Bodenverdichtung nicht (UBA/Beblek et al. 2018b) bzw. indirekt über Bodendegradation (UBA/Beblek et al. 2018a). Die Empfehlungen (UBA/Beblek et al. 2018a) thematisieren Erosion (UBA/Beblek et al. 2018a, S. 8, S. 10ff., S. 14, S. 19) und den **Ausbau und die Finanzierung** von Strukturen für ein **Aktions- und Bodennetzwerk** unter dem Dach des BMUB oder UBA **sowie** die Etablierung eines **Förderprogramms** für bodenspezifische **Netzwerke und Gremien** mit Schnittstellen-Funktion (UBA/Beblek et al. 2018a, S. 17). Gemeinsam sollen die Empfehlungen und Thesen eine **verbesserte Kommunikation** zu Bodenwissen und -wahrnehmung **in Politik und Gesellschaft** befördern (UBA/Beblek et al. 2018b, S. 8) und so das Thema ‚Boden‘ auf eine ähnlich **hohe Prioritätenebene** wie z. B. die Themen Klimawandel und Biodiversität anheben (UBA/Beblek et al. 2018b, S. 8) (zur Broschüre 10 Thesen für die Kommunikation von Bodenthemen s. auch Kapitel 6.3.5).

Die Ende Februar 2018 veröffentlichte Analyse *Kosten und Nutzen einer europäischen Bodenrahmenrichtlinie für Deutschland* (UBA/Altvater et al. 2018) bewertet u. a. den voraussichtlichen

¹³⁹ In der Primärquelle UBA/UFZ/Möckel et al. (2014) werden diese möglichen Weiterbildungspflichten weiter ausgeführt (Fortbildungspflicht z. B. im Rahmen eines Punktesystems oder Schulungspflichten bei komplexen Agrarumweltmaßnahmen) und deren Anlehnung an bestehende Regelungen zur Sachkunde im Pflanzenschutz (Sachkundenachweis bei Pflanzenschutzmitteln) vorgeschlagen (UBA/UFZ/Möckel et al. 2014, S. 507).

Aufwand der Datenerhebung, die bei einer möglichen Regelung auf Bundes- und Länderebene entstünden, u. a. zur **Bestimmung und Ausweisung gefährdeter Gebiete** (BRRL, vgl. Kapitel 4.1.3): Der **Aufwand bei Nutzung vorhandener Daten** könne¹⁴⁰ als **möglicherweise gering** eingeschätzt werden (UBA/Altvater et al. 2018, S. 16). Für 15 von 23 Kategorien wären die **Kosten** gering, für vier Kategorien – darunter **Bodendichte – moderat** und für drei Kategorien erhöht (UBA/Altvater et al. 2018, S. 16). Dennoch wäre möglich, dass die Daten-Harmonisierung und fehlende Daten z. B. zu Textur und Durchlässigkeit (gemeint: Wasserdurchlässigkeit/hydraulische Leitfähigkeit) als Schwierigkeit bei der Kompatibilität mit den Vorgaben der INSPIRE-Richtlinie (vgl. Kapitel 3.1.2) die Kosten treiben würden und somit eine Hürde darstellten (UBA/Altvater et al. 2018, S. 17). Kosten-senkend wirken könnte eine auf relevante Risikokategorien fokussierte Datensammlung sowie die Nutzung von Forschungsstudien wie ENVASSO¹⁴¹, RAMSOIL¹⁴², RECARE¹⁴³ (vgl. Kapitel 4.2.1), SmartSOIL¹⁴⁴, sowie eines JRC-Forschungsberichts (van Beek et al. 2012) zur **Ausweisung von Risikogebieten** für Bodenbelastungen (UBA/Altvater et al. 2018, S. 17). **Maßnahmenprogramme** u. a. zum Thema Bodenverdichtung müssten mit **Mindestinhalten** erstellt, aktualisiert und **kontrolliert** werden (BMELV/FHM/Kluge et al. 2010, S. 32f., zit. in UBA/Altvater et al. 2018, S. 43) bzw. angeben, wie Maßnahmen durchgeführt werden sollen und damit **Umweltziele** erreicht werden können (UBA/Altvater et al. 2018, S. 43). In der Auflistung von Maßnahmen hinsichtlich Nitratrichtlinie, CC und BBodSchV wird Bodenverdichtung im Kontext Bodenschutzaspekte bzw. Verbesserungsmöglichkeiten thematisiert: **Zwischenfrüchte** oder **Fruchfolge** als Bodenbewirtschaftungsmaßnahmen (UBA/Altvater et al. 2018, S. 136), **Ansprache konkreter Bodengefahren** wie z. B. Bodenverdichtung **durch Greening-Regelungen und Bewirtschaftungsmethoden** (UBA/Altvater et al. 2018, S. 159). Kritisiert wird, dass in der BBodSchV nicht-stoffliche Einflüsse wie Verschlammung oder Bodenverdichtung nicht geregelt würden (**keine Festlegung von Regelfällen**) (UBA/Altvater et al. 2018, S. 38f.).

Der ebenfalls Ende Februar 2018 veröffentlichte Bericht *Land Degradation Neutrality: Handlungsempfehlungen zur Implementierung des SDG-Ziels 15.3 und Entwicklung eines bodenbezogenen Indikators* (UBA/Wunder et al. 2018) entwickelt eine Vorgehensweise zur Umsetzung des LDN-Ziels

¹⁴⁰ unter dem Vorbehalt, dass diese Folgerungen auf groben Schätzungen und Einschätzungen von Expertinnen und Experten basieren (UBA/Altvater et al. 2018, S. 16)

¹⁴¹ Das Projekt *Environmental Assessment of Soil for Monitoring* (ENVASSO) diente der Kriterien- und Indikatorentwicklung für ein europäisches Bodenmonitoring- und Bodeninformationssystem zu der vorgeschlagenen BRRL (FP6-Projekt, Laufzeit 2006 bis 2007).

¹⁴² Das Projekt *Risk Assessment Methodologies for Soil threats* (RAMSOIL) zielte ab auf die Harmonisierung von Methoden zur Bewertung von Bodendegradationsprozessen (FP6-Projekt, Laufzeit 2007 bis 2009).

¹⁴³ Das Projekt *Preventing and Remediating degradation of soils in Europe through Land Care* (RECARE) zielt ab auf die Entwicklung und gemeinsame Nutzung von Lösungen, um die Böden in Europa zu schützen und wiederherzustellen (FP7-Projekt, Laufzeit 2013 bis 2018) (vgl. Kapitel 4.2.1).

¹⁴⁴ Das Projekt *Sustainable Farm Management Aimed at Reducing Threats to SOILs under climate change* (SmartSOIL) hatte das Ziel, angesichts der derzeitigen Bodendegradation auf landwirtschaftlichen Böden durch ein verbessertes Management der Menge organischen Bodenmaterials zu einer Trendwende beizutragen (FP7-Projekt, Laufzeit 2011 bis 2015).

(vgl. Exkurs in Kapitel 4.1.6) für Deutschland – über ein auf Naturnähe bzw. das Konzept der Hemerobie aufbauendes **Indikatorenkonzept zur Bewertung von Boden(qualitäts-)veränderungen** (vgl. DNS und neuer Bodenindikator in Kapitel 6.1.1). Der Bericht fußt auf einer Literaturanalyse, Expertenworkshops sowie Experteninterviews: **Bodenverdichtungen** lägen **punktuell in Vorgewenden und Fahrgassen** sowie in Einzelfällen **bei zu Staunässe neigenden Böden** vor (Joachim Brunotte, Marx und Lorenz, zit. in UBA/Wunder et al. 2018, S. 45). Mit hoher Wahrscheinlichkeit **verstärkend** wirke die Tendenz zu immer schwereren Maschinen (und die praktizierte **Ausnutzung der Maximalladung** bei Erntemaschinen) (Joachim Brunotte, Marx und Lorenz, zit. in UBA/Wunder et al. 2018, S. 45). Insgesamt würden sechs von acht Gefahren aus der STS (vgl. Kapitel 4.1.2) – darunter auch Bodenverdichtung – als für Deutschland besonders relevant angesehen (UBA/Wunder et al. 2018, S. 12). Darüber hinaus sind dem Thema Bodenverdichtung einzelne Unterkapitel gewidmet in Zusammenhang mit **Gefährdungsprozessen** sowie **möglichen Indikatoren für die Umsetzung von LDN in Deutschland**. Zur Festlegung von **Ausgleichsmechanismen** stelle sich die Frage nach **Schwellenwerten**, u. a. Lagerungsdichte zur Bestimmung der Bodenverdichtung (UBA/Wunder et al. 2018, S. 32) **oder** nach **Veränderungsdynamiken**, z. B. Verbesserungen beim Humusanteil im Zuge der Umstellung auf Ökolandbau (Frank Glante, zit. in UBA/Wunder et al. 2018, S. 33). Bedingt durch die heterogenen Eigenschaften von Böden sei es „fast nicht möglich diese Schwellenwerte wissenschaftlich begründet abzuleiten“ (UBA/Wunder et al. 2018, S. 33) bzw. sei es bei Verschlechterungen „fraglich, ab wann **Kompensationszahlungen** vorzunehmen sind“ (UBA/Wunder et al. 2018, S. 33). Bodenverdichtung kann durch den Einsatz **größerer und schwerer Maschinen** herrühren, besonders auf feuchten Böden (UBA/Wunder et al. 2018, S. 44, S. 47f., S. 64). Auf rund 50 % der Ackerflächen würden Bodenfunktionen strukturbedingt im Fall einer eintretenden Bodenverdichtung erheblich beeinträchtigt werden (Lebert 2010, UBA/BGR/Thünen-Institut/DWD/Marahrens et al. 2015), jedoch gebe es **keine einheitlichen Daten zum Status der Bodenverdichtung** in Deutschland (Vorderbrügge & Brunotte 2011a, Vorderbrügge & Brunotte 2011c, UBA/BGR/Thünen-Institut/DWD/Marahrens et al. 2015) – entsprechend könnten Modelle nicht direkt durch empirische Studien bestätigt werden (UBA/Wunder et al. 2018, S. 64). Basierend auf punktuellen Messungen und Strukturanalysen könne aber darauf geschlossen werden, dass sie **auf ca. 10 bis 20 %** der landwirtschaftlichen Flächen beeinträchtigt sind (UBA/BGR/Thünen-Institut/DWD/Marahrens et al. 2015). Mögliche Datenquellen für einen Indikator könnten das Europäische Erdbeobachtungsprogramm **Copernicus** und das Simulationsmodell **Terranimo®** (vgl. Exkurs in Kapitel 5.1.3) sowie die **Ergänzung der Boden-Dauerbeobachtung** um eine Untersuchung der **Bodenstruktur** sein (UBA/Wunder et al. 2018, S. 64). In einer Zusammenstellung wird Bodenverdichtung als erster Gefährdungsprozess aufgelistet, und dabei als wesentlichen Treiber die **erhöhte Nachfrage nach landwirtschaftlichen Gütern** bzw. die **Intensivierung der Landwirtschaft** benannt (UBA/Wunder et al. 2018, S. 47). Etwa die Hälfte der Befragten habe **Bodenverdichtung als wesentliche Gefährdung** eingeschätzt, den **Indikator** (z. B. auf Basis von Lagerungsdichte und Porenraum oder auf Basis von Eindringwiderstand, Grobporenvolumen und gesättigter Wasserleitfähigkeit (UBA/Wunder et al. 2018, S. 64)) aufgrund der schlechten Datenverfügbarkeit **aber als wenig geeignet** beurteilt (UBA/Wunder et al. 2018, S. 58).

6.2.3 Ressort Wirtschaft

Die BGR führt eine **Internet-Themenseite Boden**, auf welcher *Neue Methoden und Aktualisierungen der Methodendokumentation Bodenkunde* abrufbar sind (BGR 2018)¹⁴⁵. Diese Seite bietet den Download von Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden und Verknüpfungsregeln an, u. a. die *Methode 1.4* und *Methode 3.5* zur potenziellen Verdichtungsempfindlichkeit bzw. zur Erosionsmodellierung. Die Internet-Themenseite Boden dient der Neu-Dokumentation auf Basis der derzeit **vergriffenen**¹⁴⁶ *Methodendokumentation Bodenkunde* (Ad-hoc-AG Boden 2000) der Arbeitsgruppe Boden (AG Boden, zuvor Ad-hoc-AG Boden) des Bund/Länder-Ausschusses Bodenforschung (BLA-GEO) (s. Kapitel 6.2.6). Die *Methodendokumentation Bodenkunde* (Ad-hoc-AG Boden 2000) enthielt Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden und Verknüpfungsregeln, u. a. die vorgenannten Methoden 1.4 und 3.5. Die Kennwerte der sogenannten *Methode 1.4*¹⁴⁷ (SGD/BGR/Ad-hoc-AG Boden 1999) zur potenziellen Verdichtungsempfindlichkeit enthalten den Hinweis darauf, dass die **Vorbelastung ein zeitlich variabler Kennwert** ist, „der **nur für eine spezifische Wasserspannung** zu interpretieren ist“ (SGD/BGR/Ad-hoc-AG Boden 1999, S. 2), also Aussagen zulässt über die Festigkeit **sehr feuchter Böden, z. B. im Frühjahr**. Die Kennwerte der sogenannten *Methode 3.5*¹⁴⁸ (SGD/BGR/Ad-hoc-AG Boden 2000) zur Erosionsmodellierung in einem sächsischen Computermodell (SLfL/SLfUG/Schmidt et al. 1996) enthalten das Thema Bodenverdichtung im Zusammenhang mit der verwendeten **Infiltrationskomponente**. Einschränkungen bei der Anwendung des Modells ergäben sich dadurch, dass ein starrer, homogener Bodenkörper angenommen wird, also vertikale Änderungen physikalischer Bodeneigenschaften wie z. B. der Verdichtung der Pflugsohle nicht berücksichtigt werden (SGD/BGR/Ad-hoc-AG Boden 2000, S. 7). Die AG Boden weist darauf hin, dass in dem beschriebenen Modell insbes. für **nichtwendend bearbeitete, gemulchte Böden** bei hoher Lagerungsdichte im Oberboden **zu geringe Infiltrationsraten**, und für Böden mit hoher Lagerungsdichte durch Oberflächenverdichtung oder feine Bodenbearbeitung zu hohe Infiltrationsraten **simuliert** werden und Auswirkungen nur näherungsweise abgeschätzt werden können (SGD/BGR/Ad-hoc-AG Boden 2000, S. 7). Ein entsprechendes **MethodenWIKI**, das zunächst als Prototyp für die BGR-interne Anwendung entwickelt wurde, ist **öffentlich verfügbar**¹⁴⁹.

Ebenso durch die AG Boden wurde der *Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Nutzungsfunktion „Rohstofflagerstätte“ nach BBodSchG*

¹⁴⁵ <https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Netzwerke/AGBoden/methoden.html?nn=1542204#doc1564192bodyText1> (Stand: 22.02.2018)

¹⁴⁶ Stand: 22.02.2018

¹⁴⁷ Kennwert 1.4 Potentielle Verdichtungsempfindlichkeit nach der Vorbelastung bei pF 1,8 (Pv_{1,8})

¹⁴⁸ Kennwert 3.5 Feststoffein- und austrag je Hangsegment/Einzugsgebiet und Zeitintervall eines Einzelergebnisses der Bodenerosion durch Wasser als Ergebnis des prozessorientierten Simulationsmodells EROSION 2D/3D

¹⁴⁹ <https://www.methodenwiki-bodenkunde.de/MethodenWiki/index.php?title=Hauptseite> (Stand: 22.02.2018)

sowie der **Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Erosion und Verdichtung** (Ad-hoc-AG Boden/Außendorf et al. 2007) im Internet publiziert. Dieser Methodenkatalog soll die Beschreibung und Bewertung von Bodenfunktionen präzisieren und vereinheitlichen (Ad-hoc-AG Boden/Außendorf et al. 2007, S. 4), durch einen **Vergleich** der zuvor aufgeführten Methodendokumentation Bodenkunde (Ad-hoc-AG Boden 2000) **mit anderen**, außerhalb der Staatlichen Geologischen Dienste Deutschlands (SGD) angewendeten **Methoden** (Ad-hoc-AG Boden/Außendorf et al. 2007, S. 4). Über die auf dem Konzept der **Vorbelastung** basierende Verdichtungsempfindlichkeit könnten **Problemgebiete** zwar **vorzeitig erkannt** und abgegrenzt werden, jedoch könne das **komplexe Prozessgeschehen der Bodenverdichtung nur eingeschränkt abgebildet** werden (Ad-hoc-AG Boden/Außendorf et al. 2007, S. 38). Die Verfahren ersetzen ferner **keine parzellenscharfe Beratung für die Umsetzung der GfP** und würden auch **keine regionalen Handlungsempfehlungen für eine punktgenaue, detaillierte Vermeidung von Schadverdichtungen an einem Standort** geben (Ad-hoc-AG Boden/Außendorf et al. 2007, S. 38).

Eine im Technologieprogramm AUTONOMIK entstandene Projektbroschüre *Autonomik – Autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand* (BMWi 2013, S. 21) führt das Thema Bodenverdichtung auf im Zusammenhang mit dem Projekt *Mobile autonome, kooperative Roboter in komplexen Wertschöpfungsketten* (marion¹⁵⁰). Angesichts eines **erheblichen Kostendrucks** in globalisierten Wertschöpfungsketten, insbes. in der Landwirtschaft, reiche die Optimierung einzelner Teilschritte oder einzelner Maschinen nicht mehr aus (BMWi 2013, S. 21). Autonome mobile Maschinen sollten untereinander wie auch mit manuell geführten Fahrzeugen kooperieren und **auf Veränderungen in der Umgebung eigenständig reagieren können** (BMWi 2013, S. 21f.). Durch ein **autonom agierendes Ernte- und Transportsystem** werde ein Gesamtoptimum erreicht, in dem z. B. Zeit, Kraftstoff- und Maschinenkosten eingespart und die Bodenverdichtung verringert werden könne (BMWi 2013, S. 21).

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) hat ein Gesamtdokument *Partnerschaftsvereinbarung zwischen Deutschland und der Europäischen Kommission für die Umsetzung der ESI-Fonds unter dem Gemeinsamen Strategischen Rahmen in der Förderperiode 2014 bis 2020* (BMWi 2014) publiziert. Das von Seiten des BMWi als Version nur für den Dienstgebrauch vorliegende Gesamtdokument ist dennoch auf dem Dachportal *saarland.de* downloadbar. Es thematisiert Bodenverdichtung als Folge mechanischer Belastungen (BMWi 2014, S. 52) im Zusammenhang mit Maßnahmen der Klimaanpassung im Rahmen der Handlungsbereiche für den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des Ländlichen Raums (ELER) bzw. dessen thematisches Ziel 5 (BMWi 2014, S. 100, S. 138f.) und mit den Grundsätzen der GfP nach § 17 BBodSchG (BMWi 2014, S. 104f.).

¹⁵⁰ Das Projekt *Mobile autonome, kooperative Roboter in komplexen Wertschöpfungsketten* (marion) wurde gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (Laufzeit 2010 bis 2013).

Der *Bodenatlas Deutschland* (BGR/Kruse 2016) (vgl. Kapitel 5.1.5) enthält ein Unterkapitel zur Bodenverdichtung, das die **Lagerungsdichte des Bodens** und die **Vorbelastung** der Ackerböden **bei sehr feuchten Bodenverhältnissen** beinhaltet. Die Bodenverdichtung kann in einem **WMS** – basierend auf der Kartengrundlage 1:1.000.000 (BÜK1000N/CORINE Land Cover (CLC)) über ein Klappregister in der Rubrik *Böden in Gefahr* angezeigt werden¹⁵¹. Über Klappregister ist die Auswahl von Layer-Informationen in unterschiedlichen Kartenmaßstäben möglich.

6.2.4 Ressort Zusammenarbeit

Das BMZ und die GIZ fördern weltweit Projekte und Programme in Entwicklungsländern, neben anderen Schwerpunkten zu dem Themenschwerpunkt Bodennutzung. Deren Empfehlungen zu Bodenschutz und für eine nachhaltige Landbewirtschaftung in der Entwicklungszusammenarbeit haben entsprechend keine Implikation für Deutschland, doch komplettieren sie die Analyse behördlicher Handlungsempfehlungen zur Vermeidung von Bodenverdichtung.

In einem *Umwelt-Handbuch* (BMZ/GTZ 1993) wird das Thema Bodenverdichtung erwähnt als eine mögliche, negative Folge von Landnutzungsänderungen bzw. Änderungen der Vegetationsdecke auf die Nutzbarkeit der Böden (neben Erosion und Nährstoffauswaschung) (BMZ/GTZ 1993, S. 33), und nutzt die Formulierung „unsachgemäße landwirtschaftliche Bearbeitung“ (BMZ/GTZ 1993, S. 46). In einer beiliegenden Stoffkartei wird Bodenverdichtung als Verursacherin für die Entstehung von Schwefelwasserstoff im Boden als Folge unsachgemäßer Bodenbearbeitung und Vernässung genannt (BMZ/GTZ 1993, S. 431).

Die Initiative *Economics of Land Degradation* (ELD) widmet sich seit dem Jahr 2012 den Kosten der Landdegradation und der Entwicklung praxisorientierter Strategien für Nachhaltiges Landmanagement auf Basis von ES (vgl. Kapitel 6.1.2). Das Thema Bodenverdichtung wird über Degradation subsumiert¹⁵² bzw. als direkter (Wirkungs-)Faktor oder Hauptprozess der Degradation und als Folge der Überweidung aufgezählt (ELD Initiative & UNEP 2015a, S. 14, S. 34ff., S. 43, ELD Initiative 2015b, S. 10, Tilahun et al. 2018, S. 13, S. 24, S. 26). Auch wird Bodenverdichtung im Zusammenhang mit Überschwemmungen (Cornell et al. 2016, S. 17) sowie mit schweren Maschinen und Überweidung besonders bei feuchten Bodenverhältnissen erwähnt (ELD Initiative & UNEP 2015a, S. 15) (vgl. Kapitel 6.1.2). Im Zusammenhang mit der ELD hat die GIZ in den Jahren 2014 und 2015 in Kooperation mit dem Institut für Wasser, Umwelt und Gesundheit der United Nations University (UNU-INWEH) **zwei MOOCs** angeboten, deren von Teilnehmenden verfasste Texte als Extrakte in den

¹⁵¹ <https://services.bgr.de/wms/boden/bodengefaehrdungen/?> (Stand: 22.02.2018) bzw. <https://geoviewer.bgr.de/mapapps/resources/apps/bodenatlas/index.html?lang=de&tab=boedenDeutschlands> (Stand: 22.02.2018)

¹⁵² <http://www.eld-initiative.org> (Stand: 22.02.2018)

Practitioner's Guide 2015 eingeflossen sind (ELD Initiative 2015d) (vgl. Kapitel 6.1.2). Ein weiterer Bericht für Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger (ELD Initiative 2015c) spricht Bodenverdichtung indirekt über Degradation an sowie ebenfalls indirekt im Zusammenhang mit einer **künftigen Intensivierung bereits genutzter Flächen** bzw. **Umnutzung** von u. a. Feuchtgebieten und Grünland **in Ackerböden** vor dem Hintergrund einer erforderlichen Mehrproduktion von Nahrungsmitteln weltweit um rund 70 % (ELD Initiative 2015b, S. 8, GIZ/Schauer 2015¹⁵³, S. 2).

Das *Themeninfo Nachhaltige Bodennutzung* (GIZ/Schöning 2012) enthält in seiner 4. Empfehlung „Leichte Maschinen schonen die Böden“ (GIZ/Schöning 2012, S. 3) eine Forderung für die Bodenbearbeitung in Entwicklungsländern: Stärkere Mechanisierung „durf allerdings nicht zu Bodenverdichtungen führen und muss zudem an die wirtschaftlichen Bedingungen in Entwicklungsländern angepasst sein“ (GIZ/Schöning 2012, S. 3).

Die Broschüre *Was ist nachhaltige Landwirtschaft?* (BMZ/GIZ/Krall 2015) widmet sich der Herausforderung, die Ernährung für eine wachsende Weltbevölkerung zu sichern und der damit verbundenen Aufgabe, bis in das Jahr 2050 zusätzlich 60 % Nahrungsmittel zu produzieren – möglichst dort, wo sie gebraucht werden: in Entwicklungsländern (BMZ/GIZ/Krall 2015, S. 3). Deshalb sei eine produktive und gleichzeitig ressourcenschonende Landwirtschaft notwendig. Damit das **Wachstum nicht zulasten natürlicher Ressourcen** geht, müsse es soweit wie möglich vom Ressourcenverbrauch **entkoppelt** werden (BMZ/GIZ/Krall 2015, S. 5). **Nachhaltigkeit** sei **von vielen Faktoren abhängig** und könne **nicht an den Polen konventionell/ökologisch bzw. industriell/kleinbäuerlich festgemacht** werden (BMZ/GIZ/Krall 2015, S. 5). Die Broschüre weist im Kapitel zur Agrartechnik darauf hin, dass Mechanisierung „bei unsachgemäßem Einsatz auch zu Problemen (z. B. Bodenverdichtung durch den Traktor [...]) führen“ (BMZ/GIZ/Krall 2015, S. 17) könne, dem mithilfe von **Beratung und Weiterbildung** begegnet werden kann.

Die Broschüre *Boden. Grund zum Leben.* (BMZ/GIZ/Schmitz 2017) thematisiert, dass „der Einsatz schwerer Landmaschinen zur Verdichtung der Böden“ (BMZ/GIZ/Schmitz 2017, S. 7) führe. Die Broschüre enthält eine Definition von Degradation, welche Bodenverdichtung im Zusammenhang mit Vernässung an dritter Stelle nach Erosion und Humusabbau anführt (BMZ/GIZ/Schmitz 2017, S. 26). Außerdem enthält diese Definition einen Hinweis auf Störung durch den Einsatz schwerer Maschinen (BMZ/GIZ/Schmitz 2017, S. 26). Darüber hinaus enthält die Definition von Erosion einen Hinweis auf Verstärkungseffekte durch Bodenverdichtung, Überweidung und Entfernung der natürlichen Vegetation (BMZ/GIZ/Schmitz 2017, S. 27).

¹⁵³ aufgrund inhaltlicher Übereinstimmung in der Zählung der Fundstellen nicht berücksichtigt

6.2.5 Regelsetzer

Die **DWA**, zuvor ATV-DVWK (Zusammenschluss Abwassertechnische Vereinigung (ATV) und Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK)), hat **drei Merkblätter zur Gefügestabilität**¹⁵⁴ ackerbaulich genutzter Mineralböden herausgegeben: das Merkblatt 234 zur mechanischen Belastbarkeit (ATV-DVWK 1995), das Merkblatt 235 zur auflastabhängigen Veränderung von bodenphysikalischen Kennwerten (ATV-DVWK 1997) und das Merkblatt 901 zu Methoden für eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung (ATV-DVWK 2002). Die Merkblätter basieren auf dem **Prinzip der Vorbelastung** und widmen sich der Druckfortpflanzung und Druckempfindlichkeit (ATV-DVWK 1995, S. 3f.), der Belastbarkeit im Erstverdichtungsbereich und der Tiefenwirkung des Kontaktflächendrucks (ATV-DVWK 1997, S. 3) sowie der Abschätzung des Gefahrenpotenzials als Grundlage für eine bodenschonende Bewirtschaftungsweise mit entsprechenden Empfehlungen für die Praxis (ATV-DVWK 2002, S. 1).

Im Jahr **2012 hat das DIN einen Norm-Entwurf zur Ermittlung der Verdichtungsempfindlichkeit von Unterböden**¹⁵⁵ zurückgezogen (DIN Norm-Entwurf 19688 aus dem Jahr 2011, basierend auf Vornormen aus den Jahren 2001, 2000 und 1998). Die Bewertungsbasis wären Feuchte- und Bodenart-Modellierungen bzw. **Pedotransferfunktion** gewesen, die keine regionalen Handlungsempfehlungen geben können, keine valide Schätzung erreichen und nur von Fachspezialistinnen und Fachspezialisten anwendbar sind (Ad-hoc-AG Boden 2007, S. 38, UBA/Lebert 2010, S. 12, Vorderbrügge & Brunotte 2011c, S. 33). Nichtsdestotrotz wird der Norm-Entwurf zur Ermittlung der Vorbelastung bei pF 1,8 z. B. in Österreich und in Deutschland verwendet, beispielsweise im **MethodenWIKI** bzw. in dem Kennwert 1.4 Potentielle Verdichtungsempfindlichkeit nach der Vorbelastung bei pF 1,8 (Pv_{1,8}) (vgl. Kapitel 6.2.3) und in ausgewählten Länderbroschüren (u. a. SLfL/Stahl et al. 2005) (vgl. Kapitel 5.1.2).

Im Jahr **2014 folgte durch den VDI eine Neuerscheinung der Richtlinie VDI 6101**¹⁵⁶ (zuerst erschienen im Jahr 2007) *Maschineneinsatz unter Berücksichtigung der Befahrbarkeit landwirtschaftlich genutzter Böden*. Das Thema **Bodenverdichtung wird in der Richtlinie zentral behandelt**: Handlungsempfehlungen und Schutzmaßnahmen zur GfP seien für Landwirtinnen und Landwirte die Basis, um den **physikalischen Bodenschutz entsprechend betriebsspezifischer Rahmenbedingungen** zu berücksichtigen, und damit auch die Vorbeugung oder Minderung von Bodenverdichtung (VDI 2014, S. 2). Leistungsfähige Maschinen, Geräte und Fahrzeuge, die aus Termin-, Fach- und Kostengründen effektiv eingesetzt werden müssen, belasten den Ackerboden und bergen die Gefahr eines Gefügeschadens (VDI 2014, S. 2f.). „Ob es tatsächlich zu einer schädlichen Bodenveränderung

¹⁵⁴ erhältlich über DWA-Shop, 13 Euro (Merkblatt 234) bzw. 13,50 Euro (Merkblatt 235) und 15 Euro (Merkblatt 901)

¹⁵⁵ erhältlich über Beuth Verlag, 68,30 Euro (Download) bzw. 74,40 Euro (Versand)

¹⁵⁶ erhältlich über Beuth Verlag, 140,90 Euro

kommt, hängt von den **Bedingungen am Fahrwerk und den Bodenverhältnissen während des Befahrens** ab“ (VDI 2014, S. 3). Die Richtlinie enthält daher auf sechs Halbseiten (je $\frac{1}{2}$ Seite deutsch und englisch) **eine Reihe von konkreten Empfehlungen für bodenschonendes Befahren** (VDI 2014, S. 54-60) überwiegend technischer, aber auch acker- und pflanzenbaulicher Art, z. B. die Einstellung des **Reifeninnendrucks im Einklang mit den Angaben der Reifenhersteller**. Sie **adressiert** nicht nur Landwirtinnen und Landwirte sondern **auch Hersteller** moderner Landtechnik.

Im Jahr **2017** hat die ISO einen neuen Standard zur Bekämpfung der Land Degradation¹⁵⁷ eingeführt, ISO 14055-1:2017: *Umweltmanagement – Leitlinien für die Einrichtung guter fachlicher Praktiken zur Bekämpfung von Bodendegradierung und Wüstenbildung – Teil 1: Rahmenbedingungen Guter fachlicher Praktiken*¹⁵⁸. Künftig (mit Stand: 30. Oktober 2017) wird der **2. Teil** (künftig ISO/TR 14055-2) entwickelt, der eine regionale Umsetzung der Prinzipien aus Teil 1 anhand von **Fallstudien** beinhalten soll. Das Thema Bodenverdichtung wird im Kapitel zur **Verschlechterung von bodenphysikalischen Eigenschaften** aufgenommen und ist in weiteren Kapiteln direkt oder indirekt enthalten (Bodeneigenschaften, nicht-nachhaltige landwirtschaftliche Praktiken, Landnutzungsänderungen und Übernutzung sowie Kriterien der GfP).

6.2.6 Kommissionen und Fachbeiräte

Das Thema Bodenverdichtung kommunizieren die Behörden auf Bundesebene darüber hinaus in eigens eingerichteten Kommissionen und Fachbeiräten, deren Aufgaben einschließlich der jeweiligen Verankerung des Themas im Folgenden skizziert werden.

Die **AG Bodenspezialisten** besteht seit dem Jahr **1952** (VDLUFA 2009, S. 3) als Gremium des BMEL und ist organisatorisch eingebunden in die sog. Fachgruppe I „Pflanzenernährung, Produktqualität und Ressourcenschutz“ des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA). Als **föderale Zusammenarbeit** bietet sie den Ländervertretern die Möglichkeit, neben dem Fachaustausch und der Meinungsbildung auch **Problemlösungen** in anderen Bundesländern kennenzulernen. Ursprünglich zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit¹⁵⁹ gegründet, werden in der AG Bodenspezialisten¹⁶⁰ die **standortangepasste, umweltschonende und**

¹⁵⁷ erhältlich über Beuth Verlag, 159,80 Euro

¹⁵⁸ ISO 14055-1:2017: Environmental management – Guidelines for establishing good practices for combatting Land Degradation and desertification – Part 1: Good practices Framework

¹⁵⁹ in Anlehnung an den damaligen amerikanischen Soil Conservation Service (SCS) (heute Natural Resources Conservation Service (NRCS) des United States Department of Agriculture (USDA)), gegründet im Kontext des Wiederaufbauprogramms European Recovery Program (ERP, sog. Marshallplan)

¹⁶⁰ Im Gremium vertreten sind (mit Stand: 22.02.2018) Marion Senger (1. Vorsitzende) und Prof. Bernhard Göbel (2. Vorsitzender) sowie weitere Bodenspezialistinnen und Bodenspezialisten aus der Landwirtschaftsverwaltung und den landwirtschaftlichen Forschungseinrichtungen des Bundes und der Länder.

betriebswirtschaftlich sinnvolle Bodenbewirtschaftung, der Bodenschutz sowie die Agrarökologie diskutiert und an Praxisfällen demonstriert – mit dem Anspruch, boden- und standortkundliches Wissen mit **landwirtschaftlichem Sachverstand** zu vereinen und so erfolgreiche Lösungswege für die **Verbindung von Ressourcenschutz, Bodenfruchtbarkeit und Einkommenssicherung** zu finden (VDLUFA 2009). Bei der Diskussion zum Bodenschutz steht neben der Bodenansprache im Gelände auch die **Einschätzung der Risiken durch die Bewirtschaftung** und die konkrete Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben auf Betriebsebene im Vordergrund (VDLUFA 2009). Das Kennenlernen der Praxisfälle „ist eine Basis für eine **abgestimmte**, weitgehend einheitliche Vorgehensweise bei der **Umsetzung gesetzlicher Vorschriften** in den einzelnen Bundesländern“ (VDLUFA 2009, S. 5). Das Thema Bodenverdichtung ist in der AG Bodenspezialisten an zentraler Stelle verankert (VDLUFA 2009): „**standortangepasste Verfahren** zum Schutz der Böden vor **Verdichtung** und Erosion, **Intensität der Bodenbearbeitung** in Abhängigkeit von **Standort und Fruchtfolge**, Methoden zur Beurteilung der **Bodenstruktur**“ (VDLUFA 2009, S. 2) im Gelände.

Der durch die Wirtschaftsministerkonferenz (WMK) (im Jahr ¹⁶¹ 1953) einberufene **BLA-GEO** ist Teil der Fachaufsicht über die SGD. Der **BLA-GEO** ¹⁶² behandelt länderübergreifende bzw. den Bund und die Länder betreffende, geowissenschaftliche Probleme und hat neben Arbeitsgemeinschaften zur (Hydro-)Geologie, zu Rohstoffen und Bodeninformationssystemen eine **AG Boden (zuvor Ad-hoc-AG Boden)**. Im Jahr 2007 hat die Ad-hoc-AG Boden ¹⁶³ die 2. Auflage des *Methodenkatalogs zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Nutzungsfunktion „Rohstofflagerstätte“ nach BBodSchG sowie der Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Erosion und Verdichtung* in Zusammenarbeit mit der LABO veröffentlicht (Ad-hoc-AG Boden/Außendorf et al. 2007) (vgl. Kapitel 6.2.3). Der Methodenkatalog soll die Beschreibung und Bewertung von Bodenfunktionen präzisieren – **für einen einheitlicheren Vollzug des Bodenschutzes** in der Planungspraxis der Bundesländer, z. B. bei der Planung länderübergreifender Verkehrsvorhaben (Ad-hoc-AG Boden/Außendorf et al. 2007, S. 4). Im letzten Kapitel wird auf die potenzielle und die aktuelle Verdichtungsempfindlichkeit eingegangen, welche auf dem Konzept der **Vorbelastung** basieren. Im Methodenkatalog wird darauf hingewiesen, dass damit zwar **Problemgebiete** vorzeitig erkannt und abgegrenzt werden können, jedoch das **komplexe Prozessgeschehen der Bodenverdichtung nur eingeschränkt abgebildet** werden kann (Ad-hoc-AG Boden 2007, S. 38). Die Verfahren könnten ferner **keine parzellenscharfe Beratung für die Umsetzung der GfP ersetzen und auch**

¹⁶¹ Die Angabe zur Einberufung des BLA-GEO musste hier geschätzt werden, auf Basis seiner geltenden Geschäftsordnung aus dem Jahr 2016.

¹⁶² Im Gremium vertreten sind (mit Stand: 22.02.2018) Christina von Seckendorff (Vorsitzende) sowie als Ansprechpartner Marcellus Schulze.

¹⁶³ Im Gremium vertreten sind (mit Stand: 22.02.2018) Dr. Wolfgang Fleck (Vorsitzender), Gerd Anders, Dr. Joachim Blankenburg, Dr. Stefan Brune, Bernd Burbaum, Dr. Thomas Däumling, Katja Drescher-Larres, Dr. Einar Eberhardt, Dr. Klaus Friedrich, Dr. Ernst Gehrt, Manfred Goedecke, Dr. Klaus-Jörg Hartmann, Holger Joisten, Dr. Dieter Kühn, Dr. Walter Martin, Dr. Gerhard Milbert und Dr. Ernst-Dieter Spies.

keine regionalen Handlungsempfehlungen für eine punktgenaue, detaillierte Vermeidung von Schadverdichtungen an einem Standort geben (Ad-hoc-AG Boden/Außendorf et al. 2007, S. 38) (vgl. Kapitel 6.2.3).

Der **SRU** (alternativ Umweltrat, zuvor Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) wurde ursprünglich im Jahr **1971** beim Bundesministerium des Innern (BMI) eingerichtet und hat im Jahr 1972 seine Arbeit aufgenommen. Neben dem bereits oben (vgl. Kapitel 2.1) erwähnten Hinweis aus seinem Sondergutachten¹⁶⁴, die GfP sei „das [...] zwingend – und **auf eigene Kosten** – einzuhaltende ökologische und sicherheitstechnische Schutzniveau“ (Deutscher Bundestag 2002, S. 132), weist der SRU¹⁶⁵ darauf hin, dass der Maßstab der **GfP** regelmäßig nur dort eine spürbare **Lenkungswirkung** entfalte, „wo er **konkrete rechtliche Präzisierungen** erfahren hat“ (Deutscher Bundestag 2002, S. 133). Einerseits verlange die Gesellschaft dieses Niveau ohne Entschädigungen für die Landnutzerinnen und Landnutzer, doch andererseits stellten der GfP entsprechende Handlungen keinen Eingriff¹⁶⁶ dar. Daher sollten „insbesondere [...] die **Vermeidung von Bodenerosion und Bodenverdichtung** sowie der Erhalt des standort-typischen Humusgehalts ausdrücklich **zur Pflicht gemacht** werden“ (Deutscher Bundestag 2002, S. 136). Außerdem spricht der SRU das politische Dilemma und die **Privilegierung des Landwirtschaftssektors** in seinem Umweltgutachten 2016¹⁶⁷ (SRU 2016) an, darin kommt Bodenverdichtung grob im Zusammenhang mit Bodenversiegelung als Folgewirkungen von linienhaften technischen Infrastrukturanlagen (gemeint: Straßen) vor (SRU 2016, S. 250). Im Umweltgutachten weist der SRU darauf hin, dass die **Konkretisierung und Durchsetzung der GfP** schon **seit langem gefordert** werde (SRU 2016, S. 60). In seinen Empfehlungen zur Regierungsbildung plädiert der SRU dafür, **Umweltpolitik institutionell zu stärken**, da derzeit **Umweltwirkungen** in politischen Entscheidungen „häufig nicht oder nur unzureichend berücksichtigt“ (SRU 2017, S. 1) würden, **insbes. bei Entscheidungen der nicht-Umwelt-Ressorts**.

Die durch die UMK (im Jahr **1991/1992**¹⁶⁸) einberufene **LABO** begleitet die Weiterentwicklung des Bodenschutzes und des Bodenschutzrechts. Die **LABO**¹⁶⁹ zielt besonders auf einen einheitlichen Vollzug des Bodenschutzrechts ab und erarbeitet Vorschläge (vgl. Kapitel 3). Sie hat neben den **Ständigen Ausschüssen Recht (BORA)** und **Altlasten (ALA)** einen **Ständigen Ausschuss**

¹⁶⁴ SRU-Sondergutachten sind neue umweltpolitische Strategieansätze, die der SRU selbständig erstellt.

¹⁶⁵ Im Gremium vertreten sind (mit Stand: 22.02.2018) Prof. Claudia Hornberg (Vorsitzende), Prof. Manfred Niekisch (stellv. Vorsitzender), Prof. Christian Calliess, Prof. Claudia Kemfert, Prof. Wolfgang Lucht, Prof. Lamia Messari-Becker, Prof. Vera Susanne Rotter sowie Dr. Carsten Neßhöver (Generalsekretär) und Dr. Julia Hertin (Geschäftsführerin).

¹⁶⁶ im Sinne des BNatSchG

¹⁶⁷ Das Umweltgutachten (SRU 2016) ist eines der regelmäßig im Abstand von vier Jahren zu erstellenden Gutachten.

¹⁶⁸ Beschluss der UMK am 21./22.11.1991

¹⁶⁹ Der Vorsitzende des Gremiums ist (mit Stand: 22.02.2018) Klaus-Dieter Liebau, und als Ansprechpartner fungiert Alexander Scheffler (beide ST-MULE).

Vorsorgender Bodenschutz (BOVA). Im Juli 2014 hat der BOVA¹⁷⁰ ein **Positionspapier der LABO zur Guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung** erarbeitet und im Oktober 2014 vorgelegt (LABO 2014; s. Kapitel 3). Es enthält eine Klarstellung des Verhältnisses der GfP zu CC-Anforderungen und zur Gefahrenabwehr sowie Regelungsvorschläge für den Boden und eine **Kritik an der aid-Broschüre Gute fachliche Praxis – Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz** (aid/Brunotte et al. 2013/2015): Diese lasse Landwirtinnen und Landwirte, Beratungsstellen und Vollzugsbehörden im Unklaren hinsichtlich Anforderungen und Verbindlichkeit (LABO 2014, S. 2). In einem Unterkapitel wird auf das Thema Bodenverdichtung in den Grundsätzen der GfP eingegangen, welche auf § 17 BBodSchG beruhen. Im Positionspapier wird darauf hingewiesen, dass die **Einhaltung der Anforderungen der GfP „bei heutigen Radlasten von bis zu 10 Tonnen und Fahrzeug-Gesamtgewichten von bis zu 60 Tonnen [...] immer fraglicher“** (LABO 2014, S. 7) werde. Der Begriff der Schadverdichtung sei ferner im Kontext Vorsorge ungeeignet, in Informationen fehlten **Hinweise zur tagesaktuellen Bodenfeuchte oder zu deren Jahresgang**, und es fehle ein **Verfahren** zur Bewertung des Lasteintrags und eine **Konkretisierung** typischer Lasteinträge und Kontaktflächendrücke **für gängige Bearbeitungsverfahren** (LABO 2014, S. 7) (vgl. Beschreibung der durch den BOVA benannten Defizite bezüglich Einhaltung der GfP zur Bodenverdichtung in Kapitel 3.1.1). In ihrem Jahresbericht 2014 nennt die LABO die Ausgestaltung der GfP in der Vollzugspraxis des Bodenschutzes als eine von sieben wesentlichen Fragestellungen (LABO/Wieland 2015, S. 8f.). Die LABO moniert¹⁷¹, dass sie nicht beteiligt wurde an der Erstellung der aid-Broschüre *Gute fachliche Praxis – Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz* (aid/Brunotte et al. 2013) (LABO/Wieland 2015, S. 8) und gibt die Begründung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)¹⁷² wieder: Es gebe einen **großen Ermessensspielraum** für die zuständigen Fachstellen **in den Ländern**, da es **keinen Kriterienkatalog** für den Vollzug der **GfP** gebe (LABO/Wieland 2015, S. 8). Daraufhin erstellte der BOVA ein Positionspapier zur GfP (LABO 2014) auf Basis besagter aid-Broschüre, welches überdies eine deutliche Weiterentwicklung in der Diskussion um die GfP der landwirtschaftlichen Bodennutzung bedeute (LABO/Wieland 2015, S. 8) (vgl. Kapitel 3.1.1). Auf das Positionspapier folgend bat die UMK das BMUB und das BMEL, bei der „erforderlichen Konkretisierung“ (LABO/Wieland 2015, S. 9) der Grundsätze **der GfP** die Lösungsansätze und Regelungsvorschläge der LABO zu prüfen (LABO/Wieland 2015, S. 9).

Der **Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU)** (seit 1992), ein Beratungsgremium der Bundesregierung, führt in einem *Jahresgutachten 1994* auf, dass die Folgen technisierter Land- und Forstwirtschaft bzw. deren zunehmende Mechanisierung die Böden u. a. durch Bodenverdichtung bedrohten (WBGU/Beese et al. 1994, S. 42, S. 93). Der

¹⁷⁰ Die Vorsitzende des Gremiums ist (mit Stand: 22.02.2018) Johanna Busch (BMUB).

¹⁷¹ in einem kritischen Brief an BMEL vom 05.06.2013 (vgl. LABO/Wieland 2015)

¹⁷² in einem ausführlichen Antwortschreiben vom 04.07.2013 (vgl. LABO/Wieland 2015)

WBGU¹⁷³ zeigt auf, dass **oberflächennahe Verdichtungen**, die in menschlichen Zeiträumen nicht bodenintern ausgeglichen, aber **umweltverträglich und ökonomisch** – durch Bodenbearbeitung, Düngung, Kalkung usw. – **beseitigt werden können**, dennoch dauerhafte Veränderungen sind und somit **der Bodendegradation zuzurechnen** seien (WBGU/Beese et al. 1994, S. 49f.). Irreversible Veränderungen seien u. a. tiefreichende Bodenverdichtungen (WBGU/Beese et al. 1994, S. 50), die nur mit unangemessenem Einsatz oder überhaupt nicht ausgeglichen werden können. Verantwortlich sei „das Befahren mit zu schwerem Gerät bei zu hohen Lasten und/oder eine durch viel Wasser und hohe Tongehalte bedingte geringe Gefügestabilität des Bodens“ (WBGU/Beese et al. 1994, S. 54ff.). Als Handlungsempfehlungen werden die Gestaltung der Beweidung, die Ableitung der tatsächlichen mechanischen Belastbarkeit aus der **Vorbelastung** (WBGU/Beese et al. 1994, S. 62f.) sowie technische und organisatorische Maßnahmen genannt, z. B. Spezialreifen, die Wahl des optimalen Zeitpunkts der Befahrung, reduced-till farming (minimales Pflügen), leichte Geräte, Zugtiere [sic!] und pflanzenbauliche Maßnahmen (Fruchtfolge) (WBGU/Beese et al. 1994, S. 93).

Der **Wissenschaftliche Beirat Bodenschutz beim BMU (WBB)** (1998 bis 2004) stellte den Entwicklungsbedarf der GfP auch unterhalb der GAP in seinem Gutachten *Wege zum vorsorgenden Bodenschutz: Fachliche Grundlagen und konzeptionelle Schritte für eine erweiterte Boden-Vorsorge* (WBB/BMU/Grathwohl et al. 2000)¹⁷⁴ dar. Der WBB¹⁷⁵ empfahl die verstärkte Einführung des Bodenschutzes in der Praxis der Land- und Bodenbewirtschaftung (WBB/BMU/Grathwohl et al. 2000, S. 13) und schlug als mögliche Leitidee bzw. Kerngedanke „**Boden ist gemeinschaftliches Gut, das Eigentümern gehören kann**“ (WBB/BMU/Grathwohl et al. 2000, S. 17) vor. **Gemeinwohl-Interessen sollten aufgewertet werden:** Da **ökonomische Interessen** in der Regel über ökologische Anforderungen gestellt würden, sei der Ordnungsrahmen weiterzuentwickeln (WBB/BMU/Grathwohl et al. 2000, S. 17).

In seiner Denkschrift *Ohne Boden bodenlos* griff der WBB das Thema Bodenverdichtung als Unter- aspekt der Bodendegradation auf (WBB/BMU/Grathwohl et al. 2002): Im Kontext Erosionsschutz schilderte er die „Vermeidung von Bodenverdichtungen durch **schwere Maschinen** und Erhöhung der Gefügestabilität des Oberbodens“ (WBB/BMU/Grathwohl et al. 2002, S. 31). Qualitätsverluste

¹⁷³ Im Gremium vertreten sind (mit Stand: 22.02.2018) Prof. Sabine Schlacke (Vorsitzende), Prof. Martina Fromhold-Eisebith, Prof. Ulrike Grote, Prof. Ellen Matthies, Prof. Dirk Messner, Prof. Karen Pittel, Prof. Hans Joachim Schellnhuber, Prof. Ina Schieferdecker, Prof. Uwe Schneidewind sowie Dr. Maja Göpel (Generalsekretärin) und Dr. Carsten Loose (stellv. Generalsekretär).

¹⁷⁴ Der WBB beim BMU wurde im Jahr (des Beschlusses bzw. Erlasses des BBodSchG) 1998 zunächst für einen Zeitraum von fünf Jahren berufen und im Jahr 2004 aufgelöst. Im Jahr 2004 neu eingerichtet wurde die Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU) (s. u.).

¹⁷⁵ Im Zeitraum von 1998 bis 2004 waren vertreten Prof. Hans Willi Thoenes bzw. Prof. Günter Miehlich (zeitw. Vorsitzender bzw. Mitglied), Prof. Peter Grathwohl, Prof. Dietrich Henschler, Prof. Werner Klein, Prof. Heidrun Mühle, Prof. Wolfgang Walther und Prof. Berndt-Michael Wilke.

seien „**unbedingt zu verhindern**“ (WBB/BMU/Grathwohl et al. 2002, S. 39). Im Abschnitt zur Bodenverdichtung standen Wasserspeicherfähigkeit und -durchlässigkeit sowie Infiltrierbarkeit im Fokus. Der WBB schlug das vom VDLUFA angebotene **Umweltsicherungssystem Landwirtschaft** (VDLUFA-USL) (Eckert et al. 1999)¹⁷⁶, das für Bodenverdichtung von der **Belastbarkeit des Bodens ausgeht, in Kombination mit Förderanreizen** vor (WBB/BMU/Grathwohl et al. 2002, S. 40).

Der **Rat für Nachhaltige Entwicklung (RNE)** (seit 2001), berufen durch die Bundesregierung, hat die Aufgabe, Nachhaltigkeit als wichtiges Anliegen in den Fokus der Öffentlichkeit zu rücken, u. a. durch die Kommunikation von Handlungsfeldern, von Projekten und durch Beiträge zur Umsetzung der DNS (vgl. Kapitel 6.1.1). In seinem Band *Deutscher Nachhaltigkeitsalmanach* (RNE/GIZ/Böhnke et al. 2017) zur gesellschaftlichen Realität der Nachhaltigkeit führt der RNE¹⁷⁷ das Thema **Bodenverdichtung im Kontext Nachhaltiger Konsum** auf (RNE/GIZ/Böhnke et al. 2017, S. 68). „**Der wahre Preis**, den wir **für** die vermeintlich ‚günstigen‘ Lebensmittel zahlen, ist real ein wesentlich höherer: **Umweltauswirkungen wie Bodenverdichtung** und -erosion, Pflanzenschutzmittel, Nitratbelastung und der Klimawandel [...] verursachen **langfristig hohe Kosten**“ (RNE/GIZ/Böhnke et al. 2017, S. 68). Der RNE hat außerdem im Internationalen Jahr des Bodens 2015 (vgl. Kapitel 5.2) in Kooperation mit der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) einen bundesweiten **Wettbewerb BodenWertSchätzen** durchgeführt, der zentrale Nachhaltigkeitsziele aufgegriffen hat. Dabei sind 19¹⁷⁸ Projekte ausgezeichnet worden, wovon einige das Thema Bodenverdichtung in ihren Kurzbeschreibungen indirekt enthalten, z. B. die Bodenpraktiker-Ausbildung in Aub¹⁷⁹, das **Projekt Bodenfruchtbarkeit und Zwischenfruchtanbau in einem Beratungsring Ackerbau** in Offenheim¹⁸⁰ und das BOKS in Stuttgart¹⁸¹ (vgl. Kapitel 6.1.1).

¹⁷⁶ <http://www.thueringen.de/th9/tll/agraroekologie/umweltzertifizierung/> (Stand: 22.02.2018)

¹⁷⁷ Im Gremium vertreten sind (mit Stand: 22.02.2018) Marlehn Thieme (Vorsitzende), Olaf Tschimpke, Prof. Alexander Basen, Ulla Burchardt, Prof. Gesche Joost, Kathrin Menges, Alexander Müller, Dominik Naab, Katherina Reiche, Prof. Lucia A. Reisch, Dr. Andreas Marcus Rickert, Dr. Werner Schnappauf, Dr. Imme Scholz, Prof. Ulrich Schraml, Prof. Wolfgang Schuster, Prof. Hubert Weiger und Heidemarie Wieczorek-Zeul.

¹⁷⁸ Aus zahlreichen Projekteinreichungen sind 85 Projekte als beste Projekte bewertet worden, von denen 19 Projekte im Wettbewerb *BodenWertSchätzen* platziert worden sind (<http://www.bodenwertschaetzen.de/nominierte.html>) (Stand: 22.02.2018).

¹⁷⁹ Bodenpraktiker-Ausbildung (10-tägiger Jahreskurs zum Thema Boden) auf Versuchsfeldern eines Demeter-Hofs im Landkreis Würzburg (BY) (Lindenhof Hemmersheim)

¹⁸⁰ Idee eines Beratungsrings Ackerbau im Landkreis Alzey-Worms (RP) (Offenheim), eine gute krümelige Bodenstruktur mit Hilfe eines möglichst häufigen Anbaus von vielfältigen Zwischenfruchtgemengen zu erzielen, und damit die Getreideerträge trotz Trocken- oder Feuchteperioden zu sichern.

¹⁸¹ Bodenschutzkonzept zur Steuerung der Inanspruchnahme naturnaher Böden in der Landeshauptstadt Stuttgart (BW) (Stuttgart) (vgl. Kapitel 6.1.1)

Die **Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU)**¹⁸² (seit 2004) ist ein Gremium externer Expertinnen und Experten¹⁸³, das sich als Schnittstelle zu Themen des Bodenschutzes und angrenzender Themenfelder auf Bundesebene versteht. Das Thema Bodenverdichtung wird in einem Positionspapier *12 notwendige Schritte auf dem Weg zum Schutz fruchtbarer Böden und zur Reduzierung des Flächenverbrauchs* (KBU/UBA/Makeschin et al. 2014, S. 7) direkt nach einem 1. Schritt, dem **Perspektivenwechsel hin zu Ökosystemleistungen (ES)**, als 2. Schritt erwähnt: „ein nachhaltiges Bodenmanagement, bei dem schädliche Stoffeinträge vermindert [werden], die Erosion und **Bodenverdichtung verringert** [wird] und der Boden als Kohlenstoff-, Wasser- und Nährstoffspeicher in der Fläche erhalten bleibt“ (KBU/UBA/Makeschin et al. 2014, S. 7). Indirekt wird das Thema Bodenverdichtung in Schritt Nr. 8 angesprochen: „Investitionsprogramme zur Regenerierung stark degraderter Böden. Wir haben weltweit 1,7 Billionen [...] [Euro] Umsatz durch die Landwirtschaft und Lebensmittelindustrie. Wenn davon nur **eine Promille in die Regeneration von degradierten Böden investiert** werden würde, entspräche dies 720 [...] [Euro] pro Hektar Boden [...] im Jahr“ (KBU/UBA/Makeschin et al. 2014, S. 7).

Das KBU-Positionspapier *Böden als Wasserspeicher* (KBU/UBA/Makeschin et al. 2016) weist darauf hin, dass Gefügeschäden als Eingriffe der Menschen wertvolle Bodenfunktionen reduzieren, u. a. die Speicherfunktion für Regenwasser durch Verschlammung und Bodenverdichtung (KBU/UBA/Makeschin et al. 2014, S. 3). Zu Verschlammung und Bodenverdichtung komme es „durch den Einsatz immer größerer und schwererer Maschinen“ (Lilienthal et al. 2008, zit. in KBU/UBA/Makeschin et al. 2014, S. 3). Im Sinne des präventiven Hochwasserschutzes wird u. a. eine stärkere politische Beachtung des Potenzials von Nutzungsänderungen (vermutlich gemeint: Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF)) und als Strategie eine Förderung der Ansiedlung von Öko-Betrieben in Wassereinzugsgebieten empfohlen – auch als Ausgleichsmaßnahme für Flächenverbrauch und Bodenversiegelung (KBU/UBA/Makeschin et al. 2014, S. 4). Es könnte für jede versiegelte Fläche im Einzugsgebiet als Ausgleich die doppelte Fläche auf Ökolandbau umgestellt werden. In dem Positionspapier gibt die KBU zu bedenken, dass die Finanzierung dieser Maßnahmen sinnvoll sei, da die Landwirtschaft für Wasserspeicherung und Versickerung nicht belohnt werde bzw. diese **gesellschaftspolitisch relevanten ES** über Produkterlöse **nicht entgolten** würden (KBU/UBA/Makeschin et al. 2014, S. 4).

Eine Übersicht von April 2017 zeigt *Schwerpunkte der Kommission Bodenschutz beim UBA (KBU) für 2017 - 2019* (UBA/Mathews 2017) auf, wobei Bodenverdichtung nicht explizit aufgeführt, jedoch in neun der 13 aufgelisteten Themen inkludiert zu sein scheint: Ressourcenschutz/Boden als

¹⁸² Der Name des Gremiums KBU variiert in unterschiedlichen Quellen. Neben der Schreibweise Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt findet sich z. B. auch die Schreibweise Kommission Bodenschutz im Umweltbundesamt.

¹⁸³ Im Gremium vertreten sind (mit Stand: 22.02.2018) Prof. Bernd Hansjürgens (Vorsitzender), Prof. Gabriele Broll, Prof. Jens-Uwe Fischer, Prof. Peter Grathwohl, Prof. Christina von Haaren, Prof. Ulrich Köpke, Prof. Friedrich Rück, Prof. Ewald Schnug, Prof. Hubert Wiggering und Prof. Jutta Zeitz sowie als Ansprechpartner Dr. Frank Glante (Geschäftsführer der KBU) und Dipl.-Ing. Jeannette Mathews.

begrenzte Ressource, ES des Bodens, vorbeugender Hochwasserschutz, 4 für 1000 Diskussion im Zuge der Klimaverhandlungen von Paris, **SDG-Indikatoren im Zuge der DNS – Neuausgabe 2016**, Digitalisierung – Fluch oder Segen für den Boden?, Nachwachsende Rohstoffe und **Entwicklung der BRRL**. Den 13 Themen werden terminierte **Arbeitsergebnisse** u. a. für das Jahr **2018** zugeordnet: ein Thesenpapier zum aktuellen Stand, zu Herausforderungen und Notwendigkeiten zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme, ein **Papier „Die KBU stellt klar“ zur französischen Initiative 4 für 1000** (vgl. Kapitel 4.3.3), die Fertigstellung eines Positionspapiers zur Verflechtung Städtischer und ländlicher Räume, eine **Fachtagung zur Digitalisierung „Fluch oder Segen für den Boden?“**, eine Ist-/Defizit-Analyse des aktuellen Standes zum Thema Nachwachsende Rohstoffe mit nachfolgender Positionierung sowie ein **Statement bzw. Positionspapier** zum Thema **Entwicklung der BRRL** hinsichtlich neuer Elemente und Fragestellungen für Rechtssetzungen im europäischen Bodenschutz (vgl. Kapitel 4.1.3, Kapitel 4.1.4.3 sowie UBA/Altvater et al. (2018) in Kapitel 6.2.2).

Der **Wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim BMEL (WBAE)** (seit 2007) unterstützt das BMEL bei der Entwicklung seiner Politik. Der WBAE¹⁸⁴ nimmt das Thema Bodenverdichtung im Gutachten *Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie in den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwertung* (WBAE/WBW 2016) im Zusammenhang mit dem Thema Gülleausbringung über Schleppschlauch und den bei mineralischer Düngung deutlich erhöhten Lachgasemissionen auf (WBAE/WBW 2016, S. 164, S. 193).

Die **Kommission Landwirtschaft am Umweltbundesamt (KLU)**¹⁸⁵ (seit 2010) ist ein Gremium externer Expertinnen und Experten¹⁸⁶, welches das UBA in umweltrelevanten Landwirtschaftsfragen berät. Die KLU schlägt in einem Sammelband eigener Stellungnahmen *Die Landwirtschaft grüner gestalten* (KLU/UBA 2015) den Erhalt und die Steigerung der Bodenfruchtbarkeit im Zusammenhang mit der Evaluierung des Erfolgs der GAP als letztes von sechs einzuhaltenden Umwelt- und Nachhaltigkeitszielen vor (KLU/UBA 2015, S. 15). Damit verbunden formuliert sie die Forderung, dass „**Erosionsschutz, Vorsorge gegen Bodenverdichtung** und agrarökologische Prinzipien zur Humuswirtschaft [...] **flächendeckend in sensiblen Gebieten** etabliert sein“ (KLU/UBA 2015, S. 15) müssen. Als Empfehlung wird eine **Verschärfung des § 17 BBodSchG** und eine nähere,

¹⁸⁴ Im Gremium vertreten sind (mit Stand: 22.02.2018) Prof. Harald Grethe (Vorsitzender), Dr. Hiltrud Nieberg (stellv. Vorsitzende), Prof. Ulrike Arends-Azevedo, Prof. Alfons Balmann, Prof. Hans Konrad Biesalski, Prof. Regina Birner, Prof. Wolfgang Bokelmann, Prof. Olaf Christen, Prof. Matthias Gauly, Prof. Ute Knierim, Prof. Uwe Latacz-Lohmann, Prof. José Martínez, Prof. Monika Pischetsrieder, Prof. Matin Quaim, Prof. Achim Spiller, Prof. Friedhelm Taube, Dr. Lieske Voget-Kleschin und Prof. Peter Weingarten.

¹⁸⁵ Der Name des Gremiums KLU variiert in unterschiedlichen Quellen. Neben der Schreibweise Kommission Landwirtschaft am Umweltbundesamt findet sich z. B. auch die Schreibweise Kommission Landwirtschaft beim Umweltbundesamt.

¹⁸⁶ Im Gremium vertreten sind (mit Stand: 22.02.2018) Prof. Alois Heißenhuber, Prof. Hubert Wiggering, Dipl.-Ing. Ingrid Apel, Dr. Martin Bach, Dr. Tanja Busse, Dr. Annette Freibauer, Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen, Andreas Krug, Heino von Meyer, Dr. Stefan Möckel, Prof. Karin Holm-Müller, Prof. Urs Niggli, Dipl.-Geol. Ulrich Peterwitz, Lutz Ribbe und Prof. Christoph Winkler sowie als Ansprechpartner Dr. Knut Ehlers und Lysann Papenroth sowie Antje Schiller.

rechtsverbindliche Definition der standortangepassten Nutzung beim Mais- und Zuckerrübenanbau gegeben (KLU/UBA 2015, S. 15).

Das **Fachnetzwerk Boden.Bund** wurde im Jahr **2012** auf Bundesebene eingerichtet für den Informationsaustausch, die Vernetzung und Zusammenarbeit zu bodenbezogenen Fragestellungen und Projekten und für die Koordinierung der Aktivitäten zur Erhebung, Auswertung und Nutzung bodenkundlicher Daten (BMUB 2017, S. 34, S. 37). Beteiligt sind das UBA, die BGR, das Thünen-Institut, das Julius Kühn-Institut (JKI) und der DWD. Veröffentlichungen aus dem Gremium heraus erfolgen offenbar nicht.

6.3 Innovative Ansätze nutzerorientierter Kommunikation

6.3.1 Bürgerdialog Dialog-Forum Wasser/Boden

Das BMUB hat von Mitte Februar 2017 bis Anfang März 2017¹⁸⁷ im Rahmen einer übergeordneten Schwerpunkt kampagne einen **Bürgerdialog Dialog-Forum Wasser/Boden** – *Wie können wir unser Wasser und unseren Boden schützen?* durchgeführt¹⁸⁸. Zehn User-Beiträge¹⁸⁹ von insgesamt 259 im online gestellten Forum beziehen sich auf das **Thema Bodenverdichtung**, wovon das BMUB zwei Beiträge direkt beantwortet hat: zur Konkretisierung der GfP sowie zur Befahrbarkeit der Böden im Frühjahr. Neben der Beratung und der Kontrolle durch die zuständigen Länderbehörden kommen nötigenfalls das **Absichern einer standortangepassten Nutzung** in Frage (Antwort durch BMUB vom 01. März 2017).

6.3.2 Praktikernetzwerk

Im Juli 2017 hat das BMEL ein *Praktikernetzwerk* eingerichtet, zu dessen Auftakt¹⁹⁰ sich 79 Praxisakteure aus Landwirtschaft, Gartenbau, Forstwirtschaft und Fischerei mit der Hausleitung und

¹⁸⁷ Laufzeit 13.02. bis 08.03.2017

¹⁸⁸ als Teil eines größeren Dialog-Forums mit den weiteren Rubriken Agrarförderung, Artenvielfalt, Verbraucher und Ländlicher Raum (insgesamt 1.405 User-Beiträge) im Rahmen der Schwerpunkt kampagne *Gut zur Umwelt. Gesund für alle* zum Thema Nachhaltige Landwirtschaft (elf Motive *Neue Bauernregeln*)

¹⁸⁹ vier Beiträge zum Vollzug der GfP, drei (inhaltsgleiche) Beiträge zur Lösungsfindung durch regionale Zusammenarbeit (Runde Tische), zwei Beiträge zur Befahrbarkeit der Böden, ein Beitrag zu Technikentwicklung und reduziertem Pflugeinsatz

¹⁹⁰ Die Auftaktveranstaltung *Praktikernetzwerk* fand statt am 12.07.2017, ein Folgetreffen ist für März 2018 geplant.

Fachexpertinnen und Fachexperten des BMEL getroffen haben¹⁹¹. Ziel des Treffens war, die Praxistauglichkeit von Gesetzen und Verordnungen gemeinsam zu bewerten. Das BMEL möchte die Erfahrungen aus der Praxis stärker in die eigene Arbeit einbinden: Aus dem Praktikernetzwerk sollen Anregungen für unkomplizierte, bürokratiearme Regelungen in die Rechtsetzung einfließen.

Das Treffen bündelte den Austausch in vier Themeninseln: Tierhaltung der Zukunft sowie Pflanzenbau der Zukunft, Lebensmittelwertschätzung und Digitalisierung in der Land- und Forstwirtschaft. Unter der Themeninsel Pflanzenbau der Zukunft wurde Bodenverdichtung in folgenden Fragebündeln aufgegriffen: Herausforderungen der Zukunft, Gestaltung bodenschonenden Managements zur Vermeidung von Bodenverdichtung und Erosion sowie Auswirkungen der novellierten Düngerverordnung auf die Fruchfolgegestaltung. Recherchierbar über Dritte (Kremer-Schillings 2017) ist eine Eröffnungsrede von BM Schmidt vom 12. Juli 2017: „Die Zielsetzung war [...] nicht, eine Betriebsversammlung des Maschinenrings oder des Deutschen Bauernverband zu haben [...]. Aber weil ich ein bisschen mehr Breite in dem Punkt für notwendig halte, ich will da mal sagen, solche [...] Querdenker wie den Bauern Willi¹⁹² oder andere, die einfach auch mal was sagen können, was der Minister nicht sagen möchte. [...] Das gehört genauso dazu, und deswegen sind Sie auf Augenhöhe mit dem Wissenschaftlichen Beirat, ja? Über 500, die sich auf diese 1. Ausschreibung hin beworben haben: Praktiker aus den verschiedensten Bereichen der landwirtschaftlichen Praxis. [...] [Alle] sollen ihren Beitrag dazutun. [...] Also Querbeet, das war auch unsere Motivation“ (Eröffnungsrede BM Schmidt, zit. in Kremer-Schillings (2017)).

6.3.3 Praktiker-Dialog mit der Landwirtschaft

Das BMUB hat Mitte Juli 2017 einen neuen **Praktiker-Dialog mit der Landwirtschaft** durchgeführt¹⁹³, unter Leitung von BM' in Hendricks. Die Auftaktveranstaltung wurde in der BMUB-Rubrik Service/Wirtschaft und Umwelt angekündigt¹⁹⁴ und ist in der BMUB-Bildergalerie dokumentiert, wovon ein Bild die Hausleitung im Gespräch mit ca. 20 Teilnehmenden zeigt (Eintragung vom 19. Juli 2017)¹⁹⁵. In der dazugehörenden Bildunterschrift wird das Ziel formuliert, dass „zukünftig [...] Landwirte zusätzlich für Naturschutz, Landschaftspflege und Tierwohl **honoriert werden** [sollen]“ (BMUB 2017). In der Bildunterschrift zu einem 2. Bild wird der Praktiker-Dialog in die aktuelle Diskussion zur Landwirtschaftspolitik eingeordnet: „Da sich das BMUB für den Schutz von Grundwasser, Boden, Luft und der Artenvielfalt einsetzt, entstehen Schnittstellen mit der Landwirtschaft.

¹⁹¹ <https://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/2017/059-Praktikernetzwerk.html> (Stand: 12.07.2017)

¹⁹² Gemeint ist der Blogger und Buchautor Dr. Willi Kremer-Schillings (facebook-Auftritt @derbauerwilli).

¹⁹³ Die Auftaktveranstaltung Praktiker-Dialog fand statt am 19.07.2017.

¹⁹⁴ <http://www.bmub.bund.de/service/details/event/praktiker-dialog-mit-der-landwirtschaft/> (Stand: 22.02.2018)

¹⁹⁵ <https://www.bmub.bund.de/media/praktiker-dialog-mit-der-landwirtschaft/> (Stand: 22.02.2018)

Mit der Schwerpunktcampagne *Gut zur Umwelt. Gesund für alle* wurde für **naturverträgliche Landwirtschaft** geworben. Ein **Dialog** zwischen der Bundesumweltministerin und den Landwirten, Naturschützern und Verbrauchern **besteht aber auch weiterhin**“ (BMUB 2017). Der Praktiker-Dialog hat zum Ziel, die Schnittstellen des Umweltschutzes mit der Landwirtschaft zu thematisieren. Ob das Thema Bodenverdichtung in diesem Dialog mit Praxisakteuren diskutiert wird bzw. wurde, ist auf Basis der Dokumentation in der BMUB-Bildergalerie nicht bewertbar.

6.3.4 YouTube-Videobeiträge Wir geben Antworten

Das **Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL, zuvor aid infodienst)** der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) hat im August 2017 unter dem Motto *Wir geben Antworten* **Videobeiträge** zum Thema Tier(-wohl), Pflanzenbau und Recht & Technik (insgesamt 49 Videobeiträge, Stand: 23. Januar 2018) auf seinem Internetportal veröffentlicht¹⁹⁶. Die Videobeiträge sind durch das BZL neu erstellt oder Ausschnitte aus bestehenden Filmen von Anfang der 2000er-Jahre. Sie beinhalten das Thema Bodenverdichtung direkt oder indirekt und weisen auf Maßnahmen zur Vermeidung von Verdichtung auf Ackerflächen hin. Das Nutzerverhalten (Aufrufe) wurde Mitte Oktober 2017 und Mitte Januar 2018 dokumentiert (s. Tabelle 4). **Die meisten Aufrufe** erhielten nach ca. drei Monaten der Videobeitrag ***Nachhaltige Landwirtschaft: Mit gutem Boden fängt alles an*** aus dem Jahr 2017 (269 Aufrufe) und der ursprünglich aus dem Jahr 2003 stammende Videobeitrag ***Die Entstehung unserer Böden*** (192 Aufrufe). **Die wenigsten Aufrufe** nach ca. drei Monaten erhielt der ursprünglich aus dem Jahr 2001 stammende Videobeitrag ***Boden auch mit großen Maschinen schonend befahren*** (59 Aufrufe).

Tabelle 4: Nutzerverhalten zu neuen YouTube-Videobeiträgen des Bundesinformationszentrums Landwirtschaft (BZL): Aufrufe Mitte Oktober 2017 und Mitte Januar 2018 – Übersicht

| Rubrik, Nummer | Titel BZL-Videobeitrag | Jahr | Lauf- zeit | Stand Aufrufe am 18.10.2017 | Stand Aufrufe am 23.01.2018 | Zu- nahme Aufrufe |
|----------------------------|---|---------------------------------------|---------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Recht & Technik, 1/3 | Sicher fahren mit land- und forst- wirtschaftlichen Fahrzeugen – Kurzfassung ¹⁹⁷ (Ausschnitt aus: | 2017/ 2012/ 1999 ¹⁹⁸ | 03:05 | 80 | 149 | +69 |

¹⁹⁶ YouTube-Videobeiträge des BZL vom 29.08.2017 unter www.landwirtschaft.de (YouTube Kanal-Beitritt am 16.05.2017)

¹⁹⁷ umformulierter YouTube-Teaser, Titel im Videobeitrag: Sicher fahren in der Land- und Forstwirtschaft

¹⁹⁸ Das ursprüngliche Erscheinungsjahr des ausführlichen Films musste hier geschätzt werden; die 2. Auflage hat das Erscheinungsjahr 2012.

| Rubrik, Nummer | Titel BZL-Videobeitrag | Jahr | Lauf- zeit | Stand Aufrufe am 18.10.2017 | Stand Aufrufe am 23.01.2018 | Zu- nahme Aufrufe |
|--|--|---------------|---------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Sicher Fahren in der Land- und Forstwirtschaft, 2012/1999) | | | | | | |
| Pflanze, 6/20 | Nachhaltiger Pflanzenbau ¹⁹⁹ (Dr. Wolfgang Blöhm/imagofilm, Dr. Martin Heil, Marilena Kipp) | 2017 | 06:06 | 78 | 123 | +45 |
| Pflanze, 7/20 | Nachhaltige Landwirtschaft: Mit gutem Boden fängt alles an ²⁰⁰ (Dr. Wolfgang Blöhm/imagofilm, Dr. Martin Heil, Marilena Kipp) | 2017 | 07:16 | 96 | 269 | +173 |
| Pflanze, 9/20 | Die Entstehung unserer Böden ²⁰¹ (Ausschnitt aus: Die Haut der Erde, 2003) | 2017/ 2003 | 06:40 | 53 | 192 | +139 |
| Pflanze, 10/20 | Boden auch mit großen Maschinen schonend befahren ²⁰² (Ausschnitt aus: Bodenschonendes Befahren mit landwirtschaftlichen Maschi- nen, 2001) | 2017/ 2001 | 02:39 | 28 | 59 | +31 |
| Pflanze, 12/20 | Verdichtung und Erosion gefähr- den unsere Böden ²⁰³ (Ausschnitt aus: Die Haut der Erde, 2003) | 2017/ 2003 | 02:45 | 28 | 85 | +57 |
| Pflanze, 18/20 | Nachhaltige Landwirtschaft ²⁰⁴ (Dr. Wolfgang Blöhm/imagofilm, Dr. Martin Heil, Marilena Kipp) | 2017 | 10:00 | Nicht geprüft | Nicht geprüft | Nicht geprüft |
| Pflanze, 19/20 | Nachhaltige Landwirtschaft: Vier Bauernhöfe stellen sich vor ²⁰⁵ (Dr. Wolfgang Blöhm/imagofilm, Dr. Martin Heil, Marilena Kipp) | 2017 | 07:18 | 31 | 85 | +54 |

Quelle: Eigene Darstellung

Der Videobeitrag ***Sicher fahren mit land- und forstwirtschaftlichen Fahrzeugen – Kurzfassung*** (hier: *Sicher Fahren*) (Rubrik Recht & Technik, Nr. 1/3, Ausschnitt aus Film des Jahres 2012 bzw.

¹⁹⁹ gekürzter YouTube-Teaser, Titel im Videobeitrag: Nachhaltiger Pflanzenbau ist mehr als Säen und Ernten

²⁰⁰ gekürzter YouTube-Teaser, Titel im Videobeitrag: Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft: Mit gutem Boden fängt alles an

²⁰¹ ausführlicher YouTube-Teaser, (Unter-)Titel im Videobeitrag: Boden entsteht

²⁰² ausführlicher YouTube-Teaser, (Unter-)Titel im Videobeitrag: Boden schonend befahren

²⁰³ ausführlicher YouTube-Teaser, (Unter-)Titel im Videobeitrag: Boden schwimmt weg

²⁰⁴ gekürzter YouTube-Teaser, Titel im Videobeitrag: Nachhaltige Landwirtschaft ist Landwirtschaft für die Menschen

²⁰⁵ umformulierter YouTube-Teaser, Titel im Videobeitrag: Nachhaltiges Wirtschaften: Vier Betriebe stellen sich vor

ca. 1999²⁰⁶) enthält keine Inhalte direkt zum Thema Bodenverdichtung, jedoch den Hinweis darauf, beim Laden von Rüben oder Kartoffeln ausreichend Abstand zur Bordwand-Oberkante für einen sicheren Transport einzuhalten und bei der Befüllungshöhe des Maisbunkers an die Verkehrssicherheit zu denken. Kurz nach Einstellung erreichte der Videobeitrag **Sicher Fahren relativ hohe Klickzahlen** (s. Tabelle 4), und nach ca. drei Monaten eine **mittlere Zunahme** von Klickzahlen.

Auch der Videobeitrag **Nachhaltiger Pflanzenbau** (*Nachhaltiger Pflanzenbau ist mehr als Säen und Ernten*) (hier: *Nachhaltiger Pflanzenbau*) (Rubrik Pflanze, Nr. 6/20, Film aus dem Jahr 2017) enthält keine Inhalte explizit zum Thema Bodenverdichtung, jedoch sind Blühstreifen und Greening-Flächen am Ackerrand, am Vorgewende und rund um eine im Relief hervorstehende Fläche zu sehen. Zudem ist intelligente Bodenbearbeitung [ohne Erklärung, mit Bild Bodenkrume] mit mehrgliedriger Fruchtfolge und Zwischenfruchtanbau ein wichtiges Thema. Der Videobeitrag **Nachhaltiger Pflanzenbau** erreichte kurz nach Einstellung **relativ hohe Klickzahlen** (s. Tabelle 4), und nach ca. drei Monaten eine **mittlere Zunahme** von Klickzahlen.

Der Videobeitrag **Nachhaltige Landwirtschaft: Mit gutem Boden fängt alles an** (*Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft: Mit gutem Boden fängt alles an*) (hier: *Nachhaltige Landwirtschaft: Guter Boden*) (Rubrik Pflanze, Nr. 7/20, Film aus dem Jahr 2017) beschreibt Schutzstreifen (Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM)), Fruchtfolgen, Zwischenfruchtanbau und Regenwürmer als günstige Wirkfaktoren für den Porenraum und die Versorgung der Pflanzen mit Nahrung, sowie Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und Erosionsschutz durch organisches Bodenmaterial. Das Thema Bodenverdichtung wird explizit als Gefahr für den lebendigen Boden und Beschleuniger der Erosion angesprochen. Boden solle nicht unnötig befahren und der Bodendruck so niedrig wie möglich gehalten werden, idealerweise mittels Reifendruckregelanlage und mit der Ansprache der Bodenstruktur (Krümelstruktur), die im Videobeitrag bei der Spatenprobe zu sehen ist. Weitere Maßnahmen seien, den Boden bedeckt zu halten, Tiefwurzler anzubauen, Striegel und eine flache Einarbeitung mit der Scheibenegge zu nutzen sowie auf ein gutes Strohmanagement zu achten, um Lebendverbauung zu fördern. Die Prävention von Bodenverdichtung wird als zentral angesprochen, und auf die Schwierigkeit, dass man mehr zerstören als wiedergutmachen kann, hingewiesen. Thematisiert werden auch der richtige Zeitpunkt des Befahrens und kleine Zeitfenster bei unsicherer Witterung im Herbst und Frühjahr, wobei eine hohe Schlagkraft, niedrige Gewichte und flächenbezogenes Bewirtschaften bei der Wahl des optimalen Zeitpunktes nützlich seien. Kurz nach Einstellung erreichte der Videobeitrag **Nachhaltige Landwirtschaft: Guter Boden hohe Klickzahlen** (s. Tabelle 4), und nach ca. drei Monaten eine **starke Zunahme** von Klickzahlen.

Der Videobeitrag **Die Entstehung unserer Böden** (hier: *Bodenentstehung*) (Rubrik Pflanze, Nr. 9/20, Ausschnitt aus Film aus dem Jahr 2003) enthält keine Inhalte direkt zum Thema Bodenverdichtung,

²⁰⁶ Das ursprüngliche Erscheinungsjahr des ausführlichen Films musste hier geschätzt werden; die 2. Auflage hat das Erscheinungsjahr 2012 (PICTA Medienproduktion, Dr. Volker Bräutigam und Günter Heitmann).

jedoch den Hinweis auf die lange Landnutzungsgeschichte der Böden. Kurz nach Einstellung erreichte der Videobeitrag **Bodenentstehung mittlere Klickzahlen** (s. Tabelle 4), und nach ca. drei Monaten eine **starke Zunahme** von Klickzahlen.

Der Videobeitrag **Boden auch mit großen Maschinen schonend befahren** (hier: *Schonende Befahrung*) (Rubrik Pflanze, Nr. 10/20, Ausschnitt aus Film aus dem Jahr 2001) thematisiert die in § 17 BBodSchG enthaltene Forderung zur GfP, schädliche Bodenverdichtungen seien so weit wie möglich zu vermeiden (vorsorgender Bodenschutz als gesetzliche Anforderung an die Landwirtschaft). Er geht auf die zum Teil sehr kritische öffentliche Meinung ein, leistungsstarke Maschinen seien für den Boden zwangsläufig belastend. Der Videobeitrag erklärt, dass sich große Maschinensysteme bei fachgerechtem Einsatz nicht nur wirtschaftlich bewähren, sondern sich mit ihnen auch Anforderungen des Bodenschutzes erfüllen ließen. Es seien Empfehlungen zu lesen, die Radlast auf ein Mechanisierungsniveau von Früher zu reduzieren, als z. B. der 50 PS-Schlepper vorherrschte. Dies würde zu einer Landwirtschaft führen, die nicht mehr leistungsfähig wäre. Drastische Forderungen nach einer generellen Begrenzung der Radlast seien wissenschaftlich nicht haltbar. Kurz nach Einstellung erreichte der Videobeitrag **Schonende Befahrung relativ wenige Klickzahlen** (s. Tabelle 4), und nach ca. drei Monaten eine **geringe Zunahme** von Klickzahlen.

Der Videobeitrag **Verdichtung und Erosion gefährden unsere Böden** (hier: *Gefährdung*) (Rubrik Pflanze, Nr. 12/20, Ausschnitt aus Film aus dem Jahr 2003) behandelt Bodenverdichtung als eine Gefahr für Böden: In verdichteten Böden verkümmere das Bodenleben. Eine Hauptursache sei hoher Druck. Beim Pflügen auf nassem Boden werde der Boden stark zusammengepresst, und bei schmalen Reifen sei die Bodenverdichtung besonders groß. Durch die hochverdichtete Pflugsohle könnten Wurzeln nicht mehr tief in den Boden eindringen. Abhilfe schaffe die Verwendung extrem breiter Reifen, Onland-Pflügen oder Pflugverzicht, dem Regenwurm zuliebe. Ein weiteres Problem der Bodenverdichtung: Regenwasser fließe vermehrt oberflächlich ab, weil dichte Böden weniger Wasser speichern können. Kurz nach Einstellung erreichte der Videobeitrag **Gefährdung relativ wenige Klickzahlen** (s. Tabelle 4), und nach ca. drei Monaten eine **mittlere Zunahme** von Klickzahlen.

Der Videobeitrag **Nachhaltige Landwirtschaft** (hier: *Nachhaltige Landwirtschaft*) (Rubrik Pflanze, Nr. 18/20, Film aus dem Jahr 2017) enthält keine Inhalte direkt zum Thema Bodenverdichtung, behandelt jedoch die Nachhaltige Landwirtschaft als eine Kunst, „die ökonomischen und sozialen Ziele an das ökologisch Machbare und Notwendige anzupassen. Dabei hilft auch der Blick über den Tellerrand und vielfältige Lebensformen und Einkommensquellen mit einzubeziehen. Die einfachen Antworten sind langfristig nicht immer die Besten“ (Sprecher, Filmabschnitt im Abspann 09' 19“ bis 09' 41“). Zu diesem Videobeitrag wurde kein Nutzerverhalten (Klickzahlen) erfasst.

Der Videobeitrag **Nachhaltige Landwirtschaft: Vier Bauernhöfe stellen sich vor** (hier: *Nachhaltige Landwirtschaft: Vier Bauernhöfe*) (Rubrik Pflanze, Nr. 19/20, Film aus dem Jahr 2017) enthält ebenso keine Inhalte direkt zum Thema Bodenverdichtung. Ein mitwirkender Landwirt betont allerdings die mögliche Vorbildfunktion von Landwirtinnen und Landwirten: „ich habe [...] die

Möglichkeit als Landwirt, da ein positives [...] oder auch ein negatives Bild zu prägen. Und wenn ich das positiv machen kann, und habe noch Nebeneffekte, indem ich Lebensraum für Wildinsekten schaffe, für Honigbienen schaffe, für Niederwild schaffe, dann ist das durchaus eine Befriedigung“ (Landwirt Andreas Bertsch aus Waibstadt, Filmabschnitt im Hauptteil 04' 06“ bis 04' 41“). Kurz nach Einstellung erreichte der Videobeitrag *Nachhaltige Landwirtschaft: Vier Bauernhöfe relativ wenige Klickzahlen* (s. Tabelle 4), und nach ca. drei Monaten eine **mittlere Zunahme** von Klickzahlen.

Das BZL hat außerdem eine **Aufzeichnung eines Webinars** (*Webinar: Kluengesundheit beim Rind*) als YouTube-Videobeitrag eingestellt (Rubrik Tier(wohl), Nr. 27/27, Aufzeichnung aus dem Jahr 2015): Es handelt sich um ein **interaktives Adobe Connect²⁰⁷-Webinar mit Moderation, Referentin und Chat**, das am 24. September 2015 stattgefunden hat. In dem etwa 1-stündigen interaktiven Webinar unter dem Dach des aid hatten die Teilnehmenden die **Gelegenheit, in einem Chat mitzudiskutieren** und sich so durch Kommentare und eigene Fragen unmittelbar und ohne zeitliche Verzögerung an die Referentin zu wenden. Im Rahmen der durchgeführten Recherche waren nur die ersten rund vier Minuten verfügbar (Begrüßung durch aid und Anmoderation).

6.3.5 Empfehlungen und Thesen für eine verbesserte Kommunikation

Das UBA hat für eine **verbesserte Kommunikation von Bodenthemen** im Januar 2018 unter dem Motto *Boden eine Sprache geben* jeweils zehn Empfehlungen (UBA/Beblek et al. 2018a) bzw. Thesen (UBA/Beblek et al. 2018b) veröffentlicht (vgl. Kapitel 6.2.2), um das Wissen und die Wahrnehmung über den Boden in **Politik und Gesellschaft** zu verbessern (UBA/Beblek et al. 2018b, S. 8). Die Empfehlungen (UBA/Beblek et al. 2018a) richten sich an Entscheidungsträgerinnen und Verantwortliche²⁰⁸, die Thesen (UBA/Beblek et al. 2018b) an Akteure im Bodenschutz²⁰⁹. Die Empfehlungen zielen darauf ab, den **Boden als Thema von Institutionen und Organisationen** auf eine ähnlich **hohe Priorität** zu heben wie z. B. der Klimawandel und die Biodiversität (UBA/Beblek et al. 2018b, S. 8f.) (s. Tabelle 5).

²⁰⁷ Software für die Erstellung und den Austausch von Informationen und Präsentationen, für Online-Trainingsmaterialien, Webkonferenzen, Lernmodule und zur Desktop-Freigabe

²⁰⁸ für alle, die Entscheidungen treffen und Verantwortung tragen. Gemeint sind damit die zuständigen Institutionen und Organisationen, wie das BMUB, das UBA, der Geologische Dienst der Länder (GD der Länder), die Landesumweltämter und die Bodenschutzbehörden (insbes. auf Kommunalebene).

²⁰⁹ für alle, die aktiv im Bodenschutz tätig sind

Tabelle 5: 10 Empfehlungen und 10 Thesen für eine verbesserte Kommunikation von Bodenthemen des Umweltbundesamtes (UBA) von Januar 2018 – Übersicht

| Empfehlungen für Entscheidungsträger und Verantwortliche | | Thesen für Akteure im Bodenschutz |
|---|---|---|
| 1 | Systematische Verknüpfung der bodenschutzrelevanten Handlungsfelder. | Jede Kampagne braucht ein Konzept. |
| 2 | Ausgewählte Kernthemen zum zentralen Thema in der Bodenkommunikation machen. | Der Köder muss dem Fisch schmecken und nicht dem Angler. |
| 3 | Handlungsorientiert kommunizieren. | Klare und prägnante Botschaften fördern eine persönliche Identifikation. |
| 4 | Aus dem bisherigen Adressatenkreis ausbrechen und diesen erweitern. | Handlungsorientierte Kommunikation führt zu Verhaltensänderungen. |
| 5 | Gezielt Multiplikatoren und relevante Berufsgruppen aktivieren und ansprechen. | Boden goes Social Media. |
| 6 | Bodenakteurinnen und -akteure in der Kommunikation professionalisieren. | Verstärkte Professionalisierung verbessert die Kommunikation von Bodenthemen. |
| 7 | Social Media verstärkt nutzen. | Neue und interaktive Formate regen die Sinne an. |
| 8 | Bestehende Netzwerke adäquat finanziell ausstatten und die Netzwerkarbeit vorantreiben. | Die Entwicklung einer Geschichte führt zum Perspektivwechsel. |
| 9 | Neue Kommunikationsformate etablieren. | Verständliche Texte begeistern mehr Leserinnen und Leser für den Boden. |
| 10 | Den aktiven Bürgerdialog fördern. | Ein Bild sagt mehr als 1.000 Worte. |

Quelle: Eigene Darstellung

In den Empfehlungen und Thesen (UBA/Beblek et al. 2018a, UBA/Beblek et al. 2018b) ist das Thema Bodenverdichtung bedingt durch den Projektauftrag, Werkzeuge und Methoden aus der **Erwachsenenbildung und Umweltpsychologie** bzw. **Techniken aus den Bereichen Medien und Kommunikation** einzubeziehen, nicht enthalten. Die Empfehlungen erwägen einen anzustrebenden Ausbau bzw. die Finanzierung von Strukturen für ein **Aktions- und Bodennetzwerk unter dem Dach des BMUB oder UBA** und die Etablierung eines **BMUB-Förderprogramms für bodenspezifische Netzwerke und Gremien** (UBA/Beblek et al. 2018a, S. 17), die als Schnittstellen zwischen den verschiedensten Akteuren mit der Zivilgesellschaft, Öffentlichkeit und Politik auf regionalen sowie verwaltungstechnischen Ebenen fungieren. In den Thesen wird als unbedingt notwendig herausgestellt, ein **wirksames Marketing hinzukaufen** (UBA/Beblek et al. 2018b, S. 17). Auch herausgestellt wird, dass Schockbilder eher nicht verwendet werden sollten und **Bilder** derzeit noch zu wenig und häufig nicht zielgerichtet bzw. **adressatenorientiert** in der Boden-Kommunikation eingesetzt würden (UBA/Beblek et al. 2018b, S. 21).

6.3.6 Bürgerdialog Fragen Sie einen Landwirt!

Der BZL-Internetauftritt bietet seit Ende Januar 2018 einen **Bürgerdialog Fragen Sie einen Landwirt!** an. Der Dialog-Bereich²¹⁰ enthält ein Online-Formular für eine Frage nach dem Motto *Verbraucher fragen – Landwirte antworten* und **soll das gegenseitige Verständnis fördern**. Das BZL sammelt die Fragen der Verbraucherinnen und Verbraucher und leitet besonders interessante und häufig gestellte Fragen an Landwirtinnen und Landwirte weiter. Die Beantwortung wird auf dem Internetauftritt in der Rubrik Diskussion und Dialog eingestellt, der in die Unterthemen Tierhaltung und Umwelt aufgeteilt ist. Im Unterthema Umwelt findet sich ein Beitrag, der das Thema Bodenverdichtung indirekt aufgreift: *Der Streit um Glyphosat – Worum geht es?* Hier wird erwähnt, dass bei Verzicht auf Glyphosat zwangsläufig wieder mehr gepflügt werden müsse, was sich auf Erosion auswirke sowie außerdem die natürliche Struktur des Bodens gestört werde.

6.4 Zwischenergebnis: Bodenverdichtung in Handlungsempfehlungen des Bundes

Im Internet kommunizieren die Behörden auf Bundesebene das Thema Bodenverdichtung und entsprechend zu wählende Maßnahmen zu deren Vermeidung in **unterschiedlicher Genauigkeit**, mit **unterschiedlichen Lösungsvorschlägen** zur Umsetzung und auf unterschiedlichen Wegen, z. B. über übergeordnete **Strategien**, Fachgebiete von **Ressorts** und Themen von **Regelsetzern** sowie über Kommissionen und Fachbeiräte und mittels **innovativer Ansätze** nutzerorientierter Kommunikation. Die **meisten und detailliertesten** Online-Fundstellen konnten von Seiten **der Ressorts Umwelt und Landwirtschaft** recherchiert werden, weniger detaillierte Informationen wurden seitens der Ressorts Wirtschaft und Zusammenarbeit gefunden²¹¹. Auch Regelsetzer veröffentlichten Dokumente zum Thema Bodenverdichtung²¹².

Übergeordnete Strategien umfassen die DNS, die BMZ-Initiative *Economics of Land Degradation* (ELD), den BMBF-Förderschwerpunkt *Nachhaltiges Landmanagement* und dessen Erweiterung *Innovationsgruppen für ein Nachhaltiges Landmanagement* (FONA) sowie die BMBF-Fördermaßnahme *Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie* (BonaRes).

²¹⁰ Dialog-Bereich des BZL: <https://www.landwirtschaft.de/diskussion-und-dialog/fragen-sie-einen-landwirt/> (Stand: 05.02.2018)

²¹¹ Ressortbereich BMUB: zwölf Fundstellen mit vergleichsweise detaillierteren Informationen; Ressortbereich BMZ: zehn Fundstellen mit eher wenig detaillierten Informationen; Ressortbereich BMEL: neun Fundstellen mit vergleichsweise detaillierteren Informationen; Ressortbereich BMWi: sieben Fundstellen mit Fokus auf Kennwerten zu Auswertungsmethoden und eher wenig detaillierten Informationen in Form von Handlungsempfehlungen

²¹² Regelsetzer: insgesamt sechs Fundstellen, davon zwei Fundstellen von Regelsetzern mit behördlichem Status

Übergeordnet hat **Deutschland** im Kontext der SDGs (Agenda 2030) **das Oberziel der Degradationsneutralität (LDN) formuliert** und das Thema Bodenverdichtung in der Neuauflage der DNS (Bundesregierung 2017) indirekt im SDG-Ziel 15.3 einbezogen²¹³. Für dieses wird ein **neuer Bodenindikator** erarbeitet, der vorwiegend auf **Landnutzungswandel von Agrarflächen** fokussieren wird, um Veränderungen der Bodenqualität erfassen und bewerten zu können. Durch das Oberziel LDN könnte sich eine Gelegenheit zur Wiederaufnahme EU-weiter Policies nach Rücknahme der BRRL im Jahr 2014 bieten (vgl. auch UBA/Wunder 2018, S. 4). Zur Entwicklung des **neuen Bodenindikators** könnte auf das **BOKS** in Stuttgart²¹⁴ und den Schweizer **SQUID**²¹⁵ zurückgegriffen werden, welche auf **Fernerkundungsdaten** basieren.

Die Broschüre *Bodenzustand in Deutschland* (UBA/BGR/Thünen-Institut/DWD/Marahrens et al. 2015) war der **erste, länderübergreifende Statusbericht**, der ansatzweise **Handlungsempfehlungen** gibt. Zur Vermeidung von Bodenverdichtung werden **lehmig-tonige Böden** herausgestellt, interessant für Landwirtinnen und Landwirte ist evtl. das Konzept der **Vorbelastung und Verdichtungsempfindlichkeit nach Lebert (2010)**.

Der *Vierte Bodenschutzbericht der Bundesregierung* (BMUB 2017) fasste Entwicklungen und Fortschritte im Bodenschutz sehr knapp zusammen, bedingt durch den Charakter eines einmal pro Legislaturperiode vorzulegenden Berichts. Als positiv zu werten ist die Aufnahme der **Fördermaßnahme BonaRes**. Im Text fehlte jedoch der Begriff Bodenverdichtung in der kurzen Erläuterung des BonaRes-Projektverbunds SOILAssist.

Ressort Bildung und Forschung

Die ELD-Initiative sowie die unter dem Dach des Rahmenprogramms FONA laufenden Förder schwerpunkte *Nachhaltiges Landmanagement* sowie *Innovationsgruppen für ein Nachhaltiges Landmanagement* beschäftigen sich – teilweise unter Einbeziehung von Ergebnissen aus freien MOOCs – mit den Kosten der Landdegradation bzw. der **Monetarisierung von ES** (Kosten des Handelns gegenüber Kosten des Nicht-Handelns) sowie mit der Entwicklung von zukunftsweisenden, praktikablen Lösungen zum Nachhaltigen Landmanagement in **Wissenschafts-Praxis-Teams**. Hierbei wird Bodenverdichtung direkt und indirekt angeführt, doch vor allem werden transdisziplinäre Ansätze genutzt, welche die Interaktion **Praxis-Wissenschaft-Wirtschaft-Praxis** beflügeln – durch **Partizipation** und in Anlehnung an die **Innovationsforschung**. Leider ist das Ziel der

²¹³ SDG-Ziel 15: Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der Biodiversität ein Ende setzen

²¹⁴ <https://www.stuttgart.de/bodenschutzkonzept> (Stand: 22.02.2018)

²¹⁵ <https://www.ethz.ch/content/specialinterest/baug/institute-irl/plus/en/research/research-and-thesis-projects/soil-indicators-for-sustainable-planning.html> (Stand: 22.02.2018)

Innovationsgruppen auf eine nachhaltige Stadt- und Regionalentwicklung eingeschränkt. Positiv sticht hervor, dass ein Erwartungsmanagement einbezogen wurde, und Ansätze aus der (Umwelt-)Psychologie und Kommunikationswissenschaft genutzt werden.

Die Fördermaßnahme BonaRes untersucht in zehn Projektverbünden, wie Böden als Grundlage der Bioökonomie erhalten werden können. So soll **Böden mehr Beachtung geschenkt** werden. Sechs Kurzbeschreibungen der Projektverbünde weisen Bezug zum Thema Bodenverdichtung auf. Vor allem soll ein **Web-Portal mit Entscheidungshilfen für Landwirtinnen und Landwirte** entstehen, wozu u. a. in den Projektverbünden CATCHY, SOILAssist und SUSALPS **partizipative Elemente** integriert zu sein scheinen.

Ressort Landwirtschaft

Das bereits im Jahr 1999 erschienene Kurzdokument *Gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung* (BMELF 1999) gibt viele Empfehlungen zur Vermeidung von Bodenverdichtungen und ist über den Internetauftritt agrarrecht.de recherchierbar.

Auch in der Broschüre *Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion* (BMVEL 2002), die als Handreichung für Beratung und Praxis dienen soll, wurde das Thema Bodenverdichtung bereits zentral angesprochen, u. a. in einem Kapitel ‚Handlungsempfehlungen zum Konzept für bodenschonendes Befahren‘ und einem Kapitel ‚Gefügestabilisierung am Beispiel ausgewählter Fruchtfolgen‘. Die Inhalte sind konkret und von hoher Qualität, jedoch ist die Verständlichkeit – bedingt durch das Jahr der Erstellung – eher mäßig, und der Kommunikationsstil entspricht nicht dem heute angemessenen Niveau in Bezug auf Sprache, Strukturierung sowie Ansprache der Landwirtinnen und Landwirte als Zielgruppe. Die der Kurzfassung beiliegenden schematischen Abbildungen erscheinen (digital) handgezeichnet, und könnten ansprechender gestaltet werden. Eine Übernahme der Kurzfassung in – auch inhaltlich – überarbeiteter Form in Form von Fact Sheets, MOOCs bzw. Webinaren erscheint sinnvoll. Es fällt auf, dass die Handreichung bis heute oft zitiert wird. Als Fortschreibung der Broschüre liefert die 2. Auflage *Gute fachliche Praxis – Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz* (aid/Brunotte et al. 2015) ausführliche Informationen zum Thema Bodenverdichtung und praktische Handreichungen, u. a. in einem sehr ausführlichen Kapitel zu Vorsorgemöglichkeiten, darin ein **Maßnahmenkatalog mit 15 Fallbeispielen zum bodenschonenden Befahren**. Die Broschüre ist über die BZL-Seiten kostenfrei zugänglich, war jedoch nicht fehlerfrei herunterzuladen bzw. als fehlerfreies Exemplar bei einer unaufwendigen Recherche nur kostenpflichtig abrufbar. Auch beim Herunterladen der Broschüre *Gute fachliche Praxis – Bodenfruchtbarkeit* (aid/Brunotte et al. 2016), die das Thema Bodenverdichtung theoretisch sowie in Form von Beispielen und Handlungsempfehlungen enthält, traten Probleme auf.

Das Standpunktpapier *Grundsätze und Handlungsempfehlungen zur Guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung* (BMVEL 2004) wirkt durch seinen **akteureorientierten** Ansatz über einen **Konsens** und z. T. auch über die enthaltenen Empfehlungen noch immer zeitgemäß.

Jedoch weist die Gestaltung Mängel auf, möglicherweise aufgrund mehrfacher Übertragung von Bundesanzeiger auf Internetauftritte.

Ein in den BMEL-Berichten über Landwirtschaft veröffentlichter Beitrag von Brunotte et al. (2008) ist informativ und liefert präzise Empfehlungen für die Praxis, ein Indikator- bzw. **Frühwarnsystem gegen Bodenverdichtung** sowie eine Forderung an die Landmaschinenindustrie; nur sind einige Empfehlungen im Fließtext der Diskussion enthalten und damit beim Lesen nicht schnell zu sehen. Als unmittelbare Handlungsempfehlungen wird gegeben, dass bei Bodenverdichtung unter trockenen Bedingungen gelockert werden soll und Nachsorgemaßnahmen durchzuführen sind, jedoch solle bei einer Annäherung der Packungsdichte an Schadensschwellen nur nach sorgfältiger Analyse und Beratung aufgelockert werden. Der Artikel ist über den BMEL-Internetauftritt kostenfrei zugänglich, jedoch nicht einfach zu finden bzw. bei unaufwendiger Recherche nur kostenpflichtig abrufbar.

Die auf Bodenverdichtung im Ökolandbau ausgerichtete Broschüre *Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit – Strategien für einen erfolgreichen Anbau* (BLE/Böhm et al. 2014) ist eng an die **Anforderungen der Landwirtinnen und Landwirte** ausgerichtet, wählt als Kommunikationsstrategie den Mehrertrag beim Erbsenanbau und empfiehlt als sinnvolle Investition eine Reifendruckregelanlage bzw. ein Schnellentlüfter-Set.

Der in einem Sonderdruck *Den Boden im Blick* (aid 2015) enthaltene 3-seitige Artikel zum Thema *Maschinenbelastung anpassen* (Brunotte & Lorenz 2015a) erscheint für die Übertragung in die Praxis geeignet, da er ohne Modelle auskommt und ein Verknüpfungsschema von standortabhängiger Verdichtungsempfindlichkeit mit der mechanischen Belastung sowie (weitere) praxistaugliche Handlungsempfehlungen enthält.

Im Tagungsband *Schwere Maschinen, enge Fruchfolgen, Gärreste – eine Gefahr für die Bodenfruchtbarkeit?* (BMEL/LfL 2015) wird u. a. auf Befahrbarkeitstage hingewiesen und im Sinne einer nachhaltigen Bodennutzung sinnvollerweise empfohlen, die **Ernte nicht nach Kalender, sondern nach Bodenzustand** durchzuführen (Brunotte & Lorenz 2015b, Severin 2015). Außerdem wird **Kritik an den Simulationsmodellen Terranimo[®]²¹⁶ und TASC²¹⁷** geübt (Brunotte & Lorenz 2015b, S. 13). Es werden die Zuständigkeiten der Ressorts Umwelt und Landwirtschaft erörtert und sehr hohe Kriterien für Handlungsempfehlungen zur GfP formuliert: Für das BMEL schließe „das Thema Bodenfruchtbarkeit die Umweltaspekte ein“ (Severin 2015, S. 59), und Handlungsempfehlungen zur

²¹⁶ Terranimo® ist ein internationales Projekt mit Wissenschaftlern aus der Schweiz (Agroscope ART Reckenholz, Thomas Keller und BFH-HAFL, Matthias Stettler) und Dänemark (Aarhus University, Per Schjønning, Mathieu Lamandé und Poul Lassen), das auf einen Vergleich der Bodenbelastung mit der Widerstandsfähigkeit des Bodens abzielt (vgl. Exkurs in Kapitel 5.1.3).

²¹⁷ TASC ist eine Excel-Anwendung aus der Schweiz (Agroscope FAT Tänikon, Étienne Diserens) zur Verdichtungsgefahr und hilft dabei, die Druckausbreitung durch Rad- und Raupenlasten zu berechnen (vgl. Exkurs in Kapitel 5.1.3).

GfP müssten „standortangepasst sein, wissenschaftlich abgesichert sein, landesweit verfügbare Daten müssen dem sachkundigen Anwender zugänglich sein, aufgrund praktischer Erfahrungen geeignet, durchführbar, als notwendig anerkannt und wirtschaftlich tragbar sein, mit Schätzmodellen überprüfbar sein“ (Severin 2015, S. 62). Dieses weitreichende Bündel an Kriterien für Handlungsempfehlungen zur GfP erscheint in seiner Komplexität nicht realisierbar, und dürfte als ‚Verhinderer‘ für eine weitere nachhaltige Entwicklung wirken.

Diesen Kritikpunkten zufolge könnte sich perspektivisch nichts im Vollzug ändern, es sei denn, **Regelungen, wie z. B. in der Schweizer VBBo, könnten auch in Deutschland getroffen und umgesetzt werden** (vgl. Exkurs in Kapitel 2.2.1).

Die durch das **BMEL** publizierten Texte enthalten entweder **praxistaugliche Handlungsempfehlungen** oder sie sind informativ, präzise und **konkret**. Sogar graphisch und stilistisch **veraltete Texte werden** relativ **oft zitiert**, sodass eine **Überführung in eine zeitgemäßere Form** sinnvoll erscheint. Auch erscheint sinnvoll, die am häufigsten zitierten Texte wiederaufzulegen, dabei auf eine professionalisierte Kommunikation zu achten, und darüber hinaus neben ökonomischen Aspekten die **Bedarfe der Gesellschaft und der Umwelt** verstärkt mit einzubeziehen.

Die untersuchten, durch den **aid** publizierten Texte²¹⁸ sind **konkret und informativ**, enthalten ausführliche Informationen zum Thema Bodenverdichtung wie auch Handlungsempfehlungen anhand von **Fallbeispielen**. Der Kommunikationsstil wirkt problemorientiert und sachlich. Die Inhalte dürfen für **Landwirtinnen und Landwirte nützlich** sein, und sind bewusst für die Übertragung in reale Verhältnisse entwickelt. Das aus dem aid hervorgegangene **BZL** zielt auf eine Kommunikation verstärkt in Richtung Verbraucherinnen und Verbraucher²¹⁹, was sich in YouTube-Videobeiträgen niedergeschlagen hat. Dabei sind einige Filme ursprünglich älteren Datums in Ausschnitten wiedergegeben, und könnten mit einem neuen Konzept (Storytelling, Kommunikationsstil, Sprache) neu erstellt werden (s. o.).

Ressort Umwelt

Die *Regelungen zur Gefahrenabwehr* (UBA/Lebert et al. 2004) haben den Charakter einer technischen Hintergrundinformation zur Erfassbarkeit von Bodenverdichtungen mit unterschiedlichen Methoden, jedoch nicht unmittelbar einer Handlungsempfehlung.

Der *Bodenreiseführer* (UBA/Azizi et al. 2010) beinhaltet Bodenverdichtung, und nennt **Gewicht und Reifen als verursachende Faktoren**. Er enthält keine Nennung der Berechnungsgrundlage für die

²¹⁸ aid/Brunotte et al. 2016, aid/Brunotte et al. 2015, aid 2015

²¹⁹ <https://www.ble.de/DE/BZL/bzl.html> (Stand: 22.02.2018)

genannten Prozentzahlen des Verdichtungsrisikos und keine Konkretisierung der technischen Möglichkeiten. Der Schwerpunkt liegt auf den im Reiseführer gezeigten Boden-Sites, und der Text könnte für Landwirtinnen und Landwirte für das Bodenmanagement nicht nützlich sein.

Das *Prüfkonzept zur Verdichtungsgefährdung* (UBA/Lebert 2010) enthält Bodenverdichtung als Hauptthema. Jedoch sind Bearbeitungsempfehlungen, die laut Inhaltsverzeichnis auf Seite 74 zu vermuten wären, nicht enthalten. Es werden Verdichtungsempfindlichkeitsklassen benannt (UBA/Lebert 2010, S. 70), jedoch sind keine Handlungsempfehlungen bzw. lediglich eine Kritik an fehlenden Handlungsempfehlungen enthalten.

Die Studie *Rechtliche und andere Instrumente für vermehrten Umweltschutz in der Landwirtschaft* (UBA/UFZ/Möckel et al. 2014) ist eher schwer zu finden. Sie behandelt das Thema Bodenverdichtung u. a. über **Obergrenzen für z. B. Radlasten** (UBA/UFZ/Möckel et al. 2014, S. 129) und enthält eine interessante Forderung nach **Einführung einer Betriebsgenehmigung mit Prüfungs- und Entscheidungsinhalten** (UBA/UFZ/Möckel et al. 2014, S. 454). Die Autoren und die Autorin zitieren darüber hinaus einen Vorschlag zur **engeren Zusammenarbeit der Länderbehörden** (Brand-Saßen 2004, S. 302, zit. in UBA/UFZ/Möckel et al. 2014, S. 497). Für Landwirtinnen und Landwirte dürften die Inhalte der Broschüre jedoch wenig hilfreich sein bzw. möglicherweise teils eine Irritation hervorrufen, da durch ein Zitat einer Dissertation den Landwirten wenig starkes Bodenbewusstsein, Abwesenheit von eigenständigem bodenschützenden Handeln und niedrige Bereitschaft für die Teilnahme oder Fortführung von Maßnahmen attestiert werden (Brand-Saßen 2004, S. 302, zit. in UBA/UFZ/Möckel et al. 2014, S. 497).

Das durch das **Bundesamt für Naturschutz (BfN)** publizierte Praxishandbuch *Leguminosen nutzen* (BfN/FiBL/FÖL/Arncken et al. 2014) deckt den Kontext Leguminosenanbau – Bodenschonung – Bodenklimaschutz – ES ab, ist verständlich geschrieben, praktisch relevant und anwendbar, jedoch bei einer Schlüsselwort-Recherche nach ‚Bodenverdichtung‘ im Internet höchstwahrscheinlich nicht auffindbar. In einem von 14 enthaltenen Betriebsbeispielen wird auf die Entwicklung der Durchwurzelung des Bodens unter **Getreide mit legumer Untersetzung** (Weißklee und Luzerne) zur Verhinderung von Bodenverdichtungen beim Dreschen eingegangen (BfN/FiBL/FÖL/Arncken et al. 2014, S. 72). Dieses Beispiel könnte in ein zu entwickelndes Webinar oder Fact Sheet einbezogen werden.

In der 2. Auflage der Broschüre *Umweltschutz in der Landwirtschaft* (UBA/Adler et al. 2017), welche die Umweltwirkungen der (konventionellen) Landwirtschaft herausstellt, wird das Thema Bodenverdichtung im Vorwort und im Zusammenhang mit einer treffenden Kritik an den Grundsätzen der **GfP und ihrer nicht genügenden Steuerungswirkung** angesprochen (UBA/Adler et al. 2017, S. 80): Naturschutz- und **Bodenschutzrecht sollten Ermächtigungen (für die Bundesländer) enthalten** (UBA/Adler et al. 2017, S. 81), und Landwirtinnen und Landwirten sollte eine **Dokumentationspflicht zur GfP** auferlegt werden (UBA/Adler et al. 2017, S. 84). Zur Bodenverdichtung sind keine Handlungsempfehlungen enthalten. Die Broschüre dürfte für Landwirtinnen und Landwirte eher wenig praktische Relevanz haben, jedoch zur Diskussion über mögliche künftige Regelungen

anregen (Normierung von Gesetzen, Kontrollen, Pflichten, Begrenzungen, Streichung von Ausnahmeregelungen und Umlage von Umweltkosten). Grundsätzlich dürften eine **bessere Beratung und qualitätsgesicherte Angebote** gut von Landwirtinnen und Landwirten angenommen werden. Auch der Vorschlag über **Weiterbildungspflichten**, z. B. in Form von **Sachkundenachweisen**, ist überlegenswert, und könnte ggf. als ‚Sachkundenachweis Bodenschutz‘ bzw. ‚Sachkundenachweis Bodenstruktur‘ mit Aufklebern/Marken an Geräten oder mittels App umgesetzt werden.

Die unter dem Motto *Boden eine Sprache geben* veröffentlichten Broschüren *10 Empfehlungen für die Kommunikation von Bodenthemen* (UBA/Beblek et al. 2018a) und *10 Thesen für die Kommunikation von Bodenthemen* (UBA/Beblek et al. 2018b) könnten Bodenverdichtung unter Bodendegradation indirekt angesprochen haben (UBA/Beblek et al. 2018a), doch konzentriert sich der fachliche Anteil der Inhalte auf Erosion (UBA/Beblek et al. 2018a, S. 8, S. 10ff., S. 14, S. 19). In den Thesen (UBA/Beblek et al. 2018b) ist Bodenverdichtung nicht genannt, jedoch auch nicht das Ziel der Broschüre. Als interessant zu werten ist die Empfehlung zum **Ausbau und zur Finanzierung** von Strukturen für ein **Aktions- und Bodennetzwerk** unter dem Dach des BMUB oder des UBA sowie zur Etablierung eines **Förderprogramms für bodenspezifische Netzwerke und Gremien** (UBA/Beblek et al. 2018a, S. 17), die als wichtige **Schnittstellen zwischen** den verschiedensten **Akteurinnen und Akteuren mit der Zivilgesellschaft**, Öffentlichkeit und Politik auf regionalen sowie verwaltungstechnischen Ebenen fungieren (UBA/Beblek et al. 2018a, S. 17). Die Broschüren enthalten keine Inhalte explizit zum Thema Bodenverdichtung. Die Inhalte werden zeitgemäß gestaltet und professionalisiert durch Kommunikationsspezialistinnen und Kommunikationsspezialisten vermittelt. Beide im Januar 2018 veröffentlichte Broschüren zeichnen sich durch eine bemerkenswert **vermittelnde Position** aus. Hier könnten neue Videobeiträge und Webinare mit Moderation, Referierenden und Chat eine noch bestehende Lücke schließen.

Die Analyse *Kosten und Nutzen einer europäischen Bodenrahmenrichtlinie für Deutschland* (UBA/Altvater et al. 2018) folgert interessanterweise für eine **mögliche künftige Regelung** einen **möglicherweise geringen Aufwand** der Datenerhebung bei Nutzung vorhandener Daten, und, für Daten im Speziellen, einen **moderaten Aufwand** für die Erfassung der **Bodendichte**. Für **Risikogebiete** würden **Überblicksdaten** genügen, jedoch würden – ein wichtiger Kritikpunkt – **viele Daten noch nicht zentral gesammelt und aggregiert**. Die BBodSchV enthalte keine **Festlegung von Regelfällen** zu Bodenverdichtung. Aufgelistet werden „beispielsweise **Kontrollen durch Behörden, Umweltinspektionen, Überwachungssysteme, Verpflichtungen zum Melden von Daten, Berichterstattung, Genehmigungspflicht und Sanktionen**“ (UBA/Altvater et al. 2018, S. 121).

Der Bericht *Land Degradation Neutrality: Handlungsempfehlungen zur Implementierung des SDG-Ziels 15.3 und Entwicklung eines bodenbezogenen Indikators* (UBA/Wunder et al. 2018) entwickelt ein auf Naturnähe (Konzept der Hemerobie) aufbauendes **Indikatorenkonzept zur Bewertung von Boden(qualitäts-)veränderungen** (vgl. Kapitel 6.1.1). Der Bericht enthält als Folgerung den in der Broschüre *Bodenzustand in Deutschland* publizierten Anteil von **ca. 10 bis 20 %** der landwirtschaftlichen Flächen mit beeinträchtigten Bodenfunktionen (UBA/BGR/Thünen-Institut/DWD/Marahrens et al. 2015). Er stellt als zentrale Frage heraus, welcher mittels

standortangepassten Bodenmanagements und Digitalisierung begegnet werden könnte: Zur Festlegung von **Ausgleichsmechanismen** für einen neuen Bodenindikator stelle sich die Frage nach **Schwellenwerten oder Veränderungsdynamiken**, wobei die Heterogenität von Böden es fast unmöglich mache, Schwellenwerte abzuleiten bzw. unklar sei, wann Kompensationszahlungen vorzunehmen sind. Im Vergleich zu Versiegelung/Flächeninanspruchnahme, extraterritoriale Flächenutzung und Erosion bzw. Erosionsrisiko sei **Bodenverdichtung** als möglicher **LDN-Indikator weniger geeignet**.

Die untersuchten, durch das **UBA** publizierten Texte²²⁰ liefern **Handlungsempfehlungen ansatzweise** und greifen auf Vorbelastung und Verdichtungsempfindlichkeit bei feuchten Bodenverhältnissen bzw. auf den Vorbelastungsansatz zurück. Sie nennen **Gewicht und Reifen als Faktoren der Bodenverdichtung**, und benennen **Maßnahmen ohne weitere Details**²²¹. Der **Kommunikationsstil könnte zur Diskussion anregen**, ob die Landwirtschaft durch mögliche künftige Regelungen profitiert bzw. ihre bisherige Sonderrolle verliert. Landwirtinnen und Landwirten sollte eine **Dokumentationspflicht zur GfP** auferlegt werden, u. a. mit **Obergrenzen der Radlast**. Der **Aufwand** der Datenerhebung in Bezug auf die **Implementierung einer europäischen BRRL** wird als **möglicherweise gering**, bzw. als **moderat** speziell im Hinblick auf die Erfassung der **Bodendichte**, eingeschätzt. Für die Entwicklung eines neuen Bodenindikators (Indikator zur Beobachtung möglicher Veränderungen der Bodenqualität) wird das Erdbeobachtungsprogramm **Copernicus**, das Simulationsmodell **Terranimo®** sowie die **Ergänzung der Boden-Dauerbeobachtung** um eine Untersuchung der **Bodenstruktur** erwähnt. Als geeigneter **Indikator** werden die **Versiegelung/Flächeninanspruchnahme, extraterritoriale Flächenutzung und Erosion** (bzw. das Erosionsrisiko) diskutiert. Hervorzuheben ist die vorgeschlagene **engere Zusammenarbeit der Länderbehörden** (Brand-Saßen 2004, S. 302, zit. in UBA/UFZ/Möckel et al. 2014, S. 497). Ebenso hervorzuheben ist die **Professionalisierung der Kommunikation**, die in zwei Broschüren *Boden eine Sprache geben* (UBA/Beblek et al. 2018a, UBA/Beblek et al. 2018b) angeregt wird: Befördert werden solle eine **verbesserte Kommunikation** zu Bodenwissen und -wahrnehmung in **Politik und Gesellschaft** (UBA/Beblek et al. 2018b, S. 8). Dies helfe dabei, das Thema ‚Boden‘ auf eine ähnlich **hohe Prioritätenebene** wie z. B. Klimawandel und Biodiversität anzuheben (UBA/Beblek et al. 2018b, S. 8).

²²⁰ UBA/Adler et al. 2017, UBA/Marahrens et al. 2015, UBA/UFZ/Möckel et al. 2014, UBA/Lebert 2010, UBA/Azizi et al. 2010

²²¹ Im Internetauftritt des UBA zum Thema Bodenverdichtung (Stand: 26.08.2013) sind solche teilweise enthalten (Welche Maßnahmen vermeiden Verdichtung? <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/verdichtung#textpart-11> (Stand: 22.02.2018)) – diese gehen wiederum u. a. auf BMVEL 2002 zurück.

Ressort Wirtschaft

Kennwerte zur potenziellen Verdichtungsempfindlichkeit bzw. zur Erosionsmodellierung sind durch die AG Boden (vgl. Kapitel 6.2.6) mittels der *Methoden 1.4*²²² und *3.5*²²³ verfügbar. Sie wurden auf Arbeitsebene entwickelt. Ihre Herkunft und den übergeordneten Zusammenhang mit der *Methodendokumentation Bodenkunde* (Ad-hoc-AG Boden 2000) bzw. der Erstellung von Karten (wie z. B. im Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS®) dürfte für bodenkundliche Laien unklar bleiben. Die Methoden 1.4 und 3.5 sind online sehr schwer zu finden und wahrscheinlich als Handlungsempfehlungen nicht geeignet. Jedoch enthalten sie den wichtigen Hinweis auf **Gültigkeit der Aussagekraft der Vorbelastung nur für sehr feuchte Böden (pF 1,8)** (SGD/BGR/Ad-hoc-AG Boden 1999) sowie den sehr guten Hinweis darauf, dass die **Infiltrationsraten von nichtwendend bearbeiteten, gemulchten Böden im Modell zu gering simuliert werden** (SGD/BGR/Ad-hoc-AG Boden 2000). Das als Prototyp für die BGR-interne Anwendung entwickelte, inzwischen öffentlich verfügbare **MethodenWIKI**²²⁴ enthält Kennwerte aus der vergriffenen *Methodendokumentation Bodenkunde* (Ad-hoc-AG Boden 2000) und auch die zuvor aufgeführten Methoden 1.4 und 3.5. Es ist übersichtlicher gestaltet, jedoch ebenfalls sehr schwer zu finden: Möglicherweise finden Nutzer das *MethodenWIKI* bei einer Internet-Recherche nur als Bild der Startseite²²⁵.

Der *Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Nutzungsfunktion „Rohstofflagerstätte“ nach BBodSchG sowie der Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Erosion und Verdichtung* (Ad-hoc-AG Boden/Außendorf et al. 2007) stellt sinnvollerweise klar, dass über die **Vorbelastung Problemgebiete vorzeitig erkannt** werden könnten, **es jedoch nicht möglich ist, parzellenscharfe Handlungsempfehlungen** zu geben. Der Methodenkatalog listet die Bedeutung des Themas Bodenverdichtung für die gesamträumliche bzw. Fachplanung knapp auf und enthält einen Literaturvergleich der Methoden zur Bestimmung der potenziellen und aktuellen Verdichtungshäufigkeit, welcher jedoch bei der Erstellung teils veraltet war. Im Methodenkatalog wird der ‚**Personenkreis Bodenfunktionsbewertung**‘ der AG Boden namentlich genannt, einschließlich der jeweiligen Dienstbehörden in Bayern, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen, Sachsen und Hessen. Zudem wird auf die **enge Abstimmung mit der LABO** (vgl. Kapitel 3) hingewiesen. Die **AG Boden** der SGD und der BGR **könnte** als Einrichtung des BLA-GEO der WMK **ihre Sichtbarkeit bzw. die Sichtbarkeit ihrer Aktivitäten zur Verwaltung von Vorgaben erhöhen und damit einen (aus Sicht bodenkundlicher Laien) ungehobenen Schatz** heben.

²²² Kennwert 1.4 Potentielle Verdichtungsempfindlichkeit nach der Vorbelastung bei pF 1.8 (Pv_{1.8})

²²³ Kennwert 3.5 Feststofffein- und austrag je Hangsegment/Einzugsgebiet und Zeitintervall eines Einzelergebnisses der Bodenerosion durch Wasser als Ergebnis des prozessorientierten Simulationsmodells EROSION 2D/3D

²²⁴ <https://www.methodenwiki-bodenkunde.de/MethodenWiki/index.php?title=Hauptseite> (Stand: 22.02.2018)

²²⁵ https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Bilder/MethodenWiki/Bod_MethodenWiki-Startseite_g.html?nn=1542204 (Stand: 22.02.2018)

In der Projektbroschüre *Autonomik – Autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand* wird auf die Weiterentwicklung und **Verbreitung autonom agierender Ernte- und Transportsysteme abgezielt**, um dem insbes. in der Landwirtschaft bestehenden, erheblichen Kostendruck in globalisierten Wertschöpfungsketten zu begegnen. So sollen Zeit, Kraftstoff und Maschinenkosten gespart und die Bodenverdichtung verringert werden. Die Vorerfahrungen des zugrundeliegenden Projekts *Mobile autonome, kooperative Roboter in komplexen Wertschöpfungsketten* (marion) könnten sich als Zusatzinformation für die (Weiter-)Entwicklung von Nachhaltigem Bodenmanagement, wie z. B. innerhalb der Fördermaßnahme BonaRes, anbieten.

Ein von Seiten des BMWi als Version nur für den Dienstgebrauch vorliegendes *Gesamtdokument Partnerschaftsvereinbarung zwischen Deutschland und der Europäischen Kommission für die Umsetzung der ESI-Fonds unter dem Gemeinsamen Strategischen Rahmen in der Förderperiode 2014 bis 2020* (BMWi 2014) ist über den Internetauftritt saarland.de abrufbar und stellt Bodenverdichtung in den Zusammenhang mit Maßnahmen der Klimaanpassung im Rahmen des ELER. Bei diesem Gesamtdokument, das auf Vorkehrungen zur Sicherung der Übereinstimmung mit einer EU-Strategie bzw. EU-Zielen fokussiert, ist bemerkenswert, dass das Thema Bodenverdichtung enthalten ist.

Im BGR-Tätigkeitsbericht *BGR Report* (BGR/Wodtke 2015) wird das Ziel **Europaweite Erschließung der geowissenschaftlichen Datenbestände** erwähnt – wichtig für die Lösung bisheriger, auf Europa-Ebene bestehender Probleme (Datenpolitikbestimmungen, einige technische Spezifikationen in Durchführungsregeln inkl. der Berichterstattung) sowie für **webbasierte Dienste**, die der INSPIRE-konformen Umsetzung und zugleich als Medium der **Berichterstattung** für die MS dienen (vgl. Kapitel 3.1.2; z. B. Globales Bodeninformationssystem (Global Soil Information System, GloSIS)). Dies ist vor allem wichtig, um **reale Messdaten**, z. B. Bodenverdichtungsgrad, erodierte Bodenmenge, organisches Bodenmaterial, Bodenbedeckung, Bodennutzung, anstelle bisheriger Modellierungen, **verfügbar zu machen** (Datenhaltung, **Big Data**). Auf dieser Grundlage könnten abgesicherte Aussagen getroffen werden, z. B. für Bodenmonitoringprogramme in Deutschland (Bundes-Bodeninformationssystem). Kombiniert mit weiteren Systemen könnte es damit in Zukunft gelingen, Landwirtinnen und Landwirten das standortgerechte, gezielt bodenschonende Bewirtschaften der in Deutschland meist lokal sehr unterschiedlichen Böden zu erleichtern (Potenzial der Digitalisierung, Transfer von Erkenntnissen in die Beratung, Fachkenntnisse und Erfahrungswissen usw.).

Der *Bodenatlas Deutschland* (BGR/Kruse 2016) enthält ein Unterkapitel zur Bodenverdichtung, das die **Lagerungsdichte des Bodens** und die **Vorbelastung** der Ackerböden **bei sehr feuchten Bodenverhältnissen** beinhaltet und in einem **WMS** angezeigt werden kann. Das Aufrufen dieser Ansicht dauert aufgrund der genutzten Klappregister relativ lang und die Auswahl von Layer-Informationen

gelingt nicht ohne weiteres. Bedingt durch die Kartengrundlage 1:1.000.000 (BÜK1000N/CLC²²⁶) ist die Genauigkeit der Angaben eher gering und nur zur groben räumlichen Einordnung der Informationen geeignet²²⁷.

Insgesamt enthalten die Empfehlungen des Ressorts Wirtschaft mit *MethodenWIKI* und der Thematik autonom agierender Systeme und ein WMS das Ziel, geowissenschaftliche Datenbestände europaweit zu erschließen und so bestehende Probleme im Bereich Datenhaltung zu lösen. Daten(-dienste) sollen öffentlich oder in den Verwaltungen verfügbar sein, so die Vorgabe durch die INSPIRE-Richtlinie: Webbasierte Dienste, wie der angebotene WMS zu Bodenverdichtung, wirken u. a. förderlich auf die Kommunikation. Positiv ist außerdem, dass Kennwerte aus einem vergriffenen Medium nun als *MethodenWIKI* öffentlich verfügbar sind. Die länderübergreifende AG Boden betreibt Aktivitäten zur Verwaltung von Vorgaben und erarbeitet zusammen mit der LABO Methoden für einen einheitlicheren Vollzug des Bodenschutzes. Das Ressort stellt der Öffentlichkeit also ein breit aufgestelltes Expertenwissen zur Verfügung.

Ressort Zusammenarbeit

Das bereits im Jahr 1993 erschienene *Umwelt-Handbuch* (BMZ/GTZ 1993) hält den Aspekt Bodenverdichtung relativ grob und allgemein. Inhalte und Gestaltung wirken auch unter Berücksichtigung der Zeit der Entstehung veraltet.

Die Initiative *Economics of Land Degradation* (ELD) widmet sich den **Kosten der Landdegradation** (Kosten des Handelns gegenüber Kosten des Nicht-Handelns) und der Entwicklung praxisorientierter Strategien für Nachhaltiges Landmanagement auf Basis von ES. Die ELD-Initiative weist zu Recht darauf hin, dass **künftig** mit einer **Intensivierung bereits genutzter Flächen** bzw. **Umnutzung** von u. a. Feuchtgebieten und Grünland **in Ackerböden** zu rechnen ist. Die ELD hat **zwei MOOCs** angeboten, deren Inhalte zu ELD begrüßenswerterweise zugänglich und deren Extrakte in einen **Practitioner's Guide 2015** eingeflossen sind.

Das *Themeninfo Nachhaltige Bodennutzung* (GIZ/Schöning 2012) empfiehlt leichte Maschinen und appelliert, dass stärkere Mechanisierung nicht zu Bodenverdichtung führen darf. Das Thema Nachhaltige Bodennutzung wird treffend in den ökonomischen Kontext gesetzt: Angesichts der vergleichsweisen guten wirtschaftlichen Bedingungen in Europa wären **Anreize für die Investition in eine Reifendruckregelanlage bzw. ein Schnellentlüfter-Set** sinnvoll.

²²⁶ Die in der Kartenbezeichnung enthaltene Abkürzung CLC steht für das europaweite Projekt CORINE Land Cover (CLC), und CORINE für Coordination of Information on the Environment.

²²⁷ <https://geoviewer.bgr.de/mapapps/resources/apps/bodenatlas/index.html?lang=de&tab=boedenDeutschlands> (Stand: 22.02.2018)

An der Broschüre *Was ist nachhaltige Landwirtschaft?* (BMZ/GIZ/Krall 2015) ist bemerkenswert, dass das Thema Bodenverdichtung als Folge von unsachgemäßem Einsatz der Mechanisierung erwähnt wird. Interessant ist die Zielformulierung, **Wachstum soweit wie möglich vom Ressourcenverbrauch zu entkoppeln** und erinnert an das Welternährungsziel ‚Produce more with less‘. Mit Beratung und Weiterbildung könne dem unsachgemäßen Einsatz von Agrartechnik begegnet werden. Die Broschüre ist graphisch sehr ansprechend und sticht durch die inhaltliche Forderung heraus, eine **entpolarisierende Diskussion** zu führen und Nachhaltigkeit multifaktoriell zu sehen. Insgesamt fällt der verständliche, vermittelnde Kommunikationsstil auf.

Die Broschüre *Boden. Grund zum Leben.* (BMZ/GIZ/Schmitz 2017) enthält gute Definitionen der Begriffe Degradation und Erosion. Insgesamt wird das Thema Bodenverdichtung durch BMZ/GIZ sehr grob behandelt, doch erscheinen die Arbeiten im Bereich der **Wachstums-Zielformulierung, Kommunikationsstrategien und Vorarbeiten zu MOOCs** durch ELD überaus wertvoll.

Insgesamt gesehen, haben die Empfehlungen des BMZ und der GIZ für eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung in der Entwicklungszusammenarbeit keine Implikation für Deutschland, doch komplettieren sie die Analyse behördlicher Handlungsempfehlungen zur Vermeidung von Bodenverdichtung. Sie liefern wichtige Anstöße, z. B. frei zugängliche MOOCs, eine multifaktorielle Sicht auf die Transformation in Richtung Nachhaltigkeit (und die dazu nötige, entpolarisierende Diskussion) und die Einschätzung, dass in Europa Anreize für die Investition in eine Reifendruckregelanlage bzw. ein Schnellentlüfter-Set sinnvoll sind.

Regelsetzer

Durch **Regelsetzer** mit (DIN, ISO) und ohne (DWA, VDI) behördlichen Status wurden Merkblätter sowie Normen, Richtlinien und Standards entwickelt (untergesetzliches Regelwerk). Die **DWA** hat drei **Merkblätter zur Gefügestabilität** basierend auf dem Prinzip der **Vorbelastung** herausgegeben. Das dritte Merkblatt 901 enthält explizit **Empfehlungen für die Praxis** der bodenschonenden Bewirtschaftung (ATV-DVVWK 2002, S. 1).

Das **DIN** hat im Jahr 2012 einen **Norm-Entwurf** zur Bodenverdichtung (DIN Norm-Entwurf 19688) zurückgezogen, der Feuchte- und Bodenart-Modellierungen bzw. **Pedotransferfunktion** als Bewertungsbasis nutzte. Der Rückzug wurde so begründet, als dass diese **Bewertungsbasis nicht für regionale Handlungsempfehlungen** ausreiche bzw. für die Anwendungspraxis wenig sinnvoll sei. Außerdem sei sie nicht in die Fläche, z. B. als Karten zur potenziellen Verdichtungsempfindlichkeit, übertragbar (vgl. u. a. AG Boden in Kapitel 6.2.6, Einschränkungen des Konzepts der Vorbelastung). Nichtsdestotrotz wird der Norm-Entwurf verwendet (z. B. in Österreich und in Deutschland).

Der **VDI** hat eine Neuerscheinung der Richtlinie VDI 6101 veröffentlicht, welche Bodenverdichtung zentral behandelt und sogar die **jeweiligen betriebsspezifischen Rahmenbedingungen einschließt**. Die Richtlinie enthält **eine Reihe von** acker- und pflanzenbaulichen sowie technischen **Empfehlungen für bodenschonendes Befahren** (VDI 2014, S. 54-60) und adressiert nicht nur Landwirtinnen

und Landwirte sondern auch Hersteller moderner Landtechnik. Die Handlungsempfehlungen der Richtlinie wirken **praxisrelevant**.

Die ISO hat einen neuen **Standard zur Bekämpfung der Land Degradation** veröffentlicht, welcher Rahmenbedingungen der GfP enthält. Ein geplanter zweiter Teil soll anhand von **Fallstudien** zur regionalen Umsetzung dieser Prinzipien beitragen. Der neue ISO-Standard ist aufgrund des Fehlens eines informativen Einführungsbeitrags im Internet inhaltlich hier nicht beurteilbar, **klingt jedoch relevant für die SDGs** (vgl. Exkurs in Kapitel 4.1.6) **bzw.** die Umsetzung der **DNS** (vgl. Kapitel 6.1.1) und **für die VGSSM** (vgl. Kapitel 4.3.4).

Insgesamt ist – bis auf Ausnahmen – **nicht davon auszugehen, dass interessierte Praxisakteure** die von Regelsetzern herausgegebenen **Handlungsempfehlungen beschaffen**, u. a. wegen deren Recherchierbarkeit sowie anfallender Kosten²²⁸. Fraglich ist außerdem, wie bekannt diese Handlungsempfehlungen sind, abgesehen vom agrarwissenschaftlichen Umfeld (Hochschulen) und der staatlichen Bildungs- und Beratungseinrichtungen der Länder. Bezuglich der Kriterien Verfügbarkeit und Verständlichkeit könnte diese Ausgangslage eingeordnet werden als **eine Art ,nicht verfügbares Wissen**, auch wenn die Merkblätter sowie Normen, Richtlinien und Standards für alle käuflich zu erwerben sind. Sinnvoll wäre, wenn Behörden die Inhalte der VDI-Richtlinie 6101 zu **Entscheidungshilfen für den bodenschonenden Maschineneinsatz** leichter – möglichst kostenfrei – verfügbar machen, ggf. „verrechnet“ über ein Assistenzsystem bzw. eine mobile Applikation sowie „verbildlicht“ über z. B. einen **Film zur intelligenten Landbewirtschaftung**. Denkbar wäre auch eine **Kombination der Inhalte der praxisrelevanten VDI-Richtlinie 6101 mit einem intelligenten, praktikablen Meldungs- und Kontrollprogramm mit hoher Digitalisierung und Citizen Science** (ggf. einer **Kombination eines risikobasierten Ansatzes** entsprechend der Vorbelastung mit **Proben und (Wetter-)Parametern sowie Citizen Science**), gekoppelt mit gezielten **Schulungen** für einen hohen Kenntnisstand **des Betriebspersonals** zum Bodenschutz (vgl. auch LfL/DLG/Brandhuber et al. 2016, S. 18).

Kommissionen und Fachbeiräte der Ressorts oder der Bundesregierung

In der **AG Bodenspezialisten**, die als föderale Zusammenarbeit unter dem Dach des **VDLUFA** den Anspruch hat, **boden- und standortkundliches Wissen mit landwirtschaftlichem Sachverstand zu vereinen**, ist das Thema Bodenverdichtung an zentraler Stelle positioniert: „**standortangepasste Verfahren** zum Schutz der Böden vor Verdichtung [...], **Intensität der Bodenbearbeitung** in Abhängigkeit von **Standort und Fruchfolge**, Methoden zur Beurteilung der **Bodenstruktur**“ (VDLUFA 2009, S. 2) im Gelände. Die AG Bodenspezialisten dient dem länderübergreifenden

²²⁸ VDI-Richtlinie und ISO-Standard (beide über 140 Euro), zurückgezogene DIN-Vornorm (über 60 Euro), DWA-Merkblätter (zusammen über 40 Euro)

Erfahrungsaustausch **innerhalb des Ressorts**²²⁹ und bietet die Möglichkeit, konkrete Beispiele für **Problemlösungen** wechselseitig kennenzulernen. Bei einer Internet-Recherche könnte das Gre-
mium über die aus Anlass des Internationalen Jahr des Bodens 2015 auf dem BMEL-Internetauftritt eingerichteten Monatsthemen²³⁰ und über die aid-Broschüren (s. o.) zu finden sein. Es könnte sinn-
voll sein, die föderale Zusammenarbeit der AG Bodenspezialisten öffentlich sichtbarer zu machen. Allgemein erscheint der Ansatz, wechselseitig konkrete Beispiele für Problemlösungen kennenzu-
lernen, positiv. **Aus Praxisfällen könnten Vorschläge zum Vollzug des Ordnungsrechts** in den ein-
zelnen Bundesländern abgeleitet werden; hier liegt viel **verstecktes Potenzial** im Hinblick auf Um-
weltstandards und die Konkretisierung der GfP (vgl. Vorschlag BMUB/UBA).

Die aid-Broschüre *Gute fachliche Praxis – Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz* (aid/Brunotte et al. 2013) wurde ohne Beteiligung der LABO publiziert, welche dieses Vorgehen monierte. Als Zwischenergebnis kann hier eine **Kommunikationslücke** bzw. einen Bedarf an ‚Miteinander Reden‘ und Handeln abgeleitet werden – und unter Umständen eine künftige Einrichtung einer **Action Group** unter BLA-GEO, die mithilfe eines Returns-Konzeptes²³¹ arbeitet. Die länderübergreifende **AG Boden** (zuvor Ad-hoc-AG Boden) des durch die **WMK** einberufenen **BLA-GEO** erarbeitet – **in Zusammenarbeit mit der LABO** – Methoden für einen einheitlicheren Vollzug des Bodenschutzes und geht auf Verdichtungsempfindlichkeit ein: Diese mache zwar Problemgebiete erkennbar, könne jedoch Prozesse der Bodenverdichtung nur eingeschränkt abbilden (Ad-hoc-AG Boden 2007, S. 38). Der Methodenkatalog soll die Beschreibung und Bewertung von Bodenfunktionen **für einen einheitlicheren Vollzug des Bodenschutzes** in der Planungspraxis präzisieren, z. B. bei Bauvorhaben. Zum Thema Bodenverdichtung enthält der Methodenkatalog im Kontext Planung eine Auflis-
tung, die aktualisiert werden könnte. Er enthält eine ‚quasi-Forderung‘ nach **regionalen Hand-
lungsempfehlungen für eine punktgenaue, detaillierte Vermeidung von Schadverdichtungen an
einem Standort** (Ad-hoc-AG Boden/Außendorf et al. 2007, S. 38). Die **AG Boden** als Einrichtung des BLA-GEO der WMK und der BGR könnte sich möglicherweise – gemeinsam mit den Ressorts Land-
wirtschaft und Umwelt – um die hier vorgeschlagene Verwaltung der Vorgaben kümmern.

Der **SRU** weist treffenderweise darauf hin, dass die GfP **auf eigene Kosten** einzuhalten sei, und bisher regelmäßig **nur bei konkreten rechtlichen Präzisierungen** eine spürbare **Lenkungswirkung** entfaltet habe. Ansonsten seien keine Eingriffe im Sinne des BNatSchG definiert. Daher empfiehlt der SRU, die **Vermeidung von Bodenverdichtung** ausdrücklich **zur Pflicht** zu machen und die

²²⁹ Die AG Bodenspezialisten legt Wert auf vertrauensvolle Zusammenarbeit der Angehörigen von Landwirtschaftskammern, Landesanstalten bzw. -ämtern oder Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungseinrichtungen sowie For-
schungseinrichtungen im Geschäftsbereich des BMEL, und das BMEL lädt zu den Arbeitstagungen ein (Unterstützung der Durchführung mit einem finanziellen Beitrag) (VDLUFA 2009, S. 3).

²³⁰ https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Pflanzenbau/Boden/_Texte/Boden.html?docId=7063476 (Stand: 22.02.2018)

²³¹ Gemeint sind hier Investitionsprogramme/soziale und ökologische Renditen (returns of investments) im Bereich Land-
schaftsschutz und -wiederherstellung.

Umweltpolitik institutionell zu stärken, z. B. Umweltwirkungen in Entscheidungen insbes. der nicht-Umwelt-Ressorts stärker zu berücksichtigen. Es scheint sinnvoll, dass sich die Ressorts mit diesem Vorschlag der verstärkten Berücksichtigung von Umweltwirkungen bzw. der **Privilegierung des Landwirtschaftssektors** auseinandersetzen, **gerade im Kontext der SDGs, der Agenda 2030, der EU-Bodenstrategien und des 7. UAP bis 2020.** Das im Umweltgutachten grob im Zusammenhang mit Bodenversiegelung bei linienhaften technischen Infrastrukturanlagen angeschnittene **Thema Bodenverdichtung** erscheint **weiter konkretisierbar** bzw. sollte z. B. neben Straßen auch Höchstspannungstrassen²³² (Verlegung von Erdkabeln) einbeziehen.

Die **LABO**, einberufen durch die **UMK**, zielt besonders auf einen einheitlichen Vollzug des Bodenschutzrechts ab und hat im Jahr 2014 die Broschüre **Gute fachliche Praxis – Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz** (aid/Brunotte et al. 2013/2015)) kritisiert: Diese lasse Landwirtinnen und Landwirte, Beratungsstellen und Vollzugsbehörden **im Unklaren** zu **Anforderungen und Verbindlichkeit**. Außerdem **hinterfragt** die LABO prinzipiell **die Möglichkeit, Anforderungen der GfP einzuhalten** – angesichts heutiger Radlasten und Gesamtgewichte von Fahrzeugen eine wichtige Überlegung. Dagegen seien **Informationen mit Hinweisen zur tagesaktuellen Bodenfeuchte oder zu deren Jahresgang, ein Verfahren zur Bewertung des Lasteintrags und eine Konkretisierung typischer Lasteinträge und Kontaktflächendrücke für gängige Bearbeitungsverfahren** (LABO 2014, S. 7) **nötig**, was in diesem Zwischenergebnis als wichtiges Handlungserfordernis gelten kann.

Der **WBGU**, eingerichtet als Beratergremium der **Bundesregierung**, setzt die Verdichtungsgefahr in den Zusammenhang mit zunehmender Mechanisierung und stellte schon im Jahr 1994 heraus, dass dauerhafte, aber durch Bodenbearbeitung, Düngung, Kalkung usw. **beseitigbare oberflächennahe Bodenverdichtungen** dennoch der **Bodendegradation** zuzurechnen seien (WBGU/Beese et al. 1994, S. 49f.). Als Handlungsempfehlungen nennt der WBGU die Ableitung der tatsächlichen mechanischen Belastbarkeit der Böden aus der **Vorbelastung** (WBGU/Beese et al. 1994, S. 63) sowie die „Verwendung von Spezialreifen, Wahl des optimalen Zeitpunkts der Befahrung, durch Verfahren wie *reduced-till farming* (minimales Pflügen), leichtere Geräte, Einsatz von Zugtieren [sic!] sowie [...] pflanzenbauliche Maßnahmen (Fruchtfolge)“ (WBGU/Beese et al. 1994, S. 93). Interessant erscheint hier die Reflexion über die Angemessenheit des Einsatzes und über den menschlichen Blickwinkel auf das **Nutzungsinteresse** an Bodenfunktionen.

Ein Anfang der 2000er Jahre durch den **WBB** beim BMU²³³ veröffentlichtes Gutachten und eine Denkschrift stellen den Entwicklungsbedarf der GfP dar und greifen das Thema Bodenverdichtung

²³² Bei den Bauarbeiten zur Verlegung von Erdkabeln kommt es oft zu mechanischen Überlastungen, bzw. zur Bodenverdichtung, sowohl beim Bau als auch bei der Rekultivierung. Entsprechend ist eine fundierte Bodenkundliche Baubegleitung (BBB) wichtig, um sicher zu stellen, dass die Belange des Bodenschutzes bei der Verlegung der Erdkabel berücksichtigt werden.

²³³ Der WBB wurde im Jahr (des Erlasses des BBodSchG) 1998 zunächst für einen Zeitraum von fünf Jahren berufen und im Jahr 2004 aufgelöst. Im Jahr 2004 neu eingerichtet wurde die KBU.

als Unteraspekt der Bodendegradation auf. Das Gutachten enthält **Forderungen zur Aufwertung von Gemeinwohl-Interessen gegenüber ökonomischen Interessen**: Die Landwirtschaft solle durch **Weiterentwicklung des Ordnungsrahmens** mehr auf ökologische Anforderungen und weniger auf ökonomische Aspekte ausgerichtet sein (WBB/BMU/Grathwohl et al. 2000, S. 17). Die Denkschrift enthält einen Hinweis auf **schwere Maschinen** und einen interessanten **Vorschlag**, das Umweltsicherungssystem Landwirtschaft (**VDLUFA-USL**) in **Kombination mit Förderanreizen** zu nutzen (WBB/BMU/Grathwohl et al. 2002, S. 40). Doch waren im achtköpfigen Gremium nur zwei Bodenkundler und eine Agrarwissenschaftlerin. Das Thema Bodenverdichtung ist enthalten, jedoch sind die Inhalte eher theoretisch und durch eine in der Raumordnung übliche Sprache gekennzeichnet (Gutachten) bzw. knapp (Denkschrift) und erscheinen somit **in der Praxis schwer verwendbar**. Interessant ist die abweichende – auf Lesende irritierend wirkende – Formulierung, Qualitätsverluste seien **unbedingt zu verhindern** (WBB/BMU/Grathwohl et al. 2002, S. 39) im Vergleich mit dem Passus der GfP, der die Formulierung ‚**so weit wie möglich zu vermeiden**‘ enthält (§ 17 BBodSchG). Wie die Leitidee bzw. der Kerngedanke *Boden als gemeinschaftliches Gut, das Eigentümern gehören kann* (WBB/BMU/Grathwohl et al. 2000, S. 17) konkret in das Ordnungsrecht zu verankern sein könnte, führte der WBB in beiden Texten nicht aus. Diese Empfehlungen bzw. Leitideen treffen dennoch einen entscheidenden Punkt: die **Sonderstellung der Landwirtschaft vor dem umweltrechtlichen Rahmen (Privilegierung des Landwirtschaftssektors)**. Dies wurde in der Entwurfsphase des BBodSchG kontrovers diskutiert, und als **Konsens** der Begriff der **GfP** eher **offengehalten**. Durch **Subsidiaritätsklauseln** wurde in Kauf genommen, dass **Schwierigkeiten bei der Umsetzung** eintreten (politisches Dilemma fehlender Regelungen zum Vollzug der GfP/legislative Unsicherheit) (vgl. Kapitel 2.3.2 und Kapitel 2.3.3). Die WBB-Leitidee *Boden als gemeinschaftliches Gut* konkret in das Ordnungsrecht zu verankern ist eine Aufgabe, die ggf. nur schwierig im Privatrecht (Bürgerliches Gesetzbuch, BGB) umzusetzen ist. Jedoch wäre dringend darüber zu reflektieren, inwiefern z. B. durch die Nutzung von **Big Data** in Kombination mit der Einführung derzeit (noch) nicht festgelegter Vorsorge, Prüf- und Maßnahmenwerte zur GfP doch zu einer Lösung gelangt werden könnte.

Der Rat für Nachhaltige Entwicklung (**RNE**), berufen durch die **Bundesregierung**, führt das Thema **Bodenverdichtung** beachtenswerterweise **im Kontext Nachhaltiger Konsum** und externalen Kosten von vermeintlich ‚günstigen‘ Nahrungsmitteln auf: Er weist darauf hin, dass wir derzeit nicht **den wahren Preis für Umweltauswirkungen wie u. a. Bodenverdichtung** zahlen. Dieser sei – durch **langfristig gesehen hohe Kosten** – real ein wesentlich höherer (RNE/GIZ/Böhnke et al. 2017, S. 68). Für eine nachhaltige Bodennutzung in der Landwirtschaft könnte verstecktes Potenzial auch in kleinen Projekten liegen, wie die im Rahmen des **RNE-Wettbewerbs** *BodenWertSchätzen* ausgezeichneten Projekte aus dem Jahr 2015 zeigen: u. a. durch eine bessere Ausbildung zur Spatenprobe und mit *bottom-up* bzw. regionalen Ansätzen zu Bodenfruchtbarkeit und Zwischenfruchtanbau sowie mittels möglicher Bodenindikatoren als quasi-Verbrauchskontingent (vgl. Kapitel 6.1.1). Auf übergeordneter Ebene sieht der RNE die **Landwirtschaft** treffenderweise in einer Doppelrolle: Sie ist **Gestalterin von Vielfalt und Biodiversität in der Kulturlandschaft und zugleich durch Übernutzung deren größte Bedrohung** (Marx 2008). Die ausgezeichneten und künftige **Projekte** könnten

sich als **Schätzen** ausweisen, um das **System Boden** in Politik und Gesellschaft auf eine Ebene mit der Sichtbarkeit der Umweltmedien Wasser und Luft anzuheben.

Die **KBU** erwähnt Bodenverdichtung in einem Positionspapier im Zusammenhang mit **Nachhaltigem Bodenmanagement** bereits an zweiter Stelle. Indirekt wird das Thema Bodenverdichtung angesprochen über ein **Returns-Konzept**: Durch Investitionsprogramme zur Regenerierung stark degraderter Böden könnte eine **Promille des weltweiten landwirtschaftlichen Umsatzes** in die Regeneration von degradierten Böden **investiert** werden, dies entspreche 720 Euro pro Hektar Boden im Jahr. In einem weiteren Positionspapier mit Bezug zum vorbeugenden Hochwasserschutz werden Gefügeschäden durch menschliche Eingriffe erwähnt und immer größere und schwerere Maschinen als Zitat angeführt (Lilienthal et al. 2008, zit. in KBU/UBA/Makeschin et al. 2014, S. 3). Außerdem wird vorgeschlagen, durch Flächeninanspruchnahme verloren gegangene Flächen in **Wassereinzugsgebieten** im Verhältnis 1 : 2 durch eine **Umstellung auf Ökolandbau** auszugleichen. Derartige Maßnahmen seien sinnvoll, da die Landwirtschaft bisher nicht belohnt werde für diese gesellschaftspolitisch relevanten **ES**. Eine Übersicht zu den Schwerpunkten der KBU für den Zeitraum 2017 bis 2019 enthält das Thema Bodenverdichtung indirekt über unterschiedliche Themen: Ressourcenschutz/Boden als begrenzte Ressource, Ökosystemleistungen des Bodens, vorbeugender Hochwasserschutz, französische Initiative **4 für 1000**, SDG-Indikatoren im Zuge der DNS, Digitalisierung, Nachwachsende Rohstoffe und Entwicklung der BRRL. Besonders interessant ist eine für das Jahr 2018 geplante Klarstellung zur französischen Initiative **4 für 1000** (vgl. Kapitel 4.3.3), eine Hervorhebung des **SDG 15** im Zuge der DNS (vgl. Kapitel 6.1.1) sowie ein definierter Beobachtungsstatus hinsichtlich der **Entwicklung der BRRL** (vgl. Kapitel 4.1.3, Kapitel 4.1.4.3 sowie UBA/Altvater et al. 2018 in Kapitel 6.2.2), bzw. die damit verknüpften Fragen im Zusammenhang mit **Klimaschutzgründen**, mit dem **neuen Bodenindikator** sowie mit neuen Elementen und Fragestellungen für **Rechtssetzungen im europäischen Bodenschutz** (UBA/Mathews 2017, S. 2f.).

Der **WBAE** nimmt Bodenverdichtung in seinem Klimaschutzgutachten im Zusammenhang mit Dünung auf.

Die **KLU** fordert eine flächendeckende Etablierung von Vorsorgemaßnahmen gegen Erosion, Humusschwund und interessanterweise auch gegen Bodenverdichtung in sensiblen Gebieten und empfiehlt eine Verschärfung des § 17 BBodSchG wie auch eine rechtsverbindliche Definition beim Mais- und Zuckerrübenanbau. Eine Etablierung von Vorsorgemaßnahmen in sensiblen Gebieten im Sinne von ‚hot spot Regionen‘ erscheint naheliegend, jedoch müssten dafür diese Gebiete flächenhaft ausgewiesen werden können, wie es z. B. die BRRL vorgesehen hatte oder wie es einige derzeit laufende Projekte über Praxismessungen anstreben (u. a. die BonaRes-Projektverbünde I4S und SOILAssist). Eine bessere Definition der standortangepassten Nutzung beim Mais- und Zuckerrübenanbau erscheint vor dem Hintergrund Erosion und Bodenverdichtung sehr sinnvoll.

Inwiefern das im Jahr 2012 auf Bundesebene eingerichtete **Fachnetzwerk Boden.Bund** das Thema Bodenverdichtung behandelt, ist in Ermangelung von Fundstellen im Internet über den *Vierten Bodenschutzbericht der Bundesregierung* hinaus nicht feststellbar.

Insgesamt dürften die **Kommissionen und Fachbeiräte** für Nutzer aus allen Bereichen der landwirtschaftlichen Praxis **z. T. unsichtbar** bleiben, obwohl sie als Gremien wertvolle Arbeit leisten; sie:

- treiben einen einheitlicheren Vollzug des Bodenschutzes voran,
- bewerten konkrete Methoden wie z. B. das Konzept der Vorbelastung,
- geben Hinweise zur Konkretisierung und Durchsetzung der GfP,
- hinterfragen die Einhaltbarkeit der Anforderungen der GfP bei heutigen Radlasten und Fahrzeug-Gesamtgewichten,
- stufen externe Kosten für vermeintlich ‚günstige‘ Lebensmittel ein,
- berücksichtigen Gemeinwohl-Interessen in einem weiterzuentwickelnden Ordnungsrahmen,
- formulieren weitere Forderungen wie Investitionsprogramme (Returns-Konzept), Ausgleichsmaßnahmen und Maßstäbe bzw. Restriktionen für den Mais- und Zuckerrübenanbau und
- tauschen Problemlösungen anhand von Fallbeispielen aus bzw. holen diese im Rahmen eines Wettbewerbs ein, der regionale Lösungen ‚im Kleinen‘ aufzeigt (z. B. Projekt Beratungsring Ackerbau).

Daraus wird hier ein **verstecktes Potenzial** abgeleitet.

Die in den Gremien bzw. Ressorts bestehenden **Erwartungen** bzw. aus gewachsenen Strukturen resultierenden Stoßrichtungen sollten bei der Weiterentwicklung der Zusammenarbeit weiterhin **bedacht werden**. Hierbei geben z. B. die Kritikpunkte der LABO – an (in einer aid-Broschüre) fehlenden Bewertungsverfahren, unklaren Anforderungen bzw. Verbindlichkeit der GfP für Landwirtinnen und Landwirte, Beratungsstellen und Vollzugsbehörden – eine allgemeine Richtung der Bewertung von behördlichen Handlungsempfehlungen vor, auch wenn die besagte aid-Broschüre überwiegend einen Bildungs- bzw. Informationsanspruch verfolgt hat. Diese Kritikpunkte führen zu einer **Bitte der UMK an BMUB und BMEL**, bei der erforderlichen Konkretisierung der GfP die **Lösungsansätze und Regelungsvorschläge der LABO** zu prüfen. Weiteres Potenzial wird hier in dem **BLA-GEO** und seiner AG Boden als Rahmen für eine mögliche Action Group gesehen, die mit Hilfe eines Returns-Konzeptes (Investitionsprogramme im Bereich Landschaftsschutz und -wiederherstellung) sowie als Gremium arbeitet. Der BLA-GEO mit seiner AG Boden begleitet die gegenseitige Information über und die Abstimmung von Maßnahmen, die ein **einheitliches Verwaltungshandeln von Bund und Ländern** erfordern. Insgesamt könnte der Schwerpunkt **Datenhaltung** künftig auch für das Thema Bodenverdichtung wichtiger werden (u. a. hinsichtlich einer flächendeckenden Vorsorge gegen Bodenverdichtung in sensiblen Gebieten, wie es z. B. die KLU gefordert hat), gerade weil die **Digitalisierung Chancen für eine nachhaltige, umweltverträglichere Landwirtschaft bietet**.

Kommunikationsstrategien

Für Nutzer sind **innovative Ansätze nutzerorientierter Kommunikation** im Internet recherchierbar. Von Seiten des Ressorts Landwirtschaft ist im 2. Halbjahr 2017 ein **Praktikernetzwerk** gestartet, auch **YouTube-Videobeiträge Wir geben Antworten** wurden in dieser Zeit veröffentlicht, und Ende Januar 2018 wird ein **Bürgerdialog Fragen Sie einen Landwirt!** angeboten. Seitens des Ressorts Umwelt ist im 1. Halbjahr 2017 ein ca. 3-wöchiger **Bürgerdialog Dialog-Forum Wasser/Boden** durchgeführt worden, ein **Praktiker-Dialog mit der Landwirtschaft** hat im 2. Halbjahr 2017 stattgefunden, und es wurden Anfang Januar 2018 jeweils zehn **Empfehlungen und Thesen für eine verbesserte Kommunikation** von Bodenthemen veröffentlicht.

Dialog-Formate wie der zeitlich begrenzte *Bürgerdialog Dialog-Forum Wasser/Boden* des BMUB mit insgesamt 259 User-Beiträgen – davon **zehn User-Beiträge mit Bezug zum Thema Bodenverdichtung** – werden durch das Prinzip des direkten Einstellens und direkten Antwortens belebt. Dabei ist von Vorteil, dass Antworten durch das BMUB im selben Internetforum gegeben werden, entweder auf ausgewählte, einzelne Postings oder auf zusammenhängende Beiträge. Es werden auch Antworten auf interessante und häufige Fragen asynchron eingefügt. Inhaltlich wird konkretisierend erwähnt, dass neben Beratung und Kontrolle nötigenfalls das **Absichern einer standortangepassten Nutzung** in Frage komme.

Fortlaufende Treffen mit Praxisakteuren wie das *Praktikernetzwerk* (BMEL), das übergeordnet der gemeinsamen Bewertung der Praxistauglichkeit von Gesetzen und Verordnungen sowie dem Bürokratieabbau dient, verfolgen das wichtige Ziel, Erfahrungen aus der großen Breite der Praxis stärker einzubinden und in Dialog zu treten. Inhaltlich wurde während der Auftaktveranstaltung des *Praktikernetzwerks* das Thema Bodenverdichtung konkret im Fragenbündel nach den **Herausforderungen** der Zukunft, der **Gestaltung bodenschonenden Managements** bzw. den Auswirkungen der novellierten Düngeverordnung auf die **Fruchfolgegestaltung** behandelt.

Der *Praktiker-Dialog mit der Landwirtschaft* (BMUB) dient dem Dialog zwischen der Bundesumweltministerin und den in der Landwirtschaft und im Naturschutz aktiven Personen sowie allen Verbraucherinnen und Verbrauchern. Zur Auftaktveranstaltung wurde als wichtiges Ziel gesetzt, die Schnittstellen des Umweltschutzes mit der Landwirtschaft zu thematisieren, und vor dem Hintergrund der Schwerpunktcampagne *Gut zur Umwelt. Gesund für alle* (elf Motive *Neue Bauernregeln*) dafür geworben, die **Landwirtschaft naturverträglich** zu betreiben. Inhaltlich wird das konkretisierende Ziel formuliert, dass **Landwirtinnen und Landwirte für Naturschutz**, Landschaftspflege und Tierwohl **zusätzlich honoriert** werden sollen. Ob das Thema Bodenverdichtung im Praktiker-Dialog mit der Landwirtschaft diskutiert wird bzw. wurde, ist auf Basis der Dokumentation in der BMUB-Bildergalerie nicht bewertbar. Leider wird hier nicht klar, welche Themen besetzt wurden sind bzw. wie das Ziel der Einordnung in die aktuelle Diskussion zur Landwirtschaftspolitik behandelt worden ist.

Videobeiträge und Empfehlungen und Thesen für eine verbesserte Kommunikation dienen neben der Vermittlung darin enthaltener Fachinhalte auch und vor allem dem **Transfer** – bzw. der Reflektion der **Art und Weise, wie Bodenthemen kommuniziert werden** (Kommunikationskonzepte). Von insgesamt 49 *YouTube-Videobeiträgen* *Wir geben Antworten* des BZL beinhalten einige das Thema Bodenverdichtung direkt oder indirekt, und weisen auf Maßnahmen zur Vermeidung von Bodenverdichtung auf Ackerflächen hin. Für acht gesichtete Videobeiträge wurde das Nutzerverhalten (Aufrufe) im Anschluss an die Freischaltung und rund drei Monate danach betrachtet: **Die meisten Aufrufe** erhielt ein Videobeitrag zu ***Nachhaltige Landwirtschaft: Mit gutem Boden fängt alles an*** aus dem Jahr 2017 (269 Aufrufe) und ein ursprünglich aus dem Jahr 2003 stammender Videobeitrag ***Die Entstehung unserer Böden*** (192 Aufrufe). **Die wenigsten Aufrufe** erhielt der ursprünglich aus dem Jahr 2001 stammende Videobeitrag ***Boden auch mit großen Maschinen scho-nend befahren*** (59 Aufrufe). **Starke Zunahmen** an Klickzahlen weisen der Videobeitrag ***Nachhaltige Landwirtschaft: Mit gutem Boden fängt alles an*** (+173) sowie der Videobeitrag ***Die Entstehung unserer Böden*** (+139) auf, wohingegen der Videobeitrag ***Boden auch mit großen Maschinen scho-nend befahren*** (+31) leider nur **geringe Zunahmen** erzielt hat.

Insgesamt ist der **Kommunikationsstil** der Videobeiträge des BZL – bedingt durch das teils weit zurückliegende Datum ihrer Erstellung – **unterschiedlich modern gestaltet**: Beispielsweise ist der Teaser des Videobeitrags *Sicher fahren mit land- und forstwirtschaftlichen Fahrzeugen – Kurzfassung* modern gestaltet und Spannung erzeugend, jedoch werden die Inhalte durch den Sprecher mit etwas monotoner, jedoch relativ klarer Sprache vermittelt. Die Inhalte sind ein Ausschnitt aus einem 22-minütigen Lehrfilm von ca. 1999/2. Auflage 2012, und enthalten keine Inhalte direkt zum Thema Bodenverdichtung. Der Teaser der Videobeiträge *Nachhaltiger Pflanzenbau* und *Nachhaltige Landwirtschaft: Mit gutem Boden fängt alles an* ist jeweils modern gestaltet, und die Inhalte werden zeitgemäß vermittelt: Die durch den Sprecher verwendete Sprache wirkt motivierend, und Stakeholder stehen im Vordergrund – beide Videobeiträge sind moderne Formate im Hinblick auf Gestaltung und Inhalte. Der Videobeitrag *Nachhaltiger Pflanzenbau* enthält jedoch keine Inhalte explizit zum Thema Bodenverdichtung, während der Videobeitrag *Nachhaltige Landwirtschaft: Mit gutem Boden fängt alles an* Bodenverdichtung explizit als Gefahr für den lebendigen Boden und Beschleuniger der Erosion anspricht. Dagegen dürfte der Videobeitrag *Die Entstehung unserer Böden* auf Nutzer eher veraltet wirken: Der Teaser ist zwar eher modern, doch etwas verschachtelt formuliert. Die Präsentation der Inhalte wirkt lang und umständlich: Der Sprecher umreißt die frühe Landnutzungsgeschichte, und Prof. Karl Auerswald (Technische Universität München, TUM) präsentiert physisch-geographische Fachinhalte, die für Nicht-Geographinnen/Nicht-Landschaftsökologen eher uninteressant sein dürften. Dieser Videobeitrag enthält keine Inhalte direkt zum Thema Bodenverdichtung. Auch der Videobeitrag ***Boden auch mit großen Maschinen scho-nend befahren*** dürfte veraltet wirken: Der Teaser ist modern und greift gesellschaftliche Meinungen auf. Der Inhalt ist jedoch älter, und der Sprecher präsentiert die Inhalte mittels einer monoton, kompliziert und mitunter belehrend wirkenden Sprache. Der Videobeitrag enthält das Thema Bodenverdichtung und GfP detailliert, und plädiert gegen eine generelle Begrenzung der Radlast und eine Reduzierung auf ein geringeres Mechanisierungsniveau zuungunsten einer leistungsfähigen Landwirtschaft. Gründe für die geringe Anzahl von Aufrufen durch Nutzer bzw. den mäßigen

Erfolg des BZL-Videobeitrags *Boden auch mit großen Maschinen schonend befahren* aus dem Jahr 2001 sind hier nicht analysierbar, angenommen werden könnte vorerst die veraltete Gestaltung, der optimierbare Kommunikationsstil sowie der – eher auf Fachpublikum zugeschnittene – zu technische Titel.

Eine Zwischenstellung nimmt der Videobeitrag *Verdichtung und Erosion gefährden unsere Böden* ein: Der Teaser-Text ist prägnant und weist auf Maßnahmen gegen Bodenverdichtung hin. Der Inhalt ist etwas moderner, und der Sprecher vermittelt die Inhalte mit ruhiger, klarer Sprache. Der Videobeitrag enthält das Thema Bodenverdichtung und schildert die Probleme bei Pflügen auf nassem Boden sowie technische und ackerbauliche Möglichkeiten zur Abhilfe (Verwendung extrem breiter Reifen, Onland-Pflügen oder Pflugverzicht).

Zeitgemäß wirken die Videobeiträge *Nachhaltige Landwirtschaft* und *Nachhaltige Landwirtschaft: Vier Bauernhöfe stellen sich vor*. Der Teaser-Text ist jeweils modern und weist auf die Sicht der Stakeholder (Landwirtinnen und Landwirte und ihre Familien) bzw. auf deren Versuche hin, nachhaltig zu wirtschaften. Die Inhalte sind zeitgemäß, Stakeholder stehen im Vordergrund, und die durch den Sprecher verwendete Sprache wirkt motivierend. Beide Videobeiträge enthalten keine Inhalte direkt zum Thema Bodenverdichtung.

Die durch das BZL ebenso eingestellte **Webinar-Aufzeichnung** (*Webinar: Kluengesundheit beim Rind*, Aufzeichnung aus dem Jahr 2015) ist ein vielversprechendes, **interaktives Webinar mit Moderation, Referentin und Chat**. In dem 1-stündigen interaktiven Webinar unter dem Dach des aid gab es die **Gelegenheit, in einem Chat mitzudiskutieren** und sich durch Kommentare und Fragen unmittelbar und ohne zeitliche Verzögerung an die Referentin zu wenden. Leider sind von dem insgesamt rund eine Stunde dauernden YouTube-Videobeitrag nur ca. vier Minuten zu sehen. Es könnte in Anlehnung an das *Webinar: Kluengesundheit beim Rind* ein **Bodenverdichtungs-Webinar** geplant, durchgeführt und ausgewertet werden.

Der ursprünglich aus dem Jahr 2001 stammende BZL-Videobeitrag zur bodenschonenden Befahrung *Boden auch mit großen Maschinen schonend befahren* kommt bei der Zielgruppe vergleichsweise schlecht an, ablesbar durch die im Vergleich geringsten Klickzahlen. Hieraus kann eine Lücke abgeleitet werden, die z. B. durch BonaRes-Verbundprojekte wie u. a. SOILAssist geschlossen werden könnte. So könnte beispielsweise ein **methodisch und inhaltlich zeitgemäß gestalteter, mit einer stringenten Kommunikationsstrategie ausgestatteter** und für Nutzer **attraktiver Film** produziert werden.

Diese und weitere Kriterien für eine verbesserte Kommunikation von Bodenthemen finden sich erfreulicherweise auch in den im Januar 2018 unter dem Motto *Boden eine Sprache geben* veröffentlichten *Empfehlungen und Thesen für eine verbesserte Kommunikation*. Diese sollen dabei helfen, das Thema Boden auf eine dem Klimawandel und der Biodiversität entsprechende, hohe Ebene zu heben. Die dort beschriebenen Werkzeuge und Methoden greifen auf Wissen aus der **Erwachsenenbildung und Umweltpsychologie** zurück und beziehen **Techniken aus den Bereichen**

Medien und Kommunikation ein. Das Thema Bodenverdichtung ist nicht direkt, jedoch indirekt über Bodendegradation (UBA/Beblek et al. 2018a) enthalten. Als interessant zu werten ist die Empfehlung zum Ausbau und zur Finanzierung von Strukturen für ein **Aktions- und Bodennetzwerk** und zur Etablierung eines **Förderprogramms für bodenspezifische Netzwerke und Gremien** (UBA/Beblek et al. 2018a, S. 17), die als **Schnittstellen** zwischen den verschiedenen Akteurinnen und Akteuren mit der Zivilgesellschaft, Öffentlichkeit und Politik auf regionalen sowie verwaltungstechnischen Ebenen fungieren (UBA/Beblek et al. 2018a, S. 17). Dies erscheint sinnvoll, auch weil derzeit eine Professionalisierung feststellbar ist. Zum Beispiel sieht die bodenwissenschaftliche Vereinigung Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft (DBG) die Notwendigkeit, die bisher im Ehrenamt bzw. im Rahmen einer anderen Tätigkeit bediente Geschäftsstelle in eine Teilzeitstelle zu überführen. Ebenso interessant zu werten, ist der Hinweis auf die Notwendigkeit, ein **wirksames Marketing hinzuzukaufen**. Oben wurde gezeigt, dass die Bundesländer Hessen und Nordrhein-Westfalen dies praktiziert haben, mit großem Erfolg. Über die Empfehlung, Schockbilder zu vermeiden (UBA/Beblek et al. 2018b, S. 21), wäre ggf. noch zu diskutieren, da die Affinität dazu wahrscheinlich von der Zielgruppe abhängig ist. Die Empfehlung, häufiger und zielgerichtet **adressatenorientierte Bilder** einzusetzen, erscheint sinnvoll.

Der seit Ende Januar 2018 fortlaufende *Bürgerdialog Fragen Sie einen Landwirt!* des BZL enthält ein Online-Formular, in dem Nutzer Fragen stellen können. Diese Nutzerfragen werden durch das BZL gesammelt und bei besonderer Relevanz und Häufigkeit an Landwirtinnen und Landwirte weitergeleitet. Die Beantwortung wird auf dem Internetauftritt eingestellt, ohne dass Autorinnen und Autoren sichtbar sind (Stand: 22. Februar 2018). Inhaltlich wird konkretisierend diskutiert, dass **bei Verzicht auf Glyphosat u. a. die natürliche Struktur des Bodens gestört** werde. Leider sind in dem Bürgerdialog des BZL keine Direktantworten vorgesehen, und es ist nicht nachvollziehbar, wer die Antwortenden sind, und wie die Auswahl besonders interessanter Fragen getroffen wird. Das Format erscheint derzeit nicht als Form eines sich fortführenden Zwiegesprächs, sondern eher als eine gezielte Informationsvermittlung auf Anfrage.

Der in die Untersuchung einbezogene WMS der **BGR** ist interessant. Leider lässt die Genauigkeit nur eine grobe Einordnung der eigenen Flächen durch landwirtschaftliche Nutzer zu.

Eine ebenso in die Untersuchung einbezogene Veröffentlichung des **Bundesamts für Naturschutz (BfN)** deckt den Kontext Leguminosenanbau – Bodenschonung – Bodenklimaschutz – ES ab. Der Text ist verständlich, praktisch relevant und anwendbar, leider ist er durch Online-Recherche zur Bodenverdichtung nur schwer zu finden.

Insgesamt kann hier ein Trend in Richtung **Öffentlichkeitsbeteiligung und Partizipation** erkannt werden und damit eine Wertschätzung der gesellschaftlichen Auseinandersetzung mit dem Thema Bodenverdichtung und Bodendegradation. Durch die Einbringung von Praxiswissen in politische Entscheidungsprozesse durch Landwirtinnen und Landwirte profitieren mehrere Partner. Die vermehrte **Nutzung interaktiver Formate und handlungsorientierter Kommunikation** wirkt ergänzend zu traditionellen Formaten und ist als für Kommunikationsstrategien innerhalb der „Boden-

Community' gewinnbringend zu werten. Der direkt aufgenommene Kontakt zu Landwirtinnen und Landwirten von Seiten der Ressorts kann als ein Teilaspekt **innovativer Formen von modernem Government** gewertet werden.

7 Zusammenfassende Bewertung

7.1 Ebenen der Handlungsempfehlung (national, europäisch)

Europäischer Bodenschutz

Da es auf europäischer Ebene **keine allgemeingültigen Vorgaben** zum Bodenschutz gibt, werden Politikmaßnahmen verfolgt, die dem Bodenschutz zugutekommen: Auf europäischer Ebene hat die KOM Projekte (H2020) für die **gezielte Unterstützung der MS zur Verbesserung des Bodenmanagements** angeschoben (u. a. LANDMARK, iSQAPER, INSPIRATION, SoilCare und DiverFarming). Beispielsweise wird voraussichtlich Ende Februar 2018 das H2020-Projekt **INSPIRATION** (vgl. Kapitel 4.2.4) **den Entwurf einer SRA online verfügbar machen**, in dem vor dem Hintergrund aktueller Herausforderungen **Wege zur Umsetzung** eines umweltfreundlichen, gesellschaftlich akzeptierten und wirtschaftlich machbaren **Landnutzungs- und Bodenmanagements** aufgezeigt werden sollen, u. a. durch Finanzierung und Partnerschaften. Außerdem hat die KOM über ihren **Wissenschaftsservice JRC** den Bericht *Soil threats in Europe* veröffentlicht, der **ökonomische Zwänge als treibende Kraft der Bodenverdichtung** benennt (JRC/Stolte et al. 2016, S. 69). Insgesamt jedoch ist das Thema **Bodenverdichtung oft unter Degradation indirekt angesprochen**; z. B. im **7. UAP Gut leben** innerhalb der Belastungsgrenzen unseres Planeten.

Nach Rücknahme der BRRL scheint es auf europäischer Ebene einen Perspektivwechsel gegeben zu haben: Die meisten im Internet auffindbaren Empfehlungen, Berichte, (Groß-)Projekte u. a. fokussieren seither auf eine **Einbeziehung der Interessen und Bedarfe der Landwirtinnen und Landwirte**. Entsprechend ist die Idee von Boden als Allgemeingut bzw. **Gemeinwohl** und Bodenschutz als **bottom-up Aufgabe gestärkt** durch Lösungen ‚im Kleinen‘ bzw. ‚im Vermittelnden‘ als ‚*vehicle of change*‘ vor dem Hintergrund des bestehenden politischen Dilemmas²³⁴. Für den Zeitraum 2017-2020 formuliert die **ESP der FAO** folgende Deliverables: ein **Bericht zu best practice-Beispielen** zum Nachhaltigen Bodenmanagement (**SSM**), die Förderung von **Synergien auf der Ebene Politik-Wissenschaft** sowie die Lieferung eines Europäischen **Teilberichts** für die **Neuauflage des SWSR**.

Es erscheint sinnvoll, wenn sich die **nationalen Förderinitiativen** aktiv in die Prozesse der GSP und **ESP²³⁵** einbringen würden (in einer der fünf **Pillars of Action**) und zu H2020-Projekten Kontakt hielten bzw. aufbauten, auch um **Synergieeffekte** der jeweils zu entwickelnden **mobilen Applikationen**

²³⁴ Dilemma fehlender Reglungen zum Vollzug der GfP/legislative Unsicherheit

²³⁵ Der Kontakt wurde seitens der Stabsstelle Boden des Thünen-Instituts bereits initiativ aktiv unterstützt, im Rahmen der Vorbereitungen auf die GSP-Plenarversammlung 2017, in deren Vorbereitung Ziele für die GSP formuliert worden waren, die eine hohe Übereinstimmung mit den Zielen von BonaRes aufgewiesen hatten (Prof. Hans-Jörg Vogel, Dr. Ute Wollschläger).

(DSS *Soil Navigator*/H2020-Projekt LANDMARK, **Bodenqualitäts-Tool SQAPP**/H2020-Projekt iSQAPER bzw. H2020-Projekt SoilCare) herauszuarbeiten sowie um ähnliche eigene Aktivitäten, wie das **on-board Echtzeit-Assistenzsystem** (BonaRes-SOILAssist) und das zu entwickelnde DSS zur ortsspezifischen Düngung (BonaRes-I4S), in Relation zu setzen. Auch anderen auf dem freien Markt verfügbaren Apps, auf die hier nicht eingegangen werden konnte, könnte in diesem Zusammenhang Aufmerksamkeit geschenkt werden (z. B. Firestone Tyre Pressure App des Reifenherstellers Bridgestone²³⁶). Möglicherweise ergeben sich hieraus **an den Interessen und Bedarfen der Landwirtinnen und Landwirte ausgerichtete, bottom-up Möglichkeiten für Rechtssetzungen im europäischen Bodenschutz** und/oder ein Mitgestaltungsrahmen für das von der ESP vorgeschlagene, freiwillige Zertifikat für Nachhaltiges Bodenmanagement (*ESP Implementation Plan 2017-2020*).

Im europäischen Vergleich hat die **Schweiz** weiterreichende Empfehlungen zur Bodenverdichtung getroffen: In der VBBo²³⁷ wird die vergleichsweise scharfe Formulierung gewählt, dass **Fahrzeuge, Maschinen und Geräte** unter Berücksichtigung der physikalischen Eigenschaften und der Feuchtigkeit des Bodens **so ausgewählt und eingesetzt werden müssen, dass Verdichtungen** und andere Strukturveränderungen des Bodens **vermieden werden**, welche die Bodenfruchtbarkeit **langfristig gefährden**‘ (Art. 6 VBBo). Für den Vollzug formulieren **zwei Vollzugshilfen und ein Merkblatt**: Eine nachhaltige Schadverdichtung liege vor, wenn sie „**länger als 5-7 Jahre feststellbar**“ (BUWAL/Desaules et al. 2001/2005, S. 14) sei. **Strukturschädigungen dürfen „nicht regelmässig in Kauf genommen werden“** (Arbeitsgruppe Landwirtschaftlicher Bodenschutz Nordwestschweiz und Luzern/Emch et al. 2005, S. 3), und die Nutzung der **Simulationsmodelle TASC und Terranimo®** werde empfohlen (BAFU/BLW 2013, S. 36) (vgl. Exkurs in Kapitel 5.1.3). Darüber hinaus wird die **Überwachung von Vorrangregionen** und Hackfrucht-Gebieten und eine **Beurteilung vermuteter Bodenverdichtungen** erwähnt, wobei Behörden eine periodische **Kontrolle** der getroffenen Maßnahmen durchführten (BAFU/BLW 2013, S. 9) und erwiesene Schadverdichtungen **dokumentierten** (BAFU/BLW 2013, S. 35, S. 39f.). Die Beurteilung des Feldzustands fuße auf einer **visuellen Beurteilung** von z. B. **Wachstumsbeeinträchtigungen** oder **stehendem Wasser**, sofern diese Beeinträchtigungen **über 0,1 Hektar** groß sind, sowie auf einer anschließenden **Spatenprobe** (BAFU/BLW 2013, S. 39). Von einem Schadenfall werde ausgegangen, wenn sich der Verdacht durch die Beurteilung des Feldzustands erhärte (BAFU/BLW 2013, S. 39). Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass „**die zuständige Behörde eine etwaige Schadverdichtung lediglich dokumentieren**“ (BAFU/BLW 2013, S. 39) könne. Sie könne die Bewirtschaftenden **auffordern**, den Pflichten nachzukommen. Es sei „**unter Umständen** [...] auch eine **Strafanzeige** zu erwägen“ (BAFU/BLW 2013, S. 40). Außerdem werden **Anreizsysteme** benannt: Für einen Zeitraum von sechs Jahren gebe

²³⁶ <http://agri.firestone.eu/en/news/tyre-pressure-app> (Stand: 22.02.2018)

es eine **Förderung von Maßnahmen** gegen Bodenverdichtung (BAFU/BLW 2013, S. 41), um „neuen **Techniken und Organisationsformen sowie strukturellen Anpassungen** zum **Durchbruch** [zu] verhelfen“ (BAFU/BLW 2013, S. 41).

Handlungsempfehlungen auf Bundesebene

Dass es **beim Bodenschutzrecht Vollzugsprobleme** gibt, bzw. **keine Regelung zum Vollzug der GfP** durch z. B. Anordnungen und Kontrollen, spiegelt sich in den online gestellten Handlungsempfehlungen auf Bundesebene wider:

Die Bundesbehörden haben Broschüren über Umwelt- und Bodenschutz erstellt. Während Texte des UBA Handlungsempfehlungen auf einer übergeordneten Ebene liefern und als Faktoren der Bodenverdichtung meist das Gewicht und die Reifen nennen, liefern die Bildungsbroschüren des BZL, zuvor aid infodienst, detaillierte Informationen wie auch Handlungsempfehlungen (z. T. anhand von Fallbeispielen) auf einer konkreten Ebene, die **teils technisch ausgerichtet** ist. Der Kommunikationsstil der Texte des UBA ist **an Umweltzielen orientiert**, jedoch nicht immer direkt **praxiskompatibel**, der des aid wirkt **problemorientiert** und sachlich, **bezieht** jedoch nicht immer den Aspekt **ES** des Bodens **mit ein** (**Primat der Ökonomie**, vgl. JRC/Stolte et al. 2016, S. 69). UBA und BZL haben Beiträge veröffentlicht, welche auf der Ebene der **Metakommunikation** ansetzen bzw. die **Metaebene** thematisieren: z. B. im August 2017 YouTube-Videobeiträge zum Thema Bodenschutz und Nachhaltige Landwirtschaft (BZL) (vgl. Kapitel 6.3.4) sowie im Januar 2018 – zur besseren Kommunikation von Bodenthemen – 10 Empfehlungen für Entscheidungsträgerinnen und Verantwortliche bzw. 10 Thesen für Akteure im Bodenschutz (UBA/Beblek et al. 2018a, UBA/Beblek et al. 2018b) (vgl. Kapitel 6.3.5).

Einige Behörden haben über Internetauftritte zum Thema Bodenverdichtung eine Reihe von Materialien und Links²³⁸ angeboten, nur sind diese seit ihrer Erstellung **teils nicht mehr abrufbar** (BMEL, UBA, Thüringen u. a.). Es ist daher **dringend empfehlenswert, ein zeitgemäßes, leichter aktuell zu haltendes und nutzerorientiertes Kommunikationsprinzip zu wählen** – ähnlich zu dem Vorstoß des BZL mit YouTube-Videobeiträgen (08/2017) und zu den im Zusammenhang mit der Initiative *Economics of Land Degradation* (ELD) im Jahr 2014 und 2015 erstellten MOOCs. Ein gutes Kommunikationskonzept sollte WMS, RSS-Feed/MOOC/Webinar/Plattform/Blog/Social Media enthalten, stets unter Maßgabe der Kriterien **Verständlichkeit und Verfügbarkeit**. Möglicherweise ergeben sich in der derzeit laufenden Abstimmung zur Entwicklung eines **neuen Bodenindikators** Möglichkeiten, die Bodenverdichtung (z. B. in Risikogebieten, auf CC-Flächen oder anderen Flächen) mit einzubeziehen oder indirekt zu integrieren.

²³⁸ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/verdichtung#textpart-1>
(Stand: 22.02.2018)

Handlungsempfehlungen auf Länderebene

Es gibt **erhebliche Unterschiede** in den Vorgaben und Handlungsempfehlungen der Bundesländer (vgl. Kapitel 2.3 und Kapitel 5). Die Bundesländer **kommunizieren** das Thema Bodenverdichtung über unterschiedliche, oft **schwer zugängliche** Informationspfade und **in einer sehr unterschiedlichen, oft veralteten** Form. Es sind nur sehr wenige Broschüren in der gewählten Untersuchungsmethode Auffindbarkeit/Googleability (vgl. Kapitel 1) recherchierbar, welche als Mehrländer-Vorhaben verwirklicht worden sind, und nur die Anleitung **Bodenstruktur erkennen und beurteilen**. **Anleitung zur Bodenuntersuchung mit dem Spaten** ist für Nutzer deutlich als **Kooperation** erkennbar und gleichzeitig leicht im Internet zu recherchieren (LfL/Diez et al. 2017, gemeinsam mit LfULG, TLfL, LWK-NI, LWL-SL). Ebenso als Kooperation erkennbar ist das **Bodenfruchtbarkeit erhalten: Merkblatt Ackerböden vor Schadverdichtung schützen** (LfL/SLfL/TLL/Werner et al. 2002) der Bundesländer Bayern, Sachsen und Thüringen und der **WMS** im *Landwirtschafts- und Umweltatlas Schleswig-Holstein* (LLUR 2015, gemeinsam mit den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern und Rheinland-Pfalz), jedoch sind diese online eher schwer zu finden. Für Nutzer schwer zugänglich dürfte das inhaltlich zwar **sehr gelungene, jedoch** suboptimal strukturierte und **schwer zu findende** **Merkblatt Ackerböden vor Schadverdichtung schützen** (LfL/SLfL/TLL/Werner et al. 2002) sein. Es müsste **inhaltlich, stilistisch und graphisch aktualisiert** und **smart verwaltet** werden. Der Kommunikationsstil und die Verfügbarkeit von Broschüren sind verbesserungsfähig; so fehlen häufig **niedrigschwellige** „Wenn-dann“-Beratungs-Fact Sheets.

Auch wenn im Zuge des Internationalen Jahr des Bodens 2015 eine **gesteigerte Verfügbarkeit praxisnaher Anleitungen** im Internet ablesbar geworden ist, wäre eine **moderne Präsentation** behördlicher Handlungsempfehlungen und Beratungs-Tools der Länder **wünschenswert**. Diese sollte **zielgruppenorientierter** und **leicht zugreifbar** sein. Eine verstärkte Veröffentlichung von **Broschüren** in Kooperation und eine zeitgemäße Zusammenfassung inhaltähnlicher **Merkblätter**, ggf. mit regionalen Unterinformationen auf einer Plattform (z. B. der staatlichen Bildungs- und Beratungseinrichtungen der Länder) – im besten Fall unter Nutzung von Smart Design – wäre sinnvoll und könnte **Qualität und Aktualität** der Inhalte mit verantwortbarem Aufwand verbessern. **Innovative Dialog-Formate** haben Nordrhein-Westfalen und Bayern beschritten mit einer Vereinbarung zur Vermeidung von Bodenverdichtungen (MUNLV 2016a, MUNLV 2016b) auf Ackerflächen (DLU) und einer Initiative, die Gemeinden sowie Landwirtinnen und Landwirte bei der Suche nach langfristig wirksamen Lösungen zum Erosion-, Hochwasser- und Gewässerschutz unterstützt (Initiative boden:ständig). Möglicherweise ergeben sich im Rahmen der **Umsetzung der novellierten Düngeverordnung** (in Regionen mit Überschuss, aber auch in Regionen mit Abnahmepotenzial) unterschiedliche und zu lösende Fragestellungen bzw. Handlungsbedarfe zur Vermeidung von Bodenverdichtung.

Die Länderbodenschutzgesetze fokussieren auf IS, Datenhaltung und Boden-Dauerbeobachtung. Das Thema **Bodenverdichtung ist in nur vier²³⁹ Länderbodenschutzgesetzen** explizit aufgenommen. Einen gesonderten **Hinweis auf § 17 BBodSchG** zur GfP in der Landwirtschaft **enthält mehr als die Hälfte der Länderbodenschutzgesetze** (neun²⁴⁰ von 16 Bundesländern). Das Thema **Bodenverdichtung** wird in zwei²⁴¹ **Bodenschutzprogrammen umfassend und vorbildlich abgedeckt**. Die im Hinblick auf die Analyse der Länderbodenschutzgesetze schwach abschneidenden Bundesländer **Brandenburg und Sachsen** haben **vergleichsweise viele gute Handlungsempfehlungen** veröffentlicht. Möglichkeiten der Weiterentwicklung bestünden im Austausch und der wissenschaftlichen Nutzung von Daten in der BMBF-Fördermaßnahme BonaRes. Weitere Möglichkeiten bestünden in der **Digitalisierung in der Landwirtschaft** in Form von informations- und wissensbasierten Ansätzen: der Vernetzung von Maschinen, sodass Maschinendaten möglichst barrierefrei für Landwirtinnen und Lohnunternehmer nutzbar sind (Smart Farming/Landwirtschaft 4.0) bzw. diese auch für autonome Maschinen in Feldschwarmsystemen verfügbar wären. Längerfristig könnten Fahrdaten gläsern sein, obwohl zurzeit die Herausforderung des Datenschutzes bzw. sicherer und geplanter Datenaustausch noch zu hoch erscheint. Landwirtinnen und Landwirte können ein größeres Wertschöpfungspotenzial nutzen *und* mehr Bodenschutz erzielen. Eine Nachhaltige Landwirtschaft wäre so auch an Verbraucherinnen und Verbraucher weiterkommunizierbar, z. B. in Form **lückenloser Produkt-Informationen durch mobile Applikationen bzw. digitale Produktpässe²⁴²**. Digitale Dienste und IS für landwirtschaftliche Betriebe und Betriebsmanagementsysteme sowie eine Prozesseffizienz-Steigerung durch die Nutzung von Informationstechnik (IT) befinden sich derzeit noch in einem Entwicklungsstadium – es wäre fatal, wenn hier nicht das Mögliche für den Bodenschutz getan würde, nur weil es der Optimierung von Bearbeitungsprozessen scheinbar nicht direkt nützt.

Der prinzipiell **durch das BBodSchG gesteckte Rahmen** wird **von den Bundesländern nicht ausgeschöpft** bzw. eine **der öffentlichen Hand als Aufgabe zufallende Vorsorgepflicht ist im BBodSchG nicht vorgesehen**; hierin spielt auch das **politische Dilemma fehlender Regelungen zum Vollzug der Guten fachlichen Praxis** durch z. B. Anordnungen und Kontrollen und fehlende Prüf-, Vorsorge- bzw. Maßnahmenwerte. Die **Vermittlung der GfP** in der Landwirtschaft wird (nicht zwingend) **durch Beratung** der landwirtschaftlichen Beratungsstellen besorgt (Landwirtschaftskammern). Die Bodenschutzbehörden sind **nicht befugt, Anordnungen** zur GfP **vorzunehmen**. Ob bzw. inwieweit diese Auffassung durch die im Mai 2017 verabschiedete **Novelle der BBodSchV** modifiziert werden wird, ist derzeit unklar. Ebenso noch nicht absehbar sind mögliche Auswirkungen des **nordrhein-**

²³⁹ Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt, Rheinland-Pfalz und Hessen

²⁴⁰ Niedersachsen, Bayern, Saarland, Sachsen-Anhalt, Bremen, Thüringen, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Mecklenburg-Vorpommern

²⁴¹ Baden-Württemberg und Bayern

²⁴² z. B. als ‚soil friendly‘

westfälischen Dialog-Formats DLU und der darin getroffenen **Vereinbarung** zur Vermeidung von Bodenverdichtungen auf Ackerflächen.

Die im Jahr 2014 durch den BOVA der LABO zum Schutz des Bodens vor Verdichtung formulierten Ansatzpunkte, Defizite und **Lösungsvorschläge und** den dabei eingeforderten **konkreten Standortbezug** spiegeln wichtige Inhalte und Ziele des Schutzes und der **nachhaltigen Nutzung der Ressource Boden als Teil der Bioökonomie** (nachhaltiges Wachstum) wider. In diesem Zusammenhang sei auf die LABO-Empfehlung aus dem Jahr 2014 hingewiesen (LABO 2014), eine wissenschaftliche Qualifizierung der Informationen zur tagesaktuellen Bodenfeuchte und zur schematischen Verteilung im Jahresverlauf, z. B. durch Bereitstellung durch den DWD sei eine Lösung. Gerade inter- und transdisziplinäre Fördermaßnahmen bieten den Raum dafür, die Möglichkeiten **standortbezogenen Wissens zum Thema Boden** zu erweitern, und in einem 1. Schritt eine **Klärung der Datensicherheit bzw. -policy** zu erwirken. Interdisziplinäres standortbezogenes Denken ist bei dem Thema Bodenverdichtung besonders wichtig: Dafür (und auch im Allgemeinen) sind das ‚Mit-Denken‘ und die Einbeziehung von **Planungsfragestellungen** (z. B. des BOKS in Stuttgart und des Schweizer SQUID) sowie von **sozial- und politikwissenschaftlichen Aspekten in der Forschung zum Bodenschutz** – wie z. B. in der Fördermaßnahme *Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie* (BonaRes) – **dringend nötig**.

Vor der Etablierung des BonaRes-Zentrums gab es für die Bodenforschung in Deutschland keine vergleichbare Einrichtung, um Aktivitäten abzustimmen und ein nachhaltiges Wachstum als Teil der Bioökonomie voranzutreiben. Im internationalen Vergleich sind derartige Einrichtungen lange etabliert, z. B. das französische Nationale Institut für Agronomieforschung (INRA)²⁴³, das italienische Institut für Umweltschutz und Forschung (ISPRA)²⁴⁴ und die niederländischen Forschungsinstitute der Wageningen University & Research (WUR)²⁴⁵. Derartige Zentren sind, neben Fachgremien, essenziell, um die an mancher Stelle formulierte **Beratungsinsuffizienz der Wissenschaft** für die Politik (Eekhoff 2004 in Priddat & Theurl 2004) zu überwinden. Sie sollten weiterhin gestärkt und verstetigt werden.

Interessant ist die in der Zielformulierung der INSPIRE-Richtlinie enthaltene Absicht, Teile der Geodateninfrastruktur öffentlich verfügbar zu machen, sofern sie keinen Reglementierungen unterliegen (vgl. Kapitel 3.1.2) – im Sinne einer (mittel- bis längerfristigen) **offenen Datenpolitik/Open Data/Open Governance**. Auch wenn die Datenbereitstellung für alle Nutzer (Öffentlichkeit) schleppend vorangeht, ergeben sich **positive Nebeneffekte für den Datenaustausch in Deutschland bzw. zur Dokumentation deutschlandweiter Bodenschutzprobleme** und um die Bereitstellung von

²⁴³ <http://institut.inra.fr/en> (Stand: 22.02.2018)

²⁴⁴ <http://www.isprambiente.gov.it/it> (Stand: 22.02.2018)

²⁴⁵ <https://www.wur.nl/de.htm> (Stand: 22.02.2018)

Geodaten zum Bodenzustand am Beispiel der Informationsplattform zu flächenhaften Bodenbelastungen in Niedersachsen (vgl. Kapitel 5.1.5, Kapitel 6.2.3 und Kapitel 6.2.6). Mittel- bis langfristig könnte dies zu einer gemeinsamen Nutzung von Daten durch Landwirtschaft (einschließlich der Behörden) und Wissenschaft führen, u. a. zur Bodenverdichtung und zu anderen Bodengefahren. Noch zu klären sind unterschiedliche Fragen zu **Smart Agriculture** im Zuge der Chancen, Risiken und Herausforderungen der digitalen Transformation sowie allgemein zum Umgang mit Daten: **Geodatenportale** ermöglichen leichten Zugang zu Daten. Potenziale durch die **Verknüpfung von neuen mit bereits bestehenden Daten** sind zu heben. Datenportale sind wichtig für die Entscheidungsfindung zur Befahrbarkeit von Böden und zur Identifikation von Risikogebieten; dafür braucht es eine **Datenpolitik**, die alle Belange von Zugänglichkeit und Datenrechten/Sicherheit berücksichtigt. Es ist folglich ein Rahmen nötig, der über Behörden, Strukturen und Personal(-ressourcen) reicht. Die Datenbereitstellung wäre möglich mit einem unter Kosten-/Nutzen-Aspekten angemessenen Aufwand (vgl. INSPIRE-Richtlinie), übertragen auf das Thema Bodenverdichtung u. a. mit den aktuell in Entwicklung befindlichen Apps (u. a. SOILAssist-App) und: unter der Voraussetzung einer geklärten **Datenstrategie**.

7.2 Gestaltung und Kommunikation der Handlungsempfehlung

Die online gestellten behördlichen Handlungsempfehlungen sind methodisch und inhaltlich sehr unterschiedlich gestaltet. Bei ihrer Erstellung wurde jeweils eine Kommunikationsstrategie gewählt. Prinzipiell sind praxisnahe Anleitungen teils vorhanden, jedoch häufig nur schwierig im Internet zu recherchieren bzw. nicht einfach (oder smart) verfügbar und direkt nutzbar. Die graphische Gestaltung der Handlungsempfehlungen ist sehr oft nicht zeitgemäß. Dennoch ist ein **durch das Internationale Jahr des Bodens 2015 generiertes Momentum** auf Länderebene durch eine inzwischen etwas verbesserte Verfügbarkeit praxisnaher Anleitungen ablesbar. Seit dem Jahr 2014 sind insbes. **in Bayern, Baden-Württemberg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen** (Fundstellen im Internet) **und Schleswig-Holstein** (WMS) nützliche Materialien hinzugekommen. Die Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Hessen haben Werbeagenturen hinzugeholt und dies kommuniziert. Im Allgemeinen kann man **auf Länderebene eher von einer Kommunikationsstrategie sprechen, die vorwiegend auf die Verbreitung von durch Fachleute bereitgestellten Informationen** fokussiert und eher nicht auf spezielle Zielgruppen angepasst ist.

Zur **Weiterentwicklung der Handlungsempfehlungen auf Länderebene könnte eine (verstärkte) Kooperation** zwischen den Einrichtungen von Vorteil sein (vgl. Brand-Saßen 2004, S. 302, zit. in UBA/UFZ/Möckel et al. 2014, S. 497) – beispielsweise ein **freiwilliger Verbund** der staatlichen Bildungs- und Beratungseinrichtungen der Länder, welcher Merkblätter u. a. zusammenfasst und in einer zeitgemäßen Form mit regionalen Unterinformationen vorhält. Idealerweise kommuniziert dieser freiwillige Verbund in zeitgemäßer Form nach dem Kommunikationsprinzip ‚Team/Gemeinschaft‘.

Das Wissen zur **potenziellen Schadverdichtung** wird in Form von aus IS-Anwendungen produzierten Karten als Steckbriefe u. a. publiziert, also aus einem Daten-Format in ein z. B. PDF-Dateiformat überführt. Es wäre zu überlegen, wie **Informationen direkt genutzt werden könnten** und **digital an Zielgruppen weiterzuleiten** sein könnten, z. B. über **Plattformen** und in **WMS**. Vorbildlich sind leicht bedienbare WMS, die einen Zugriff für alle ermöglichen, wie es das Bundesland Schleswig-Holstein anbietet (LLUR 2015). Das Bundesland hat den WMS eingegliedert in seinen *Landwirtschafts- und Umweltatlas*, was vermutlich die Auffindbarkeit/Googleability erhöht und – als Teil einer Kommunikationsstrategie – leicht kommunizierbar ist. Auch profitiert die Nutzung eines solchen Systems durch stets aktuelle Daten. Idealerweise könnte es in Zukunft eine **smarte Lösung einer ggf. unsichtbaren Deutschland-Hauptseite** mit entsprechenden **leicht zugänglichen Subsites** (nutzerorientierte Einstellung, z. B. über Klickzustimmung IP/Standortdienste) sowie mit einer **smartem Feed- bzw. Aktualisierungsfunktion** geben: Sollte eine sichtbare Hauptseite wegen der föderalen Struktur nicht möglich sein, muss das Erscheinungsbild dieser Plattform für Nutzer nicht zwingend anders aussehen als bisher, aber im Hintergrund könnte ein Mehrländerprojekt/ein Verbund die Informationen bündeln und für jedes Bundesland stets aktuell zur Verfügung stellen.

Kommunikationsstrategien basieren u. a. auf der Einbeziehung der Zielgruppe(n), besonders bei der Informationsverbreitung. Kommunikation bezieht idealerweise zwei oder mehrere Partner ein. Aus der Sicht eines modernen Beratungsverständnisses heraus wirkt es fragwürdig, dass im Thüringer Ansatz aus dem Jahr 2008 ein **Beratungsbedarf auf Basis der potenziellen Verdichtungsgefährdung abgeleitet** wird. Es wäre zu prüfen, inwiefern alternativ eine Feststellung bzw. **Darstellung des Beratungsbedarfs von der Nachfrageseite aus von Vorteil** wäre.

Auch auf Bundesebene ist ein **durch das Internationale Jahr des Bodens 2015 generiertes Momentum** durch eine Anzahl von online veröffentlichten Broschüren ablesbar. Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen kann **auf Bundesebene** von einer Strategie ausgegangen werden, die vorwiegend auf die (teilweise auf spezielle Zielgruppen angepasste, teilweise eher politisch motivierte) **Bereitstellung der** durch Fachleute und Kommunikationsprofis erstellten **Informationen** fokussiert. Beispielsweise ist die FONA-Erweiterung *Innovationsgruppen für ein Nachhaltiges Landmanagement* darauf angelegt, praktikable Lösungen zu den Themen Energiewende, Regionalmarketing und regionale Daseinsvorsorge bzw. regionale forst- und landwirtschaftliche Erzeugung zu erarbeiten, wobei **Wissenschafts-Praxis-Teams** – mit Landwirtinnen und Landwirten – gebildet werden, die gleichberechtigt zusammenarbeiten und von Beginn an die **Umsetzbarkeit der Forschungsergebnisse** mit bedenken²⁴⁶ (s. o., **Darstellung des Beratungsbedarfs von der Nachfrageseite aus**). Bei der **Evaluierung** soll neben der inhaltlichen Exzellenz auch die **Bewährung in der Praxis** in die Qualitätsbewertung einfließen. Das BMBF hat hierzu einen **Anbieter für Innovationsmanagement hinzugeholt** und dies kommuniziert.

²⁴⁶ <https://innovationsgruppen-landmanagement.de/de/foerderschwerpunkt/> (Stand: 22.02.2018)

Derzeit prägen eher politische Aspekte die Inhalte. Besser wäre die Ausrichtung der Inhalte entlang einer **vermittelnden Position zwischen Ökonomie und nachhaltiger Bodennutzung**, die gestützt wird von konkreteren Vorgaben (Konkretisierung der GfP, § 17 BBodSchG) und einer Art von Begleitung von Landwirtinnen und Landwirten bei ihren Maßnahmen zur Vermeidung von Bodenverdichtung. Politisch und auch kommunikativ wäre eine Entwicklung von z. B. Anreizen, Fördermaßnahmen u. a. nötig, die direkt auf Arbeitsebene ansetzen könnten.

Auf europäischer Ebene liefert der Bericht zur STS (JRC/EEA/Van-Camp et al. 2004), obwohl veraltet, relativ ausführliche Inhalte zu den Zusammenhängen von Erosion und Bodenverdichtung. Auch die Fact Sheets des Projekt SoCo (KOM 2009) sind heute veraltet. Eine Übersichtstabelle ist nur bei Auswahl entsprechender Ansichtseinstellungen bzw. nach Ausdruck uneingeschränkt lesbar. Die Fact Sheets zur Bodenverdichtung sind **sehr allgemein** gehalten und somit für die landwirtschaftliche Praxis **ehler weniger geeignet**. Die Aussagen wirken verallgemeinernd und die Inhalte sind teilweise in Vor- und Nachteile gegliedert. Das Dokument ist im Internet **schwer zu finden**, und die Inhalte sind aus landwirtschaftlicher Sicht vermutlich schwer zu akzeptieren. Die Kommunikation positiver und (weniger) negativer Auswirkungen landwirtschaftlicher Praktiken über eine Rubrik ‚Verschlechterung der Bodenqualität‘ erscheint als nicht gut gewählte Kommunikationsstrategie. Es wäre sinnvoll, **aktualisierte Fact Sheets zur Bodenverdichtung** mit einer sorgfältig gewählten, an die Bedarfe der Landwirtinnen und Landwirte sowie weiterer Nutzergruppen ausgerichteten Kommunikationsstrategie zu entwerfen.

Insgesamt erfolgt die **Kommunikation** der Handlungsempfehlung sowohl auf Bundes- als auch Länderebene **meist top-down**. Teils könnten Aussagen, die darin getroffen werden, **von Landwirtinnen und Landwirten als Angriff (miss)verstanden** werden. In der Kommunikation von Vorgaben und deren Erfüllung (Perspektive Bund: Der prinzipiell **durch das BBodSchG gesteckte Rahmen wird von den Bundesländern nicht ausgeschöpft** bzw. Perspektive Bundesländer: Eine **der öffentlichen Hand als Aufgabe zufallende Vorsorgepflicht im BBodSchG ist nicht vorgesehen**) schwingt wechselseitige ‚Kritik‘ auf der Ebene Bund-Länder-Bund mit, und **Handlungsempfehlungen sind im Allgemeinen nicht immer leicht zu finden**, was teilweise an der Positionierung/Vorschlagwortung liegen dürfte.

Als **innovative Formate** anzusehen sind **WMS, zusätzliche Governance-Ansätze** wie in Nordrhein-Westfalen und Bayern (die auch weltweit ein **Megatrend** sind, vgl. Umweltbewertung SOER (Berichterstattung zur Umwelt in Europa)), YouTube-Videobeiträge und Webinare des BZL, Thesen und Empfehlungen für eine bessere Kommunikation von Bodenthemen, veröffentlicht durch das UBA (Metaebene), sowie eine Professionalisierung bei der Erstellung von Broschüren: Einige Bundesländer beschreiben, im Zusammenhang mit einer Reflektion ihrer Kommunikationskonzepte auf die **Hilfe von Design- und Werbeagenturen** zurückgegriffen zu haben (Nordrhein-Westfalen, Hessen). Innovativ wirken auch **Dialog-Formate der Ressorts** (fortlaufende bzw. periodisch wiederkehrende Formate wie das *Praktikernetzwerk* des BMEL, der *Praktiker-Dialog mit der Landwirtschaft* des BMUB, der *Bürgerdialog Fragen Sie einen Landwirt!* des BZL) wie auch **den Dialog selbst fördernde/thematisierende Formate (Metakommunikation/Nutzung von Ansätzen aus**

Psychologie und Kommunikationswissenschaft): die bis in das Jahr 2019 laufende FONA-Erweiterung *Innovationsgruppen für ein Nachhaltiges Landmanagement*, die im August 2017 freigeschalteten YouTube-Videobeiträge des BZL und die im Januar 2018 veröffentlichten Broschüren *Boden eine Sprache geben* des UBA. Zeitlich begrenzte Formate (wie der von Mitte Februar 2017 bis Anfang März 2017 durchgeführte *Bürgerdialog Dialog-Forum Wasser/Boden* des BMUB) könnten ausgeweitet oder verstetigt werden. Insgesamt jedoch besteht **hinsichtlich innovativer Ansätze nutzerorientierter Kommunikation** im Kontext Bodenverdichtung noch **großes Optimierungspotenzial**.

7.3 Methoden der Handlungsempfehlung

Auf nationaler und europäischer Ebene werden unterschiedliche Methoden der Handlungsempfehlung gegen Bodenverdichtung verfolgt. Technische Beratungs-Tools sind z. B. die **Excel-Anwendungen der Bundesländer** Sachsen (Entscheidungshilfe Bodendruck) und Thüringen (Bodenschutzplaner) (vgl. Kapitel 5.1.2), die Excel-Anwendungen TASC und Terranimo® **aus der Schweiz** (vgl. Exkurs in Kapitel 5.1.3) sowie an Universitäten entwickelte Modelle wie REPRO²⁴⁷. Als nicht nur technische, sondern auch partizipative Beratungs-Tools können die **DSS** eingeschätzt werden, die sich derzeit in Entwicklung befinden, wie z. B. die zu entwickelnden **mobilien Applikationen** (DSS *Soil Navigator/LANDMARK*, Bodenqualitäts-Tool *SQAPP/iSQAPER* bzw. *SoilCare*, on-board Echtzeit-Assistenzsystem/*SOILAssist* und ggf. aus dem *BonaRes*-Projekt I4S resultierende Tools). Ebenso Methode zur Informationsvermittlung sind die **WMS**. Methoden nicht-technischer Beratungs-Tools sind die Handlungsempfehlungen in **Textform**, welche teils auf technische Beratungs-Tools eingehen.

Von den Bundesländern **Sachsen** und **Thüringen** eigens erstellte Excel-Anwendungen sind nur teils verfügbar. Beide Excel-Anwendungen beruhen auf dem **Vorbelastungsansatz**, und in die Berechnung gehen Maschinenparameter und Maschinenkombinationen wie auch die Bereifung bzw. die Radlast ein, sowie für das Bundesland typische Messwerte.

²⁴⁷ Da das Modell REPRO nicht von behördlicher Seite entwickelt bzw. keine behördlichen Empfehlungen dazu im Internet recherchiert werden konnten, ist es in dieser Analyse nicht enthalten. Das Modell REPRO (Langtitel nicht im Internet recherchierbar) ist ein Umwelt- und Betriebsmanagementsystem, das seit dem Jahr 1996 in Halle (fort-)entwickelt wird. Die Software des Modells ist als Basisversion sowie als Professional-Version über das private Institut für Nachhaltige Landbewirtschaftung GmbH (INL) erhältlich, wobei Bodenverdichtung in der Professional-Version als zusätzliche Auswertung integriert ist. Für die Bodenverdichtung werden Angaben zum Bodengefüge, von Geräten, Bereifung, Reifeninnendruck und Achslasten sowie Klima- und Wetterdaten verwendet (<http://www.nachhaltige-landbewirtschaftung.de/repro1/versionen/> (Stand: 22.02.2018)), und in Form einer Schadverdichtungsgefährdung als Differenz aus tatsächlichem Bodendruck und Gefügestabilität berechnet (VLI/INL 2016, S. 52). Verwendung findet das Modell REPRO auch in einem Betriebszertifikat der DLG *Nachhaltige Landwirtschaft – zukunftsfähig*. <http://www.dlg.org/nachhaltigelandwirtschaft.html> (Stand: 22.02.2018).

Anders als für andere europäische Länder (Belgien (Flandern), Dänemark, Finnland, Frankreich, Großbritannien und Norwegen) gibt es **keine Version von Terranimo® speziell für Deutschland**. Während das Simulationsmodell **TASC kostenpflichtig** verfügbar ist, ist das Simulationsmodell **Terranimo® frei** verfügbar.

Während der WMS der BGR weniger detaillierte Auskünfte gibt, die jedoch bundesweit erfasst sind, enthält der WMS des Bundeslands **Schleswig-Holstein** nur landesweite Auskünfte, die jedoch stärker detailliert sind. Dieser **in den Landwirtschafts- und Umweltatlas integrierte WMS** ist im Vergleich selbsterklärender und nutzerorientierter (Nutzung der Topographischen Karte statt der Bodenübersichtskarte (BÜK), Zoomen bis auf Hofebene möglich). Der für die Verdichtungsempfindlichkeit von Böden verwendete Maßstab erscheint etwas genauer.

Die im Zusammenhang mit der ELD-Initiative durch das Institut für Wasser, Umwelt und Gesundheit der United Nations University (UNU-INWEH) gemeinsam mit der GIZ angebotenen MOOCs haben Inhalte zu ELD in den Jahren 2014 und 2015 frei zugänglich gemacht. Die kostenfreien Kurse haben traditionelle Unterrichtsmaterialien wie Videos, Vorlesungen und Fallstudien genutzt, aber auch einen E-Learning Bereich mit interaktiven Tools. Ziel war, eine **lebendige Lern-Community** aufzubauen (focus on co-creating solutions), und beizutragen zur Veröffentlichung des Practitioner's Guide (ELD Initiative 2015d). Hier ist eine Art ‚Gegenstromprinzip‘ Praxis/Gesellschaft-Handlungsempfehlungen-Praxis eingerichtet worden, was auch für andere Themenfelder nötig wäre, z. B. beim Thema Bodenverdichtung.

Zu ES – und künftig ebenso PES – könnten und müssten die hier vorgestellten Methoden folgende Aspekte noch besser berücksichtigen: Um die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen zur nachhaltigen Nutzung der nicht erneuerbaren Ressource Boden herzustellen, ist es wichtig alle Beteiligte der Produktions- und Lebensmittelkette bis hin zu Verbraucherin und Verbraucher einzubeziehen. Es besteht ein Handlungsbedarf hinsichtlich mehr Beratung und Umsetzung von Bodenschutzmaßnahmen sowie in der Information der Bevölkerung bzw. Kommunikations- und Handlungsprozesse aus der Gesellschaft. Das umfasst die Implementierung von für die Praxis hilfreichen Forschungsprogrammen wie auch den zielgruppenorientierten Wissenstransfer zum Bodenmanagement. Vermutlich wäre zusätzliches Personal in den Beratungseinrichtungen der Länder nötig.

8 Resümee

Das Schutzniveau der **Guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft** (GfP) (§ 17 Abs. 2 BBodSchG) umfasst, dass Bodenverdichtungen so weit wie möglich vermieden werden. Die GfP ist derzeit im Einzelfall nicht zu konkretisieren, weder durch Rechtsverordnung noch durch Anordnungen (**Individualpflicht**) und **wirkt** daher **widersprüchlich** – entsprechend wird die GfP als nahe am Untermoßverbot (Haber & Bückmann 2014) bzw. teilweise als ‚ein zahmer Tiger‘ wahrgenommen. Dies mag auch durch die Entstehung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) überwiegend als Altlasten- bzw. Bodennutzungsgesetz bedingt sein. In der Praxis auf dem Feld sind jedoch bereits heute zahlreiche **Maßnahmen in der Anwendung, die der GfP in der Landwirtschaft entsprechen**.

Es wurde gezeigt, dass eine **Konkretisierung der GfP** sinnvoll wäre (Handlungsbedarf bei der Umsetzung, noch zu fixierende Kriterien angesichts der legislativen Unsicherheit)²⁴⁸. Damit stellen sich zahlreiche offene Fragen: Inwiefern spielen nationalstaatliche Regelungen und Gesetze eine Rolle, und wie sollen Verstöße gegen Vorschriften geahndet werden? Das **Greening** der Direktzahlungen ist mit dem Wunsch nach förderlichen Bewirtschaftungsmethoden für den **Klima- und Umweltschutz** verbunden. Um zu vermeiden, dass eine neue ‚Prüfmaschine‘ zusätzlich zu Greening und Cross-Compliance (CC) entsteht, sollte geprüft werden, wie der **Aufwand minimiert und Doppelstrukturen vermieden** werden könnten.

Ferner stellt sich die Frage, wie **reale Messdaten** (z. B. Bodenverdichtungsgrad, erodierte Bodenmenge, organisches Bodenmaterial, Bodenbedeckung, Bodennutzung; anstelle bisheriger Modellierungen) **erfasst, gehalten werden (Big Data, Digitalisierung in der Landwirtschaft/Landwirtschaft 4.0, Transformation in Richtung Nachhaltigkeit) und zur Verfügung gestellt werden können**, um einen fundierten Beitrag zu abgesicherten Aussagen und spezifischen Handlungsempfehlungen zu leisten (Bodenmonitoringprogramme in Deutschland/Bundes-Bodeninformationssystem, Globales Bodeninformationssystem (Global Soil Information System, GloSIS)).

Zu europäischen oder globalen Bemühungen wurde aufgezeigt, welche Zusammenhänge bei Entwicklungs- und Nachhaltigkeitszielen auszumachen sind, u. a. das **Siebte Umweltaktionsprogramm 2014-2020** (7. UAP), die **Agenda 2030**²⁴⁹, das Ziel der **Land Degradation Neutrality (LDN)** (vgl. dazu auch die Wüstenkonvention (UNCCD)) und das **nächste Rahmenprogramm** für Forschung und Innovation, welches ab dem 01. Januar 2021 dem aktuellen Horizon 2020-Programm folgen wird

²⁴⁸ Ein ähnliches Ergebnis wurde z. B. auch in einem Thünen-Instituts- und JKI-internen Boden-Workshop im Mai 2017 erzielt (22. bis 23.05.2017, Thema: Forschungs- und Handlungsbedarf zum Themenfeld Boden, Federführung: Stabsstelle Boden des Thünen-Instituts, Bericht unveröffentlicht).

²⁴⁹ Ein Diskussionspapier zur Umsetzung der Agenda 2030 wird (mit Stand: 22.02.2018) in naher Zukunft erstellt werden.

(,post-Horizon‘): **das Forschungsprogramm 9 (Horizon Europe)**²⁵⁰. Ferner wurde gezeigt, inwiefern für eine nachhaltige Nutzung der endlichen Ressource Boden Änderungen bei der Anwendung des Bodenschutzrechts **innerhalb des aktuellen Rahmens** möglich wären; z. B. durch konkrete Empfehlungen für Regionen/Betriebe (DE), Dokumentation durch Behörden, Aufforderungsschreiben bzw. bis hin zur Strafanzeige (CH). Auch andere Wege stehen offen, beispielsweise finanzielle Anreize durch Landesregierungen, wie bei der **bayerischen Initiative boden:ständig**, oder Diskussionsformate, wie z. B. den **nordrhein-westfälischen Dialog Landwirtschaft und Umwelt (DLU)**. Eine Bewertung von Initiativen, Projekten und konkreten Maßnahmen rundete die hier getroffene Analyse ab und dokumentiert die Möglichkeiten von regionalen freiwilligen Vereinbarungen zur nachhaltigen Nutzung von Böden sowie von **Lösungen ‚im Kleinen‘ bzw. ‚im Vermittelnden‘ – mithilfe eines transferorientierten Ansatzes**.

Ein in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS) beschriebener, zu entwickelnder **Bodenindikator** könnte ein weiterer Weg sein, die Ressource landwirtschaftlich genutzter Boden stärker Wert zu schätzen. Er könnte möglicherweise auch in ein **Nationales Ecosystem Assessment** einfließen, wobei dabei – ähnlich des Vorschlags der französischen Initiative *4 für 1000* – eine **Vergütungsregelung für Ecosystem Services** (Payments for Ecosystem Services, PES) vorgesehen werden könnte. Dieser nach DNS zu entwickelnde Bodenindikator wird Bodenverdichtung wohl kaum abbilden können – Bodenverdichtung könnte hierbei bestenfalls indirekt über andere Faktoren enthalten sein. Demgegenüber könnte geprüft werden, inwiefern Bodenverdichtung in eine Vergütungsregelung für Ecosystem Services (PES) oder in Indikator-Punkte-Systeme einfließt bzw. in Zukunft einfließen könnte: Durch die Nutzung möglicher **Indikator-Punkte-Systeme** (Bodenschutzkonzept Stuttgart, BOKS und Schweizer Soil Quality Index, SQUID, vgl. Kapitel 6.1.1) können **Ökosystemleistungen** (ES) mit Zahlen belegt werden, die auch **für bodenkundliche Laien verständlich** sind.

Zwischen Bodenschutz bzw. einer nachhaltigen Nutzung des Bodens und anderen Interessen (Pflanzenbau-Ziele) bestehen **Zielkonflikte**, so dass **partizipativen Elementen und zivilgesellschaftlichem Engagement** im Rahmen von Handlungsempfehlungen besondere Bedeutung zukommen. Die Förderung von Entscheidungsunterstützungssystemen (DSS) kann möglicherweise dem hohen Kostendruck in der Landwirtschaft begegnen und gleichzeitig Bodengefahren, u. a. **Bodenverdichtung, entgegenwirken**. Die sich damit bietenden **Möglichkeiten von Innovationen** in den Bereichen Bestellverfahren, Bestandsführung und Verfahrenstechnik sollten – neben akzeptanzsteigernden Maßnahmen wie Kommunikation, Monitoring und Indikatorenentwicklung – umfassend genutzt werden, um die Landwirtschaft durch umweltverträglichere und **nachhaltige Bodennutzungskonzepte** zu bereichern.

²⁵⁰ Die KOM erarbeitet bis Mai 2018 das Langzeit-Budget für das nächste Rahmenprogramm für Forschung und Innovation, das ab dem 01.01.2021 dem Horizon 2020-Programm folgen wird (post 2020 framework programme for research and innovation, Horizon Europe) (Stand: 22.02.2018).

Noch hat derzeit die nachhaltige Nutzung des Bodens im Vergleich mit anderen Interessen (Bau/Inanspruchnahme von Flächen, Produktivität/effiziente Produktion von Nahrungs-, Futter- und Energiepflanzen) eher wenig Chancen – es sei denn, Landwirtinnen und Landwirte erhalten für ihre Leistungen eine **Anerkennung durch Zahlungen** (Gemeinsame Agrarpolitik (**GAP**)/Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (**AUKM**)/Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (**ELER**)) **oder** engagieren sich persönlich und entsprechend der Individualpflicht **auf eigene Kosten** für die Vermeidung von Bodenverdichtung. Diesem Engagement vieler Landwirtinnen und Landwirte könnte durch noch zu entwickelnde technische Hilfestellungen wie z. B. mobile Applikationen und durch – bisher (noch) fehlende – bodenschutzbezogene Regelungen auf EU-Ebene Rechnung getragen werden. Auf regionaler oder deutschlandweiter Ebene könnten Kommunen (vgl. bayerische Initiative *boden:ständig*) und Kammern (möglicher *Sachkundenachweis Bodenschutz*) in Anlehnung an Methoden der (erweiterten) Spatenprobe oder der Einfachen Feldgefügeansprache für den Praktiker (**FGA**) den Bodenschutz in der Praxis befördern. Eine zur Mantelverordnung Ersatzbaustoffe/Bodenschutz (MantelV) zuzuordnende und noch zu erstellende Arbeitshilfe für den Bodenschutzvollzug von Seiten der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) könnte hier eine Option darstellen (ggf. schwierig zu realisieren): Vielleicht könnten in Zukunft **Umweltinspektorinnen und Umweltinspektoren** zur Bodenverdichtung und Bodenerosion beratend tätig werden, kartieren, in einem finanziell entsprechend auszustattenden Netzwerk (wie der BLA-GEO) zusammenarbeiten, und für Landwirtinnen und Landwirte Informationen auf ‚smarte‘ Art und Weise – im besten Fall regionenbezogen – zur Verfügung stellen und so Formate des ‚Voneinander-Lernens‘ (*best practices*) ermöglichen?

Degradationsprozesse wie Bodenverdichtung sind meist nicht umzukehren und stellen einen Teil der gesellschaftlichen Herausforderungen dar. Der beste Schutz ist also: Bodenschäden vorbeugen, auch im Zuge der Weiterentwicklung der Landwirtschaft im Kontext ‚**nachhaltige Intensivierung**‘ bzw. ‚**Ökologische Intensivierung**‘. In der Boden- und Agrarforschung tut sich viel. Dabei wird zugleich eine enorme Datengrundlage geschaffen (**Big Data, Stichpunkt: ‚Der Betrieb der Zukunft mit dem Internet der Dinge‘ (Internet of Things, IoT)**²⁵¹), die dabei helfen wird, dass Landwirtinnen und Landwirte die in Deutschland meist lokal sehr unterschiedlichen Böden standortgerecht und gezielter bodenschonend bewirtschaften werden (und somit den Verbraucherwünschen besser entsprechen können, ggf. durch ein mögliches Zertifikat ‚*soil friendly*‘).

Forschungs- bzw. Handlungsbedarf explizit für das Themenfeld Bodenverdichtung besteht in den folgenden Bereichen:

²⁵¹ Internet der Dinge, z. B. Vernetzung von Maschinen, autonome Maschinen in Feldschwarmsystemen (s. o. im Text), Messwerte in eine Cloud übertragen, mit Landmaschinen bzw. Sensoren rückkoppeln etc., auch: Datenerhebung und Daten teilen durch Landwirtinnen und Landwirte (und andere Akteure), (Datensicherheit,) Produktinformationen, mobile Applikationen bzw. digitale Produktpässe

- Bestellverfahren: Verkehr auf Ackerflächen vorzüglich in Fahrbahnen (Precision Farming (PA)/Controlled Traffic Farming (CTF)), bodenschonender Einsatz großer Maschinen (Investitionszuschuss bzw. Zinszuschuss für Reifendruckregelanlagen) und Überladewagen, Bunkerhäcksler, Sensortechnik, Real-Time Monitoringtechnologien zum Bodenzustand bzw. Spezifizierung durch Fernerkundungsdaten,
- Bestandsführung: Möglichkeiten zur Reduzierung von Pflanzenschutzmitteln (u. a. Glyphosat) und Düngemitteln, Herausforderung Phosphornachlieferung,
- Verfahrenstechnik: Möglichkeiten des Einsatzes von Feldrobotern (Autonome Landmaschinen), Nutzung von durch Maschinenhersteller offenzulegenden Fahrzeug- und Reifendaten, Einführung 'Sachkundenachweis Bodenschutz' bzw. 'Sachkundenachweis Bodenstruktur'/Aufkleber/Marken an Geräten oder mittels App zur Kombination von Maschinen zur Bodenschönung, sowie Aufforderung an Hersteller, „technische Weiterentwicklungen am Bodenschutz zu orientieren und **heutige max. Radlasten nicht weiter zu erhöhen**“ (Brunotte et al. 2008, S. 280),
- Kommunikation und Bodenbewusstsein: Kommunikationsstrategie und Beratung (Schulungen zu Methoden der Spatenprobe bzw. Einfachen Feldgefügeansprache für den Praktiker (FGA), zur standortangepassten Regelung des Reifendrucks sowie zur GfP, und eine Kommunikation *Nachhaltige Nutzung für gesunde Böden* als Narrativ in der Politik (-beratung)),
- Bodenkohlenstoff: Erfassung und Entwicklung der Kohlenstoffgehalte bzw. -vorräte bei verschiedenen Managementoptionen,
- Indikatorenentwicklung: Bodenindikator der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS), Einbeziehung externaler Kosten der Bodenbewirtschaftung, inklusive Versiegelung/Flächeninanspruchnahme, extraterritoriale Flächennutzung und Erosion bzw. die Umsetzung eines Flächenzertifikatesystems (Umweltbundesamt (UBA)).

Landwirtinnen und Landwirte müssen sich, um das eigene Unternehmen weiterführen zu können, an **einem Rahmen** ausrichten, **welcher mit Vorgaben, Förderungen und Sanktionen belegt ist**. Über eine Einbeziehung der **Interessen und Bedarfe** der Landwirtinnen und Landwirte, eine **sinnvolle Konkretisierung der GfP** (vor dem Hintergrund des bestehenden Handlungsbedarfs bei deren Umsetzung), ein Ausbau der Förderung von Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (**AUKM**), ein **quasi-Vermögenskonto der Bodenfruchtbarkeit** für (Acker-)Flächen und über weitere Forschungsvorhaben und Initiativen, die z. B. sichtbare Effekte von *best practice*-Ansätzen zeigen, doch auch mittels möglicher **Sanktionen** bieten sich – gerade vor dem Hintergrund der anstehenden **Umsetzung der Agenda 2030** und der Neuauflage der **Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) mit mehr Adressierung des Umwelt- und Klimathemas** in der Landwirtschaft – jetzt **Handlungs- und Veränderungsmöglichkeiten**.

Bevor abschließend eine knappe Übersicht zu den in Teilen bereits in die öffentliche Diskussion eingebrachten Ergebnissen dieser Analyse gegeben wird, und folgernd **fünf** mögliche und naheliegende, **nächste Schritte** zur Analyse behördlicher Handlungsempfehlungen und zur

Weiterentwicklung von Vorhaben, Materialien und Kommunikationsstrategien aufgezeigt werden, soll hier ein Zitat das Themenfeld exemplarisch aus Praxis-Perspektive zusammenfassen:

„Ich denke, es ist nicht richtig, wenn man sich [...] nur auf eine Frucht stürzt und die [...] versucht, in den Vordergrund zu schieben. Sondern inzwischen haben wir auch lernen müssen, dass wir mehr die Fruchfolge beachten müssen. Wir stecken [...] zwischen den politisch gesteckten Rahmenbedingungen und dem, was wir noch an Freiheiten haben, als Unternehmer zu entscheiden [...] [Ernten, Striegeln, Grubbern und Säen]. Das ist meine Entscheidung, die ich noch zu fällen habe [...], natürlich innerhalb des uns gesteckten Rahmens. Das ist alles ein ganz fein austariertes System, wo wir als Landwirte genau Bescheid wissen müssen, damit wir nicht in irgendein Fett-näpfchen hineintreten, das uns auch richtig Geld kostet. Aber gut: Das ist das unternehmerische Geschick, damit fertigzuwerden, dem müssen wir uns stellen. Und versuchen, mit unserer Art zu produzieren, klarzukommen“ (Landwirt Dr. Thomas Stadler aus Alfeld (Leine), im Videobeitrag des Bundesinformationszentrums Landwirtschaft (BZL) *Nachhaltige Landwirtschaft: Vier Bauernhöfe stellen sich vor*, Filmabschnitt 05' 37" bis 06' 37", vgl. Kapitel 6.3.4).

Ausgewählte Teilaspekte dieser Analyse wurden bei unterschiedlichen Gelegenheiten bereits in die öffentliche Diskussion eingebracht, u. a. im Rahmen von

- PLANT 2030 Status Seminar 2016, Potsdam (03/2016),
- EUROSOIL, Istanbul, Vortrag und Poster (07/2016),
- DBG/IUSS-Workshop Interactions, Braunschweig, Poster (09/2016),
- BVB-Jahrestagung, Hamburg, Poster (09/2016),
- KIT/DBG-Symposium, Karlsruhe, Vortrag (10/2016),
- Dresden Nexus Conference, Dresden, Poster (05/2017),
- ESP-Plenarversammlung, Rom, Networking zum ESP-Handlungsplan (FAO, BMEL, BonaRes) (05/2017),
- Pedometrics, Wageningen, Poster (07/2017),
- VDLUFA-Kongress, Weihenstephan-Triesdorf, Poster (09/2017),
- Wageningen Soil Conference, Wageningen, Vortrag (08/2017),
- BonaRes Conference, Berlin, Vortrag (02/2018).

Als **nächste Schritte** zu der vorliegenden Analyse bieten sich Vorhaben auf unterschiedlichen Ebenen an:

- (1) eine als Folgeschritt angelegte, **ergänzende Untersuchung** zu den **Faktoren**, welche Landwirtrinnen und Landwirte (sowie die Beratung) dazu bringen können, in manchen Fällen **nicht-bodenschonende Landbewirtschaftung** zu betreiben²⁵²,
- (2) eine als weiterer Folgeschritt konzipierte, **tiefergehende Untersuchung** zu behördlichen Handlungsempfehlungen²⁵³ (Kontaktaufnahme zu Behörden²⁵⁴, **Delphi-Studie**²⁵⁵, Einbeziehung weiterer, die Umsetzung der Bodenschutzberatung dokumentierenden Fundstellen aus der Hand von Dritten²⁵⁶ sowie Beschaffung und Sichtung eines Simulationsmodells²⁵⁷, einer Excel-Anwendung²⁵⁸ sowie der Regelsetzer-Richtlinien²⁵⁹),
- (3) ein deutschlandweites **Vorhaben an der Schnittstelle (Umwelt-)Verwaltung-Wissenschaft-Gesellschaft** (wissenschaftliches Monitoring in Form eines **Verdichtungs-Checks** vor Ort mit Laboranalysen und *Citizen science*-Anteilen)²⁶⁰ als Grundlage für ein **Frühwarnsystem** gegen Bodenverdichtung,

²⁵² Untersuchung über die Akzeptanz neuer Technologien, Anwendungen und Maßnahmen für relevante Zielgruppen und fördernde und hemmende Faktoren (Beschreibung der die Akzeptanz beeinflussenden Faktoren) (zugleich: Deliverable 4.6 in der 2. Förderphase von BonaRes-SOILAssist)

²⁵³ Untersuchung als Übersicht der relevanten Instrumente (Kontaktaufnahme u. a. zu Länderbehörden, Sichtung weiterer Webseiten und anderer Fundstellen für Bodenschutzberatung) (zugleich: Deliverable 4.7 in der 2. Förderphase von BonaRes-SOILAssist)

²⁵⁴ u. a. zur Reparatur (Wiederherstellung gebrochener Links), Darstellung (Umgestaltung ungeschickt wirkender Graphik und Kommunikationsstile), Qualität (Umformulierung nicht zeitgemäßer Inhalte), Auffindbarkeit/Googleability (Verfügbarmachung schlecht auffindbarer Inhalte), zu Lean structures (Vermeidung unnötiger Doppelarbeiten) und zur Digitalisierung (Orientierung an Nutzerverhalten)

²⁵⁵ Die Kontaktaufnahme könnte als E-Mail/Postversand-Aktion im Vorfeld und in mehreren Runden mit den Elementen Telefongespräch, Interview, Fragebogen erfolgen.

²⁵⁶ z. B. Jahresberichte, Tagungsbände und Foliensätze der Mitarbeitenden der Behörden

²⁵⁷ Simulationsmodell Tyres/Tracks And Soil Compaction (TASC) (Agroscope FAT Tänikon, Étienne Diserens), vgl. Exkurs in Kapitel 5.1.3

²⁵⁸ Excel-Anwendung Bodenschutzplaner (Thüringen), vgl. Kapitel 5.1.2

²⁵⁹ DIN Norm-Entwurf 19688 (Norm-Entwurf zur Bodenbeschaffenheit) und ISO 14055-1:2017 (Standard zum Umweltmanagement bzw. zur Bekämpfung der Land Degradation), sowie Merkblätter bzw. Richtlinien von Vereinigungen, ATV-DVWK 1995, ATV-DVWK 1997 und ATV-DVWK 2002 (Merkblätter zur Gefügestabilität) sowie VDI 6101 (Richtlinie zum Maschineneinsatz), vgl. Kapitel 6.2.5

²⁶⁰ Vorhaben ausgewählter Instrumente aus dem Instrumentenpool bzw. modularer Kommunikations- und Beratungsstrategien (Design und Implementierung der Instrumente bzw. Feedback-Kreislauf) (zugleich teilweise enthalten in: Deliverables 4.8 und 4.11 in der 2. Förderphase von BonaRes-SOILAssist)

- (4) ein in Anlehnung an einen Videobeitrag des Bundesinformationszentrums Landwirtschaft (BZL)²⁶¹ zur bodenschonenden Befahrung aus dem Jahr 2001 methodisch und inhaltlich zeitgemäß gestalteter, mit einer stringenten Kommunikationsstrategie ausgestatteter und für Nutzer attraktiver(er) **Film zur intelligenten Landbewirtschaftung**²⁶² sowie
- (5) eine **Kommunikationsstrategie Nachhaltige Bodennutzung für gesunde Böden** als Basis einer künftigen Policy-Entwicklung.

Aus Perspektive der wissenschaftlichen Politikberatung ist bei der künftigen Policy-Entwicklung wichtig, dass **die hier geführte Diskussion um** vorprogrammierte und akzeptierte Probleme durch den § 17 BBodSchG, **das Fehlen einer gesamteuropäischen gesetzlichen Grundlage für den Bodenschutz** und der Wichtigkeit geeigneter, regionaler **kooperative Modelle (bottom-up solutions)** im Zusammenhang mit bestehenden **Policy gaps** zu sehen ist: Während Forschende sehr oft eine Beratungsresistenz der Politik monieren, steht demgegenüber die **Beratungsinsuffizienz der Wissenschaft** (Eekhoff 2004). Es müssten – auch um den **Megatrend Governance** weiter zu verfolgen – der institutionelle Rahmen und Lösungen regional bzw. „im Kleinen“ gleichermaßen eine Rolle spielen. Hierfür könnten zwei von drei für den Zeitraum 2017 bis 2020 formulierte Output-Ziele der Europäischen Bodenpartnerschaft (ESP) als Vorlage dienen: ein Bericht zu **best practice-Beispiele** zum Nachhaltigen Bodenmanagement (Sustainable Soil Management, SSM) sowie die **Förderung von Synergien auf der Ebene Politik-Wissenschaft** (FAO 2017a, S. 6).

In der Agrarpolitik werden für den Klima- und Umweltschutz förderliche Bewirtschaftungsmethoden erwünscht. Dafür könnten – wie in der **Schweiz** – ressortübergreifend Lösungen gefunden werden. Es bedeutet **eine große Herausforderung für die Landwirtschaft, sich vom Status-Quo hin zu einer innovativen Landwirtschaft zu entwickeln**, die **zum Wohl der Bevölkerung** stärker die nachhaltige Nutzung der nicht erneuerbaren Ressource Boden (bzw. den Bodenschutz) befördert (als Teil der Green Economy²⁶³ bzw. des (Global) Green New Deals). Und zwar nicht vorrangig über die Kommunikation des Begriffes *Bodenschutz*, sondern über das Leitbild bzw. über das **Narrativ Nachhaltige Bodennutzung für gesunde Böden**. Es geht um das **Finden eines gemeinsamen Nenners**, der unter Einbeziehung externaler Kosten der Bodenbewirtschaftung²⁶⁴ in der Praxis auf den Ackerflächen „funktioniert“ und an den **Bedarfen der Praktikerinnen und Praktiker** als Akteure in der nachhaltigen Bodennutzung ausgerichtet ist. Hierbei spielt die Akzeptanz durch die Landwirtinnen und Landwirte für die Implementierung von Schritten in Richtung einer innovativen, umweltverträglichen Landwirtschaft eine entscheidende Rolle. Die Landwirtschaft ist, gemeinsam mit dem

²⁶¹ BZL-Videobeitrag *Boden auch mit großen Maschinen schonend befahren* aus dem Jahr 2001, vgl. Kapitel 6.3.4

²⁶² z. B. als Produktion im Rahmen eines BonaRes-Verbundprojekts (zugleich teilweise enthalten in: Deliverables 4.8 und 4.11 in der 2. Förderphase von BonaRes-SOILAssist)

²⁶³ innovationsorientierte Volkswirtschaft, die mit Natur und Umwelt in Einklang steht

²⁶⁴ Kosten des Handelns gegenüber Kosten des Nicht-Handelns („added value“/Mehrwert des Bodenschutzes in Europa)

Lebensmittel sektor, einer der besonders relevanten Sektoren für die deutsche Wirtschaft, und kann ihren Teil zur Entwicklung von Transformationsstrategien beitragen. Vor dem Hintergrund des bestehenden Handlungsbedarfs bei deren Umsetzung ist eine **Konkretisierung der GfP sinnvoll**. Um die Landwirtschaft **vom Status-Quo hin zu einer innovativen Landwirtschaft zu entwickeln**, könnten (in Ermangelung weiterreichender ordnungspolitischer Regelungen auf EU-, Bundes- oder Länderebene), wie u. a. von Keesstra et al. (2016) aufgezeigt, rechtlich nicht verbindliche, weiche Vorschriften bzw. ***bottom-up solutions*** dabei helfen, auf die **dringende Erfordernis einer universellen und transformativen Agenda für Nachhaltige Entwicklung** zu reagieren. ***Bottom-up solutions*** bzw. kooperative Modelle können durch ihren Charakter als freiwillige Vereinbarungen – also eine Art ‚Pakt‘ – ein ‚Vehikel der Veränderung‘ für ein standortangepasstes Bodenmanagement sein. Es geht darum, durch Verhaltensänderung die natürliche Ressource Boden nachhaltig zu nutzen: Durch das Vermeiden und Beheben von Fehlern in der Bodennutzung und durch standortangepasste Bewirtschaftungsformen – all das ist eine Frage von Intergenerationen-Gerechtigkeit, von kollektivem Handeln und des Ziels einer Nachhaltigen Entwicklung: also eine Frage von Gemeinwohl, Zusammenhalt, Glück.

Literaturverzeichnis

- Ad-hoc-AG Boden (2000) Methodendokumentation Bodenkunde. Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden. Hannover (2. Auflage)
- Ad-hoc-AG Boden/M Außendorf, D Feldhaus, M Gunreben, V Hennings, U Müller, St Sauer, H P Schrey, B Siemer, Th Vorderbrügge & A Wourtsakis (2007) Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Nutzungsfunktion „Rohstofflagerstätte“ nach BBodSchG sowie der Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Erosion und Verdichtung. Hannover (2. Auflage)
- Aid (2015) B&B Agrar Sonderdruck 68: Den Boden im Blick. Bonn
- Aid/J Brunotte, M Busch, R Brandhuber, G Breitschuh, J Bug, A von Chappuis, N Fröba, W Henke, H Honecker, F Höppner, M List, Th Mosimann, B Ortmeier, W Schmidt, St Schrader, Th Vorderbrügge & Th Weyer (2015) Gute fachliche Praxis – Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz. Bonn (2. Auflage)
- Aid/J Brunotte, R Duttmann, F Ellmer, Ch Emmerling, D Felgentreu, W Henke, B Hommel, H Honecker, H-J Koch, H Kolbe, S Kratz, M Kuhwald, K Kuka, M List, K Marx, B Ortmeier, B C Schäfer, St Schrader, S Schroetter, M Senger, K Severin, B Urban, Th Vorderbrügge & H-H Voßhenrich (2016) Gute fachliche Praxis – Bodenfruchtbarkeit. Bonn
- Aid/J Brunotte, W Schmidt, R Brandhuber, M Bach, H Honecker, J Bug, E Ebach, St Schrader, Th Weyer & Th Vorderbrügge (2013) Gute fachliche Praxis – Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz. Bonn
- Arbeitsgruppe Landwirtschaftlicher Bodenschutz Nordwestschweiz und Luzern/N Emch, U Mühlethaler, P Hofer & M Egli (2005) Merkblatt Bodenverdichtung – der Unterboden macht dicht. Solothurn
- Arvidsson J, E Sjöberg & J J H van den Akker (2003) Subsoil compaction by heavy sugarbeet harvesters in southern Sweden. III. Risk assessment using a soil water model. In: Soil & Tillage Research, Band 73, S. 77-87
- ATV-DVWK (1995) Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden, Teil I: Mechanische Belastbarkeit. Hennef (DVWK-Merkblatt 234/1995-1)
- ATV-DVWK (1997) Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden, Teil II: Auflastabhängige Veränderung von bodenphysikalischen Kennwerten. Hennef (DVWK-Merkblatt 235/1997)
- ATV-DVWK (2002) Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden, Teil III: Methoden für eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung. Hennef (ATV-DVWK-Merkblatt 901)
- BAFU/BLW (2013) Bodenschutz in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Bern (Umwelt-Vollzug 1313)
- BAFU/C Staub, W Ott, F Heusi, G Klingler, A Jenny, M Häcki & A Hauser (2011) Indikatoren für Ökosystemleistungen. Systematik, Methodik und Umsetzungsempfehlungen für eine wohlfahrtsbezogene Umweltberichterstattung. Bern (Umwelt-Wissen 1102)
- Bayerischer Landtag (2017) Antwort des Staatsministeriums für Ernährung Landwirtschaft und Forsten vom 08.05.2017 zur Schriftlichen Anfrage der Abgeordneten Ruth Müller SPD vom 29.03.2017. Drucksache 17/16748 vom 26.07.2017. URL: https://www.bayern.landtag.de/www/ElanText-Ablage_WP17/Drucksachen/Schriftliche%20Anfragen/17_0016748.pdf (Stand: 09.10.2017)
- Beudt J (2011/2009) Präventiver Grundwasser- und Bodenschutz. Europäische und nationale Vorgaben. Berlin/Heidelberg u. a.

- BfN/FiBL/FÖL/Ch Arncken, J Schmack, A-K Spiegel, K Spory, K-P Wilbois, Th Bernhardt, A Gronle, J Heß & J Schmid (2014) Praxishandbuch Leguminosen nutzen: Naturverträgliche Anbaumethoden aus der Praxis. Bonn
- BGR (2018) Neue Methoden und Aktualisierungen der Methodendokumentation Bodenkunde. URL: <https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Netzwerke/AGBoden/methoden.html?nn=1542204#doc1564192body%20Text1> (Stand: 22.02.2018)
- BGR/T Wadtke (2015) Geodaten weltweit verfügbar. BGR ermöglicht mit neuer Geodateninfrastruktur einen vereinfachten Zugang zu geowissenschaftlichen Ergebnissen unter Berücksichtigung der INSPIRE-Richtlinie, S. 32-33 (BGR Report, Juni 2015)
- BGR/K Kruse (2016) Bodenatlas Deutschland. Böden in thematischen Karten. Stuttgart
- Bickel Ch (2004) Bundes-Bodenschutzgesetz. Kommentar. Köln (3. Auflage)
- BLE/H Böhm, B Bohne, R Brandhuber, Ch Bruns, M Demmel, M Finckh, J Fuchs, A Gronle, O Hensel, G Lux, D Möller, H Schmidt, K Schmidtke, A-K Spiegel, W Vogt-Kaute, D Werren, K-P Wilbois, M Wild & D Wolf (2014) Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit – Strategien für einen erfolgreichen Anbau. Bonn
- BMEL (2016) Grünbuch Ernährung, Landwirtschaft, Ländliche Räume. Gute Ernährung, starke Landwirtschaft, lebendige Regionen. Berlin
- BMEL/aid (2013/2015) Gute fachliche Praxis – Bodenbewirtschaftung und Bodenschutz. Bonn
- BMEL/LfL (2015) Tagungsband „Jahr des Bodens“. Schwere Maschinen, enge Fruchtfolgen, Gärreste – eine Gefahr für die Bodenfruchtbarkeit. Bonn/Freising
- BMELF (1999) Gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung. Bonn
- BMELV/FHM/H-G Kluge, F Ley, V Wittberg, H Bornkessel & M Rocklage (2010) Gutachten zur Abschätzung der Verwaltungskosten zum Vorschlag der Europäischen Kommission für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Bodenschutz. Bielefeld
- BMUB (2017) Bildergalerie Praktiker-Dialog mit der Landwirtschaft. URL: <https://www.bmu.de/media/praktiker-dialog-mit-der-landwirtschaft/> (Stand: 22.02.2018)
- BMUB (2017) Vierter Bodenschutzbericht der Bundesregierung. Beschluss des Bundeskabinetts vom 27. September 2017. Bonn
- BMUB (2018) EU-Bodenschutzpolitik. Historie, Hintergrund, Ziele und Stand der Beratungen. URL: <http://www.bmu.de/themen/wasser-abfall-boden/bodenschutz-und-altlasten/braunkohlesierung/eu-bodenschutzpolitik/> (Stand: 22.02.2018)
- BMVEL (2002) Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion. Bonn
- BMVEL (2004) Grundsätze und Handlungsempfehlungen zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung. Bonn
- BMWi (2013) Autonomik – Autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand. Die Projekte. Berlin
- BMWi (2014) Partnerschaftsvereinbarung zwischen Deutschland und der Europäischen Kommission für die Umsetzung der ESI-Fonds unter dem Gemeinsamen Strategischen Rahmen in der Förderperiode 2014 bis 2020. Gesamtdokument. Berlin
- BMZ/GIZ/J Schmitz (2017) Boden. Grund zum Leben: Gemeinsam für den Boden. Bodenständige Argumente für den besseren Umgang mit einer begrenzten Ressource. Bonn (5. Auflage)

- BMZ/GIZ/S Krall (2015) Was ist nachhaltige Landwirtschaft? Bonn/Eschborn
- BMZ/GTZ (1993) Umwelt-Handbuch. Arbeitsmaterialien zur Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen. Band 3: Katalog umweltrelevanter Standards. Eschborn/Wiesbaden
- Brand-Saßen H (2004) Bodenschutz in der Landwirtschaft – Stand und Verbesserungsmöglichkeiten. Dissertation. Göttingen
- Brils J, L Maring, P Minixhofer, S Zechmeister-Boltenstern, R Stangl, A Baumgarten, M Weigl, P Tramberend, N Bal, B Peeters, P Klusáček, S Martinát, B Frantál, A Rehunen, T Haavisto, R Britschgi, O Pyy, J Rintala, P Shemeikka, M-Ch Dector, S Coussy, V Guerin, C Merly, U Ferber, D Grimski, M Tambasso, S Chiodi, G Melis, A Starzewska-Sikorska, Th Panagopoulos, V Ferreira, D Antunes, M Dumitru, S L řtefănescu, A Vrinceanu, V Voicu, N Vrinceanu, M Finka, M Kozova, Z Izakovicova, L Jamecny, V Ondrejicka, B Cotič, B Mušič, I Šuklje Erjavec, M Nikšič, P Menger, G Garcia-Blanco, E Feliu, Y Ohlsson, L van Well, K Konitzer, R Brassel, M Pütz, P Nathanael, M Ashmore & S Bartke (2016) National reports with a review and synthesis of the collated information. Final version as of 01.03.2016 of deliverable 2.5 of the HORIZON 2020 project INSPIRATION. EC Grant agreement no: 642372. Dessau-Roßlau
- Brunotte J & M Lorenz (2015a) Maschinenbelastung anpassen. In: aid 2015, S. 18-20 (B&B Agrar Sonderdruck 68, Heft 4)
- Brunotte J & M Lorenz (2015b) Anpassung der Lasteinträge landwirtschaftlicher Maschinen an die Verdichtungsempfindlichkeit von Böden – Wunschtraum oder bereits Realität? In: BMEL/LfL 2015, S. 11-17 (Tagungsband Jahr des Bodens)
- Brunotte J, M Lorenz, C Sommer, T Harrach & W Schäfer (2008) Verbreitung von Bodenschadverdichtungen in Südniedersachsen. In: Berichte über Landwirtschaft. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, Band 86, S. 262-284
- Bundesregierung (2011) Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Berlin
- Bundesregierung (2017) Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie – Neuauflage 2016. Berlin
- BUWAL/A Desaules, M Hämmann & P Weisskopf sowie F Fachin, A Helfenstein & B Schrade (2001/2005) Erläuterungen zur Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens (VBBö). Bern
- Chamen W C T, L Alakukku, S Pires, C Sommer, G Spoor, F Tijink & P Weisskopf (2002) Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction. A review. Part 2. Equipment and field practices. In: Soil and Tillage Research, Band 73, S. 161-174
- Cornell A, J Weier, N Stewart, J Spurgeon, H Etter, R Thomas, N Favretto, A Chilombo, N van Duivenbooden, Ch van Beek & T de Ponti (2016) Economics of Land Degradation Initiative. Report for the Private Sector. Bonn
- Deutscher Bundestag (2002) Sondergutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen. Für eine Stärkung und Neuorientierung des Naturschutzes. Bundestags-Drucksache 14/9852.
- Deutscher Bundestag (2017) Verordnung der Bundesregierung. Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung. Bundestags-Drucksache 18/12213.
- DG ENV (2015) 1st Meeting of the EU expert Group on Soil Protection 19/10/2015. Background document. Brüssel
- DG ENV (2016a) 1st soil EG meeting 151019. Summary discussion and written contributions final. Brüssel

- DG ENV (2016b) 2nd meeting of the EU expert Group on soil protection 26 April 2016. Summary of discussions. Brüssel
- DG ENV (2016c) 3rd meeting of the EU expert Group on soil protection 18-19 October April 2016. Summary of discussions. Brüssel
- DG ENV (2017a) Minutes of the 4th meeting of the EU expert Group on soil protection 25 April 2017. Brüssel
- DG ENV (2017b) 4th Meeting of the EU expert Group on soil protection 25/04/2017. Background document. Brüssel
- DG ENV (2017c) Minutes of the 5th meeting of the EU expert Group on soil protection 24 October 2017. Brüssel
- DG ENV (2018) 6th Meeting of the EU expert Group on soil protection 17 April 2018. Draft Agenda. Brüssel
- DG ENV/M Hamell (2011) Antwortschreiben zum BMELV-Gutachten an BMELV-Referat 523. Brüssel
- DIN = Deutsches Institut für Normung (1996) Klimatologische Standortuntersuchung im landwirtschaftlichen Wasserbau. Ermittlung der meteorologischen Größen. DIN 19685. Berlin
- DIN = Deutsches Institut für Normung (2011) Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Verdichtungsempfindlichkeit von mineralischen Unterböden aus der Schätzung der Vorbelastung (Norm-Entwurf DIN 19688:2011-09 auf der Basis von DIN V 19688:2001-11 sowie DIN V 19688:2000-07, alle zurückgezogen). Berlin
- Eckert H, G Breitschuh & D Sauerbeck (1999) Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung (KUL) – ein Verfahren zur ökologischen Bewertung von Landwirtschaftsbetrieben. Agrobiological Research, Band 52, S. 57-76
- Ecologic Institute/A Frelih-Larsen, C Bowyer, S Albrecht, C Keenleyside, M Kemper, S Nanni, S Naumann, D Mottershead, R Landgrebe, E Andersen, P Banfi, S Bell, I Brémere, J Cools, S Herbert, A Iles, E Kampa, M Kettunen, Z Lukacova, G Moreira, Z Kiresiewa, J Rouillard, J Okx, M Pantzar, K Paquel, R Pederson, A Peepson, F Pelsy, D Petrovic, E Psaila, B Šarapatka, J Sobocka, A-C Stan, J Tarpey & R Vidaurre (2016) Updated Inventory and Assessment of Soil Protection Policy Instruments in EU Member States. Final Report (08.02.2017). Berlin
- EEA (2015) The European environment – state and outlook 2015: synthesis report. Kopenhagen
- Ekhoff J (2004) Beratungsresistenz der Politiker oder Beratungsinsuffizienz der Wissenschaftler? In: Priddat & Theurl 2004, S. 199-208
- ELD Initiative & UNEP (2015a) The Economics of Land Degradation in Africa. Benefits of Action Outweigh the Costs. Bonn
- ELD Initiative (2015b) The Value of Land. Prosperous lands and positive rewards through sustainable land management. Bonn
- ELD Initiative (2015c) Economics of Land Degradation Initiative. Report for policy and decision makers. Reaping economic and environmental benefits from sustainable land management. Bonn
- ELD Initiative (2015d) Practitioner's Guide. Pathways and Options for Action and Stakeholder Engagement, based on the 2015 ELD Massive Open Online Course "Stakeholder Engagement". Bonn
- Erbguth W & F Stollmann (2001) Bodenschutzrecht. Baden-Baden
- EU (2007) Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE) vom 14. März 2017. Amtsblatt der Europäischen Union L 108/1.

- Europarat (1972) Europäische Bodencharta, Entschließung 72/19. URL: <http://hypersoil.uni-muenster.de/0/02/03/03/01.htm> (Stand: 11.10.2017)
- FAO & ITPS (2015) Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Rom
- FAO (1982) World Soil Charter. Rom
- FAO (2015) Revised World Soil Charter. Rom
- FAO (2017a) European Soil Partnership Implementation Plan 2017-2020. Rom
- FAO (2017b) Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management. Rom
- Frenz W (2000) Bundes-Bodenschutz-Gesetz. Kommentar. München
- GD-NRW (2011) Broschüre Boden in Nordrhein-Westfalen: erkunden, nutzen, erhalten. Krefeld
- GD-NRW (o. J.) Flyer Boden in Nordrhein-Westfalen: erkunden, nutzen, erhalten. Krefeld
- GIZ/A Schöning (2012) Themeninfo Nachhaltige Bodennutzung. Eschborn
- GIZ/M Schauer (2014) ELD – A global initiative for sustainable land management. Bonn
- GIZ/M Schauer (2015) Report for policy makers. Key facts and figures. Bonn
- Gnutzmann N & J Fick (2018) „Gelbe Seiten“ Bodenverdichtung. Zusammenstellung der in Deutschland, Schweiz und Österreich existierenden Beratungsinstrumente und Informationsangebote (Transfermedien) zur Vermittlung wissenschaftlicher Erkenntnisse im Themenbereich Bodenverdichtung an Praxisakteure der Landwirtschaft. URL: https://www.soilassist.de/fileadmin/soilassist/Gelbe_Seiten_Bodenverdichtung_final.pdf (Stand: 22.02.2018)
- Gut S, A Chervet, M Stettler, P Weisskopf, W G Sturny, M Lamandé, P Schjønning & Th Keller (2015) Seasonal dynamics in wheel load carrying capacity of a loam soil in the Swiss Plateau. In: Soil Use and Management, Band 31, S. 132-141
- Haber W & W Bückmann (2014) Nachhaltiges Landmanagement, differenzierte Landnutzung und Klimaschutz. Berlin
- Heink U, J Hauck, K Jax & U Sukopp (2016) Requirements for the selection of ecosystem service indicators – The case of MAES indicators. Ecological Indicators, Band 61, S. 18-26
- HLNUG (2017) Gute fachliche Praxis. URL: <https://www.hlnug.de/themen/boden/vorsorge/gute-fachliche-praxis.html> (Stand: 09.10.2017)
- HLUG (2015) Vorsorgender Bodenschutz in Hessen. URL: https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/boden/boden-infos/Flyer_VBS_2015_web.pdf (Stand: 18.10.2017)
- HLUG/K-H Emmerich, K Friedrich, F Rosenberg, K-J Sabel, L Schrader & Th Vorderbrügge (2001) Beiträge zum Bodenschutz in Hessen: Bodenschutz im Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie. Wiesbaden
- HLUG/N Feldwisch (2015) Vorsorgender physikalischer Bodenschutz – unbekannt und ungeliebt in Planung und Umsetzung!. In: HLUG/K Friedrich & Th Vorderbrügge 2015, S. 85-90 (Böden und Bodenschutz in Hessen, Heft 12)
- HLUG/N Feldwisch (2012) Vorsorgender Bodenschutz bei Baumaßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur und der Durchgängigkeit. Wiesbaden
- HLUG/K Friedrich & Th Vorderbrügge (2015) Internationales Jahr des Bodens: Beiträge zu den Veranstaltungen Festveranstaltung Digitale Bodenschätzung Hessen und Umweltforum Hessen „Der Boden, von dem wir leben“. Wiesbaden (Böden und Bodenschutz in Hessen, Heft 12)

- HMUKLV (2001) Bodenschutz in der Bauleitplanung. Arbeitshilfe zur Berücksichtigung von Bodenschutzbelangen in der Abwägung und der Umweltprüfung nach BauGB in Hessen. Wiesbaden
- HMUKLV/N Feldwisch (2016) Politik mit Tiefgang. Vorsorgender Bodenschutz: Wissen für Entscheider. Wiesbaden
- Holzwarth F, H Radtke, B Hilger & G Bachmann (2000) Bundes-Bodenschutzgesetz/Bundes-Bodenschutz- und Altlasten-Verordnung – Handkommentar. Berlin (2. Auflage)
- IÖR/R-U Syrbe & R Steinhäußer (2014) Schlussbericht für das BMBF-Forschungsvorhaben LÖBESTEIN. Landmanagementsysteme, Ökosystemdienstleistungen und Biodiversität – Entwicklung von Steuerungsinstrumenten am Beispiel des Anbaus nachwachsender Rohstoffe. Dresden
- ISO = International Organization for Standardization (2017) Environmental management – Guidelines for establishing good practices for combatting Land Degradation and desertification – Part 1: Good practices framework (ISO 14055-1:2017). Vernier, Genf
- Jones A, P Panagos, S Barcelo, F Bouraoui, C Bosco, O Dewitte, C Gardi, M Erhard, J Hervás, R Hiederer, S Jeffery, A Lükewille, L Marmo, L Montanarella, C Olazábal, J-E Petersen, V Penizek, Th Strassburger, G Tóth, M Van Den Eeckhaut, M Van Liedekerke, F Verheijen, E Viestova & Y Yigini (2011) The State of Soil in Europe. Luxemburg
- JRC/A Payá Pérez & N Rodríguez Eugenio (2017) Status of local soil contamination in Europe. Brüssel
- JRC/J Stolte, M Tesfai, L Øygarden, S Kværnø, J Keizer, F Verheijen, P Panagos, Ch Ballabio & R Hessel (2016) Soil threats in Europe. Status, methods, drivers and effects on ecosystem services. Luxemburg
- JRC/EEA/G Van-Camp, B Bujarrabal, A R Gentile, R J A Jones, L Montanarella, C Olazabal & S-K Selvaradjou (2004) Reports of the Technical Working Groups: Established under the Thematic Strategy for Soil Protection – Volume II – Erosion. Luxemburg
- Kaufmann-Boll C, W Kappler, S Lazar, G Meiners, B Tischler, R Baritz, O Düwel, R Hoffmann, J Utermann, F Makeschin, M Abiy, J Rinklebe, A Prüß, C Schilli, A Beylich & U Graefe (2011) Anwendung von Bodendaten in der Klimaforschung. Kurzfassung. Dessau-Roßlau (UBA-Texte 65/2011)
- KBU/UBA/F Makeschin (2016) Böden als Wasserspeicher. Erhöhung und Sicherung der Infiltrationsleistung von Böden als ein Beitrag des Bodenschutzes zum vorbeugenden Hochwasserschutz. Dessau-Roßlau (UBA-Position, Juli 2016)
- KBU/UBA/F Makeschin, W Eckelmann, F Ekardt, J-U Fischer, P Grathwohl, R F Hüttl, K Hund-Rinke, U Köpke, F Rück, E Schnug, H Wiggering, J Zeitz, F Glante & J Mathews (2014) 12 notwendige Schritte auf dem Weg zum Schutz fruchbarer Böden und zur Reduzierung des Flächenverbrauchs (Ergebnisse der KBU-Veranstaltung „Wie viel Boden brauchen wir?“ am 6. Dezember 2013. Dessau-Roßlau (UBA-Position, April 2014)
- Keesstra S D, J Bouma, J Wallinga, P Tittonell, P Smith, A Cerdà, L Montanarella, J N Quinton, Y Pachepsky, W H van der Putten, R D Bardgett, S Moolenaar, G Mol, B Jansen & L O Fresco (2016) The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable development goals. In: Soil, Heft 2, S. 111-128
- KLU/UBA (2015) Die Landwirtschaft grüner gestalten. Stellungnahmen der Kommission Landwirtschaft beim Umweltbundesamt 2010-2015. Dessau-Roßlau (UBA-Sammelband)
- KOM (2000) Richtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (2000/60/EC). Brüssel
- KOM (2006) Mitteilung zur Thematischen Strategie für den Bodenschutz (KOM(2006) 231 endgültig, basierend auf KOM(2002) 0179). Brüssel

- KOM (2009) Gezielter Einsatz von bodenschonenden landwirtschaftlichen Praktiken und politischen Maßnahmen zum Bodenschutz gegen die Verschlechterung der Bodenqualität. 10 Fact Sheets. Brüssel
- KOM (2011) Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020 (COM(2011) 244 final)
- KOM (2012) Bericht zur Umsetzung der Thematischen Strategie für den Bodenschutz und laufenden Maßnahmen (KOM(2012) 46 endgültig). Brüssel
- KOM (2013) Beschluss über ein allgemeines Umweltaktionsprogramm der Union für die Zeit bis 2020 „Gut leben innerhalb der Belastungsgrenzen unseres Planeten“. Brüssel
- KOM (2014) Allgemeines Umweltaktionsprogramm der Union für die Zeit bis 2020: Gut leben innerhalb der Belastbarkeitsgrenzen unseres Planeten. Luxemburg
- KOM (2014) Information and Notices. Corrigendum to the withdrawal of obsolete Commission proposals (OJ C 163). Luxemburg
- KOM (2016) Zusammenfassung der Bewertung der Richtlinie 2007/2/EG zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE) und Grundlage für den Bericht über die Durchführung vom 20. Juli 2016 (SWD(2016) 243 endgültig). Brüssel
- KOM (2017) Questionnaire to the Soil Expert Group in view of technical preparatory work on EU Soil policy development. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiX06Cw2KzaAhXPaFAKHS2WCKwQFggnMAA&url=https%3A%2F%2Fcircabc.europa.eu%2Fsd%2Fa%2Fa3f9eced-06aa-425f-a0d3-38bee554ddc2%2F171012%2520-%2520Questionnaire%2520to%2520the%2520Soil%2520Expert%2520Group%2520for%2520preparing%2520an%2520IA%2520on%2520EU%2520Soil%2520policy_final.docx&usg=AOv-Vaw1qMAI1gkRioxF_bwnPQ0x3 (Stand: 22.02.2018)
- KOM/J Maes, A Teller, M Erhard, B Grizzetti, J I Barredo, M L Paracchini, S Condé, F Somma, A Orgiazzi, A Jones, G Zulian, J-E Petersen, D Marquardt, V Kovacevic, D Abdul Malak, A I Marin, B Czúcz, A Mauri, P Loffler, A Bastrup-Birk, K Biala, T Christiansen & B Werner (2018) Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for mapping and assessment of ecosystem condition in EU. Brüssel
- KOM/M Erhard, A Teller, J Maes, A Meiner, P Berry, A Smith, R Eales, L Papadopoulou, A Bastrup-Birk, E Ivits, E Royo Gelabert, G Dige, J-E Petersen, J Reker, M Cugny-Seguin, P Kristensen, R Uhel, Ch Estreguil, M Fritz, P Murphy, N Banfield, O Ostermann, D Abdul Malak, Ana Marín, Ch Schröder, S Conde, C Garcia-Feced, D Evans, B Delbaere, S Naumann, M Davis, H Gerdes, A Graf, A Boon, B Stoker, A Mizgajski, F Santos Martin, A Jol, A Lükewille, B Werner, C Romao, D Desaulty, F Wugt Larsen, G Louwagie, N Zal, S Gawronska & T Christiansen (2016) Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. Mapping and assessing the condition of Europe's ecosystems: Progress and challenges. Brüssel
- Kremer-Schillings W (2017) Videoaufzeichnung Eröffnungsrede Praktikernetzwerk, BM Schmidt vom 12. Juli 2017. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=UjH7AVrSx8E> (Stand: 22.02.2018)
- LABO (2014) Positionspapier der LABO zur „Guten fachlichen Praxis“ der landwirtschaftlichen Bodennutzung. URL: https://www.labo-deutschland.de/documents/2014-11-25_LABO-Positionspapier-GfP_und_Anhang.pdf (Stand: 11.10.2017)
- LABO/A Wieland (2015) Jahresbericht der LABO 2014. URL: <https://www.labo-deutschland.de/Jahresberichte.html> (Stand: 11.10.2017)

- Land Hessen (2015) Aufschüttungen/Aufbringen und Einbringen von Bodenmaterial auf Böden (StAnz. Nr. 46 vom 09.11.2015 S. 1150)
- Landeshauptstadt Stuttgart (2005) Forschungs- und Entwicklungsvorhaben Bodenschutzkonzept Stuttgart (BOKS) – Teil I – Planungskarte Bodenqualität und Bodenindex. Stuttgart
- Landeshauptstadt Stuttgart (2006) Forschungs- und Entwicklungsvorhaben Bodenschutzkonzept Stuttgart (BOKS) – Teil II – haushälterischer Umgang mit Boden, Bewirtschaftung des Bodenkontingents. Stuttgart
- Landeshauptstadt Stuttgart/G Wolff (2006) Bodenschutzkonzept Stuttgart (BOKS). Stuttgart (Schriftenreihe des Amt für Umweltschutz, Heft 4)
- Landtag Mecklenburg-Vorpommern (2015) Antwort der Landesregierung auf Kleine Anfrage B90DG zum Bodenschutzprogramm Mecklenburg-Vorpommern. Drucksache 6/3852 vom 04.05.2015. URL: <http://www.dokumentation.landtag-mv.de/Parldok/dokument/35895/das-bodenschutzprogramm-mecklenburg-vorpommern.pdf> (Stand: 09.10.2017)
- LANUV (2009) Bodenschutz beim Bauen. Recklinghausen
- LANUV (2017) Bodenschadverdichtung. URL: <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/bodenschutz-und-altlasten/bodenschutz/bodenschadverdichtung/> (Stand: 09.10.2017)
- LAPfI/Th Würfel, R Vetter, E Unterseher & M Elsäßer (2002) Merkblätter für die umweltgerechte Landbewirtschaftung: Merkblatt 25: Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen. Stuttgart
- LAU (2017) Tabelle Weitere Handlungshilfen zum Bodenschutz. URL: https://lau.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LAU/Bodenschutz/Dateien/handlungshilfen_boden_schutz.pdf (Stand: 09.10.2017)
- LBEG (2007) Flyer Beratung für Landwirtschaft und Bodenschutz. Hannover
- LBEG (2009) Karte Potenzielle Verdichtungsempfindlichkeit niedersächsischer Böden unter derzeitigen Klimabedingungen. Hannover [in LBEG/Engel & Müller 2009, S. 21]
- LBEG (2017) Handlungsempfehlungen zur frühzeitigen Berücksichtigung der Belange des Bodenschutzes in Planungsverfahren zur Erdkabelverlegung. Hannover und LBEG (2014): Bodenschutz beim Bauen – Ein Leitfaden für den behördlichen Vollzug in Niedersachsen. Hannover
- LBEG/N Engel & U Müller (2009) Auswirkungen des Klimawandels auf Böden in Niedersachsen. Hannover
- LBEG/U Hammerschmidt (2014) Bodenschutz beim Bauen: Ein Leitfaden für den behördlichen Vollzug in Niedersachsen. Hannover
- LfL (o. J.) Wirkung unterschiedlicher Fahrwerke schwerer Landmaschinen auf die Bodenstruktur. URL: <http://www.lfl.bayern.de/ilt/pflanzenbau/marktfruchtanbau/027596/index.php> (Stand: 05.10.2017)
- LfL/B Blumenthal, H Kirchmeier, M Marx, R Brandhuber & M Demmel (2016) Regelspurverfahren im Ackerbau. Ergebnisse aus dem Agro-Klima-Forschungsprojekt Regelspurverfahren – Controlled-Traffic-Farming. Freising
- LfL/M Demmel, H Kirchmeier, B Blumenthal, M Marx & R Brandhuber (2016) Streifenbodenbearbeitung von Zuckerrüben und Körnermais. Ergebnisse aus dem Agro-Klima-Forschungsprojekt Streifenbodenbearbeitung – Strip-Tillage. Freising
- LfL/R Brandhuber (2006) Bodenbelastung durch Landmaschinen: Wirkungsmechanismen und Risikobeurteilung. Freising
- LfL/R Brandhuber, M Demmel & M Wild (2010) Themenblatt Bodenverdichtung: Weniger Druck dem Boden zuliebe. Freising [Bofru-Projekt]

- LfL/Th Diez, H Weigelt & R Brandhuber (2017/2012/2005 und Vorgängerversionen) Bodenstruktur erkennen und beurteilen. Anleitung zur Bodenuntersuchung mit dem Spaten. Freising (8. Auflage aus dem Jahr 2017 gemeinsam mit LfULG, TLfL, LWK-NI, LWK-SL)
- LfL/U Hege & M Brenner (2004) Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung (KUL). Freising
- LfL/DLG/R Brandhuber, M Demmel, H-J Koch & J Brunotte (2016) Bodenschonender Einsatz von Landmaschinen. Empfehlungen für die Praxis. Freising (Merkblatt 344) (4. Auflage)
- LfL/SLfL/TLL/D Werner, R Brandhuber, W Schmidt, P Gullich & H Stahl (2002) Bodenfruchtbarkeit erhalten: Merkblatt Ackerböden vor Schadverdichtung schützen. Freising/Dresden u. a.
- LfL-Verweis auf Diss. R Geischeder (2011) Bodenbelastung und Bodenbeanspruchung unterschiedlicher Fahrwerkskonfigurationen. Freising
- LfL-Verweis auf DLG-Merkblatt 344/R Brandhuber, M Demmel, H-J Koch & J Brunotte (2008) Bodenschonender Einsatz von Landmaschinen. Empfehlungen für die Praxis. Frankfurt am Main
- LfL-Verweis auf M Lorenz, J Brunotte, Th Vorderbrügge, R Brandhuber, H-J Koch, M Senger, N Fröba & F-J Löpmeier (2016) Anpassung der Lasteinträge landwirtschaftlicher Maschinen an die Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens – Grundlagen für ein bodenschonendes Befahren von Ackerland. In: Landbauforschung Appl Agric Forestry Res 66, S. 101-144
- LfU (2012) Potenzielle Schadverdichtungsgefährdung brandenburgischer Böden. URL: <http://www.lfu.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.298395.de> (Stand: 05.10.2017)
- LfU (2014) Bodenschadverdichtung. URL: <http://www.lfu.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.298560.de> (Stand: 05.10.2017)
- LFU/ZALF (2000) Karte der Schadverdichtungs-Gefährdungsklassen für die Böden des Bundeslandes Brandenburg, basierend auf der MMK. URL: <http://www.lfu.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.298025.de> (Stand: 06.10.2017)
- SLfULG/R Paul, J Bischoff, M Schrödter, F Holz, A Hofhansel, J Zimmer, B Dittmann, R Brandhuber, M Demmel, R Geischeder, M Zimmermann, W Schmidt & H Börner (2010) Mehrländerprojekt Agrarbezogener Bodenschutz. Ergebnisbericht zum Mehrländerprojekt Maßnahmenentwicklung und -umsetzung für den vorsorgenden landwirtschaftlichen Bodenschutz. Dresden (Schriftenreihe des LfULG, Heft 15/2010)
- Lilienthal H & E Schnug (2008) Hochwasserschutz durch ökologische Bodenbewirtschaftung. Klimawandel und Ökolandbau. – Situation, Anpassungsstrategien und Forschungsbedarf. Darmstadt (KTBL Schrift 472)
- LLH/T Harrach, J Heyn, Th Vorderbrügge & M Schneider (2012) Angepasste Bodenbearbeitung, Förderung der Regenwurmaktivität und anzustrebendes Bodengefüge zum Schutz der Ackerböden vor Verdichtung und Erosion. Kassel
- LLUR (2015) Landwirtschafts- und Umweltatlas Schleswig-Holstein (Web Map Service). URL: <http://www.umweltdaten.landsh.de/atlas/script/index.php> (Stand: 22.02.2018)
- LLUR/D-Ch Elsner, E Cordsen & C Wiemann (2015) Bodenserie Verdichtung – Wie empfindlich ist mein Boden? LLUR stellt Karten ins Netz. Bauernblatt vom 28. November 2015
- LLUR/N Bädjer (2014) Leitfaden Bodenschutz auf Linienbaustellen. Flintbek
- LMS Agrarberatung (2012) Fachinformation Bodenschadverdichtung – erkennen und vermeiden. Rostock
- LMS Agrarberatung (2017) Bodenschutzverordnung. URL: <http://www.lms-beratung.de/index.phtml?view-81&SpecialTop=40> (Stand: 25.10.2017)

- LUBW (2017) Bodenverdichtung. URL: <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/239596/> (Stand: 09.10.2017)
- LUBW/E Schlabach, Ch Dusch & M Heck (2017) Bodenschutzrecht. Handreichung für die Verwaltung. Karlsruhe
- LUNG (2002) Bodenbericht des Landes Mecklenburg-Vorpommern: Phase 1 des Bodenschutzprogramms Mecklenburg-Vorpommern. URL: https://www.lung.mv-regierung.de/wasser_daten/Bodenbericht%20Mecklenburg-Vorpommern.htm (Stand: 09.10.2017)
- LUNG/ZALF/M Frielinghaus, D Deumlich, R Funk, K Helming, J Thiere, L Völker & B Winnige (2002) Beiträge zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern: Bodenerosion. Güstrow (2. Auflage)
- LUNG/ZALF/LFA/M Frielinghaus, H Petelkau, K Seidel, B Winnige, L Völker, W Neubauer & F Idler (2002) Beiträge zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern: Bodenverdichtung. Güstrow
- LWK Niedersachsen/M Senger (2014) Einfache Feldgefügeansprache – Beurteilung der Bodenstruktur durch den Praktiker. URL: <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/2/nav/279/article/19679.html> (Stand: 09.10.2017)
- LWK Niedersachsen/O Seitz & K Madena (2017/2015/2009) Leitlinien der Ordnungsgemäßen Landwirtschaft. Oldenburg [(Neuauflage folgend auf 1. Auflage 2009, 2. Auflage 2015 bzw. Vorgängerversion 1991)]
- LWK-NRW (2015) Bodenverdichtungen und Bodenerosion. Basisinformation. Münster
- LWK-NRW (2015) Gute fachliche Praxis der Bodenbearbeitung. Basisinformation. Münster
- LWK-SH: Verweis auf S Kastell (2012) Schadverdichtung erkennen und vermeiden. (Bauernblatt vom 27. Oktober 2012)
- Marx K (2008) Biodiversität. Die Vielfalt lebt in den Menschen. In: Ökologie & Landbau 148, S. 53
- MELF/MUNR (1996) Brandenburgische Leitlinien der ordnungsgemäßen landwirtschaftlichen Bodennutzung vom 29.11.1996. Potsdam
- MELUF (1986) Bodenschutzprogramm '86 Baden-Württemberg. Stuttgart
- MELUR/LLUR/Kuratorium Boden des Jahres/UBA (o. J.) Faltblatt Boden des Jahres 2016 Grundwasserboden (Gley). Kiel
- Merkblätter für die Beratung von Landwirten zu Maßnahmen zur Verhinderung und Beseitigung von Bodenschadverdichtungen
- MLU (2017a) Bodenschadverdichtung. URL: <https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/Im/Umwelt/Boden/Bodenschutz/Gef%C3%A4hrdung-des-Bodens/Bodenschadverdichtung> (Stand: 09.10.2017)
- MLU (2017b) Bodenschutzprogramm Mecklenburg-Vorpommern: Teil 2 – Bewertung und Ziele. URL: https://www.regierung-mv.de/serviceassistent/php/download.php?datei_id=1596843 (Stand: 05.02.2018)
- MLUR/ZALF/M Frielinghaus, H Petelkau, K Seidel, J Thiere, L Völker & B Winnige (2001) Informationsheft zum landwirtschaftlichen Bodenschutz im Land Brandenburg, Teil Bodenschadverdichtungen. Müncheberg
- MLUV (2006) Bodenschutz in der Landwirtschaft – Hinweise für die landwirtschaftliche Praxis: Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in Böden. Schwerin
- MLUV/NaturSchutzFonds (2005) Steckbriefe Brandenburger Böden, 5.4 Bänderfahlerde. Potsdam

- MRLU (1996) Leitlinien für eine ordnungsgemäße Landbewirtschaftung Land Sachsen-Anhalt. URL: https://llg.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LLFG/Dokumente/leitlinienordldw.pdf (Stand: 09.10.2017)
- MUKE (2017) Bodengefährdung. Bodengefährdung durch Verdichtung. URL: <http://www.themenpark-umwelt.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/7872/?path=3968;3966;&btlID=2&slideID=5> (Stand: 09.10.2017)
- MUKE (2017) Bodengefährdung. Bodenverdichtung vermeiden. URL: <http://www.themenpark-umwelt.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/7872/?path=3968;3966;&btlID=3> (Stand: 09.10.2017)
- MUKE/N Billen & K Stahr (2013) Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels. Fachgutachten für das Handlungsfeld Boden. Langfassung. Stuttgart
- MUKE/LUBW/H-K Hauffe (2015) Boden, Böden, Bodenschutz. Stuttgart
- Müller B (2016) Policy gaps: future challenges for research. In: Building Research & Information, Band 44, S. 338-341
- MUNF (1996) Bodenschutzprogramm: Ziele und Strategien des Bodenschutzes in Schleswig-Holstein. Kiel
- MUNLV (2007) Schutzwürdige Böden in Nordrhein-Westfalen: Bodenfunktionen bewerten. Düsseldorf
- MUNLV (2016a) Dialog Landwirtschaft und Umwelt: Vereinbarung zur Vermeidung von Bodenschadverdichtungen. Düsseldorf (URL: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/landwirtschaft/beschluss_vereinbarung_zur_vermeidung_von_bodenschadverdichtungen.pdf) (Stand: 09.10.2017)
- MUNLV (2016a) Dialog Landwirtschaft und Umwelt: Vereinbarung zur Vermeidung von Bodenschadverdichtungen. Düsseldorf (URL: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/landwirtschaft/beschluss_vereinbarung_zur_vermeidung_von_bodenschadverdichtungen.pdf) (Stand: 09.10.2017)
- MUNLV (2016b) Mitglieder des Dialog Landwirtschaft und Umwelt – Stand 06/2016. Düsseldorf (URL: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/dialog_mitglieder.pdf) (Stand: 09.10.2017)
- MUNLV (2016c) Pressemeldung Dialog Landwirtschaft und Umwelt veröffentlicht Vereinbarung zur Vermeidung von Bodenschadverdichtungen auf Ackerflächen. URL: <https://www.umwelt.nrw.de/presse/detail/news/2016-07-07-dialog-landwirtschaft-und-umwelt-veroeffentlicht-vereinbarung-zur-vermeidung-von-bodenschadverdichtungen-auf-ackerflaechen/> (Stand: 09.10.2017)
- MUNLV/Th Weyer & R Boeddinghaus (2009/2016a) Bodenverdichtungen vermeiden: Bodenfruchtbarkeit erhalten und wiederherstellen. Mit Beilage Bestimmungsschlüssel. Düsseldorf
- MUNLV/Th Weyer & R Boeddinghaus (2009/2016b) Bestimmungsschlüssel zur Erkennung und Bewertung von Bodenschadverdichtungen im Feld. In: MUNLV/Weyer & Boeddinghaus 2009/2016a
- MUNR/ZALF/H Petelkau, K Seidel & M Frielinghaus (2000) Ermittlung des Verdichtungswiderstandes von Böden des Landes Brandenburg und Bewertung von Landmaschinen und landwirtschaftlichen Anbauverfahren hinsichtlich der Beeinträchtigung von Bodenfunktionen durch die Verursachung von schwer regenerierbaren Schadverdichtungen. Müncheberg
- Niedersächsisches Amt für Bodenforschung (1999) Potenzielle Verdichtungsempfindlichkeit, Karte Niedersachsen 1:5000000. [in BMVEL 2009, s. o.]
- Nkonya E, A Mirzabaev & J von Braun (2016) Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development. Cham/Heidelberg u. a.

- NLfB/V Hennings, C Biakowski, J Tharsen, M Gunreben & J Schneider (2001) Verdichtung, Entsiegelung, Versiegelung. Hannover (Arbeitshefte - Boden, Heft 3)
- Oenema O, M Heinen, Y Peipei, R Rietra & R Hessel (2017) A review of soil-improving cropping systems. Wageningen (Report Number 6)
- People4Soil (2017) Open letter: Request to develop a dedicated legally binding framework protecting the soil (Offener Brief an Jean-Claude Juncker bzw. die Kommissare Phil Hogan, Karmenu Vella und Miguel Arias Cañete vom 20. April 2017). URL: <https://www.umwelt-dachverband.at/themen/klima-energie-und-ressourcen/bodenschutz/people4soil/> (Stand: 22.02.2018)
- Priddat B P & T Theurl (2004) Risiken der Politikberatung. Der Fall der Ökonomen. Baden-Baden
- Renius K Th (1994) Trends in tractor design with particular reference to Europe. Journal of Agricultural Engineering Research, Band 57, S. 3-22
- RNE/GIZ/R Böhnke, G Bachmann, F Leukhardt, V Tomei, K Tamchina, Y Zwick, A Achenbach, S Ehlerding, R Fabian, K Müller, Ch Schwägerl, Ch Vock & S Wolf (2017) Deutscher Nachhaltigkeitsalmanach 2017. Initiativen und Eindrücke zur gesellschaftlichen Realität der Nachhaltigkeit. Berlin
- Scheffer/Schachtschabel = Blume H-P, G W Brümmer, R Horn, E Kandeler, I Kögel-Knabner, R Kretzschmar, K Stahr & B-M Wilke (2016) Lehrbuch der Bodenkunde. Berlin/Heidelberg
- Schjønning P, J J H van den Akker, Th Keller, M H Greve, M Lamandé, A Simojoki, M Stettler, J Arvidsson, H Breuning-Madsen, E Noe & J Mills (2016) Fact Sheet – Soil Compaction. Brüssel
- Schulte R P O, F Bampa, M Bardy, C Coyle, R E Creamer, R Fealy, C Gardi, B B Ghaley, P Jordan, H Laudon, C O'Donoghue, D Ó'hUallacháin, L O'Sullivan, M Rutgers, J Six, G L Toth & D Vrebos (2015) Making the Most of Our Land: Managing Soil Functions from Local to Continental Scale. In: Frontiers in Environmental Science, Band 3, S. 1-14
- Schulte R P O, R E Creamer, T Donnellan, N Farrelly, R Fealy, C O'Donoghue & D O'hUallacháin (2014) Functional land management: A framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. In: Environmental Science & Policy, Heft 38, S. 45-58
- Severin K (2015) Notwendige Maßnahmen zur Sicherung der Bodenfruchtbarkeit in Deutschland. In: BMEL/LfL 2015, S. 59-66 (Tagungsband Jahr des Bodens)
- SGD/BGR/Ad-hoc-AG Boden (1999) Methode 1.4. Potentielle Verdichtungsempfindlichkeit nach der Vorbelastung bei pF 1,8 (Pv 1,8). Hannover
- SGD/BGR/Ad-hoc-AG Boden (2000) Methode 3.5. Feststoffein- und Austrag je Hangsegment/ Einzugsgebiet und Zeitintervall eines Einzelereignisses der Bodenerosion durch Wasser als Ergebnis des prozessorientierten Simulationsmodells EROSION 2D/3D. Hannover
- SLfL (2004) Bodenschutz in der Landwirtschaft. Dresden
- SLfL (2008) Entscheidungshilfe Bodendruck – Excel-Anwendung zur Einschätzung der mechanischen Bodenbelastung. Leipzig
- SLfL/H Stahl, K Marschall & H Götze (2005) Bodendruck und Bodenbelastbarkeit. Abschlussbericht zum Projekt Risikomanagement Bodengefüge. Dresden
- SLfL/K Marschall, H Götze & H Stahl (o. J.) Entscheidungshilfe Bodendruck. Excel-Anwendung zur Einschätzung der mechanischen Bodenbelastung durch landwirtschaftliche Maschinen. Leipzig
- SLfL/SLfUG/J Schmidt, M von Werner, A Michael & W Schmidt (1996) EROSION 2D/3D. Ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser. Dresden/Freiberg

- SLfUG/Bosch & Partner GmbH/N Feldwisch, D Meyer-Marquart, K Müller-Pfannenstiel, R Sigl & A Müller (2000) Endbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben Kriterienkatalog zur Gestaltung von Ackerschlägen im Agrarraum – Landschaftsökologische Aspekte. Dresden
- SLfULG (o. J.) Tabelle ENaWiL: Nutzung von Entscheidungshilfen zur Abschätzung der Bodenverdichtungsgefährdung. Detail-Nr.: J4-1. Leipzig
- SLfULG/N Feldwisch & Chr Friedrich (2016) Schädliche Bodenverdichtung vermeiden. Dresden (Schriftenreihe, Heft 10/2016)
- SMUL (2017a) Entscheidungshilfe Bodendruck. URL: <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/12415.htm> (Stand: 11.10.2017)
- SMUL (2017b) Mit dem Onland-Pflug dem Bodengefüge Gutes tun. URL: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/10802.htm> (Stand: 20.10.2017) (sowie entsprechendes PDF SMUL/Götze, URL: https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/pflanzliche_Erzeugung/Onland_Pflug.pdf (Stand: 20.10.2017))
- SMUL (2017c) Bodenverdichtung und Bodenscherung. URL: <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/12419.htm> (Stand: 11.10.2017)
- SMUL (2017d) Ursachen von Bodengefügeveränderungen. URL: <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/12418.htm> (Stand: 11.10.2017)
- SMUL (2017e) Beurteilung der Bodenstruktur, mit Unterkapiteln und Übersichtstabelle. URL: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/10677.htm> (Stand: 11.10.2017)
- SMUL (2017f) Maßnahmen zum Bodengefügeschutz. URL: <https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/12416.htm> (Stand: 11.10.2017)
- SMUL/SLfL/K Marschall (2006) Infodienst Pflanzliche Erzeugung: Verringerung der mechanischen Bodenbeanspruchung durch angepasste Landtechnik. Dresden
- SRU = Sachverständigenrat für Umweltfragen (2016) Umweltgutachten 2016. Impulse für eine integrative Umweltpolitik. Berlin
- SRU = Sachverständigenrat für Umweltfragen (2017) Empfehlungen des SRU zur Regierungsbildung. Offener Brief vom 11.10.2017. Berlin
- StMUGV (2006) Bodenschutzprogramm Bayern 2006. München
- Thünen-Institut/GKB/DLG (2012) Klemmbrett und mobile Applikation Einfache Feldgefügeansprache für den Praktiker. Braunschweig/Neuenhagen (3. Auflage)
- Thünen-Institut/P Weingarten, H Nieberg, H Flessa & H-J Weigel (2014) Das „Greening“ der Direktzahlungen: Ein grünes Deckmäntelchen. In: Wissenschaft erleben 01, S. 1
- Tijink F G J, H Döll & G D Vermeulen (1995) Technical and economic feasibility of low ground pressure running gear. In: Soil and Tillage Research, Band 35, S. 99-110
- Tilahun M, P Kumar, A Singh, E Apindi, M Schauer, J Libera & G Lund (2018) The Economics of Land Degradation Neutrality in Asia. Empirical Analyses and Policy Implications for the Sustainable Development Goals. Bonn
- TLL (2007) Zwischenbericht: Einschätzung des Beratungsbedarfs für den Schutz der ackerbaulich genutzten Böden Thüringens vor Schadverdichtung. Jena
- TLL (2008/2013) Bodenschutzplaner: Planungshilfe zur Vorsorge gegen Bodenerosion und -verdichtung zur feldblockbezogenen Abschätzung des Gefährdungspotentials im Landwirtschaftsbetrieb auf Excel-Basis (Version 2.08). URL: <http://www.tll.de/ainfo/pdf/bods1008.pdf> (Stand: 11.10.2017)

- TLL/J Reich, J Degner, M Farack, R Götz, P Gullich, H Hochberg, R Paul, W Peyker & W Zorn (2006) Standpunkt zur pfluglosen Bodenbewirtschaftung in Thüringen. Jena
- TLL/P Gullich, R Paul, G Marre, A Plogsties & Ch Winterot (2008a) Bodenschutzplaner. Planungshilfe zur Vorsorge gegen Bodenerosion und -verdichtung zur feldblockbezogenen Abschätzung des Gefährdungspotentials im Landwirtschaftsbetrieb auf Excel-Basis (Version 2.08). Jena
- TLL/P Gullich, R Paul, W Zorn & V König (2008b) Landwirtschaftlicher Bodenschutz in Thüringen. Jena
- TLL/R Paul (2004) Verfahren zur Ermittlung der Schadverdichtungsrisiken auf ackerbaulich genutzten Böden. Erfurt
- TLL/R Paul (2007) Strategien zum Schutz des Bodens vor Schadverdichtung. Jena
- UBA/A Azizi, N Bischoff, W Böttcher, J Brügger, L Ebeling, M Folkers, A-K Geßler, M Henscher, D Herdtle, S Hoffmann, C Imwalle, G Kuhnt, St Marahrens, U Meer, G Paul, H Schäfsmeier, R Schauer, S Schröder, S Schulze, W Seher, B Steinhoff, L Vajen, C Voigt & A Wick (2010) Die Böden Deutschlands: Sehen, Erkunden, Verstehen. Ein Reiseführer. Dessau-Roßlau
- UBA/A Beblek, K Diehl, S Kühlberg, L Lahaye, M Luckas, F Makeschin, K Schmidt & H Wiggering (2018a) Boden eine Sprache geben – 10 Empfehlungen für die Kommunikation von Bodenthemen. Für alle, die Entscheidungen treffen und Verantwortung tragen. Dessau-Roßlau
- UBA/A Beblek, K Diehl, S Kühlberg, L Lahaye, M Luckas, F Makeschin, K Schmidt & H Wiggering (2018b) Boden eine Sprache geben – 10 Thesen für die Kommunikation von Bodenthemen. Für alle, die aktiv im Bodenschutz tätig sind. Dessau-Roßlau
- UBA/D Wurbs & M Steininger (2011) Wirkungen der Klimaänderungen auf die Böden. Untersuchungen zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Wassererosion. Dessau-Roßlau (UBA-Texte 16/2011)
- UBA/J Mathews (2017) Schwerpunkte der Kommission Bodenschutz beim UBA (KBU) für 2017-2019. Dessau-Roßlau
- UBA/M Lebert (2010) Entwicklung eines Prüfkonzeptes zur Erfassung der tatsächlichen Verdichtungsgefährdung landwirtschaftlich genutzter Böden. Dessau-Roßlau (UBA-Texte 51/2010)
- UBA/M Lebert, J Brunotte & C Sommer (2004) Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden/Regelungen zur Gefahrenabwehr. Berlin (UBA-Texte 46/2004)
- UBA/N Adler, K Ehlers, B Friedrich, T Frische, C Gather, H Ginzky, J Hammerich, T Herrmann, M Hofmeier, D Lamfried, A Matthey, N O Plambeck, S Richter, A Roskosch, S-M Starke, I Vogel & A Walter (2017) Umweltschutz in der Landwirtschaft. Dessau-Roßlau (2. Auflage)
- UBA/S Altvater, R Bodle, R Landgrebe-Trinkunaite, L Porsch & E Roberts (2018) Kosten und Nutzen einer europäischen Bodenrahmen-Richtlinie für Deutschland. Dessau-Roßlau (UBA-Texte 12/2018)
- UBA/S Wunder, T Kaphengst, A Frelih-Larsen, K McFarland & St Albrecht (2018) Land Degradation Neutrality. Handlungsempfehlungen zur Implementierung des SDG-Ziels 15.3 und Entwicklung eines bodenbezogenen Indikators. Dessau-Roßlau (UBA-Texte 15/2018)
- UBA/BGR/Thünen-Institut/DWD/S Marahrens, S Schmidt, J Frauenstein, J Mathews, B-M Bussian, G Penn-Bressel, J Utermann, F Glante, E Eberhardt, A Freibauer, M Bechthold, B Tiemeyer, N Wellbrock & F Böttcher (2015) Bodenzustand in Deutschland. Zum Internationalen Jahr des Bodens 2015. Dessau-Roßlau
- UBA/UFZ/S Möckel, W Köck, C Rutz & J Schramek (2014) Rechtliche und andere Instrumente für vermehrten Umweltschutz in der Landwirtschaft. Dessau-Roßlau (UBA-Texte 42/2014)

- UN = United Nations (2015) Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für Nachhaltige Entwicklung. URL: <https://www.2030agenda.de/de/article/die-transformation-unserer-welt> (Stand: 22.02.2018)
- Van Beek Chr & G Tóth (2012) Risk Assessment Methodologies of Soil Threats in Europe – Status and Options for Harmonization for Risks by Erosion, Compaction, Salinization, Organic Matter Decline and Landslides (EC Joint Research Center Scientific and Policy Reports). Luxemburg
- Van den Akker J J H & A Canarache (2001) Two European concerted actions on subsoil compaction. In: Landnutzung und Landentwicklung, Band 42, S. 15-22
- VDI = Verein Deutscher Ingenieure (2014) Maschineneinsatz unter Berücksichtigung der Befahrbarkeit landwirtschaftlich genutzter Böden (Richtlinie VDI 6101). Berlin/Düsseldorf (ersetzt die Ausgabe vom November 2007)
- VDLUFA (2009) Zum Selbstverständnis der Arbeitsgruppe der Bodenspezialisten der Bundesländer. Speyer
- VDLUFA/R Brandhuber & M Demmel (2015) Bodenverdichtung. Problem und Lösungsansätze. URL: https://www.vdlufa.de/Dokumente/Veroeffentlichungen/Schriftenreihe/SR071_2015_Kongressband.pdf (Stand: 22.02.2018)
- Versteyl L-A & W D Sondermann (2005) Bundes-Bodenschutzgesetz: BBodSchG. Kommentar. München (2. Auflage)
- VLI/INL (2016) Ökologische Nachhaltigkeit deutscher Ackerbaubetriebe. Halle
- Vorderbrügge Th & J Brunotte (2011a) Mechanische Verdichtungsempfindlichkeit für Ackerflächen (Unterboden) – Validierung von Pedotransferfunktionen zur Ableitung der Verdichtungsempfindlichkeit bzw. zur Ausweisung „sensibler Gebiete“ in Europa und ein praxisorientierter Lösungsansatz zur Guten fachlichen Praxis. Teil I: Validierung von Pedotransferfunktionen. In: Landbauforschung, Band 61, S. 1-21
- Vorderbrügge Th & J Brunotte (2011b) Teil II: Bewertung eines Vorschages zur Ableitung von Vorsorgewerten gemäß der Bundes-Bodenschutzverordnung sowie der Pedotransferfunktionen zur Ableitung der „Potentiellen mechanischen Verdichtungsempfindlichkeit für Ackerflächen (Unterboden)“ nach LEBERT (2008) als Grundlage zur „Identifizierung sensibler Gebiete“ i. S. der Bodenschutzrahmenrichtlinie (BSRRL) der Europäischen Kommissionen. In: Landbauforschung, Heft 61, S. 23-39
- Vorderbrügge Th & J Brunotte (2011c) Teil III: Ausweisung von „Risiko Gebieten“ auf Basis von Pedotransferfunktionen – die aktuelle Situation in Europa. In: Landbauforschung, Heft 61, S. 41-50
- WBAE/WBW (2016) Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie in den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Berlin
- WBB/BMU/P Grathwohl, D Henschler, W Klein, G Miehlich, H Mühle, H W Thoenes, W Walther & B-M Wilke (2000) Wege zum vorsorgenden Bodenschutz: Fachliche Grundlagen und konzeptionelle Schritte für eine erweiterte Boden-Vorsorge. Berlin (= Deutscher Bundestag, Drucksache 14/2834). URL: <http://dip.bundestag.de/btd/14/028/1402834.pdf> (Stand: 01.11.2017)
- WBB/BMU/P Grathwohl, D Henschler, W Klein, G Miehlich, H Mühle, H W Thoenes, W Walther & B-M Wilke (2002) Ohne Boden bodenlos: Eine Denkschrift zum Boden-Bewusstsein. Berlin
- WBGU = Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen/F O Beese, H Graßl, G Hempel, P Klemmer, L Kruse-Graumann, K Labitzke, H Mühle, H-J Schellnhuber, E Simonis, H-W Thoenes, P Velsinger & H Zimmermann (1994) Jahresgutachten 1994 Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden. Bonn

Werner D & R Paul (1993) Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Landbewirtschaftungssystemen, Einschätzung der Verdichtungsgefährdung. Erfurt (LUFA-Abschlussbericht)

ZALF/H Petelkau (2000) Karte der potenziellen Schadverdichtungsgefährdung landwirtschaftlich genutzter, mineralischer Standorte in Mecklenburg-Vorpommern auf Basis der MMK. Müncheberg

Bundesrecht

AgrarZahlVerpfLG = Gesetz zur Regelung der Einhaltung von Anforderungen und Standards im Rahmen unionsrechtlicher Vorschriften über Agrarzahlungen (Agrarzahlungen-Verpflichtungsgesetz), vom 02.12.2014 (BGBl. I S. 1928)

AgrarZahlVerpfLV = Verordnung über die Einhaltung von Grundanforderungen und Standards im Rahmen unionsrechtlicher Vorschriften über Agrarzahlungen (Agrarzahlungen-Verpflichtungenverordnung), vom 17.12.2014 (BGBl. I S. 1305)

BauGB = Baugesetzbuch, in der Neufassung vom 23.09.2004, zuletzt geändert am 20.07.2017 (BGBl. I S. 2808)

BBodSchG = Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Alt-lasten, vom 17.03.1998, in Kraft getreten am 01.03.1999, zuletzt geändert am 20.07.2017 (BGBl. I S. 2808) m.W.v. 29.07.2017

BBodSchV = Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, vom 12.07.1999, zuletzt geändert am 27.09.2017 (BGBl. I S. 3465)

BlmSchG = Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umweltwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz), in der Neufassung vom 17.05.2013, zuletzt geändert am 18.07.2017 (BGBl. I S. 2771)

BNatSchG = Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege, vom 29.07.2009, zuletzt geändert am 15.09.2017 (BGBl. I S. 3434)

BWaldG = Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz), vom 02.05.1975, zuletzt geändert am 17.01.2017 (BGBl. I S. 75)

DirektZahlDurchfG = Gesetz zur Durchführung der Direktzahlungen an Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe im Rahmen von Stützungsregelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik (Direktzahlungen-Durchführungsgesetz), vom 09.07.2014, zuletzt geändert am 21.10.2016 (BGBl. I S. 2370)

DirektZahlDurchfV = Verordnung zur Durchführung der Direktzahlungen an Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe im Rahmen von Stützungsregelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik (Direktzahlungen-Durchführungsverordnung), vom 03.11.2014, zuletzt geändert am 27.04.2017 (BGBl. I S. 989)

DüngG = Düngegesetz, vom 09.01.2009, zuletzt geändert am 05.05.2017 (BGBl. I S. 1068)

DÜV = Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung), vom 26.05.2017 (BGBl. I S. 1305)

PflSchAnwV = Verordnung über Anwendungsverbote für Pflanzenschutzmittel (Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung), vom 10.11.1992, zuletzt geändert am 25.11.2013 (BGBl. I S. 4020)

PflSchG = Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz), vom 06.02.2012, zuletzt geändert am 18.07.2016 (BGBl. I S. 1666)

VBBo Schweiz = Verordnung über Belastungen des Bodens, vom 01.07.1998, zuletzt geändert am 12.04.2016 (SR 814.12)

WHG = Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz), vom 31.07.2009, zuletzt geändert am 18.07.2017 (BGBl. I S. 2771)

Landesrecht

BayBodSchG = Bayerisches Bodenschutzgesetz: Bayerisches Gesetz zur Ausführung des Bundes-Boden-Schutzgesetzes, vom 23.02.1999 (GVBl. S. 36), zuletzt geändert am 12.05.2015

BbgAbfBodG = Brandenburgisches Abfall- und Bodenschutzgesetz, vom 06.06.1997 (GVBl. I/97, S. 40), zuletzt geändert am 25.01.2016

Berliner Bodenschutzgesetz vom 10.10.1995 (nicht mehr anzuwenden)

Bln BodSchG = Berliner Bodenschutzgesetz: Berliner Gesetz zur Ausführung des Bundes-Boden-Schutzgesetzes, vom 24.06.2004 (GVBl. S. 250)

Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg, vom 24.06.1991, zuletzt geändert 1994 (nicht mehr anzuwenden)

BodSchAG LSA = Bodenschutz-Ausführungsgesetz Sachsen-Anhalt: Ausführungsgesetz des Landes Sachsen-Anhalt, vom 02.04.2002 (GVBl. LSA 2002, 214), zuletzt geändert am 16.12.2009

BremBodSchG = Bremisches Bodenschutzgesetz: Bremisches Gesetz zum Schutz des Bodens, vom 27.08.2002 (Brem.GBl. S. 385), zuletzt geändert am 15.12.2015

BW-LBodSchAG = Landesbodenschutz- und Altlastengesetz Baden-Württemberg: Gesetz zur Ausführung des Bundes-Boden-Schutzgesetzes, vom 14.12.2004 (GBI. 2004, 908), zuletzt geändert am 17.12.2009 (GBI. S. 809, 815)

Erstes Gesetz zur Abfallwirtschaft und zum Bodenschutz im Freistaat Sachsen, vom 12.08.1991 (SächsGVBl. S. 306), zuletzt geändert am 06.06.2013 (nicht mehr anzuwenden)

Gesetz über Zuständigkeiten nach dem Bundes-Boden-Schutzgesetz (Hessen), vom 09.11.2000, geändert am 29.11.2005

HAltBodSchG = Hessisches Altlasten- und Bodenschutzgesetz: Hessisches Gesetz zur Ausführung des Bundes-Boden-Schutzgesetzes und zur Altlastensanierung, vom 28.09.2007 (GVBl. I S. 652), zuletzt geändert am 27.09.2012

HmbBodSchG = Hamburgisches Bodenschutzgesetz: Hamburgisches Gesetz zur Ausführung und Ergänzung des Bundes-Boden-Schutzgesetzes, vom 20.02.2001 (HmbGVBl. S. 503, 525), zuletzt geändert am 17.12.2013

Landesabfallgesetz Baden-Württemberg: Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen in Baden-Württemberg, vom 15.10.1996 (GBI. 1996 S. 617) (nicht mehr anzuwenden)

LBodSchG M-V = Landesbodenschutzgesetz: Gesetz über den Schutz des Bodens im Land Mecklenburg-Vorpommern, vom 04.07.2011 (BVOBl. M-V 2011, S. 759)

NBodSchG = Niedersächsisches Bodenschutzgesetz, vom 19.02.1999 (Nds. GvBl. 1999, 46), zuletzt geändert am 05.11.2004

NW-LBodSchG = Landesbodenschutzgesetz: Landesbodenschutzgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen, vom 09.05.2000 (GV. NRW. S. 439)

RP-LBodSchG = Landesbodenschutzgesetz vom 25.07.2005 (GVBl. 2005, 302), zuletzt geändert am 06.10.2015

SächsABG = Sächsisches Abfallwirtschafts- und Bodenschutzgesetz, vom 31.05.1999 (SächsGVBl. S. 261), zuletzt geändert am 06.06.2013

SBodSchG = Saarländisches Bodenschutzgesetz: Saarländisches Gesetz zur Ausführung des Bundes-Boden- schutzgesetzes, vom 20.03.2002 (Amtsbl. S. 2393), zuletzt geändert am 21.11.2007

SH-LBodSchG = Landesbodenschutz- und Altlastengesetz: Gesetz zur Ausführung und Ergänzung des Bun- des-BodenSchutzgesetzes, vom 14.03.2002 (BVOBl. 2002, 60), zuletzt geändert am 12.12.2008

ThürBodSchG = Thüringer Bodenschutzgesetz, vom 16.12.2003 (GVBl. 2003, 511)

Anhang

Anhang 1: Erstellung der Bodenschutzgesetze der Bundesländer: Zeitliche und inhaltliche Übersicht zu Inhalten der Länderbodenschutzgesetze zur Verdichtung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen²⁶⁵

| Gesetz vom | Bundesland | Name des Gesetzes | Bodenschutz-LW |
|------------|--------------------|---|---|
| 06.06.1997 | Brandenburg (BB) | BbgAbfBodG (Brandenburgisches Abfall- und Bodenschutzgesetz) | BIS, Dauerbeobachtungsflächen, Bodenprobenbank, Ausgleichsleistungen bei Beschränkung der landwirtschaftlichen Bodennutzung, Regelung von Zuständigkeiten bzw. Anordnungsbefugnissen (Ministerium, Landesamt für Umwelt, Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe, Kreise) Kein gesonderter Hinweis § 17 BBodSchG Keine Erwähnung Bodenkunde |
| 19.02.1999 | Niedersachsen (NI) | NBodSchG (Niedersächsisches Bodenschutzgesetz) | Bodenplanungsgebiete ²⁶⁶ , Ausgleichsleistungen bei Beschränkung der landwirtschaftlichen Bodennutzung in Bodenplanungsgebieten, BIS (NIBIS), physikalische, chemische und biologische Beschaffenheit des Bodens, Dauerbeobachtungsflächen, Bodenprobenbank, Regelung von Zuständigkeiten bzw. Anordnungsbefugnissen (untere Bodenschutzbehörden bzw. landwirtschaftliche Fachbehörden) Gesonderter Hinweis § 17 BBodSchG Keine Erwähnung Bodenkunde |
| 23.02.1999 | Bayern (BY) | BayBodSchG (Bayerisches Bodenschutzgesetz) | BIS, physikalische, chemische und biologische Beschaffenheit des Bodens, Dauerbeobachtungsflächen, Bodenprobenbank, Regelung von Zuständigkeiten bzw. Anordnungsbefugnissen (Staatsministerium, Kreise, Landwirtschaftsbehörden: Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten), Ausgleichsleistungen bei Beschränkung der landwirtschaftlichen Bodennutzung Gesonderter Hinweis § 17 BBodSchG Keine Erwähnung Bodenkunde |

²⁶⁵ Teilweise hat es hierzu jedoch anders benannte und zugeordnete Vorgängergesetze gegeben, z. B. bereits im Jahr 1991 Baden-Württemberg und Sachsen, im Jahr 1995 Berlin sowie im Jahr 2000/2005 Hessen (Gesetz über Zuständigkeiten nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz).

²⁶⁶ In den Länderbodenschutzgesetzen werden gebietsbezogene Instrumente zum Schutz des Bodens als Bodenplanungsgebiete, Bodenschutz(-sanierungs)-gebiete, Bodenbelastungsgebiete oder Bodengefährdungsgebiete bezeichnet; in Niedersachsen sind damit Gebiete einbezogen, in denen nachfolgend auf den vormaligen Bergbau im Harz flächenhaft schädliche Bodenveränderungen durch Schwermetalle auftreten oder zu erwarten sind.

| Gesetz vom | Bundesland | Name des Gesetzes | Bodenschutz-LW |
|-------------------|--------------------------|---|---|
| 31.05.1999 | Sachsen (SN) | SächsABG (Sächsisches Abfallwirtschafts- und Bodenschutzgesetz) | Ziele und Grundsätze des Bodenschutzes, Bodenplanungsgebiete, Maßnahmen, Geowissenschaftliche Landesaufnahme (BIS), Bodenprobenbank, Regelung von Zuständigkeiten bzw. Anordnungsbefugnissen (Ministerium, Landesdirektion, Kreise, Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie) Kein gesonderter Hinweis § 17 BBodSchG Keine Erwähnung Bodenkunde |
| 09.05.2000 | Nordrhein-Westfalen (NW) | NW ²⁶⁷ -LBodSchG (Landesbodenschutzgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen) | Erosion, Verdichtung, BIS, Daten über physikalische, chemische und biologische Beschaffenheit von Böden, Funktionsbeeinträchtigungen, Dauerbeobachtungsflächen, Bodenschutzgebiete, Regelung von Zuständigkeiten bzw. Anordnungsbefugnissen (Ministerium, Bezirk, Kreis, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz und Geologischer Dienst – Landesbetrieb), Ausgleichsleistungen bei Beschränkung der landwirtschaftlichen Bodennutzung, Weitergabe an Landwirtschaftsverwaltung und Bodenverbände, Kooperation zu gebietsbezogenen Maßnahmen Kein gesonderter Hinweis § 17 BBodSchG Erwähnung Bodenkunde im Zusammenhang mit FIS Bodenkunde |
| 20.02.2001 | Hamburg (HH) | HmbBodSchG (Hamburgisches Bodenschutzgesetz) | BIS, Beschaffenheit der Böden, Bodenplanungsgebiete, Dauerbeobachtungsflächen, Weitergabe an Landwirtschaftsverwaltung, Ausgleichsleistungen bei Beschränkung der landwirtschaftlichen Bodennutzung Kein gesonderter Hinweis § 17 BBodSchG Keine Erwähnung Bodenkunde |
| 14.03.2002 | Schleswig-Holstein (SH) | SH ²⁶⁸ -LBodSchG (Landesbodenschutz- und Altlastengesetz) | BIS, Bodenzustand und -beschaffenheit sowie Bodenveränderung, Dauerbeobachtungsflächen, Weitergabe auch durch automatisiertes Verfahren, Ausgleichsleistungen bei Beschränkung der landwirtschaftlichen Bodennutzung, Regelung von Zuständigkeiten bzw. Anordnungsbefugnissen (Ministerium, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Kreise) Kein gesonderter Hinweis § 17 BBodSchG Keine Erwähnung Bodenkunde |
| 20.03.2002 | Saarland (SL) | SBodSchG (Saarländisches Bodenschutzgesetz) | BIS, Daten über physikalische, chemische und biologische Beschaffenheit von Böden, Funktionsbeeinträchtigungen, Dauerbeobachtungsflächen, |

²⁶⁷ Ergänzung durch Verfasserinnen

²⁶⁸ Ergänzung durch Verfasserinnen

| Gesetz vom | Bundesland | Name des Gesetzes | Bodenschutz-LW |
|-------------------|---------------------|---|---|
| 02.04.2002 | Sachsen-Anhalt (ST) | BodSchAG LSA (Bodenschutz-Ausführungsgesetz Sachsen-Anhalt) | <p>Bodenschutzgebiete, Regelung von Zuständigkeiten bzw. Anordnungsbefugnissen (Ministerium, Bezirk, Kreis, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz und Geologischer Dienst – Landesbetrieb), Ausgleichsleistungen bei Beschränkung der landwirtschaftlichen Bodennutzung, Weitergabe an Landwirtschaftsverwaltung und Bodenverbände, Kooperation zu gebietsbezogenen Maßnahmen</p> <p>Gesonderter Hinweis § 17 BBodSchG</p> <p>Erwähnung Bodenkunde im Zusammenhang mit FIS Bodenkunde</p> |
| 27.08.2002 | Bremen (HB) | BremBodSchG (Bremisches Bodenschutzgesetz) | <p>Beruf auf EG-Richtlinie zur Strategischen Umweltprüfung (SUP) 2001/42/EG²⁶⁹</p> <p>Erosion, Verdichtung, Bodenschutzgebiete im Einvernehmen mit der unteren Landwirtschaftsbehörde, Ausgleichsleistungen bei Beschränkung der landwirtschaftlichen Bodennutzung, Bodenschutzplanung/ SUP, physikalische, chemische und biologische Beschaffenheit von Böden, Dauerbeobachtungsflächen, Bodenprobenbank, BIS, Regelung von Zuständigkeiten bzw. Anordnungsbefugnissen (Ministerium, Mittelinstanz, Kreise, Landesanstalt für Altlastenfreistellung, Landwirtschaftsbehörde)</p> <p>Gesonderter Hinweis § 17 BBodSchG</p> <p>Keine Erwähnung Bodenkunde</p> |
| 16.12.2003 | Thüringen (TH) | ThürBodSchG (Thüringer Bodenschutzgesetz) | <p>Physikalische, chemische und biologische Beschaffenheit von Böden, Dauerbeobachtungsflächen, BIS, Weitergabe, Ausgleichsleistungen bei Beschränkung der landwirtschaftlichen Bodennutzung, Regelung von Zuständigkeiten bzw. Anordnungsbefugnissen (Senator, Magistrat, Landwirtschaftskammer)</p> <p>Gesonderter Hinweis § 17 BBodSchG</p> <p>Keine Erwähnung Bodenkunde</p> |

²⁶⁹ Directive 2001/42/EC of the European Parliament and of the Council of 27 June 2001 on the assessment of the effects of certain plans and programmes on the environment (L 197/30)

| Gesetz vom | Bundesland | Name des Gesetzes | Bodenschutz-LW |
|-------------------|-----------------------------|--|--|
| | | | Erwähnung Bodenkunde im Zusammenhang mit Boden-IS |
| 24.06.2004 | Berlin (BE) | BIn BodSchG (Berliner Bodenschutzgesetz) | BIS, physikalische, chemische, geologische und biologische Beschaffenheit von Böden Kein gesonderter Hinweis § 17 BBodSchG Keine Erwähnung Bodenkunde |
| 14.12.2004 | Baden-Württemberg (BW) | BW ²⁷⁰ -LBodSchAG (Landesbodenschutz- und Altlastengesetz) | Bodenschutzflächen, Dauerbeobachtungsflächen, physikalische, chemische und biologische Bodenbeschaffenheit, Bodenprobenbank, BIS, Daten über die Fruchtbarkeit und die Nutzbarkeit des Bodens, Ausgleichsleistungen bei Beschränkung der landwirtschaftlichen Bodennutzung, Regelung von Zuständigkeiten bzw. Anordnungsbefugnissen (Ministerium, Regierungspräsidien, untere Verwaltungsbehörden, Landesanstalt für Umweltschutz) Gesonderter Hinweis § 17 BBodSchG Erwähnung Bodenkunde im Zusammenhang mit IS Bodenschutz |
| 25.07.2005 | Rheinland-Pfalz (RP) | RP ²⁷¹ -LBodSchG (Landesbodenschutzgesetz) | Erosion, Verdichtung, BIS, Beschaffenheit der Böden, Bodenzustand, Bodenschutzgebiete, Dauerbeobachtungsflächen, Regelung von Zuständigkeiten bzw. Anordnungsbefugnissen (Ministerium, Struktur- und Genehmigungsdirektion, Kreise, Landesamt für Umwelt, Landesamt für Geologie und Bergbau, Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück), Ausgleichsleistungen bei Beschränkung der landwirtschaftlichen Bodennutzung Gesonderter Hinweis § 17 BBodSchG Keine Erwähnung Bodenkunde |
| 28.09.2007 | Hessen (HE) | HALtBodSchG (Hessisches Altlasten- und Bodenschutzgesetz) | Erosion, Verdichtung, BIS, Beschaffenheit der Böden, Dauerbeobachtungsflächen, Weitergabe auch durch automatisiertes Abrufverfahren, Regelung von Zuständigkeiten bzw. Anordnungsbefugnissen (Ministerium, Regierungspräsidium, Kreise, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie), Ausgleichsleistungen bei Beschränkung der landwirtschaftlichen Bodennutzung Kein gesonderter Hinweis § 17 BBodSchG Keine Erwähnung Bodenkunde |
| 04.07.2011 | Mecklenburg-Vorpommern (MV) | LBodSchG M-V (Landesbodenschutzgesetz) | BIS, physikalische, chemische und biologische Beschaffenheit des Bodens, Dauerbeobachtungsflächen, Bodenprobenbank, Weitergabe auch durch automatisiertes Verfahren, |

²⁷⁰ Ergänzung durch Verfasserinnen

²⁷¹ Ergänzung durch Verfasserinnen

| Gesetz vom | Bundesland | Name des Gesetzes | Bodenschutz-LW |
|-------------------|-------------------|--------------------------|--|
| | | | <p>Bodenschutzsanierungsgebiete, Bodenschutzprogramm/ ökologische und ökonomische Prozesse und Umwelthandlungsziele (als Maßstab für konkrete Einzelmaßnahmen) [sic!], Regelung von Zuständigkeiten bzw. Anordnungsbefugnissen (Ministerium, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie, Kreise, Landwirtschaftsämter), Ausgleichsleistungen bei Beschränkung der landwirtschaftlichen Bodennutzung</p> <p>Gesonderter Hinweis § 17 BBodSchG</p> <p>Keine Erwähnung Bodenkunde</p> |

Quelle: Eigene Darstellung

Anhang 2: Dokumente zum Thema Bodenverdichtung auf Länderebene, vgl. Kurzübersicht in Kapitel 5.1 (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

| Bundesland | Anzahl der Fundstellen | Fundstellen von Handlungsempfehlungen |
|--------------------|------------------------|---|
| Mehrländerprojekte | 4 | LfL/Diez et al. (2017) Bodenstruktur erkennen ... LLUR (2015) Landwirtschafts- und Umweltatlas ... SLfULG/Paul et al. (2010) Mehrländerprojekt ... LfL/SLfL/TLL/Werner et al. (2002) Bodenfruchtbarkeit erhalten ... |
| Baden-Württemberg | 7 | LUBW/Schlabach (2017) Bodenschutzrecht ... MUKE (2017) Bodengefährdung. Bodenverdichtung ... MUKE (2017) Bodengefährdung. Bodengefährdung ... LUBW (2017) Bodenverdichtung ... MUKE/LUBW/Hauffe (2015) Boden, Böden, Bodenschutz. MUKE/Billen & Stahr (2013) Anpassungsstrategie ... LAPfL/Würfel et al. (2002) Merkblätter ... (MELUF (1986) Bodenschutzprogramm '86 ...) Unterschiedliche Handlungsempfehlungen, überwiegend im baulichen Bereich |
| Bayern | 12 | LfL (o. J.) Wirkung unterschiedlicher Fahrwerke ... LfL/Diez et al. (2017/2012/2005 und Vorgängerversionen) Bodenstruktur erkennen ... (Version 2017 gemeinsam mit LfULG, TlfL, LWK-NI, LWK-SL) LfL-Verweis auf Lorenz et al. (2016) Anpassung der Lasteinträge landwirtschaftlicher Maschinen an die Verdichtungsempfindlichkeit des Bodens – Grundlagen für ein bodenschonendes Befahren von Ackerland. In: Landbauforschung LfL/Blumenthal et al. (2016) Regelspurverfahren im Ackerbau... LfL/Demmel et al. (2016) Streifenbodenbearbeitung von Zuckerrüben und Körnermais... VDLUFA/Brandhuber & Demmel (2015) Bodenverdichtung... LfL-Verweis auf Diss. Geischeder (2011) Bodenbelastung und Bodenbeanspruchung ... LfL/Brandhuber et al. (2010) Themenblatt Bodenverdichtung: Weniger Druck ... LfL-Verweis auf DLG-Merkblatt/Brandhuber et al. (2008) Bodenschonender Einsatz von Landmaschinen ... LfL/Brandhuber (2006) Bodenbelastung durch Landmaschinen.... (StMUGV (2006) Bodenschutzprogramm Bayern 2006.) LfL/Hege & Brenner (2004) Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung ... LfL/SLfL/TLL/Werner et al. (2002) Bodenfruchtbarkeit erhalten ... |
| Berlin | 0 | Keine |
| Brandenburg | 9 | LfU (2014) Bodenschadverdichtung ... LfU (2012) Potenzielle Schadverdichtungsgefährdung ... MLUR/ZALF/Frielinghaus et al. (2001) Informationsheft zum landwirtschaftlichen Bodenschutz ... MUNR/ZALF/Petelkau et al. (2000) Ermittlung des Verdichtungswiderstandes ... |

| Bundesland | Anzahl der Fundstellen | Fundstellen von Handlungsempfehlungen |
|------------------------|------------------------|--|
| | | <p>MELF/MUNR (1996) Brandenburgische Leitlinien ...</p> <p>LFU/ZALF (2000) Karte der Schadverdichtungs-Gefährdungsklassen ...</p> <p>Beratungs-Tools: Bodenkundliche Fachbehörden beraten in Abstimmung mit den landwirtschaftlichen Fachdienststellen zur landwirtschaftlichen Bodennutzung</p> <p>Merkblätter für die Beratung von Landwirten zu Maßnahmen zur Verhinderung und Beseitigung von Bodenschadverdichtungen</p> <p>MLUV/NaturSchutzFonds (2005) Steckbriefe ... Bänderfahlerde</p> <p>Unterschiedliche Handlungsempfehlungen, überwiegend im baulichen Bereich</p> |
| Bremen | 0 | Keine |
| Hamburg | 0 | Keine |
| Hessen | 4 | <p>HLNUG (2017) Gute fachliche Praxis ...</p> <p>Land Hessen (2015) Aufschüttungen/Aufbringen ...</p> <p>LLH/Harrach et al. (2012) Angepasste Bodenbearbeitung ...</p> <p>HLUG/Emmerich et al. (2001) Beiträge zum Bodenschutz</p> <p>HLUG (2015) Vorsorgender Bodenschutz ...</p> |
| Mecklenburg-Vorpommern | 10 | <p>MLU (2017a) Bodenschadverdichtung...</p> <p>LMS Agrarberatung (2017): Bodenschutzverordnung ...</p> <p>Landtag Mecklenburg-Vorpommern (2015) Antwort der Landesregierung auf Kleine Anfrage B90DG zum Bodenschutzprogramm ...</p> <p>LMS Agrarberatung (2012) Fachinformation Bodenschadverdichtung ...</p> <p>MLUV (2006) Bodenschutz in der Landwirtschaft ...</p> <p>LUNG/ZALF/Frielinghaus et al. (2002) Beiträge ... Bodenerosion</p> <p>LUNG/ZALF/LFA/ Frielinghaus et al. (2002) Beiträge ... Bodenverdichtung ...</p> <p>LUNG (2002) Bodenbericht ... Phase 1 ...</p> <p>MLU (2017b) Bodenschutzprogramm ... Teil 2 ...</p> <p>ZALF/Petelkau et al. (2000) Karte der potenziellen Schadverdichtungsgefährdung ...</p> |
| Niedersachsen | 9 | <p>LWK Niedersachsen/Seitz & Madena (2017) Leitlinien ...</p> <p>LWK Niedersachsen/Senger (2014) Einfache Feldgefügeansprache ...</p> <p>LWK Niedersachsen, Verweis auf vTI/GKB-Klemmbrett Einfache Feldgefügeansprache – Beurteilung der Bodenstruktur durch den Praktiker.</p> <p>LBEG/Engel & Müller (2009) Auswirkungen des Klimawandels</p> <p>LWK Niedersachsen (2009) Leitlinien ...</p> <p>NLfB/Hennings et al. (2001) Verdichtung ...</p> <p>LBEG (2007) Flyer Beratung für Landwirtschaft ...</p> <p>LBEG (2009) Karte Potenzielle Verdichtungsempfindlichkeit ...</p> <p>Niedersächsisches Amt für Bodenforschung (1999) Potenzielle Verdichtungsempfindlichkeit ...</p> <p>Handlungsempfehlungen im baulichen Bereich</p> |
| Nordrhein-Westfalen | 10 | <p>LANUV (2017) Bodenschadverdichtung ...</p> <p>MUNLV (2016c) Pressemeldung Dialog Landwirtschaft und Umwelt ...</p> <p>MUNLV/Weyer & Boeddinghaus (2009/2016a) Bodenverdichtungen vermeiden ...</p> <p>MUNLV/Weyer & Boeddinghaus (2009/2016b) Bestimmungsschlüssel ...</p> |

| Bundesland | Anzahl der Fundstellen | Fundstellen von Handlungsempfehlungen |
|--------------------|------------------------|--|
| | | LWK-NRW (2015) Gute fachliche Praxis ... LWK-NRW (2015) Bodenverdichtungen ... MUNLV (2007) Schutzwürdige Böden ... GD-NRW (2011) Broschüre Boden in Nordrhein-Westfalen ... GD-NRW (o. J.) Flyer Boden in Nordrhein-Westfalen... Handlungsempfehlungen im baulichen Bereich |
| Rheinland-Pfalz | 0 | Keine |
| Saarland | 0 | Keine (Ausstellung im Saarland (BMUB 2017, S. 62)) |
| Sachsen | 10 | SMUL (2017a) Entscheidungshilfe Bodendruck ... SMUL (2017b) Mit dem Onland-Pflug ... SMUL (2017c) Bodenverdichtung ... SMUL (2017d) Ursachen von Bodengefügeveränderungen ... SMUL (2017e) Beurteilung der Bodenstruktur ... SMUL (2017f) Maßnahmen zum Bodengefügeschutz ... SMUL/SLfL/Marschall (2006) Infodienst Pflanzliche Erzeugung: Verringerung der mechanischen Bodenbeanspruchung ... SLfULG (o. J.) Tabelle ENaWiL: Nutzung von Entscheidungshilfen ... SLfL (2004) Bodenschutz ... SLfUG/Bosch & Partner GmbH/Feldwisch et al. (2000) Endbericht zum For- schungs- und Entwicklungsvorhaben ... Handlungsempfehlungen im baulichen Bereich |
| Sachsen-Anhalt | 2 | LAU (2017) Tabelle Weitere Handlungshilfen zum Bodenschutz ... MRLU (1996) Leitlinien für eine ordnungsgemäße Landbewirtschaftung... |
| Schleswig-Holstein | 3 | LLUR/Elsner et al. (2015) Bodenserie Verdichtung ... MUNF (1996) Bodenschutzprogramm ... MELUR/LLUR/Kuratorium Boden des Jahres/UBA (o. J.) Faltblatt Boden des Jahres 2016 Grundwasserboden ... |
| Thüringen | 10 | Thüringer Beratungsansatz zur Vorsorge gegen Schadverdichtung TLL/Paul (2007) Strategien zum Schutz des Bodens ... TLL (2007) Zwischenbericht: Einschätzung des Beratungsbedarfs ... TLL/Reich et al. (2006) Standpunkt zur pfluglosen Bodenbewirtschaftung ... TLL/Paul (2004) Verfahren zur Ermittlung der Schadverdichtungsrisiken ... Werner & Paul (1993) Beurteilung der umweltverträglichkeit von Landbewirt- schaftungssystemen ... TMLNU/TLL (o. J.) Karte: Schadverdichtungsgefährdung ... TMLNU/TLL (o. J.) Karte: Beratungsbedarf ... Handlungsempfehlungen im baulichen Bereich |

Quelle: Eigene Darstellung

Bibliografische Information:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter www.dnb.de abrufbar.

*Bibliographic information:
The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliographie; detailed bibliographic data is available on the Internet at www.dnb.de*

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter www.thuenen.de

Volumes already published in this series are available on the Internet at www.thuenen.de

Zitationsvorschlag – *Suggested source citation:*

Marx K, Jacobs A (2020) SOILAssist-Teilprojekt ‚Akzeptanz und Implementierung‘: Analyse behördlicher Handlungsempfehlungen zur Vermeidung von Bodenverdichtung auf Ackerböden. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 175 p, Thünen Working Paper 160, DOI:10.3220/WP1604915142000

Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den jeweiligen Verfassern bzw. Verfasserinnen.

The respective authors are responsible for the content of their publications.



Thünen Working Paper 160

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuenen-working-paper@thuenen.de
www.thuenen.de

DOI:10.3220/WP1604915142000
urn:nbn:de:gbv:253-202011-dn062896-9