

## Und es geht doch!

Über schonendes Bodenmanagement ohne Glyphosat und den Ausstieg aus Mythen und Pestizidfallen

von Andrea Beste

*Ausgehend von der Diskussion um Bodenerosion hat sich im Ackerbau in den letzten Jahrzehnten – besonders in Ostdeutschland – die pfluglose Bodenbearbeitung etabliert. Im Zusammenhang damit stieg der Einsatz des Totalherbizids Glyphosat auf den Feldern stark an. Der höhere Unkrautdruck und der damit zwangsläufig steigende Pestizideinsatz wurden in den unterschiedlichen Forschungsansätzen zu dieser Art der Bodenbearbeitung zunächst jedoch ausgeblendet. Die angebliche Unverzichtbarkeit des Mittels Glyphosat wird in der Öffentlichkeit vor allem mit den vermeintlich positiven Effekten für den Boden- und Klimaschutz begründet. Der folgende Beitrag skizziert den Veränderungsprozess bei der Bodenbearbeitung und die ihn begleitende Diskussion in der (Fach-)Öffentlichkeit, räumt mit dem Mythos Boden- und Klimaschutz auf und zeigt, dass und wie ein schonendes Bodenmanagement ohne das Totalherbizid Glyphosat aussehen kann.*

Etwa Mitte der 1990er-Jahre wurde in den Agrarfakultäten in Europa mehr und mehr zur pfluglosen Bodenbearbeitung geforscht. Von den USA beeinflusst, stand damals besonders der Erosionsschutz im Fokus, der in den USA schon länger vor allem mit Hilfe der »no-tillage«-Technik (keine Bodenbearbeitung, auch »Direktsaat« genannt) praktiziert werden sollte.

Nach und nach empfahlen auch Berater und Agrarverwaltung in Europa und Deutschland immer häufiger die pfluglose Bodenbearbeitung. Statt wie früher den Boden nach der Ernte mit Pflugscharen umzubereiten, sollten die Landwirte nun die neue Saat direkt in das abgeerntete Feld säen. Gerade für den Maisanbau in engen Fruchtfolgen, der Ende der 1990er-Jahre wegen des Agro-Gas-Booms zunahm und für einen starken Anstieg der Bodenerosion mitverantwortlich war, empfahlen die Berater, den Pflug wegzulassen.

Unterstützt und angeleitet wurden sie darin unter anderem durch die Gesellschaft für Konservierende Bodenbearbeitung (GKB) bzw. ihre europäische Entsprechung, der European Agriculture Conservation Federation (ECAAF). Beide arbeiten seit Jahren eng mit dem Glyphosat-Erfinder Monsanto zusammen.<sup>1</sup> Auch zahlreiche der Forschungsarbeiten wurden von Monsanto gefördert.

### Anstieg des Glyphosateinsatzes

Von 1993 bis 2012 hat sich der Glyphosateinsatz in Deutschland vervielfacht. Deutschlandweit wird Glyphosat auf rund vier Millionen Hektar und damit auf fast 40 Prozent der Ackerfläche eingesetzt. Der Anstieg ist, was nicht erstaunlich ist, vor allem auf die Zunahme der pfluglosen Bodenbearbeitung zurückzuführen; so erklärt es auch das Bundeslandwirtschaftsministerium 2012.<sup>2</sup> Für Europa existieren leider keine belastbaren Zahlen. Allerdings erfreut sich die pfluglose Bewirtschaftung in Spanien, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Polen und Rumänien seit den 2000er-Jahren steigender Beliebtheit, weshalb auch hier von einem Anstieg des Glyphosateinsatzes ausgegangen werden kann.<sup>3</sup>

Teilweise wurde und wird diese Art der Bodenbearbeitung, neben *no-tillage* auch *conservation agriculture* genannt, mit den Argumenten Boden- und Klimaschutz über die Agrarumweltprogramme der Zweiten Säule gefördert. Das wird nicht nur den Zielen von Umwelt- und Klimaschutzprogrammen nicht gerecht (siehe unten), es widerspricht auch der Rahmenrichtlinie zur nachhaltigen Verwendung von Pestiziden (2009/128/EG), die vorschreibt, die Abhängigkeit der Landwirtschaft von Pestiziden zu verringern.

## Ökoforschung wird instrumentalisiert

Im Ökolandbau hatte man schon mindestens zehn Jahre früher begonnen über das Für und Wider des Pflugeinsatzes zu diskutieren. Ich selbst habe in den 1990er-Jahren in einem ökologischen Forschungsprojekt dazu gearbeitet und über die Entwicklung der Bodenstruktur in diesem Versuch promoviert.<sup>4</sup> Dass der Pflugverzicht, kombiniert mit vielfältigen Fruchtfolgen und organischer Düngung, im Ökolandbau Vorteile für den Boden haben kann, ist inzwischen gut dokumentiert, doch wurden hier auch von Anfang an die Nachteile (Unkrautdruck, Gefahr der Bodenverdichtung) gesehen und diskutiert.

Die im Ökolandbau getätigten positiven Aussagen und Erkenntnisse zur Bodenentwicklung bei pflugloser Bodenbearbeitung hat man in den 1990er-Jahren dann allerdings undifferenziert (und teilweise falsch, weil nicht zutreffend) als Argument für den Pflugverzicht im konventionellen Landbau übernommen. Die Anwendung dieser Technik führt in beiden Systemen jedoch zu sehr unterschiedlichen Effekten. Darauf hinzuweisen, war lange in Wissenschaft und Beratungspraxis in Deutschland nahezu unmöglich – ja fast ein Tabu.

## Glyphosat – zunehmend in der Kritik

Erst die ab 2009 im Zuge der Neuzulassungsprüfung für Glyphosat beginnende breite Kritik der Öffentlichkeit am Einsatz des Totalherbizids hat dazu geführt, dass auch andere Nachteile dieser Technik im konventionellen System überhaupt wahrgenommen und diskutiert werden konnten. Nach und nach wurden viele der folgenden Nachteile dann auch in der einschlägigen Agrarpresse diskutiert:<sup>5</sup>

- stärkere Verunkrautung mit ausdauernden Arten und besonders Ungräsern,
- Verdichtung und damit einhergehend vermehrte Lachgasbildung,
- Begünstigung von Krankheiten und Schädlingen,
- steigender Bedarf an Mineraldünger sowie chemischem Pflanzenschutz; höhere Herbizidgehalte im Oberflächenabfluss,
- verminderter Feldaufgang, Ertragsunsicherheit, teilweise verminderte Qualitäten,
- Gefahr der Grundwasserbelastung bei steigender Infiltration (Makroporenfluss) ohne Erhöhung der Speicher- und Filterleistung,
- Konzentration der Humusgehalte in den oberen Zentimetern, damit Verringerung der Futterquellen für Bodenorganismen im unteren Bodenprofil.

Das Vordenkermagazin der deutschen Agrarszene, die *Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesell-*

*schaft* (DLG), in dem viele Jahre lang Mulchsaat ausdrücklich befürwortet worden war, brachte 2015 beispielsweise einen Artikel »Wird ›pfluglos‹ überbewertet?«<sup>6</sup> und schon zwei Monate später wurde im Beitrag »Wir brauchen den Wirkstoff« erstaunlicherweise das Fazit gezogen: »Glyphosat ist praktisch, aber Bodenbearbeitung wahrscheinlich nachhaltiger.«<sup>7</sup> 2018 hieß es dann im *Landwirtschaftlichen Wochenblatt*: »Breit wirkende Lösungen führen zu hohen Kosten.«<sup>8</sup>

Nach wie vor werden dennoch zwei Mythen über die angeblich positiven Effekte der pfluglosen Bodenbearbeitung weiterhin international verbreitet, die in konventionellen Ackerbausystemen so nicht der Realität entsprechen: der Mythos Klimaschutz und der Mythos Bodenschutz.

## Mythos Klimaschutz

Der Verzicht auf den Pflug allein führt entgegen häufig geäußerter Behauptung *nicht* zu einem nennenswerten Humusaufbau. Das zeigt eine Auswertung von 69 weltweiten Vergleichen.<sup>9</sup> Auch das Thünen-Institut in Deutschland, ein Bericht der EU-Kommission zur Anpassung an den Klimawandel und ein Versuch in Baden-Württemberg kommen in der Bewertung zur Klimawirksamkeit von Landnutzungstechniken zu diesem Schluss.<sup>10</sup> Denn bis etwa 15 Zentimeter Tiefe reichert sich zwar durch den Verzicht auf Pflugbearbeitung organisches Material an (fälschlicherweise als Zunahme interpretiert), darunter fehlt es aber, da es nicht tiefer untergepflügt wird. Bei den meisten Studien wurde aber nur bis 15 Zentimeter oder flacher gemessen. Die Annahme der Humusanreicherung beruht daher auf einem falschen Versuchsdesign.

Sie wabert aber nach wie vor durch fast alle internationalen Publikationen zu diesem Thema und verursacht so eine – falsche – Klimateinschätzung der Methode. Der Pflugverzicht spart zwar Treibstoff, der Einsatz von Pestiziden kostet allerdings ebenfalls bei Herstellung und Ausbringung Energie. Darüber hinaus erhöht sich die Gefahr höherer Lachgasemissionen, weil die ungepflügten Böden dichter sind, was die Lachgasbildung begünstigt.<sup>11</sup> So lautete das Fazit des Thünen-Instituts schon 2014: »Die Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitung oder Direktsaat kann aus unserer Sicht derzeit nicht als wissenschaftlich gesicherte, effiziente Klimaschutzmaßnahme in der Landwirtschaft empfohlen werden.«<sup>12</sup>

Das dichter gelagerte Bodengefüge nicht gepflügter Böden wird vor allem durch Regenwurmgänge perforiert, weshalb die Wasserinfiltration oft gut ist. Das Gefüge weist aber wenig bis keine biologisch gebildeten Mittelporen auf, die Wasser speichern können, denn in konventionellen Böden ist das Bodenleben oft deutlich reduziert. Da das Wasser nicht ausreichend

in Mittelporen festgehalten werden kann, steht es auch in späteren Dürreperioden nicht zur Verfügung. Ganz anders als in ökologisch bewirtschafteten Böden, die im Vergleich doppelt so viel Wasser speichern können.<sup>13</sup> Im Hinblick auf die zu erwartenden Wetterextreme im Zuge des Klimawandels ist eine verdichtete Bodenstruktur eindeutig von Nachteil für die Widerstandsfähigkeit des Systems und die Erntesicherheit.<sup>14</sup>

### Mythos Bodenschutz

Glyphosat (Roundup) und seine Abbauprodukte (AMPA) wirken sich negativ auf die Fortpflanzung von Regenwürmern und auf andere Bodenorganismen aus.<sup>15</sup> Damit ist die Behauptung, durch das System *Pfluglos plus Glyphosat* »Bodenschutz« zu praktizieren, eindeutig widerlegt. Dennoch wird nach wie vor häufig behauptet, die Technik fördere den Bodenschutz.

Wird der Boden nicht mehr gepflügt, dann bleiben Erntereste an der Oberfläche liegen. Diese Oberflächenbedeckung kann in der Tat vor Erosion schützen, sie hilft allerdings auch Schaderregern besser zu überleben. Erosionsschutz lässt sich mit Zwischenfrüchten oder Untersaaten, wie sie im Ökolandbau eingesetzt werden, deutlich besser erreichen: Unkräuter werden unterdrückt und Lebenszyklen von Schaderregern unterbrochen; gleichzeitig werden über die Wurzeln Bodenorganismen gefüttert und Humusaufbau findet statt. Die dabei entstehenden wasserstabilen Aggregate erzielen im ganzen Bodenprofil deutlich mehr Schutz vor Erosion als ein paar Erntereste an der Oberfläche und erzeugen Mittelporen, die wiederum gut Wasser speichern können und den Bodenlebewesen als Lebensräume dienen.

Ohne hier die Auswirkungen von Glyphosat/Roundup auf die Gesundheit von Anwendern, Verbrauchern und Umwelt weiter zu thematisieren, was schon in vorangegangenen Beiträgen zum Thema im *Kritischen Agrarbericht* ausführlich erfolgte, wird klar: Glyphosat & Co. haben mehr Nachteile als Vorteile im Agrarsystem. Die Frage ist daher eigentlich nicht »Wie geht es ohne?«, sondern »Wieso sollten wir es bei all den Nachteilen überhaupt einsetzen?« Zumal immer mehr »Unkräuter« resistent gegen Glyphosat werden und der angebliche Nutzen sich damit ohnehin auch für die Befürworter ganz offensichtlich zunehmend verringert.

### Ohne Glyphosat geht es besser ...

Zwei europäische Projekte (TILMAN-ORG und SOL-MACC)<sup>16</sup> haben beispielhaft gezeigt, dass Klima- und Bodenschutz in ökologischen Systemen deutlich besser funktioniert, auch mit reduzierter Bodenbearbeitung. Warum, wird im Folgenden skizziert.

### Gute Ackerbaupraxis braucht keine Totalherbizide

In den aktuell praktizierten marktorientierten konventionellen Ackerbausystemen begünstigen die engen Fruchtfolgen und hohen Stickstoffgaben, die man für hohe Erträge braucht, einseitige Entwicklungen von Unkrautpopulationen (z. B. Taube Trespe, Ackerfuchsschwanz und Windhalm) und Schädlingen (z. B. Maiszünsler, Rapserrdfloh). Diese Effekte müssen sozusagen nachsorgend chemisch bekämpft werden. Im ökologischen Ackerbausystem werden Düngung, Fruchtfolge, Zwischenfrüchte, Mischfruchtanbau und Untersaaten so aufeinander abgestimmt, dass aufgrund der hohen Bodenfruchtbarkeit und der gesteuerten Vielfalt keine einseitige Unkrautentwicklung stattfindet und Entwicklungen von Populationen bis zur Schädlingsschwelle eine geringere Chance haben. Nützliche Gegenspieler werden nicht als Kollateralschäden vergiftet, sondern durch Randstreifen und Hecken gefördert. Der Bedarf an Unkraut- und auch Schädlingsregulierung sinkt automatisch.

Diese Maßnahmen kann man auch konventionell praktizieren, aber dann sinken die Erträge zunächst und das fehlende Einkommen kann nicht durch den Aufschlag der Ökovermarktung ausgeglichen werden. Das ist unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht sinnvoll.

Über die Anwendung dieser guten fachlichen Anbaupraxis hinaus reicht zur weiteren Unkrautbekämpfung im Getreide das Striegeln. Für Rüben, Mais, Soja, Sonnenblumen etc. gibt es spezielle Hackgeräte, die zum Teil selbst fahren können und sich immer größerer Beliebtheit erfreuen.<sup>17</sup> Hier muss niemand mehr gebückt mit der Hand Unkraut ausrupfen. Die thermische Unkrautbekämpfung (Abflämmen) ist ebenfalls technisch ausgereift und in Gemüsekulturen

### Folgerungen & Forderungen

- Ohne Glyphosat zu wirtschaften ist nicht teurer.
- Glyphosat muss verboten werden, wir brauchen es nicht und es schädigt Umwelt, Anwender und Verbraucher.
- Pestizidbasierte Systeme mit pflugloser Bodenbearbeitung dürfen nicht mit öffentlichen Geldern gefördert werden.
- Die Forschung und Vermittlung artenreicher, ökologischer Systeme mit pflugloser Bodenbearbeitung muss intensiviert werden.
- Der situationsabhängige, standortgerechte Pflugeinsatz kann von Zeit zu Zeit nötig sein. Das ist ökologisch völlig vertretbar und sollte nicht aus ideologischen Gründen sanktioniert oder diskriminiert werden.

weit verbreitet. Über das gesamte System gerechnet, ist diese Form der Unkrautunterdrückung auch insgesamt nicht teurer.<sup>18</sup>

### *Besser ökologisch: Die Vorteile ökologischer Bodenbewirtschaftung*

Für den Humusaufbau und eine gute Bodenstruktur ist in erster Linie ausschlaggebend, ob genügend organisches Material über die Düngung in den Boden gebracht wird und ob weite Fruchtfolgen und Zwischenfrüchte im System vorkommen, die viel organische Substanz über die Wurzeln in den Boden einbringen.<sup>19</sup> Weite Fruchtfolgen unterdrücken außerdem unerwünschte Beikräuter. Der Pflugverzicht macht daher nur in artenreichen Agrarökosystemen Sinn, weil nur hier die Wurzeldichte und -vielfalt zur Lockerung des Bodens ausreicht. Auch fürs Klima zahlt sich das artenreiche, humusaufbauende System aus: Ökologische Anbausysteme benötigen insgesamt durchschnittlich ein Drittel weniger fossile Energie pro Hektar als konventionelle und speichern durchschnittlich doppelt so viel CO<sub>2</sub> im Boden, bei deutlich geringerer Lachgasbildung.<sup>20</sup>

Böden unter ökologischer Bewirtschaftung haben eine bessere Bodenstruktur und können im Vergleich mit konventionell bewirtschafteten Böden doppelt so viel Wasser speichern (siehe oben).<sup>21</sup> Zu diesem Ergebnis kommt auch die Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt in ihrem Positionspapier *Böden als Wasserspeicher*.<sup>22</sup>

### *Fazit*

Technische Lösungen helfen uns nicht weiter. Wir brauchen artenreiche, stabile Systeme, die klimatauglich und umweltverträglich sind. Langfristig erfolgreich und nachhaltig ist nur eine Bewirtschaftung, die den höchsten Ertrag pro Einheit gesundem, stabilem Ökosystem produziert.

### **Das Thema im Kritischen Agrarbericht**

- ▶ Andrea Beste: Vergiftet. Pestizide in Boden und Wasser – das Beispiel Glyphosat. In: Der kritische Agrarbericht 2017, S. 204–208.
- ▶ Friedrich Haalck: Künstlicher Herbst. Über Sikkation und die Reifesteuerung mit Hilfe von Pestiziden. In: Der kritische Agrarbericht 2012, S. 130–133.
- ▶ Martha Mertens: Kollateralschäden im Boden. Roundup und sein Wirkstoff Glyphosat – Wirkungen auf Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit. In: Der kritische Agrarbericht 2010, S. 249–253.

### **Anmerkungen**

- 1 Siehe unter anderem die Präsentation von G. Rass: Conservation agriculture – European perspectives, 2014 ([www.ctic.org/media/pdf/WCCA/01%20World%20Perspectives\\_%20Gerard%20Rass.pdf](http://www.ctic.org/media/pdf/WCCA/01%20World%20Perspectives_%20Gerard%20Rass.pdf)).
- 2 Deutscher Bundestag: Drucksache 17/7168; Antwort der Bundesregierung auf eine Kleine Anfrage von Bündnis 90/Die Grünen:

- Risikobewertung und Zulassung des Herbizid-Wirkstoffs Glyphosat. Berlin 2011 (<http://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/071/1707168.pdf>). – M. Dickeduisberg et al.: Erhebungen zum Einsatz von Glyphosat im deutschen Ackerbau. In: Julius-Kühn-Archiv 434 (2012), S. 459–462.
- 3 European Conservation Agriculture Federation (ECAF): Uptake of Conservation Agriculture in Europe. Brussels 2018 ([www.ecaf.org/ca-in-europe/uptake-of-ca-in-europe](http://www.ecaf.org/ca-in-europe/uptake-of-ca-in-europe)).
  - 4 A. Beste: Erweiterte Spatendiagnose. Weiterentwicklung einer Feldmethode zur Bodenbeurteilung. Berlin 2003.
  - 5 Referenzen finden sich u.a. in A. Beste: Landwirtschaftlicher Bodenschutz in der Praxis. Grundlagen, Analyse, Management. Erhaltung der Bodenfunktionen für Produktion, Gewässerschutz und Hochwasservermeidung. Berlin 2005. – A. Beste: Pfluglose Bodenbearbeitung – sinnvoll oder nicht? In: Bodenschutz 4 (2008), S. 113–117. – A. Beste: Zum Zustand der Böden in Europas Landwirtschaft. Ein Diskussionsbeitrag zur Nachhaltigkeit! In: Bodenschutz 2 (2016), S. 58–63. – A. Beste: Soil matters: Andrea Beste on humus, soil structures & the limits of no-tillage, 2018. Online-Plattform ARC 2020. – Vgl. auch Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ): Pflanzenbauliche und bodenökologische Auswirkungen von Pflug-, Mulch- und Direktsaat »Systemvergleich Bodenbearbeitung« Abschlussbericht 2017. – A. Frelüh-Larsen: Mainstreaming climate change into rural development policy post 2013. Final report. Ecologic Institute, Berlin 2015.
  - 6 J. Mallast et al.: Wird »Pfluglos« überbewertet? In: DLG-Mitteilungen 6 (2015), S. 58–60.
  - 7 M. Ernst: Wir brauchen den Wirkstoff. In: DLG-Mitteilungen 8 (2015).
  - 8 N. Schackmann: Breit wirkende Lösungen führen zu hohen Kosten. In: Landwirtschaftliches Wochenblatt 14 (2018).
  - 9 Z. Luo, E. Wang and J. S. Osbert: Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. In: Agriculture, Ecosystems & Environment 139 (2010), pp. 224–231.
  - 10 Frelüh-Larsen (siehe Anm. 5). – J. M. Baker et al.: Tillage and soil carbon sequestration—What do we really know? In: Agriculture, Ecosystems & Environment 118 (2007), pp. 1–5. – Thünen-Institut: Informationen über LULUCF-Aktionen. Braunschweig 2014. – Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (siehe Anm. 5).
  - 11 A. Gensior, G. Roth und R. Well: Landwirtschaftliche Bodennutzung. Eine Bestandsaufnahme aus Sicht der Klimaberichterstattung. In: Bodenschutz 3 (2012), S. 81–89. – Frelüh-Larsen (siehe Anm. 5). – CATCH-C: Compatibility of agricultural management practices and types of farming in the EU to enhance climate change mitigation and soil health. Wageningen 2014. – A. Beste: Gefügeuntersuchungen im Bodenbearbeitungsvergleich FILL im Auftrag der Landwirtschaftskammer Luxemburg. 2009 ([www.gesunde-erde.net/literatur.htm#luxemburg](http://www.gesunde-erde.net/literatur.htm#luxemburg)). – J. M. Holland: The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. In: Agriculture, Ecosystems & Environment 103 (2004), pp. 1–25.
  - 12 Thünen-Institut (siehe Anm. 10).
  - 13 Umweltbundesamt: Böden als Wasserspeicher. Erhöhung und Sicherung der Infiltrationsleistung von Böden als ein Beitrag des Bodenschutzes zum vorbeugenden Hochwasserschutz. Dessau-Roßlau 2016. – H. Lilienthal und E. Schnug: Hochwasserschutz durch ökologische Bodenbewirtschaftung. In: Klimawandel und Ökolandbau. Situation, Anpassungsstrategien und Forschungsbedarf. KTBL Schrift 472. Darmstadt 2008, S. 123–130. – E. Schnug und S. Haneklaus: Landwirtschaftliche Produktionstechnik und Infiltration von Böden: Beitrag des ökologischen Landbaus zum vorbeugenden Hochwasserschutz. In: Landbauforschung Völknerode 52 (2002), pp. 197–203.

- 14 Siehe dazu die in Anm. 5 aufgeführten Beiträge von A. Beste sowie A. Beste: Ansprüche an die Bodenqualität bei zu erwartenden Klimaänderungen. Vortrag Tagung »Klimawandel - Auswirkungen auf Landwirtschaft und Bodennutzung«, Tagungsreader, Osnabrück 2008.
- 15 M. Mertens: Kollateralschäden im Boden. Roundup und sein Wirkstoff Glyphosat – Wirkungen auf Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit. In: Der kritische Agrarbericht 2010, S. 249–253. – J. G. Zaller: Glyphosate herbicide affects belowground interactions between earthworms and symbiotic mycorrhizal fungi in a model ecosystem. In: Scientific Reports 4 (2014), DOI: 10.1038/srep05634. – Soil Association: The impact of glyphosate on soil health. Bristol 2016. – A. Beste: Vergiftet. Pestizide in Boden und Wasser – das Beispiel Glyphosat. In: Der kritische Agrarbericht 2017, S. 204–208.
- 16 TILMAN-ORG: Reduced Tillage and Green Manures for Sustainable Organic Cropping Systems ([www.tilman-org.net](http://www.tilman-org.net)). – SOLMACC: Strategies for Organic- and Low-input farming to Mitigate and Adapt to Climate Change ([www.solmacc.eu/de](http://www.solmacc.eu/de)).
- 17 Siehe auch: PAN and Greens/EFA: Alternative methods in weed management to the use of Glyphosate and other herbicides. Brussels 2018. – T. Große Lengerich: Die richtige Technik der Unkrautregulierung. In: Landwirtschaftliches Wochenblatt 15 (2018).
- 18 H. Kehlenbeck: Folgenabschätzung für die Landwirtschaft zum teilweisen oder vollständigen Verzicht auf die Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden in Deutschland. Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Julius-Kühn-Archiv 451. Braunschweig 2015.
- 19 TILMAN-ORG. (siehe Anm. 16).
- 20 Siehe auch: FAO: Report of the international conference on organic agriculture and food security, 3.–5. May. Rome 2007. – J. Leifeld et al.: Consequences of conventional versus organic farming on soil carbon: Results from a 27-year field experiment. In: Agronomy Journal 101 (2009), pp. 1204–1218. – SOLL-SERVICE: Conflicting demands of land use, soil biodiversity and the sustainable delivery of ecosystem goods and services in Europe. Brussels 2012. – A. Gattinger et al.: Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. In: PNAS 109 (2012), pp. 18226–18231.
- 21 Siehe auch J. P. Rehanold, L. F. Elliott and Y. L. Unger: Long-term effects of organic and conventional farming on soil erosion. In: Nature 330 (1987), pp. 370–372. – A. Fliessbach et al.: Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt. Erkenntnisse aus 21 Jahren DOK-Versuch (Dossier Nr. 1). Frick 2000. – K. Levin: Erosions- und Hochwasserschutz: Chancen durch Ökolandbau. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL): Landwirtschaft im Klimawandel – Lösungen, die Geld sparen. 15. Kulturlandschaftstag. Tagungsband. Freising-Weihenstephan 2017.
- 22 Umweltbundesamt (siehe Anm. 13).



**Dr. Andrea Beste**

Diplomgeografin, Agrarwissenschaftlerin und Bodenkundlerin gründete 2001 das Büro für Bodenschutz und Ökologische Agrarkultur.

Büro für Bodenschutz & Ökologische Agrarkultur  
Kurfürstenstr. 23, 55118 Mainz  
[gesunde-erde@t-online.de](mailto:gesunde-erde@t-online.de)  
[www.gesunde-erde.net](http://www.gesunde-erde.net)