Kapitel 3 Kurzdarstellung der Ausgangssituation: Umwelteffekte der Landwirtschaft



Landwirtschaftliche Produktion ist unweigerlich mit Eingriffen in die Natur und damit in unsere Umwelt verbunden. Je nach Art der menschlichen Aktivitäten können diese Eingriffe zu vielfältigen oder zu monotonen Landschaften führen und die Umweltqualität verbessern oder verschlechtern. In den vergangenen Jahrzehnten sind in vielen Regionen Deutschlands (wie auch andernorts) besorgniserregende Veränderungen zu beobachten. Der Zustand der Naturressourcen entwickelt sich auf großer Fläche negativ: Verlust an biologischer Vielfalt, Belastungen von Boden, Wasser und Luft sowie Veränderung des Klimas und Homogenisierung der Landschaft. Dabei bestehen oft enge Wechselbeziehungen zwischen dem Zustand der Naturressourcen und der landwirtschaftlichen Produktivität.

Der folgende Abschnitt gibt einen knappen Überblick über den aktuellen¹ Zustand der natürlichen Ressourcen, die Ausprägung der landwirtschaftlichen Wirkfaktoren, über das Erreichen politischer Ziele und die genannten Wechselwirkungen. Die Darstellung fokussiert überwiegend auf die nationale Ebene. Auf Wirkungen, die in Drittländern entstehen, z. B. durch indirekte Landnutzungsänderungen, wird nicht näher eingegangen. Zudem ist eine erschöpfende Darstellung der Umweltwirkungen der Landwirtschaft in diesem Kontext nicht beabsichtigt. Dafür sei auf weitergehende Fachliteratur verwiesen (siehe Literaturverzeichnis).

¹Da dieser Abschnitt die Grundlage für die späteren Überlegungen des ZA-NExUS-Konsortiums bildete, endet die Literaturaufarbeitung Mitte 2016. Auf die Berücksichtigung neuerer Publikationen wurde verzichtet, um die Bezugspunkte der nachfolgenden Kapitel nicht zu verschieben.

3.1 Zustand der Naturressourcen

3.1.1 Wirkungen der Landwirtschaft auf die Ressource Boden

Der Standortfaktor "Boden" ist eine entscheidende Grundlage der landwirtschaftlichen Produktion. Böden erbringen darüber hinaus bedeutende ökosystemare Leistungen wie Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungsfunktionen. Diese Leistungen sind auch im Bundes-Bodenschutzgesetz als schützenswert aufgeführt.² Alle werden von der Landwirtschaft durch Stoffeinträge und mechanische Bearbeitung sowie durch die Verursachung von Erosion und Humusab- bzw. -aufbau beeinflusst.

Stoffeinträge durch die Landwirtschaft sind die Folge der Stickstoff- und Phosphordüngung, der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln sowie der Ausbringung von Schwermetallen und der Anwendung von Tierarzneimitteln, deren Rückstände im organischen Dünger enthalten sind (Umweltbundesamt 2014a, S. 29). Die Belastungsgrenzen der Böden werden durch sogenannte Critical Loads festgelegt. Bereits im Jahre 2010 wurden die Grenzwerte für Blei, Quecksilber, Eutrophierung (auf 54 % der empfindlichen Ökosysteme) und Versauerung (auf 18 % der empfindlichen Ökosysteme) überschritten. Beim Cadmium gab es dagegen kaum Überschreitungen (Umweltbundesamt 2013a). Als politisches Ziel wurde formuliert, dass bis 2020 die Critical Loads für Eutrophierung und Versauerung nicht mehr überschritten werden sollen (Umweltbundesamt 2015b, c).

Bodenschadverdichtungen entstehen durch mechanische Belastungen und durch das Überschreiten der natürlichen Traglast des Bodens. Von Schadverdichtungen wird gesprochen, wenn der Fluss von Luft, Wasser und Nährstoffen im Porensystem so stark behindert ist, dass negative Wirkungen auf die Bodenfunktionen auftreten (Sommer und Hutchings 2001; Lebert 2004). Solche Verdichtungen können in der Folge auch zu vermehrtem Oberflächenabfluss, verstärkter Erosion, erhöhter Denitrifikation und damit zu Stickstoff-Verlusten führen. In Deutschland ist die Produktivität auf 50 % der Ackerflächen durch Bodenverdichtung beeinträchtigt (Umweltbundesamt 2010a).

Steigende Nutzungs- und Überrollhäufigkeit belastet den Boden und damit die unterirdischen Nahrungsnetze (Thiele-Bruhn et al. 2012). Durch regelmäßiges Pflügen wird beispielsweise das Hyphensystem von Pilzen geschädigt. Dies kann langfristig die Nahrungsnetze zugunsten von Bakterien verschieben, deren Dominanz zu schnellen Umsätzen und geringer Speicherkapazität führt (Thiele-Bruhn et al. 2012; Nielsen et al. 2015). Solche Veränderungen haben erhebliche Auswirkungen auf wichtige ökologische Funktionen wie die Nährstoffversorgung der Pflanzen, die Unterdrückung von Schädlingen und Pathogenen oder die Resilienz gegenüber Störungen und Extremereignissen (Nielsen et al. 2015). Eine große Zahl von Untersuchungen weist auf einen positiven Zusammenhang zwischen der Vielfalt der Lebensgemeinschaften im Boden und wichtigen Bodenprozessen, wie der Zersetzung

²Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (BBodSchG), Stand 2017, § 2, Abs. 2.

von organischem Material, der Bodenbildung oder den Nährstoffkreisläufen, hin (van Capelle et al. 2012; Nielsen et al. 2015).

Erosion bezeichnet die Verlagerung von Bodenmaterial durch Wind oder Wasser. Dadurch wird der ertragreiche Oberboden abgetragen und die Bodenfunktionen werden beeinträchtigt. Das Erosionsgeschehen nimmt mit dem Verlust an Grünland (Osterburg et al. 2009; Bundesamt für Naturschutz 2014), der Beseitigung von Hecken, Terrassen und weiteren Landschaftselementen, dem Anbau von Hackfrüchten, der Schlaggröße und -neigung sowie der Art der Bodenbearbeitung zu. So zeigt beispielsweise eine Untersuchung aus Brandenburg, dass die vorhandenen Landschaftselemente den Anteil stark durch Winderosion gefährdeter Flächen von ca. 41 % auf 18 % reduzieren können (Funk et al. 2013). Die Erosionsrate auf landwirtschaftlichen Flächen ist um ein bis zwei Größenordnungen höher als die natürliche Neubildung des Bodens (Montgomery 2007). In Europa beträgt die jährliche Bodenneubildung ca. 0,5 t/ha (Alexandrovskiy 2007; KBU 2008; Sauer et al. 2008). Allein die mittlere Jahresrate der Wassererosion in Europa übersteigt mit einem Wert von 2 t/ha bereits die Rate der Bodenneubildung (EEA – European Environment Agency 1999). In Deutschland liegt der jährliche Bodenabtrag auf 14 % der Flächen im Mittel bei mehr als 3 t/ha. Diese Flächen sind stark erosionsgefährdet. Auf weiteren 36 % der Flächen ist die Bodenfurchtbarkeit langfristig durch Erosion gefährdet (Umweltbundesamt 2011a). Die Ablagerungen der Bodenteilchen an Hangsohlen oder in Gewässern verursacht darüber hinaus weitere Schäden – z. B. durch die Eutrophierung sensibler Ökosysteme aber auch durch die Verfrachtung von Pflanzenschutzmitteln (Clay et al. 2001).

Humus ist der Überbegriff für die organischen Bodenbestandteile. Er beeinflusst die Bodenfunktionen in vielfältiger Weise – z. B. die Speicherung von Nährstoffen und Wasser, die Stabilisierung des Bodengefüges sowie die Steuerung des Luft- und Wasserhaushalts. Darüber hinaus bindet der Humus große Mengen an Kohlenstoff im Boden, dessen Mineralisierung zu Treibhausgasen andernfalls zum Klimawandel beitragen würde (siehe auch Abschn. 3.1.3). Global ist die Kohlenstoffspeicherkapazität des Bodens drei- bis viermal höher als die der Vegetationsdecke (Jering et al. 2013). Da der Humusgehalt durch Faktoren wie Temperatur, Niederschlag, Bodenart, pH-Wert und die Bewirtschaftung beeinflusst wird, kann die jeweilige Humusanreicherung nur im Vergleich mit den standorttypischen Gehalten bewertet werden. Letztere schwanken zwischen <1 % und >30 %, wobei die Humusvorräte unter Wald und Grünland generell höher sind als auf Äckern (Düwel et al. 2007). Das Bodenschutzgesetz fordert den Erhalt standorttypischer Humusgehalte durch eine ausreichende Zufuhr an organischer Substanz oder durch die Reduzierung der Bearbeitungsintensität (BBodschG Stand 2017, § 17, Abs. 2, Ziff. 7). In Bayern wurde dennoch bei Acker- und Grünlandböden für den Zeitraum zwischen 1986 und 2007 eine Abnahme der mittleren organischen Kohlenstoffgehalte um etwa 3 % festgestellt (LfL - Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2010). Bundesweit liegen entsprechende Daten bisher nicht vor.

Tab. 3.1 gibt einen Überblick über die wichtigsten umweltpolitischen Zielsetzungen und die jeweilige Zielerreichung in Bezug auf den Boden.

Tab. 3.1	Zielsetzungen und Zielerreichung für die	
77' 1		77' 1 ' 1

Zielsetzungen	Zielerreichung
Immissionsbelastungen	
 Critical Loads für Blei, Quecksilber, Cadmium, Eutrophierung, Versauerung; keine Überschreitung der Critical Loads für Eutrophierung und Versauerung bis 2020 	Critical Loads für Blei, Quecksilber, Eutrophierung und Versauerung überschritten; kaum Überschreitungen bei Cadmium
Grenzwerte für die Belastung von Klär- schlamm und die Ausbringung von Klärschlamm (Klärschlammverordnung, Bioabfallverordnung)	Abnahme der Klärschlammmenge 1998 und 2009, Rückgang der Schwermetall- gehalte, aber weiterhin der Nährstoffträ- ger mit höchsten Schadstoffbelastungen
Tierarzneimittel – keine Zielsetzung	Unklar, da kein Zielwert definiert
• Uran in Phosphatdüngern – keine Zielsetzung	Unklar, da kein Zielwert definiert
Bodenschadverdichtungen und mechanische Belastung	
Allgemeine Formulierung im Bodenschutz- gesetz	Kein Zielwert definiert
Erosion	
Bewirtschaftung entsprechend der Einteilung nach dem Grad der Wasser- und Windero- sionsgefährdung (GLÖZ)	Keine entsprechende Bewirtschaftung
Allgemeine Formulierung im Bodenschutz- gesetz	Unklar, da kein Zielwert definiert
Wissenschaft: 0,5 t/ha und Jahr (Alexandrovskiy 2007; KBU 2008; Sauer et al. 2008)	Nein: 2 t/ha und Jahr durch Wassererosion
Humuserhalt/-aufbau	
Allgemeine Formulierung im Bodenschutz- gesetz	Unklar, da kein Zielwert definiert
 Verbot des Abbrennens von Stoppelfeldern, Dauergrünlanderhalt, Anbaudiversifizierung, Zwischenfruchtanbau 	Nein: vielfach Humusabbau zu beobachten, Angaben zu Verstößen

3.1.2 Wirkungen der Landwirtschaft auf die biologische Vielfalt

Die biologische Vielfalt (oder Biodiversität) umfasst sowohl den Reichtum an Arten und Lebensräumen als auch die genetische Variabilität wildlebender sowie domestizierter Tier- und Pflanzenarten (BMUB 2007). Diese Vielfalt erbringt eine große Zahl an ökosystemaren Leistungen, die für den Menschen grundlegend sind (z. B. Erhalt der Bodenfruchtbarkeit, Bestäubung durch Insekten oder biologische Schädlingsbekämpfung; TEEB DE 2012; Soliveres et al. 2016). Die landwirtschaftliche Produktion kann die biologische Vielfalt und deren Ökosystemleistungen sowohl positiv als auch negativ beeinflussen (Tscharntke et al. 2005). Dabei wird die Biodiversitätsänderung in der Agrarlandschaft im Wesentlichen durch zwei Entwicklungen beeinflusst: Intensivierung und übermäßige Extensivierung bzw. Aufgabe der landwirtschaftlichen Flächennutzung.

Von **Intensivierung** wird im Allgemeinen gesprochen, wenn der Einsatz der Produktionsfaktoren zunimmt. Dazu zählen z. B. vermehrter Eintrag von Dünge- und

Pflanzenschutzmitteln, Einengung von Fruchtfolgen, steigender Einsatz von schweren Maschinen oder die Vergrößerung der Schläge durch die Beseitigung von natürlichen und halbnatürlichen Strukturelementen. Diese Zunahme bewirkt eine Vereinheitlichung der Standortbedingungen. Der damit verbundene Verlust von geeigneten Habitaten und die Fragmentierung der Lebensräume gehören zu den wesentlichen Treibern des weltweiten Rückgangs der biologischen Vielfalt (Benton et al. 2003; Petit et al. 2011; Leuschner et al. 2014; Richner et al. 2015; Tsiafouli et al. 2015). Als Folge der seit Mitte des letzten Jahrhunderts wachsenden Schlaggröße (siehe auch Abschn. 3.2.2.2) hat sich beispielsweise der mittlere Flächenanteil der Ackerrandstreifen halbiert (Leuschner et al. 2014). Dies führte zu einer starken Abnahme der Diversität von Ackerwildkräutern (Petit et al. 2011). Entsprechend nahmen z. B. die regionalen Artenpools der Ackerbegleitflora in Mittel- und Norddeutschland durchschnittlich um 23 % ab (Meyer et al. 2015b) und etwa ein Drittel der typischen Ackerwildkräuter Deutschlands sind gefährdet (Bundesamt für Naturschutz 2015a). In Thüringen wurden 86 % der Arten (Blütenpflanzen, Laufkäfer, Brutvögel, Tagfalter, Säugetiere, Amphibien, Kriechtiere) in naturnahen Randstrukturen nachgewiesen, in Ackerschlägen waren es dagegen nur 14 % (Hoffmann und Kretschmer 2001). Die biologische Vielfalt der Ackerschläge wird auch dadurch negativ beeinflusst, dass mit der Flächenvergrößerung und durch einheitliche Gewannbewirtschaftung in der Regel die Vielfalt angebauter Kulturen in der Landschaft abnimmt (Mohn et al. 2003; Rodríguez und Wiegand 2009). Die fortschreitende Verarmung der Pflanzenwelt in der Agrarlandschaft verändert die Nahrungsnetze mit direkten und indirekten Auswirkungen auf Wildtiere. Als Beispiel sei die Verringerung des Nahrungsangebots (z. B. an Blüten, Samen) für Honig- und Wildbienen, Schmetterlinge, andere Gliederfüßer und Wirbeltiere (z. B. Vögel) genannt. Dies beeinträchtigt u. a. deren Fortpflanzungserfolg und führt zu einem Rückgang der Bestände (Biesmeijer et al. 2006; Potts et al. 2010; Hadley und Betts 2012; Shackelford et al. 2013; van Swaay et al. 2013; Jahn et al. 2014). In intensiv genutzten Landschaften sind zudem geeignete Nisthabitate (z. B. in Totholz, Heckenstrukturen) nur begrenzt verfügbar und häufig weit von Nahrungshabitaten entfernt (Hadley und Betts 2012). Die Diversität der Pflanzen und damit die Vielfalt des Blütenangebotes wird auch durch einseitige Fruchtfolgeglieder reduziert (Kluser und Peduzzi 2007; Hadley und Betts 2012) oder ist zeitlich durch Massentrachten wie bei Raps stark begrenzt (Nicholls und Altieri 2013). Durch frühe Erntetermine (z. B. bei Ganzpflanzensilage) und enge Bestände verlieren bodenbrütende Vogelarten die Nistmöglichkeit (Hart et al. 2006). Die Eintönigkeit homogener und großflächiger Bestände wirkt sich darüber hinaus auch aus Sicht des Menschen negativ auf das Landschaftsbild aus (siehe hierzu Abschn. 3.1.4).

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln hat erhebliche Auswirkungen auf die biologische Vielfalt, denn viele Organismen werden dadurch entweder direkt (durch toxische Einwirkung) oder indirekt (durch Reduktion von Nahrung und Deckung) beeinflusst (Frische et al. 2016). So vergiften Herbizide beispielsweise entsprechend ihres Wirkbereichs auch Nicht-Zielpflanzen. Zudem begünstigt deren einseitige Anwendung die Selektion von herbizidresistenten Unkrautpopulationen. So sind in Deutschland unter anderem Resistenzen bei Acker-Fuchsschwanzgras

(Alopecurus myosuroides) und dem Gemeinen Windhalm (Apera spica-venti) regional bereits so stark ausgeprägt, dass erhebliche Bekämpfungsprobleme auftreten (Petit et al. 2011; JKI 2015). Insektizide können für viele Insekten (Honig- und Wildbienen, Schmetterlinge etc.), andere Gliederfüßer (Spinnen, Asseln etc.) und Wirbeltiere (Amphibien) ähnlich toxisch sein wie für die Schadinsekten. Bei Amphibien haben Pflanzenschutzmittel Auswirkungen auf alle Entwicklungsstadien, führen zu Verhaltens-, Geschlechts- und Wachstumsänderungen und erhöhen die Sterberate (Schmidt 2007). Deshalb gilt der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auch als eine wesentliche Ursache für den Rückgang der biologischen Vielfalt in Agrarlandschaften (Schmidt 2007; Simon et al. 2010; Petit et al. 2011; Jahn et al. 2014; Nielsen et al. 2015). Eine negative Rückwirkung auf die Landwirtschaft ist, dass der Verlust an natürlichen Feinden zu einer Verringerung der biologischen Kontrolle von Schädlingen und Krankheitserregern führt (Simon et al. 2010; Nielsen et al. 2015).

Verstärkte Nährstoffzufuhr wird in zahlreichen Studien als wichtiger Grund für den Verlust der Pflanzenvielfalt auf landwirtschaftlichen Flächen genannt (Kleijn et al. 2009; Spiertz 2010; Gaujour et al. 2012; Krause et al. 2014; Meyer et al. 2015b). Der erhöhte Einsatz von Düngemitteln führt zu einem starken Rückgang von jenen Gruppen der Ackerbegleitflora, die an nährstoffarme Bedingungen angepasst sind, während Generalisten gefördert werden (Meyer et al. 2014). Durch Oberflächenabfluss, Versickerung oder über die Luft können Nährstoffe auch in Gewässer gelangen und diese eutrophieren. Dies steigert unter anderem die Biomasseproduktion aquatischer Pflanzen und Algen mit der negativen Folge, dass die Zersetzung der absinkenden toten organischen Substanz eine Sauerstoffzehrung bewirkt. Dies kann beispielsweise in Amphibienlaichgewässern zum Absterben der Eier und zum Erstickungstod der Larven oder der im Wasser überwinternden geschlechtsreifen Tiere führen (Baker et al. 2013). Insgesamt hat die Intensivierung der Landwirtschaft zu drastischen Bestandseinbrüchen bei Amphibien und Reptilien beigetragen. Durch die starke Bindung dieser Tiergruppen an selten gewordene Habitate wie störungsfreie Zonen an Gewässern oder an Felsen und Trockenhängen sind über 60 % der heimischen Amphibien- und Reptilienarten gefährdet (Haupt et al. 2009).

Neben der Intensivierung ist die **Nutzungsaufgabe** in Gebieten mit ungünstigen Produktionsbedingungen, eine wesentliche Ursache für den Verlust an biologischer Vielfalt. Dieser Prozess ist durch die Abnahme des Einsatzes der Produktionsfaktoren gekennzeichnet und findet in Deutschland insbesondere in Mittelgebirgslagen statt. Landnutzungsformen, wie z. B. die Bewirtschaftung von Streuobstwiesen oder die Aufrechterhaltung extensiver Beweidungssysteme, werden unrentabel und in Folge unterliegen die aufgegebenen Flächen Sukzessionsprozessen, durch die häufig wichtige Offenlandlebensräume für viele Arten verlorengehen (Bundesamt für Naturschutz 2014). Von der Nutzungsaufgabe sind besonders artenreiche extensive Mager- und Trockenrasen sowie Heiden, Hutewälder und Streuobstwiesen betroffen, die nur durch angepasste Landbewirtschaftung erhalten werden können (Bundesamt für Naturschutz 2014; Lomba et al. 2014). Das ist fatal, denn ein bedeutender Teil der europäischen Flora und Fauna hängt von solchen Nutzungsformen ab (Kleijn et al. 2009).

Tab. 3.2 Zielsetzungen und Zielerreichung bezüglich der Ressource Biologische Vielfalt. (Zur Erläuterung der Zielwerte vergleiche Anhang)

Zielsetzungen	Zielerreichung
 Artenvielfalt und Landschaftsqualität: Index (Maßzahl in %) über die bundesweiten Bestandsgrößen von 59 repräsentativen Vogelarten in sechs Hauptlebensraum- und Landschaftstypen: 100 % im Jahr 2015 Gefährdete-Arten-Index: (Maßzahl in %) Indikator bilanziert das Ausmaß der bundesweiten Gefährdung ausgewählter Artengruppen, Zielwert 15 % im Jahr 2020 	Artenvielfalt und Landschaftsqualität: 63 % (Stand: 2011), signifikanter Trend weg vom Zielwert (BMUB 2015a), Teilindikator Agrarland 56 % (BMUB 2015a) Gefährdete Arten: 23 % Stand 2013 (BMUB 2015a)
Erhaltungszustand der FFH-Arten: Index (Maßzahl in %) über die Bewertung des Erhaltungszustandes der Arten der Anhänge II, IV und V der FFH-Richtlinie in den biogeogra- phischen Regionen in Deutschland, Zielwert 80 % im Jahr 2020	Erhaltungszustand der FFH-Arten: 46 % Stand 2013 (BMUB 2015a)
FFH-Lebensräume: Index (Maßzahl in %) über die Bewertung des Erhaltungszustandes der Lebensraumtypen des Anhangs I in den biogeographischen Regionen in Deutschland, Zielwert 80 % im Jahr 2020	FFH-Lebensräume: 46 % (Stand 2007–2012), insbesondere Erhal- tungszustand landwirtschaftlich geprägter Lebensraumtypen als ungünstig bewertet (BMUB 2015a)
 Anteil gefährdeter heimischer Nutztierrassen: Prozentualer Anteil gefährdeter einheimischer Nutztierrassen, Ziel: Ausmaß der Gefährdung soll verringert werden 	Anteil gefährdeter heimischer Nutztierrassen: 2013 etwas mehr als 70 % (BMUB 2015a)

Um dem dramatischen Verlust der weltweiten **Biodiversität** zu begegnen, wurde im Jahre 1992 das UN-Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity, CBD) verabschiedet, das Deutschland 1993 ratifiziert und in der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt aufgegriffen hat (BMUB 2007). Das Ziel, den Biodiversitätsverlust bis 2010 zu stoppen, wurde allerdings nicht erreicht. Der Zustand der biologischen Vielfalt soll durch bundesweite Monitoring-Programme erfasst und bewertet werden (BMUB 2015a). Eine Reihe von Indikatoren zum Erhalt der biologischen Vielfalt weist auf eine zum Teil deutlich negative Entwicklung hin (vgl. Tab. 3.2; siehe auch die Erläuterungen zu den Indikatoren für biologische Vielfalt im Anhang).

3.1.3 Wirkungen der Landwirtschaft auf das Klima

Die vom Menschen verursachten Änderungen des Klimas beruhen in erster Linie auf der Freisetzung von **Treibhausgasen**. Hierzu zählen vorwiegend Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und halogenierte Kohlenwasserstoffe, die jeweils ein unterschiedliches Treibhauspotenzial und eine unterschiedliche Verweildauer in der Atmosphäre haben (IPCC 1996). So sind z. B. Methan und Lachgas

wesentlich klimawirksamer als Kohlendioxid. Die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre nimmt seit Beginn der Industrialisierung beständig zu (IPCC 2014). Bis 2012 stiegen die globalen Land- und Ozean-Oberflächentemperaturen im Mittel um 0,85 °C an (IPCC 2014), wobei die Klimaänderungen regional sehr unterschiedlich ausfallen (Umweltbundesamt 2014b). Die Landwirtschaft ist sowohl Verursacherin der Freisetzung von Treibhausgasen als auch Betroffene des Klimawandels. Sie kann aber auch durch den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen oder durch Bewirtschaftungsformen, welche die Speicherung von Kohlenstoff in Böden und Vegetation fördern, einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. In Deutschland war die Landwirtschaft nach den Verursachergruppen "Energie" und "Industrieprozesse" lange die drittgrößte Quelle von Treibhausgasen. Gemäß einem Bericht aus dem Jahre 2014 hatte sie zu diesem Zeitpunkt allerdings die "Industrieprozesse" bereits überholt (Umweltbundesamt 2014b). Grund ist, dass die Reduzierung der Emissionen in der Landwirtschaft geringer war als bei den anderen Quellgruppen.

Treibhausgase entstehen zum einen im vorgelagerten Bereich der Landwirtschaft, zum anderen bei der Tierhaltung durch die Fermentation während der Verdauung, bei der Nutzung landwirtschaftlicher Böden und durch die Düngewirtschaft (Umweltbundesamt 2014b). Im vorgelagerten Bereich der Landwirtschaft werden Treibhausgase erzeugt, die einem Äquivalent von etwa 45,3 Mio. t CO₂ entsprechen (Heißenhuber et al. 2015). Diese werden jedoch in der Klimaberichterstattung nicht dem Sektor Landwirtschaft zugeordnet. Im Magendarmtrakt von Wiederkäuern entsteht durch mikrobielle Gärung in erheblichen Mengen Methan. Durch die Nutzung landwirtschaftlicher Böden entsteht vor allem Lachgas, wobei die Bewirtschaftung von Mooren die größte Treibhausgas-Einzelquelle im Sektor Landwirtschaft ist (Drösler et al. 2011). Emissionen der Düngewirtschaft sind die Folge der Lagerung und Ausbringung organischer Dünger. Dabei werden vor allem die Treibhausgase Methan und Lachgas freigesetzt. Die Quellgruppen Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft werden bisher nicht dem Sektor Landwirtschaft zugerechnet, obgleich die Abnahme der weltweiten Waldflächen und der Verlust an Grünland in Deutschland wesentlich durch die Flächennachfrage der Landwirtschaft bedingt werden. Die Freisetzung von Treibhausgasen durch landwirtschaftliche Nutzung wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst, die auch innerhalb eines Produktionsverfahrens sehr unterschiedlich gestaltet werden können. Dies betrifft z. B. die Tierhaltung. In der Milchviehhaltung sinken die Treibhausgas-Emissionen pro erzeugter Produkteinheit, wenn hohe Milchmengen pro Tier erzielt werden, da die Anzahl der gehaltenen Tiere pro Produktionseinheit zurückgeht. Dieser Zusammenhang gilt jedoch nur bis zu einer Milchleistung von ca. 11.000 kg Milch/Jahr (Flachowsky und Lebzien 2005) und unter der Voraussetzung, dass ausreichend Kälber für die Fleischproduktion vorhanden sind und nicht durch die Haltung von Mutterkühen produziert werden müssen (Zehetmeier et al. 2012).³ Eine umfassendere Darstellung

³ Allerdings sind Mutterkühe in der Lage, extensive Weidestandorte zu nutzen und stehen damit zum einen nicht in Nahrungskonkurrenz mit dem Menschen und können zum anderen Leistungen für die Biodiversität auf diesen Standorten erbringen (Heißenhuber et al. 2015, S. 163).

der Einflüsse unterschiedlicher Produktionsmerkmale der Landwirtschaft auf die Entstehung von Treibhausgasen findet sich bei Schuler et al. (2015).

Die Bundesregierung hat sich im "Klimaschutzplan 2050" (BMUB 2016) das Ziel gesetzt, bis zur Mitte des Jahrhunderts den Ausstoß von Treibhausgasen um 80 bis 95 % gegenüber 1990 zu reduzieren. Der Klimaschutzplan von 2016 legt erstmals auch Treibhausgasminderungsziele für die Landwirtschaft fest. Bisher existierten Vorgaben für das Management organischer Dünger (max. Einsatz von organischem Dünger 170 kg N/ha, zeitnahe Einarbeitung), für den Erhalt von Grünland und für den Schutz von Mooren (siehe Abschn. 3.2.2), die ebenfalls Auswirkungen auf den Klimaschutz haben.

3.1.4 Wirkungen der Landwirtschaft auf das Landschaftsbild

Im Bundesnaturschutzgesetz wird Landschaft neben der Natur als Schutzgut genannt. Sie ist "so zu schützen, dass [...] Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und Landschaft auf Dauer gesichert sind" (BNatschG 2009, § 1, Abs. 1). Das "Landschaftsbild" wird nicht explizit genannt, sondern durch die Merkmale Vielfalt, Eigenart und Schönheit umschrieben. Insbesondere Schönheit kann jedoch nur subjektiv bewertet werden (Trepl 2012). Da sie aber gewöhnlich das Ergebnis von "Vielfalt und Eigenart des Naturraums" ist (Ratzbor 2011), werden Landschaften im Allgemeinen umso positiver bewertet, "je mehr (visuell) deutlich unterscheidbare Elemente" bzw. für die Landschaft typische Strukturen vorhanden sind (Nohl 1993). Abwechslungsreiche Landschaften mit einem ausgewogenen Verhältnis von Wald und Offenland steigern die Erholungs- und Erlebnisqualität (Bundesamt für Naturschutz 2014). Dabei wird dem Grünland meist ein besonders hoher ästhetischer Wert zugeordnet und dessen Bedeutung als Erholungsraum betont (Osterburg et al. 2009).

Die Landwirtschaft hat über Jahrhunderte dazu beigetragen, dass in Europa und Deutschland vielfältige Landschaften entstanden, die durch einen Wechsel an Forst-, Grünland-, Acker- und Dauerkulturflächen, durch das Vorkommen von natürlichen und halbnatürlichen Habitaten sowie durch standorttypische Ausprägungen der Nutzungsformen (z. B. Fruchtfolgen, extensiven Weideflächen) gekennzeichnet sind. Zunehmende Intensivierung auf der einen und vermehrte Nutzungsaufgabe auf der anderen Seite gefährden mittlerweile viele prägende Elemente des Landschaftsbildes. Das ist auch deswegen besonders kritisch, weil ein enger Zusammenhang zwischen dem Erhalt des Landschaftsbildes und dem Schutz der biologischen Vielfalt besteht, denn viele Strukturen und Elemente haben auch einen positiven Einfluss auf die Verfügbarkeit von Habitaten.

Die Ziele für den Erhalt der Vielfalt, Eigenheit und Schönheit der Landschaft sind meist qualitativ formuliert. So sieht die Nationale Biodiversitätsstrategie vor, "regionaltypische[n] Bewirtschaftungsformen", die zur Erhaltung und Entwicklung von Kulturlandschaften und ihren Elementen beitragen, zu fördern und das Landschaftsbild vor Beeinträchtigungen zu schützen (BMUB 2007, S. 41).

Messbare Ziele in Bezug auf das Landschaftsbild wurden jedoch nicht etabliert. Folgende Indikatoren können dennoch für die Beschreibung und teilweise Quantifizierung des Einflusses der Landwirtschaft auf das Landschaftsbild herangezogen werden:

- Erhalt traditioneller, naturverträglicher Nutzungsformen (als Ziel in der Biodiversitätsstrategie formuliert) (Deimer 2005):
 - Traditionelle Nutzungsformen, z. B. Streuobstwiesen, extensives Grünland
 - High-Nature-Value: Anteil von Flächen mit hohem Naturschutzwert an der Landwirtschaftsfläche, Zielwert 19 % im Jahr 2015
- Erhalt und Pflege der Kulturlandschaft (Deimer 2005), abwechslungsreiche Landschaft (Bundesamt für Naturschutz 2014):
 - Erhalt von Grünland
 - Aufrechterhaltung der Bewirtschaftung auf Grenzertragsstandorten
 - Vermeidung von Sukzession als Ausdehnung der Waldfläche
 - Vielfältige Fruchtfolgen (Heißenhuber et al. 2004; Deimer 2005; Heißenhuber et al. 2015)
 - Prägung durch kleinräumige, natürliche und naturnahe Biotope (Deimer 2005):
 - High-Nature-Value: s. o.
 - Erhalt von Landschaftselementen (Heißenhuber et al. 2004)
- Vielfalt
 - Schlaggröße
 - Vielfältige Fruchtfolge
 - Ökologische Vorrangfläche

Die genannten Indikatoren werden in Abschn. 6.5 ausführlicher dargestellt.

3.1.5 Wirkungen der Landwirtschaft auf die Ressource Luft

Die Luftqualität wird durch die Konzentration einzelner Gase und durch Aerosole beeinflusst. Zu den wichtigsten **Luftschadstoffen** zählen Ammoniak, Benzol, Blei, Feinstaub, Kohlenmonoxid, Ozon, Schwefeldioxide und Stickoxide (Umweltbundesamt 2016). Luftschadstoffe können Menschen, Pflanzen und Tiere sowohl direkt negativ beeinflussen, als auch die abiotischen Schutzgüter z. B. über die Ablagerung von Schwermetallen nachteilig verändern. Sie wirken durch Änderungen der Zusammensetzung des Gasgemisches, durch feste Bestandteile in der Luft und durch Geruchsbelästigungen.

Luftschadstoffe entstehen in der Landwirtschaft – wie bereits erwähnt – durch Tierhaltung, Düngung, Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln und Bodenbearbeitung. Dabei trägt die intensive Tierhaltung zunehmend zur Entstehung von Ammoniak (Schießl et al. 2015), Feinstaub und Geruchsbelästigungen bei (Umweltbundesamt 2011a). Die Landwirtschaft ist jedoch nicht nur Erzeugerin von Luftschadstoffen, sie ist auch von deren schädigenden Wirkungen negativ betroffen. Als Beispiel seien die Effekte von Schwefel- und Stickoxiden sowie von Ammoniak genannt. Schwefel- und Stickoxide wirken versauernd (Baumgarten 2006) und beeinträchtigen so die Bodenfunktionen. Sie können sich durch indirekte Düngewirkungen jedoch auch positiv auf das Pflanzenwachstum auswirken. Stickoxide tragen darüber hinaus zur bodennahen Ozonbildung bei. Sie werden aus landwirtschaftlichen Böden freigesetzt (etwa 17 % der Stickoxidbelastungen der Luft), wobei bei gedüngten Böden höhere Freisetzungsraten gemessen werden. Auch Ammoniak wirkt versauernd und eutrophierend. Es beeinflusst so ebenfalls Bodenfunktionen, Biodiversität sowie Wasserqualität und trägt zur Entstehung von Treibhausgasen bei. Außerdem bildet Ammoniak durch die Reaktion mit anderen Gasen gesundheitsschädlichem Feinstaub in der Atmosphäre. Ammoniak kann beim Menschen neben Reizungen der Augen und Schleimhäute auch Asthma, Husten und Atemnot hervorrufen. Zusätzlich kann es Schäden an Pflanzen verursachen (LfU – Bayrisches Landesamt für Umwelt 2004).

Die **NEC-Richtlinie** (Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen) der EU sieht eine Senkung des gemittelten Ausstoßes von Schwefeldioxid, Ammoniak, NMVOC und Stickstoffoxiden bis 2010 gegenüber 1999 um 70 % vor. Dies entspricht z. B. einer Begrenzung der Ammoniak-Emissionen auf max. 550 kt/ Jahr bis 2010 (NEC-RL). Dieser Wert konnte nicht erreicht werden. Nach dem fortgeschriebenen Multikomponenten-Protokoll sind die Ammoniak-Emissionen bis 2020 gegenüber 2005 um 5 % zu senken und die Stickstoffoxid-Emissionen um 39 %. Ein Vorschlag der EU-Kommission zur Fortentwicklung der NEC-Richtlinie sieht eine weitere Reduzierung der Ammoniak-Emissionen um 39 % bis 2030 im Vergleich zu 2005 vor. Tab. 3.3 fasst bezüglich der Luft die Ziele und deren Erreichung zusammen.

Tab. 3.3 Zielsetzungen und Zielerreichung bezüglich der Ressource Luft

Zielsetzung	Zielerreichung
NEC-Richtlinie: Grenzwerte für die Emissionen von Schwefeldioxid, Ammoniak, NMVOC und Stickstoff- oxiden	Nein: Grenzwerte von drei der vier geregelten Luftschadstoffe werden nicht eingehalten
Ammoniak: Begrenzung der Ammoniak-Emissionen auf max. 550 kt/Jahr bis 2010 (NEC-RL)	 Nein: 2013: 671 kt Ammoniak-Emissionen (Umweltbundesamt 2013b) keine Reduktion seit 1994
Ammoniak: Senkung des gemittelten Ausstoßes von Schwefeldioxid, Ammoniak, NMVOC und Stickstoff- oxiden bis 2010 gegenüber 1999 um 70 % (Umweltbundesamt 2015a. S. 60)	Nein: bis 2013 sanken die gemittelten Emissionen von Schwefeldioxid, Ammoniak, NMVOC und Stickstoffoxiden (Umweltbun- desamt 2015a. S. 60) um 42,5 %; 2015: 1186 kt Stickoxid-Emissionen (Umweltbun- desamt 2016)

3.1.6 Wirkungen der Landwirtschaft auf die Ressource Wasser

Der Gewässerschutz wird auf europäischer Ebene u. a. durch die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), die Grundwasserrichtlinie, die Nitratrichtlinie und die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie geregelt. Die Wasserrahmenrichtlinie sieht vor, bis 2015 für alle Gewässer einen guten Zustand zu erreichen. Die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie zielt darauf, bis 2020 die Meeresgewässer in einen guten Umweltzustand zu versetzen bzw. diesen zu erhalten. Auf nationaler Ebene werden die Wasserrahmenrichtlinie und die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie durch das Wasserhaushaltsgesetz umgesetzt. Die Grundwasserverordnung dient der Umsetzung der Grundwasserrichtlinie in nationales Recht und die Düngeverordnung der Umsetzung der Nitratrichtlinie. Die Richtlinien und Verordnungen zielen auf eine Verbesserung – oder mindestens auf die Vermeidung einer Verschlechterung – der Wasserqualität im Grundwasser, in Flüssen, Seen und Meeren.

Die Landwirtschaft beeinflusst das Wasser durch Entnahmen für die Bewässerung zum einen **quantitativ**, zum anderen **qualitativ** durch den Eintrag von Schwemm- und Schadstoffen. Auch Landnutzungsänderungen (z. B. die Umwandlung von Wald und Grünland in Acker) haben einen Einfluss auf den Wasserhaushalt. Dadurch verändern sich Grundwasserneubildung und Retentionsraum (Osterburg et al. 2009; Bundesamt für Naturschutz 2014), gleichzeitig wird die Belastung von Grund⁴- und Oberflächenwasser⁵ durch zunehmende Einträge erhöht. Darüber hinaus können Bodenverdichtungen durch den Einsatz schwerer Maschinen die Erosion erhöhen, die Versickerungsrate verringern und den Oberflächenabfluss verstärken. Und schließlich kann ein durch Bodenbearbeitung bedingter Humusabbau das Wasserhaltevermögen reduzieren.

Die heimische Landwirtschaft hat durch den Eintrag von schädlichen Stoffen oder über Depositionen einen direkten Einfluss auf die Qualität der Oberflächengewässer und des Grundwassers. Dabei wird das Grundwasser meist durch **diffuse Einträge** belastet. Dazu gehören z. B. Nitratauswaschungen. Aber auch Schadstoffe wie Pflanzenschutzmittel, Schwermetalle (z. B. Uran) und Arzneimittel sind im Grundwasser zu finden (Abschn. 3.2.1). Oberflächengewässer werden hingegen auch durch punktuelle Einträge belastet. Hinsichtlich des Schutzes und des Erhalts eines guten chemischen Zustandes des Wassers gibt es Grenzwerte für Nitrat und Pflanzenschutzmittel.⁶

⁴Nur bei 7 % der Grundwassermessstellen im Umfeld von Grünland wurden hohe Nitratbelastungen nachgewiesen (Umweltbundesamt 2010c, S. 19), Messstellen im Einzugsbereich von Ackernutzung zeigen signifikant höhere Nitratbelastungen des Grundwassers (Umweltbundesamt 2010b, S. 13).

⁵ Höhere Erosionsraten auf Acker- als auf Grünlandflächen.

⁶Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen; Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik; Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung.

Diese werden jedoch in einigen Regionen – bei Nitrat insbesondere in Landstrichen mit hoher Viehdichte – nicht eingehalten. Die EU-Kommission hat im April 2016 wegen Nicht-Einhaltung der Nitratrichtlinie Klage vor dem europäischen Gerichtshof gegen die Bundesrepublik Deutschland eingereicht.⁷

Obwohl die Landwirtschaft weltweit die größte Nutzerin von Wasser ist, spielt sie in Europa und Deutschland bei der Wasserentnahme quantitativ nur eine geringe Rolle (Umweltbundesamt 2011b). Durch den Import von Lebens- und Futtermitteln kann Deutschland jedoch in den Erzeugerländern zu einer (zum Teil übermäßigen) Nutzung von Wasser beitragen (Heißenhuber und Krämer 2013). Eine Übersicht über wasserbezogene Zielsetzungen und die Zielerreichung findet sich in Tab. 3.4.

Tab. 3.4 Zielsetzungen und Zielerreichung bezüglich der Ressource Wasser

Zielsetzung	Zielerreichung
Guter ökologischer Zustand der Oberflächengewässer (WRRL): geringe anthropogene Abweichungen, d. h. geringe Abweichungen von den Werten, die sich normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse einstellen würden	Sehr guter und guter Zustand bei ca. 14 % der Fließgewässer und 39 % der Seen (Umwelt- bundesamt 2010c)
Guter chemischer Zustand der Oberflächengewässer (WRRL)	 Fließgewässer: guter chemischer Zustand bei 88 % der Wasserkörper 2010 erreicht; bei Anwendung der Umweltqualitätsnormrichtlinie ab 2018 werden voraussichtlich 100 % der Wasserkörper das Ziel "guter chemischer Zustand" verfehlen Seen: guter chemischer Zustand bei 92 % der Wasserkörper 2010 erreicht; einzelne Überschreitungen der Grenzwerte bei Schwermetallen, Pflanzenschutzmitteln und Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen; bei Anwendung der Umweltqualitätsnormrichtlinie ab 2018 werden voraussichtlich 100 % der Wasserkörper das Ziel "guter chemischer Zustand" verfehlen (Umweltbundesamt 2010c)
Guter mengenmäßiger Zustand des Grundwassers (WRRL)	Kaum Wassermengenprobleme, 2010 wiesen nur 4 % der Grundwasserkörper keinen guten mengenmäßigen Zustand auf (Umweltbundes- amt 2010c)
Guter chemischer Zustand des Grundwassers (WRRL) – siehe Stickstoff und Pflanzenschutzmittel	37 % der Grundwasserkörper in einem schlechten chemischen Zustand (2010); 27 % der Grundwasserkörper übersteigen die Qualitätsnorm für Nitrat, 4 % der Grundwasser- körper übersteigen die Qualitätsnorm für Pflanzenschutzmittel (Umweltbundesamt 2010c)

(Fortsetzung)

⁷ Europäische Kommission: Nitratbelastung in Gewässern: EU-Kommission verklagt Deutschland, abrufbar unter: https://ec.europa.eu/germany/news/nitratbelastung-gew%C3%A4ssern-eu-kommission-verklagt-deutschland_de. Zugegriffen am 18.05.2017.

Tab. 3.4 (Fortsetzung)

Zielsetzung	Zielerreichung
Gesamt-Umweltzustand der deutschen Meeresgewässer gemäß Meeresstrate- gierahmenrichtlinie	Der zusammenfassende Umweltzustand für Nord- und Ostsee wird 2012 mit "nicht gut" bewertet, dabei spielt die Landwirtschaft insbesondere beim Kriterium "Anreicherung mit Nährstoffen und organischem Material" eine entscheidende Rolle, welches ebenfalls mit "nicht gut" bewertet wird (Umweltbundesamt 2010c)
Stickstoff: max. 50 mg N/l Trinkwasser (Nitratrichtlinie)	2010: zu hohe Nitratkonzentrationen bei 14 % der Messstellen, starke regionale Unterschiede Zunahme der Nitratkonzentrationen an 40 % der Messstellen zwischen 2004/2006 und 2008/2010 Klage der Europäischen Kommission gegen Deutschland wegen Nicht-Einhaltung der Nitratrichtlinie
• Phosphor	Abnahme der Konzentrationen an den Messstellen
 Pflanzenschutzmittel: 0,1 μg/1 Trinkwasser für einzelne Stoffe; 0,5 μg/l für mehrere Stoffe 	Vereinzelte Überschreitungen bei 13 Pestiziden (2008–2010), bei 24 Pestiziden keine Überschreitungen (Umweltbundesamt 2012a) Überschreitungen an 4,7 % der Messstellen (2006–2008) (Umweltbundesamt 2010c)
Schwermetalle: Kein Zielwert für Belastung der Gewässer definiert Grenzwerte für die Belastung des Klärschlamms mit Schwermetallen und anderen Stoffen Grenzwerte für die Ausbringung von Klärschlamm	• Uran: in oberflächennahen Grundwässern unter Acker 2-fach höhere Konzentration als unter Wald (<10 µg Uran/l) (Utermann et al. 2009); keine definierten Ziele
Arzneimittel: kein Zielwert definiert	 Rückstände nahezu ganzjährig und flächendeckend in Fließgewässern zu finden 150 Wirkstoffe in Umwelt (meist Gewässern) Antibiotika-Monitoring: ab bestimmter Bestandsgröße Meldungen von Angaben zum Antibiotikaeinsatz Betriebe, die mehr Arzneimittel anwenden als Vergleichsbetriebe, müssen Maßnahmen ergreifen, um diesen Einsatz zu reduzieren Arzneimittel dürfen nur zur Behandlung kranker Tiere eingesetzt werden Antibiotika dürfen nur von einem Tierarzt oder einer Apotheke auf Verschreibung abgegeben werden; nachgewiesen in Konzentrationen von 0,1 bis 1 μg/l (Umweltbundesamt 2014a)

3.1.7 Zusammenfassung

Ein guter Zustand der schützenswerten Naturressourcen wurde bisher vielfach nicht erreicht. Auch die in verschiedenen Gesetzen, Richtlinien und Strategien definierten Zielwerte werden häufig verfehlt. Der Anteil der Landwirtschaft an der negativen Beeinflussung der Ressourcen ist dabei oft groß und hat in der Vergangenheit weiter zugenommen, während in vielen anderen Bereichen größere Erfolge bei der Reduzierung von Belastungen erreicht werden konnten (Heißenhuber et al. 2015).

Festzuhalten ist, dass sich bestimmte landwirtschaftliche Wirkfaktoren gleichzeitig auf mehrere Ressourcen auswirken, wobei diese Faktoren im Wesentlichen zwei Mechanismen zugeordnet werden können: **stoffliche Einträge und Flächennutzung** (siehe Tab. 3.5 für eine Übersicht).⁸

3.2 Landwirtschaftliche Wirkfaktoren

In diesem Abschnitt wird der in Abschn. 3.1 behandelte Zustand der Naturressourcen den beiden landwirtschaftlich Wirkfaktoren "Stoffliche Einträge" und "Flächennutzung" zugeordnet. Der Fokus liegt auf der Beeinflussung des Bodens, der biologischen Vielfalt, des Klimas, des Landschaftsbilds, der Luft und des Wassers. Weiterhin werden die für diese Naturressourcen definierten Zielsetzungen behandelt.

3.2.1 Stoffliche Einträge

Stoffliche Einträge gelangen zum einen direkt durch den Einsatz landwirtschaftlicher Produktionsmittel in die Umwelt, zum anderen können sie auch die indirekte Folge bestimmter Formen der landwirtschaftlichen Flächennutzung sein (z. B. Stickstofffreisetzung bei Grünlandumwandlung). Hier fokussieren wir auf die Einträge von Stickstoff, Phosphat, Pflanzenschutzmitteln, Kupfer und Arzneimitteln. Zusätzlich

⁸Nicht aufgeführt sind dabei Wirkfaktoren, die insbesondere der Tierhaltung zuzuordnen sind. Dies betrifft bspw. den Viehbesatz pro Hektar, die Formen der Düngerwirtschaft, technische Verfahren der Tierhaltung (z. B. Stalltechnik), die Art der eingesetzten Futtermittel und deren Erzeugung sowie die mit der Tierhaltung verbundenen extensiven Nutzungsverfahren. Dabei wird der Viehbesatz implizit dem Punkt "stoffliche Einträge von Stickstoff und Phosphor" zugerechnet, die Erzeugung von Futter erscheint auch unter dem Punkt "Fruchtfolgegestaltung" und extensive Tierhaltungsverfahren unter dem Punkte "Aufgabe traditioneller, extensiver Nutzungsformen". Nicht weiter eingegangen wird jedoch auf die Verfahren der Düngewirtschaft (Festmist, Gülle, Jauche), wobei diese über die Entstehung von Treibhausgasen oder die Zufuhr von organischer Substanz in den Boden durchaus Wirkungen auf die genannten Ressourcen haben kann. Auch technische Aspekte des Stallbaus finden keine Berücksichtigung, diese können jedoch auf die Luftqualität und die Emission von Treibhausgasen wirken.

Naturressourcen
der
Ę,
<u>당</u>
덥
bezü
چ
br
ĕ
\equiv
뜻
.≍
5
긁
₹
Ziel
Ŋ
ರ
pun
Ξ
ngen
ρľ
Ξ
Z
et
S
<u>e</u>
Ž
S
Tab. 3.5
÷
5
=

Natur-res- source Boden Belastungen Striffiche Striffic			
Bereich Belastungen durch stoffliche Einträge Werdichtung und mechanische Belastung Erosion Eusion			
Belastungen durch stoffliche Einträge und mechanische Belastung Erosion Humuserhalt/- aufbau		Zielerreichung	Status
tiche räge en(schad) lichtung hanische stung sion nuserhalt/-	Critical Loads für Blei, Quecksilber, Cadmium, Eutrophierung, Versauerung: keine	Critical Loads für Blei, Quecksilber, Eutrophierung und Versauerung überschritten;	Ziel nicht erreicht
en(schad) ichtung hanische stung sion nuserhalt/-	Überschreitung der Critical Loads für Eutrophierung und Versauerung bis 2020	Kaum Überschreitungen der Critical Loads bei Cadmium	Auf dem richtigen Weg
ichtung lichtung hanische stung sion nuserhalt/-	Grenzwerte für die Belastung von Klärschlamm und die Ausbringung von Klärschlamm (Klärschlammverordnung, Bioabfallverordnung)	Ja: Abnahme der Klärschlammmenge 1998 und 2009, Rückgang der Schwermetallgehalte, aber weiterhin der Nährstoffträger mit höchsten Schadstoffbelastungen	Auf dem richtigen Weg
n serhalt/-	Allgemeine Formulierung im Bodenschutzgesetz	Kein Zielwert definiert	Kein Zielwert vorhanden
erhalt/-	Bewirtschaftung entsprechend der Einteilung nach dem Grad der Wasser- und Erosionsgefährdung (GLÖZ)	Keine entsprechende Bewirtschaftung	Kein Zielwert vorhanden
erhalt/-	Allgemeine Formulierung im Bodenschutzgesetz	Kein Zielwert definiert	Kein Zielwert vorhanden
erhalt/-	Wissenschaft: 0,5 t/ha und Jahr	Nein: 2 t/ha und Jahr durch Wassererosion	Ziel nicht erreicht
Verbot des Abbrennens	Allg. Formulierung im Bodenschutzgesetz	Kein Zielwert definiert	Kein Zielwert vorhanden
Dauergrünlanderhalt, A Zwischenfruchtanbau	ns von Stoppelfeldern, Anbaudiversifizierung,	Nein: vielfach Humusabbau zu beobachten; Angaben zu Verstößen	Ziel nicht erreicht

Biologi- sche	Artenvielfalt und Land-	Index (Maßzahl in %) über die bundesweiten Bestandsgrößen von 59 repräsentativen	63 % Stand 2011, signifikanter Trend weg vom Zielwert (BMUB 2015a)	Ziel nicht erreicht
Vielfalt	schaftsqualität	Vogelarten in sechs Hauptlebensraum- und Landschaftstypen: 100 % im Jahr 2015	Teilindikator Agrarland 56 % (BMUB 2015a)	Ziel nicht erreicht
	Gefährdete- Arten-Index	Indikator (Maßzahl in %) bilanziert das Ausmaß der bundesweiten Gefährdung ausgewählter Artengruppen, Zielwert 15 % im Jahr 2020	23 % Stand 2013 (BMUB 2015a)	Ziel nicht erreicht
	Erhaltungszu- stand der FFH-Arten	Index (Maßzahl in %) über die Bewertung des Erhaltungszustandes der Arten der Anhänge II, IV und V der FFH-Richtlinie in den	46 % Stand 2013 (BMUB 2015a)	Ziel nicht erreicht
		biogeographischen Regionen in Deutschland, Zielwert 80 % im Jahr 2020		
	FFH-Lebens- räume	Index (Maßzahl in %) über die Bewertung des Erhaltungszustandes der Lebensraumtypen des Anhangs I in den biogeographischen Regionen in Deutschland, Zielwert 80 % im Jahr 2020	FFH-Lebensräume: 46 % (Stand 2007–2012), insbesondere Erhaltungszustand landwirtschaftlich geprägter Lebensraumtypen als ungünstig bewertet (BMUB 2015a)	Ziel nicht erreicht
	Anteil gefährdeter heimischer Nutztierrassen	Prozentualer Anteil gefährdeter einheimischer Nutztierrassen, Ziel Ausmaß der Gefährdung soll verringert werden	2013 etwas mehr als 70 % (BMUB 2015a)	Ziel nicht erreicht

(Fortsetzung)

Tab. 3.5 (Fortsetzung)

Natur-rec-				
source	Bereich	Zielsetzung	Zielerreichung	Status
Klima	Treibhausgase	Senkung der Treibhausgase aus der Landwirtschaft um 31–34 % bis 2030	Senkung der Treibhausgasemissionen aus dem Sektor Landwirtschaft 2014 um 18 % gegenüber 1990 (Klimaschutzplan 2016, S. 63)	Kein Zielwert vorhanden
Land- schafts- bild	Landschafts- bild	Erhalt der Vielfalt, Eigenheit und Schönheit der Landschaft	Keine messbaren Zielsetzungen	Kein Zielwert vorhanden
Luft	Schadstoffe	NEC-Richtlinie: Grenzwerte für die Emissionen von Schwefeldioxid, Ammoniak, NMVOC und Stickstoffoxide	Nein: Grenzwerte von drei der vier geregelten Luftschadstoffe werden nicht eingehalten	Ziel nicht erreicht
		Begrenzung der Ammoniak-Emissionen auf max. 550 kt/Jahr bis 2010 (NEC-RL),	Nein: 2013 – 671 kt Ammoniak-Emissionen (Umweltbundesamt 2013b), keine Reduktion seit 1994	Ziel nicht erreicht
		Senkung des gemittelten Ausstoßes von Schwefeldioxid, Ammoniak, NMVOC und Stickstoffoxide bis 2010 gegenüber 1999 um 70 % (Umweltbundesamt 2015a, S. 60)	Nein: bis 2013 sanken die gemittelten Emissionen von Schwefeldioxid, Ammoniak, NMVOC und Stickstoffoxide (Umweltbundesamt 2015a, S. 60) um 42,5 %; 2015: 1186 kt Stickoxid-Emissionen (Umweltbundesamt 2016)	Ziel nicht erreicht

Wasser	Stickstoff	Stickstoff: max. 50 mg N/I Trinkwasser (Nitratrichtlinie)	2010: zu hohe Nitratkonzentrationen bei 14 % der Messstellen, starke regionale Unterschiede	Ziel nicht erreicht
			Zunahme der Nitratkonzentrationen an 40 % der Messstellen zwischen 2004/2006 und 2008/2010	Ziel nicht erreicht
			Klage der Europäischen Kommission gegen Deutschland wegen Nicht-Einhaltung der Nitratrichtlinie	Ziel nicht erreicht
	Phosphor	Phosphor	Abnahme der Konzentrationen an den Messstellen	auf dem richtigen Weg
	Pflanzen- schutzmittel	Pflanzenschutzmittel: 0,1 mg/1 Trinkwasser für einzelne Stoffe, 0,5 mg/l für mehrere Stoffe	Vereinzelte Überschreitungen bei 13 Pestiziden (2008–2010), bei 24 Pestiziden keine Überschreitungen (Umweltbundesamt 2012a)	Auf dem richtigen Weg
			Überschreitungen an 4,7 % der Messstellen (2006–2008) (Umweltbundesamt 2010c)	Ziel nicht erreicht
	Schwer-	Kein Zielwert für Belastung der Gewässer definiert	Kein Zielwert definiert	Kein Zielwert vorhanden
	metalle	Grenzwerte für die Belastung des Klärschlamms mit Schwermetallen und anderen Stoffen		Unklar
		Grenzwerte für die Ausbringung von Klärschlamm		Unklar
	Uran	Uran: in oberflächennahen Grundwässern unter Acker 2-fach höhere Konzentration als unter Wald (<10 mg Uran/I) (Utermann et al. 2009)	Keine definierten Ziele	Kein Zielwert vorhanden
	Arzneimittel	Rückstände nahezu ganzjährig und flächendeckend in Fließgewässem zu finden; 150 Wirkstoffe in Umwelt (meist Gewässern)	Kein Zielwert definiert	Kein Zielwert vorhanden
		Antibiotika-Monitoring:	Ab bestimmter Bestandsgröße Meldungen von Angaben zum Antibiotikaeinsatz	Unklar
		Betriebe, die mehr Arzneimittel anwenden als Vergleichsbetriebe, müssen Maßnahmen ergreifen, um diesen Einsatz zu reduzieren		Unklar
		Arzneimittel dürfen nur zur Behandlung kranker Tiere eingesetzt werden		unklar
		Antibiotika dürfen nur von einem Tierarzt oder einer Apotheke auf Verschreibung abgegeben werden	Nachgewiesen in Konzentrationen von 0,1 bis 1 µg/l (Umweltbundesamt 2014a)	unklar

werden Schwermetalle betrachtet, die nicht gezielt ausgebracht werden, sondern die als "Verunreinigungen" (z. B. von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln) in die Umwelt gelangen. Über die reinen Mengen hinaus spielen Ausbringungs- und Einarbeitungszeitpunkte, die Art der Ausbringungstechnik, die Gestaltung von Fruchtfolgen, die Einhaltung von Bearbeitungsabständen zu Gewässern und die Durchführung von humusaufbauenden Maßnahmen eine wichtige Rolle (Heißenhuber und Krämer 2013).

3.2.1.1 Stickstoffverbindungen

Stickstoffverbindungen aus der Landwirtschaft werden durch mineralische und organische Düngemittel eingetragen, können aber auch durch den Umbruch von Grünland und den Abbau von Humus freigesetzt werden. Bei organischen Düngemitteln hat darüber hinaus die Art der Lagerung, Ausbringung und Einarbeitung einen Einfluss auf die Entstehung von Stickstoffverbindungen. Die deutsche Nachhaltigkeits- und die deutsche Biodiversitätsstrategie (BMUB 2007; Statistisches Bundesamt 2014) formulierten für die jährliche Stickstoffbilanz einen Zielwert von 80 kg N/ha, der bis 2010 erreicht werden sollte, was jedoch nicht gelang (siehe Tab. 3.6). Allerdings gibt es starke regionale Unterschiede. In der jüngsten Vergangenheit haben - neben der Tierhaltung - die Förderung der nachwachsenden Rohstoffe durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz, der Güllebonus und die fehlende Berücksichtigung der Gärreste in der Düngebilanz zu erhöhten Werten in der Stickstoffbilanz geführt (Taube 2016). Die Ausbringung von Stickstoff durch Düngung ist in der Düngeverordnung geregelt. Sie schreibt beispielsweise für jeden Landwirt, der mehr als 10 ha bewirtschaftet, die Erstellung einer Nährstoffbilanz (Feld-Stall) vor und beschränkt die Ausbringung von organischen Düngemitteln auf max. 170 kg N/ha und Jahr. Entsprechend der regionalen Verteilung der genutzten Großvieheinheiten ist das Aufkommen an tierischem Wirtschaftsdünger - vor allem mit hohen Konzentrationen von über 170 kg N/ha – in Gebieten mit intensiver Tierhaltung besonders hoch (z. B. Westniedersachsen, nördliches Nordrhein-Westfalen). Weitere Konzentrationsgebiete liegen im Allgäu und im Alpenvorland (BLAG 2012). Der Stickstoffüberschuss nach Flächenbilanz darf einen gesetzlichen Höchstwert nicht überschreiten. Dieser Wert konnte seit 2007 schrittweise von 90 auf 60 kg/ha gesenkt werden (Umweltbundesamt 2015a, S. 85).9

Auch Ammoniak-Emissionen entstehen vorwiegend im Zusammenhang mit der Tierhaltung, bei der Lagerung und Ausbringung organischer Dünger und aus landwirtschaftlich genutzten Böden (Flessa et al. 2012). Das Ausmaß der Freisetzung durch die Tierhaltung variiert mit Tierkategorie, Stalltyp, Einstreu und Art der Wirtschaftsdünger sowie Tierleistung und -ernährung. Etwa 95 % des Luftschadstoffes Ammoniak werden von der Landwirtschaft freigesetzt.

⁹In dem UBA-Bericht wird ausgeführt, dass Werte der Flächenbilanz um etwa 30 kg/ha geringer sind als Werte der Gesamt- oder Hoftorbilanz, weil sie nicht den gasförmigen Stickstoff enthalten, der aus den Ställen sowie bei der Lagerung von Gülle und Mist entweicht.

Tab. 3.6 Zielsetzung und Zielerreichung bezüglich der Stickstoff-Einträge

Zielsetzung für die Landwirtschaft	Zielerreichung
• Stickstoffbilanz: 80 kg N/ha und Jahr bis 2010 (Umweltbundesamt 2015a, S. 84)	Nein: Stickstoffbilanz 2012: 98 kg N/ha und Jahr (Umweltbundesamt 2015a, S. 84)
Organische Düngung: 170 kg N/ha und Jahr, bisher nur organischer Dünger aus tierischer Herkunft berücksichtigt, zukünftig sollen alle organischen Dünger berücksichtigt werden	Nordrhein-Westfalen: mit Ausnahme eines Landkreises wird der Grenzwert von 170 kg N/ha und Jahr organischer Dünger aus tierischer Herkunft in allen Landkreisen eingehalten (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen 2014). Niedersachsen: mit Ausnahme eines Landkreises wird der Grenzwert von 170 kg N/ha und Jahr organischer Dünger aus tierischer Herkunft in allen Landkreisen eingehalten (Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2016)
Nährstoffbilanz (Feld-Stall): 60 kg N/ha (über drei Jahre gemittelt) (Umweltbun- desamt 2015a, S. 85), in der Novellie- rung der DüV wird die Anwendung der Hoftorbilanz gefordert, um die "Nähr- stoffsituation und Nährstoffeffizienz des Gesamtbetriebes valide ab(zu)bilden" (Taube et al. 2015)	Nein: Flächenbilanzüberschüsse 2010: 68 kg N/ha (BMU und BMELV 2012, S. 43) Schleswig-Holstein: je nach Modell 51 bis 80 kg N/ha und Jahr (Taube et al. 2015)

In Europa verursacht der übermäßige Eintrag reaktiver Stickstoffverbindungen in die Umwelt externe Kosten von 70–320 Mrd. Euro (entsprechend 0,5–3 % des europäischen Bruttoinlandproduktes). Dagegen beträgt der durch den Stickstoffeinsatz erhöhte Wert der produzierten Agrarprodukte lediglich 45–180 Mrd. Euro (Sutton et al. 2011). Zur Minderung der Stickstoffproblematik sieht die Naturschutzoffensive 2020 des Bundesumweltministerium daher die Erarbeitung einer umfassenden Stickstoffstrategie vor (BMUB 2015b).

3.2.1.2 Phosphat

Phosphat wird mit der organischen oder mineralischen Düngung ausgebracht. Dabei schreibt die Düngeverordnung einen maximalen betrieblichen Nährstoffüberschuss pro Hektar von 20 kg im Mittel der letzten 6 Jahre vor (Tab. 3.7). Bei Düngungen von mehr als 30 kg/ha und Jahr (mineralisch und/oder organisch) muss für jeden Schlag ab der Größe von 1 ha eine repräsentative Bodenuntersuchung vorliegen, die am Tag der Ausbringung nicht älter als 6 Jahre sein darf. Die Zielsetzungen für den Eintrag von Phosphor konnten in den letzten Jahren erreicht werden. Dennoch sieht die Novellierung der Düngeverordnung eine Senkung des maximalen Bilanzwertes von 20 auf 10 kg/ha und Jahr vor. Die Folge der neuen Regelung wird aber wahrscheinlich sein, dass zum Beispiel die landwirtschaftlichen Betriebe Schleswig-Holsteins in ca. 66 % der Landkreise einem Anpassungsdruck hinsichtlich der zu reduzierenden Phosphorbilanzen ausgesetzt sind (Taube et al. 2015).

Tab. 3.7 Zielsetzung und Zielerreichung bezüglich der Phosphor-Einträge

Zielsetzung für die Landwirtschaft	Zielerreichung
Phosphatbilanz: 20 kg P2O5/; in der Novellierung der DüV wird ein Bilanzwert von max. 10 kg P/ha und Jahr ab dem Jahr 2023 gefordert sowie eine Absenkung der maximalen Phosphatzufuhr auf hoch und sehr hoch versorgten Böden auf die Höhe der Abfuhr im Dreijahresmittel = Saldo von 0 kg P2O5/ha (BMELV 2015)	 Phosphor-Hoftorbilanz seit 1980er-Jahren rückläufig, Flächenbilanz: 1,4 kg P/ha LF (Lütke-Entrup und Schneider 2003) Hoftorbilanz 2009: 8 kg P/ha*a (Umweltbundesamt 2010b) Abnahme der Konzentrationen an den Messstellen Schleswig-Holstein: Flächenbilanzwerte zwischen -2 und +26 kg P₂O₅/ha*a (Taube et al. 2015)

Der Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten befürwortet zur Reduktion der Austräge über Erosion und Sickerwasser sowie der dadurch verursachten negativen Umweltwirkungen eine Senkung der Richtwerte der Gehaltsklassen für Phosphor (VDLUFA 2015).

Phosphatdünger können Verunreinigungen mit Uran enthalten. Dieses reichert sich ebenfalls im Boden an. So gelangen jährlich 0,1 bis 0,7 kg Uran/ha auf Acker und Grünland (KBU 2012). Auf Ackerflächen wurde eine mittlere Anreicherung von 0,15 mg Uran/kg Trockensubstanz des Bodens nachgewiesen (Dienemann und Utermann 2012).

3.2.1.3 Pflanzenschutzmittel

Seit 2005 hat der Absatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) leicht zugenommen (BVL 2015). Dabei entspricht der Absatz jedoch nicht unbedingt der ausgebrachten Menge, da Mittel bei günstigen Preisen auch auf Vorrat gekauft werden (Umweltbundesamt 2011a). Im Jahr 2014 wurden in Deutschland 106.155 t PSM bzw. 34.515 t PSM-Wirkstoffe (ohne inerte Gase) verkauft (BVL 2015). Daraus lässt sich ein durchschnittlicher Einsatz von 8,8 kg PSM bzw. 2,8 kg PSM-Wirkstoffen auf jedem Hektar Anbaufläche errechnen (Frische et al. 2016). Bei der Diskussion um die Beschränkung der eingesetzten Mittel muss bedacht werden, dass die Mengenreduktion bei einer Verbesserung der Wirksamkeit nicht unbedingt die negativen Folgen für die Umwelt vermindert (Gay et al. 2004). So erlaubt die Höhe des Mitteleinsatzes keine Aussagen über die Umweltwirkungen, solange die Ökotoxizität der Mittel nicht berücksichtigt wird.

Unbeabsichtigte Wirkungen auf Natur und Umwelt werden durch Abdrift, Erosion, Verdunstung, Austrag über Dränagen sowie übermäßigen und unsachgemäßen Pflanzenschutzmitteleinsatz verursacht. So gelangen etwa ein Promille (30 t) der Aufwandmenge über Abschwemmung, Abdrift, Drainagen und Hofabläufe in Oberflächengewässer Deutschlands (Gay et al. 2004). Bei der Abdrift sind Werte der Frühjahrsspritzung von deutlich über 10 % in Obstkulturen

und unter 1 % in Getreide- und Gemüsekulturen möglich (LfU – Bayrisches Landesamt für Umwelt 2008). In benachbarten Flächen konnten bis zu 10 % der in den behandelten Kulturpflanzen nachgewiesenen Konzentration enthalten sein (LfU – Bayrisches Landesamt für Umwelt 2008). Die Naturschutzoffensive 2020 formuliert daher das Ziel einer angemessenen Berücksichtigung der Auswirkungen auf die biologische Vielfalt bei der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln (BMUB 2015b).

Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln wird in der EU-Verordnung 2009/128/ EG geregelt und in Deutschland im Pflanzenschutzgesetz sowie in nationalen Verordnungen umgesetzt. Das Ordnungsrecht fordert die Vorlage eines Sachkundenachweises, der ab 2015 Voraussetzung für den Kauf von Pflanzenschutzmitteln ist, und den Einsatz entsprechend geprüfter Geräte für die Ausbringung (z. B. abdriftarme Düsen). Darüber hinaus müssen Anwendungsgebiete und -bestimmungen des jeweiligen Pflanzenschutzmittels und – im Rahmen der Auflagenbindung der EU (Cross Compliance) – die Vorgaben zur guten fachlichen Praxis eingehalten werden. Über die Anwendungen muss Buch geführt werden.

3.2.1.4 Schwermetalle

Schwermetalle können in landwirtschaftlichen Produktionsmitteln wie Futterzusätzen, Dünge- und Pflanzenschutzmitteln und besonders Klärschlämmen enthalten sein. Der Einsatz von Klärschlamm und die darin enthaltenen Schwermetalle sind mittlerweile in einer eigenen Verordnung geregelt (Klärschlammverordnung). Etwa 30 % des anfallenden Klärschlamms werden in der Landwirtschaft für die Düngung von 2,1 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche eingesetzt (BMU 2012). Allerdings hat die zu entsorgende Klärschlammmenge durch das Verfahren der Schlammfaulung (anaerobe Behandlung) zwischen 1998 und 2009 kontinuierlich abgenommen (Umweltbundesamt 2012b). Obgleich auch die Schwermetallgehalte rückläufig sind, ist Klärschlamm weiterhin der Nährstoffträger mit der höchsten Schadstoffbelastung. Bodenvorsorgewerte für die Belastung mit Schwermetallen sind in der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung definiert. Schwermetalle werden im Boden fest gebunden und sind nur wenig auswaschungsgefährdet. In landwirtschaftlichen Böden kann es jedoch zu Anreicherungen kommen, die über Erosion und Drainageabfluss verfrachtet werden können (Fuchs et al. 2010). Diese Pfade sind mittlerweile für 20 bis 40 % der Schwermetalleinträge in Oberflächengewässer verantwortlich (Umweltbundesamt 2011a).

3.2.1.5 Kupfer

Kupfer wird in der Landwirtschaft als Düngemittel (gezielt oder als Nebenbestandteil) und für den Schutz der Pflanzen gegen Pilzkrankheiten eingesetzt. Dabei kann es zu Anreicherungen im Boden mit negativen Auswirkungen auf die Bodenorganismen

kommen. Die EU-Kommission nahm Kupfer im Jahre 2009 in den Anhang I der Richtlinie über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (91/414/EWG) auf. Damit war die Auflage verbunden, dass die Mitgliedsländer bis Ende 2016 Maßnahmen zur Reduzierung der Anwendung ergreifen. In Deutschland kamen Behörden und Verbände zu der Übereinkunft, sich um die Verringerung der jährliche Kupfermenge bei der Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel auf 3 kg/ha (bei Hopfen 4 kg/ha) zu bemühen. Im ökologischen Landbau existieren Grenzwerte für den Einsatz von Klärschlämmen und kupferbasierten Pflanzenschutzmitteln. Weitere Grenzwerte existieren nicht.

3.2.1.6 Arzneimittel

Insbesondere Antibiotika, die in der Tierhaltung (aber auch in der Humanmedizin) angewendet werden, gelangen mit den Abwässern von Kläranlagen (Humanarzneimittelwirkstoffe) und organischen Düngern (Tierarzneimittelwirkstoffe) in die Umwelt (Umweltbundesamt 2014a). Mittlerweile werden Arzneimittelrückstände nahezu flächendeckend und ganzjährig in Fließgewässern sowie Bodenund Grundwasserproben gefunden (Umweltbundesamt 2014a). Dabei ist seit 2006 der Einsatz von Antibiotika als Wachstumsbeschleuniger für die Tiermast in der EU verboten. Antibiotika dürfen nur zur Behandlung erkrankter Tiere und nicht zur prophylaktischen Behandlung verwendet werden (Tab. 3.8). Darüber hinaus dürfen Antibiotika nur von einem Tierarzt oder einer Apotheke auf Verschreibung abgeben werden. Die ersten Daten zum Antibiotikaeinsatz in der Tierhaltung wurden 2011 erhoben. Damals wurden ca. 1700 t Antibiotika abgegeben. 2014 lag der Absatz bei 1232 t. Seit 2014 ist das Antibiotika-Minimierungskonzept in Kraft, welches die Reduzierung des Antibiotikaeinsatzes in der Tierhaltung und die Erhebung entsprechender Daten vorsieht. Hierfür wurde ein Antibiotika-Monitoring eingeführt. Ab bestimmten Bestandsgrößen sind entsprechende Meldungen über den Antibiotikaeinsatz zu machen.

Tab. 3.8 Zielsetzung und Zielerreichung bezüglich des Antibiotika-Einsatzes

Zielsetzung für die Landwirtschaft	Zielerreichung
 Einsatz von Tierarzneimitteln: keine quantitativen Zielwerte Antibiotika-Monitoring: Betriebe, die mehr Arzneimittel anwenden als Vergleichsbetriebe, müssen Maßnahmen ergreifen, um diesen Einsatz zu reduzieren Arzneimittel dürfen nur zur Behandlung kranker Tiere eingesetzt werden Antibiotika dürfen nur von einem Tierarzt oder einer Apotheke auf Verschreibung abgegeben werden 	2014 wurden in der Tiermedizin 214 t (ca. 15 %) weniger Antibiotika abgegeben als im Vorjahr; das sind rund 468 t (ca. 27 %) weniger gegenüber der ersten Erfassung 2011 (BMEL 2015c) 98 % der antibiotischen Wirkstoffe werden für die Behandlung von Schweinen und Geflügel eingesetzt (SRU 2007)

3.2.2 Flächennutzung

Der heutige Reichtum Mitteleuropas an Arten und Lebensräumen ist ganz wesentlich das Ergebnis der Schaffung von Offenlandschaften durch Ackerbau und Tierhaltung. Änderungen der Flächennutzung können jedoch zu einer Verringerung von geeigneten Habitaten führen und andere schädliche Wirkungen auf die natürliche Umwelt haben. Im Folgenden werden kurz die Formen der Flächennutzung dargestellt, deren Entwicklung in der jüngeren Vergangenheit mit negativen Folgen für die Naturressourcen verbunden war.

3.2.2.1 Grünlandverlust

Artenreiches Grünland gehört aus Sicht des Naturschutzes zu den bedeutendsten Lebensräumen Deutschlands (NABU 2012) und trägt entscheidend zur ästhetischen Qualität von Landschaften bei (siehe Abschn. 3.1.4). Mehr als die Hälfte des vorhandenen Grünlands werden als besonders wichtig für den Naturhaushalt (Klima-, Boden-, Gewässer-, Biodiversitätsschutz) angesehen (Röder et al. 2015). Regional kann aber der Grünlandanteil mit einem besonders hohen Naturwert auch deutlich geringer sein. Aufgrund der zunehmenden Nutzung auch in FFH-Gebieten (NABU 2012) ist ein Verlust der Lebensraumqualität des Grünlands zu beobachten. Die Intensivierung erfolgt durch häufigere und frühere Schnitte sowie durch höhere Düngegaben. Der Anteil des intensiv genutzten Grünlands lag im Jahre 2000 bei 75 % (Dierschke et al. 2002) und nimmt weiter zu (Bundesamt für Naturschutz 2014).

In der Vergangenheit war die **Dauergrünlandfläche** in Deutschland rückläufig (Nitsch, Osterburg et al. 2009; Umweltbundesamt 2011a; BMEL 2015g). An einigen Gunststandorten lässt sich inzwischen allerdings eine leichte Zunahme der Dauergrünlandflächen feststellen (DAFA 2015; Statistisches Bundesamt 2016). Dennoch ging bundesweit der Anteil des Dauergrünlands zwischen 2003 und 2012 um ca. 5 % zurück (Bundesamt für Naturschutz 2014). Dies liegt sowohl am Umbruch von ackerfähigem Grünland als auch an Nutzungsaufgabe und Wiederbewaldung. Bei der räumlichen Verteilung von Grünlandverlusten gibt es starke regionale Unterschiede. Besonders hohe Verluste sind in Schleswig-Holstein, der Westhälfte Niedersachsens und im Süden Bayerns zu verzeichnen (Bundesamt für Naturschutz 2014; Schmidt et al. 2014). Die regionalen Unterschiede sind offenbar auch durch den Ausbau der Bioenergieerzeugung zu erklären (Bundesamt für Naturschutz 2014). So werden etwa 50 % der umgebrochenen Grünlandflächen für den Anbau von Mais genutzt (Nitsch et al. 2010), dessen Erzeugung wegen der durch das EEG garantierten hohen Einspeisevergütung wirtschaftlich vorteilhaft war (Osterburg et al. 2009; Bundesamt für Naturschutz 2014).

Erhalt und Schutz von Grünland sind in mehreren Gesetzen und Richtlinien geregelt. So sind vor allem artenreiche Grünlandbestände, die eine herausragende Bedeutung als Biotope haben, durch § 30 des Bundesnaturschutzgesetzes geschützt.

Einen besonderen Schutzstatus genießen ebenfalls Grünländer auf erosionsgefährdeten Hängen, in Überschwemmungsgebieten, auf Standorten mit hohem Grundwasserstand und auf Moorstandorten (§ 5 des Bundesnaturschutzgesetzes). Ergänzend zu den gesetzlichen Regelungen sieht zum Beispiel die Biodiversitätsstrategie den Schutz von hochwertigem Grünland ebenfalls vor. Darüber hinaus ermöglichen die FFH-Richtlinie und die Vogelschutzrichtlinie den strengen Schutz der genannten Grünlandstandorte. Ein strenges Umwandlungsverbot gilt jedoch nur in FFH-Gebieten. Der Erhalt von Dauergrünland ist in den Greening-Auflagen der Ersten Säule festgeschrieben. Demnach darf der Grünlandanteil in den einzelnen Bundesländern nur um maximal 5 % gegenüber 2012 abnehmen. Es besteht eine Genehmigungspflicht für die Umwandlung von Grünland und die Erlaubnis darf nur erteilt werden, wenn an anderer Stelle wieder Grünland angelegt wird. Allerdings wurde die maximal erlaubte Grünlandumwandlung in einigen Bundesländern schon während der vorherigen Förderperiode erreicht (Bundesamt für Naturschutz 2014). Eine Antrags- und Genehmigungspflicht für Grünlandumwandlung bzw. ein grundsätzliches Grünland-Erhaltungsgebot ist in sechs Bundesländern und zwei Stadtstaaten erlassen (Bundesamt für Naturschutz 2014), Grünland von Ökobetrieben und Betrieben, die keine Direktzahlungen beziehen, unterliegt ab 2017 nicht mehr dem Umbruchverbot (Bundesamt für Naturschutz 2014). Es lässt sich somit zusammenfassen, dass es "trotz (...) ordnungsrechtlichen Vorgaben (...) selbst in gesetzlich geschützten Gebieten zu einem Grünlandverlust (kommt), da zum Teil die entsprechenden rechtssicheren Kulissen, also amtlich ausgewiesene Naturräume, fehlen" (Röder et al. 2015). In der Naturschutzoffensive 2020 wird daher u. a. eine Grünland-Initiative mit der Extensivierung intensiv genutzter Moore gefordert (BMUB 2015b) (Tab. 3.9).

3.2.2.2 Beseitigung, Zersplitterung, Verkleinerung von Lebensräumen

In den letzten Jahrzehnten führten Intensivierung und Mechanisierung der Landwirtschaft zu einer Vergrößerung der Bewirtschaftungseinheiten durch die Zusammenlegung von einzelnen kleinen Schlägen. Dies dezimierte charakteristische Ökosysteme der landwirtschaftlichen Nutzflächen und die damit verbundene strukturelle Vielfalt (Plieninger und Bieling 2013; Haber 2014; Leuschner et al. 2014). **Natürliche und halb-natürliche Habitate** (z. B. Hecken, Feldraine, Saumstreifen) wurden beseitigt und in die Acker- oder Grünlandnutzung überführt. Durch

Tab. 3.9	Zielsetzung und Zielerreichung bezüglich des Erhalts von Grünland

Zielsetzung für die Landwirtschaft	Zielerreichung
Cross Compli- ance: Grünland- erhalt	• Grünland-Verlust: von 2003 bis 2012 ca. 5 % Verlust des Dauergrünlandanteils (Bundesamt für Naturschutz 2014), Grünland bedeckt noch 30 % der landw. Nutzfläche (Nitsch et al. 2009) bzw. 4,6 Mio. ha (BMEL 2012)

den Eintrag von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln wird darüber hinaus die Qualität der halb-natürlichen Habitate **beeinträchtigt**. Hier konzentrieren wir uns insbesondere auf Flächennutzungsänderungen, die Größe von Nutzungseinheiten und die Zersplitterung von Lebensräumen (siehe Abschn. 3.2.1 für stoffliche Einträge). Kriterien sind die Bereitstellung ökologischer Vorrangflächen, der Anteil und die Entwicklung von Cross-Compliance-relevanten Landschaftselementen und HNV-Flächen, die Schlaggrößen sowie die Landschaftszerschneidung.

Seit der Agrarreform 2013/14 sind Landwirte, die mehr als 15 ha bewirtschaften, im Rahmen der Greening-Auflagen dazu verpflichtet, 5 % der Ackerfläche als ökologische Vorrangfläche (ÖVF) bereitzustellen, sofern sie die Greening-Prämie beziehen. Allerdings ist auch eine Nutzung der Flächen für den Anbau von Kurzumtriebsplantagen, Leguminosen und Zwischenfrüchten möglich. Auf solchen Flächen ist teilweise sogar der Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln erlaubt. Im Jahre 2015 wurden 57 % der in diesem Rahmen beantragten Flächen als produzierende ÖVF beantragt (BMEL 2015f.). Dabei erfolgte die Bereitstellung der Flächen meist nach ökonomischen und nicht nach ökologischen¹⁰ Kriterien. Wichtige Gesichtspunkte waren z. B. der räumliche Zusammenhang (Plieninger et al. 2012; Heinrich et al. 2013) oder das entsprechende Management der Flächen (Matzdorf 2011; Oppermann et al. 2012). Der ökologische Mehrwert, den diese Flächen erbringen, ist folglich gering (Oppermann et al. 2012; NABU 2013; Isermeyer et al. 2014). Er dürfte sich in erster Linie auf den Schutz vor Erosion und Nitratauswaschungen sowie auf den Humusaufbau beschränken. Auch die Effekte auf die Flächenkonkurrenz (Heißenhuber et al. 2015) und den Pachtmarkt werden als unerheblich erachtet, da kaum zusätzliche Flächen ausgewiesen werden. Vor allem in strukturreichen und von Grünland geprägten Landschaften mit extensiver Bewirtschaftung gibt es ausreichend Flächen, die als ÖVF gemeldet werden können (Isermeyer et al. 2014).

Für Landschaftselemente, die innerhalb der landwirtschaftlichen Fläche liegen oder an diese angrenzen und eine maximale Größe nicht überschreiten, werden seit der Reform von 2003 Direktzahlungen gewährt. Der Anteil dieser Elemente an der landwirtschaftlichen Fläche wurde 2009 mit 0,3 bis 0,4 % angegeben, wobei sie meist Cross Compliance relevant sind, d. h. sie unterliegen einem Beseitigungsverbot (Nitsch et al. 2009). Wegen fehlender Daten sind Angaben zur Entwicklung des Anteils und Bestandes an Landschaftselementen für die Zeit vor 2005 nicht möglich; es ist jedoch davon auszugehen, dass es zur Beseitigung von Landschaftselementen vor deren Registrierung kam (Nitsch et al. 2009).

High-Nature-Value (HNV) Farmland bezeichnet Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert (Oppermann et al. 2013). Als solche gelten extensiv genutzte, artenreiche Grünland-, Acker-, Streuobst- und Weinbergflächen sowie Brachen

¹⁰ In der Schweiz erfolgt eine zusätzliche Honorierung in Abhängigkeit der Qualität und Lage ökologischer Ausgleichsflächen (Birrer et al. 2010).

und Landschaftselemente, wie z. B. Hecken, Raine, Feldgehölze und Kleingewässer (BMUB 2015a). Im Jahr 2013 betrug der Anteil der HNV-Flächen mit äußerst hohem Naturwert 2,2 %, mit sehr hohem Naturwert 4,3 % und mit mäßig hohem Naturwert 5,3 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Im Vergleich zu dem vorhergehenden Berichtsjahr 2009 bedeutet dies eine Verschlechterung des Gesamtindikatorwerts von 13,1 % auf 11,8 %. Somit hatte sich dieser Indikator noch weiter von dem bis 2015 zu erreichenden Zielwert von 19 % Anteil entfernt. Es zeigten sich allerdings große Unterschiede in der räumlichen Verteilung (Oppermann et al. 2013). Einige Mittelgebirgsregionen und Regionen des Nordostdeutschen Tieflands hatten HNV-Anteile von über 15 %, während viele Regionen nicht einmal den vom BNatSchG geforderten Mindestanteil von 10 % erreichten (Oppermann et al. 2013).

In Deutschland sind nur noch 23,2 % der Landesfläche als unzerschnittene verkehrsarme Räume zu bewerten (BMUB 2015a). Die Nationale Biodiversitätsstrategie sieht jedoch einen Wert von 25,4 % als Zielwert vor, ohne einen Zeitpunkt für die Erreichung dieses Ziels zu nennen. Der Grad der **Zerschneidung** wirkt sich negativ auf die biologische Vielfalt und das Landschaftsbild aus, beeinträchtigt aber auch durch Bodenversiegelung Boden und Wasser. Die Landwirtschaft trägt im Rahmen von Flurbereinigungsverfahren durch Wegebau zur Landschaftszerschneidung bei (BMELV 2013b) (Tab. 3.10).

Tab. 3.10 Zielsetzung und Zielerreichung bezüglich der Beseitigung, Zersplitterung und Verkleinerung von Lebensräumen

Zielsetzung	Zielerreichung
Bereitstellung von 5 % ökologischer Vorrangfläche; ökologische Wertigkeit abhängig von Art und Nutzung der Flächen	Ja: jedoch wenige positive Effekte auf die Ressourcen des Naturschutzes
Erhalt von Landschaftselementen	Keine Zielwerte über Anteil, Fläche und ökologische Qualität definiert Landschaftselemente auf 0,3 bis 0,4 % der landwirtschaftlichen Fläche, meist Cross Compliance-relevante Landschaftselemente (Nitsch et al. 2009) Keine Aussage zum Erhalt aufgrund fehlender Daten
 High-Nature-Value: Anteil von Flächen mit hohem Naturschutz- wert an der Landwirtschaftsfläche, Zielwert: 19 % (2015) 	High-Nature-Value: 11,8 % (2013), davon 2,2 % mit äußerst hohem und 4,3 % der Flächen mit hohem Naturschutzwert; HNV zu einem Drittel LE, zu zwei Dritteln artenreiches Grünland, Äcker, Brachen und Weinberge (Bundesamt für Naturschutz 2014)
• Schlaggröße	Kein Zielwert definiertZunahme der Schlaggröße in der Vergangenheit
Zerschneidung: 25,4 % Flächenan- teil der unzerschnittenen verkehrs- armen Räume mit einer Flächen- größe von mindestens 100 km²	Nein: erreichter Wert ist 23,2 % (2010).

3.2.2.3 Aufgabe traditioneller, extensiver Nutzungsformen bzw. der Nutzung von Standorten mit speziellen Standortbedingungen

Viele Arten sind besonders an extensive Nutzungsformen und nährstoffarme Standorte angepasst (Abschn. 3.1.2). Mit der Aufgabe dieser Nutzungsformen und Standorte gehen auch die Lebensräume für diese Arten verloren. Streuobstflächen wie auch Hutewälder und viele FFH-Lebensraumtypen sind auf extensive Nutzung und Beweidung angewiesen (Bundesamt für Naturschutz 2014). Die Entwicklung des Flächenumfangs von Streuobstflächen und extensiv genutzter Grünlandstandorte (Beweidung, Heunutzung) kann also Hinweise auf die Aufgabe traditioneller, extensiver Nutzungsformen geben. Gleiches gilt für den Umfang der Waldfläche, da brachfallende Flächen mit der Zeit verwalden. Streuobstflächen erstreckten sich 1950 auf rund 1,5 Mio. ha, während 1990 nur noch 300.000 ha registriert wurden (BUND ohne Datum). So nahmen etwa die Streuobstflächen Nordrhein-Westfalens in den letzten vier Jahrzehnten um 74 % ab (Umweltbundesamt 2011a). Die deutsche Waldfläche wuchs dagegen in den vergangenen Jahren um 1 Mio. ha.

Ungünstige Standortbedingungen, wie z. B. Hangneigung und flachgründige Böden, bedingen häufig eine unrentable Produktion, da der Ertrag gering, aber z. B. der arbeitswirtschaftliche Aufwand hoch ist. Solche Gebiete werden als Grenzertragsstandorte bezeichnet. Die Aufrechterhaltung der Bewirtschaftlung ist in diesen "landwirtschaftlichen Rückzugsgebieten" nicht gesichert (Heißenhuber et al. 2004). Allerdings hat die hohe Flächennachfrage in der jüngsten Vergangenheit auch dazu geführt, dass die Bedeutung des Brachfallens abgenommen hat (Bundesamt für Naturschutz 2014). Statistische Daten über Grenzertragsstandorte liegen leider nicht vor. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass es sich um ca. 4,87 Mio. ha handelt (Landwirtschaftskammern 2010). Für die Aktivierung von Zahlungsansprüchen der Direktzahlungen wird die Durchführung einer Mindesttätigkeit auf solchen Flächen verlangt: sie müssen mindestens einmal pro Jahr gemäht werden und das Mähgut muss abgefahren oder gehäckselt auf der Fläche verteilt werden (Tab. 3.11).

Tab. 3.11 Zielsetzung und Zielerreichung bezüglich der Aufgabe traditioneller und extensiver Nutzungsformen

Zielsetzungen	Zielerreichung
Traditionelle Nutzungsfor-	Nein: Verlust an Streuobstwiesen (Umweltbundesamt
men, z. B. Streuobstwie-	2011a), Anteil intensiven Grünlands 75 % (2000) nimmt zu
sen, extensives Grünland	(Dierschke et al. 2002; Bundesamt für Naturschutz 2014)
Aufrechterhaltung der Bewirtschaftung auf Grenzertragsstandorten	Nein: Aufrechterhaltung der Landwirtschaft in "landwirtschaftlichen Rückzugsgebieten" nicht gesichert (Heißenhuber et al. 2004), aber durch gestiegene Flächennachfrage ist die Aufgabe der Nutzung nicht mehr so von Bedeutung (Bundesamt für Naturschutz 2014) bzw. die Nachfrage nach Agrarprodukten und Gewährung von Direktzahlung hat auch wieder zur Inkulturnahme von Grenzertragsstandorten geführt (Lefebvre et al. 2012), Umfang der Grenzertragsstandorte ca. 4,87 Mio. ha (Landwirtschaftskammern 2010)
Vermeidung von	Nein: Ausdehnung der Waldfläche (2011: 11,1 Mio. ha,
Sukzession	Zunahme um 1 Mio. ha in den letzten 40 Jahren)

3.2.2.4 Landwirtschaftliche Nutzung von Moorstandorten

Moorstandorte können einen wesentlichen Beitrag zum Schutz von Biodiversität, Landschaft, Wasser und insbesondere Klima leisten. In Deutschland sind rund 4 % der Landesfläche mit Mooren bedeckt (Bundesamt für Naturschutz 2016c). Etwa 90 % der Moorfläche werden derzeit land- oder forstwirtschaftlich genutzt – davon 50 % als Grünland, 25–30 % als Acker und 13 % als Forst. Etwa 8 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche befinden sich auf Mooren (Drösler et al. 2011). Nur ca. ein Zwölftel der Moorflächen werden als naturnah eingestuft (Schäfer 2009). Intakte, Torf akkumulierende Hochmoore sind in der Bundesrepublik auf 1 % ihrer ehemaligen Ausdehnung zurückgedrängt worden (Ellenberg und Leuschner 2009; Joosten 2012). Für die landwirtschaftliche Nutzung wird der Grundwasserspiegel durch Drainierung abgesenkt. In der Folge wird der in den Böden gespeicherte organische Kohlenstoff durch den Kontakt mit Sauerstoff mineralisiert. Hierdurch werden zum einen Treibhausgase freigesetzt (siehe auch Abschn. 3.1.3), zum anderen wird der Moorkörper abgebaut und vermindert. Die landwirtschaftliche Moornutzung ist als die größte einzelne Quelle von Treibhausgasen im Sektor Landwirtschaft anzusehen (Wegener et al. 2006; Drösler et al. 2011; Joosten et al. 2016). Durch die Absenkung des Grundwassers verlieren darüber hinaus viele auf Feuchtflächen angewiesene Arten - wie z. B. die dort brütenden Vogelarten Kiebitz und Uferschnepfe - ihren Lebensraum (Bundesamt für Naturschutz 2014). Auch der regionale Wasserhaushalt wird beeinflusst. Durch den Eintrag von Drainageflüssigkeiten in die Gewässer können weitere Belastungen entstehen (Fuchs et al. 2010, S. 13 f.). Zudem kommt es auch auf Moorstandorten zu weiteren Grünlandumwandlungen, durch welche die negativen Wirkungen der Moornutzung noch verstärkt werden. Zwischen 2005 und 2007 wurden 6000 ha Grünland auf Moorstandorten umgebrochen (Nitsch et al. 2010).

Ein Ziel der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt war es, bis 2010 natürlich wachsende Hochmoore zu sichern und eine natürliche Entwicklung zu ermöglichen (BMUB 2007). Darüber hinaus sollten alle Bundesländer bis zu diesem Jahr Moorentwicklungskonzepte erstellen und bis 2015 umsetzen. Besonders in den moorreichen Bundesländern wurden solche Konzepte bereits erstellt (Bundesamt für Naturschutz 2016b), über die Zielerreichung gibt es jedoch noch keine bundesweiten Angaben (Tab. 3.12).

Tab. 3.12 Zielsetzung und Zielerreichung bezüglich der landwirtschaftlichen Moornutzung

Zielsetzung	Zielerreichung
Schutz und natürliche Entwicklung der Moore: bestehende, natürlich wachsende Hochmoore bis 2010 sichern, Erarbeitung von Moorentwicklungskonzepten (BMUB 2007)	Schutz der Moore: keine Angaben zur Zielerreichung

3.2.2.5 Fruchtfolgegestaltung

Gezielte und vielfältige Fruchtfolgen können eine Reihe von positiven Wirkungen auf die Ressourcen des Naturschutzes haben. Beispielsweise kann die Gefahr der Nährstoffauswaschung durch die Integration gut deckender Pflanzenbestände in die Fruchtfolge und durch den Anbau von Zwischen- und Untersaaten reduziert werden (SRU 1985; Nitsch et al. 2008). Mittlerweile beschränkt sich die Fruchtfolge allerdings nur noch auf wenige Arten. So werden auf 85 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche gerade mal neun Fruchtglieder angebaut und auch das Sortenspektrum wird immer geringer; die "Generosion" ist im Getreideanbau besonders hoch (Wissenschaftlicher Beirat für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim BMELV 2007). Auch ist eine zunehmende regionale Spezialisierung zu beobachten, wobei Weizen in Ackerbauregionen und Mais überwiegend in Viehhaltungsregionen angebaut wird (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim BMEL 2015). Die regionale Spezialisierung ermöglicht kurzfristig zwar eine Senkung der Produktionskosten, lässt mittelfristig aber negative Effekte erwarten (Fruchtfolge-Krankheiten, Resistenzproblematik, erhöhter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln; (Schmidt et al. 2003; Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim BMEL 2015). Der Anbau von Hackfrüchten verstärkt beispielsweise den Humusabbau (mit allen negativen Folgen; (KBU 2008) und erhöht auch die Gefahr der Bodenverdichtung (SRU 1985). Letzteres hängt auch mit den ungünstigen Bodenbedingungen zusammen, die an den späten Ernteterminen häufig als Folge von Niederschlägen herrschen. Zudem steigt die Erosionsgefahr aufgrund von jahreszeitlich später und unvollständiger Bodenbedeckung. Zu Problemen kommt es, wenn der Boden seine Filter- und Pufferfunktionen nicht ausreichend erfüllen kann. So nahm die Anbaufläche für die Hackfrucht Mais zwischen 2001 und 2011 um 80 % zu (Heißenhuber et al. 2015). In einigen Regionen beträgt der Anteil der Maisfläche bereits mehr als 50 % (Deutsches Maiskomitee e.V. 2016). Ein Großteil des Maises wird – gefördert durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz¹¹ – für die Erzeugung von Biogas verwendet. Mittlerweile dienen ca. 12 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche Deutschlands dem Anbau von Energiepflanzen. Im Jahr 2000 betrug der Anteil lediglich 2,5 % (Bundesamt für Naturschutz 2014). Der Nationale Biomasseaktionsplan der Bundesregierung sieht einen Korridor von 2,5 bis 4,0 Mio. ha (20-30 % der Ackerfläche) für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen vor. Neben der Einengung der Fruchtfolgen ist im Zusammenhang mit nachwachsenden Rohstoffen auch zu berücksichtigen, dass wegen der ökonomischen Vorteilhaftigkeit des Anbaus und der damit verbundenen Möglichkeit, höhere Pachten zu zahlen, insbesondere extensivere Verfahren der Flächennutzung an

¹¹ Das EEG hat durch feste Einspeisevergütungen über einen Zeitraum von 20 Jahren dazu geführt, dass Landwirte nicht mehr auf den volatilen Märkten für Agrarprodukte agieren mussten, sondern mit festen Einnahmen über einen langen Zeitraum planen konnten.

Zielsetzung	Zielerreichung	
 Anbaudiversifizierung im Rahmen des Greenings Einzelbetriebliche Vorgaben, keine auf die Landschaft bezogenen Zielwerte 	Keine Daten vorhanden (z. B. über Verstöße gegen die Auflage)	

Tab. 3.13 Zielsetzung und Zielerreichung bezüglich der Fruchtfolgegestaltung

Konkurrenzfähigkeit verloren haben (Bundesamt für Naturschutz 2014). In der Naturschutzoffensive 2020 wurde daher formuliert, dass es zu keinen weiteren Flächenausweitungen für den Anbau von Biomasse für die Energie-Erzeugung kommen soll, wenn die Anbaugrenze von 2,5 Mio. ha erreicht ist.

Die mit den betrieblichen Direktzahlungen verknüpften **Greening-Auflagen** sehen seit 2014 vor, dass Betriebe Maßnahmen der **Anbaudiversifizierung** umsetzen. Ausgenommen sind Betriebe mit weniger als 10 ha Ackerfläche. Betriebe zwischen 10 und 30 ha müssen mindestens zwei Kulturen anbauen, wobei die Hauptkultur auf maximal 75 % der Fläche angebaut werden darf. Werden mehr als 30 ha Ackerfläche bewirtschaftet, müssen mindesten drei Kulturen angebaut werden, und der Anteil der Hauptkultur muss auf maximal 75 % und der der beiden Hauptkulturen auf maximal 95 % der Ackerfläche beschränkt sein. Die Maßnahmen bringen jedoch nur geringe Vorteile für den Schutz der Ressourcen des Naturschutzes. So wurde prognostiziert, dass nur 38 % der Betriebe Anpassungen vornehmen müssten und die Maisfläche um 4,7 % reduziert werden müsste (Forstner et al. 2012). Große homogene Bewirtschaftungseinheiten sind weiterhin möglich, da auch der Anbau verschiedener Getreidesorten die Auflage erfüllt (Plieninger et al. 2012) (Tab. 3.13).

3.2.2.6 Bodenbearbeitung und mechanische Belastungen

Die landwirtschaftliche Flächenbewirtschaftung umfasst eine Reihe von Arbeitsgängen mit unterschiedlichen Maschinen. Der Maschineneinsatz macht die Bewirtschaftung einiger Standorte überhaupt erst möglich bzw. erleichtert die Arbeiten und reduziert die Arbeitszeiten sowie die Kosten. Die Arbeitsgänge und die Verwendung von Maschinen beeinflussen immer die Naturressourcen. Doch insbesondere die wendende Bodenbearbeitung und die Zunahme der Maschinengewichte haben zunehmend negative Wirkungen. So führt die wendende Bodenbearbeitung zu einem verstärkten Abbau von Humus (vgl. Abschn. 3.1.1). Hohe Maschinengewichte können insbesondere bei häufigem Befahren und bei ungünstigen Witterungsbedingungen zu Bodenschadverdichtungen führen (Heißenhuber et al. 2015). All dies verursacht Schäden am Bodengefüge mit negativen Folgen für die Wasser- und Luftführung in den Bodenporen sowie für die Bodenlebewesen (siehe Abschn. 3.1.1). Auch die Bodenscherung, bei der das Bodengefüge seitlich verschoben wird, verändert die Porenführung (Heißenhuber et al. 2015). Allerdings haben größere und damit meist schwerere Maschinen in der Regel eine höhere Schlagkraft und ermöglichen so eine Reduzierung der Überfahrten. Zudem ist eine

Reduzierung der negativen Wirkungen erhöhter Maschinengewichte durch angepasste Reifeninnendrücke, die Reduzierung von Schlupf und die Anlage von Fruchtfolgen, die die Notwendigkeit der Befahrung zu ungünstigen Zeitpunkten reduzieren, möglich.

Heutzutage wird der überwiegende Anteil der Ackerflächen gepflügt (Statistisches Bundesamt 2011). Dadurch kann es zum Abbau von Humus und zu verstärkter Erosion kommen (siehe Abschn. 3.1.1). Durch Vertiefungen der Pflugfurche in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts konnte aber auch der durchwurzelte Bodenhorizont vergrößert und damit mehr Humus angereichert werden (Taube 2016). Allerdings haben auch nicht-wendende Verfahren negative Wirkungen, da dabei – z. B. bedingt durch Direktsaatverfahren – häufig mehr Herbizide eingesetzt werden (van Capelle et al. 2012; Lal 2013). Vorgaben zum Einsatz der wendenden Bodenbearbeitung sowie zu Maschinengewichten bestehen nicht.

3.2.3 Zusammenfassung

Die Landwirtschaft wirkt in vielfältiger Art und Weise auf die Naturressourcen ein. Dies kann deren Zustand negativ aber auch positiv beeinflussen. Negativ wirken sowohl die Intensivierung der Flächennutzung als auch der Rückzug der landwirtschaftlichen Produktion aus Grenzertragsstandorten. Die zunehmende räumliche Konzentration der Tierhaltung verursacht in diesen Regionen besonders hohe Belastungen durch stoffliche Einträge. Bei der Bewertung der Wirkungen von Flächennutzungen muss insbesondere zwischen intensiv genutzten Regionen und Grenzertragsstandorten unterschieden werden. Zielsetzungen für den Schutz der Naturressourcen werden überwiegend nicht eingehalten bzw. Aussagen über die Zielerreichung können wegen der mangelnden Datenlage nicht getroffen werden. Zudem sind einige Zielsetzungen nicht ausreichend operationalisiert oder nicht ambitioniert genug, um die intendierten Ziele zu erreichen. Für wichtige Teilbereiche gibt es bislang keine Zielwerte.

3.3 Schlussfolgerungen

Dieser Überblick dient nicht der erschöpfenden Behandlung der Wechselwirkungen zwischen Landwirtschaft und Naturressourcen, sondern er soll vor allem den diesbezüglichen Sachstand als Ausgangspunkt für die Entwicklung einer zukunftsfähigen Agrarpolitik umreißen. Trotz aller Kürze wird deutlich, dass die Politik in Gesetzen und Strategien eine ganze **Reihe von Zielwerten und Vorgaben** für den Zustand der Ressourcen und für die Belastungen durch die Landwirtschaft formuliert hat. Diese werden allerdings vielfach **nicht erreicht**. Das liegt zum einen an der fehlenden Operationalisierung, d. h. es existieren keine Vorgaben für die Art der Landbewirtschaftung, mit der die gesetzten Ziele erreicht werden sollen (**Regelungsdefizit**).

Zum andern sind die Kontroll- und Sanktionsmechanismen oft unzureichend (Vollzugsdefizit).

Einige Vorgaben für die Landbewirtschaftung sind nicht ambitioniert genug, um die mit ihrer Umsetzung intendierten Zustände der Naturressourcen zu erreichen. Als Beispiel sei die Bereitstellung ökologischer Vorrangflächen genannt. Da diese Flächen in erster Linie unter ökonomischen und nicht unter ökologischen Gesichtspunkten ausgewählt werden, sind allenfalls geringe positive Effekte auf die biologische Vielfalt zu erwarten. Die Gestaltung der Anreizmechanismen führt außerdem dazu, dass die Betriebe nicht hinreichend motiviert werden, Schutzmaßnahmen über die geforderten Auflagen hinaus umzusetzen.

Das folgende Kapitel wendet sich daher den agrarpolitische Rahmenbedingungen zu. Es untersucht die politische Logik der Entwicklung der Gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union sowie des bestehenden rechtlichen Rahmens. Dem werden neuere Governance-Ansätze gegenübergestellt, die zu einer besseren Integration der Belange des Natur- und Umweltschutzes in die Agrarpolitik und die landwirtschaftliche Praxis beitragen könnten.

Open Access Dieses Kapitel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Kapitel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

